

TEXTE

78/2025

Abschlussbericht

# Geruchs- und emissionsarme Produkte für eine gesunde Innenraumluft

Entwicklung von Anforderungen für den Blauen Engel  
bei innenraumrelevanten, großflächigen Produkten

von:

Birgit Müller, Simone Brandt, André Badura, Anton Knigge  
Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW Berlin), Berlin

Wolfgang Horn, Oliver Jann  
Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Berlin

Herausgeber:  
Umweltbundesamt



TEXTE 78/2025

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,  
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3717 37 319 1  
FB001592

Abschlussbericht

## **Geruchs- und emissionsarme Produkte für eine gesunde Innenraumluft**

Entwicklung von Anforderungen für den Blauen Engel bei  
innenraumrelevanten, großflächigen Produkten

von

Birgit Müller, Simone Brandt, André Badura, Anton  
Knigge

Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW Berlin), Berlin

Wolfgang Horn, Oliver Jann

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM),  
Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

# Impressum

## **Herausgeber**

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

## **Durchführung der Studie:**

HTW Berlin  
Wilhelminenhofstraße 75A  
12459 Berlin

## **Abschlussdatum:**

Januar 2024

## **Redaktion:**

Fachgebiet III 1.4 Stoffbezogene Produktfragen  
Frank Brozowski

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-7610>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juni 2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen\*Autoren.

### **Kurzbeschreibung: Geruchs- und emissionsarme Produkte für eine gesunde Innenraumluft**

Gerüche in Innenräumen können belästigend wirken und das Wohlbefinden sowie die Gesundheit beeinflussen. Hauptziel der Untersuchungen ist es zu prüfen, ob die Vergabekriterien des Blauen Engels für die Produktgruppen „Elastische Bodenbeläge“ (DE-UZ 120) und „Emissionsarme Bodenbeläge, Paneele und Türen aus Holz und Holzwerkstoffen für Innenräume“ (DE-UZ 176) um geruchsrelevante Aspekte ergänzt werden können. Dies ist erstrebenswert, da Untersuchungen in Vorgängerprojekten gezeigt haben, dass die gemessenen Emissionen untersuchter Produkte zwar abnehmen, die Geruchsbelastung jedoch in etwa gleichgeblieben ist. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass es möglich ist Anforderungen an den Geruch der Produkte zu stellen.

Ferner wird untersucht und gezeigt, dass die bislang vorläufig festgelegte Schwelle einer empfundenen Intensität von 7 pi für die Zulassung von Bauprodukten gemäß Schema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) und Blauer Engel, als Beurteilungsmaßstab geeignet ist. Der im AgBB-Schema zugrunde gelegte Zusammenhang zwischen der geruchlichen Zumutbarkeit und der empfundenen Intensität kann mit den durchgeführten Messungen untermauert werden. Es kann gezeigt werden, dass bei Tests mit großen, ungeschulten Personengruppen etwa 70% der Probandinnen und Probanden Produkte mit einer empfundenen Intensität von bis zu 7 pi geruchlich als zumutbar empfinden.

Zur Bewertung der empfundenen Intensität wird ein Vergleichsmaßstab verwendet. Die Einhaltung konstanter Bedingungen für die Temperatur und die relative Feuchte bei den Messungen ist von großer Bedeutung, da diese einen Einfluss auf die Messergebnisse haben. Daher werden Untersuchungen bei unterschiedlichen Temperaturen und relativer Luftfeuchte, die mit einer eigens dafür gebauten kleinen raumluftechnischen Anlage eingestellt werden können, durchgeführt. Die Ergebnisse belegen, dass die Einhaltung konstanter Prüfbedingungen wichtig ist und zeigen deren Einfluss auf die Geruchwahrnehmung.

In einem neuen Luftqualitätslabor der HTW Berlin können Innenräume unter standardisierten Bedingungen geprüft werden. Es werden vergleichende Messungen mit Emissionsprüfkammertests durchgeführt, um zu prüfen, ob ähnliche Ergebnisse erreicht werden können. Das Ziel ist es, die Räume später für sensorische Messungen mit verschiedenen Ausstattungen zu nutzen.

Das Vorhaben baut auf den Ergebnissen der Vorhaben UBA Texte 35/2011 „Sensorische Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten – Integration in die Vergabegrundlagen für den Blauen Engel und das Bewertungsschema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten“ (Müller, 2011) und UBA Texte 92/2019 „Emissions- und geruchsarme Bauprodukte für energieeffiziente Gebäude – Entwicklung von Anforderungen und Konzepten für den Blauen Engel aus Klimaschutzsicht“ (Müller, 2019) auf.

**Abstract: Low-odour and low-emission products for healthy indoor air**

Odours in indoor spaces can be a nuisance and affect health and well-being. The main objective of these investigations is to examine whether the Blue Angel award criteria for the product groups “Elastic floor coverings” (DE-UZ 120) and “Low-emission floor coverings, panels and doors made of wood and wood-based materials for indoor use” (DE-UZ 176) can be supplemented by odor-relevant aspects. This is desirable, as studies in previous projects have shown, that although the measured emissions of the products examined have decreased, the odor impact has remained more or less the same. The results of these investigations show that it is possible to set requirements for the odor of the products.

Furthermore, experiments here have shown that the threshold of a perceived intensity of 7 pi, which has been provisionally set, is suitable for the approval of building products according to the scheme of the Committee for Health-related Evaluation of Building Products (Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten, AgBB) and the Blue Angel. The correlation between odor acceptability and the perceived intensity on which the AgBB scheme is based can be substantiated with the measurements carried out here. It can be shown that around 70 % of test subjects in large, untrained groups of people find products with a perceived odor intensity of up to 7 pi tolerable.

A comparative scale is used to evaluate the perceived intensity. Maintaining constant conditions for temperature and relative humidity during the measurements is of great importance, as these have an influence on the measurement results. For this reason, tests are carried out at different temperatures and relative humidity levels, which can be set using a small ventilation system built specifically for this purpose. The results show that it is important to maintain constant test conditions and demonstrate their influence on odor perception.

In a new air quality laboratory at HTW Berlin, indoor spaces can be tested under standardized conditions. Comparative measurements with emission test chamber tests are carried out to check whether similar results can be achieved. The aim is to use the rooms later for sensory measurements with different fittings.

The project builds on the results of the projects UBA Text 35/2011 „Sensorische Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten – Integration in die Vergabegrundlagen für den Blauen Engel und das Bewertungsschema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten“ (Müller, 2011) and UBA Text 92/2019 „Emissions- und geruchsarme Bauprodukte für energieeffiziente Gebäude – Entwicklung von Anforderungen und Konzepten für den Blauen Engel aus Klimaschutzsicht“ (Müller, 2019).

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	11
Tabellenverzeichnis.....	15
Formelverzeichnis.....	19
Abkürzungsverzeichnis.....	20
Zusammenfassung.....	21
Summary.....	27
1 Einleitung und Ziele.....	33
2 Aufgabenstellung.....	35
2.1 Erkenntnisstand zu Projektbeginn.....	35
2.2 Notwendigkeit des Forschungsvorhabens.....	35
2.3 Arbeitspakete.....	36
3 Grundlagen.....	39
3.1 AgBB-Schema.....	39
3.2 Der Blaue Engel für emissionsarme Produkte.....	41
3.2.1 DE-UZ 120 „Elastische Bodenbeläge“.....	43
3.2.2 DE-UZ 176 „Emissionsarme Bodenbeläge, Paneele und Türen aus Holz und Holzwerkstoffen für Innenräume“.....	44
3.3 Emissionsprüfkammern und CLIMPAQs.....	45
3.4 Sensorische Untersuchungen nach DIN ISO 16000-28.....	46
3.4.1 Messgrößen.....	46
3.4.1.1 Empfundene Intensität.....	47
3.4.1.2 Hedonik.....	48
3.4.1.3 Akzeptanz.....	49
3.4.1.4 Zumutbarkeit.....	50
3.4.2 Auswertung sensorischer Daten.....	50
3.4.3 Technische Messverfahren.....	50
3.4.3.1 3.4.3.1 Photoakustischer Multi-Gas Monitor.....	50
3.4.3.2 Hitzdrahtanemometer.....	51
3.4.4 Anforderungen an die Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen und deren Einfluss auf die Geruchswahrnehmung.....	51
3.5 VOC-Messungen.....	53
3.5.1 VOC-Messungen mit Tenax®-Rohren.....	53
3.5.2 VVOC- und VOC-Messungen mit DNPH-Kartuschen.....	54

3.5.3	Carbonsäure-Messungen mit Silikagel-Kartuschen .....	55
3.6	Raumlufttechnische Anlagen .....	55
3.6.1	Berechnung der Zustandsgrößen von Luft .....	56
3.6.2	Regelung in der Lüftungstechnik .....	57
4	Aufbau des Luftqualitätslabors .....	59
5	Untersuchungen elastischer Fußbodenbeläge.....	61
5.1	Beschaffung und Auswahl der Proben.....	61
5.2	Durchführung der sensorischen Messungen .....	68
5.3	Durchführung der VOC-Messungen.....	69
5.4	Ergebnisse und Interpretation .....	71
5.4.1	Ergebnisse der Untersuchungen der einzelnen Produkte .....	71
5.4.2	Sensorisches Abklingverhalten .....	74
5.4.3	Zusammenhang zwischen empfundener Intensität und Hedonik.....	78
5.4.4	Auswertung nach Produktarten.....	79
5.5	Diskussion .....	84
6	Untersuchungen holzbasierter Produkte .....	87
6.1	Auswahl der Proben.....	87
6.2	Durchführung der sensorischen Untersuchungen.....	91
6.3	VOC-Messungen.....	92
6.4	Ergebnisse und Interpretation .....	92
6.4.1	Ergebnisse der Untersuchungen.....	92
6.4.2	Sensorisches Abklingverhalten .....	93
6.4.3	Zusammenhang zwischen empfundener Intensität und Hedonik.....	94
6.4.4	Auswertung nach Produktarten.....	96
6.5	Diskussion .....	97
7	Untersuchungen zur Zumutbarkeit .....	98
7.1	Versuchsaufbau und –durchführung .....	98
7.2	Ergebnisse und Interpretation .....	99
7.3	Diskussion .....	105
8	M-RLT .....	106
8.1	Versuchsaufbau und -durchführung .....	106
8.2	Lufterwärmung .....	109
8.3	Luftkühlung .....	110
8.4	Variation der Enthalpie .....	111

8.5	Messungen mit der M-RLT .....	112
8.5.1	Ergebnisse der Messungen mit Lufterwärmung.....	113
8.5.2	Ergebnisse Messungen mit Luftkühlung.....	115
8.6	Diskussion .....	116
9	Sensorische Untersuchungen in einem raumgroßen Labor.....	117
9.1	Aufbau des raumgroßen Luftqualitätslabors .....	117
9.2	Versuche .....	118
10	Ausblick .....	121
11	Quellenverzeichnis .....	122
A	Ergebnisse der Geruchs- und VOC-Messungen für elastische Fußbodenbeläge .....	125
A.1	HTW 19.005 PVC .....	127
A.2	HTW 19.006 PVC .....	131
A.3	HTW 19.007 Kork .....	134
A.4	HTW 19.008 PVC .....	137
A.5	HTW 19.009 PVC .....	140
A.6	HTW 19.010 Kunststoff.....	142
A.7	HTW 19.011 Linoleum.....	144
A.8	HTW 19.012 PVC .....	147
A.9	HTW 19.013 PVC .....	150
A.10	HTW 19.014 Kunststoff.....	153
A.11	HTW 19.015 Kunststoff.....	156
A.12	HTW 20.001 Kunststoff.....	159
A.13	HTW 20.002 Kunststoff.....	162
A.14	HTW 20.003 Kautschuk.....	164
A.15	HTW 20.004 Kunststoff.....	167
A.16	HTW 20.005 Kautschuk.....	169
A.17	HTW 20.006 Kautschuk.....	172
A.18	HTW 20.007 Kautschuk.....	175
A.19	21.007 Kautschuk.....	178
A.20	21.008 Kautschuk.....	180
A.21	HTW 22.006 Linoleum.....	182
A.22	HTW 23.004 Kunststoff.....	184
A.23	HTW 23.005 Linoleum.....	186
B	Anhang .....	188

B.1	HTW 21.001 Laminat.....	188
B.2	HTW 21.002 Furnierboden.....	191
B.3	HTW 21.003 Parkett.....	194
B.4	HTW 21.004 Furnierboden.....	197
B.5	HTW 21.005 Laminat.....	200
B.6	HTW 21.006 Parkett.....	203
B.7	HTW 22.001 Furnierboden.....	206
B.8	HTW 22.002 Parkett.....	209
B.9	HTW 22.003 Wand- und Deckenpanel.....	212

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schema zur gesundheitlichen Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten.....	40
Abbildung 2:	Konstruktionsprinzip des Vergleichsmaßstabes der HTW Berlin .....	47
Abbildung 3:	Skala zur Ermittlung der Hedonik.....	48
Abbildung 4:	Skala zur Ermittlung der Akzeptanz.....	49
Abbildung 5:	Einfluss der spezifischen Enthalpie der Probenluft auf die Bewertung der Akzeptanz nach Fang et al. (1997, 1998).....	52
Abbildung 6:	Einfluss steigender Enthalpie der Probenluft auf die empfundene Intensität mit einem Vergleichsmaßstab nach Böttcher (2003).....	53
Abbildung 7:	Schematische Darstellung eines Regelkreises mit Regler, Stellglied, Regelstrecke und Messglied .....	58
Abbildung 8:	Luftqualitätslabor der HTW Berlin.....	60
Abbildung 9:	CLIMPAQs mit einem Volumen von 240 Litern (oben) und 40 Litern (unten).....	60
Abbildung 10:	Ablauf der Arbeitsschritte bei den Messungen.....	61
Abbildung 11:	270 I-Emissionsprüfkammer .....	69
Abbildung 12:	Bodenbelagsprobe in der 270 I-Emissionsprüfkammer .....	70
Abbildung 13:	Probenahme an der 270 I-Emissionsprüfkammer mit einem Tenax®-Rohr .....	70
Abbildung 14:	Beispielhafte Darstellung zur Erläuterung der in Anhang A und B präsentierten Messdaten der empfundenen Intensität .....	72
Abbildung 15:	Beispielhafte Darstellung zur Erläuterung der in Anhang A und B präsentierten Messdaten der Hedonik .....	73
Abbildung 16:	Empfundene Intensität der elastischen Bodenbeläge an allen Messtagen – Teil 1.....	75
Abbildung 17:	Empfundene Intensität der elastischen Bodenbeläge an allen Messtagen – Teil 2.....	76
Abbildung 18:	Empfundene Intensität elastischer Bodenbeläge über einen Zeitraum von 12 Wochen .....	77
Abbildung 19:	Zusammenhang zwischen der empfundenen Intensität und Hedonik elastischer Bodenbeläge an allen Messtagen .....	78
Abbildung 20:	Zusammenhang zwischen der empfundenen Intensität und Hedonik elastischer Bodenbeläge am 28. Messtag.....	79
Abbildung 21:	Empfundene Intensität elastischer Bodenbeläge für die Produktarten Kautschuk, Kunststoff und Linoleum am 28. Messtag .....	81
Abbildung 22:	Empfundene Intensität elastischer Bodenbeläge für die Produktarten Kork und PVC am 28. Messtag .....	82

Abbildung 23:	Summen-VOC-Emissionen elastischer Bodenbeläge für die Produktarten Kautschuk, Kunststoff (PVC-frei) und Linoleum am 28. Messtag .....83
Abbildung 24:	Summen-VOC-Emissionen elastischer Bodenbeläge für die Produktarten PVC und Kork am 28. Messtag .....83
Abbildung 25:	Empfohlene Standardanordnung für die Einhaltung des Fugenanteils bei starren Bodenbelägen.....91
Abbildung 26:	Produktprobe eines holzbasierten Bodenbelages mit Fugenanteilen nach dem Zuschneiden und Abkleben .....92
Abbildung 27:	Empfundene Intensität der holzbasierten Produkte an allen Messtagen .....93
Abbildung 28:	Zusammenhang zwischen empfundener Intensität und Hedonik holzbasierter Produkte an allen Messtagen.....95
Abbildung 29:	Zusammenhang zwischen empfundener Intensität und Hedonik holzbasierter Produkte am 28. Messtag.....95
Abbildung 30:	Summen-VOC-Emissionen holzbasierter Produkte .....96
Abbildung 31:	Bewertungsmaske für die ungeschulte Prüfergruppe (große Personengruppen) .....99
Abbildung 32:	Empfundene Intensität (geschulte Prüfergruppe) .....100
Abbildung 33:	Hedonik (geschulte Prüfergruppe) .....100
Abbildung 34:	Zusammenhang zwischen empfundener Intensität und Hedonik (geschulte Prüfergruppe) .....101
Abbildung 35:	Zusammenhang der Bewertung der Zumutbarkeit (ungeschulte Prüfergruppe) zur Bewertung der empfundenen Intensität (geschulte Prüfergruppe) .....102
Abbildung 36:	Zusammenhang der Bewertung der Zumutbarkeit (ungeschulte Prüfergruppe) zur Bewertung der Hedonik (ungeschulte Prüfergruppe) .....103
Abbildung 37:	Zusammenhang der Bewertung der Zumutbarkeit zur Bewertung der Akzeptanz (ungeschulte Prüfergruppe).....104
Abbildung 38:	Vergleich der Bewertung der Hedonik durch die geschulte und die ungeschulte Prüfergruppe.....105
Abbildung 39:	Aufbau und Anbindung der Lüftung vom Aufenthaltsraum und Prüfraum des Luftqualitätslabors HTW Berlin.....106
Abbildung 40:	Foto der M-RLT in ihrer Transportbox. Anbau des Ventilators außerhalb (oben links), den Temperatursensoren 1 bis 4 (mit grauem Deckel), einem Wärmetauscher für das Erhitzen oder Kühlen über Wasser als Energieträger (oben Mitte), dem Anschluss des Dampfbefeuchters (rechts), einem elektrischen Erhitzer (unten Mitte) und dem Luftdurchlass zum Vergleichsmaßstab (links unten). .....107
Abbildung 41:	Schematische Darstellung der Komponenten der M-RLT-Anlage, mit Ventilator (oben links), den Temperatursensoren 1

	bis 4, einem Wärmetauscher für das Erhitzen oder Kühlen über Wasser als Energieträger (oben Mitte), dem Anschluss des Dampfbefeuchters (rechts), einem elektrischen Erhitzer (unten Mitte) und dem Luftdurchlass zum Vergleichsmaßstab (links unten). ....	108
Abbildung 42:	Schematische Darstellung des Vergleichsmaßstabes im LQ-Labor sowie den verwendeten Messstellen für Lufttemperatur und relative Feuchte am Probenlufttrichter 1 und Probenlufttrichter „?“ .....	108
Abbildung 43:	Vergleichsmaßstab der BAM, aufgestellt im Prüfraum des Luftqualitätslabor während Anbringung der Dämmung .....	109
Abbildung 44:	Vergleichsmaßstab der BAM, aufgestellt im Prüfraum mit fertiggestellter Dämmung .....	110
Abbildung 45:	Schematische Darstellung des Anschlusses eines externen Kaltwassersatzes im überarbeiteten Versuchsaufbau .....	111
Abbildung 46:	Gegenüberstellung der Abhängigkeit bei Änderung von Lufttemperatur, relativer Feuchte, absoluter Feuchte und der spezifischen Enthalpie .....	112
Abbildung 47:	Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Acetonintensität am Vergleichsmaßstab 1 (HTW Berlin) gemäß Normbedingungen (grün) und Vergleichsmaßstab 2 mit Lufttemperaturen oberhalb der Normbedingungen (rot).....	113
Abbildung 48:	Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Acetonintensität am Vergleichsmaßstab 1 (HTW Berlin) gemäß Normbedingungen (grün) und Vergleichsmaßstab 2 mit Lufttemperaturen oberhalb der Normbedingungen (rot).....	114
Abbildung 49:	Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Acetonkonzentration am Vergleichsmaßstab 1 (HTW Berlin) gemäß Normbedingungen (grün) und Vergleichsmaßstab 2 mit Lufttemperaturen unterhalb der Normbedingungen (blau). .	115
Abbildung 50:	Luftqualitätslabor 2 mit zwei Prüfkammern in Raumgröße sowie Darstellung der Anbindung an das Luftqualitätslabor 1 .....	118
Abbildung 51:	Empfundene Intensität des PVC-Bodenbelags HTW 23.003 aus Untersuchungen im ersten Luftqualitätslabor und im raumgroßen Labor (Versuchsraum 2) .....	119
Abbildung 52:	Hedonik des PVC-Bodenbelags HTW 23.003 aus Untersuchungen im ersten Luftqualitätslabor und im raumgroßen Labor (Versuchsraum 2) .....	120
Abbildung 53:	Empfundene Intensität der Probe 19.005, PVC.....	127
Abbildung 54:	Hedonik der Probe 19.005, PVC .....	128
Abbildung 55:	Empfundene Intensität der Probe 19.006, PVC.....	131
Abbildung 56:	Hedonik der Probe 19.006, PVC .....	131

Abbildung 57:	Empfundene Intensität der Probe 19.007, Kork.....	134
Abbildung 58:	Hedonik der Probe 19.007, Kork .....	134
Abbildung 59:	Empfundene Intensität der Probe 19.008, PVC.....	137
Abbildung 60:	Hedonik der Probe 19.008, PVC .....	137
Abbildung 61:	Empfundene Intensität der Probe 19.009, PVC.....	140
Abbildung 62:	Hedonik der Probe 19.009, PVC .....	140
Abbildung 63:	Empfundene Intensität der Probe 19.010, Kunststoff .....	142
Abbildung 64:	Hedonik der Probe 19.010, Kunststoff .....	142
Abbildung 65:	Empfundene Intensität der Probe 19.011, Linoleum .....	144
Abbildung 66:	Hedonik der Probe 19.011, Linoleum.....	144
Abbildung 67:	Empfundene Intensität der Probe 19.012, PVC.....	147
Abbildung 68:	Hedonik der Probe 19.012, PVC .....	147
Abbildung 69:	Empfundene Intensität der Probe 19.013, PVC.....	150
Abbildung 70:	Hedonik der Probe 19.013, PVC .....	150
Abbildung 71:	Empfundene Intensität der Probe 19.014, Kunststoff .....	153
Abbildung 72:	Hedonik der Probe 19.014, Kunststoff .....	153
Abbildung 73:	Empfundene Intensität der Probe 19.015, Kunststoff .....	156
Abbildung 74:	Hedonik der Probe 19.015, Kunststoff .....	156
Abbildung 75:	Empfundene Intensität der Probe 20.001, Kunststoff .....	159
Abbildung 76:	Hedonik der Probe 20.001, Kunststoff .....	159
Abbildung 77:	Empfundene Intensität der Probe 20.002, Kunststoff .....	162
Abbildung 78:	Hedonik der Probe 20.002, Kunststoff .....	162
Abbildung 79:	Empfundene Intensität der Probe 20.003, Kautschuk .....	164
Abbildung 80:	Hedonik der Probe 20.003, Kautschuk .....	164
Abbildung 81:	Empfundene Intensität der Probe 20.004, Kunststoff .....	167
Abbildung 82:	Hedonik der Probe 20.004, Kunststoff .....	167
Abbildung 83:	Empfundene Intensität der Probe 20.005, Kautschuk .....	169
Abbildung 84:	Hedonik der Probe 20.005, Kautschuk .....	169
Abbildung 85:	Empfundene Intensität der Probe 20.006, Kautschuk .....	172
Abbildung 86:	Hedonik der Probe 20.006, Kautschuk .....	172
Abbildung 87:	Empfundene Intensität der Probe 20.007, Kautschuk .....	175
Abbildung 88:	Hedonik der Probe 20.007, Kautschuk .....	175
Abbildung 89:	Empfundene Intensität der Probe 21.007 Kautschuk .....	178
Abbildung 90:	Hedonik der Probe 21.007, Kautschuk .....	178
Abbildung 91:	Empfundene Intensität der Probe 21.008, Kautschuk .....	180
Abbildung 92:	Hedonik der Probe 21.008, Kautschuk .....	180
Abbildung 93:	Empfundene Intensität der Probe 22.006, Linoleum .....	182
Abbildung 94:	Hedonik der Probe 22.006, Linoleum.....	182
Abbildung 95:	Empfundene Intensität der Probe 23.004, Kunststoff .....	184
Abbildung 96:	Hedonik der Probe 23.004, Kunststoff .....	184
Abbildung 97:	Empfundene Intensität der Probe 23.005, Linoleum .....	186
Abbildung 98:	Hedonik der Probe 23.005, Linoleum.....	186
Abbildung 99:	Empfundene Intensität der Probe 21.001, Laminat .....	188

Abbildung 100:	Hedonik der Probe 21.001, Laminat.....	188
Abbildung 101:	Empfundene Intensität der Probe 21.002, Furnierboden.....	191
Abbildung 102:	Hedonik der Probe 21.002, Furnierboden.....	191
Abbildung 103:	Empfundene Intensität der Probe 21.003, Parkett .....	194
Abbildung 104:	Hedonik der Probe 21.003, Parkett.....	194
Abbildung 105:	Empfundene Intensität der Probe 21.004, Furnierboden.....	197
Abbildung 106:	Hedonik der Probe 21.004, Furnierboden.....	197
Abbildung 107:	Empfundene Intensität der Probe 21.005, Laminat.....	200
Abbildung 108:	Hedonik der Probe 21.005, Laminat.....	200
Abbildung 109:	Empfundene Intensität der Probe 21.006, Parkett .....	203
Abbildung 110:	Hedonik der Probe 21.006, Parkett.....	203
Abbildung 111:	Empfundene Intensität der Probe 22.001, Furnierboden.....	206
Abbildung 112:	Hedonik der Probe 22.001, Furnierboden.....	206
Abbildung 113:	Empfundene Intensität der Probe 22.002, Parkett .....	209
Abbildung 114:	Hedonik der Probe 22.002, Parkett.....	209
Abbildung 115:	Empfundene Intensität der Probe 22.003, Wand- und Deckenpanel.....	212
Abbildung 116:	Hedonik der Probe 22.003, Wand- und Deckenpanel.....	212

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Definitionen der VOC im AgBB-Schema in Anlehnung an die DIN ISO 16000-6 .....	41
Tabelle 2:	Überblick zur Verankerung der Geruchsprüfung gemäß DIN ISO 16000-28 und VDI 4302 in den Vergabekriterien für emissionsarme Produkte (Stand: November 2023) .....	42
Tabelle 3:	Anforderungen an die Emissionswerte beim Blauen Engel DE- UZ 120.....	44
Tabelle 4:	Anforderungen an die Emissionswerte beim Blauen Engel DE- UZ 176.....	45
Tabelle 5:	Überblick zu den untersuchten elastischen Fußbodenbelägen .....	63
Tabelle 6:	Grenzwerte für AgBB und „Blauer Engel“. Beim „Blauen Engel“ gelten die Werte „3 Tage max“ für die, die am 3. Tag eingehalten werden müssen. Ansonsten muss für einen vorzeitigen Abbruch nach 3 oder 7 Tagen die jeweiligen Werte erfüllt werden. ....	73
Tabelle 7:	Vergleich der Messung der empfundenen Intensität elastischer Bodenbeläge am 3. und 28. Messtag .....	76
Tabelle 8:	Übersicht untersuchter elastischer Bodenbeläge im Luftqualitätslabor der HTW Berlin vor den Untersuchungen im Rahmen dieses Forschungsprojektes .....	80

Tabelle 9:	Überblick zu den untersuchten holzbasierten Produkten.....	88
Tabelle 10:	Vergleich der Messung der empfundenen Intensität holzbasierter Produkte am 3. und 28. Messtag .....	94
Tabelle 11:	Grenzwerte für AgBB und „Blauer Engel“. Beim „Blauen Engel“ gelten die Werte „3 Tage max“ für die, die am 3. Tag eingehalten werden müssen. Ansonsten muss für einen vorzeitigen Abbruch nach 3 oder 7 Tagen die jeweiligen Werte erfüllt werden.....	126
Tabelle 12:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.005, PVC.....	128
Tabelle 13:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 19.006, PVC .....	129
Tabelle 14:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.006, PVC.....	132
Tabelle 15:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 19.006, PVC .....	132
Tabelle 16:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.007, Kork.....	135
Tabelle 17:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 19.007, Kork.....	135
Tabelle 18:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.008, PVC.....	138
Tabelle 19:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 19.008, PVC .....	138
Tabelle 20:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.009, PVC.....	141
Tabelle 21:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.010, Kunststoff.....	143
Tabelle 22:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 19.010, Kunststoff .....	143
Tabelle 23:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.011, Linoleum .....	145
Tabelle 24:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 19.011, Linoleum	145
Tabelle 25:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.012, PVC.....	148
Tabelle 26:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 19.012, PVC .....	148
Tabelle 27:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.013, PVC.....	151
Tabelle 28:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 19.013, PVC .....	151
Tabelle 29:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.014, Kunststoff.....	154
Tabelle 30:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 19.014, Kunststoff .....	154
Tabelle 31:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.015, Kunststoff.....	157
Tabelle 32:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 19.015, Kunststoff .....	157

Tabelle 33:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.001, Kunststoff.....	160
Tabelle 34:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 20.001, Kunststoff .....	160
Tabelle 35:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.002, Kunststoff.....	163
Tabelle 36:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 20.002, Kunststoff .....	163
Tabelle 37:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.003, Kautschuk .....	165
Tabelle 38:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 20.003, Kautschuk .....	166
Tabelle 39:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.004, Kunststoff.....	168
Tabelle 40:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 20.004, Kunststoff .....	168
Tabelle 41:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.005, Kautschuk .....	170
Tabelle 42:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 20.005, Kautschuk .....	170
Tabelle 43:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.006, Kautschuk .....	173
Tabelle 44:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 20.006, Kautschuk .....	173
Tabelle 45:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.007, Kautschuk .....	176
Tabelle 46:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 20.007, Kautschuk .....	176
Tabelle 47:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.001, Laminat .....	189
Tabelle 48:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 21.001, Laminat ..	189
Tabelle 49:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.002, Furnierboden .....	192
Tabelle 50:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 21.002, Furnierboden .....	192
Tabelle 51:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.003, Parkett .....	195
Tabelle 52:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 21.003, Parkett ...	195
Tabelle 53:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.004, Furnierboden .....	198
Tabelle 54:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 21.004, Furnierboden .....	198

Tabelle 55:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.005, Laminat .....	201
Tabelle 56:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 21.005, Laminat..	201
Tabelle 57:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.006, Parkett .....	204
Tabelle 58:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 21.006, Parkett ...	204
Tabelle 59:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 22.001, Furnierboden .....	207
Tabelle 60:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 22.001, Furnierboden .....	207
Tabelle 61:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 22.002, Parkett .....	210
Tabelle 62:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 22.002, Parkett ...	210
Tabelle 63:	Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 22.003, Wand- und Deckenpanel .....	213
Tabelle 64:	VOC-Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der Probe 22.003, Wand- und Deckenpanel .....	213

## Formelverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung	Einheit
<b>A</b>	Produktfläche	m <sup>2</sup>
<b>C<sub>1</sub></b>	Koeffizient 1 der Magnusformel	-
<b>C<sub>2</sub></b>	Koeffizient 2 der Magnusformel	-
<b>C<sub>i</sub></b>	Konzentration einer einzelnen Substanz	µg/m <sup>3</sup>
<b>c<sub>pD</sub></b>	Spezifische Wärmekapazität Wasserdampf	kJ/kgK
<b>c<sub>pL</sub></b>	Spezifische Wärmekapazität Luft	kJ/kgK
<b>e(t)</b>	Regeldifferenz im Regelkreis	-
<b>h</b>	Enthalpie	kJ/kg
<b>p</b>	Umgebungsluftdruck	Pa
<b>p<sub>D</sub></b>	Dampfdruck	Pa
<b>p<sub>s</sub></b>	Sättigungsdruck	Pa
<b>φ</b>	Relative Luftfeuchte	%
<b>Q</b>	Volumenstrom	l/s
<b>q</b>	Flächenspezifische Durchflussrate Luft	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )
<b>R<sub>L</sub></b>	Spezifische Wärmekapazität von Luft	kJ/kgK
<b>R<sub>w</sub></b>	Spezifische Wärmekapazität von Wasserdampf	kJ/kgK
<b>r<sub>0</sub></b>	Spezifische Verdampfungsenthalpie	kJ/kg
<b>ρ<sub>TL</sub></b>	Dichte der trockenen Luft	kg/m <sup>3</sup>
<b>ρ<sub>w</sub></b>	Dichte des Wasserdampfes	kg/m <sup>3</sup>
<b>θ</b>	Temperatur	°C
<b>T</b>	Temperatur	K; °C
<b>V</b>	Volumen	l; m <sup>3</sup>
<b>Π</b>	Empfundene Intensität (perceived intensity)	pi
<b>w(t)</b>	Führungsgröße im Regelkreis	-
<b>x</b>	Absolute Feuchte der Luft	g/kg
<b>y(t)</b>	Regelgröße im Regelkreis	-

## Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
<b>AgBB</b>	Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten
<b>BAM</b>	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
<b>BG</b>	Bestimmungsgrenze
<b>BMUV</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
<b>CLIMPAQ</b>	Chamber for Laboratory Investigations of Materials, Pollution and Air Quality
<b>DE-UZ</b>	Deutsches Umweltzeichen (Bezeichnung der Vergabekriterien für den Blauen Engel)
<b>DNPH</b>	Dinitrophenylhydrazin
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>HTW Berlin</b>	Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
<b>Kap.</b>	Kapitel
<b>MRLT</b>	Mini-RLT (Mini-Raumlufttechnische Anlage)
<b>NIK</b>	Niedrigste interessierende Konzentration
<b>PU</b>	Polyurethan
<b>PVC</b>	Polyvinylchlorid
<b>RLT</b>	Raumlufttechnische Anlage
<b>SVOC</b>	Semi-volatile organic compounds
<b>TrF</b>	Temperatur und relative Feuchte (Sensorbezeichnung)
<b>TSVOC</b>	Total semi-volatile organic compounds
<b>TVOC</b>	Total volatile organic compounds
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt
<b>VOC</b>	Volatile organic compounds
<b>VVOC</b>	Very volatile organic compounds

## Zusammenfassung

Eine Voraussetzung gesunder Innenraumluft ist die Verwendung emissions- und geruchsarmer Bauprodukte. Die Integration geruchsrelevanter Aspekte in die Vergabekriterien des Blauen Engels ist wünschenswert, da Untersuchungen in Vorgängerprojekten gezeigt haben, dass die gemessenen Emissionen untersuchter Produkte abnehmen, die Geruchsbelastung jedoch in etwa gleichbleibt (Müller 2011, Müller 2019). Beeinträchtigungen des Wohlbefindens und der Gesundheit, z. B. Reizungen der Atemwege oder Kopfschmerzen, können die Folge sein. Zudem können Gerüche dazu führen, dass vermehrt unkontrolliert gelüftet wird und sich dadurch der Gebäudeenergiebedarf erhöht.

In Deutschland legt das Schema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) die Anforderungen an die gesundheitliche Bewertung der Emissionen und der Gerüche flüchtiger organischer Verbindungen aus Bauprodukten fest (Kap. 3.1). Das Schema wird auch zur Bewertung von Bauprodukten im Innenraum beim Blauen Engel angewendet, wobei dort strengere Anforderungen an die VOC-Emissionen gelten (Kap. 3.2).

Bei der Prüfung nach dem AgBB-Schema werden die Produktproben unter definierten Bedingungen in Emissionsprüfkammern platziert (Kap. 3.3). An den Messtagen 3 und 28 nach Beladung erfolgt die chemische Analyse der Probenluft. Die VOC-Probenahme aus der Emissionsprüfkammerluft erfolgt gemäß DIN EN 16516 bzw. DIN ISO 16000-6 (Kap. 3.5). Ebenfalls am 28. Tag nach der Beladung erfolgt auf freiwilliger Basis eine sensorische Prüfung gemäß DIN ISO 16000-28 und VDI 4302, Blatt 1 (Kap. 3.4).

Obwohl mit der DIN ISO 16000-28 eine international anerkannte Methode zur Verfügung steht, ist sie im AgBB-Schema (2021) für die Zulassung von Bauprodukten bislang nur freiwillig verankert, da zu wenige Messungen vorliegen. Für die Bewertung wird ein Wert von 7 pi für die empfundene Intensität herangezogen, da der AgBB annimmt, dass Bauprodukte mit einem intensiveren Geruch eine unzumutbare Belästigung darstellen; dieser Beurteilungsmaßstab wird als vorläufig betrachtet (Kap. 3.1). Eine Befragung hatte ergeben, dass bei höheren Intensitäten der Geruch einer Produktprobe von mehr als 30 % einer nicht geschulten, großen Gruppe als unzumutbar empfunden wird. In einem vorangegangenen Forschungsprojekt (Müller, 2011) wurde ermittelt, dass dies bei Geruchsintensitäten größer als 7 pi der Fall ist.

Um die Verwendung emissions- und geruchsarmer Bauprodukte zu fördern, werden in diesem Forschungsprojekt die folgenden Inhalte in 4 Arbeitspaketen bearbeitet.

1. Die Vergabekriterien des Blauen Engels enthalten bereits Anforderungen, um die Emissionen aus Bauprodukten zu begrenzen (Kap. 3.2). Bisher ist die Prüfung und Bewertung des Geruchs bei fast allen Vergabekriterien für Bauprodukte im Innenraum erst auf freiwilliger Basis verankert. Nur bei den textilen Bodenbelägen (DE-UZ 128) ist eine Anforderung der Vergabekriterien, dass die Produkte den Nachweis der Geruchsarmut nach DIN ISO 16000-28 (Kap. 3.4) erbringen müssen. Hauptziel des Forschungsprojektes ist daher die Entwicklung von Anforderungen für den Blauen Engel bei innenraumrelevanten, großflächigen Produkten.
2. Die Anforderung an die sensorische Bewertung der Produkte wird vom AgBB über die Schwelle der Zumutbarkeit von Gerüchen vorgegeben. Ab einer festgelegten Geruchsintensität (empfundene Intensität) von 7 pi, gemessen mit der Methode der DIN ISO 16000-28, sind Bauproduktgerüche für mehr als 30 % einer Gruppe von Befragten nicht mehr zumutbar. Dies wird vom AgBB aus gesundheitlichen Gründen als vorläufiger Prüfwert festgelegt. Die weitere Validierung dieses Prüfwertes ist ebenfalls Ziel dieses Forschungsprojektes.

3. Einen besonderen Einfluss auf die Geruchswahrnehmung haben die Temperatur und die Feuchte der dargebotenen Probenluft. Die Einhaltung gleicher Bedingungen bei den Messungen ist daher entscheidend für die Geruchsmessung. Der Einfluss dieser Parameter auf die Messung der empfundenen Intensität ist bislang wenig untersucht und soll in diesem Forschungsprojekt beleuchtet werden.
4. Emissionsprüfkammertests sind nicht direkt dazu geeignet, die sensorische Qualität von Innenräumen zu bewerten, da aus den Ergebnissen sensorischer Messungen von Bauprodukten nicht auf den Geruch in einem Innenraum geschlossen werden kann. Bei Raumluftmessungen wird die Probenluft aus Innenräumen daher gemäß der DIN ISO 16000-28 gesammelt und zum Analysieren in Laboren transportiert. Ein neues Luftqualitätslabor an der HTW Berlin ermöglicht es, Innenräume unter standardisierten Bedingungen zu prüfen. In diesem Labor werden zunächst elastische Bodenbeläge unter realen Bedingungen untersucht, um festzustellen, ob vergleichbare sensorische Messungen in Emissionsprüfkammern möglich sind. Das Ziel ist, die Räume später für sensorische Messungen mit verschiedenen Ausstattungen zu nutzen. Das Labor und die Ergebnisse der ersten Messungen werden in diesem Forschungsprojekt vorgestellt.

Die Inhalte und Ergebnisse der Arbeitspakete werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

### **1. VOC-Messungen und sensorische Analysen verschiedener Produktgruppen (Kap. 5 und 6)**

Im Projekt werden elastische Bodenbeläge (Blauer Engel DE-UZ 120) und holzbasierte Produkte (Blauer Engel DE-UZ 176) untersucht, um die Datenbasis dieser Produkte in Bezug auf sensorische Aspekte zu erweitern. Somit kann geprüft werden, ob die Vergabekriterien um geruchsrelevante Aspekte ergänzt werden können und ob die Einführung verbindlicher Anforderungen für diese Produktgruppen möglich ist.

Für die Messung der VOC-Konzentrationen und die sensorischen Analysen werden in Absprache mit dem Umweltbundesamt eine repräsentative Auswahl von Produkten aus dem Geltungsbereich des Blauen Engels für elastische Bodenbeläge und holzbasierte Produkte ausgewählt (Kap. 5.1 und 6.1). Bei den elastischen Bodenbelägen werden PVC-Beläge hinzugenommen. Diese sind aufgrund ihrer Halogenverbindungen nicht im Geltungsbereich des Blauen Engels, jedoch machen sie einen großen Marktanteil aus und sind daher in Bezug auf ihre möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von grundsätzlichem Interesse.

Die Untersuchung der VOCs und der Sensorik erfolgt in den Laboren der BAM und der HTW Berlin. In der Regel erfolgt die sensorische Messung an den Tagen 3, 7, 14 und 28 nach Beladung und die Messung der VOC-Konzentrationen an den Tagen 3, 7 und 28. Die Messung der Bodenbeläge erfolgt mit der flächenspezifischen Luftdurchflussrate  $q$  von  $1,25 \text{ m}^3 / (\text{h m}^2)$  und für ein untersuchtes Wand- und Deckenpanel mit  $0,28 \text{ m}^3 / (\text{h m}^2)$ . Aufgrund der im Luftqualitätslabor der HTW verwendeten speziellen Prüfkammern (CLIMPAQs) ist eine direkte Bewertung der Luftproben am Ablufttrichter der Emissionsprüfkammer möglich (Kap. 5.2 und 6.2).

Die Messung der sensorischen Eigenschaften erfolgt gemäß DIN ISO 16000-28. Eine geschulte Prüfergruppe von etwa 8 -12 Personen bewertet die empfundene Intensität und die Hedonik der Probenluft. Die VOC-Probenahme aus der Emissionsprüfkammerluft erfolgt gemäß DIN EN 16516 bzw. DIN ISO 16000-6. Für die Bestimmung der Emission von VOCs und spezieller Untergruppen wie Aldehyde und Ketone oder Essig- und Ameisensäure werden Luftproben aus der Kammerluft entnommen, und zwar mithilfe von Tenax®-Rohren, DNPH- und Silikagel-Kartuschen. Die Produkte werden gemäß den Vorgaben des AgBB-Schemas und des Blauen Engels gesundheitlich charakterisiert und bewertet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der elastischen Bodenbeläge und der holzbasierten Produkte dargestellt:

### **Elastische Bodenbeläge**

Die Produkte werden für die Auswertung in folgende Untergruppen eingeteilt: Kautschuk, Kunststoff, Linoleum, Kork und PVC. Die Produktart „Kunststoff“ steht dabei für synthetisch hergestellte Belege, die nicht PVC-Belege sind. Insgesamt werden 23 Produkte von sechs Herstellern untersucht. Für die Untersuchungen stellen die Hersteller Produktproben bereit und einige Bauprodukte werden aus dem Handel eingekauft (Kap. 5.1).

Die sensorischen Messungen elastischer Bodenbeläge zeigen, dass die empfundene Intensität über einen Zeitraum von 28 Tagen und sogar 12 Wochen bei den meisten Produkten in etwa gleich bleibt, ohne ein Abklingverhalten zu zeigen (Kap. 5.4.2).

Die Betrachtung des Zusammenhangs zwischen empfundener Intensität und Hedonik der Produkte zeigt, dass Bauprodukte mit hoher empfundener Intensität unangenehmer in ihrer Hedonik bewertet werden. Kautschukböden mit hohen Intensitäten werden als am unangenehmsten bewertet. PVC-Beläge werden auch bei geringeren empfundenen Intensitäten als unangenehm wahrgenommen (Kap. 5.4.3).

Die VOC-Emissionsmessungen zeigen, dass die gemessenen Produkte insgesamt emissionsarm sind. Einige Produkte weisen trotz geringer oder nahezu keiner nachweisbaren VOC-Emissionen einen Geruch auf (Kap. 5.4.4).

Unterschiedliche Bodenbelagsarten weisen unterschiedliche Geruchsintensitäten auf, wobei synthetisch hergestellte Kunststoffbeläge oft geringe Intensitäten zeigen. Linoleum- und Kautschukbeläge zeigen mittlere bis hohe Geruchsintensitäten. Bei diesen Produktarten gibt es allerdings jeweils ein laut den Herstellern „spezielles Produkt“, welches eine niedrige Intensität aufweist. Ein bewerteter Korkboden weist eine hohe empfundene Intensität auf. Die untersuchten PVC-Beläge zeigen niedrige oder hohe Geruchsintensitäten.

Die Messergebnisse deuten darauf hin, dass die Einführung einer verbindlichen Anforderung des AgBB-Beurteilungsmaßstabes von 7 pi beim Blauen Engel den Ausschluss für die Produktarten Linoleum und Kautschuk bedeuten würde. Mögliche Anforderungen an die Geruchsprüfung und -bewertung beim Blauen Engel sollten daher im Rahmen von Fachgesprächen diskutiert werden. Die aktuelle Vergabegrundlage enthält bisher keine Verankerung der Geruchsprüfung. Verschiedene Varianten für eine Überarbeitung werden im Kap. 5.5 genannt.

Im Text werden die Vor- und Nachteile der Varianten erörtert. Der Forschungsnehmer schlägt vor, dass eine verbindliche Geruchsprüfung beim Blauen Engel für elastische Bodenbeläge erfolgen und der zu erreichende Zielwert der empfundenen Intensität 7 pi am 28. Tag nach Beladung sein sollte. In einer Probephase für die erste Laufzeit der Vergabekriterien (z. B. zwei Jahre) wird empfohlen, auch solche Produkte mit dem Blauen Engel auszuzeichnen, die den Zielwert verfehlen. Diese Produkte dürfen dann jedoch nicht mit dem Begriff geruchsarm bezeichnet und beworben werden. Nach einer Probephase ist eine verbindliche Einführung des Zielwertes erneut zu prüfen.

Wie in den Vergabekriterien der DE-UZ 128 für textile Bodenbeläge sollte ein Abbruch der Messung am 7. Tag nach Beladung möglich sein, wenn der Zielwert bereits erreicht wird. Auch die Möglichkeit der Wiederholungsprüfung am 29. Tag sollte bestehen, falls am 28. Tag ein Ergebnis von maximal 8 pi erreicht wird.

Die Geruchsprüfung sollte verbindlich eingeführt werden, um die Kenntnis über den Geruch der Produkte zu erhöhen und so die Datenbasis zu erweitern. Eine verbindliche Geruchsprüfung

erhöht die Aufmerksamkeit auf das Thema und kann bereits ohne die Einhaltung eines vorgegebenen Zielwertes zu einer Reduktion von Gerüchen führen, weil herstellende Betriebe ihre Produkte dahingehend optimieren können. Bei der Beantragung des Blauen Engels sollten Prüfprotokolle der Geruchsmessungen immer mit eingereicht werden und eine Auswertung durch ein Forschungsinstitut ermöglicht werden.

### **Holzbasierete Produkte**

Im Forschungsprojekt werden 9 Holzprodukte mit dem Blauen Engel untersucht (Kap. 6.1). In Bezug auf die VOC-Emissionen sind die holzbasierten Produkte unauffällig (Kap. 6.4.4). Von den untersuchten Produkten weisen 6 am 28. Messtag eine empfundene Intensität von weniger als 7 pi auf (Kap. 6.4.2). Ein weiteres Produkt hat eine empfundene Intensität von 7,3 pi am 28. Messtag und könnte im Falle einer Wiederholungsprüfung am Folgetag ebenfalls die Prüfung bestehen. Damit halten die meisten untersuchten Holzprodukte mit dem Blauen Engel die Anforderungen ein, nach 28 Tagen eine empfundene Intensität von höchstens 7 pi aufzuweisen. Die Einführung einer verbindlichen Geruchsprüfung in die Vergabekriterien des DE-UZ 176 wäre damit unkritisch (Kap. 6.5).

Es wird empfohlen eine verbindliche Geruchsprüfung beim DE-UZ 176 einzuführen. In einer Probephase für die erste Laufzeit der Vergabekriterien (z.B. zwei Jahre) wird empfohlen, auch solche Produkte mit dem Blauen Engel auszuzeichnen, die den Zielwert verfehlen. Diese Produkte dürfen dann jedoch nicht mit dem Begriff geruchsarm bezeichnet und beworben werden. Nach einer Probephase ist eine verbindliche Einführung des Zielwertes erneut zu prüfen.

Der zu erreichende Zielwert der empfundenen Intensität sollte 7 pi am 28. Tag nach Beladung betragen. Wie in den Vergabekriterien der DE-UZ 128 für textile Bodenbeläge kann ein Abbruch der Messung am 7. Tag nach Beladung ermöglicht werden, wenn der Zielwert bereits erreicht wird. Auch die Möglichkeit der Wiederholungsprüfung am 29. Tag sollte bestehen, falls am 28. Tag ein Ergebnis von maximal 8 pi erreicht wird (Kap. 6.5).

## **2. Ableitung einer verlässlichen Zumutbarkeitsschwelle (Kap. 7)**

Im Projekt wird untersucht, ob die bislang vorläufig festgelegte Zumutbarkeitsschwelle für die Zulassung von Bauprodukten gemäß Schema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) und Blauer Engel valide ist. Also, ob der Zusammenhang zwischen Zumutbarkeit und empfundener Intensität in weiteren Messungen bestätigt werden kann.

Aufgrund der langen zeitlichen Einschränkungen durch die Covid-Pandemie werden nur wenige Produkte untersucht. Dennoch sind die Ergebnisse richtungsweisend und bestätigen die Untersuchungen im Projekt Müller (2011).

Der Zusammenhang, dass mit höherer empfundener Intensität auch die Unzumutbarkeit von Bauproduktgerüchen steigt, besteht. Die in diesem Projekt untersuchten Produkte zeigen, dass ab einer empfundenen Intensität von 9 pi mehr als 30 % der großen, ungeschulten Prüfergruppe einen Geruch als unzumutbar bewerten (Kap. 7.2). Im Projekt Müller (2011) wird eine empfundene Intensität von 7 pi als Schwelle zur Unzumutbarkeit ermittelt.

Der in diesem Projekt ermittelte höhere Wert für die empfundene Intensität wird auf die Untersuchung von Holzprodukten zurückgeführt, die auch bei höheren Intensitäten in ihrer Hedonik oft als angenehm oder neutral bewertet werden. Die Hälfte der untersuchten Produkte (8 von 16) sind Holzprodukte. Würde man diese Produkte aus der Bewertung herausnehmen, läge der Wert bei etwa 7 pi. Die Untersuchungen unterstützen somit den festgelegten Wert des AgBB-Schemas und des Blauen Engels von 7 pi (Kap. 7.3).

Zur weiteren Validierung des Prüfwertes von 7 pi sollten sowohl Untersuchungen zur Zumutbarkeit, als auch insgesamt weitere Untersuchungen von Holzprodukten durchgeführt werden.

### **3. Untersuchungen unterschiedlicher Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen am Vergleichsmaßstab (Kap. 8)**

Die Enthalpie der Luft hat nach Fang (1997/1998) signifikante Auswirkungen auf die Wahrnehmung der Luftqualität. Temperatur und relative Feuchte der Luft wirken sich auf die Bewertungskriterien empfundene Intensität, Hedonik und die Wahrnehmung der Luftqualität im Raum aus. In Untersuchungen von [Böttcher 2003] wird zudem ein Unterschied in der Wahrnehmung zwischen trainierten und untrainierten Prüfer\*innen festgestellt.

Dem Vergleichsmaßstab kommt eine zentrale Rolle in der Methode zur Bewertung der Gerüche aus Produkten zu. Um Unterschiede in den Bewertungen aufgrund des Vergleichsmaßstabes zu vermeiden, werden Untersuchungen bei unterschiedlichen Temperaturen am Vergleichsmaßstab durchgeführt. Die Prüfenden haben Acetonintensitäten unter Normbedingungen und bei abweichenden Bedingungen bewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl bei geringerer als auch bei höherer Temperatur die Wahrnehmung der empfundenen Intensität von Aceton mit steigender Konzentration abnimmt. Im Vergleich zu den Normbedingungen, reduziert sich die geruchliche Wahrnehmung bei abweichenden Temperaturen. Die Abweichung nimmt mit zunehmender Enthalpie zu.

### **4. Vergleich von Bewertungen mit Emissionsprüfkammern zu Bewertungen in realen Räumen (Kap. 9)**

Die HTW Berlin hat ein zweites Luftqualitätslabor aufgebaut, das über zwei begehbare Prüfkammern in Raumgröße verfügt. Diese können beliebig eingerichtet und mit Bauprodukten ausgestattet werden. Aus jeder der beiden Kammern kann über eine Rohrleitung Abluft in das erste Luftqualitätslabor zu einem angeschlossenen Trichter geführt und dort durch die Prüfenden bewertet werden. Der Bau des Labors wird während der Projektlaufzeit fertiggestellt und erste Versuche werden durchgeführt. Diese sollen zunächst zeigen, ob die Probenluft unverändert ankommt und vergleichbare Messungen zu Prüfkammertests durchgeführt werden können.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Qualität der Luft aus der Prüfkammer (CLIMPAQ) und der begehbaren Prüfkammer in Bezug auf die empfundene Intensität und Hedonik gleich wahrgenommen werden. Eine Vergleichsmessung mit indirekter Probenahme, wobei die Luft aus dem Laborraum im Probenbehälter gesammelt und den Prüfenden dargeboten wird, weist etwas niedrigere Intensitäten auf. Es wird auch der Hintergrundgeruch der zweiten leeren Kammer überprüft. Mit 4 pi entspricht dieser Wert den Anforderungen der DIN ISO 16000-28 an Hintergrundgerüche in Prüf- und Aufenthaltsräumen. Die gute Übereinstimmung dieser ersten Ergebnisse weist auf eine prinzipielle Eignung des neuen Labors hin (Kap. 9.2).

#### **Ausblick**

Geruchsbelastungen von Bauprodukten in Innenräumen haben Einfluss auf die Gesundheit, das Wohlbefinden von Menschen und den Energiebedarf von Gebäuden. Durch das Forschungsprojekt „Geruchs- und emissionsarme Produkte für eine gesunde Innenraumluft“ soll diese Geruchsbelastung durch Bauprodukte reduziert werden. Ein Weg dazu ist bestehende Vergabekriterien des Blauen Engels auszuweiten, indem zum Beispiel freiwillige Anforderungen zu verpflichtenden Anforderungen werden, oder dass eine Datensammlung aufgebaut wird, die eine erweiterte Palette an Bauprodukten mit Messdaten zur Auswertung bietet, um neue Vergabekriterien entwickeln zu können.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Zumutbarkeit von Gerüchen aus Bauprodukten mit steigender empfundener Intensität sinkt. Die vom AgBB vorläufig festgelegte Schwelle der empfundenen Intensität von 7 pi für die Zumutbarkeit und die Zulassung von Bauprodukten kann mit den Ergebnissen dieses Projektes bestätigt werden. Tatsächlich ergibt die Analyse der im Projekt untersuchten Produkte einen Wert von 9 pi, dieser höhere Wert lässt sich jedoch auf die Untersuchung von Holzprodukten zurückführen, die auch bei höheren Intensitäten in ihrer Hedonik oft als angenehm oder neutral bewertet werden. Die angenehme Hedonik von Holzprodukten und die damit verbundene höhere Zumutbarkeit sind bislang noch nicht untersucht worden; hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Lufttemperatur und relative Luftfeuchte sind Einflussgrößen auf die spezifische Enthalpie der Luft und somit entscheidende Faktoren bei der Beurteilung der Luftqualität. Wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass die Variation der spezifischen Enthalpie Einfluss auf die Bewertung der Akzeptanz in Untersuchungen zur Luftqualität haben. Im vorliegenden Bericht wurde auch gezeigt, dass die spezifische Enthalpie Einfluss auf die mittels Aceton ermittelte empfundene Intensität hat. Die Kriterien für den Vergleichsmaßstab müssen in der Normung entsprechend präzisiert werden. Die Änderung der spezifischen Enthalpie erfolgte bisher durch Variation der Lufttemperatur. Die Variation der Luftfeuchte sollte in einem zukünftigen Forschungsvorhaben als ein Bestandteil der Enthalpieänderung untersucht werden.

Die Erweiterung des Luftqualitätslabors der HTW Berlin um zwei standardisierte Innenräume ermöglicht die Bewertung von Bauprodukten im Zusammenhang mit Ausstattungsobjekten von z.B. Büroräumen. In ersten Untersuchungen wurde zunächst die Bewertung von Bauprodukten aus Emissionskammern und den standardisierten Innenräumen verglichen, mit vergleichbaren Ergebnissen. Die Ausweitung der Untersuchungen auf die Ergänzung von Kombinationen aus Bauprodukten und Raumausstattungen sollten einen neuen Untersuchungsrahmen bilden um eine Verbesserung der Innenraumluftqualität zu erreichen.

## Summary

A prerequisite for healthy indoor air is the use of low-emission and low-odour building products. The integration of odour-relevant aspects into the Blue Angel award criteria is desirable, as studies in previous projects have shown that the measured emissions of tested products decrease, but the odour load remains roughly the same (Müller 2011, Müller 2019). This can have an adverse effect on well-being and health, e.g. via irritation of the respiratory tract or headaches. In addition, intense odours can lead to more unregulated ventilation, which increases a building's energy consumption.

In Germany, the scheme of the Committee for Health-related Evaluation of Building Products (AgBB) defines the requirements for the health-related evaluation of emissions and odours of volatile organic compounds (VOCs) from building products (Chapter 3.1). The scheme is also used to assess indoor building products for the Blue Angel award, although stricter requirements for VOC emissions additionally apply there (Chapter 3.2).

When testing according to the AgBB scheme, product samples are placed in emission test chambers under defined conditions (Chapter 3.3). The chemical analysis of the sample air takes place on measurement days 3 and 28 after loading. The VOC sampling from the emission test chamber air is carried out in accordance with DIN EN 16516 or DIN ISO 16000-6 (Chapter 3.5). In addition, on the 28th day after loading, a sensory test is carried out on a voluntary basis in accordance with DIN ISO 16000-28 and VDI 4302, Sheet 1 (Chapter 3.4).

Although DIN ISO 16000-28 is an internationally recognized method, so far it has only been incorporated on a voluntary basis in the AgBB scheme for the approval of building products (2021), as too few measurements are generally available. A value of 7 pi for the perceived intensity is used for the assessment, as the AgBB assumes that construction products with a more intense odour represent an intolerable nuisance; this assessment standard is considered provisional (Chapter 3.1). A survey had shown that at higher intensities, the odour of a product sample is perceived as intolerable by more than 30 % of a large, untrained group. In a previous research project (Müller, 2011), it was determined that this is the case at odour intensities greater than 7 pi.

In order to promote the use of low-emission and low-odour building products, this research project consists of the following 4 work packages.

1. The Blue Angel award criteria already contain requirements for limiting emissions from construction products (Chapter 3.2). To date, the testing and assessment of odour for almost all reward criteria has only been performed on a voluntary basis. Only in the case of textile floor coverings (DE-UZ 128) is it a requirement that the products must provide evidence of low odour in accordance with DIN ISO 16000-28 (Chapter 3.4). The main objective of the research project is therefore the development of requirements for the Blue Angel for interior-relevant, large-area products.
2. The requirement for the sensory evaluation of the products is specified by the AgBB via the preliminary assessment criterion of odours. Above a defined odour intensity (perceived intensity) of 7 pi, measured using the DIN ISO 16000-28 method, building product odours are no longer tolerable for more than 30% of a group of respondents. This is defined by the AgBB as a provisional value for health reasons. The further validation of this value is an additional aim of this research project.
3. The temperature and humidity of the presented sample air have a special influence on odour perception. Maintaining the same conditions during the measurements is therefore crucial for odour measurement. The influence of these parameters on the

measurement of perceived intensity has been little investigated to date and will be examined here.

4. Emission chamber tests are not directly suitable for evaluating the sensory quality of indoor spaces, as the results of sensory measurements of building products cannot be used to draw conclusions about the odour in an indoor space. For indoor air measurements, the sample air from indoor spaces is therefore collected in accordance with DIN ISO 16000-28 and transported to laboratories for analysis. A new air quality laboratory at HTW Berlin makes it possible to test indoor spaces under standardized conditions. In this laboratory, elastic floor coverings are initially tested under real conditions to determine whether comparable sensory measurements are possible in emission test chambers. The aim is to use the laboratories later for sensory measurements with different equipment. The laboratory and the results of the first measurements are presented in this research project.

The contents and results of the work packages are summarized below.

#### **1. VOC measurements and sensory analyses of various product groups (Chapters 5 and 6)**

In the project, elastic floor coverings (Blue Angel DE-UZ 120) and wood-based products (Blue Angel DE-UZ 176) are examined in order to expand the database of these products with regard to sensory aspects. This will make it possible to examine whether odour-related aspects can be added to the award criteria and whether it is possible to introduce mandatory requirements for these product groups.

For the measurement of VOC concentrations and the sensory analyses, a representative selection of products from the scope of the Blue Angel for elastic floor coverings and wood-based products will be chosen in consultation with the German Environment Agency (Chapters 5.1 and 6.1). In the case of elastic floor coverings, PVC floor coverings are also included. These are not within the scope of the Blue Angel due to their halogen compounds, but they account for a large market share and are therefore of fundamental interest with regard to their potential health effects.

The VOCs and odours are tested in the laboratories of BAM and HTW Berlin. Sensory measurements normally take place on days 3, 7, 14 and 28 after loading, and the measurement of the VOC concentrations on days 3, 7 and 28. The measurement of the floor coverings takes place with the area-specific air flow rate  $q$  of  $1.25 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$  and for a tested wall and ceiling panel with a  $q$  of  $0.28 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Due to the special test chambers (CLIMPAQs) used in the HTW air quality laboratory, direct evaluation of the air samples at the exhaust air funnel of the emission test chamber is possible (Chapters 5.2 and 6.2).

The sensory properties are measured in accordance with DIN ISO 16000-28. A trained group of about 8 - 12 testers assess the perceived intensity and hedonic tone of the sample air. VOC sampling from the emission test chamber air is carried out in accordance with DIN EN 16516 and DIN ISO 16000-6. Air samples are taken from the chamber air using Tenax® tubes, DNPH and silica gel cartridges to determine the emission of VOCs and special subgroups such as aldehydes and ketones or acetic and formic acid. The products are characterized and evaluated in terms of health in accordance with the specifications of the AgBB scheme and the Blue Angel.

The results of the elastic floor coverings and the wood-based products are presented below:

#### **Elastic floor coverings**

The products are divided into the following subgroups for the evaluation: Rubber, plastic, linoleum, cork and PVC. The product type "plastic" stands for synthetically manufactured

coverings that are not PVC coverings. A total of 23 products from six manufacturers were examined. The manufacturers provide product samples for the tests and some building products are purchased from retailers (Chapter 5.1).

The sensory measurements of resilient floor coverings show that the perceived intensity remains approximately the same for most products over a period of 28 days and even 12 weeks, without showing any decay behavior (Chapter 5.4.2).

Consideration of the correlation between perceived intensity and hedonic tone of the products shows that building products with a high perceived intensity are assessed as more unpleasant in their hedonic tone. Rubber flooring with high intensities is rated as the most unpleasant. PVC flooring is also deemed as unpleasant at lower perceived intensities (Chapter 5.4.3).

The VOC emission measurements show that the products measured are low in emissions overall. Some products have an odour despite low or almost no detectable VOC emissions (Chapter 5.4.4).

Different types of floor coverings exhibit different odour intensities, with synthetic floor coverings often showing lower intensities. Linoleum and rubber floor coverings exhibit medium to high odour intensities. However, according to the manufacturers, there is a "special" version for each of these product types that has a low intensity. One cork flooring product evaluated has a high perceived intensity. The PVC floor coverings tested show both low and high odour intensities.

The measurement results indicate that the introduction of a mandatory requirement of the AgBB assessment standard of 7 pi for the Blue Angel would mean the exclusion of the product types linoleum and rubber. Possible requirements for odour testing and assessment for the Blue Angel should therefore be discussed with expert stakeholders. The current Basic Award Criteria do not yet include an odour test. Various options for a revision are mentioned in Chapter 5.5.

The advantages and disadvantages of these potential revisions are discussed in the text. The research contractor proposes that a mandatory odour test should be carried out for the Blue Angel for elastic floor coverings and that the target value of perceived intensity to be achieved should be 7 pi on the 28th day after loading. In a trial phase for the first term of the award criteria (e.g. two years), it is recommended that products that do not meet the target value should also be awarded the Blue Angel. However, these products should not then be labeled and advertised with the term "low-odour". After a trial phase, a mandatory introduction of the target value should be re-examined.

As in the DE-UZ 128 award criteria for textile floor coverings, it should be possible to stop the measurement on the 7th day after loading if the target value has already been reached. It should also be possible to repeat the test on the 29th day if a result of no more than 8 pi is achieved on the 28th day.

Odour testing should be made mandatory in order to increase knowledge about the odour of products and thus expand the amount of data. A mandatory odour test increases awareness of the issue and can lead to a reduction in odours even without compliance with a specified target value, as manufacturing companies can optimize their products accordingly. When applying for the Blue Angel, test reports of the odour measurements should always be submitted and an evaluation by a research institute should be made possible. After a trial phase for the first term of the award criteria (e.g. two years), the mandatory introduction should be examined.

## Wood-based products

In the research project, 9 wood-based products with the Blue Angel award are being examined (Chapter 6.1). In terms of VOC emissions, the wood-based products are not noteworthy (Chapter 6.4.4). Of the products tested, 6 had a perceived intensity of less than 7 pi on the 28th day of measurement (Chapter 6.4.2). A further product has a perceived intensity of 7.3 pi on the 28th day of measurement and could also pass the test in the event of a repeat test on the following day. This means that most of the tested wood products with the Blue Angel comply with the requirements of having a perceived intensity of no more than 7 pi after 28 days. The introduction of a mandatory odour test in the award criteria of DE-UZ 176 would therefore not be critical (Chapter 6.5).

It is recommended to introduce a mandatory odour test for DE-UZ 176. The target value to be achieved for the perceived intensity should be 7 pi on the 28th day after loading. As in the award criteria of DE-UZ 128 for textile floor coverings, it is possible to stop the measurement on the 7th day after loading if the target value has already been reached. It should also be possible to repeat the test on the 29th day if a result of no more than 8 pi is achieved on the 28th day (Chapter 6.5).

## 2. Derivation of a reliable tolerability threshold (Chapter 7)

The project investigates whether the tolerability threshold for the approval of building products according to the scheme of the AgBB and Blue Angel is valid. In other words, the project aims to elucidate whether the correlation between tolerability and perceived intensity can be confirmed in further measurements.

Due to time restrictions caused by the Covid pandemic, only a few products were tested. Nevertheless, the results largely align with expectations and confirm the investigations in the Müller project (2011).

There is a correlation that the higher the perceived intensity, the higher the intolerability of building product odours. The products tested in this project show that from a perceived intensity of 9 pi, more than 30 % of the large, untrained group of testers rate an odour as intolerable (Chapter 7.2). In the Müller project (2011), a perceived intensity of 7 pi is determined as the value for intolerability.

The higher value for the perceived intensity determined in this project is attributed to the investigation of wood products, which are often rated as pleasant or neutral in their hedonic tone even at higher intensities. Half of the products examined (8 out of 16) are wood products. If these products were excluded from the assessment, the value would be around 7 pi. The studies therefore support the value of 7 pi set by the AgBB scheme and the Blue Angel (Chapter 7.3).

In order to further validate the value of 7 pi, both studies on tolerability and overall further studies of wood products should be carried out.

## 3. Investigations of different temperature and humidity conditions on a comparative scale (Chapter 8)

According to Fang (1998), the enthalpy of the air has a significant effect on the perception of air quality. The temperature and relative humidity of the air have an effect on the evaluation criteria of perceived intensity, hedonics and the perception of air quality in the room. Studies by Böttcher (2003) also found a difference in perception between trained and untrained testers.

The comparative scale plays a central role in the method for evaluating odours from products. In order to avoid differences in the evaluations due to the comparative scale, tests are carried out at different temperatures on the comparative scale. The testers evaluated acetone intensities

under standard conditions and under deviating conditions. The results show that the perception of the perceived intensity of acetone decreases with increasing concentration at both lower and higher temperatures. Compared to the standard conditions, the odour perception is reduced at deviating temperatures. The deviation increases with increasing enthalpy.

#### **4. Comparison of assessments with emission test chambers to assessments in real rooms (Chapter 9)**

The HTW Berlin has set up a second air quality laboratory, which has two walk-in test chambers the size of a small room. The chambers can be set up as required and equipped with building products. Exhaust air from each of the two chambers can be fed into the first air quality laboratory via a pipe to a connected funnel, where it can be evaluated by the testers.

Construction of the laboratory will be completed during the project period and initial tests will be carried out. These will initially show whether the sample air arrives unchanged and whether comparable measurements to test chamber tests can be carried out.

The results show that the quality of the air from the test chamber (CLIMPAQ) and the walk-in test chamber are perceived in the same way in terms of perceived intensity and hedonic value. A comparative measurement with indirect sampling, whereby the air from the laboratory room is collected in the sample container and presented to the testers, shows slightly lower intensities. The background odour of the second empty chamber was also checked. At 4 pi, this value corresponds to the requirements of DIN ISO 16000-28 for background odours in test and neutral break rooms. The good agreement between these initial results indicates that the new laboratory is in principle suitable for carrying out investigations (section 9.2).

#### **Outlook**

Odour pollution from building products in indoor spaces has an impact on health, the well-being of people and the energy requirements of buildings. The research project "Low-odour and low-emission products for healthy indoor air" aims to reduce this odour pollution from building products. One way to achieve this is to expand existing Blue Angel award criteria, for example by turning voluntary requirements into mandatory requirements, or by establishing a data collection that offers an expanded range of building products with measurement data for evaluation in order to develop new award criteria.

The studies have shown that the tolerability of odours from building products decreases with increasing perceived intensity. The value of perceived intensity of 7 pi provisionally set by the AgBB for the tolerability and approval of building products can be confirmed with the results of this project. In fact, the analysis of the products examined in the project yields a value of 9 pi, but this higher value can be attributed to the examination of wood products, which are often assessed as pleasant or neutral in their hedonic values even at higher intensities. The pleasant hedonic tone of wood products and the associated higher tolerability have not yet been investigated; there is a need for further research in this area.

Air temperature and relative humidity influence the specific enthalpy of the air and are therefore decisive factors in the assessment of air quality. Scientific studies have shown that the variation of the specific enthalpy has an influence on the evaluation of acceptance in air quality studies. In this report it was also shown that the specific enthalpy has an influence on the perceived intensity using acetone. The criteria for the comparative scale must be specified accordingly in the standardization. The change in specific enthalpy was previously achieved by varying the air temperature. The variation of air humidity should be investigated in a future research project as a component of the enthalpy change.

The expansion of the air quality laboratory at HTW Berlin to include two standardized indoor rooms enables the evaluation of building products in connection with furnishings in office spaces, for example. In initial studies, the evaluation of building products from emission chambers and the standardized indoor rooms were compared, with comparable results. The extension of the investigations to include combinations of building products and room furnishings should form a new investigation framework in order to achieve an improvement in indoor air quality.

## 1 Einleitung und Ziele

Menschen, die in der gemäßigten Klimazone leben, verbringen bis zu 90 % ihres Lebens in Innenräumen, weshalb die Innenraumluft unbelastet von Schadstoffen und Gerüchen sein sollte. Emittieren Bauprodukte und Einrichtungsgegenstände flüchtige organische Stoffe, die auch Gerüche verursachen können, beeinflusst dies die Qualität der Raumluftqualität und das Wohlergehen, sowie die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Nutzenden.

In Deutschland wird ca. 35 % (Energiedaten, 2019; Umweltbundesamt, 2022) der eingesetzten Primärenergie für das Heizen, Kühlen und Klimatisieren von Innenräumen verwendet.

Die Verwendung emissions- und geruchsarmer Produkte gewinnt zunehmend an Wichtigkeit, denn mit dem Ziel der Europäischen Union bis 2050 Treibhausgas-Neutralität zu erreichen (A European Green Deal, 2019), ist auch die Energieeffizienz von Gebäuden im Fokus. Die Mitgliedstaaten haben sich verpflichtet, die Gebäuderenovierung zu stärken. Neubauten sollen nur noch als Niedrigstenergiegebäude errichtet werden (EPBD, 2012/27/EU; 2010/31/EU). Durch die energieeffiziente Bauweise, einhergehend mit einer besseren Wärmedämmung und dicht schließenden Fenster und Türen, wird die gesamte Gebäudehülle zunehmend dichter. Sollen Gerüche, z. B. durch andauernde Fensteröffnung, aus dem Raum geführt werden, nimmt der Heizenergiebedarf des Gebäudes zwangsläufig zu (Panašková, 2012).

Die Prüfung und Verwendung emissions- und geruchsarmer Produkte ist daher essentiell für eine gesunde Raumluft und einen energieeffizienten Gebäudebetrieb.

Das Hauptziel der Untersuchungen dieses Projektes ist es, die gesundheitlichen Belastungen durch geruchliche Emissionen aus Produkten zu senken, um Verbraucherinnen und Verbraucher zu schützen. Es ist zu prüfen, ob die Geruchsbewertung verbindlich in die Vergabekriterien des Blauen Engels für „Elastische Fußbodenbeläge“ (DE-UZ 120) aufgenommen werden kann. Gleiches gilt für die Produktkategorie „Umweltfreundliche Bodenbeläge, Paneele, Türen“ (DE-UZ 176). Denn dadurch erhalten Verbraucherinnen und Verbraucher die Möglichkeit, gezielt nach Produkten zu suchen, die gesundheitlich unbedenklich und geruchsarm sind.

Eine Aufgabenstellung des Projektes ist es, die jeweiligen genannten Produktgruppen sensorisch und zeitgleich hinsichtlich ihrer VOC-Emissionen zu untersuchen. Das Schema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB, 2021) „Anforderungen an die Innenraumluftqualität in Gebäuden: Gesundheitliche Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VVOC, VOC und SVOC) aus Bauprodukten gibt die zu verwendenden Messmethoden und die Bewertung der Ergebnisse vor. Da der Blaue Engel in Bezug auf die VOC-Emissionen höhere Anforderungen stellt, werden diese ebenfalls als Grundlage für die Bewertung der Ergebnisse herangezogen. Es wird mit den erzeugten Daten geprüft, ob die Vergabekriterien des Blauen Engels mit geruchsrelevanten Aspekten ergänzt werden können.

Das AgBB-Schema beinhaltet die Methode der DIN ISO 16000-28 (2021) „Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer“ in Verbindung mit der VDI-Richtlinie 4302, Blatt 1 (2015) „Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien“ für die sensorische Bewertung. Als Messgrößen werden im Projekt die empfundene Intensität mit dem Vergleichsmaßstab und die Hedonik ermittelt. Für beide Bewertungen wird eine geschulte Prüfergruppe eingesetzt.

Die Messung der VOC-Emissionen erfolgt nach dem Laborprüfverfahren der DIN EN ISO 16000-9 (2008) „Innenraumluftverunreinigungen – Teil 9: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen - Emissionsprüfkammer-Verfahren“ und DIN EN 16516 „Bauprodukte – Bewertung der

Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Bestimmung von Emissionen in die Innenraumluft“ (2018).

Ein weiteres Ziel des Projektes ist es, den Einfluss der Enthalpie auf die sensorische Bewertung zu untersuchen. Im Projekt wird dazu eine raumluftechnische Anlage in kleiner Größe entwickelt, gebaut und betrieben. Mit ihr ist es möglich Vergleichsmaßstäbe unter verschiedenen Bedingungen in Bezug auf Temperatur zu betreiben. Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen in die Überarbeitung internationaler Normen (DIN ISO 16000-28) und nationaler Richtlinien (VDI 4302, Blatt 1) eingebracht werden. Es wird erwartet, dass deren Präzisierungen durch klare Vorgaben zu einer höheren Reproduzierbarkeit der Messergebnisse der Geruchsprüfung führen.

Ein weiteres Ziel des Projektes ist die Ableitung einer verlässlichen Zumutbarkeitsschwelle für die Bewertung von Gerüchen. Der AgBB sieht eine unzumutbare Belästigung, wenn mehr als 30 % einer nicht geschulten, großen Gruppe von Befragten einen Bauproduktgeruch als unzumutbar bewerten. Aus den Gesundheitsschutz betreffenden Gründen und auf Basis eines früheren Forschungsprojektes (Müller, 2011) leitet der AgBB als vorläufigen Bewertungsmaßstab eine empfundene Intensität von 7 pi ab. Produkte mit höherer Intensität sind demnach sensorisch nicht für eine Anwendung im Innenraum geeignet. Da bislang nur wenige Untersuchungen vorliegen, werden mit diesem Projekt eine Überprüfung und ggf. Validierung der Zumutbarkeitsschwelle angestrebt.

Die aufgeführten Arbeiten werden durch die am Projekt beteiligten Institutionen Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) und Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin durchgeführt. Die sensorischen Bewertungen erfolgen im Luftqualitätslabor der HTW Berlin und die VOC-Untersuchungen bei der BAM.

Das Vorhaben ist zusätzlich mit einer Promotionsstelle gekoppelt, die eng mit dem Vorhaben verbunden ist. Die Ergebnisse der Promotion mit dem Titel „Sensorische Prüfung von Bauprodukten – Weiterentwicklung der Probendarbietung und Vereinfachung des Messverfahrens“ werden in einer gesonderten Dissertationsschrift veröffentlicht.

Dieses Vorhaben baut auf den Ergebnissen folgender vorangegangener Forschungsprojekte auf:

- ▶ UBA Texte 35/2011 „Sensorische Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten“ (Müller, 2011): <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sensorische-bewertung-emissionen-aus-bauprodukten>
- ▶ UBA Texte 92/2019: „Emissions- und geruchsarme Bauprodukte für energieeffiziente Gebäude“ (Müller, 2019) <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/emissions-geruchsarme-bauprodukte-fuer>

## 2 Aufgabenstellung

### 2.1 Erkenntnisstand zu Projektbeginn

Bauprodukte und Möbel spielen eine wichtige Rolle bei der Beeinflussung des Innenraumklimas. Sie sind zum einen flächig eingebracht und zum anderen haben die nutzenden Personen kaum Einfluss auf die Emissionen von VOCs und Geruchsstoffen.

Um eine gute Luftqualität in Gebäuden zu erreichen müssen Stofflasten durch Lüften aus den Räumen abgeführt, vermieden oder verringert werden. Um die Reinigungslasten und deren Wirkung über das Geruchsempfinden auf die Raumnutzenden zu verringern, ist neben einer messtechnischen Erfassung der Verunreinigungen auch eine sensorische Prüfung in Innenräumen und von Bauprodukten notwendig. Aktuelle Untersuchungen (UBA Texte 92/2019) haben gezeigt, dass die gemessenen Emissionen der untersuchten Produkte gering sind. Im Vergleich zu den Vorgängerprojekten nehmen die Emissionswerte deutlich ab, jedoch nicht die Bewertungen der empfundenen Intensität bei der Geruchsprüfung. Daher wird es umso wichtiger, die Geruchsbewertung mit in die Prüfung für den Blauen Engel aufzunehmen. Wird der Luftwechsel verringert, oder nimmt die Reinigungslast zu, dann verschlechtert sich die Raumluftqualität, womit auch die Zufriedenheit der nutzenden Personen abnimmt. An Arbeitsplätzen kann es bei schlechter Luftqualität und der daraus resultierenden Unzufriedenheit zu einer geringeren Produktivität der Beschäftigten kommen. Wird aufgrund der Unzufriedenheit öfter gelüftet, steigt die Luftwechselrate und der Energiebedarf des Gebäudes nimmt deutlich zu.

Die Anwendung der in den vorangegangenen Projekten entwickelten Methode zur Bewertung der empfundenen Luftqualität in die Praxis führte dazu, dass offene Fragen zur Methode und dem Vorgehen bei den Untersuchungen erkannt worden sind. Im Projekt von Müller (2019), veröffentlicht als UBA Texte 92/2019, wurden bereits einige der offenen Fragen diskutiert, eine abschließende Klärung erfordert jedoch weitere Forschung, die mit dem neuen Projekt zu großen Teilen realisiert werden kann. Zu den zentralen Forschungsfragen zählen die Erarbeitung von klaren Zumutbarkeitsschwellen, klare Beschreibungen der Abläufe bei den Messungen und einiges mehr. Die Integration geruchsrelevanter Aspekte in weitere Vergabekriterien des Blauen Engels ist wünschenswert, nachdem die Einführung in die Vergabegrundlage „Emissionsarme textile Bodenbeläge“ DE-UZ 128 bereits vor einigen Jahren erfolgreich umgesetzt wurde.

### 2.2 Notwendigkeit des Forschungsvorhabens

Emissionen aus Bauprodukten beeinträchtigen die Qualität der Innenraumluft erheblich. Verschiedene Richtlinien und Verordnungen fordern, dass die Gesundheit der Gebäudenutzenden nicht beeinträchtigt werden darf. Mit Hilfe des Bewertungsschemas des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) werden die Emissionen flüchtiger organischer Komponenten (VOC) aus Bauprodukten bewertet. Aktuelle Untersuchungen (UBA Texte 92/2019) haben gezeigt, dass die gemessenen Emissionen der untersuchten Produkte gering sind. Im Vergleich zu den Vorgängerprojekten nehmen die Emissionen sogar deutlich ab, jedoch bleibt die Geruchsbelastung in etwa gleich. Daher wird es umso wichtiger, die Geruchsbewertung in die Prüfung für den Blauen Engel und das AgBB-Schema verbindlich aufzunehmen. Gerüche und die damit verbundenen Emissionen können auch zu gesundheitlichen Belastungen führen, z. B. Reizungen der Atemwege, Kopfschmerzen, Übelkeit, Konzentrationsschwäche, Schlafstörungen. Daher ist die sensorische Prüfung ein wichtiges Element bei der Bewertung von Bauprodukten. Der Geruch im Innenraum hat auch

einen wesentlichen Einfluss auf das Lüftungsverhalten der Nutzenden und somit auf den Energiebedarf eines Gebäudes (Kap. 1).

Um Verbraucherinnen und Verbrauchern eine Auswahl geruchsarmer Bauprodukte zu ermöglichen, müssen diese entsprechend gekennzeichnet sein. Der Blaue Engel bietet hier eine Orientierung. Bislang ist die Geruchsbewertung jedoch nur in den Vergabekriterien für „Emissionsarme textile Bodenbeläge“ (DE-UZ 128) ein verpflichtender Bestandteil. Eine Ausdehnung auf weitere Produktgruppen ist daher notwendig.

Um Belästigungen durch Gerüche zu vermeiden, muss eine verlässliche Zumutbarkeitsschwelle gegeben sein. Die Zumutbarkeitsschwelle von 7 pi als maximale Intensität für die sensorische Bewertung der Bauprodukte ist bislang nicht ausreichend verifiziert, was im Forschungsvorhaben erfolgen soll.

Der Einfluss der Temperatur und Luftfeuchte auf die Geruchsbewertung der empfundenen Intensität mit dem Vergleichsmaßstab gemäß DIN ISO 16000-28 ist bislang kaum untersucht. Es werden spezifische Bedingungen für den Betrieb des Vergleichsmaßstabes vorgegeben ( $T = 23 \text{ °C} \pm 3 \text{ K}$ ,  $\varphi = 50 \% \pm 10 \%$ ), die jedoch nicht überprüft sind. Die Untersuchungen sollen überprüfen, unter welchen Betriebsbedingungen die Vergleichsmaßstäbe genutzt werden können.

## 2.3 Arbeitspakete

Aufgrund der Covid-Pandemie müssen im Laufe der Projektlaufzeit Arbeitspakete in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt angepasst werden, die ursprünglich anders vereinbart waren. Insbesondere war geplant, im engen Austausch mit anderen Instituten und Laboren zu stehen, da die Anwendung der Messmethode der DIN ISO 16000-28 zur Bewertung der empfundenen Luftqualität in der Praxis dazu führte, dass offene Fragen zur Methode und dem Vorgehen bei den Untersuchungen erkannt worden waren. Zu den zentralen Forschungsfragen zählt der Aufbau und Umgang mit dem Vergleichsmaßstab, die Erarbeitung einer validierten Zumutbarkeitsgrenze, sowie klare Beschreibungen der Messabläufe und -bedingungen. All diese Punkte werden im Rahmen dieses Projektes bearbeitet, jedoch waren vergleichende Messungen mit verschiedenen Laboren nicht möglich. Auch eine geplante Untersuchung von Vergleichsmaßstäben verschiedener Institute an der HTW Berlin kann nicht erfolgen. Insgesamt hätte eine Reihe von gemeinsamen Vor-Ort-Terminen geplant werden müssen, die wegen der Pandemie vermieden wurden.

Das Forschungsprojekt gliedert sich in vier Arbeitspakete, die im Folgenden dargestellt werden.

### 1. Arbeitspaket: Messungen des Geruchs und der VOCs verschiedener Produktgruppen

Für die verschiedenen Messungen des Geruchs und der VOCs wird im Laufe des Projektes in Absprache mit dem Umweltbundesamt eine repräsentative Auswahl von Produkten aus der Gruppe der elastischen Bodenbeläge und holzbasierten Produkte ausgewählt.

Die Produkte werden einzeln in den Messkammern untersucht. Die sensorische Bewertung der empfundenen Intensität mit dem Vergleichsmaßstab und der Hedonik gemäß DIN ISO 16000-28 (2021) findet in der Regel an den Tagen 3, 7, 14 und 28 nach Beladung durch eine geschulte Prüfergruppe von etwa 8 bis 12 Personen statt. Die Probenahme für die VOC-Messung parallel zu den Geruchsproben an der HTW wird an den Tagen 3 und 28 nach Beladung der Emissionsprüfkammern durchgeführt. Generell wurden fast alle Proben auch in den Emissionskammern an der BAM beladen und nach (1), 3, 7 und 28 Tagen VOCs geprobt, Aldehyde und Säuren wurden nach 3 und 28 Tagen gemessen. Dabei werden Tenax®-Probenahmerohre für die Sammlung und Ermittlung der allgemeinen VOC verwendet. Für die

Ermittlung der Konzentrationen von Aldehyden und Ketonen werden Luftproben auf DNPH-Kartuschen gesammelt. Mit den gewonnenen Ergebnissen werden die Produkte gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel gesundheitlich charakterisiert und bewertet.

Für die empfundene Intensität und, soweit notwendig, für die Hedonik, werden die Anforderungen an den Bewertungsmaßstab aus den Vorgängerprojekten UBA Texte 35/2011 (Müller, 2011; Panašková, 2012) und UBA Texte 92/2019 (Müller, 2019) geprüft und weiterentwickelt.

Für eine bessere Auswertung und Übersichtlichkeit der Daten wird die im Projekt UBA Texte 92/2019 (Müller, 2019) erstellte Datenbank, in der alle untersuchten Bauprodukte aus den Vorläuferprojekten zusammengeführt sind, weitergeführt.

## **2. Arbeitspaket: Ableitung einer verlässlichen Zumutbarkeitsschwelle**

Um die vorläufig festgelegte Zumutbarkeitsschwelle für die Zulassung von Bauprodukten für den Blauen Engel bzw. für das AgBB-Schema zu überprüfen, sind parallele Untersuchungen mit einer geschulten kleinen Prüfergruppe und einer ungeschulten großen Prüfergruppe erforderlich. Mit den Ergebnissen werden Aussagen über das Verhältnis zwischen Zumutbarkeit und empfundener Intensität getroffen. Die geschulte Prüfergruppe von etwa 8 – 12 Personen wird zur Ermittlung der empfundenen Intensität und Hedonik herangezogen, während die ungeschulte, große Prüfergruppe von bis zu 40 Personen für die Messung der Akzeptanz, Zumutbarkeit und ebenfalls Hedonik eingesetzt wird.

Das bedeutet jedoch einen erhöhten Arbeits- und Planungsaufwand, da zusätzlich die ungeschulte Prüfergruppe für die Messungen eingeplant werden muss. Der Arbeits- und Planungsaufwand zu Beginn des Projektes war aufgrund der Beschaffung der Produkte und der Notwendigkeit, die Messungen schnell zu starten und so eine möglichst kurze Lagerzeit zu erreichen, besonders hoch. Daher werden die Messungen nicht gemeinsam mit dem Arbeitspaket 1 durchgeführt. Hinzu kam die Covid-Pandemie, die zunächst wegen der Schließung der Hochschule keine Messungen zuließ und dann bei angepasster Organisation zwar Messungen mit der geschulten kleinen Prüfergruppe zuließ, jedoch wegen der großen Einschränkungen nicht mit großen Prüfergruppen.

Für die Durchführung der Messungen werden daher die in Arbeitspaket 1 untersuchten Produkte in luftdichter, emissionsarmer Aluminiumfolie eingelagert. Zu einem späteren Zeitpunkt werden sie für eine erneute Messung durch eine geschulte Prüfergruppe und nun auch durch die ungeschulte Prüfergruppe erneut gemessen.

## **3. Arbeitspaket: Untersuchungen unterschiedlicher Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen am Vergleichsmaßstab**

Dem Vergleichsmaßstab kommt eine tragende Rolle zu, da er zur Bewertung der empfundenen Intensität dient. Diese wiederum wird zur Beurteilung der Zumutbarkeit eines Bauproduktes nach dem AgBB-Schema herangezogen. Seit der Entwicklung der Methode der DIN ISO 16000-28 wurden verschiedene Vergleichsmaßstäbe entwickelt und eingesetzt. Untersuchungen im Vorläuferprojekt (UBA Texte: 92/2019) bestätigten die Sorge, dass unterschiedliche Vergleichsmaßstäbe bei gleicher Konzentration, aber unterschiedlicher relativer Luftfeuchte, Trichterformen, Luftvolumenströmen usw. zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Für die anstehenden Untersuchungen wird nun der Einfluss der Parameter Temperatur und Luftfeuchte untersucht, um den Effekt dieser Parameter zu ermitteln.

Im Rahmen des Projektes wird dazu eine raumluftechnische Anlage (RLT) auf kleinem Raum entwickelt und gebaut, welche Mini-RLT (MRLT) benannt wird. Die besondere Herausforderung besteht darin, sowohl den Luftvolumenstrom als auch die Temperatur und die relative

Luftfeuchte über den gesamten Messzeitraum von mehreren Stunden konstant zu halten und mit dieser Luft einen Vergleichsmaßstab zu versorgen. In den Messungen werden dann einer geschulten Prüfergruppe unbekannte Acetonintensitäten unter unterschiedlichen Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen dargeboten. Die Prüfenden sollen die unbekannte Acetonintensität durch Vergleich mit der Intensität an einem weiteren Vergleichsmaßstab ermitteln, der gemäß den standardisierten Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen der DIN ISO 16000-28 betrieben wird.

#### **4. Arbeitspaket: Vergleich von Bewertungen mit Emissionsprüfkammern zu Bewertungen in realen Räumen**

Um Innenräume sensorisch zu bewerten, können Emissionsprüfkammertests erst einmal nicht direkt weiterhelfen, da aus den Ergebnissen sensorischer Messungen von Bauprodukten in Emissionsprüfkammertests nicht auf den Geruch in einem Innenraum geschlossen werden kann. In einem Innenraum kommen weitere Einflussfaktoren hinzu. Eine Bewertung der Innenraumluft nach dem Verfahren der DIN ISO 16000-28 wird ermöglicht, indem Probenluft aus Innenräumen in Probenahmebehältern gesammelt wird und für die Untersuchungen zu den Messlaboren gebracht wird. Umfangreiche Untersuchungen dieser Art zeigt z. B. das Forschungsprojekt UBA-Texte 92/2019 von Müller (2019).

Um den Transport zu vermeiden und Innenräume mit verschiedenen Ausstattungen und Einrichtungsgegenständen unter standardisierten Bedingungen prüfen zu können, wird an der HTW Berlin ein zweites Luftqualitätslabor in räumlicher Nähe zum ersten Luftqualitätslabor, in dem die Bewertungen stattfinden, aufgebaut. Im neuen Labor werden zwei Innenräume aufgebaut, die wie ein realer Raum unter unterschiedlichen Lüftungsbedingungen betrieben und variabel ausgestattet werden können. Es wird ermöglicht, einen Teil der Abluft aus diesen Räumen für die Bewertung durch die Prüfenden in das erste Luftqualitätslabor zu leiten. Im Projekt werden zwei ausgewählte elastische Bodenbeläge einzeln in Emissionsprüfkammern und vergleichend in diesem neuen Labor untersucht. Die durchgeführten sensorischen Untersuchungen, sollen zeigen, ob vergleichbare Messungen möglich sind. Dies wäre eine Grundvoraussetzung dafür, die Räume später für sensorische Messungen mit verschiedenen Ausstattungen zu nutzen.

## 3 Grundlagen

Bauprodukte und Materialien, die in Innenräume eingebracht werden, emittieren flüchtige organische Verbindungen (VOC). Um diese Emissionen z. B. durch eine Optimierung der Produkte zu reduzieren, ist zunächst eine Prüfung und Bewertung nach gesundheitlichen Kriterien erforderlich. In Deutschland hat der Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) ein Schema entwickelt, mit dem eine Bewertung nach einheitlichen Kriterien durchgeführt werden kann. Dabei werden sowohl die Konzentrationen der VOC-Emissionen gemessen und bewertet, als auch die Geruchswahrnehmung. Die Anforderungen des AgBB-Schemas werden in Kap. 3.1 beschrieben.

Der Blaue Engel geht mit seinen Anforderungen in Bezug auf das Emissionsverhalten über die des AgBB-Schemas hinaus. Die relevanten Anforderungen des Blauen Engels für die Untersuchungen im Rahmen dieses Vorhabens werden in Kap. 3.2 erläutert.

Die Untersuchungen zur Bestätigung der Eignung von Bauprodukten nach dem AgBB-Schema und dem Blauen Engel umfassen:

- ▶ die Bewertung der Geruchswahrnehmung nach DIN ISO 16000-28 in Verbindung mit VDI 4302, Blatt 1 (Kap. 3.34)
- ▶ die Ermittlung der VOCs gemäß DIN EN ISO 16000-9 und DIN EN 16516 (Kap. 3.5).

In diesem Projekt werden die Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen mithilfe einer raumluftechnischen Anlage variiert, die zunächst entwickelt und gebaut werden sollte. Damit sollte der Einfluss auf die Geruchswahrnehmung untersucht werden. In Kap. 3.5 werden die Grundlagen raumluftechnischer Anlagen beschrieben.

### 3.1 AgBB-Schema

Das AgBB-Schema wird seit 2004 fortlaufend vom Umweltbundesamt (UBA) als Webseite (<https://www.umweltbundesamt.de/dokument/agbb-bewertungsschema-2021>) veröffentlicht und vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) genutzt. Es legt Anforderungen an die gesundheitliche Bewertung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen aus Bauprodukten fest (AgBB, 2021). Das Schema wird auch in den Vergabekriterien des Umweltzeichens Blauer Engel berücksichtigt, wobei dort strengere Anforderungen an die VOC-Emissionen gelten (Kap. 3.2). Abbildung 1 zeigt die Tests des AgBB-Schemas, die Bauprodukte ohne CE-Kennzeichnung vor ihrer Zulassung für den Innenraum unterzogen werden müssen. Für die Bauprodukte mit CE-Kennzeichnung, was der Mehrzahl der Produktgruppen entspricht, kann das AgBB-Schema in freiwilligen Gutachten genutzt werden. In Tabelle 1 sind die im AgBB-Schema aufgeführten VOCs definiert.

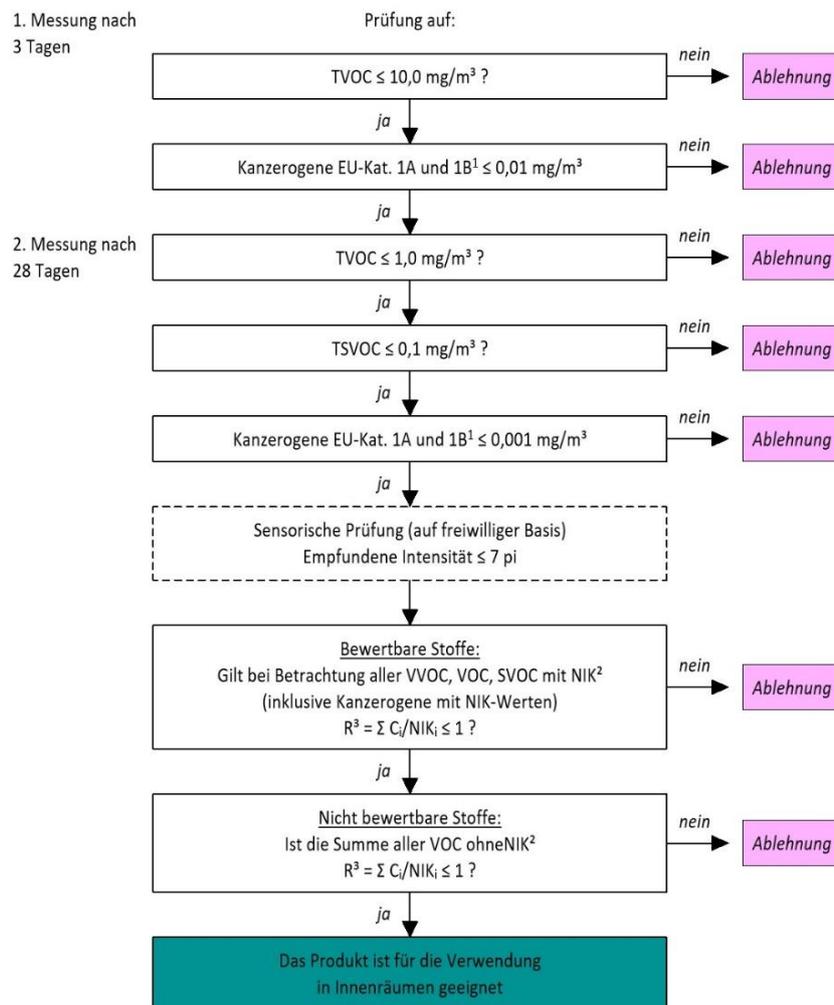
Bei der Prüfung nach dem AgBB-Schema werden die Produkte unter definierten Bedingungen in Emissionsprüfkammern platziert. An zwei Messtagen, nämlich am Tag 3 und Tag 28 nach der Beladung, erfolgt die chemische Analyse der Probenluft. Die Beschreibung der Prüfbedingungen, Probenahme und Analyse erfolgt in Kap. 3.5). An beiden Messtagen werden der TVOC-Wert und die Summe der kanzerogenen Verbindungen ermittelt und bewertet.

Am zweiten Messtag, also an Tag 28, erfolgt auch die Bewertung der schwerflüchtigen organischen Verbindungen (TSVOC-Wert). Zusätzlich werden gesundheitsrelevante Faktoren durch die Bewertung von Einzelstoffen berücksichtigt. Die identifizierten Stoffe werden in bewertbare und nicht bewertbare Stoffe unterteilt.

Bewertbare Stoffe sind solche mit einem Wert für die niedrigste interessierende Konzentration (NIK-Wert). Oberhalb dieses Wertes sind für den Einzelstoff nachteilige gesundheitliche Wirkungen zu erwarten. Das AgBB-Schema enthält die NIK-Liste, in der die NIK-Werte veröffentlicht werden. Für alle bewertbaren Stoffe wird das Verhältnis ihrer gemessenen Konzentration ( $C_i$ ) zu ihrem NIK-Wert gebildet. Die Summe dieser Verhältnisse darf einen Wert von 1 nicht überschreiten. Dies ist der sogenannte Risikoindex (R-Wert) zur Beurteilung kombinatorischer toxikologischer Effekte unter Annahme einer additiven Wirkung.

Für die nicht bewertbaren Stoffe, also alle Stoffe ohne einen NIK-Wert, wird die Summe ihrer Konzentration berechnet und begrenzt.

**Abbildung 1: Schema zur gesundheitlichen Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten**



<sup>1</sup> EU-Kat. 1A und 1B = Kanzerogene Stoffe der Kategorie 1A und 1B nach Verordnung (EG) Nr. 1272/2008

<sup>2</sup> NIK = Niedrigste interessierende Konzentration für Einzelstoffe [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

<sup>3</sup> R = Der R-Wert ist ein Risikoindex zur Beurteilung kombinatorischer Effekte (Annahme additiver Wirkung)

Quelle: modifizierte eigene Darstellung (HTW Berlin) in Anlehnung an AgBB, 2021

Ebenfalls am zweiten Messtag, also am 28. Tag nach der Beladung, erfolgt auf freiwilliger Basis eine sensorische Prüfung gemäß DIN ISO 16000-28 (2021) und VDI 4302, Blatt 1 (2015). Mit der darin beschriebenen Methode lassen sich die in Kap. 3.4.1 beschriebenen Messgrößen empfundene Intensität, Akzeptanz und Hedonik ermitteln. Für die Bewertung wird ein Prüfwert

von 7 pi für die empfundene Intensität herangezogen. Der AgBB nimmt an, dass Bauprodukte mit einem intensiveren Geruch eine unzumutbare Belästigung darstellen. Dies gilt laut AgBB, wenn der Geruch einer Produktprobe von mehr als 30 % einer nicht geschulten, großen Gruppe von Befragten als unzumutbar empfunden wird. In einem vorangegangenen Forschungsprojekt (Müller, 2011) wurde ermittelt, dass dies bei Geruchsintensitäten größer als 7 pi der Fall ist. Aufgrund der begrenzten Anzahl bisheriger Untersuchungen ist die geruchliche Prüfung gemäß AgBB (2021) für die Zulassung von Bauprodukten freiwillig und wird empfohlen, wobei der Beurteilungsmaßstab als vorläufig betrachtet wird.

**Tabelle 1: Definitionen der VOC im AgBB-Schema in Anlehnung an die DIN ISO 16000-6**

Abkürzung	Bedeutung	Definition
VOC	Volatile organic compounds	alle Einzelstoffe im Retentionsbereich C <sub>6</sub> – C <sub>16</sub>
TVOC	Total volatile organic compounds	Summe aller Einzelstoffe von VOC mit Konzentrationen $\geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Retentionsbereich C <sub>6</sub> – C <sub>16</sub>
VVOC	Very volatile organic compounds	alle Einzelstoffe im Retentionsbereich < C <sub>6</sub>
SVOC	Semi-volatile organic compounds	alle Einzelstoffe im Retentionsbereich > C <sub>16</sub> – C <sub>22</sub>
TSVOC	Total semi-volatile organic compounds	Summe aller Einzelstoffe von SVOC mit Konzentrationen $\geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Retentionsbereich > C <sub>16</sub> – C <sub>22</sub>

Quelle: modifiziert nach AgBB, HTW Berlin

### 3.2 Der Blaue Engel für emissionsarme Produkte

Der Blaue Engel wird unter anderem für emissionsarme Bauprodukte und Einrichtungsgegenstände zur Verwendung im Innenraum vergeben. Bei diesen Produktgruppen werden gemäß den jeweiligen Vergabekriterien die Emissionen der Produkte nach dem AgBB-Schema gemessen und bewertet. Dabei sind die Anforderungen an die zu erreichenden Prüfwerte strenger als im AgBB-Schema, um besonders emissionsarme Produkte mit dem Umweltzeichen auszuzeichnen.

Wie in Tabelle 2 dargestellt, ist die Geruchsprüfung gemäß DIN ISO 16000-28 in Verbindung mit der VDI 4302, Blatt 1 bisher unterschiedlich stark in den Vergabekriterien des Blauen Engels verankert. Nur wenige Kriterien fordern die Geruchsprüfung, wobei Anforderungen an das zu erreichende Ergebnis teilweise nicht vorgegeben sind oder nur als Zielwerte genannt werden. Lediglich die Vergabekriterien für textile Bodenbeläge (DE-UZ 128) haben bisher die Pflicht zur Geruchsprüfung einschließlich einer Anforderung an die einzuhaltende empfundene Intensität festgelegt. Um die Prüfung zu bestehen dürfen die textilen Bodenbeläge nach 28 Tagen in einer Emissionsprüfkammer eine empfundene Intensität von 7 pi nicht überschreiten. Bei einem Messergebnis von 8 pi müssen sie in einer erneuten Prüfung am 29. Tag eine Intensität von höchstens 7 pi erreichen. Textile Bodenbeläge mit dem Blauen Engel sind daher immer auch geruchsarm.

In den meisten hier relevanten Vergabekriterien ist die Geruchsprüfung optional. Bei diesen ist die Auslobung „geruchsarm“ auf dem Gebinde möglich, wenn die empfundene Intensität am 28. Tag  $\leq 7$  pi beträgt. Eine Ausnahme bilden die Umweltzeichen DE-UZ 76 „Emissionsarme plattenförmige Werkstoffe (Bau- und Möbelpplatten) für den Innenausbau“ und DE-UZ 176 „Emissionsarme Bodenbeläge, Paneele und Türen aus Holz und Holzwerkstoffen für

Innenräume“. Hier ist die Geruchsprüfung ebenfalls optional, jedoch ohne eine Angabe zum geforderten Ergebnis.

Nur zwei Vergabekriterien, DE-UZ 102 „Emissionsarme Wandfarben“ und DE-UZ 120 „Elastische Bodenbeläge“, enthalten keine Anforderung an die Geruchsbewertung der Produkte.

**Tabelle 2: Überblick zur Verankerung der Geruchsprüfung gemäß DIN ISO 16000-28 und VDI 4302 in den Vergabekriterien für emissionsarme Produkte (Stand: November 2023)**

DE-UZ	Vergabekriterien	keine Geruchsprüfung	optionale Geruchsprüfung	Geruchsprüfung ist Pflicht	Anforderung an das Ergebnis der Geruchsprüfung
12a	Emissions- und schadstoffarme Lacke		✓		Die Auslobung „geruchsarm“ auf dem Gebinde ist möglich, wenn $\Pi \leq 7$ pi am 28. Tag.
38	Emissionsarme Möbel und Lattenroste aus Holz und Holzwerkstoffen			✓ alternativ nach RAL-GZ 430 <sup>1</sup>	-
76	Emissionsarme plattenförmige Werkstoffe (Bau- und Möbelplatten) für den Innenausbau		✓		-
102	Emissionsarme Wandfarben	✓			-
113	Emissionsarme Bodenbelagsklebstoffe und andere Verlegewerkstoffe		✓		Die Auslobung „geruchsarm“ auf dem Gebinde ist möglich, wenn $\Pi \leq 7$ pi am 28. Tag.
117	Emissionsarme Polstermöbel			✓ alternativ nach RAL-GZ 430 <sup>1</sup>	Die verbindliche Einführung der Prüfung nach DIN ISO 16000-28 wird angestrebt, wobei ein Zielwert für $\Pi$ von 5 - 7 pi in der Diskussion ist.
119	Matratzen			✓ alternativ nach RAL-GZ 430 <sup>1</sup>	Die verbindliche Einführung der Prüfung nach DIN ISO 16000-28 wird angestrebt, wobei ein Zielwert für $\Pi$ von 5 - 7 pi in der Diskussion ist.
120	Elastische Bodenbeläge	✓			-
123	Emissionsarme Dichtstoffe für den Innenraum		✓		Die Auslobung „geruchsarm“ auf dem Gebinde ist möglich, wenn $\Pi \leq 7$ pi am 28. Tag.
128	Emissionsarme textile Bodenbeläge			✓	$\Pi \leq 7$ pi am 28. Tag. Es besteht die Möglichkeit einer Wiederholungs-

DE-UZ	Vergabekriterien	keine Geruchsprüfung	optionale Geruchsprüfung	Geruchsprüfung ist Pflicht	Anforderung an das Ergebnis der Geruchsprüfung
				alternativ nach GUT <sup>2</sup>	prüfung am Folgetag, wenn 8 pi erreicht werden.
132	Emissionsarme Wärmedämmstoffe und Unterdecken für Innenanwendungen		✓		$\Pi \leq 7$ pi am 28. Tag. Es besteht die Möglichkeit einer Wiederholungsprüfung am Folgetag, wenn 8 pi erreicht werden.
148	Umweltfreundliche Leder			✓	-
156	Emissionsarme Verlegeunterlagen für Bodenbeläge		✓		Die Auslobung „geruchsarm“ auf dem Gebinde ist möglich, wenn $\Pi \leq 7$ pi am 28. Tag.
176	Emissionsarme Bodenbeläge, Paneele und Türen aus Holz und Holzwerkstoffen für Innenräume		✓		-
198	Umweltfreundliche Innenputze		✓		Die Auslobung „geruchsarm“ auf dem Gebinde ist möglich, wenn $\Pi \leq 7$ pi am 28. Tag.

<sup>1</sup> RAL-GZ 430: Allgemeine Güte- und Prüfbestimmungen für Möbel – Gütesicherung (2022)

<sup>2</sup> GUT: Geruchsprüfung der Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V. (2020) GUT-Geruchsprüfung in Anlehnung an die Schweizer Norm SNV 195651 (1968)

Quellen: Umweltzeichenvergabekriterien DE-UZ 12a, 38, 76, 102, 113, 117, 119, 120, 123, 128, 132, 148, 156, 176, 198

Eine Auswahl an Produkten aus den Vergabekriterien DE-UZ 120 und DE-UZ 176 wird in diesem Projekt untersucht. Der Geltungsbereich und die bestehenden Anforderungen in Bezug auf die Emissionen und den Geruch werden daher im Folgenden detailliert dargestellt.

### 3.2.1 DE-UZ 120 „Elastische Bodenbeläge“

Der Geltungsbereich der Vergabekriterien des DE-UZ 120 umfasst folgende Bodenbeläge:

- ▶ Kunststoffbeläge
- ▶ Beläge aus natürlichem und synthetischem Kautschuk
- ▶ Bodenbeläge aus Linoleum (sofern sie nicht unter das DE-UZ 176 fallen)
- ▶ Bodenbeläge aus Kork (sofern sie nicht unter das DE-UZ 176 fallen)

Zusätzlich sind Kunststoff-Sockelleisten einbezogen. Diese werden im Projekt nicht untersucht, da der Fokus auf großflächigen Produkten lag.

Bei der Verwendung von Rezyklaten aus Polypropylen und Polyethylenterephthalat ist das Rohmaterial gemäß der Norm VDA 270 des Verbandes der Automobilindustrie (VDA) zu prüfen. Der Geruchswert darf gemäß VDA 270 „Bestimmung des Geruchsverhaltens von Werkstoffen der Kraftfahrzeug-Innenausstattung“ einen Wert von  $\leq 3$  nicht überschreiten. Eine

Geruchsprüfung der Bodenbeläge gemäß DIN ISO 16000-28 in Verbindung mit der VDI 4302, Blatt 1 ist in den Vergabekriterien nicht enthalten, auch nicht als optionale Variante.

Um zu prüfen, ob die Einführung von Anforderungen an den Geruch möglich ist, werden im Projekt folgende Produkte untersucht, angelehnt an den Geltungsbereich der Vergabekriterien:

- ▶ Kunststoffbeläge
- ▶ Kautschukbeläge
- ▶ Linoleumbeläge
- ▶ Kork

Zusätzlich werden auch PVC-Beläge untersucht, da diese aufgrund ihres großen Marktanteils ebenfalls von Interesse sind, auch wenn sie beim Blauen Engel weiterhin ausgeschlossen sind.

Die Untersuchung des Geruchs der Produkte erfolgt im Projekt immer gemeinsam mit der Prüfung der VOC-Emissionen. In den Vergabekriterien wird gemäß der Vorgehensweise des AgBB-Schemas gemessen (Kap. 3.1), wobei die Anforderungen an die Prüfwerte strenger sind. Tabelle 3 zeigt die Anforderungen an die Emissionswerte. Die Prüfung kann am 7. Tag nach Beladung beendet werden, wenn die geforderten Endwerte des 28. Tages bereits erreicht werden und kein Konzentrationsanstieg im Vergleich zum 3. Tag bei einer der nachgewiesenen Substanzen feststellbar ist.

**Tabelle 3: Anforderungen an die Emissionswerte beim Blauen Engel DE-UZ 120**

Verbindung oder Substanz	3. Tag	Endwert (28. Tag)
Summe der organischen Verbindungen im Retentionsbereich C6 – C16 (TVOC)	≤ 1000 µg/m <sup>3</sup>	≤ 300 µg/m <sup>3</sup>
Summe der organischen Verbindungen im Retentionsbereich > C16 – C22 (TSVOC)	-	≤ 30 µg/m <sup>3</sup>
krebserzeugende Stoffe <sup>1</sup>	≤ 10 µg/m <sup>3</sup> in Summe	≤ 1 µg/m <sup>3</sup> je Einzelwert
Summe aller VOC ohne NIK	-	≤ 100 µg/m <sup>3</sup>
R-Wert	-	≤ 1
Formaldehyd	-	≤ 60 µg/m <sup>3</sup> (0,05 ppm)

<sup>1</sup> Kanzerogene Stoffe der Kategorie 1A und 1B nach Verordnung (EG) Nr. 1272/2008

Quelle: DE-UZ 120

### 3.2.2 DE-UZ 176 „Emissionsarme Bodenbeläge, Paneele und Türen aus Holz und Holzwerkstoffen für Innenräume“

Die Vergabekriterien gelten für Bodenbeläge, Paneele und Innentürelemente mit einem Holz- oder Holzwerkstoffanteil von mehr als 60 %. Im Rahmen des Projektes werden insbesondere Bodenbeläge und Paneele untersucht, da großflächige Produkte ein höheres Potenzial haben, die Raumluft durch Emissionen und Gerüche zu verunreinigen.

Der Geltungsbereich der Vergabekriterien nennt folgende Bodenbeläge:

- ▶ Parkette (Mehrschichtparkette, Furnierböden, Böden mit lackierter Oberfläche)

- ▶ Lamine
- ▶ Linoleum, Kork und andere Werkstoffe auf Holzwerkstoffträgern

Kork und Linoleum ohne Holzwerkstoffträger fallen in den Geltungsbereich des DE-UZ 120.

Im Rahmen des Projektes werden folgende Produkte untersucht:

- ▶ Parkette
- ▶ Lamine
- ▶ Furnierböden
- ▶ Wand- und Deckenpaneele

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, wird die Geruchsprüfung empfohlen. Zum Nachweis ist ein Prüfgutachten gemäß DIN ISO 16000-28 vorzulegen. Wie bei allen anderen Vergabekriterien für emissionsarme Produkte erfolgt die Emissionsprüfung gemäß AgBB-Schema mit strengeren Anforderungen an die zu erreichenden Emissionswerte. Die genauen Anforderungen sind in Tabelle 4 dargestellt. Ähnlich wie bei dem DE-UZ 120 kann die Prüfung am 7. Tag nach Beladung beendet werden, wenn die geforderten Endwerte des 28. Tages bereits erreicht werden und kein Konzentrationsanstieg im Vergleich zum 3. Tag bei einer der nachgewiesenen Substanzen feststellbar ist.

**Tabelle 4: Anforderungen an die Emissionswerte beim Blauen Engel DE-UZ 176**

Verbindung oder Substanz	3. Tag	Endwert (28. Tag)
Summe der organischen Verbindungen im Retentionsbereich C6 – C16 (TVOC)	≤ 3 mg/m <sup>3</sup>	≤ 0,3 mg/m <sup>3</sup>
Summe der organischen Verbindungen im Retentionsbereich > C16 – C22 (TSVOC)	-	≤ 0,1 mg/m <sup>3</sup>
krebserzeugende Stoffe <sup>1</sup>	≤ 10 µg/m <sup>3</sup> in Summe	≤ 1 µg/m <sup>3</sup> je Einzelwert
Summe aller VOC ohne NIK	-	≤ 0,1 mg/m <sup>3</sup>
R-Wert	-	≤ 1
Formaldehyd	-	≤ 0,05 ppm
Ammoniak (Ist zu messen, wenn eine Behandlung damit erfolgte. Der geforderte Endwert entspricht der Geruchsschwelle.)	-	0,1 mg/m <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kanzerogene Stoffe der Kategorie 1A und 1B nach Verordnung (EG) Nr. 1272/2008  
Quelle: DE-UZ 176

### 3.3 Emissionsprüfkammern und CLIMPAQs

Für die Bestimmung der VOC-Emissionen in Emissionsprüfkammern müssen neben definierten Parametern wie Temperatur, relativer Luftfeuchte, flächenspezifischer Luftdurchflussrate und Strömungsgeschwindigkeit der Luft zusätzliche Anforderungen beachtet werden:

- ▶ Inerte Kammerwände aus Glas oder poliertem Edelstahl, um Wandeffekte zu minimieren.
- ▶ Manteltemperierung zur Reduzierung zeitlicher und räumlicher Temperaturgradienten.
- ▶ Minimierung von Dichtungsmaterialien, die Eigenemissionen aufweisen und Adsorptions- sowie Desorptionseffekte verursachen können.
- ▶ Reinstluftversorgung (VOC- und staubfrei).
- ▶ Reinstwasserversorgung (VOC- und partikelfrei).

Alle Emissionsprüfkammern werden gemäß den ISO-Normen DIN EN ISO 16000-9 und DIN EN ISO 16000-11 bzw. DIN EN 16516 unter den standardisierten Klimabedingungen mit  $T = 23\text{ °C}$  und  $\varphi = 50\%$  betrieben.

Für die sensorischen Messungen wird als Prüfkammer die CLIMPAQ verwendet. Der Begriff CLIMPAQ ist ein Akronym für die englische Bezeichnung "Chamber for Laboratory Investigations of Materials, Pollution and Air Quality". Die im Projekt verwendeten Kammern ähneln in ihrem Aufbau (Kap. 5.2) der ursprünglich im nordeuropäischen Raum entwickelten CLIMPAQ, die bis heute im Rahmen der Nordtest-Methode (NT Build 482, 1998) für Geruchsmessungen verwendet wird.

Das Besondere bei der Anwendung der CLIMPAQs besteht darin, dass sie eine direkte Bewertung an der Prüfkammer ermöglichen. In diesen Kammern wird eine hohe Luftwechselrate erzeugt, wodurch am Auslassstutzen ein hoher Luftvolumenstrom von 0,6 bis 1,0 l/s ermöglicht wird. Dieser Luftvolumenstrom ist gemäß DIN ISO 16000-28 für eine direkte Bewertung erforderlich, um das Ansaugen von Umgebungsluft beim Riechen zu vermeiden.

### **3.4 Sensorische Untersuchungen nach DIN ISO 16000-28**

Seit 2012 steht die Methode der DIN ISO 16000-28 „Innenraumluftverunreinigungen – Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer“ als international anerkannte Methode für die Geruchsprüfung in Laboren zur Verfügung. Diese wird durch weitere Vorgaben der VDI 4302, Blatt 1 (2015) „Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien Grundlagen“ präzisiert.

#### **3.4.1 Messgrößen**

Die Methoden beschreiben die Bestimmung der Messgrößen empfundene Intensität, Hedonik und Akzeptanz zur Bewertung des Geruchs von Bauprodukten.

Für die Bewertung der elastischen Bodenbeläge (DE-UZ 120) und holzbasierten Produkte (DE-UZ 176) zur Erfüllung des Arbeitspaketes 1 (Kap. 5 und 6) werden die empfundene Intensität und Hedonik mit einer geschulten Prüfergruppe ermittelt.

Zur Überprüfung der Zumutbarkeitsschwelle von 7 pi gemäß AgBB-Schema und Blauem Engel wird zusätzlich die Akzeptanz mit einer ungeschulten Prüfergruppe ermittelt. Darüber hinaus erfolgte die Bestimmung der Zumutbarkeit, die nicht in den Methoden DIN ISO 16000-28 und VDI 4302, Blatt 1 verankert ist, jedoch aufgrund baurechtlicher Bestimmungen als notwendige Größe erachtet wird.

In den folgenden Kapiteln 3.4.1.1 bis 3.4.1.4 wird die Ermittlung der Messgrößen empfundene Intensität, Hedonik, Akzeptanz und Zumutbarkeit näher beschrieben.

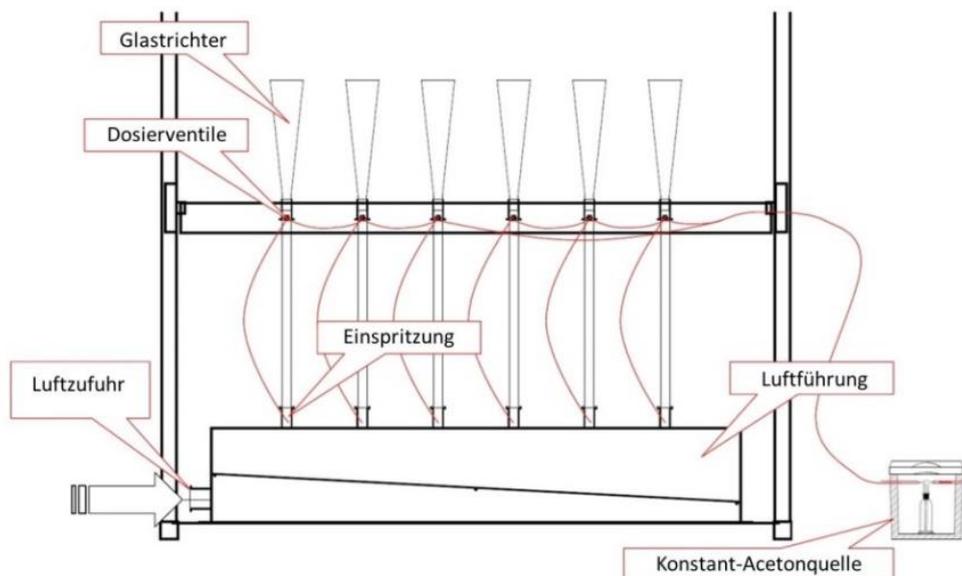
### 3.4.1.1 Empfundene Intensität

Die Stärke der Geruchsempfindung, die ein Geruchsreiz auslöst, wird gemäß DIN ISO 16000-28 mit der empfundenen Intensität  $\Pi$  beschrieben. Zur Bestimmung dieser Intensität ist eine ausreichend große Prüfergruppe von 12 bis 15 geschulten Personen erforderlich. Diese Gruppe bewertet mit Hilfe eines Vergleichsmaßstabes die Intensität der Probenluft im direkten Vergleich zur Intensität der Referenzsubstanz Aceton. Die Schulung und der Vergleich mit der Referenzsubstanz, also die Vereinheitlichung des Bewertungskriteriums, tragen dazu bei, die Varianz der Messwerte zu verringern. Ohne dieses Vorgehen müsste die Anzahl der Prüfenden deutlich höher sein.

Die Einheit der empfundenen Intensität  $\Pi$  ist pi (perceived intensity). Am Vergleichsmaßstab müssen mindestens 6 Konzentrations- bzw. pi-Stufen eingestellt werden, beginnend mit der Geruchsschwelle von Aceton, die auf 0 pi festgelegt ist und 20 mg Aceton pro  $\text{m}^3$  Luft beträgt. Die darauffolgenden Stufen decken den Bereich der Bauprodukte ab, wobei die höchste eingestellte Stufe 15 pi beträgt. Der Zusammenhang zwischen der empfundenen Intensität  $\Pi$  und der Acetonkonzentration ist in diesem Bereich linear. Pro pi-Stufe erhöht sich die Acetonkonzentration um  $20 \text{ mg/m}^3$ . Obwohl die meisten Bauprodukte innerhalb dieses Bereiches liegen, können vereinzelt Produkte einen stärkeren Geruch aufweisen. In solchen Fällen kann für den Vergleich auch eine höhere empfundene Intensität eingestellt werden.

An der HTW Berlin werden an 6 Trichtern die Acetonintensitäten 0, 3, 6, 9, 12 und 15 pi präsentiert. Es ist wichtig, dass die Konzentration der pi-Stufen über den gesamten Prüfzeitraum konstant bleibt. Aus diesem Grund wird die Konzentration regelmäßig überprüft. Bis zu einer empfundenen Intensität von 10 pi ist eine Abweichung von  $\pm 0,5 \text{ pi}$  ( $10 \text{ mg/m}^3$ ) zulässig, und ab 11 pi eine Abweichung von  $\pm 1 \text{ pi}$  ( $20 \text{ mg/m}^3$ ). In Abbildung 2 ist das Konstruktionsprinzip des Vergleichsmaßstabes der HTW Berlin sowie der Zusammenhang zwischen der empfundenen Intensität  $\Pi$  und der Acetonkonzentration dargestellt.

**Abbildung 2: Konstruktionsprinzip des Vergleichsmaßstabes der HTW Berlin**



Quelle: HTW Berlin

Die Prüfenden werden für diese Aufgabe über einen Zeitraum von 5 Tagen geschult. Die DIN ISO 16000-28 beschreibt genau das Prüfverfahren und die Bewertung, um festzustellen, ob die Prüfenden geeignet sind.

An den Messtagen müssen die Prüfenden zu Beginn stets die empfundene Intensität von zwei unbekanntem Acetonkonzentrationen ermitteln. Falls ihre Ergebnisse um mehr als  $\pm 2$  pi abweichen, erhalten sie die Möglichkeit, die Prüfung zu wiederholen. Sollte auch die Wiederholungsmessung um mehr als  $\pm 2$  pi abweichen, gelten die Prüfenden an diesem Messtag als ungeeignet für die Prüfung der Bauprodukte. Sie nehmen in diesem Fall weiterhin zu Übungszwecken teil, jedoch werden ihre Werte nicht zur Berechnung des Mittelwerts der empfundenen Intensität herangezogen.

Nach der Qualifizierung ermitteln die Prüfenden die empfundene Intensität der Probenluft durch den Vergleich mit den vorgegebenen Intensitäten am Vergleichsmaßstab. Die Prüfenden können ihre Werte dabei in Stufen von 0,5 pi angeben. Aus den ermittelten Einzelwerten werden:

- ▶ der arithmetische Mittelwert der empfundenen Intensität,
- ▶ die Standardabweichung sowie
- ▶ das 90 %-Konfidenzintervall berechnet.

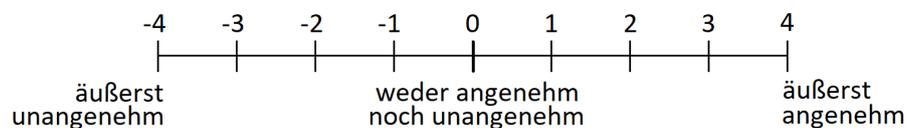
Die Auswertung der sensorischen Daten wird in Kap. 3.3.2 beschrieben.

### 3.4.1.2 Hedonik

Mit der Hedonik wird die emotionale Wirkung eines Geruches beschrieben, also wie angenehm oder unangenehm ein Geruchseindruck empfunden wird. Die hedonische Note eines Geruches repräsentiert die durchschnittliche Bewertung einer Gruppe von Prüfenden. Zur Beurteilung der hedonischen Geruchswirkung gemäß DIN ISO 16000-28 wird die in Abbildung 3 dargestellte Skala verwendet. Um unterschiedliche Interpretationen zu vermeiden, sind die Endpunkte und die Mitte der bipolaren Skala semantisch festgelegt. Die Bewertung erfolgt anhand einer neunstufigen Skala von „äußerst unangenehm“ (-4) bis „äußerst angenehm“ (+4), wobei den Kategorien fortlaufende Zahlen zugeordnet sind. An der HTW Berlin haben die Prüfenden die Möglichkeit, die Hedonik in 0,5er Schritten zu bewerten, um eine höhere Genauigkeit der Bewertung zu erreichen.

Die Prüfenden werden gebeten, sich bei der Beantwortung der Frage vorzustellen, dass sie der Probenluft täglich mehrere Stunden ausgesetzt wären.

**Abbildung 3: Skala zur Ermittlung der Hedonik**



Quelle: modifiziert nach DIN ISO 16000-28 (2021)

Wie bei der Ermittlung der empfundenen Intensität werden der arithmetische Mittelwert der Einzelwerte, die Standardabweichung und das 90 %-Konfidenzintervall ermittelt. Die Genauigkeit der Bewertung gilt als ausreichend, wenn die halbe Breite des 90 %-Konfidenzintervalls den Wert von 1 nicht überschreitet.

Um das geforderte Konfidenzintervall bei einer Messung möglichst zu erreichen, muss entweder eine ungeschulte Prüfergruppe von mindestens 15 Prüfenden (empfohlen sind 25 Prüfende) zur

Verfügung stehen oder dieselbe Gruppe geschulter Prüfender, die auch die empfundene Intensität bewertet, eingesetzt werden (DIN ISO 16000-28, VDI 4302 Blatt 1).

Für die Bearbeitung des Arbeitspaketes 1 (Kap. 5 und 6) wird mit derselben Gruppe geschulter Prüfender gearbeitet, die auch die empfundene Intensität bewertet. Für die Bearbeitung des Arbeitspaketes 2 (Kap. 7) werden sowohl die geschulten Prüfenden als auch große Gruppen ungeschulter Prüfender eingesetzt.

### 3.4.1.3 Akzeptanz

Die Zufriedenheit der Personen mit der Luftqualität in einem Raum wird durch die Abfrage der Akzeptanz ermittelt. Die Prüfenden sollen sich vorstellen, dass sie dem gegebenen Probengeruch im Alltag ausgesetzt wären und die Frage beantworten, ob sie diesen als akzeptabel empfinden. Mit dieser Ja/Nein-Abfrage wird der Prozentsatz unzufriedener Personen (PD-Wert = Percentage Dissatisfied) anhand der folgenden Formel 1 ermittelt.

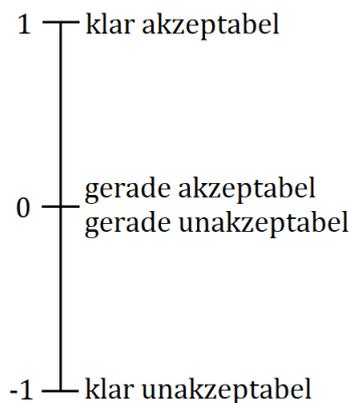
#### Formel 1: Berechnung des PD-Wertes der Akzeptanz

$$PD = \frac{n_d}{n} \cdot 100\%$$

mit:  $n_d$  Zahl der Prüfenden, die mit „Nein“ geantwortet haben  
 $n$  Gesamtzahl der Prüfenden

Eine weitere Möglichkeit, um die Akzeptanz etwas differenzierter auszuwerten, besteht darin, eine Skala zu verwenden, auf der die Prüfenden ihren Grad der Zufriedenheit oder Unzufriedenheit ausdrücken können. Dies erfolgt mit Hilfe der in Abbildung 4 dargestellten Skala. Die Prüfenden können ihren Wert in 0,05er Schritten entlang der Linie festlegen, wobei das Raster dieser Schritte nicht sichtbar ist und nur die Endpunkte der Skala und die Punkte direkt neben der Mitte semantisch belegt sind.

#### Abbildung 4: Skala zur Ermittlung der Akzeptanz



Quelle: modifiziert nach DIN ISO 16000-28 (2021)

Aus den Einzelwerten der Prüfenden werden der Mittelwert, die Standardabweichung und das 90 %-Konfidenzintervall ermittelt. Auch der PD-Wert (siehe Formel 1) lässt sich aus den Einzelwerten ermitteln, indem für  $n_d$  alle negativen Bewertungen ( $< 0$ ) gezählt werden.

Die Akzeptanz ist mit mindestens 15 ungeschulten Prüfenden zu beurteilen, empfohlen werden 25. Wenn die Akzeptanz zusätzlich zur empfundenen Intensität beurteilt wird, kann dieselbe

Gruppe geschulter Prüfender eingesetzt werden. Im Rahmen des Vorhabens wird die Akzeptanz für die Erfüllung des Arbeitspaketes 2 (Kap. 6) ermittelt.

#### 3.4.1.4 Zumutbarkeit

Die Zumutbarkeit ist keine gemäß Prüfnorm DIN ISO 16000-28 beschriebene Größe, wird jedoch in den Richtlinien des Baurechts verwendet. Wie die Ergebnisse des Forschungsvorhabens zeigen UBA-Text 35/2011 (Müller, 2011; Panašková, 2012), kann sie nicht mit der Akzeptanz gleichgesetzt werden. Bei der Frage der Zumutbarkeit müssen sich die Prüfenden entscheiden, ob sie die ihnen dargebotene Luft in ihrer täglichen Arbeitsumgebung als zumutbar empfinden oder nicht. Wie Formel 2 zeigt, ergibt sich die Zumutbarkeit der Geruchsprobe aus dem Quotienten der Anzahl der positiven Antworten (Luftprobe wird als zumutbar bewertet) zur Anzahl aller Antworten. Das Ergebnis wird in Prozent angegeben.

#### Formel 2: Berechnung der Zumutbarkeit

---

$$\text{Zumutbarkeit} = \frac{\text{Anzahl der positiven Antworten}}{\text{Anzahl aller Antworten}} \cdot 100 \%$$

Quelle: Müller, 2011

Die Zumutbarkeit wird durch eine ungeschulte Gruppe von Prüfenden bewertet. Wie bei der Hedonik und der Akzeptanz sollte die Gruppe aus mindestens 15 Prüfenden bestehen, wobei sich 25 Prüfende empfehlen. Im diesem Forschungsprojekt wird die Zumutbarkeitsprüfung von bis zu 40 Prüfenden durchgeführt, die zum größten Teil noch nicht an Geruchsprüfungen teilgenommen haben und somit ein naives Panel bilden. Sie kennen weder das Ziel der Untersuchungen, noch sind sie mit sensorischen Messungen vertraut. Sowohl die Art der Fragestellung zur Zumutbarkeit, als auch die gewählten Prüfenden, haben einen Einfluss auf das Ergebnis der Messungen.

#### 3.4.2 Auswertung sensorischer Daten

Aus den ermittelten einzelnen Werten der Geruchsprüfung werden zunächst der Mittelwert und die Standardabweichung bestimmt. Als Anforderung an die Methode gilt, dass der berechnete Mittelwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 % (90 %-Konfidenzintervall) in einem festgelegten Bereich liegen soll.

Für die Messgrößen gelten folgende Bereiche:

- ▶ Empfundene Intensität:  $\pm 2$  pi
- ▶ Hedonik:  $\pm 1$
- ▶ Akzeptanz:  $\pm 0,2$

Die Genauigkeit einer Bewertung ist ausreichend, wenn die halbe Breite des 90%-Konfidenzintervalls diese Werte nicht überschreitet. Werden die Anforderungen nicht erfüllt, muss dies gemäß DIN ISO 16000-28 im Prüfbericht dokumentiert werden.

#### 3.4.3 Technische Messverfahren

##### 3.4.3.1 Photoakustischer Multi-Gas Monitor

Die Bestimmung des Aceton-Gehaltes der Probenluft erfolgt durch einen photoakustischen Gasmonitor der Firma Lumasense. Der photoakustische Gasmonitor ermöglicht eine kontinuierliche und quantitative Bestimmung der meisten infrarotabsorbierenden Gase. Die

erforderliche Infrarotstrahlung wird durch eine IR-Quelle erzeugt, über einen Spiegel reflektiert und über einen Zerhacker in pulsierender Form auf einen substanzspezifischen optischen Filter geleitet. Dieser optische Filter selektiert die für den Stoff charakteristische Wellenlänge, welche spezifisch je Stoff absorbiert wird. Je nach Auswahl der spezifischen optischen Filter können die zu messenden Gase ausgewählt werden. Der Einsatz des photoakustischen Multi-Gas Monitors kann zu Messungen von Innenraumluftqualität, Lüftungseffektivität, Luftwechsellmessungen sowie Gaskonzentrationen erfolgen.

Ein weiterer Aspekt ist, dass Wasserdampf IR-Licht bei mehreren Wellenlängen absorbiert. Da Wasserdampf immer in der Luft vorhanden ist, trägt dieses Verhalten in fast allen Messungen zu einem zusätzlichen akustischen Signal in der Messkammer bei und führt somit zum Messfehler. Aus diesem Grund ist im verwendeten photoakustischen Multi-Gas Monitor ein zusätzlicher Filter installiert. Über diesen Filter wird der Wassergehalt der untersuchten Luft bestimmt und gleichzeitig bei den Messwerten kompensiert.

#### **3.4.3.2 Hitzdrahtanemometer**

Die Luftgeschwindigkeit am Trichter hat 0,9 l/s zu betragen (vgl. Kap. 3.3). Die Luftgeschwindigkeit wird dabei über eine Messblende nach jeder CLIMPAQ bestimmt und manuell eingestellt. Während der Versuchsdurchführung wird die Luftgeschwindigkeit am Trichter überprüft. Für die Überprüfung wird ein Hitzdrahtanemometer FVA 935 THx der Firma Ahlborn verwendet. Die Messung der Luftgeschwindigkeit erfolgt dabei durch elektrische Erhitzung eines Drahtes aus temperaturabhängigem Halbleitermaterial. Strömt die Luft über den Draht, ändert sich die Wärmeabgabe wodurch sich der Widerstand ändert. Aus der Widerstandsänderung lässt sich die Luftgeschwindigkeit ableiten. Gemäß (ALM, 2011) liegt der Messbereich zwischen 0,08 m/s und 2,00 m/s.

#### **3.4.4 Anforderungen an die Temperatur- und Luftfeuchtebedingungen und deren Einfluss auf die Geruchswahrnehmung**

Die zur Bewertung dargebotene Probenluft muss gemäß DIN ISO 16000-28 definierte klimatische Bedingungen hinsichtlich der Temperatur und relativen Luftfeuchte einhalten. Die mittels der Trichter dargebotene Probenluft wird in einer raumlufttechnischen Anlage aufbereitet und konditioniert (Kap. 8). Sie muss eine Temperatur  $T$  von  $23\text{ °C} \pm 3\text{ K}$  und eine relative Feuchte  $\varphi$  von  $50\% \pm 10\%$  aufweisen. Abweichungen von dieser Vorgabe führen zu einer veränderten Geruchswahrnehmung. Die VDI 4302, Blatt 1 empfiehlt darüber hinaus, die spezifische Enthalpie der feuchten Luft im Bereich von  $43\text{ kJ/kg} \pm 5\text{ kJ/kg}$  zu halten.

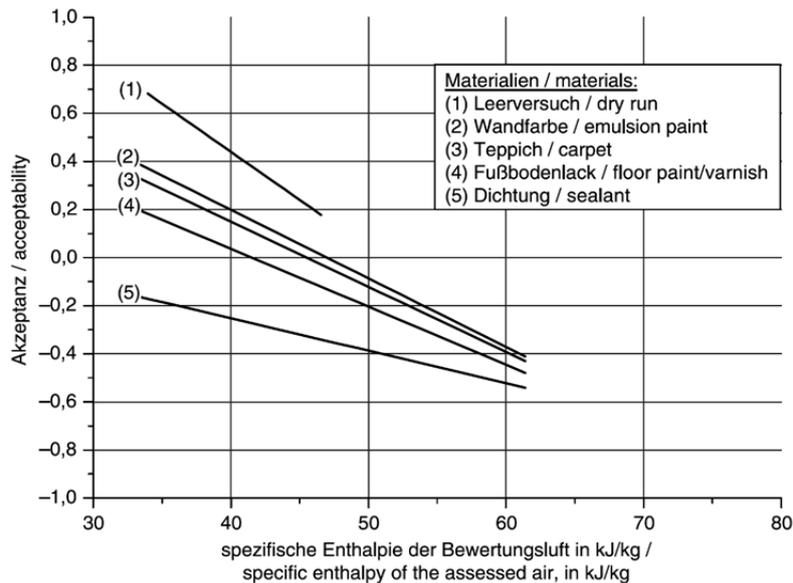
Die Einhaltung der klimatischen Bedingungen bei den Messungen ist wichtig, da die Wahrnehmung von Gerüchen durch den thermischen Zustand der Luft, also der Temperatur und Feuchte bzw. der spezifischen Enthalpie, beeinflusst wird. Nur so lassen sich Messergebnisse zu unterschiedlichen Zeitpunkten und an verschiedenen Orten (Laboren) untereinander vergleichbar machen.

Die Wahrnehmung von Baustoffgerüchen wurde bisher in wenigen Studien untersucht und soll daher im Rahmen dieses Forschungsvorhabens betrachtet werden. Im Folgenden werden die bisher verfügbaren Studien vorgestellt.

Zwischen der Wahrnehmung eines Baustoffgeruches und der spezifischen Enthalpie wurde bereits eine lineare Beziehung festgestellt. Untersuchungen nach Fang et al. (1997, 1998) zeigen, dass die Akzeptanz von Luftproben mit steigender Enthalpie, unabhängig davon, ob steigende Lufttemperatur oder Luftfeuchte, sinkt. Ein Auszug aus dieser Forschungsarbeit ist in der VDI 4302, Blatt 1 dargestellt und wird hier in Abbildung 5 gezeigt. Die Untersuchungen zeigen, dass

die Akzeptanz je nach untersuchtem Bauprodukt von Werten zwischen -0,2 bis 0,4 (bei einer Enthalpie von 33 kJ/kg) auf Werte zwischen -0,5 bis -0,4 bei einer Enthalpie von etwa 63 kJ/kg sinkt.

**Abbildung 5: Einfluss der spezifischen Enthalpie der Probenluft auf die Bewertung der Akzeptanz nach Fang et al. (1997, 1998)**



Quelle: VDI 4302, Blatt 1 (2015)

Bezüglich der wahrgenommenen Intensität wird nach VDI 4302 beschrieben, dass die Intensität, die mittels der Kategorienskala bewertet wird, mit zunehmender spezifischer Enthalpie abnimmt. Die Kategorienskala ist eine siebenstufige Skala, bei der die einzelnen Zahlen von 0 bis 6 Kategorien repräsentieren, wobei die kleinste Stufe (0) mit „nicht wahrnehmbar“ und die größte Stufe (6) mit „extrem stark“ belegt ist. Die Prüfenden nehmen die Einstufung des Geruches ohne Vergleichsmaßstab vor. Die Skala wird gemäß VDI 4302, Blatt 1 nicht zur Bewertung von Bauprodukten verwendet. Sie darf bei der Bewertung von Innenraumluft verwendet werden.

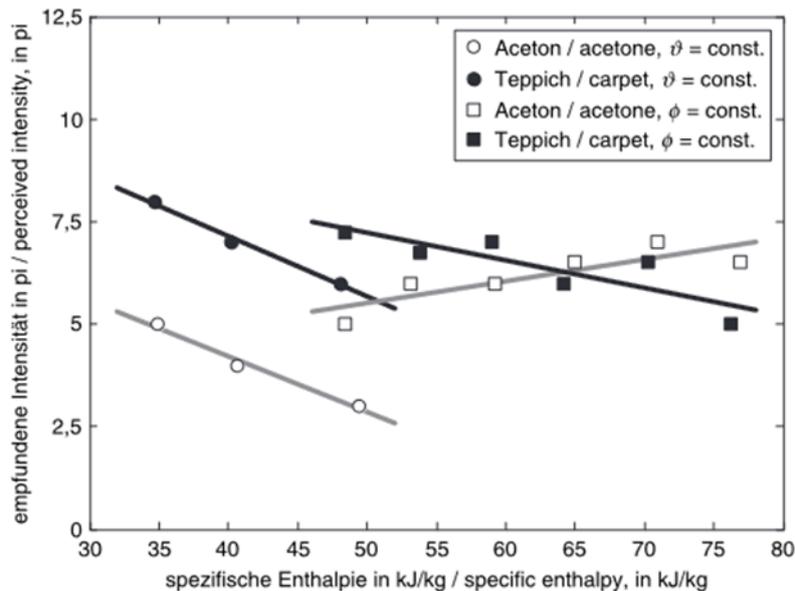
Böttcher (2003) untersuchte den Einfluss von Feuchte und Temperatur auf die Bewertung der empfundenen Intensität bei Variierung der einzelnen Parameter Temperatur, relative- und absolute Luftfeuchte unter Verwendung eines Vergleichsmaßstabes. Bei der Bewertung der empfundenen Intensität eines Geruches mit einem Vergleichsmaßstab nimmt diese mit steigender relativer Feuchte ab. Im Gegensatz zur Bewertung anhand einer Kategorienskala besteht jedoch keine direkte Abhängigkeit von der spezifischen Enthalpie. Eine Variation der Temperatur bei konstanter relativer Feuchte führt zu keiner signifikanten Änderung der Intensitätsbewertung, obwohl die spezifische Enthalpie ansteigt. Ein Auszug der Untersuchungen von Böttcher wird in der VDI 4302, Blatt 1 dargestellt und hier in Abbildung 6 gezeigt.

In seinen Untersuchungen arbeitete Böttcher auch mit ungeschulten Prüfenden und konnte ebenfalls zeigen, dass eine Erhöhung der Temperatur und Luftfeuchte zur Verringerung der Akzeptanz einer Geruchsprobe führt.

Im Kontext der Untersuchungen wird in der VDI 4302 schließlich präzisiert, dass eine Beurteilung des Geruchs immer im Rahmen der thermischen Behaglichkeit vorzunehmen ist.

Insgesamt ist festzustellen, dass mit Böttcher (2003) nur eine einzige Untersuchung des Einflusses der spezifischen Enthalpie auf die Bewertung der empfundenen Intensität gefunden werden konnte.

**Abbildung 6: Einfluss steigender Enthalpie der Probenluft auf die empfundene Intensität mit einem Vergleichsmaßstab nach Böttcher (2003)**



Quelle: VDI 4302, Blatt 1 (2015)

### 3.5 VOC-Messungen

Für die Bestimmung der Emission von VOCs und spezieller Untergruppen wie Aldehyde und Ketone oder Essig- und Ameisensäure werden Luftproben nach 1, 3, 7 und 28 Tagen mithilfe von Tenax®-Rohren, DNPH- und Silikagel-Kartuschen aus der Kammerluft entnommen.

#### 3.5.1 VOC-Messungen mit Tenax®-Rohren

Die VOC-Probenahme aus der Emissionsprüfkammerluft erfolgt gemäß DIN EN 16516 bzw. DIN ISO 16000-6. Die Luftprobe wird auf ein mit TENAX® gefülltes Glasrohr gezogen. Vor der Probenahme werden die TENAX®-Röhrchen mit D8-Naphthalin und D34-Hexadecan in 1 µl Methanol als internem Standard beaufschlagt. Das Probenahmenvolumen liegt bei 0,5 l bis 3 l. Der Probenahmenvolumenstrom beträgt 100 ml/min.

Chromatographiebedingungen:

Injektor (Thermodesorption (TDS)):

- ▶ TDS-System Gerstel TDS – 2, splitlos
- ▶ Starttemperatur 30 °C
- ▶ Temperaturprogramm 30 °C/min auf 260 °C für 5 min; mit 30 °C/min auf 300 °C für 10 min
- ▶ Kaltaufgabesystem Gerstel KAS – 4, elektronisch geregelt, splitlos 1 min
- ▶ Temperaturprogramm -120 °C mit 12 °C/s auf 300 °C isotherm für 3 min

- ▶ Liner desaktiviertes Glasrohr mit Glas- oder Quarzwollfüllung

Gaschromatograph:

- ▶ GC-System Agilent 6890
- ▶ Säulentyp RXI 5 (Dimethyl-Polysiloxan)
- ▶ Säulendimensionen 60 m, 0,25 mm, 0,25 µm
- ▶ Säulenfluss 1,4 ml/min (constant flow)
- ▶ Ofenprogramm 40 °C 8 min, 10 °C/min auf 150 für 1 min mit 8 °C/min auf 300 °C für 5 min

Detektor:

- ▶ MS-System Agilent MSD 5973
- ▶ Temperaturzonen Zone 1 (150 °C/Quadrupol), Zone 2 (230 °C/Quelle)
- ▶ MS-Bedingungen Solvent-Delay: 5 min; Massenbereich 25 – 550 u
- ▶ Substanzidentifizierung Massenspektrenbibliothek NIST-02

Mit der TENAX®-Methode lassen sich die meisten VOC sammeln und mit dem oben beschriebenen Verfahren detektieren. Beginnend mit den kleinsten Kalibrierstandards werden die Bestimmungsgrenzen abgeschätzt. Für die meisten VOC kann eine Bestimmungsgrenze von 1-2 ng/µl erreicht werden. Durch eine Erhöhung der Probenahmemenge bei Komponenten mit einer höheren Bestimmungsgrenze lassen sich möglicherweise auch von diesen Komponenten niedrigere Konzentrationen im Bereich von wenigen µg/m<sup>3</sup> bestimmen. Einige wenige, meist polare, Verbindungen erreichen mit dem hier eingesetzten Verfahren höhere Bestimmungsgrenzen.

### 3.5.2 VVOC- und VOC-Messungen mit DNPH-Kartuschen

Für den Nachweis von Aldehyden und Ketonen werden am 3. und 28. Tag nach Beladung etwa 30 Liter Kammerluft gemäß der DIN EN ISO 16000-3 auf DNPH-Kartuschen gesaugt. Die Kartuschen werden anschließend mit Acetonitril eluiert und mit einem Hochleistungsflüssigchromatograph (HPLC) HP 1200 von der Firma Hewlett-Packard, ausgestattet mit Säulenthermostat, Vakuumentgaser und UV-Detektor unter folgenden Bedingungen nachgewiesen und quantifiziert:

- ▶ Säule: ULTRASEP ES ALD 125 mm x 2,0 mm +
  - Vorsäule 10 mm x 2 mm
- ▶ Säulentemperatur: 25 °C
- ▶ Lösemittel: Solv. A = Acetonitril  
Solv. B = 1 l Wasser + 0,06 l Tetrahydrofuran (THF)  
(mit einem geeigneten Messzylinder abgemessen)
- ▶ Pumpenprogramm:
 

	Solv. A	Solv. B	Flow	Zeit
Start:	30 %	70 %	0,5 ml/min	0 min
	30 %	70 %	0,5 ml/min	5 min
	32 %	68 %	0,5 ml/min	10 min

32 %	68 %	0,6 ml/min	30 min
83 %	17 %	0,6 ml/min	55 min
30 %	70 %	0,6 ml/min	60 min
30 %	70 %	0,5 ml/min	70 min

- ▶ Injektionsvolumen: 5 µl
- ▶ Detektorwellenlängen: 365 nm + 380 nm

Die Bestimmungsgrenze (BG) liegt je nach Komponente bei ca. 2 µg/m<sup>3</sup> bei 30 l Probenahme.

### 3.5.3 Carbonsäure-Messungen mit Silikagel-Kartuschen

Für den Nachweis von Ameisen- und Essigsäure werden ebenfalls etwa 30 Liter Kammerluft auf Silikagel-Sammler (ca. 1 g Silikagel) gesammelt. Die Elution wird mit Wasser durchgeführt, und die Komponenten werden anschließend mithilfe der Ionenchromatographie quantifiziert (VDI 4103-7):

Ionenchromatograph ICS 2100 Thermo Scientific mit Autosampler und der Steuer- und Auswertesoftware Chromeleon 7.

- ▶ Trennsäule: Dionex IONPAC® AS18.
- ▶ Methode: Stepgradient\_1mM\_B
- ▶ Säule: Dionex IONPAC® AS18 (2 x 250 mm)
- ▶ Säulentemperatur: 30 °C
- ▶ Eluentgenerator: KOH-Lösung
- ▶ Lösemittel: VE-Wasser
- ▶ Trennprogramm:
  - 0 min: Eluentkonzentration: 1 mMol
  - 23 min: Eluentkonzentration: von 1 mMol auf 50 mMol
  - 33 min: Eluentkonzentration: von 50 mMol auf 1 mMol
  - 43 min: End-Run.
- ▶ Injektionsvolumen: 10 µl
- ▶ Retentionszeit
  - für Ameisensäure 23,01 min
  - für Essigsäure 17,57 min

Die Bestimmungsgrenze liegt für die beiden Komponenten bei ca. 15 µg/m<sup>3</sup> bei 30 l Probenahme.

## 3.6 Raumluftechnische Anlagen

Mit Raumluftechnischen Anlagen kann Luft so konditioniert werden, dass im Innenraum eine behagliche Raumlufqualität hergestellt wird. Dazu werden unterschiedliche Arten von Luftfiltern sowie vier Luftbehandlungsfunktionen verwendet. Die Anzahl der verwendeten Luftbehandlungsfunktionen führt zudem zu einer Einteilung von Lüftungsanlagen, wie nachfolgend aufgeführt.

- ▶ Lüftungsanlage
- ▶ Teilklimaanlage

► Vollklimaanlage

Lüftungsanlagen haben außer einer möglichen Filterung keine Luftbehandlungsfunktionen. Lüftungsanlagen mit ein bis drei Luftbehandlungsfunktionen werden als Teilklimaanlage bezeichnet. Diese Anlagenart ist am meisten verbreitet, zum Beispiel bei der kontrollierten Wohnraumlüftung oder vielen Gewerbeimmobilien. Lüftungsanlagen mit allen vier Luftbehandlungsfunktionen werden als Vollklimaanlage bezeichnet. Vollklimaanlagen werden seltener als Teilklimaanlagen verwendet, da sie den höchsten Energieaufwand haben. Um die Luftkonditionen bestimmen zu können, ist der Luftzustand (siehe Kap. 3.6.1) zu messen. Neben einer optionalen VOC- oder CO<sub>2</sub>-Messung erfolgt hauptsächlich die Messung der Temperatur und relativen Feuchte der Luft. In der Lüftungstechnik wird zwischen den vier, nachfolgend aufgeführten, Luftbehandlungsfunktionen unterschieden.

- Lufterwärmung
- Luftkühlung
- Luftentfeuchtung
- Luftbefeuchtung

### 3.6.1 Berechnung der Zustandsgrößen von Luft

In der Lüftungstechnik werden hauptsächlich die Lufttemperatur und die relative Feuchte der Luft gemessen. Alle weiteren Größen, wie die absolute Feuchte der Luft und der Enthalpie der Luft, werden berechnet. Zur Berechnung der absoluten Feuchte sowie der Enthalpie sind die folgenden Zwischenrechnungen notwendig.

Schritt 1: Berechnung des Sättigungsdruckes  $p_S$ .

**Formel 3: Berechnung des Sättigungsdruckes  $p_S$**

---

$$p_S = 621,8 \cdot \exp((C_1 \cdot \vartheta) \cdot (C_2 + \vartheta)^{-1})$$

- mit:
- |             |                      |
|-------------|----------------------|
| $C_1$       | 17,62                |
| $C_2$       | 243,12               |
| $\vartheta$ | Lufttemperatur in °C |

Die Koeffizienten  $C_n$  aus der Formel von Magnus zur Berechnung des Sättigungsdampfdruckes über Wasser (Rietschel 2008).

Schritt 2: Berechnung des Dampfdruckes  $p_D$ .

**Formel 4: Berechnung des Dampfdruckes  $p_D$**

---

$$p_D = \varphi \cdot p_S$$

- mit:  $\varphi$  relative Feuchte der Luft 0 ... 1

Schritt 3: Berechnung der Dichte des Wasserdampfes  $\rho_W$ .

**Formel 5: Berechnung der Dichte des Wasserdampfes  $\rho_W$**

---

$$\rho_W = p_D \cdot (R_W \cdot T)^{-1}$$

- mit:  $R_W$  Gaskonstante Wasser 461,51 J kg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>  
 $T$  Lufttemperatur in K

Schritt 4: Berechnung der Dichte der trockenen Luft  $\rho_{tL}$ .

**Formel 6: Berechnung der Dichte der trockenen Luft  $\rho_{tL}$**

$$\rho_{tL} = (p - p_D) * (R_{tL} * T)^{-1}$$

mit:  $R_{tL}$  Gaskonstante trockene Luft 287,1 J kg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>

$p$  Umgebungsluftdruck 101325 Pa

Schritt 5: Berechnung der absoluten Feuchte  $x$ .

**Formel 7: Berechnung der absoluten Luftfeuchte  $x$**

$$x = \rho_W * \rho_{tL}^{-1} * 1000$$

Weiterhin wird die Enthalpie der Luft zum Vergleich benötigt. Die Enthalpie der Luft  $h$  wird durch Formel 8 berechnet.

**Formel 8: Berechnung der Enthalpie der Luft  $h$**

$$h = c_{pL} * \vartheta + (x/1000) * (r_0 + (c_{pD} * \vartheta))$$

mit:  $c_{pL}$  spezifische Wärmekapazität Luft 1,006 kJ kg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>

$r_0$  spezifische Verdampfungsenthalpie 2500,9 kJ kg<sup>-1</sup>

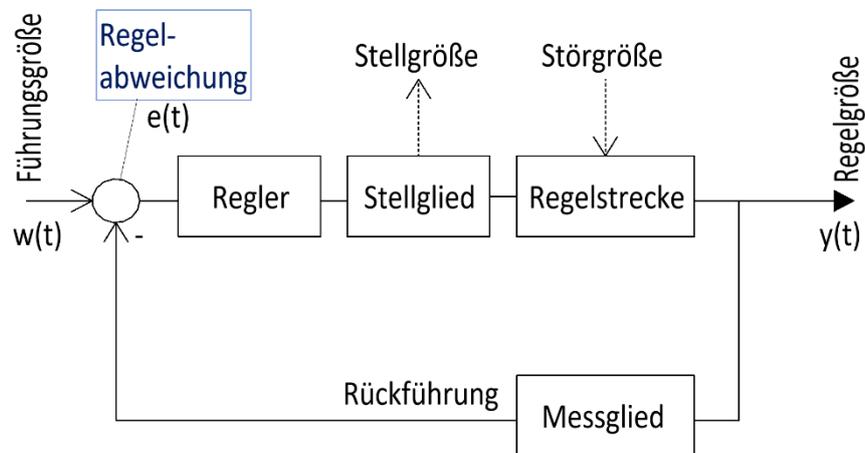
$c_{pD}$  spezifische Wärmekapazität Wasserdampf 1,86 kJ kg<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>

### 3.6.2 Regelung in der Lüftungstechnik

In der Lüftungstechnik werden u.a. der Luftvolumenstrom und Ventilstellungen geregelt. Mit der Regelung von Luftvolumenströmen wird bedarfsabhängig ein Luftwechsel im Raum hergestellt. Mit der Änderung von Ventileinstellungen werden die Leistungen von Lufterwärmer, Lüftkühler und Befeuchter geregelt. Die Regelung besteht aus dem in Abbildung 7 dargestellten Regelkreis. Im Folgenden werden die einzelnen Bereiche erläutert:

- ▶ Führungsgröße  $w(t)$ , zum Beispiel ein zu erreichender Sollwert wie Lufttemperatur oder relative Feuchte)
- ▶ Regelabweichung  $e(t)$ , der Unterschied zwischen der Führungsgröße und dem aktuellen Wert (gemessen durch ein Messglied)
- ▶ Regler, enthält den Regelalgorithmus
- ▶ Stellglied, gibt eine Stellgröße an einen Stellaktor. z. B. ein Ventil oder einen Leistungsregler
- ▶ Regelstrecke, ist die gesamte Strecke vom Stellglied bis zum Messglied mit allen Störgrößen auf das System
- ▶ Regelgröße  $y(t)$ , ist eine Größe, die sich nach der Einschwingzeit auf das Niveau des Sollwerts einschwingt

**Abbildung 7: Schematische Darstellung eines Regelkreises mit Regler, Stellglied, Regelstrecke und Messglied**



Quelle: <https://condorcet.ch/wp-content/uploads/2020/04/Regelkreis-I-bevorzugt-300x81.gif>

Die Verwendung eines Reglers minimiert bei optimaler Einstellung der Regelparameter und einer regelbaren Regelstrecke Schwingungen eines gewünschten Sollwertes. Eine regelbare Regelstrecke ist in ihren Eigenschaften so beschaffen, dass zum Beispiel der Effekt durch Änderung der Stellgröße in einer bestimmten Zeit zu einer Änderung der Regelgröße führt.

## 4 Aufbau des Luftqualitätslabors

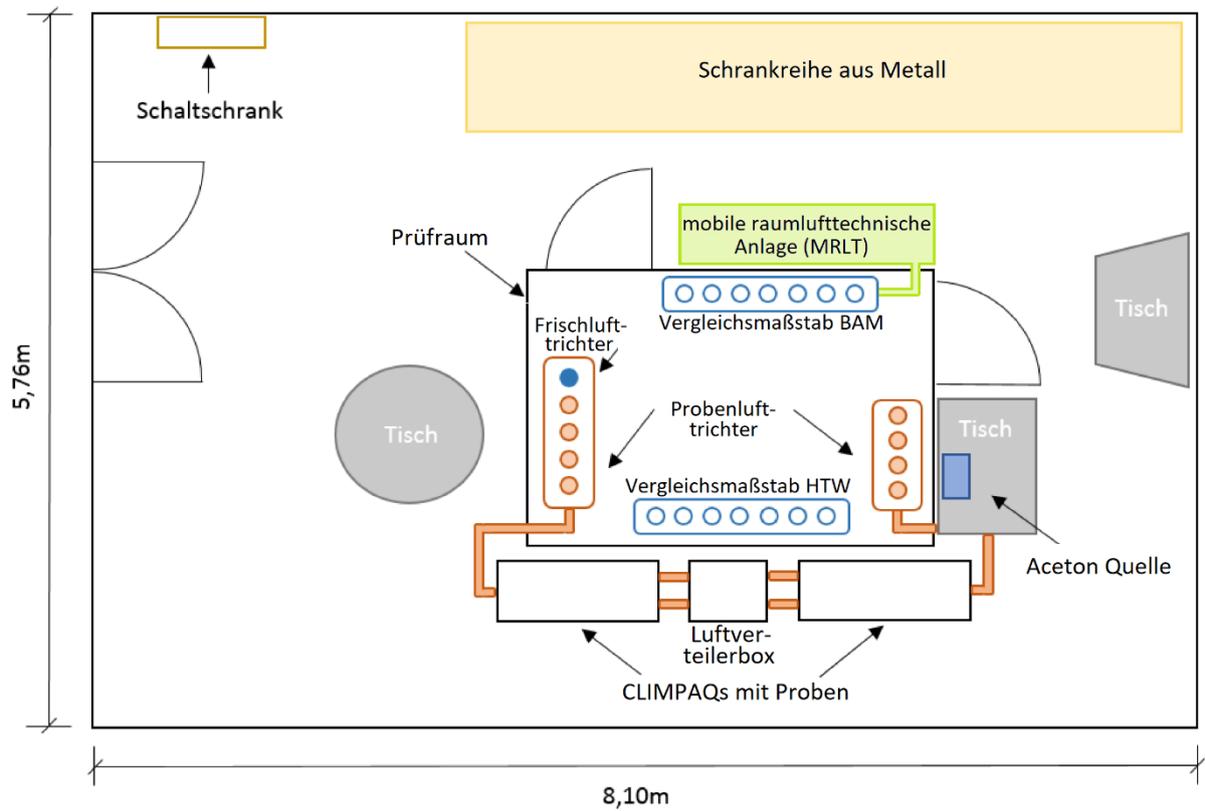
Das Luftqualitätslabor zur Durchführung der sensorischen Messungen befindet sich an der HTW Berlin. Abbildung 8 zeigt den Grundriss des Labors. Die für den Bau eingesetzten Materialien der Bauteile im Kontakt mit Probenluft sind aus Glas und Edelstahl. Bei diesen Materialien ist von geringen Geruchsstoffemissionen und wenig Adsorption von Substanzen auszugehen. Im Labor selbst befindet sich ein aus Glas und Edelstahl eingebauter Prüfraum, in dem die Bewertung der Proben stattfindet, wobei sich dabei immer nur eine Prüferin oder ein Prüfer darin aufhält. Im Prüfraum sind zwei Vergleichsmaßstäbe, die Probenlufttrichter und ein Frischlufttrichter aufgebaut. Der Prüfraum wird mit klimatisierter Luft über eine Quelläftung versorgt die einen Überdruck im Raum erzeugt, so dass keine Umgebungsluft eindringen kann. Auch die Luftversorgung des Vergleichsmaßstabes der HTW Berlin, der Probenluft- und der Frischlufttrichter erfolgt mithilfe Klimaanlage. So kann sichergestellt werden, dass an allen Trichtern und im Prüfraum die gleichen Bedingungen hinsichtlich Temperatur und Luftfeuchte herrschen. Der Betrieb bei standardisiertem Klima ( $T = 23 \text{ °C} \pm 3 \text{ K}$ ;  $\varphi = 50 \% \pm 10 \%$ ) ist gemäß DIN ISO 16000-28 vorgeschrieben.

Der Vergleichsmaßstab der HTW Berlin dient der Qualifizierung der Prüfenden und der Bestimmung der empfundenen Intensität für die Messungen gemäß DIN ISO 16000-28. Der zweite Vergleichsmaßstab, der von der BAM geliehen wird, kann mit erwärmter oder gekühlter Luft aus der mobilen raumluftechnischen Anlage versorgt werden, die im Rahmen dieses Projektes entwickelt, gebaut und betrieben wird (Kap. 8). Seine Konstruktion entspricht der des Vergleichsmaßstabes der HTW Berlin, dessen Aufbau und Funktionsweise in Kap. 3.4.1.1 beschrieben wird. Der einzige Unterschied besteht darin, dass statt acht Trichtern sieben zur Verfügung stehen. Außerhalb des Prüfraumes befindet sich für beide Vergleichsmaßstäbe je eine Quelle zur Versorgung mit Aceton.

Die Prüfkammern sind ebenfalls außerhalb des Prüfraums so positioniert, dass die Proben für die Prüfenden nicht sichtbar sind. Es handelt sich um Kammern vom Typ CLIMPAQ aus Edelstahl mit einem Deckel aus Glas und Volumina von 40, 120 und 240 l. Abbildung 9 zeigt ein Foto zweier verwendeter CLIMPAQs. Sie entsprechen den Anforderungen der DIN EN ISO 16000-9 und sind für sensorische Untersuchungen optimiert worden. Über eine Luftverteilerbox wird die mithilfe der Laborklimaanlage vorkonditionierte Luft in die einzelnen CLIMPAQs geführt. Auf der Seite des Luftzustroms befindet sich ein gesiebtes Luftverteilerblech, um die Luft über den gesamten Querschnitt der Kammer zu verteilen und so die gesamte Fläche der darin positionierten Probe zu überströmen.

Vor dem Luftqualitätslabor befindet in einem geruchsneutralen Korridor ein Erholungsraum für die Prüfenden. Am Messtag müssen sie hier mindestens 5 Minuten vor der ersten Messung eintreffen, um sich zunächst an die Umgebungsluft vor Ort zu gewöhnen. Zwischen den einzelnen Messungen dient der Raum zur Erholung des Geruchssinnes, wobei die Pause zwischen den einzelnen Messungen mindestens 5 Minuten beträgt, um Adaptionseffekte zu vermeiden.

Abbildung 8: Luftqualitätslabor der HTW Berlin



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 9: CLIMPAQs mit einem Volumen von 240 Litern (oben) und 40 Litern (unten)

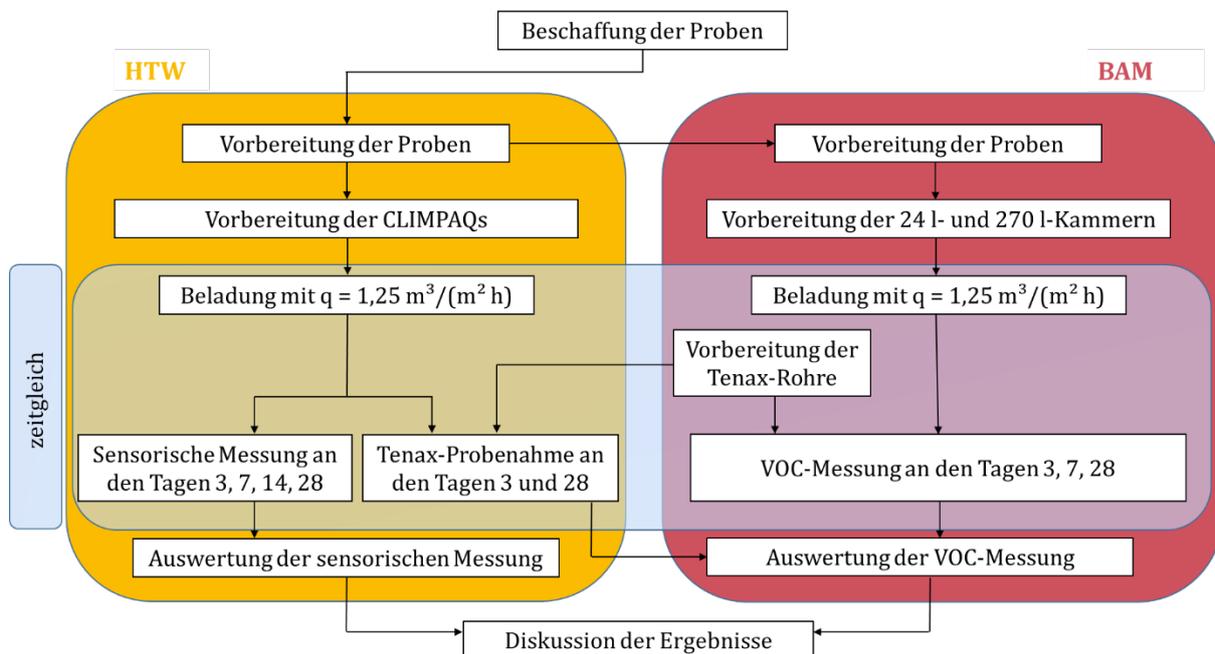


Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

## 5 Untersuchungen elastischer Fußbodenbeläge

Zur Erfüllung des ersten Arbeitspaketes dieses Projekts werden elastische Bodenbeläge sensorisch und in Bezug auf ihre VOC-Emissionen untersucht. Ziel sollte sein zu prüfen, wie die sensorischen Eigenschaften elastischer Bodenbeläge beschrieben werden können und, aufbauend auf den Ergebnissen, welche Vorschläge an sensorische Anforderungen im Rahmen der Vergabe des Blauen Engels gegeben werden können. Dieses Kapitel beschreibt die Beschaffung und Auswahl der Proben (Kap. 5.1), die Durchführung der sensorischen Messungen (Kap. 5.2) und der VOC-Messungen (Kap. 5.3), die Ergebnisse und deren Interpretation (Kap. 5.4) und die Diskussion der Untersuchungen (Kap. 5.5). In Abbildung 10 ist der Ablauf der Arbeitsschritte bei den Messungen, wie auch in diesem Kapitel beschrieben, dargestellt. Die sensorischen Messungen und VOC-Messungen fanden bei der HTW Berlin und bei der BAM gleichzeitig statt.

**Abbildung 10: Ablauf der Arbeitsschritte bei den Messungen**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

### 5.1 Beschaffung und Auswahl der Proben

Zu Beginn wird gemeinsam mit dem Umweltbundesamt eine Auswahl an Proben getroffen, die die Produktgruppe des Blauen Engels für elastische Fußbodenbeläge (DE-UZ 120) repräsentieren sollten. Um ein möglichst vollständiges Bild über die Gerüche und Emissionen dieser Belagsart zu erhalten, werden auch Bodenbeläge aus dem Werkstoff Polyvinylchlorid (PVC) hinzugenommen, auch wenn diese aufgrund ihrer chlororganischen Verbindungen nicht mit dem Blauen Engel ausgezeichnet werden.

Einen Überblick zu den untersuchten Produkten zeigt Tabelle 5. Mit Hilfe der Produktnummern, wird eine anonymisierte Zuordnung der Produkte innerhalb des Berichtes ermöglicht, wobei die zweistellige Zahl vor dem Punkt auf das Jahr der Untersuchung schließen lässt. Es wird auch angezeigt, ob die Produkte mit dem Blauen Engel ausgezeichnet sind. Bis auf die PVC-Produkte, und einzelne Produkte die zusätzlich aus Baumärkten beschafft wurden, sind alle untersuchten Produkte mit dem Blauen Engel ausgezeichnet.

Die Nennung der Produktart erlaubt abhängig vom Material eine Einordnung in eine Untergruppe der elastischen Bodenbeläge, was für die spätere Auswertung der Messergebnisse hilfreich ist. Insgesamt erfolgt eine Unterteilung in vier Produktarten: Linoleum, Kautschuk, Kunststoff und PVC. Die Produktart „Kunststoff“ steht dabei für synthetisch hergestellte Beläge. Bei diesen ist nicht bekannt, welches Polymer für die Herstellung verwendet worden ist. Die Produktdatenblätter beschreiben die Materialart nicht oder geben allgemein die Verwendung thermoplastischer Polymere an. Es handelt sich hier jedoch nicht um PVC-Beläge.

Die Informationen zur Produktbeschreibung und zur empfohlenen Verlegeart konnten den jeweiligen Produktdatenblättern entnommen werden. Die Proben werden meist von Herstellern zur Verfügung gestellt. Weitere Produkte ohne den Blauen Engel, einschließlich der PVC-Beläge, werden im Baumarkt käuflich erworben und ein Produkt wird von einer Baustelle geliefert.

Zum Zwecke der Anonymisierung werden die Hersteller nicht benannt. Sie werden jedoch nummeriert, so dass die Produkte eines Herstellers jeweils erkennbar sind. Insgesamt stellen sieben Hersteller für die Produktgruppe elastischer Bodenbeläge Proben zur Verfügung.

**Tabelle 5: Überblick zu den untersuchten elastischen Fußbodenbelägen**

Produktnummer / Blauer Engel?	Produktart	Foto mit Darstellung der Schnittfläche	Beschreibung	Art der Verlegung	Herkunft der Probe
HTW 19.005 	PVC		einschichtiges Produkt, Kompaktrücken	Meterware, zu verkleben	Baumarkt
HTW 19.006 	PVC		einschichtiges Produkt, Schaumrücken	Meterware, zu verkleben	Baumarkt (Hersteller 1)
HTW 19.007 	Kork		einschichtiges Produkt	Platten, zu verkleben	Baumarkt
HTW 19.008 	PVC		mehrschichtiges Produkt (Vinylboden), Deckfolie, dünne Schicht, Trittschall, Rücken	Dielen, lose zu verlegen mit Klickverbindung	Baumarkt
HTW 19.009 	PVC		einschichtiges Produkt, Oberfläche mit Polyurethan (PU) behandelt	Meterware zu verkleben	Baustelle (Hersteller 1)

Produktnummer / Blauer Engel?	Produktart	Foto mit Darstellung der Schnittfläche	Beschreibung	Art der Verlegung	Herkunft der Probe
HTW 19.010 	Kunststoff		einschichtiges Produkt, Oberfläche mit PU behandelt	Meterware, zu verkleben	Hersteller 1
HTW 19.011 	Linoleum		einschichtiges Produkt, homogen durchgefärbt, auf Gewebe verklebt	Meterware, zu verkleben	Hersteller 1
HTW 19.012 	PVC		einschichtiges Produkt, Schaumrücken	Meterware, zu verkleben	Baumarkt
HTW 19.013 	PVC		mehrschichtiges Produkt (Vinylboden), u. a. mit Deckschicht aus PU und Kork-Trittschalldämmung	Dielen, lose zu verlegen mit Klickverbindung	Hersteller 2
HTW 19.014 	Kunststoff		mehrschichtiges Fußbodenpaneel, u. a. mit mehrschichtiger PU-Deckschicht (Folie)	Dielen, schwimmend zu verlegen mit Dämmunterlage	Hersteller 5

Produktnummer / Blauer Engel?	Produktart	Foto mit Darstellung der Schnittfläche	Beschreibung	Art der Verlegung	Herkunft der Probe
HTW 19.015 	Kunststoff		einschichtiges Produkt, homogen durchgefärbt mit Folie als Deckschicht	Fliesen, zu verkleben	Hersteller 3
HTW 20.001 	Kunststoff		zweischichtiges Produkt mit Trittschalldämmung	Meterware, zu verkleben	Hersteller 3
HTW 20.002 	Kunststoff		einschichtiges Produkt	Meterware, zu verkleben	Hersteller 3
HTW 20.003 	Kautschuk		einschichtiges Produkt	Meterware, zu verkleben	Hersteller 4
HTW 20.004 	Kunststoff		einschichtiges Produkt	Fliesen, zu verkleben	Hersteller 3
HTW 20.005 	Kautschuk		einschichtiges Produkt	Meterware, zu verkleben	Hersteller 4
HTW 20.006 	Kautschuk		einschichtiges Produkt	Meterware, zu verkleben	Hersteller 4

Produktnummer / Blauer Engel?	Produktart	Foto mit Darstellung der Schnittfläche	Beschreibung	Art der Verlegung	Herkunft der Probe
HTW 20.007 	Kautschuk		einschichtiges Produkt	Fliesen, zu verkleben	Hersteller 4
HTW 21.007  (= HTW 20.003 andere Charge und Farbe)	Kautschuk		einschichtiges Produkt	Meterware, zu verkleben	Hersteller 4
HTW 21.008 	Kautschuk		einschichtiges Produkt	Fliesen, zu verkleben	Hersteller 4
HTW 22.006  (= HTW 19.011 andere Charge)	Linoleum		einschichtiges Produkt, homogen durchgefärbt, auf Gewebe verklebt	Meterware, zu verkleben	Hersteller 1
HTW 23.004 	Kunststoff		mehrschichtiges Produkt aus Polypropylen mit mineralischen Füllstoffen	Dielen	Hersteller 6

Produktnummer / Blauer Engel?	Produktart	Foto mit Darstellung der Schnittfläche	Beschreibung	Art der Verlegung	Herkunft der Probe
HTW 23.005  	Linoleum		einschichtiges Produkt, homogen durchgefärbt, auf Gewebe verklebt	Meterware, zu verkleben	Hersteller 7

## 5.2 Durchführung der sensorischen Messungen

Die Untersuchungen werden nach dem Laborprüfverfahren der DIN ISO 16000-28 (2021) durchgeführt. Für die Prüfung wird der zu untersuchende Prüfkörper mit einem für das Produkt spezifischen Beladungsfaktor L in eine CLIMPAQ eingebracht. Für eine Bewertung nach dem AgBB-Schema verbleibt das Produkt über einen Zeitraum von 28 Tagen in der Kammer. An den gewünschten Messtagen (Tag 3, 7, 14, 28) wird die Kammerabluft einer Gruppe geschulter Prüfer für die Geruchsbewertung bei einem Trichtervolumenstrom von 0,9 l/s direkt dargeboten. Zur Bewertung des Geruches werden die empfundene Intensität (s. Kap 3.1.1) und die Hedonik (Kap. 3.1.2) gemessen.

Bei der Wahl der Beladung der Kammern müssen die Bedingungen des in der DIN EN 16516 vorgegebenen Referenzraumes auf die Bedingungen in der Kammer übertragen werden. Dazu muss die flächenspezifische Luftdurchflussrate q, das Verhältnis aus Luftwechselrate n und Beladung L, identisch sein (Formel 9).

### Formel 9: Berechnung der flächenspezifischen Luftdurchflussrate q

$$q = \frac{n}{L}$$

mit: q flächenspezifische Luftdurchflussrate in  $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$

n Luftwechselrate in  $\text{h}^{-1}$

L Beladung in  $\text{m}^2/\text{m}^3$

Für den Referenzraum mit einer Größe von  $12 \text{ m}^2$ , einer Höhe von 2,5 m und einem Volumen von  $30 \text{ m}^3$  ergibt sich für die Bodenbeläge eine Beladung L von  $0,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Bei der vorgegebenen Luftwechselrate n von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  ergibt sich für die Untersuchung der elastischen Bodenbeläge eine flächenspezifische Luftwechselrate q von  $1,25 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ .

Aufgrund einer hohen Luftwechselrate n in den CLIMPAQs und einer hohen Produktbeladung ergibt sich am Bewertungstrichter ein hoher Luftvolumenstrom von 0,9 l/s. Gemäß DIN ISO 16000-28 kann bei einem Luftvolumenstrom zwischen 0,6 l/s und 1,0 l/s direkt an der Kammer bewertet werden. Alle im Projekt untersuchten Bodenbeläge werden direkt bewertet.

Die Proben werden nach ihrer Ankunft gemäß DIN EN ISO 16000-11 behandelt. Sie werden luftdicht in Aluverbundfolie eingeschweißt, verpackt und bis zum Beginn der Prüfung zum Schutz vor Licht und Hitze im Keller gelagert.

Für die Untersuchungen werden die Proben zunächst auf eine an die Größe der CLIMPAQ angepassten Fläche zugeschnitten. Jeweils zwei Prüfstücke werden Rücken an Rücken gebracht und die Schnittkanten mit geruchsneutralem Aluminiumklebeband abgeklebt. Dadurch wird nur die Oberfläche des Materials luftumströmt, wodurch die Bedingungen im Referenzraum nachgestellt werden. Unter Verwendung von geruchs- und emissionsneutralen Abstandshaltern werden die einzelnen Prüfstücke längs zum Luftstrom in die CLIMPAQs eingebracht.

Zusammengefasst erfolgen die sensorischen Prüfungen wie nachstehend:

- ▶ Volumen V der Emissionsprüfkammer (CLIMPAQ): 40 l, 120 l, 240 l
- ▶ Flächenspezifische Luftdurchflussrate q:  $1,25 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$  für Bodenbeläge
- ▶ Luftumströmte Fläche A:  $2,6 \text{ m}^2$

- ▶ Volumenstrom Q: 0,9 l/s
- ▶ Probendarbietung: direkte Bewertung an einem Trichter am Ausgangsstutzen der CLIMPAQ
- ▶ Olfaktorische Bewertung i. d. R. an folgenden Messtagen nach Beladung: 3, 7, 14, 28

### 5.3 Durchführung der VOC-Messungen

Parallel zu den sensorischen Bewertungen werden flüchtige organische Verbindungen aus den Produkten bestimmt. Dazu werden Emissionsprüfkammern der BAM mit entsprechenden Prüfmustern der gleichen Charge wie an der HTW Berlin beladen und bei 23 °C und 50 % relative Luftfeuchte mit einem  $q$  von  $1,25 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$  untersucht. Die verwendeten Emissionsprüfkammern von 270 und 24 l Volumen werden im Folgenden beschrieben.

#### 270 l-Emissionsprüfkammer

Die meisten Emissionsuntersuchungen für diese Studie werden in 270 l-Kammern (Emissionsfass: EF) durchgeführt, die auf Edelstahl Deckelfässern basieren, die zusätzlich elektropoliert sind. Sowohl die Zu- als auch die Abluft werden messtechnisch überwacht. Die EFs sind liegend in ein Regal eingepasst. Die Durchmischung der Kammerluft (Geschwindigkeit 0,1-0,3 m/s) erfolgt mit einem im Fass befindlichen Ventilator, dessen Welle magnetisch über die Edelstahlwandung mit dem außenliegenden Motor verbunden ist. Dadurch kann auf eine Bohrung zur Durchführung der Welle vom Motor zum Ventilator verzichtet werden und eine emissionsarme Lagerung erreicht werden. Der Deckel des Fasses enthält einige angeschweißte Probenahmestutzen und ist mit einer Dichtung aus Viton-Schaum ausgestattet. Für das Einführen von größeren Probenahmesystemen sind zwei KF 40 Anschlüsselemente im Deckel und oben am Fass angebracht. Die Einstellung des Luftwechsels wird mit Hilfe von Proportionalventilen geregelt. Hierbei wird über die Frequenz des Schaltens (auf/zu) der in die Kammer strömende Volumenstrom geregelt. Die Abluft wird durch umgebaute Gasmengenzähler geleitet, um einen möglichst geringen Gegendruck bei der Strömungsmessung zu realisieren. Abbildung 11 zeigt ein Foto der Kammern und Abbildung 12 eine Bodenbelagsprobe in der Kammer. In Abbildung 13 wird die Probenahme an der Kammer dargestellt.

**Abbildung 11: 270 l-Emissionsprüfkammer**



Quelle: eigene Darstellung, BAM

**Abbildung 12: Bodenbelagsprobe in der 270 l-Emissionsprüfkammer**

---



Quelle: eigene Darstellung, BAM

**Abbildung 13: Probenahme an der 270 l-Emissionsprüfkammer mit einem Tenax®-Rohr**

---



Quelle: eigene Darstellung, BAM

### **24 l-Emissionsprüfkammer**

Einige Untersuchungen zu Beginn des Vorhabens werden in 24 l-Emissionsprüfkammern durchgeführt, die durch den Umbau von Exsikkatoren konstruiert wurden. Exsikkatoren sind luftdicht abgeschlossene Laborbehältnisse aus Glas, die zur Lagerung von Substanzen dienen, die vor Luftfeuchtigkeit geschützt werden müssen. Beim Umbau wurden sie mit Zuluft- und Abluftführungen sowie mehreren Probenahmestutzen versehen, die sich sowohl in Tubusform am Exsikkator selbst, als auch in einem plangeschliffenen Edelstahlring zwischen Boden und Deckel des Exsikkators befinden. Die Luftströmungsgeschwindigkeit wird durch einen Propeller

geregelt, der über eine Magnetkupplung mit dem außenliegenden, drehzahlgeregelten Motor verbunden ist. Die Propellerwelle wird kammerseitig durch spezielle gedichtete Kugellager gelagert, die nach sorgfältiger Reinigung der Oberflächen keine nachweisbaren Emissionen aufweisen. Die Einstellung der Luftwechselrate erfolgt mithilfe eines Nadelventils und eines Schweb-Durchflussmessers, der durch Strömungsmessrohre kontinuierlich den Durchfluss kontrolliert und protokolliert. Die Abdichtung des Flansches zwischen Exsikkator, Edelstahlring und Deckel erfolgt ausschließlich durch den Planschliff, der durch zwei gegeneinander verschraubte Metallringe fixiert wird. Für die Luftprobenahme können an den Probenahmestutzen des Edelstahlringes Probenahmerohre mit Außendurchmessern von sechs Millimetern angeschlossen werden. Parallel zur Zuluft lassen sich auch Rohre mit 14 Millimeter Außendurchmesser anschließen. Die Kammern entsprechen den Anforderungen der DIN EN ISO 16000-9.

## 5.4 Ergebnisse und Interpretation

### 5.4.1 Ergebnisse der Untersuchungen der einzelnen Produkte

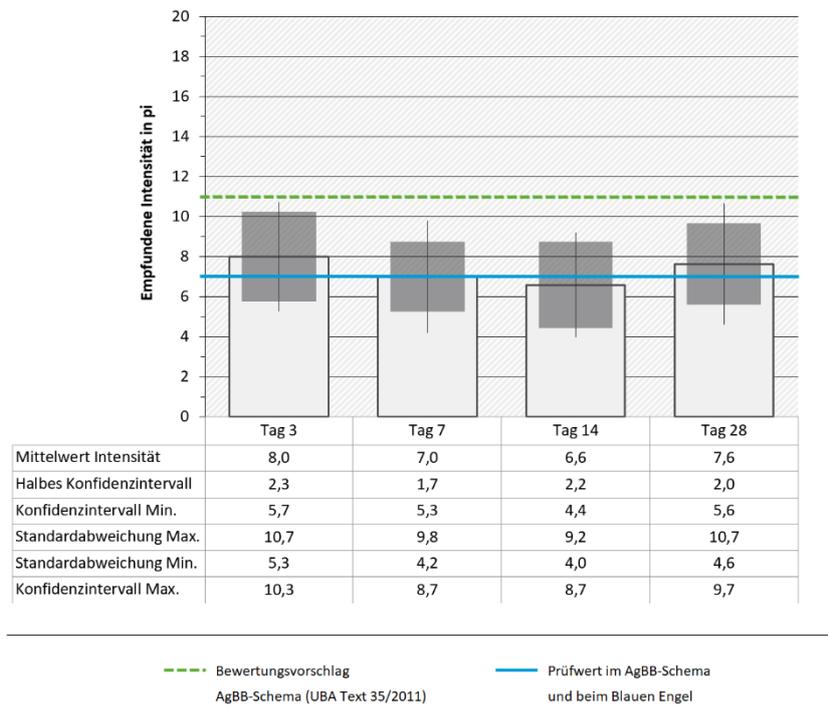
Anhang A zeigt die Ergebnisse der sensorischen Untersuchungen und Ermittlungen der VOC-Emissionen jeder einzelnen Untersuchung der in Tabelle 5 aufgeführten Proben. Wie die Grafiken und Tabellen im Anhang A zu interpretieren sind, wird im Folgenden für die sensorischen Messungen und die VOC-Messungen erläutert.

Die Erläuterungen gelten auch für den Anhang B, also für die Auswertung der holzbasierten Produkte.

#### Sensorische Messungen:

In Abbildung 14 und Abbildung 15 wird die Auswertung der sensorischen Messungen der empfundenen Intensität und Hedonik für ein untersuchtes Produkt beispielhaft dargestellt. Jedes Bauprodukt wird mindestens an den vier Tagen 3, 7, 14 und 28 nach Beladung der Emissionsprüfkammer sensorisch bewertet. Auf der x-Achse sind die einzelnen Messtage aufgetragen und auf der y-Achse die empfundene Intensität bzw. die Hedonik. Die Höhe der hellgrauen Balken zeigt den ermittelten Mittelwert. Der dunkelgraue Kasten zeigt die Breite des jeweilig ermittelten Konfidenzintervalls an. Die senkrechte Linie zeigt die Standardabweichung an. In der Wertetabelle sind neben dem Mittelwert, dem halben Konfidenzintervall und der Standardabweichung auch die minimalen und maximalen Werte für das Konfidenzintervall und die Standardabweichung angegeben.

**Abbildung 14: Beispielhafte Darstellung zur Erläuterung der in Anhang A und B präsentierten Messdaten der empfundenen Intensität**



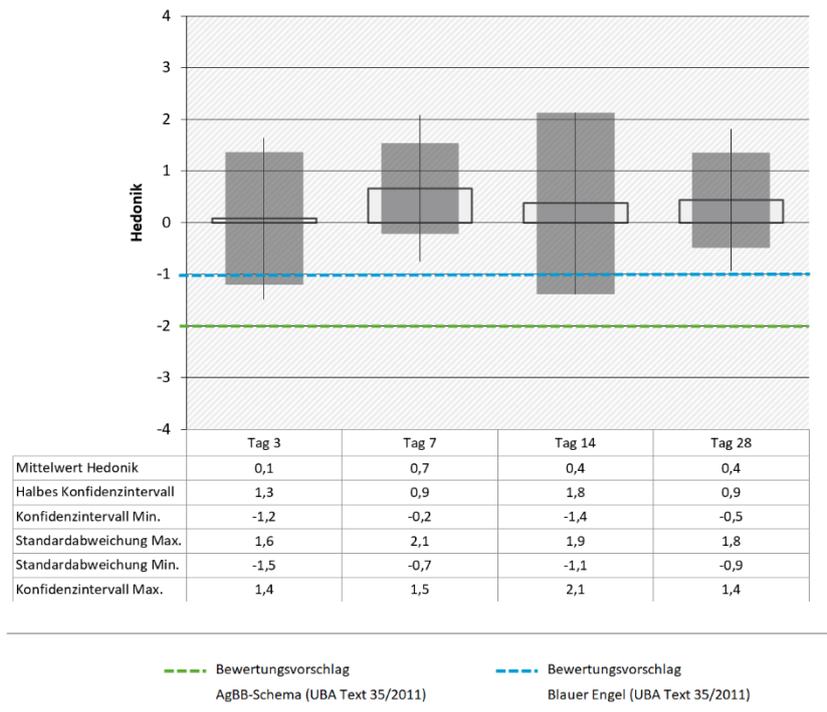
Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

In beiden Diagrammen sind jeweils eine blaue und eine grüne Linie eingezeichnet. Die Linien werden im Folgenden erläutert:

- ▶ Die blaue Linie auf der Höhe von 7 pi in Abbildung 14 zur Bewertung der empfundenen Intensität entspricht dem vorläufigen Prüfwert für die sensorische Bewertung im Rahmen des AgBB-Schemas und den Anforderungen an die Geruchsprüfung beim Blauen Engel
- ▶ Die grüne, gestrichelte Linie auf der Höhe von 11 pi in Abbildung 14 zur Bewertung der empfundenen Intensität entspricht einem ersten Bewertungsvorschlag für das AgBB-Schema. In einem Forschungsprojekt (Müller, 2011) wurde ermittelt, dass bei diesem Wert 50 % einer großen, ungeschulten Personengruppe einen Geruch als unzumutbar wahrnehmen. Der Wert wurde dem AgBB vorgeschlagen, wurde jedoch als zu hoch angesehen.
- ▶ Die gestrichelten Linien in Abbildung 14 und Abbildung 15 waren entsprechend erste Vorschläge zur Bewertung der Hedonik. Bei -1 zur Bewertung für den Blauen Engel und bei -2 zur Bewertung im Rahmen des AgBB-Schemas. Diese Prüfwerte sind weder Teil des AgBB-Schemas noch des Blauen Engels.

Die gestrichelten Linien dienen damit in diesem Projekt nur als Orientierung für die Interpretation der Ergebnisse. Sie wurden im Forschungsprojekt UBA Texte 35/2011 (Müller, 2011) entwickelt und waren erste Bewertungsvorschläge für die sensorische Prüfung im Rahmen des AgBB-Schemas und des Blauen Engels.

**Abbildung 15: Beispielhafte Darstellung zur Erläuterung der in Anhang A und B präsentierten Messdaten der Hedonik**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**VOC-Messungen:**

Die in Anhang A und B befindlichen Tabellen „Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema“ enthalten die wesentlichen Angaben der AgBB-Auswertung. Die untersuchten Produkte haben in keinem Fall die Vorgaben des AgBB-Schemas am 3. Tag erreicht. Daher konnten die Grenzen des potentiellen Abbruchs der Messungen nach 3 bzw. 7 Tagen, wie sie vom DIBt in der Auswertung hinterlegt sind, in den Tabellen eingesetzt werden. Entsprechend werden die VOC-Emissionen bewertet. Angegeben sind die jeweils vom AgBB festgelegten Kriterien (TVOC, Summe SVOC oder nicht NIK, R-Wert, kanzerogene und Formaldehyd). Diese gelten allerdings mit anderen Grenzwerten auch für die Emissionsbewertung im Rahmen des Blauen Engels. Die Bewertungen danach sind im unteren Teil dieser Tabellen angegeben. Wenn der Abbruch zu dem jeweiligen Zeitpunkt (3., 7. oder 28. Tag) nicht möglich war ist dies mit den Worten „nicht möglich“ angegeben. In der letzten Spalte: „28 Tage Bestanden?“ wird im Falle einer Überschreitung des Wertes nur im Falle eines negativen Ergebnisses ein „nein“ eingetragen. In der Tabelle 6 werden die Grenzwerte angegeben, nach denen diese Tabellen erstellt werden. Mathematisch gilt, dass ein Wert von 0,1 noch Werte bis 0,149 zulässt und einer von 1,0 noch solche bis 1,049, da die Werte gerundet bewertet werden. In der zweiten VOC-Tabelle pro Material sind die Konzentrationen an den Messtagen (1, 3, 7 und 28) angegeben.

**Tabelle 6: Grenzwerte für AgBB und „Blauer Engel“. Beim „Blauen Engel“ gelten die Werte „3 Tage max“ für die, die am 3. Tag eingehalten werden müssen. Ansonsten muss für einen vorzeitigen Abbruch nach 3 oder 7 Tagen die jeweiligen Werte erfüllt werden.**

		3 Tage	7 Tage	28 Tage
AgBB	TVOC (C6 - C16) mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,5	1,0
	Σ SVOC (C16 - C22) mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,05	0,1

		3 Tage	7 Tage	28 Tage
	R (dimensionslos)	0,5	0,5	1
	Σ VOC o. NIK mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,1
	Σ Cancerogene mg/m <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001
	Formaldehyd mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,06	0,12
		<b>3 Tage max</b>	<b>7 Tage</b>	<b>28 Tage</b>
„blauer Engel“ elastische Bodenbeläge (DE-UZ120)	TVOC (C6 - C16) µg/m <sup>3</sup>	≤ 1000	300	300
	Σ SVOC (C16 - C22) µg/m <sup>3</sup>		30	30
	R (dimensionslos)		1	1
	Σ VOC o. NIK µg/m <sup>3</sup>		100	100
	Σ Cancerogene µg/m <sup>3</sup>	10	1	1
	Formaldehyd µg/m <sup>3</sup>		60	60
		<b>3 Tage max</b>	<b>7 Tage</b>	<b>28 Tage</b>
„blauer Engel“ Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen (DE-UZ176)	TVOC (C6 - C16) mg/m <sup>3</sup>	≤ 3	0,3	0,3
	Σ SVOC (C16 - C22) mg/m <sup>3</sup>		0,1	1,0
	R (dimensionslos)		1	1
	Σ VOC o. NIK mg/m <sup>3</sup>		0,1	0,1
	Σ Cancerogene µg/m <sup>3</sup>	10	1	1
	Formaldehyd µg/m <sup>3</sup>		60	60
	Ammoniak mg/m <sup>3</sup>		0,1	0,1

#### 5.4.2 Sensorisches Abklingverhalten

Das Langzeitverhalten der Produkte in Bezug auf die Emissionen und den Geruch wird mit dem AgBB-Schema am 28. Tag bewertet. Um festzustellen, ob die untersuchten Produkte ein Abklingverhalten in Bezug auf die empfundene Intensität zeigen, werden die Ergebnisse der Messungen aller Produkte an den Messtagen 3, 7, 14 und 28 ausgewertet und in Abbildung 16 und Abbildung 17 dargestellt. In Tabelle 7 wird gezeigt, wie groß die Differenz der empfundenen Intensität zwischen der Messung am 3. Tag und am 28. Tag ist.

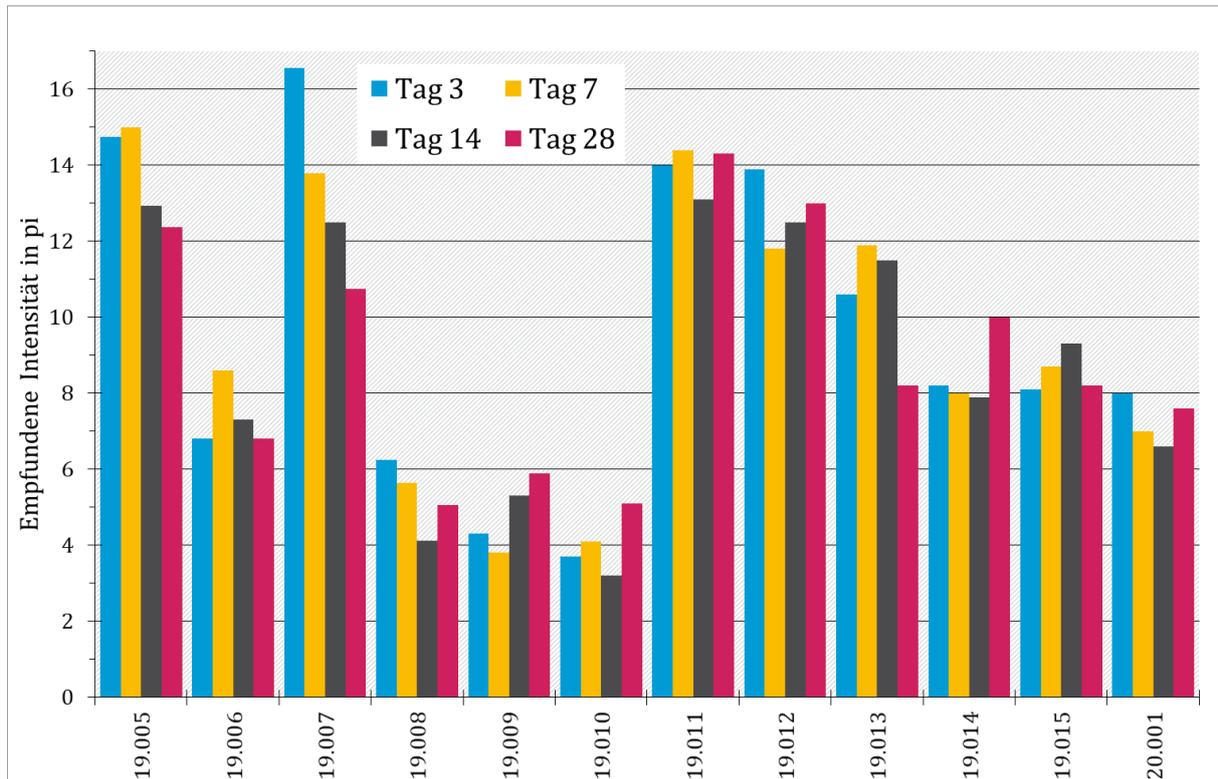
Wie dem Anhang A entnommen werden kann (Auswertung der einzelnen Produkte) werden einige Produkte aus organisatorischen Gründen an etwas abweichenden Tagen sensorisch beurteilt. Es wird davon ausgegangen, dass dies kaum einen Einfluss auf die Bewertung insgesamt hat. Eine Auswertung wird durchgeführt.

Bei 16 der 23 Proben ist die empfundene Intensität am 28. Tag zwar geringer als am 3. Tag, jedoch ist nur bei 6 Produkten eine Differenz von mehr als 2 pi festzustellen. Dies ist auch der Bereich der Messunsicherheit des Verfahrens von ± 2 pi. Bei 9 Proben ist die empfundene Intensität gleichgeblieben oder geringfügig höher ebenfalls im Bereich der Messunsicherheit des Verfahrens. Insgesamt betrachtet ist ein Abklingverhalten der empfundenen Intensität nicht

festzustellen. Bis auf wenige Proben bleiben die meisten in ihrer Intensität über den Messzeitraum von 28 Tagen konstant.

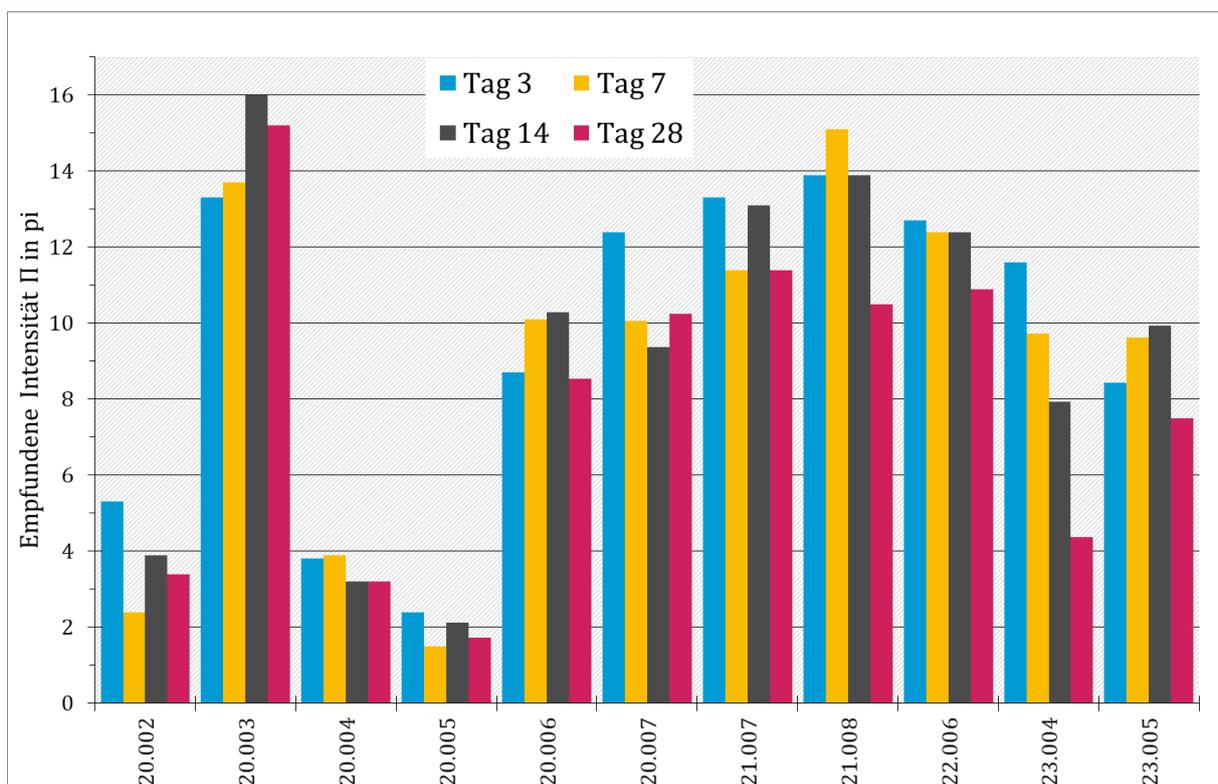
Um das Abklingverhalten über einen längeren Zeitraum zu untersuchen, werden die Produkte HTW 19.005, 19.006, 19.007 und 19.008 nach einem Zeitraum von 12 Wochen in den CLIMPAQs untersucht. Die in Abbildung 18 abgebildeten Ergebnisse zeigen, dass auch nach 12 Wochen kein Abklingverhalten zu erkennen ist. Zwei Produkte weisen im Vergleich zur Messung am 3. Tag eine Verringerung der empfundenen Intensität um etwa 4 pi auf (HTW 19.005 und 19.007), jedoch wird dies bereits am 28. Messtag erreicht.

**Abbildung 16: Empfundene Intensität der elastischen Bodenbeläge an allen Messtagen – Teil 1**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Abbildung 17: Empfundene Intensität der elastischen Bodenbeläge an allen Messtagen – Teil 2**



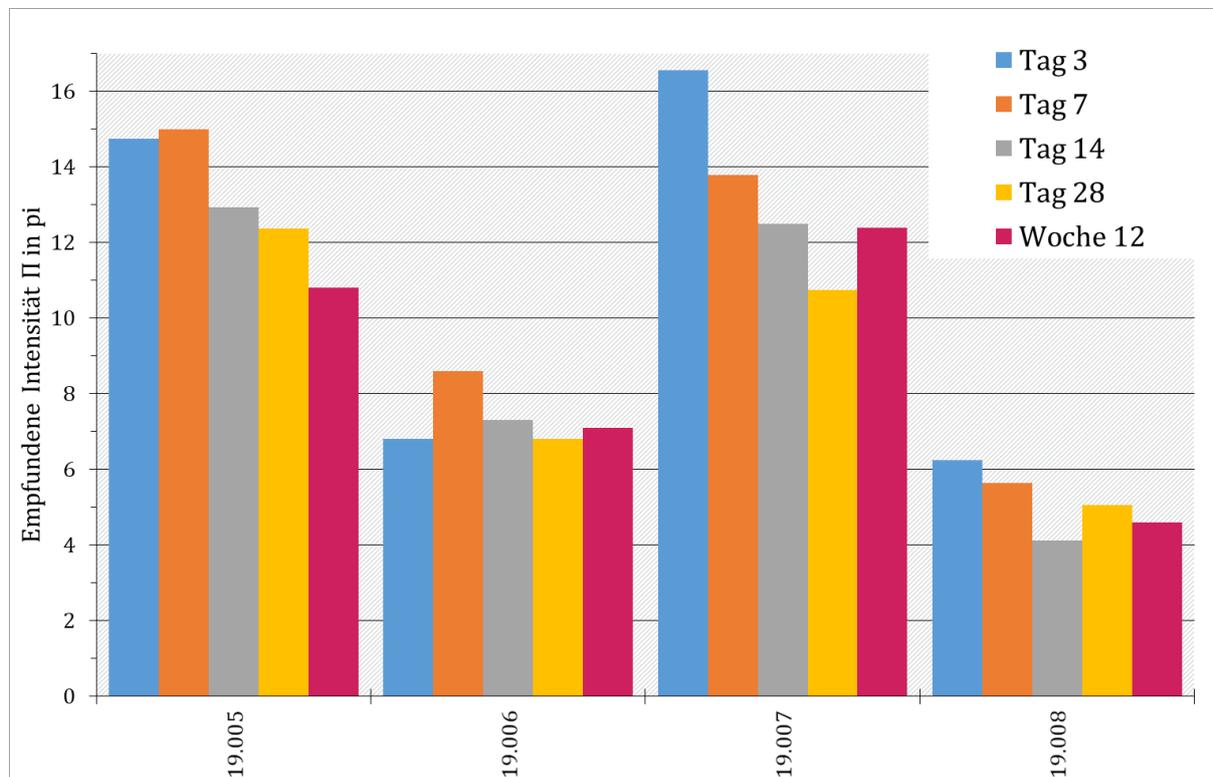
Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 7: Vergleich der Messung der empfundenen Intensität elastischer Bodenbeläge am 3. und 28. Messtag**

Produktnummer	empfundene Intensität in pi am		Differenz der empfundenen Intensität
	3. Tag	28. Tag	
HTW 19.005	14,8	12,4	-2,4
HTW 19.006	6,8	6,8	0,0
HTW 19.007	16,6	10,8	-5,8
HTW 19.008	6,3	5,1	-1,2
HTW 19.009	4,3	5,9	1,6
HTW 19.010	3,7	5,1	1,4
HTW 19.011	14,0	14,3	0,3
HTW 19.012	13,9	13,0	-0,9
HTW 19.013	10,6	8,2	-2,4
HTW 19.014	8,2	10,0	1,8
HTW 19.015	8,1	8,2	0,1
HTW 20.001	8,0	7,6	-0,4

Produktnummer	empfundene Intensität in pi am		Differenz der empfundenen Intensität
	3. Tag	28. Tag	
HTW 20.002	5,3	3,4	-1,9
HTW 20.003	13,3	15,2	1,9
HTW 20.004	3,8	3,2	-0,6
HTW 20.005	2,4	1,7	-0,7
HTW 20.006	8,7	8,5	-0,2
HTW 20.007	12,4	10,3	-2,2
HTW 21.007	13,3	11,4	-1,9
HTW 21.008	13,9	10,5	-3,4
HTW 22.006	12,7	10,9	-1,8
HTW 23.004	11,6	4,4	7,2
HTW 23.005	8,4	7,5	0,9

**Abbildung 18: Empfundene Intensität elastischer Bodenbeläge über einen Zeitraum von 12 Wochen**

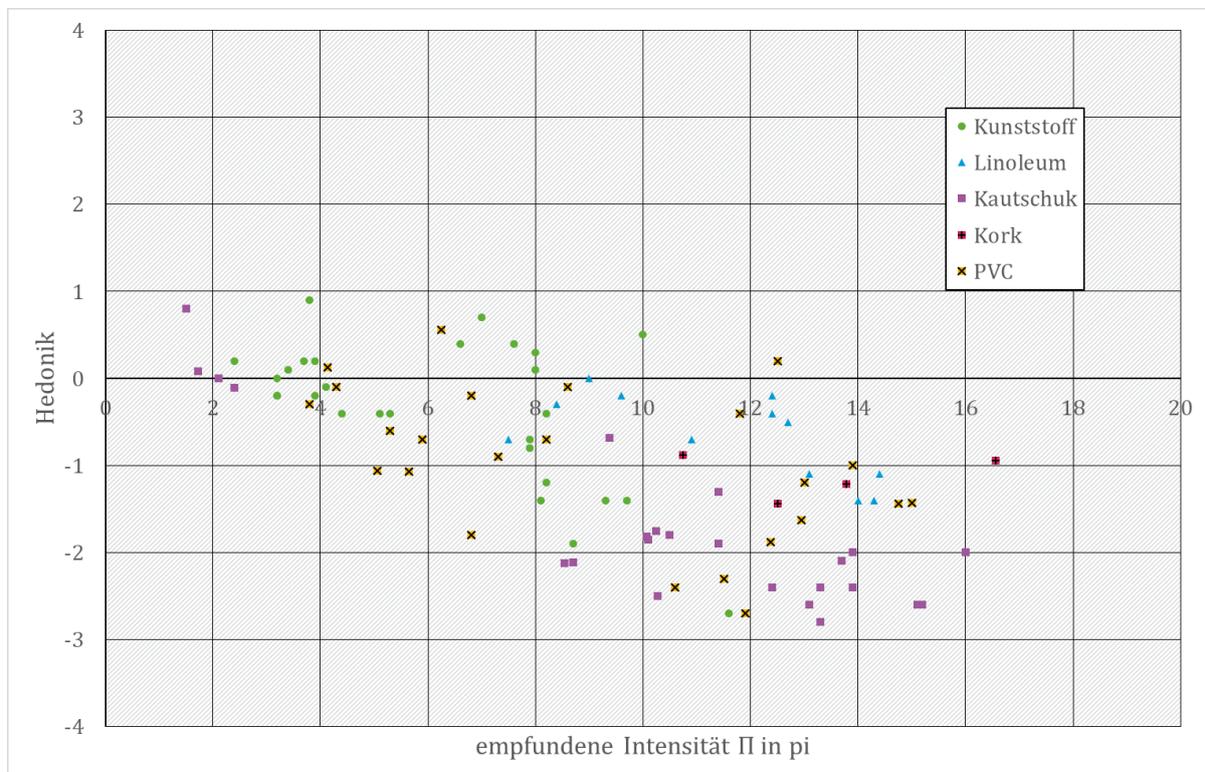


Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

### 5.4.3 Zusammenhang zwischen empfundener Intensität und Hedonik

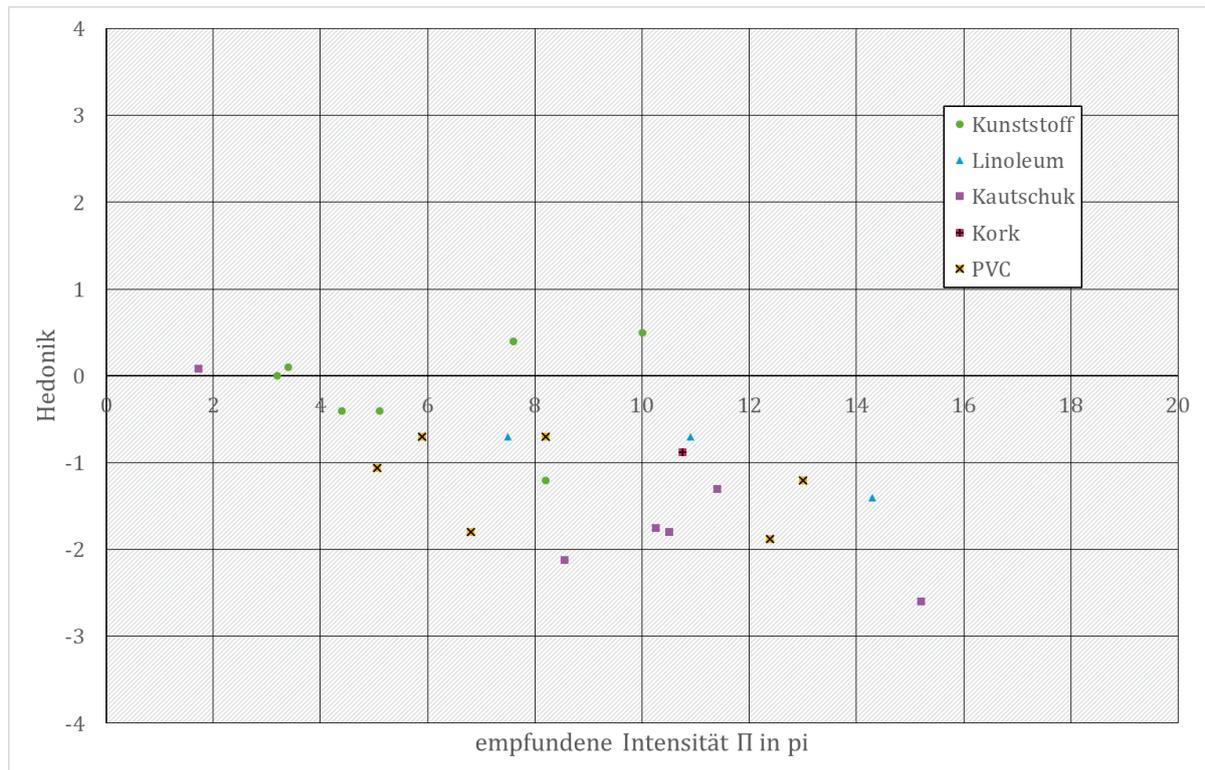
In Abbildung 19 wird der Zusammenhang zwischen der ermittelten empfundenen Intensität und der Hedonik mit den Werten aller Messtage dargestellt. Abbildung 20 stellt als Auszug nur die Werte des 28. Tages dar. Deutlich ist der erstmalig bei Müller (2011) dargestellte Zusammenhang, dass mit steigender Intensität die Hedonik von Bauprodukten immer unangenehmer wahrgenommen wird. Auch wird deutlich, dass die elastischen Bodenbeläge am häufigsten als unangenehm im Bereich bis -2 wahrgenommen werden. Bodenbeläge aus Kunststoff, die in Ihrer Intensität häufig niedrig und im mittleren Bereich der für Bauprodukte üblichen Intensitäten bewertet werden, erreichen häufig auch neutrale oder positive Bewertungen. PVC-Böden werden in diesem Intensitätsbereich in ihrer Hedonik ähnlich wie die Kunststoffböden wahrgenommen. Im Bereich hoher Intensitäten werden die Kautschukböden als am unangenehmsten wahrgenommen.

**Abbildung 19: Zusammenhang zwischen der empfundener Intensität und Hedonik elastischer Bodenbeläge an allen Messtagen**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Abbildung 20: Zusammenhang zwischen der empfundenen Intensität und Hedonik elastischer Bodenbeläge am 28. Messtag**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

#### 5.4.4 Auswertung nach Produktarten

Für die weitere Auswertung werden die elastischen Bodenbeläge in einzelne Produktarten unterteilt, die sich am Geltungsbereich der Vergabekriterien des Blauen Engels DE-UZ 120 orientieren (Kap. 3.2.1). Zusätzlich wird PVC untersucht. Es ergab sich die Untersuchung der Produktarten

- ▶ Kautschuk,
- ▶ Kunststoff,
- ▶ Linoleum,
- ▶ Kork und
- ▶ PVC.

Im Forschungsprojekt Müller (2019) - UBA-Texte 92/2019 - wurden weitere elastische Bodenbeläge untersucht. Die Ergebnisse der Messungen aus diesem Projekt sollen für eine vollständige Auswertung des sensorischen Verhaltens und der VOC-Emissionen ebenfalls berücksichtigt werden. Darüber hinaus werden Ergebnisse aus bisher unveröffentlichten sensorischen Messungen ergänzt. Tabelle 8 zeigt einen Überblick der im Projekt untersuchten Produkte und der bislang unveröffentlichten Messungen.

**Tabelle 8: Übersicht untersuchter elastischer Bodenbeläge im Luftqualitätslabor der HTW Berlin vor den Untersuchungen im Rahmen dieses Forschungsprojektes**

Produktnummer / Blauer Engel?	Produktart	VOC-Messung	Quelle		
HTW 16.003 	Linoleum	ja	Müller (2019): UBA-Texte 92/2019		
HTW 16.004 	Linoleum				
HTW 16.005 	Kautschuk				
HTW 16.006 	Kunststoff				
HTW 16.007 	Kautschuk				
HTW 16.008 	Kautschuk				
HTW 16.009 	Linoleum				
HTW 16.010 	Kunststoff				
HTW 16.011 	Kunststoff				
HTW 16.012 	Kunststoff				
HTW 16.013 	Linoleum				
HTW 16.014 	Linoleum				
HTW 16.015 	Kunststoff				
HTW 16.016 	PVC			nein	bislang unveröffentlicht
HTW 16.017 	Linoleum				
HTW 16.018 	Linoleum				
HTW 16.019 	Linoleum				
HTW 16.020 	Kautschuk				
HTW 16.021 	Kautschuk				

Abbildung 21 und Abbildung 22 zeigen die empfundene Intensität der elastischen Bodenbeläge eingeteilt nach Produktgruppen am 28. Messtag, also am Bewertungstag für das AgBB-Schema und den Blauen Engel. Einbezogen sind die in diesem Projekt untersuchten Bauprodukte und die

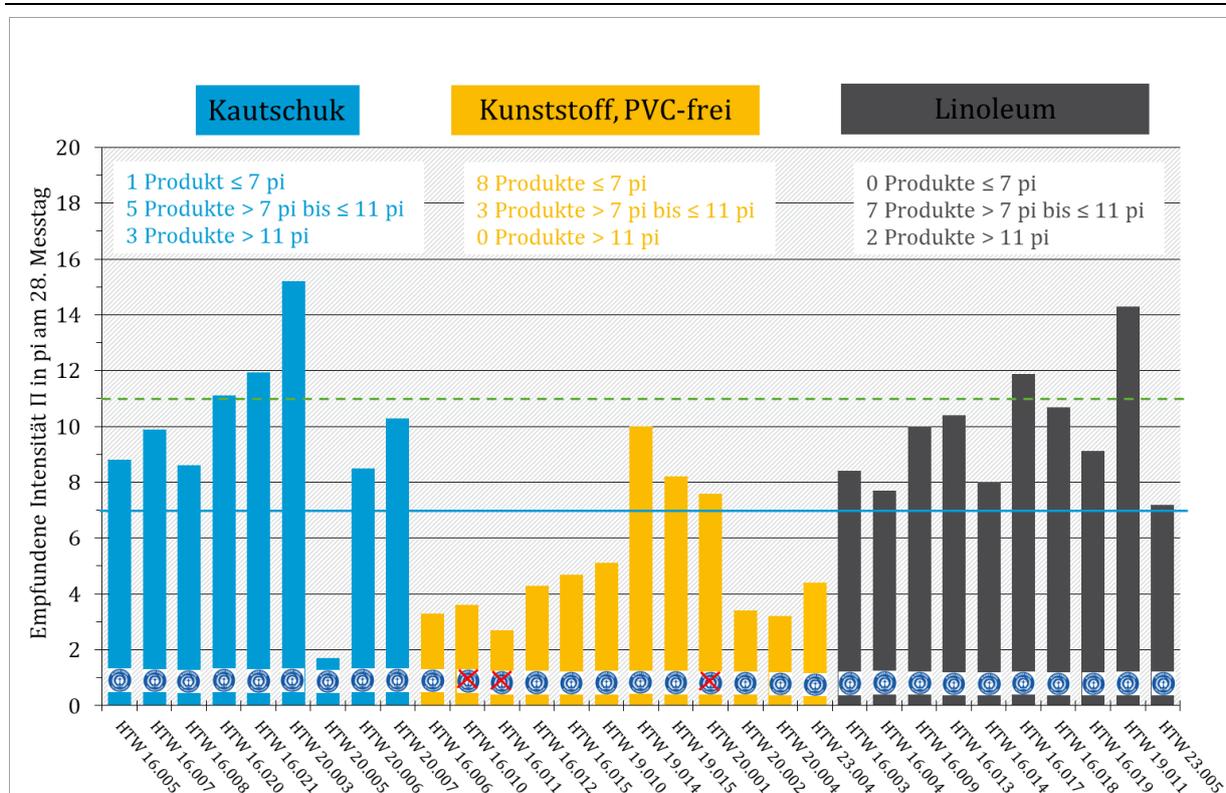
in Tabelle 8 aufgeführten. Um eine Orientierung für die Bewertung zu geben, sind der Bewertungsvorschlag des AgBB-Schemas UBA Texte 35/2011 (Müller, 2011) und der Prüfwert des AgBB und des Blauen Engels als Linien eingezeichnet. Die Erklärung der Linien wird in Kap. 5.4.1 dargestellt.

Bodenbeläge aus Kunststoff weisen die niedrigsten empfundenen Intensitäten auf. Nur 3 der 12 untersuchten Produkte würden eine sensorische Prüfung nach dem AgBB-Schema mit empfundenen Intensitäten zwischen etwa 8 und 11 pi nicht bestehen. Die Kautschuk- und Linoleumbeläge weisen hohe empfundene Intensitäten auf, die meist zwischen 8 und 11 pi liegen. Vereinzelt gibt es Produkte mit noch höheren Intensitäten am 28. Messtag. Nur ein Kautschukbelag hat mit einem Wert von etwa 2 pi eine sehr geringe empfundene Intensität. Auch ein Linoleumbelag weist mit 7,2 pi eine empfundene Intensität auf, mit der dieser fast bestanden hätte. Hier ergibt sich nach Rücksprache mit dem Hersteller, dass das Produkt speziell beschichtet ist, was der Hersteller nicht weiter spezifiziert.

Bei Produkten mit Bewertungen von 8 pi könnte gemäß den Vergabekriterien DE-UZ 128 für textile Bodenbeläge und DE-UZ 132 für Wärmedämmstoffe und Unterdecken eine Wiederholungsmessung am Folgetag, also am 29. Tag, durchgeführt werden. Dies wird im Rahmen des Projektes nicht gemacht. Die Wiederholungsprüfungen könnten geringere empfundene Intensitäten im Bereich  $\leq 7$  pi zeigen und damit die Anforderungen erfüllen.

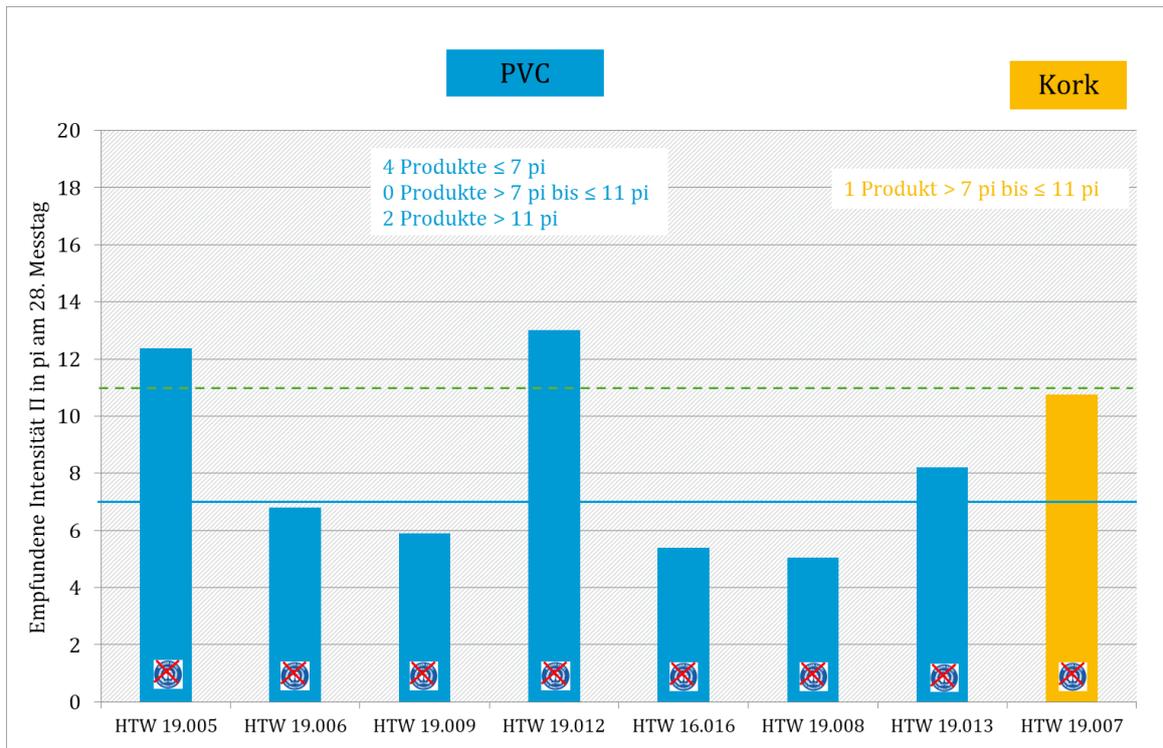
Die untersuchten Bodenbeläge aus PVC weisen interessanterweise niedrige Intensitäten unterhalb 7 pi auf oder hohe Intensität größer als 12 pi. Produkte im mittleren Bereich empfundener Intensitäten waren nicht dabei.

**Abbildung 21: Empfundene Intensität elastischer Bodenbeläge für die Produktarten Kautschuk, Kunststoff und Linoleum am 28. Messtag**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Abbildung 22: Empfundene Intensität elastischer Bodenbeläge für die Produktarten Kork und PVC am 28. Messtag**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

In Abbildung 23 und Abbildung 24 sind die VOC-Konzentrationen der elastischen Bodenbeläge am 28. Messtag nach Produktgruppen sortiert dargestellt.

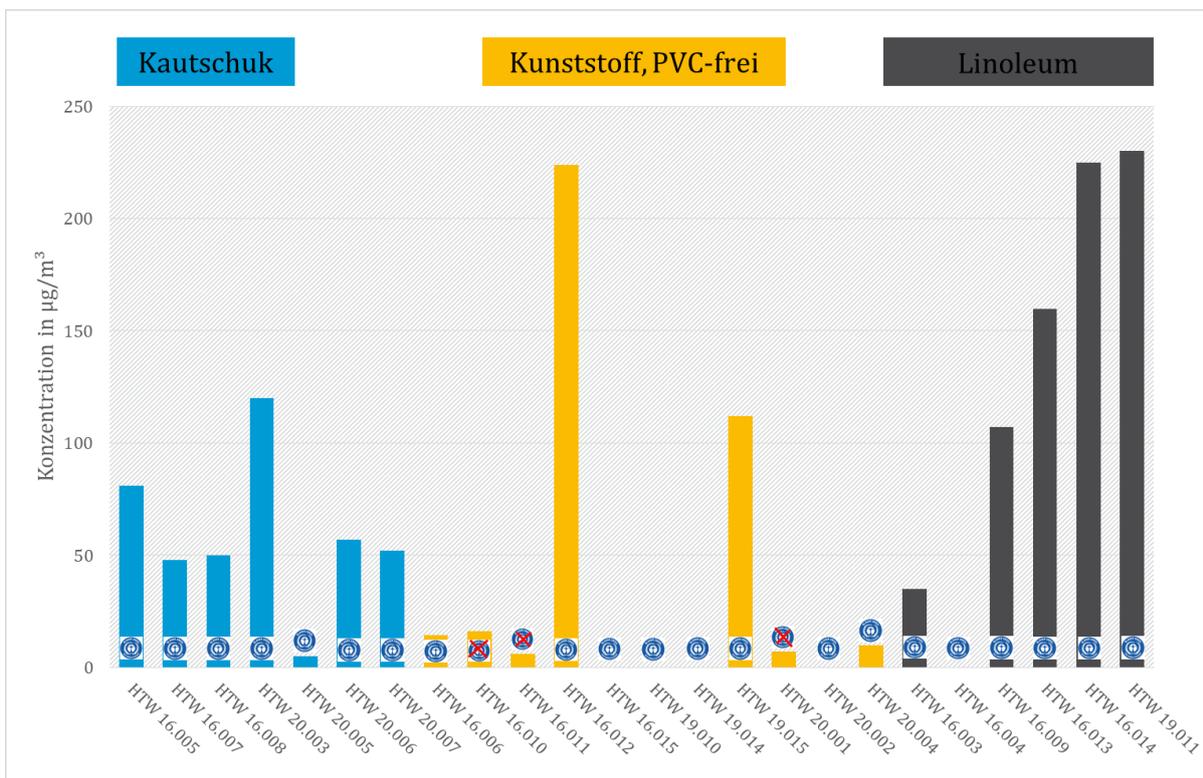
In Bezug auf die VOC-Emissionen zeigen vor allem die Bodenbeläge aus Kunststoff sehr geringe Emissionen, die von unterhalb der Bestimmungsgrenze bis hin zu  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  reichen. Hier handelte es sich im Wesentlichen um Produkte, die mit dem Blauen Engel ausgezeichnet sind.

Auch die Emissionen der PVC-Beläge sind gering, nur in zwei Fällen werden Konzentrationen von etwa  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erreicht. Dabei werden in einem Fall eher Aromaten gefunden und im anderen Fall hauptsächlich Ester und Benzoesäureester.

Bei den Untersuchungen von vier verschiedenen Bodenbelägen aus Kautschuk fiel auf, dass ein Produkt fast keine Emissionen oberhalb der Bestimmungsgrenzen aufwies. Typisch für Kautschuk ist die Emission der Verbindung Benzothiazol. Diese konnte bei drei Produkten in Höhe von  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nachgewiesen werden. Bei allen Kautschukbelägen werden als TVOC-Wert höchstens  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nachgewiesen.

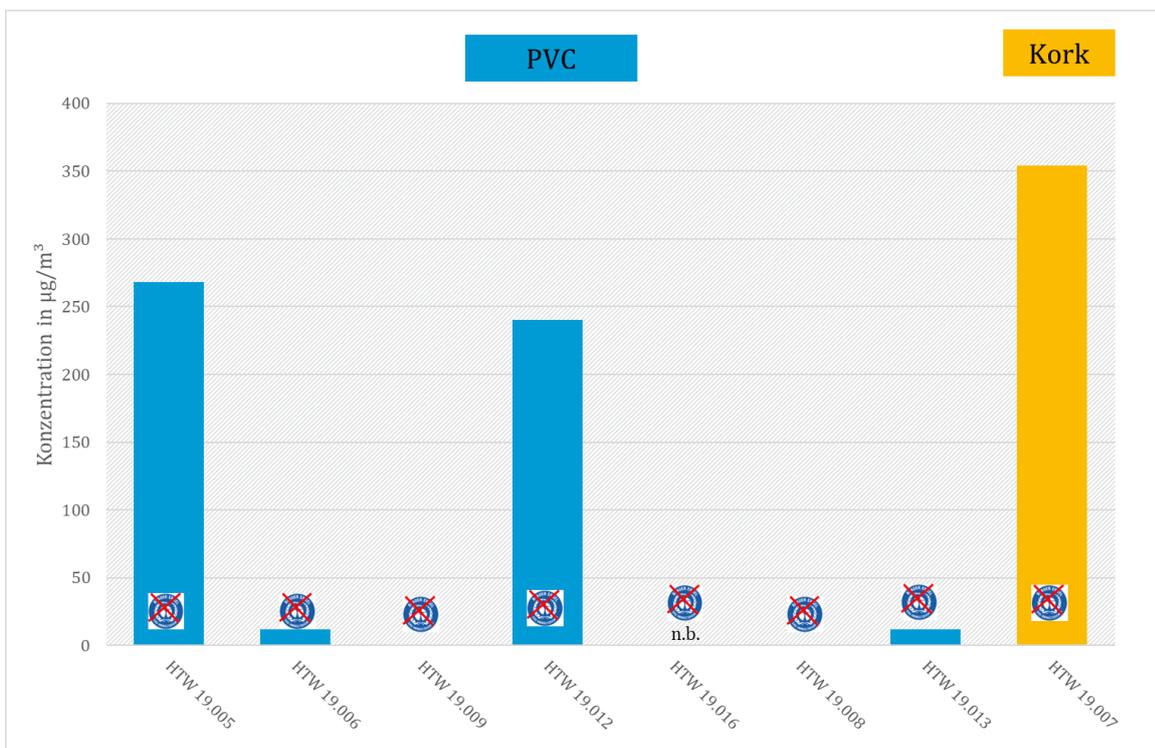
Die Emissionen der Linoleum-Muster zeigten alle die typischen Emissionen: Essigsäure, Hexanal, Hexansäure und entsprechende Komponenten. Das Muster HTW 19.011 wurde als einziges mit einer spezifischen Methode für Essigsäure untersucht, die anderen Muster könnten daher auch höhere Emission gehabt haben, da diese lediglich mit Tenax vermessen wurden. Tenax ist nicht gut geeignet für die sichere Quantifizierung von Essigsäure.

**Abbildung 23: Summen-VOC-Emissionen elastischer Bodenbeläge für die Produktarten Kautschuk, Kunststoff (PVC-frei) und Linoleum am 28. Messtag**



Quelle: eigene Darstellung, BAM

**Abbildung 24: Summen-VOC-Emissionen elastischer Bodenbeläge für die Produktarten PVC und Kork am 28. Messtag**



Quelle: eigene Darstellung, BAM

## 5.5 Diskussion

Ziel der Untersuchungen ist es, die Datenlage zum Geruchs- und Emissionsverhalten elastischer Bodenbeläge zu verbessern und zu prüfen, ob die Integration geruchsrelevanter Aspekte in die Vergabekriterien des Blauen Engels für elastische Bodenbeläge (DE-UZ 120) möglich ist. Dazu werden die Geruchsstoffemissionen einer repräsentativen Probenauswahl nach DIN ISO 16000-28 und parallel die VOC-Emissionen nach DIN ISO 16000-9 ermittelt.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der sensorischen Messungen elastischer Bodenbeläge, dass die empfundene Intensität kein Abklingverhalten über den Messzeitraum von 28 Tagen aufweist. Auch bei einer längeren Testung einiger Produkte von 12 Wochen, ist kein Abklingverhalten festzustellen. Die Ergebnisse der Messungen der VOC-Emissionen zeigen insgesamt, dass die gemessenen Produkte emissionsarm sind.

Die Geruchsintensität elastischer Bodenbeläge ist abhängig von der Art des Bodenbelages. Synthetisch hergestellte Kunststoffbeläge (nicht PVC-Produkte) weisen am 28. Messtag häufig geringe Geruchsintensitäten kleiner als 5 pi auf.

Es gibt Produkte, die einen Geruch aufweisen, obwohl keine oder nahezu keine VOC nachgewiesen werden können.

Linoleum- und Kautschukbeläge zeigen am 28. Messtag meist mittlere bis hohe empfundene Intensitäten ab 8 pi. Im Mittel liegen deren Bewertungen bei 10 bis 11 pi. Der Linoleumbelag HTW 23.005 mit einer empfundenen Intensität von 7,5 pi am 28. Messtag weist bei den Linoleumbelägen die niedrigste empfundene Intensität auf. Laut Hersteller verfügt der Belag über eine neuartige Art der Oberflächenbeschichtung. Dies könnte den Geruch von Linoleum insgesamt reduzieren. Eine Wiederholungsprüfung am Folgetag könnte helfen, Klarheit zu schaffen, ob das Produkt die Anforderungen an den Zielwert von 7 pi erfüllt.

Die Hedonik elastischer Bodenbeläge liegt meist zwischen 0 und -1, wobei vor allem Kautschukbeläge mit Werten für die Hedonik von etwa bis -2 als am unangenehmsten wahrgenommen werden.

Der einzige bewertete Korkboden weist eine Hedonik von etwa -1 und eine empfundene Intensität von 11 pi am 28. Messtag auf, was gemäß AgBB-Schema zu hoch für die Anwendung im Innenraum ist. Das Produkt wird im Baumarkt erworben und trägt keinen Blauen Engel. Die Messung des Belages ist daher keinesfalls repräsentativ für diese Produktart. Weitere Produkte, insbesondere solche mit Blauem Engel, sollten untersucht werden.

Bei den PVC-Belägen, die keinen Blauen Engel erhalten können, ist auffällig, dass viele Produkte eine geringe empfundene Intensität von  $\leq 7$  pi aufweisen. Es gibt aber auch Produkte im Bereich von 12 pi. Die Produkte weisen damit entweder hohe oder niedrige empfundene Intensitäten auf. Produkte im Bereich mittlerer Intensitäten werden nicht gefunden.

Die Messergebnisse, so wie sie in diesem Forschungsprojekt ermittelt werden, zeigen, dass eine verbindliche Einführung der Anforderung des AgBB-Beurteilungsmaßstabes von 7 pi beim Blauen Engel zum Ausschluss der Produktarten Linoleum und Kautschuk führen könnte. Es ist daher zu diskutieren, wie mit den Produkten weiter umgegangen werden kann, um zum einen den vollständigen Ausschluss von Produktarten zu vermeiden und zum anderen den Verbraucherinnen und Verbrauchern die Möglichkeit zu geben, anhand der Kriterien des Blauen Engels eine Auswahl auch hinsichtlich der Geruchsarmut zu treffen. Im Folgenden werden verschiedene Vorschläge für den weiteren Umgang mit der Geruchsprüfung und -bewertung aufgelistet, die im Rahmen der Projektbesprechungen diskutiert werden. Im Rahmen von

Herstellergesprächen und Expertenanhörungen zur Anpassung der Vergabekriterien der DE-UZ 120, sollten die Anforderungen an den Geruch nun geprüft werden.

In der aktuellen Vergabegrundlage ist die Geruchsprüfung bislang nicht verankert. Folgende Möglichkeiten bestehen theoretisch bei einer Überarbeitung.

#### **Vorschläge für die Einführung von Anforderungen an die Geruchsprüfung elastischer Bodenbeläge gemäß DIN ISO 16000-28 beim Blauen Engel DE-UZ 120**

1. Weiterhin vollständiger Verzicht auf die Einführung einer Geruchsprüfung.
2. Einführung einer verbindlichen Geruchsprüfung ohne Anforderungen an den zu erreichenden Zielwert der empfundenen Intensität zu stellen. Die Ergebnisse der Geruchsprüfung nach 28 Tagen sind anzugeben.
3. Einführung einer verbindlichen Geruchsprüfung mit der Anforderung an den zu erreichenden Zielwert der empfundenen Intensität von 7 pi am 28. Tag nach Beladung. Wie in den Vergabekriterien der DE-UZ 128 für textile Bodenbeläge sollte ein Abbruch der Messung am 7. Tag nach Beladung möglich sein, wenn der Zielwert bereits erreicht wird. Auch die Möglichkeit der Wiederholungsprüfung am 29. Tag sollte bestehen, falls am 28. Tag ein Ergebnis von 8 pi erreicht wird. In der Wiederholungsprüfung sollte dann eine Intensität von höchstens 7 pi erreicht werden.
4. Anforderung wie 3., wobei jedoch auch solche Produkte den Blauen Engel erhalten können, die den Zielwert verfehlen. Diese Produkte dürfen dann nicht mit dem Begriff geruchsarm bezeichnet und beworben werden.
5. Einführung einer verbindlichen Geruchsprüfung mit unterschiedlichen Anforderungen an die unterschiedlichen Produktgruppen, z. B. höhere Werte für die empfundene Intensität für Kautschuk und Linoleum (z. B. 11 pi).
6. Kautschuk und Linoleum aus dem Geltungsbereich der DE-UZ 120 nehmen und Schaffung neuer Vergabekriterien. Begründet werden könnte dies mit einer Anwendung eher im Objektbereich statt im privaten Bereich.

Aus Sicht des Forschungsnehmers wird Variante 4 favorisiert, wobei eine begrenzte Zeit (z. B. über Laufzeit der Vergabekriterien von zwei Jahren) vorgesehen werden sollte, um dann die verbindliche Geruchsprüfung nach Variante 3 umzusetzen. Folgende Gründe unterstützen diese Schlussfolgerung:

- ▶ Variante 1 kommt nicht in Frage, da geruchsarme Produkte die Gesundheit schützen und den Betrieb energieeffizienter Gebäude ermöglichen (Kap. 1).
- ▶ Variante 2 wird verworfen, da die Angabe eines Zielwertes der sensorischen Messung unabdingbar ist, um die Zielsetzung der Untersuchung klar zu definieren und Unsicherheiten bei der Interpretation der Ergebnisse auszuräumen.
- ▶ Aufgrund der großen Anzahl an Produkten, welche die Geruchsprüfung nicht bestehen, wird die Variante 3 als derzeit zu streng betrachtet.
- ▶ Die Geruchsprüfung sollte, wie Variante 4 beschreibt, verbindlich eingeführt werden, um die Kenntnis über den Geruch der Produkte zu erhöhen und so die Datenbasis zu erweitern. Eine verbindliche Geruchsprüfung erhöht die Aufmerksamkeit für das Thema und kann bereits

ohne die Einhaltung eines vorgegebenen Zielwertes zu einer Reduktion von Gerüchen führen, weil herstellende Betriebe ihre Produkte dahingehend optimieren können. Bei der Beantragung des Blauen Engels sollten Prüfprotokolle der Geruchsmessungen immer mit eingereicht werden und eine Auswertung durch ein Forschungsinstitut ermöglicht werden. Nach einer Probephase für die erste Laufzeit der Vergabekriterien (z. B. zwei Jahre), ist die Einführung von Variante 3 zu prüfen.

- ▶ Die Variante 4 betont, dass der Zielwert von 7 pi angestrebt werden sollte. Die Produktgruppe der Kunststoffbeläge zeigt, dass dies auch möglich ist. Die Ergebnisse in Kap. 7 dieses Forschungsvorhabens zeigen wiederholt, dass bei höheren empfundenen Intensitäten mehr als 30 % einer großen Personengruppe den Geruch als unzumutbar empfinden. Aus Sicht des AgBBs ist dies nicht gewünscht. Die Einführung eines Zielwertes oberhalb von 7 pi wird aus diesem Grund ebenfalls nicht als zielführend angesehen (Variante 5).
- ▶ Die Produktarten Kautschuk und Linoleum sollen durch eine Geruchsprüfung nicht ausgeschlossen werden. Wenn sie mit dem Blauen Engel ausgezeichnet sind, erfüllen sie neben eventuellen Anforderungen an den Geruch weitere wichtige Kriterien, die den Schutz von Umwelt und Gesundheit fördern. Sie sind z. B. emissionsarm, werden hinsichtlich der eingesetzten Rezyklatmaterialien streng reguliert und enthalten keine gefährlichen Stoffe (wie krebserregende oder wassergefährdende), sowie umwelt- und gesundheitsschädliche Phthalate und Flammschutzmittel.
- ▶ Die Auftrennung der Vergabekriterien (Variante 6) wird als nicht zielführend erachtet. Der Anwendungsbereich kann nicht nach Objektbereich und privatem Bereich unterschieden werden. Kunststoffbeläge werden in beiden Bereichen verwendet. Aus Gesprächen mit den herstellenden Betrieben gibt es zwar Hinweise darauf, dass Kautschuk fast ausschließlich im Objektbereich verwendet wird und auch die Verwendung von Linoleum ist im privaten Bereich rückläufig. Eine klare Aufteilung ist jedoch nicht möglich. Hinzu kommt, dass eine Anwendung im Objektbereich nicht heißt, dass sich die Personen dort nur in ihrem Arbeitsumfeld aufhalten und damit Arbeitsplatzgrenzwerte einzuhalten sind. Im Objektbereich halten sich auch besonders schutzbedürftige Personengruppen auf, z. B. in Kindergärten und Krankenhäusern.

## 6 Untersuchungen holzbasierter Produkte

Zur Erfüllung des ersten Arbeitspaketes dieses Projekts werden nach den elastischen Bodenbelägen holzbasierte Produkte sensorisch und in Bezug auf ihre VOC-Emissionen untersucht. Ziel sollte es auch hier sein zu prüfen, wie die sensorischen Eigenschaften holzbasierter Produkte beschrieben werden können und, aufbauend auf den Ergebnissen, welche Vorschläge an sensorische Anforderungen im Rahmen der Vergabe des Blauen Engels gegeben werden können. Dieses Kapitel beschreibt die Beschaffung und Auswahl der Proben (Kap. 6.1), die Durchführung der sensorischen Messungen (Kap. 6.2) und der VOC-Messungen (Kap. 6.3), die Ergebnisse und deren Interpretation (Kap. 6.4) und die Diskussion der Untersuchungen (Kap. 6.5). Der zu Beginn des Kap. 5 in Abbildung 10 dargestellte Ablauf der Arbeitsschritte bei den Messungen gilt auch für den Ablauf der Messungen bei holzbasierten Produkten. Abweichend davon konnten die sensorischen Messungen und VOC-Messungen bei der HTW Berlin und bei der BAM nicht gleichzeitig stattfinden. Aufgrund der Covid-Pandemie konnten für die Dauer von etwa einem Jahr keine sensorischen Messungen durchgeführt werden. Die Proben wurden gemäß DIN ISO 16000-11 vorbereitet, in Aluminiumverbundfolie luftdicht verpackt und zum Schutz vor Hitze und Licht im Keller gelagert.

### 6.1 Auswahl der Proben

Zu Beginn wird gemeinsam mit dem Umweltbundesamt eine Auswahl an Proben getroffen, die die Produktgruppe des Blauen Engels für holzbasierte Produkte (DE-UZ 176) repräsentieren sollten.

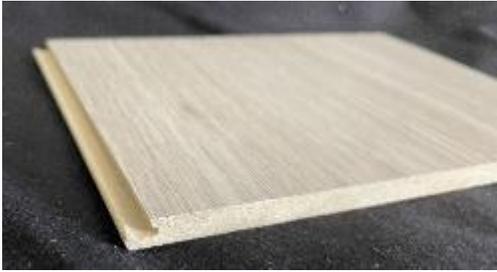
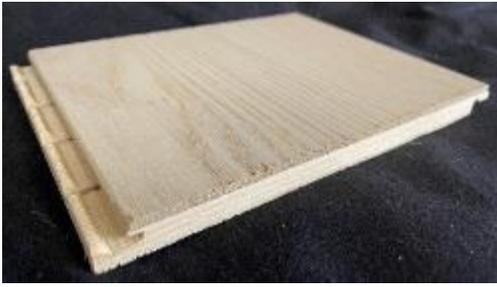
Einen Überblick zu den untersuchten Produkten zeigt Tabelle 9. Mit Hilfe der Produktnummern, wird eine anonymisierte Zuordnung der Produkte innerhalb des Berichtes ermöglicht, wobei die zweistellige Zahl vor dem Punkt auf das Jahr der Untersuchung schließen lässt. Alle Produkte tragen den Blauen Engel und werden von den Herstellern zur Verfügung gestellt.

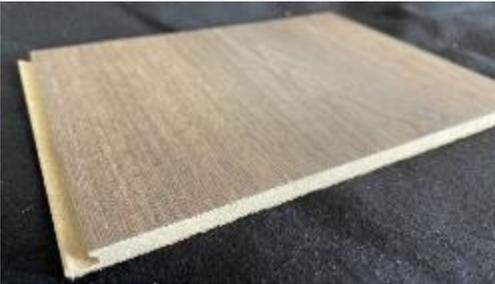
Die Nennung der Produktart erlaubt abhängig vom Material eine Einordnung in eine Untergruppe der holzbasierten Produkte, was für die spätere Auswertung der Messergebnisse interessant und hilfreich ist. Insgesamt werden drei Arten von Bodenbelägen untersucht: Lamine, Parkette und Furnierböden, sowie ein Wand- und Deckenpaneel.

Die Informationen zur Produktbeschreibung und zur empfohlenen Verlegeart konnten den jeweiligen Produktdatenblättern entnommen werden.

Zum Zwecke der Anonymisierung werden die Hersteller nicht benannt. Sie werden jedoch nummeriert, so dass die Produkte eines Herstellers jeweils erkennbar sind. Insgesamt haben sieben Hersteller für die Produktgruppe elastischer Bodenbeläge Proben zur Verfügung gestellt.

**Tabelle 9: Überblick zu den untersuchten holzbasierten Produkten**

Produktnummer / Blauer Engel?	Produktart	Foto mit Darstellung der Schnittfläche	Beschreibung	Art der Verlegung	Herkunft der Probe
HTW 21.001 	Laminat		mehrschichtiges Produkt, Melaminharz mit Dekorpapier in Holzporenoptik auf hochdichter Faserplatte	Dielen	Hersteller 8
HTW 21.002 	Design		mehrschichtiges Produkt, mit integrierter Kork-Wärmedämmung auf hochdichter Faserplatte	Dielen	Hersteller 8
HTW 21.003 	Parkett		mehrschichtiges Produkt, versiegelte Holznutzschicht auf Massivholzstäbchenplatte mit Nadelholzfurnier auf Unterseite	Dielen	Hersteller 9

Produktnummer / Blauer Engel?	Produktart	Foto mit Darstellung der Schnittfläche	Beschreibung	Art der Verlegung	Herkunft der Probe
HTW 21. 004  	Design		mehrschichtiges Produkt, mit integrierter Kork-Wärmedämmung auf hochdichter Faserplatte	Dielen	Hersteller 8
HTW 21.005  	Laminat		mehrschichtiges Produkt, Melaminharz mit Dekorpapier in Holzporenoptik auf hochdichter Faserplatte	Dielen	Hersteller 9
HTW 21.006  	Parkett		mehrschichtiges Produkt, versiegelte Holznutzschicht auf Massivholzstäbchenplatte aus Nadelholz	Dielen	Hersteller 10

Produktnummer / Blauer Engel?	Produktart	Foto mit Darstellung der Schnittfläche	Beschreibung	Art der Verlegung	Herkunft der Probe
HTW 22.001  	Design		mehrschichtiges Produkt, mit integrierter Kork-Wärmedämmung auf PVC-freier PE-Platte	Dielen	Hersteller 9
HTW 22.002  	Parkett		mehrschichtiges Produkt, versiegelte Holznutzschicht auf Massivholzstäbchenplatte	Dielen	Hersteller 10
HTW 22.003  	Wandpanel		Feinputzoberfläche auf hochdichter Faserplatte	Platte	Hersteller 11

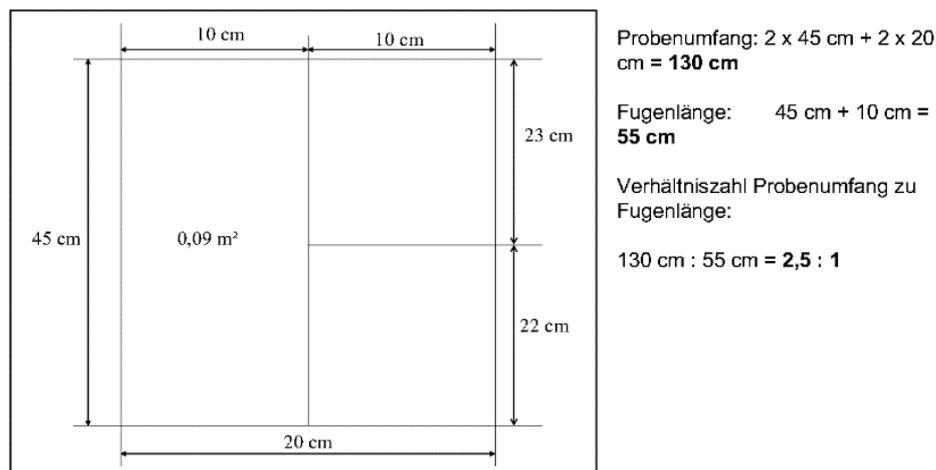
## 6.2 Durchführung der sensorischen Untersuchungen

Die Durchführung der sensorischen Untersuchungen erfolgt wie bei der Untersuchung der elastischen Bodenbeläge (Kap. 5.2).

Für die Produktart des Wand- und Deckenpanels ist gemäß DIN EN 16516 eine andere Beladung  $L$  von  $1,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$  vorgegeben (Kap. 5.2). Bei der vorgegebenen Luftwechselrate  $n$  von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  ergibt sich für die Untersuchung des Produktes eine flächenspezifische Luftwechselrate  $q$  von  $0,28 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Um eine direkte Bewertung an der CLIMPAQ bei einem Luftvolumenstrom am Trichter von  $0,9 \text{ l/s}$  zu erreichen, ergäbe sich daraus eine sehr große Fläche für eine Probe, die jedoch nicht in die in der HTW Berlin verfügbare größte CLIMPAQ von  $240 \text{ l}$  passen würde. Um die flächenspezifische Durchflussrate einzuhalten, werden der Luftwechsel und der Volumenstrom auf  $0,3 \text{ l/s}$  reduziert. Die Luftprobe wird dann mit einem Probenbehälter (Nalophan©) mithilfe des Probenpräsentationssystems „AirProbe“ dargeboten (Müller, 2016). Für Vergleichsmessungen und zu Forschungszwecken wird an den Messtagen 3 und 7 dennoch eine direkte Beurteilung durchgeführt, indem der Volumenstrom nur für den Zeitpunkt der Messung auf  $0,9 \text{ l/s}$  erhöht wird.

Bei der Vorbereitung der Proben müssen die Fugen der holzbasierten Bodenbeläge und des Wand- und Deckenpanels berücksichtigt werden. Gemäß dem Laborhandbuch des Deutschen Institutes für Bautechnik (DIBt, 2015) muss bei der Beladung von Prüfkammern mit starren Bodenbelägen der Fugenteil beachtet werden. In der empfohlenen Standardanordnung, die in Abbildung 25 dargestellt ist, muss das Verhältnis von Probenumfang zu Fugenlänge  $2,5:1$  betragen. Der Zuschnitt der holzbasierten Bodenbeläge erfolgt entsprechend. Abbildung 26 zeigt ein Probestück, das für die Messung vorbereitet wird. Der Fugenteil wird beachtet, jeweils zwei Proben werden Rücken an Rücken gefügt und die Schnittflächen werden vollständig mit Aluminiumklebeband abgeklebt.

**Abbildung 25: Empfohlene Standardanordnung für die Einhaltung des Fugenteils bei starren Bodenbelägen**



Quelle: DIBt, 2015

**Abbildung 26: Produktprobe eines holzbasierten Bodenbelages mit Fugenanteilen nach dem Zuschneiden und Abkleben**

---



Quelle: HTW Berlin

Die Durchführung der Untersuchungen erfolgte zusammengefasst wie folgt:

- ▶ Volumen  $V$  der Emissionsprüfkammer (CLIMPAQ): 40 l, 120 l, 240 l
- ▶ Flächenspezifische Luftdurchflussrate  $q$ :  $1,25 \text{ m}^3 / (\text{h m}^2)$  für Bodenbeläge;  $0,28 \text{ m}^3 / (\text{h m}^2)$  für das Wand- und Deckenpanel
- ▶ Luftumströmte Fläche  $A$ :  $2,6 \text{ m}^2$ ;  $3,8 \text{ m}^2$  für das Wand- und Deckenpanel
- ▶ Volumenstrom:  $0,9 \text{ l/s}$ ;  $0,3 \text{ l/s}$  für das Wand- und Deckenpanel
- ▶ Probendarbietung: direkte Prüfung an einem Trichter am Ausgangsstutzen der CLIMPAQ; Bewertung mit Probenbehälter beim Wand- und Deckenpanel
- ▶ Olfaktorische Bewertung an folgenden Messtagen nach Beladung: 3, 7, 14, 28

### 6.3 VOC-Messungen

Die VOC-Messungen erfolgen wie bei den elastischen Bodenbelägen (Kap. 5.3). Die Beladung der Kammer mit dem Wand- und Deckenpanel wird auf  $1,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$  angepasst.

Der gemäß Laborhandbuch des DIBt (2015) vorgegebene Fugenanteil wird auch bei der Vorbereitung dieser Proben beachtet (Abbildung 25).

### 6.4 Ergebnisse und Interpretation

#### 6.4.1 Ergebnisse der Untersuchungen

Anhang B zeigt die Ergebnisse der sensorischen Untersuchungen und Ermittlungen der VOC-Emissionen jeder einzelnen Untersuchung der in Tabelle 9 aufgeführten Proben. Die im Anhang

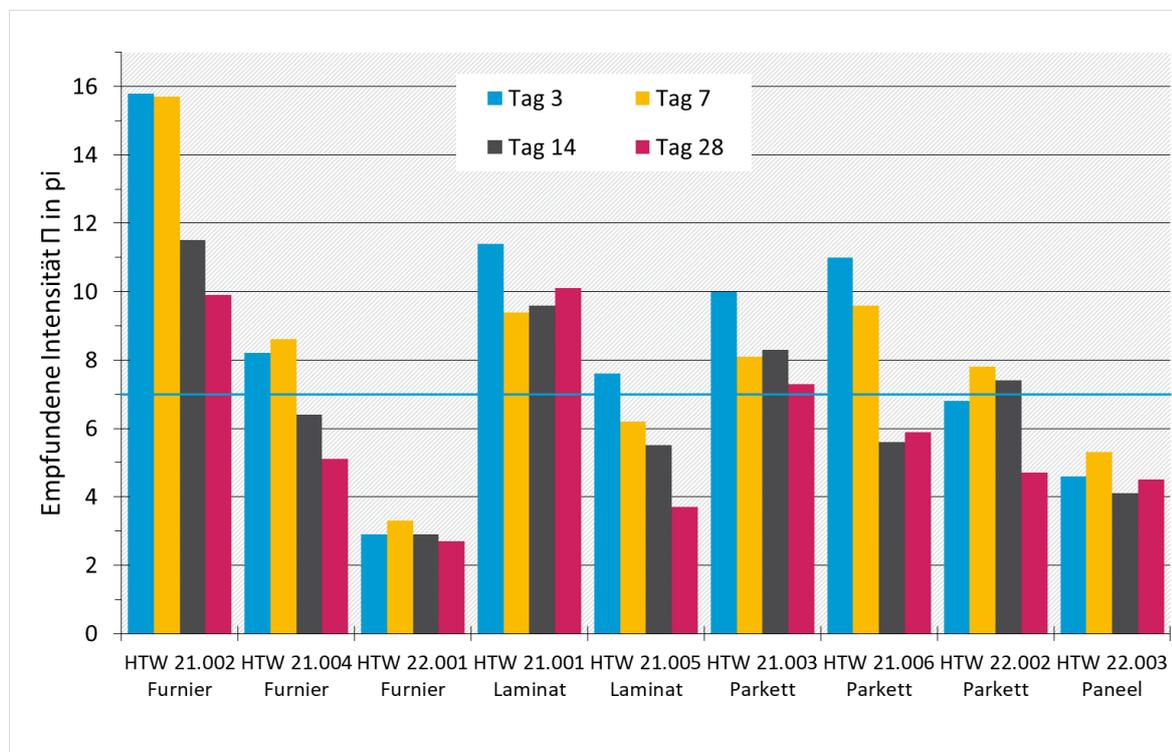
dargestellten Abbildungen und Tabellen sind analog der Auswertung der elastischen Bodenbeläge gestaltet und sind in Kap. 5.4.1 beschrieben.

### 6.4.2 Sensorisches Abklingverhalten

In Abbildung 27 werden die Ergebnisse der empfundenen Intensitäten der holzbasierten Produkte an allen vier Messtagen dargestellt. Die Produkte wurden gleich nach der Art der Produkte sortiert (anders als bei der Auswertung der elastischen Bodenbeläge), da in der Produktgruppe der holzbasierten Produkte weniger Produkt untersucht wurden und mithilfe der Abbildung gleichzeitig eine Auswertung nach Produktarten (Kap. 0) erfolgen kann. Der Zielwert des AgBB-Schemas und des Blauen Engels von 7 pi wird als blaue Linie eingezeichnet. Die Furnierböden werden im Diagramm kurz „Furnier“ genannt und das Wand- und Deckenpaneel wird als „Paneel“ bezeichnet.

In Tabelle 10 wird zur Verdeutlichung des Abklingverhaltens auch die Differenz der empfundenen Intensität zwischen dem 3. und dem 28. Messtag gezeigt.

**Abbildung 27: Empfundene Intensität der holzbasierten Produkte an allen Messtagen**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Bei 5 der 9 untersuchten Produkte zeigt sich ein deutliches Abklingverhalten von über 2 pi. Darunter sind Produkte aller Produktarten der Bodenbeläge: 2 Furnierböden, 1 Laminat und 3 Parkette. Zwei Produkte ohne Abklingverhalten (HTW 22.001 und HTW 22.003) weisen von Anfang an sehr geringe empfundene Intensitäten auf.

**Tabelle 10: Vergleich der Messung der empfundenen Intensität holzbasierter Produkte am 3. und 28. Messtag**

Produktnummer	Produktart	empfundene Intensität in pi am		Differenz der empfundenen Intensität
		3. Tag	28. Tag	
HTW 21.002	Furnierboden	15,8	9,9	-5,9
HTW 21.004	Furnierboden	8,2	5,1	-3,1
HTW 22.001	Furnierboden	2,9	2,7	-0,2
HTW 21.001	Laminat	11,4	10,1	-1,3
HTW 21.005	Laminat	7,6	3,7	-3,9
HTW 21.003	Parkett	10,0	7,3	-2,7
HTW 21.006	Parkett	11,0	5,9	-5,1
HTW 22.002	Parkett	6,8	4,7	-2,1
HTW 22.003	Wand- und Deckenpaneel	4,6	4,5	-0,1

### 6.4.3 Zusammenhang zwischen empfundener Intensität und Hedonik

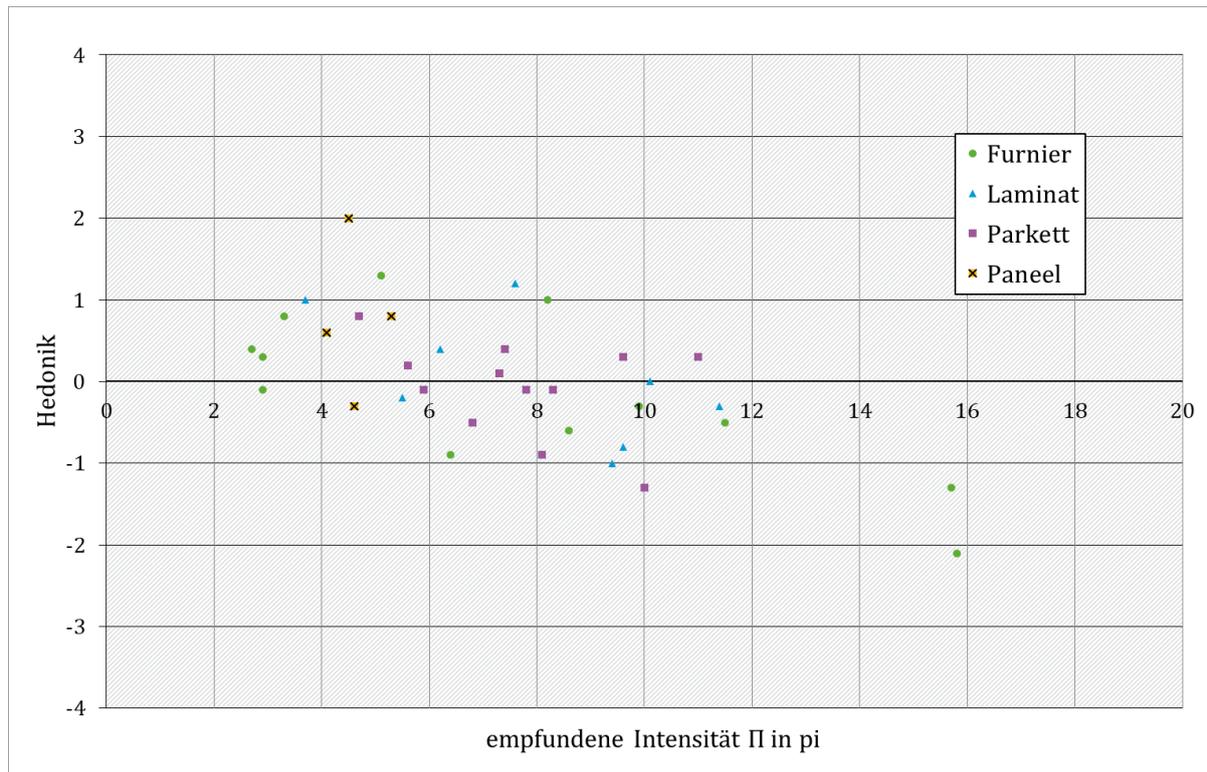
In Abbildung 28 wird der Zusammenhang zwischen der ermittelten empfundenen Intensität und der Hedonik mit den Werten aller Messtage der Holzprodukte dargestellt. Abbildung 29 stellt als Auszug nur die Werte des 28. Tages dar. Wie bei den elastischen Bodenbelägen zeigt sich auch hier der erstmalig bei Müller (2011) dargestellte Zusammenhang, dass mit steigender Intensität die Hedonik von Bauprodukten immer unangenehmer wahrgenommen wird.

Im Vergleich zu anderen Bauprodukten, die in ihrer Hedonik oft negativ wahrgenommen werden, werden Holzprodukte häufig positiv bewertet. Etwa die Hälfte aller Bewertungen erreichen eine positive Hedonik. Mit Blick auf den 28. Messtag, an dem viele Holzprodukte geringe Intensitäten aufweisen, da diese abgeklungen ist, erreichen alle Bauprodukte eine positive bis neutrale Bewertung. Selbst die unangenehmste Bewertung von -0,3 ist noch als neutral zu bewerten.

Die angenehme Hedonik der Produkte kann auf die Bewertung der empfundenen Intensität insofern einen Einfluss haben, dass die Produkte aufgrund ihrer angenehmen Hedonik weniger streng von den Prüfenden bewertet werden und damit geringere Werte der empfundenen Intensität erreichen. Untersuchungen dahingehend erfolgen auch in der an dieses Forschungsvorhaben angeknüpften Dissertation „Sensorische Prüfung von Bauprodukten - Weiterentwicklung der Probendarbietung und Vereinfachung des Messverfahrens“ (Brandt, im Druck).

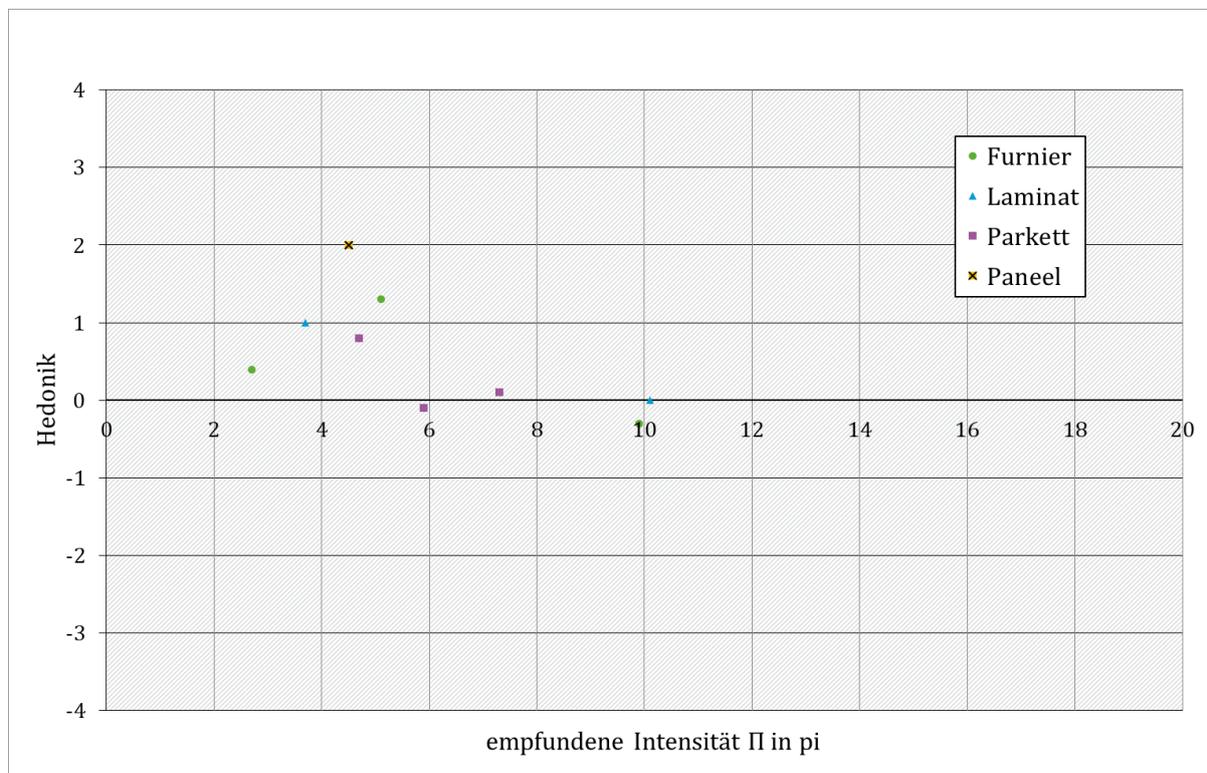
Die positive Hedonik der Holzprodukte und ihr Einfluss auf die Bewertung der empfundenen Intensität sollten in jedem Fall Bestandteil weiterer Forschungsarbeiten sein und weiter untersucht werden.

**Abbildung 28: Zusammenhang zwischen empfundener Intensität und Hedonik holzbasierter Produkte an allen Messtagen**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Abbildung 29: Zusammenhang zwischen empfundener Intensität und Hedonik holzbasierter Produkte am 28. Messtag**



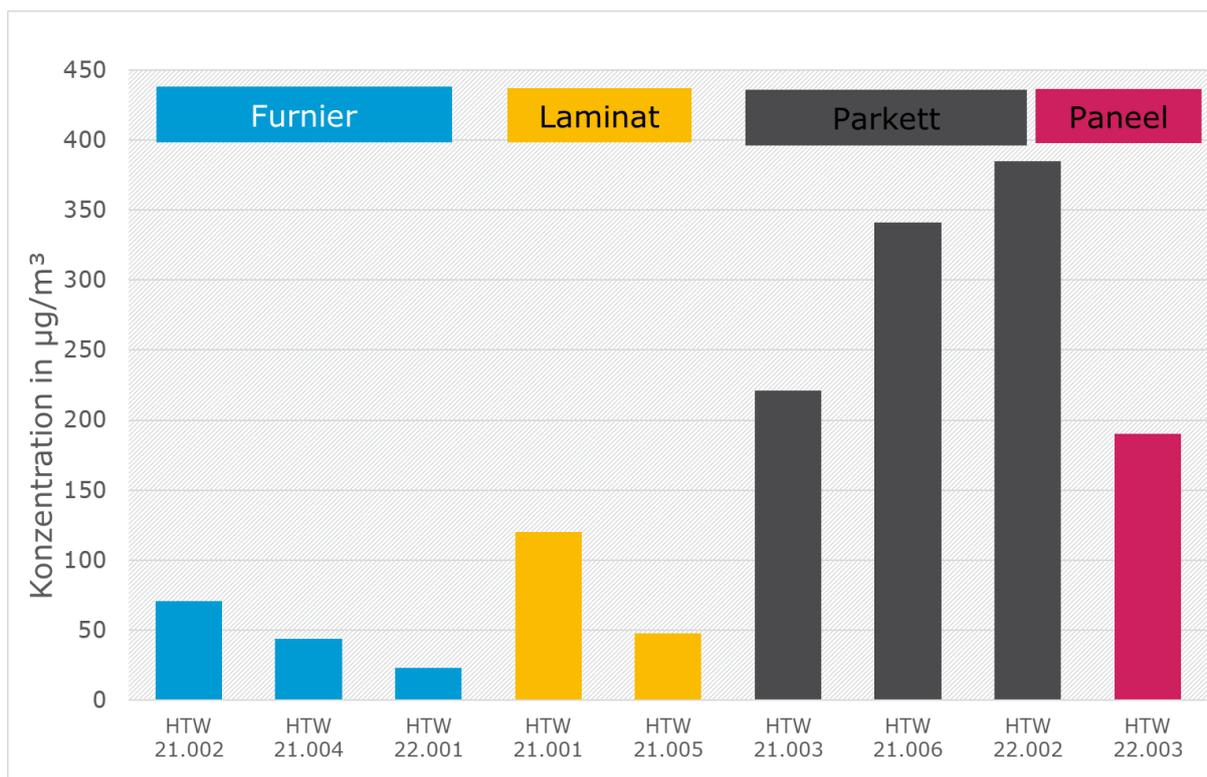
Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

#### 6.4.4 Auswertung nach Produktarten

In Bezug auf die Produktarten gibt es keine auffälligen Unterschiede (Abbildung 27). Es gibt bei jeder Produktart (Furnier, Laminat, Parkett) Produkte mit höheren und niedrigeren Intensitäten. Auch die Hedonikbewertung zeigt keinen Zusammenhang zur Produktart. Als allgemeingültige Aussage wird dies zwar nicht betrachtet, da von jeder Produktart nur wenige Produkte untersucht wurden. Allerdings wird davon ausgegangen, dass auch die Untersuchung von weitaus mehr Produkten jeder Produktart keine spezifischen Zusammenhänge zeigen würde, denn die Produktarten haben keine klare Abgrenzung gegeneinander. Sie sind in ihrem Aufbau und ihrer Beschichtung häufig sehr ähnlich und werden nur anders benannt.

Auch bei dieser Produktgruppe Holz und Holzwerkstoffe werden insgesamt keine besonders auffällig hohen VOC Konzentrationen gefunden. Wo würden die Produkte die Anforderungen nach dem AgBB-Schema und dem Blauen Engel einhalten, wenn ein möglicher Messfehler berücksichtigt wird. Die Werte für den TVOC oder Summe VOC ohne NIK werden von zwei Produkten aus diesem Bereich leicht überschritten. Einen großen Anteil daran hat die Tatsache, dass die Ameisen- und Essigsäure mit einer spezifischen Methode gemessen werden (Kap. 3.5.3). Daraus resultierten vor allem für Essigsäure höhere Konzentrationen als üblicherweise mit der TENAX®-Methode ermittelt werden. Einige Aldehyde und auch Terpene sind nachweisbar, was aber bei holzbasierten Produkten auch zu erwarten ist.

**Abbildung 30: Summen-VOC-Emissionen holzbasierter Produkte**



Quelle: eigene Darstellung, BAM

## 6.5 Diskussion

Im Forschungsprojekt werden 9 Holzprodukte mit dem Blauen Engel untersucht, von denen 6 am 28. Messtag eine empfundene Intensität von weniger als 7 pi ausweisen. Ein weiteres Produkt hat eine empfundene Intensität von 7,3 pi am 28. Messtag. Damit halten die meisten untersuchten Holzprodukte mit dem Blauen Engel die Anforderungen ein, nach 28 Tagen eine empfundene Intensität von höchstens 7 pi aufzuweisen. Die Einführung einer verbindlichen Geruchsprüfung in die Vergabekriterien des DE-UZ 176 wäre damit unkritisch.

Es wird empfohlen eine verbindliche Geruchsprüfung beim DE-UZ 176 einzuführen. Die Anforderung an den zu erreichenden Zielwert der empfundenen Intensität sollte 7 pi am 28. Tag nach Beladung betragen. Wie in den Vergabekriterien der DE-UZ 128 für textile Bodenbeläge kann ein Abbruch der Messung am 7. Tag nach Beladung ermöglicht werden, wenn der Zielwert bereits erreicht wird. Auch die Möglichkeit der Wiederholungsprüfung am 29. Tag sollte bestehen, falls am 28. Tag ein Ergebnis von 8 pi erreicht wird. In der Wiederholungsprüfung sollte dann eine Intensität von höchstens 7 pi erreicht werden.

## 7 Untersuchungen zur Zumutbarkeit

Im Projekt soll die vorläufig festgelegte Zumutbarkeitsschwelle für die Zulassung von Bauprodukten für den Blauen Engel bzw. für das AgBB-Schema von 7 pi überprüft werden. Dazu werden parallele Untersuchungen mit einer geschulten kleinen Prüfergruppe und einer ungeschulten großen Prüfergruppe durchgeführt. Ziel ist es, mit den Ergebnissen Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Zumutbarkeit und der empfundenen Intensität zu ermitteln. Die weiteren sensorischen Eigenschaften Hedonik und Akzeptanz werden ebenfalls gemessen, um Zusammenhänge festzustellen.

Die geschulte Prüfergruppe von etwa 8 – 12 Personen wird zur Ermittlung der empfundenen Intensität und Hedonik herangezogen, während die ungeschulte, große Prüfergruppe von bis zu 40 Personen für die Messung der Akzeptanz, der Zumutbarkeit und ebenfalls der Hedonik befragt wird.

Das bedeutet jedoch einen erhöhten Arbeits- und Planungsaufwand, da zusätzlich die ungeschulte Prüfergruppe für die Messungen eingeplant werden muss. Der Arbeits- und Planungsaufwand zu Beginn des Projektes war aufgrund der Beschaffung der Produkte und der Notwendigkeit, die Messungen schnell zu starten und so eine möglichst kurze Lagerzeit zu erreichen, besonders hoch. Daher werden die Messungen nicht gemeinsam mit dem Arbeitspaket 1 (Kap. 5 und 6) durchgeführt. Hinzu kam die Covid-Pandemie, die zunächst wegen der Schließung der Hochschule keine Messungen zuließ und dann bei angepasster Organisation zwar Messungen mit der geschulten kleinen Prüfergruppe zuließ, jedoch wegen der großen Einschränkungen nicht mit großen Prüfergruppen.

Für die Durchführung der Messungen in diesem Kapitel mit der geschulten und der ungeschulten Gruppe werden also in Arbeitspaket 1 untersuchte Produkte verwendet und erneut beurteilt. Diese waren zwischenzeitlich in luftdichter, emissionsarmer Aluminiumfolie eingelagert. Eine erneute Beurteilung durch die geschulte Prüfergruppe zur Ermittlung der empfundenen Intensität und Hedonik ist notwendig, da die Messungen nun zu einem anderen Zeitpunkt erfolgen. Des Weiteren steht ein Lack für eine Bewertung zur Verfügung. Die Produktnummern der untersuchten Produkte werden, wie in den Kap. 5 und 6, nicht angegeben, um Verwechslungen mit den Messungen gemäß dem AgBB-Schema zu vermeiden.

### 7.1 Versuchsaufbau und –durchführung

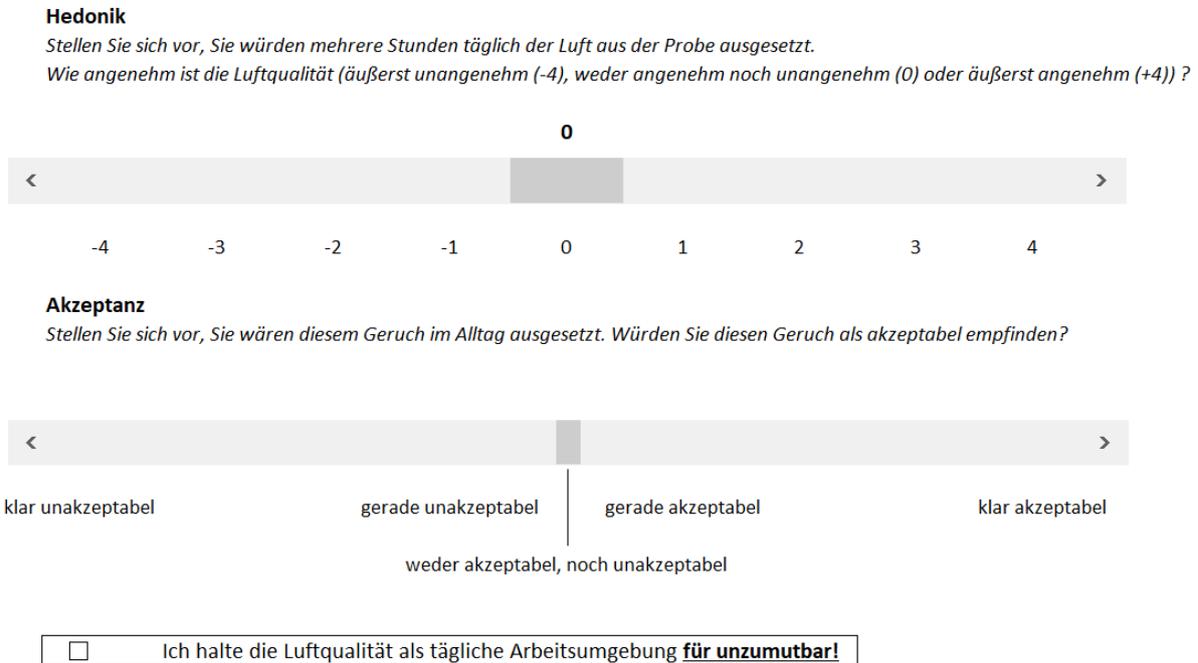
Für die Messungen werden insgesamt 16 Bauprodukte im Luftqualitätslabor der HTW Berlin untersucht. Sie werden dazu in CLIMPAQs der Größen 40 l, 120 l und 240 l eingebracht und in direkter Bewertung am Trichter durch die Prüfenden beurteilt.

An insgesamt vier Messtagen stehen zwischen 23 und 40 ungeschulte Prüfende zur Verfügung. An jedem Messtag werden 4 Produkte bewertet. Die Personen werden hochschulweit gesucht und die meisten von ihnen nahmen erstmalig an einer Geruchsprüfung teil (zumindest am ersten Messtag). Sie durften nicht unter Erkältungssymptomen leiden oder bekannte Anosmien aufweisen. Personen die keinen Geruch wahrgenommen hätten, wären von den Prüfungen ausgeschlossen worden. Dies war nicht der Fall.

Für die Messungen mit der ungeschulten Prüfergruppe wird die in Abbildung 31 dargestellte Bewertungsmaske verwendet. Zunächst bewerten die Prüfenden die Hedonik auf der Skala von -4 bis +4. Dann die Akzeptanz auf einer Skala von -1 bis 1, wobei die Wahl von Skalenteilen in 0,05er Schritten möglich ist. Die Skalenteile sind jedoch nicht sichtbar bei der Bewertung. Wichtige Skalenteile werden semantisch belegt. Dann werden die Prüfenden nach der Zumutbarkeit befragt. Bei unzumutbaren Luftproben mussten die Prüfenden ein Häkchen

setzen. Die Erstellung der Abfragemaske erfolgte in Anlehnung an das Vorhaben von Müller (2011), um möglichst vergleichbare Messergebnisse zu erzielen. Einmal abgegebene Bewertungen können nicht mehr korrigiert werden.

**Abbildung 31: Bewertungsmaske für die ungeschulte Prüfergruppe (große Personengruppen)**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

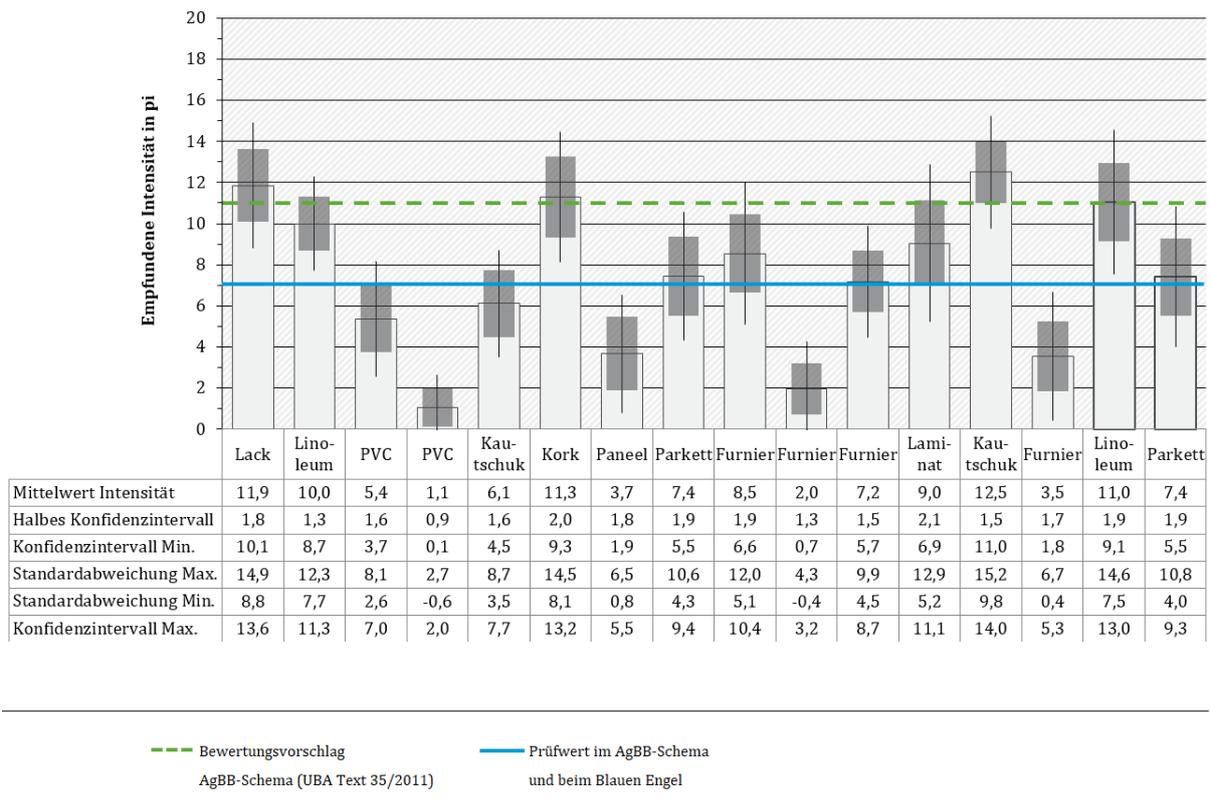
Um die Ergebnisse mit den Ergebnissen der geschulten Prüfergruppe zu vergleichen, werden die Messungen mit der geschulten Gruppe gleich am darauf folgenden Tag durchgeführt. Somit sind die geruchlichen Eigenschaften der Proben möglichst identisch für beide Prüfergruppen.

## 7.2 Ergebnisse und Interpretation

Die Ergebnisse der empfundenen Intensität und der Hedonik, wie sie mit der trainierten Prüfergruppe ermittelt werden, sind in Abbildung 32 und Abbildung 33 dargestellt. Bei der Auswahl der Produkte für die Messungen war ein wichtiges Kriterium eine größere Bandbreite bei den Bewertungen der empfundenen Intensität und der Hedonik zu erhalten. Dies konnte erreicht werden: Die Produkte weisen Werte für die empfundene Intensität zwischen 1,1 pi und 12,5 pi auf mit einer Hedonik zwischen -3,0 und +0,9. Es werden auch einige Produkte im mittleren Bereich der empfundenen Intensität bewertet, also mit etwa 7 pi.

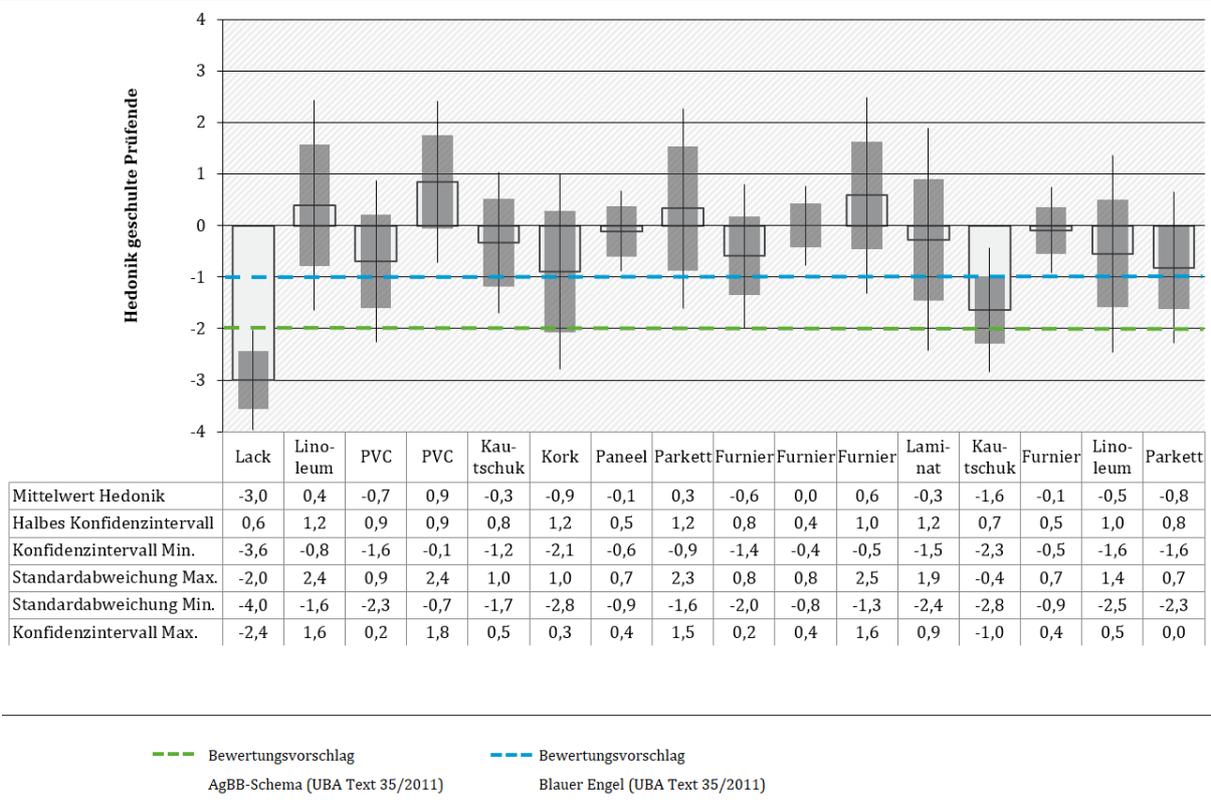
Die in Abbildung 32 und Abbildung 33 dargestellten blauen und grünen Linien zur Interpretation der Ergebnisse werden in Kap. 5.4.2 beschrieben.

**Abbildung 32: Empfundene Intensität (geschulte Prüfergruppe)**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

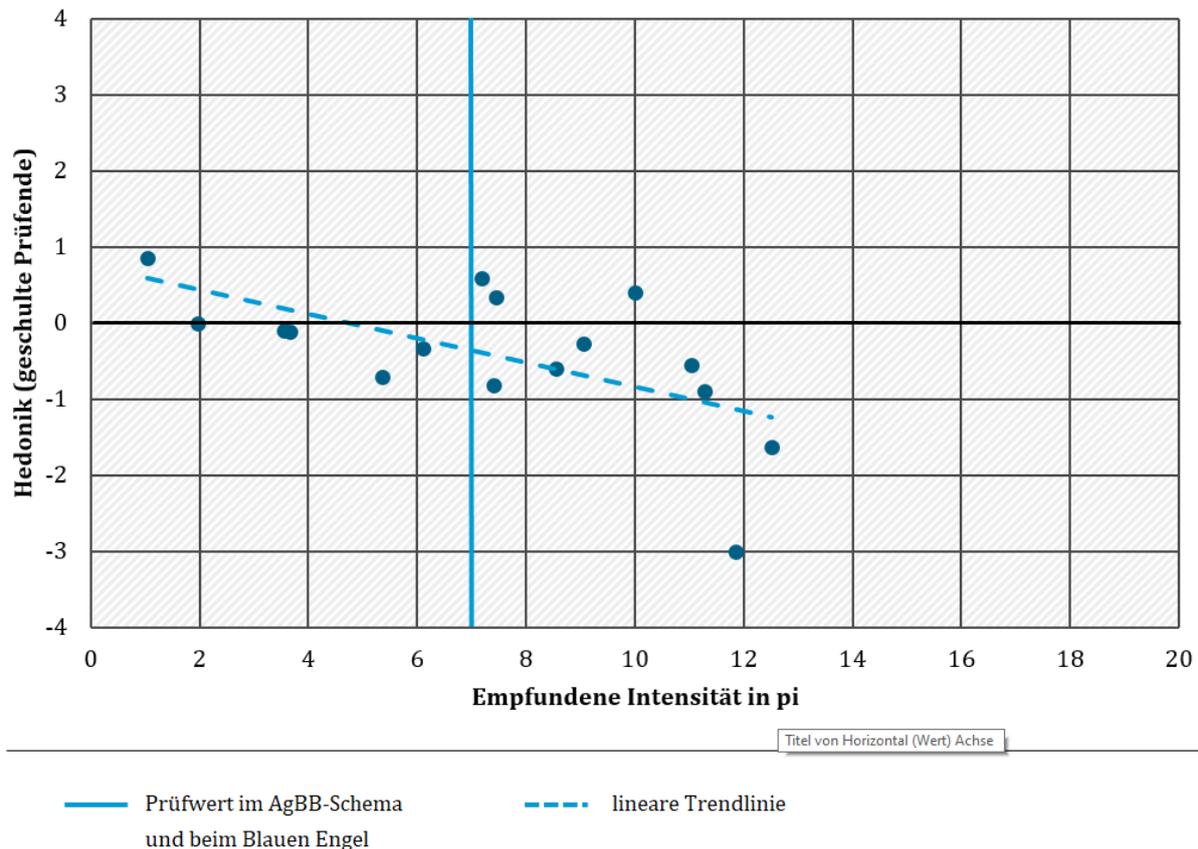
**Abbildung 33: Hedonik (geschulte Prüfergruppe)**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

In Abbildung 34 wird der Zusammenhang der Bewertungen der empfundenen Intensität und der Hedonik gezeigt. Hier zeigt sich wieder der bekannte Zusammenhang, dass mit steigender empfundener Intensität die Hedonik als unangenehmer bewertet wird. Dies wird auch in Abbildung 19 (Kap. 5.4.3) für die elastischen Bodenbeläge und in Abbildung 28 (Kap. 6.4.3) für die holzbasierten Produkte gezeigt.

**Abbildung 34: Zusammenhang zwischen empfundener Intensität und Hedonik (geschulte Prüfergruppe)**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

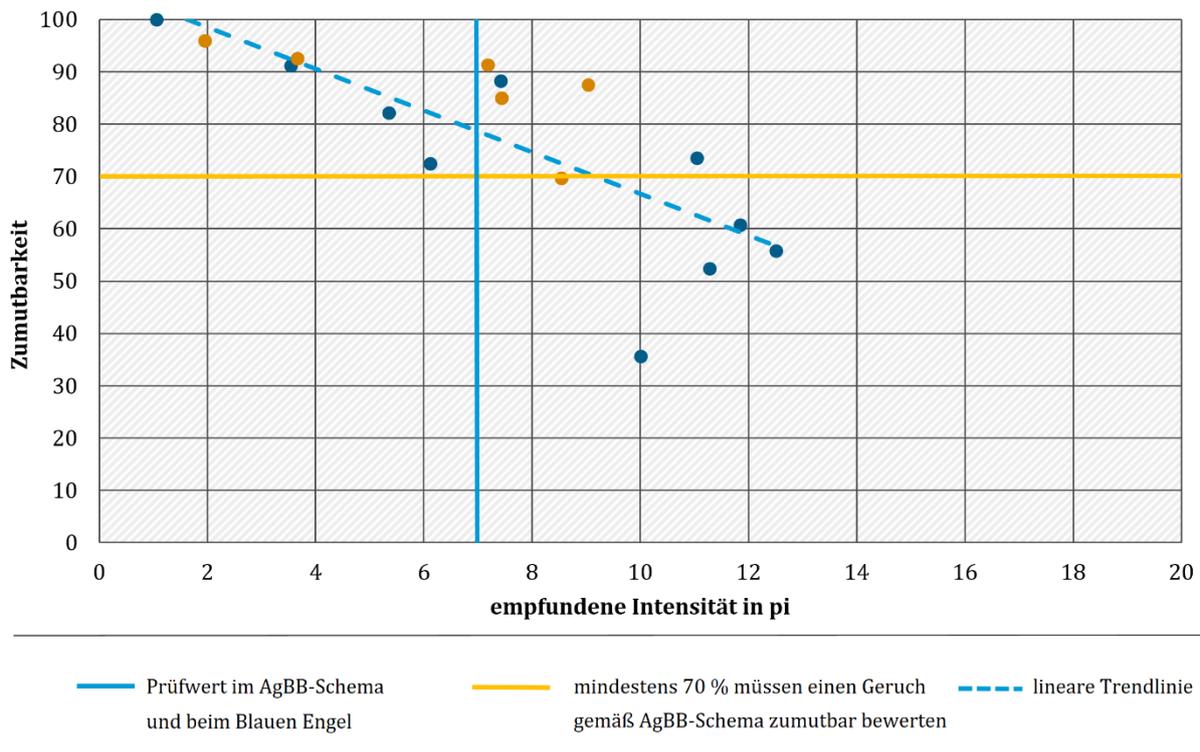
Wie in Kap. 3.1 dargelegt, hält der AgBB eine unzumutbare Belästigung für gegeben, wenn mehr als 30 % einer nicht geschulten, großen Gruppe von Befragten den Geruch von Bauprodukten als unzumutbar bewerten. Er leitet aus gesundheitlich-hygienischer Sicht eine Geruchsintensität in Höhe von 7 pi ab. Da bislang erst wenige Forschungsergebnisse dazu vorliegen (Müller 2011), wird dieser Zusammenhang zwischen der empfundenen Intensität und der Zumutbarkeit in diesem Projekt untersucht.

Eine Unzumutbarkeit von 30 % bedeutet im Umkehrschluss, dass eine Zumutbarkeit von mindestens 70 % gegeben sein muss. In Abbildung 35 werden die Ergebnisse der Befragung der großen, ungeschulten Prüfergruppe nach der Zumutbarkeit den Ergebnissen der Bewertung der empfundenen Intensität durch die geschulte Prüfergruppe gegenübergestellt. Holzprodukte sind in Abbildung 35 in oranger Farbe dargestellt. Mithilfe der Trendlinie wird gezeigt, dass bei den hier durchgeführten Untersuchungen Produkte ab einer empfundenen Intensität von 9 pi von weniger als 70 % der Personen als zumutbar empfunden werden. Bei einer empfundenen Intensität von 7 pi empfinden etwa 80 % der Personen den Geruch als zumutbar.

Bei den untersuchten Produkten darf die empfundene Intensität demnach etwas höher bewertet werden und würde dennoch als zumutbar gelten. Die 5 Produkte im oberen rechten Quadranten der Abbildung werden von über 70 % der Prüfenden als zumutbar bewertet, obwohl deren empfundene Intensität größer als 7 pi beträgt. Davon liegen drei der Produkte mit etwa 7,5 pi sehr nah an dem aktuellen Prüfwert von 7pi.

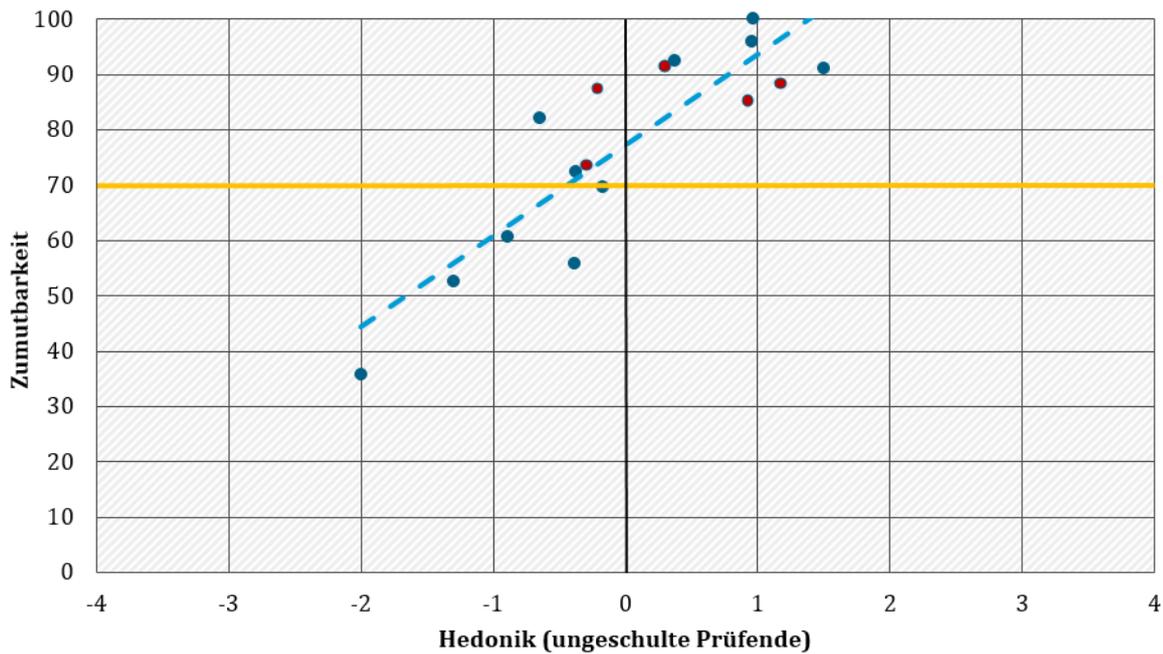
Ein Blick auf die Hedonik der Produkte liefert eine Erklärung dafür, warum in dieser Untersuchung ein höherer Wert für die Zumutbarkeitsgrenze von 9 pi ermittelt wird. In Abbildung 36 ist der Zusammenhang der Bewertung der Zumutbarkeit und der Bewertung der Hedonik durch die gleiche ungeschulte Prüfergruppe dargestellt. Dort zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang dahingehend, dass Produkte mit unangenehmer Hedonik seltener als zumutbar bewertet werden. Da 7 der 16 untersuchten Produkte eine angenehme Hedonik aufweisen, wirkt sich dies auch darauf auf, dass diese in ihrer empfundenen Intensität zwar hoch sein können, dennoch als zumutbar bewertet werden. Die Produkte, die in eine empfundene Intensität von mehr als 7 pi aufweisen und dennoch als zumutbar bewertet werden (Bewertungen im rechten oberen Quadranten der Abbildung 35), sind in Abbildung 36 rot markiert. Sie werden in ihrer Hedonik neutral bis angenehm bewertet.

**Abbildung 35: Zusammenhang der Bewertung der Zumutbarkeit (ungeschulte Prüfergruppe) zur Bewertung der empfundenen Intensität (geschulte Prüfergruppe)**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Abbildung 36: Zusammenhang der Bewertung der Zumutbarkeit (ungeschulte Prüfergruppe) zur Bewertung der Hedonik (ungeschulte Prüfergruppe)**

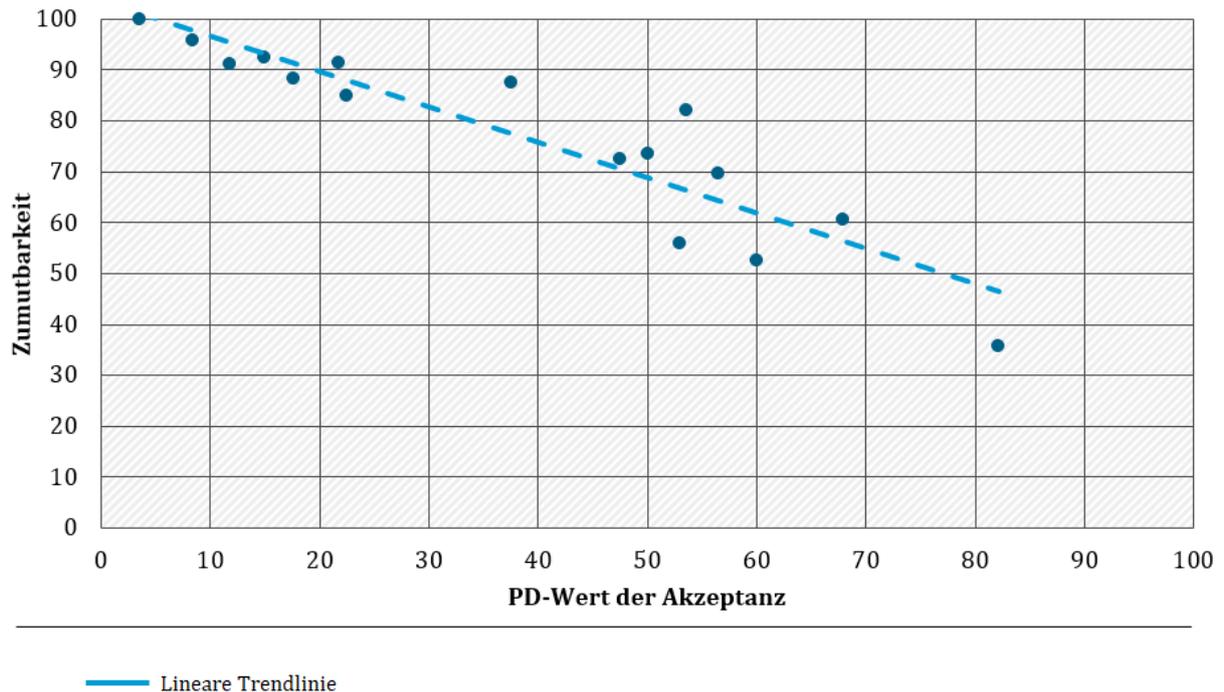


— mindestens 70 % müssen einen Geruch gemäß AgBB-Schema zumutbar bewerten
 - - - lineare Trendlinie

Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Im Forschungsprojekt Müller (2011) wird gezeigt, dass die Bewertung der Akzeptanz und der Zumutbarkeit Unterschiede aufweist. Gerüche, die als unakzeptabel bewertet werden, müssen nicht unbedingt unzumutbar sein. Die Bewertung der Zumutbarkeit ist damit nochmal ein strengeres Kriterium. In Abbildung 37 wird der Zusammenhang der Bewertung der Zumutbarkeit zur Bewertung der Akzeptanz, ebenfalls durch die ungeschulte Prüfergruppe dargestellt. Auch in dieser Untersuchung kann gezeigt werden, dass die Prüfenden in ihrem Urteil darüber, ob sie einen Geruch als unzumutbar einstufen, etwas zurückhaltender sind, als wenn sie diesen als unakzeptabel bewerten. Wenn z. B. 30 % der Prüfenden einen Geruch für unzumutbar halten (= 70 % Zumutbarkeit), dann empfinden bereits knapp 50 % diesen als unakzeptabel. Und wenn etwa die Hälfte der Prüfenden einen Geruch unzumutbar empfindet, so beurteilen ihn bereits  $\frac{3}{4}$  der Prüfenden als unakzeptabel.

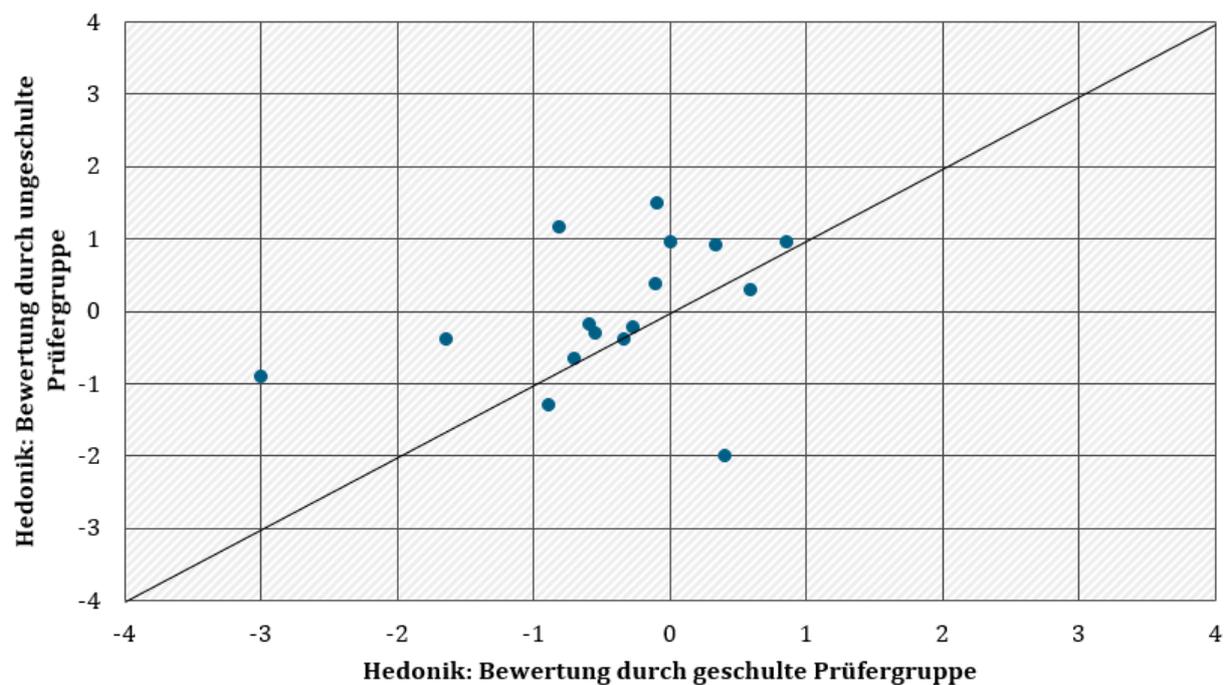
**Abbildung 37: Zusammenhang der Bewertung der Zumutbarkeit zur Bewertung der Akzeptanz (ungeschulte Prüfergruppe)**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

In Abbildung 38 wird die Bewertung der Hedonik durch die geschulte und die ungeschulte Prüfergruppe vergleichend dargestellt. Die Bewertungspunkte auf der Diagonalen bedeuten, dass beide Prüfergruppen die Hedonik gleich bewerten. Bewertungspunkte oberhalb der Diagonalen zeigen an, dass die ungeschulte Prüfergruppe den Geruch einer Probe angenehmer empfindet als die geschulte Prüfergruppe, bei den Bewertungspunkten unterhalb der Diagonalen ist das Umgekehrte der Fall. Viele Gerüche werden in ihrer Hedonik von beiden Prüfergruppen in etwa gleich oder durch die ungeschulte Prüfergruppe als etwas angenehmer wahrgenommen. Die geschulte Prüfergruppe bewertet die Hedonik tendenziell etwas unangenehmer.

**Abbildung 38: Vergleich der Bewertung der Hedonik durch die geschulte und die ungeschulte Prüfergruppe**



— bei gleicher Bewertung durch beide Prüfergruppen liegen die Ergebnisse auf dieser Diagonalen

Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

### 7.3 Diskussion

Aufgrund der langen zeitlichen Einschränkungen durch die Covid-Pandemie werden nur wenige Produkte untersucht. Dennoch sind die Ergebnisse richtungsweisend und bestätigen die Untersuchungen im Projekt von Müller (2011).

Der Zusammenhang, dass mit höherer empfundener Intensität auch die Unzumutbarkeit von Bauproduktgerüchen steigt, besteht. Die in diesem Projekt untersuchten Produkte zeigen, dass ab einer empfundenen Intensität von 9 pi mehr als 30 % der großen, ungeschulten Prüfergruppe einen Geruch als unzumutbar bewerten. Im Projekt Müller (2011) wird eine empfundene Intensität von 7 pi ermittelt.

Dieser höhere Wert für die empfundene Intensität wird auf die Untersuchung von Holzprodukten zurückgeführt, die auch bei höheren Intensitäten in ihrer Hedonik oft als angenehm oder neutral bewertet werden. Die Hälfte der untersuchten Produkte (8 von 16) sind Holzprodukte. Würde man diese Produkte aus der Bewertung herausnehmen, läge der Prüfwert bei etwa 7 pi. Die Untersuchungen unterstützen den festgelegten Prüfwert des AgBB-Schemas und des Blauen Engels von 7 pi.

Zur weiteren Validierung des Prüfwertes von 7 pi sollten sowohl Untersuchungen zur Zumutbarkeit als auch Untersuchungen von Holzprodukten durchgeführt werden.

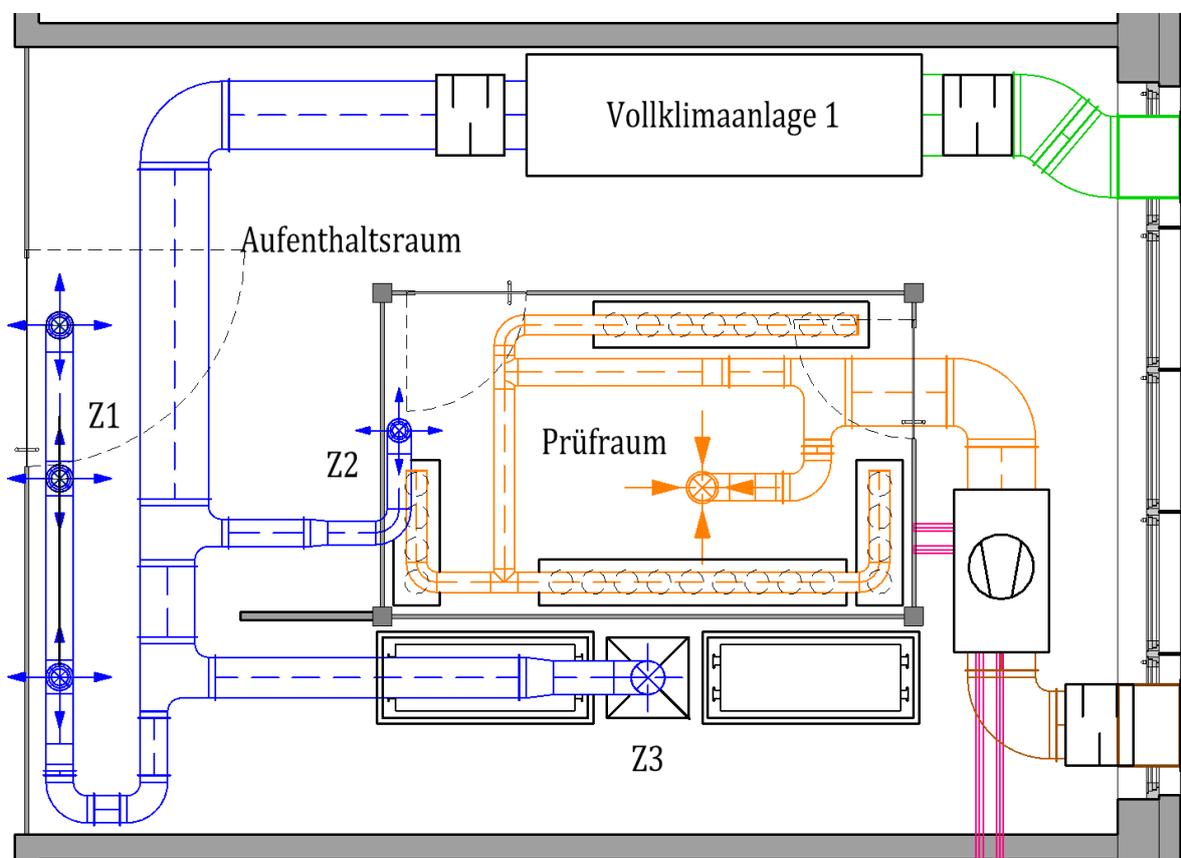
## 8 M-RLT

### 8.1 Versuchsaufbau und -durchführung

Die Enthalpie der Luft hat nach Fang (1998) signifikante Auswirkungen auf die Wahrnehmung der Luftqualität. Temperatur und relative Feuchte der Luft wirken sich auf die Bewertungskriterien der empfundenen Intensität, der Hedonik und die Wahrnehmung der Luftqualität im Raum aus. In ersten Untersuchungen wird zudem ein Unterschied in der Wahrnehmung zwischen trainierte und untrainierte Prüfer\*innen festgestellt. Trainierte Prüfer\*innen werden durch die relative Luftfeuchte in der der Wahrnehmung beeinflusst. Untrainierte Prüfende hingegen werden eher durch Änderung der spezifischen Enthalpie in ihrer Wahrnehmung beeinflusst [Böttcher 2003].

Der Einfluss der Enthalpie auf die Wahrnehmung von Gerüchen wird im Luftqualitätslabor der HTW Berlin untersucht. Damit diese Untersuchungen durchgeführt werden können, ist es notwendig die Parameter Lufttemperatur und relative Feuchte der Luft einstellen zu können. Hierzu wird für das Luftqualitätslabor (Abbildung 39) eine Vollklimaanlage verwendet. Die Vollklimaanlage 1 im Luftqualitätslabor, siehe Abbildung 39, versorgt verschiedene Proben die über einen Zeitraum von mindestens 28 Tagen bei konstanten Konditionen (Lufttemperatur und relative Feuchte) belüftet werden müssen. Weiterhin werden Aufenthaltsraum (über Z1) und Prüfraum (über Z2) mit Zuluft aus der Vollklimaanlage 1 beaufschlagt. Die Proben werden über Z3 über eine Verteilerbox mit Zuluft versorgt (Kap. 4).

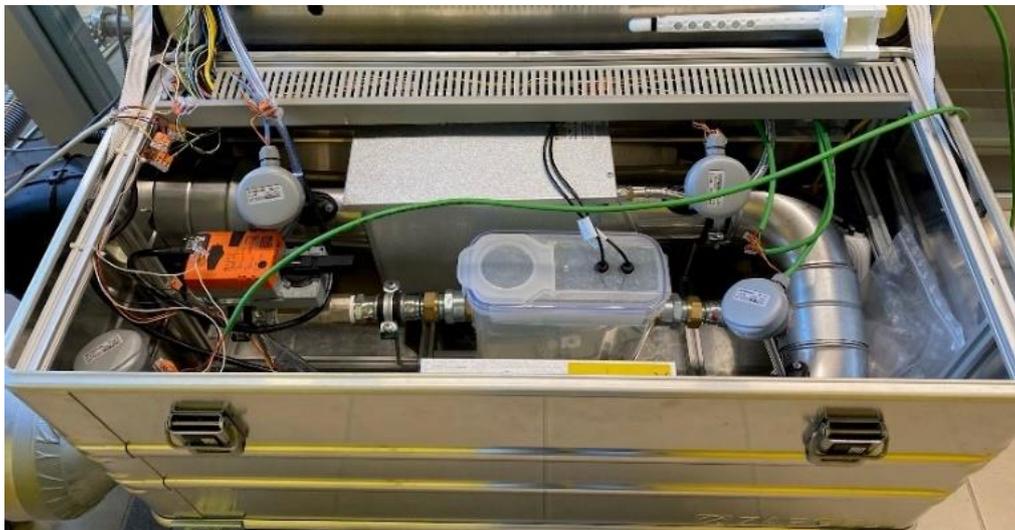
**Abbildung 39: Aufbau und Anbindung der Lüftung vom Aufenthaltsraum und Prüfraum des Luftqualitätslabors HTW Berlin**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Eine Veränderung der Luftkonditionen ist daher über die Vollklimaanlage des Luftqualitätslabors nicht möglich. Aus diesem Grund wird eine Vollklimaanlage in kleiner Ausführung, eine Mini RLT-Anlage (M-RLT) gebaut, die nur einen Vergleichsmaßstab mit veränderbaren Luftkonditionen versorgt. Für die Untersuchungen wird ein Vergleichsmaßstab der BAM geliehen und im Luftqualitätslabor der HTW Berlin aufgestellt (Kap. 4 und 5.2). Die M-RLT ist in einer Transportbox untergebracht und somit flexibel einsetzbar. Die Komponenten Ventilator, Luftkühler, Befeuchter und Luftherhitzer sind nacheinander in der Transportbox, siehe Abbildung 40, verbaut.

**Abbildung 40: Foto der M-RLT in ihrer Transportbox. Anbau des Ventilators außerhalb (oben links), den Temperatursensoren 1 bis 4 (mit grauem Deckel), einem Wärmetauscher für das Erhitzen oder Kühlen über Wasser als Energieträger (oben Mitte), dem Anschluss des Dampf-befeuchters (rechts), einem elektrischen Erhitzer (unten Mitte) und dem Luftdurchlass zum Vergleichsmaßstab (links unten).**



Quelle: HTW Berlin

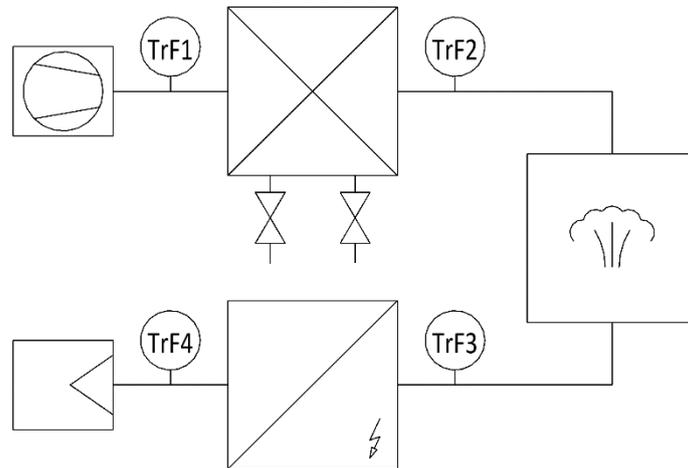
Die fertiggestellte M-RLT soll in der Lage sein, den notwendigen Luftvolumenstrom zum Vergleichsmaßstab der BAM erwärmen, kühlen, entfeuchten und befeuchten zu können. Somit können Untersuchungen zur Luftqualität unabhängig von einer Vollklimaanlage durchgeführt werden.

Im linken Bereich der M-RLT (Abbildung 40) wird über einen Ventilator außerhalb der Transportbox die Luft angesaugt, die dem Aufstellraum, in diesem Fall dem Luftqualitätslabor, entnommen wird. Im weiteren Verlauf ist ein hydraulischer Wärmeübertrager eingebaut, über diesen Wärmeübertrager kann die Luft entweder erwärmt und gekühlt werden. Das notwendige Warm- oder Kaltwasser ist über ein externes Gerät bereitzustellen. Zur Befeuchtung ist ein Verdampfer verbaut der durch Ultraschall Wasser verdampft und dieser Wasserdampf vom Luftstrom aufgenommen wird. Im Anschluss folgt ein elektrischer Luftherhitzer. Zur Regelung ist eine Automationsstation verbaut die zum einen sämtliche Messwerte erfasst und sichert sowie die Regelung der genannten Komponenten übernimmt. Abbildung 41 zeigt eine schematische Darstellung der Komponenten der M-RLT einschließlich der Positionen der verbauten Sensoren.

Nach der M-RLT erfolgt die Luftbereitstellung zum Vergleichsmaßstab über ein etwa 4 m langes Rohrsystem aus Edelstahlrohren mit gewellter und glatter Wandung. Vor allem über das gewellte Rohr, dessen Wandung gegenüber dem glatten Rohr eine deutlich größere Oberfläche aufweist, findet ein Temperatureaustausch zwischen den Rohren und dem Aufstellraum statt.

Daher sind am Vergleichsmaßstab weitere Sensoren zur Überprüfung der Temperatur und Luftfeuchte angebracht (Abbildung 42).

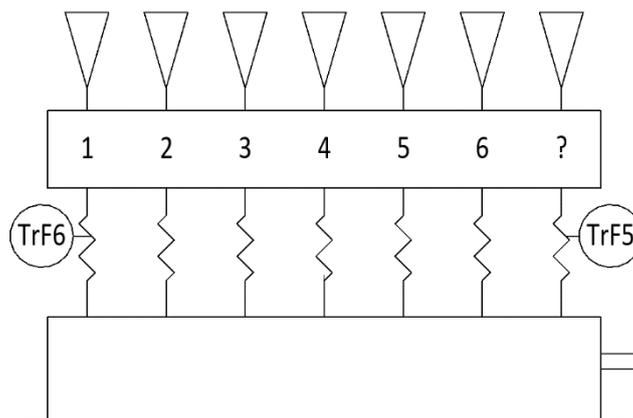
**Abbildung 41: Schematische Darstellung der Komponenten der M-RLT-Anlage, mit Ventilator (oben links), den Temperatursensoren 1 bis 4, einem Wärmetauscher für das Erhitzen oder Kühlen über Wasser als Energieträger (oben Mitte), dem Anschluss des Dampfbefeuchters (rechts), einem elektrischen Erhitzer (unten Mitte) und dem Luftdurchlass zum Vergleichsmaßstab (links unten).**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Für den Temperaturwert des Vergleichsmaßstabes an allen 7 Trichtern wird der Mittelwert aus TrF 5 und TrF 6 verwendet.

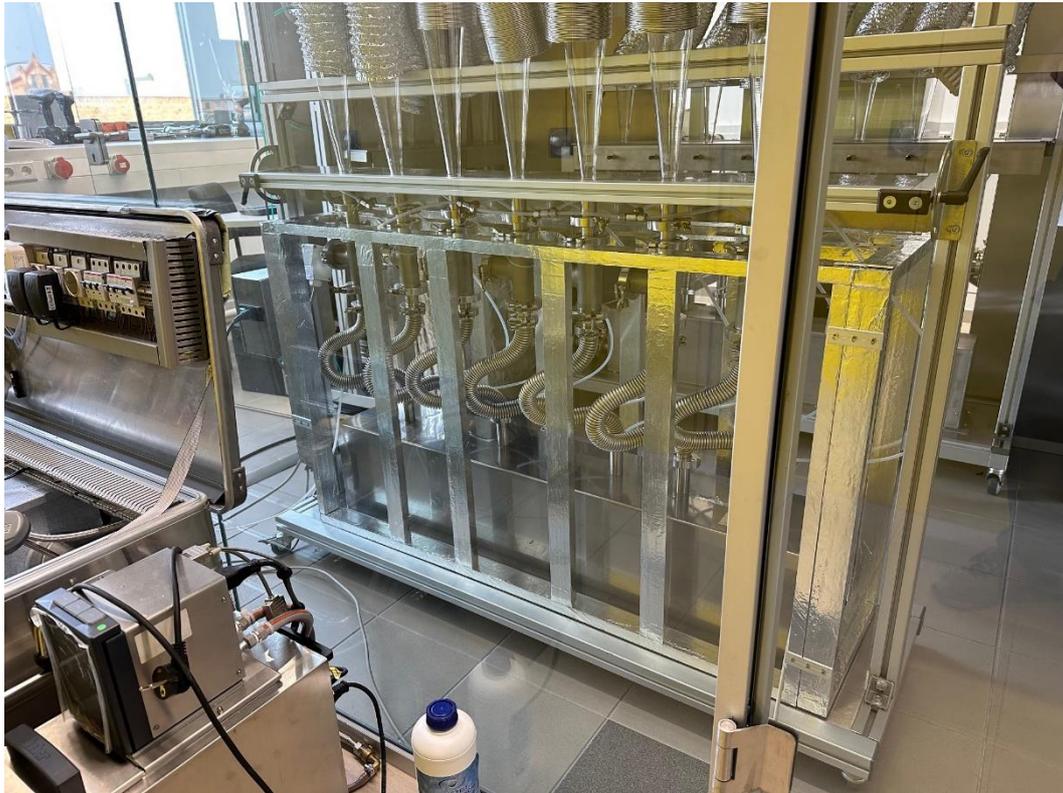
**Abbildung 42: Schematische Darstellung des Vergleichsmaßstabes im LQ-Labor sowie den verwendeten Messstellen für Lufttemperatur und relative Feuchte am Probenlufttrichter 1 und Probenlufttrichter „?“.**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Erste Untersuchung mit Verwendung der M-RLT zeigen einen hohen Wärmeübergang zwischen der Zuluft der M-RLT und der 4 m langen Anbindung auf. Die Länge der Anbindeleitung ist auf Grund der Versuchsanordnung notwendig. Weiterhin besteht der Vergleichsmaßstab vollständig aus Metall, die Anbindung aus der Verteilerbox zu den Trichtern der Probenluft aus einem Welschlauch. Aus diesem Grund wird der Vergleichsmaßstab sowie die Anbindeleitung gedämmt (Abbildung 43, Abbildung 44).

**Abbildung 43: Vergleichsmaßstab der BAM, aufgestellt im Prüfraum des Luftqualitätslabor während Anbringung der Dämmung**



Quelle: HTW Berlin

Nach der Dämmung des Vergleichsmaßstabes ist der Wärmeverlust ca. 10 K geringer als ohne Dämmung. Die Temperaturdifferenz zwischen den Sensoren am Vergleichsmaßstab TrF 5 und TrF 6 beträgt 0,5 K.

## 8.2 Lufterwärmung

Für die Erwärmung der Luft werden zwei Aufbauten untersucht. Der erste Aufbau wird im Rahmen einer Bachelorarbeit durchgeführt (Knigge, 2023). Mit einem elektrischen Lufterhitzer wird die Luft erwärmt und zum Vergleichsmaßstab geführt. Der Lufterhitzer wird dabei über ein Relais gesteuert. Das Relais kann jedoch nur den Zustand 1 – geöffnet oder den Zustand 2 – geschlossen einnehmen. Somit kann kein stationärer Zustand einer Lufttemperatur erreicht werden. Je größer die Schaltzeiten, so geringer die Temperaturerhöhung, kleinere Schaltzeiten führen zu einer größeren Temperaturerhöhung.

Eine Überarbeitung des M-RLT-Aufbaus und die Ergänzung eines Leistungsreglers für den elektrischen Lufterhitzer ermöglichen die Anwendung einer Temperaturregelung. Die Temperaturregelung führt zum Erreichen eines stationären Zustandes der Lufttemperatur am Vergleichsmaßstab mit einer Abweichung von  $\pm 0,5$  K.

**Abbildung 44: Vergleichsmaßstab der BAM, aufgestellt im Prüfraum mit fertiggestellter Dämmung**



Quelle: HTW Berlin

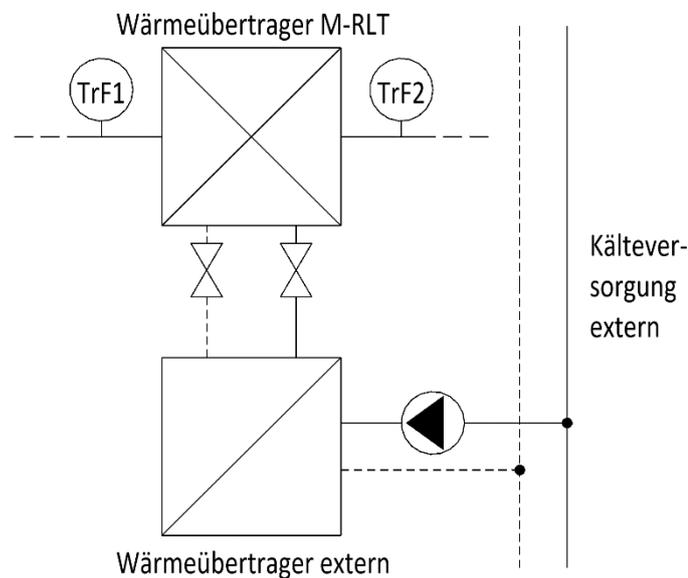
### **8.3 Luftkühlung**

Die Luftkühlung benötigt eine externe Bereitstellung von Kaltwasser. Dafür werden zwei Kaltwassererzeuger verwendet. Zum einen die Kaltwassererzeugung über Thermostatbad im Rahmen des Aufbaus in einer Bachelorarbeit. Das Thermostatbad ist ebenso wie die M-RLT durch zwei Personen zu transportieren, und wird mit einer üblichen Spannungsversorgung von

230 V AC betrieben. Die Rückkühlung des Thermostatbades erfolgt durch einen integrierten Ventilator. Während der Messungen zeigte sich, dass die Leistung des Thermostatbades nicht ausreicht, um den Luftvolumenstrom erkennbar zu kühlen. Die Wärmeeinträge über das Rohrsystem von der M-RLT zum Vergleichsmaßstab sind zu groß, gegenüber der Leistung des Thermostatbades.

Eine Überarbeitung des Aufbaus und die Verwendung eines externen Kaltwassersatzes ermöglicht mit dem verbauten Wärmeübertrager (Abbildung 41- oben Mitte) eine erkennbare Temperatursenkung. Die Leistung des externen Kaltwassersatzes kann bis 2500 W eingestellt werden. Die Rückkühlung erfolgt jedoch über Wasser, so dass ein Anschluss an ein Kaltwassernetz notwendig ist. Das schränkt den Einsatzbereich ein. Die Verwendung des externen Kaltwassersatzes führt zu einer erkennbaren Temperatursenkung trotz vorhandener Wärmeeinträge über das Rohrsystem. Abbildung 45 zeigt den schematischen Aufbau der Überarbeitung der Luftkühlung.

**Abbildung 45: Schematische Darstellung des Anschlusses eines externen Kaltwassersatzes im überarbeiteten Versuchsaufbau**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

## 8.4 Variation der Enthalpie

In Untersuchungen von Böttcher (2003) und Fang (1998) wird der Einfluss der spezifischen Enthalpie auf die Bewertung der Luftqualität untersucht. Diese Untersuchungen werden im aktuellen Forschungsvorhaben fortgeführt. Die spezifische Enthalpie ergibt sich aus den Werten Lufttemperatur und relative Feuchte der Luft (siehe Formel 8). Die M-RLT-Anlage wird für den folgenden Bereich von Temperatur und relative Feuchte festgelegt.

- ▶ Bereich der Temperatur 18 °C bis 28 °C
- ▶ Bereich der relative Feuchte 30 % bis 70 %

Dieser Bereich geht über den Bereich der Normvorgaben gemäß DIN ISO 16000-28 von  $T = 23 \text{ °C} \pm 3 \text{ K}$ ,  $\varphi = 50 \% \pm 10 \%$  hinaus.

Die Variation der spezifischen Enthalpie erfolgt durch Variation von Lufttemperatur und Luftfeuchte. Die Veränderung kann in vier verschiedene Varianten erfolgen (Abbildung 46).

**Abbildung 46: Gegenüberstellung der Abhängigkeit bei Änderung von Lufttemperatur, relativer Feuchte, absoluter Feuchte und der spezifischen Enthalpie**

	Temperatur $\theta$	relative Feuchte $\phi$	absolute Feuchte $x$	Spez. Enthalpie $h$
Variante 1	dynamisch 	dynamisch 	konstant 	Änderung 
Variante 2	dynamisch 	konstant 	dynamisch 	Änderung 
Variante 3	konstant 	dynamisch 	dynamisch 	Änderung 
Variante 4	dynamisch 	dynamisch 	dynamisch 	konstant möglich (  )

Quelle: Grunddarstellung aus Böttcher 2008, mit eigenen Ergänzungen (HTW Berlin)

Die Varianten 1 bis 3 in Abbildung 46 führen immer zu einer Änderung der spezifischen Enthalpie der Luft, die Verwendung der Variante 4 kann zu einer gleichbleibenden spezifischen Enthalpie führen.

Mit den festgelegten Zielbereichen für Temperatur und relative Feuchte ergeben sich für die Enthalpie, berechnet nach Formel 8 (Kap. 3.6.1), eine geringste Enthalpie von 27,9 kJ/kg bei 18 °C Lufttemperatur und  $\phi = 30\%$ . Die größte Enthalpie von 70,9 kJ/kg liegt bei einer Lufttemperatur von 28 °C und  $\phi = 70\%$ . Durch die Bauteile der M-RLT sollen die verschiedenen Bereiche der Enthalpie untersucht werden können.

## 8.5 Messungen mit der M-RLT

Die Versuchsdurchführungen mit Lufterwärmung oder Luftkühlung werden bei verschiedenen Temperaturen und gleichbleibender absoluter Feuchte durchgeführt. Mit Änderung der Temperatur ändert sich somit automatisch die relative Feuchte der Luft (vgl. Abbildung 46).

An den Messtagen ermitteln die Prüfenden zunächst die empfundene Intensität verschiedener Acetonkonzentrationen am Vergleichsmaßstab der HTW Berlin unter Standardbedingungen (Kap. 3.4.4). Dies erfolgt im Rahmen der Qualifizierung für die Messung. Anschließend ermitteln sie am Vergleichsmaßstab der BAM, der mit erwärmter oder gekühlter Luft der M-RLT versorgt wird, verschiedene Acetonkonzentrationen. Sie nutzen für den Vergleich der unbekannt warmen acetonhaltigen Luft die am Vergleichsmaßstab der HTW Berlin dargebotenen Acetonkonzentrationen in den vorgegebenen sechs Stufen.

Dabei werden immer die bei der Qualifizierung dargebotenen Acetonkonzentrationen angeboten (was den Prüfenden nicht mitgeteilt wird), sowie weitere unbekannt Konzentrationen. Es werden nur die Ergebnisse der qualifizierten Prüfenden berücksichtigt.

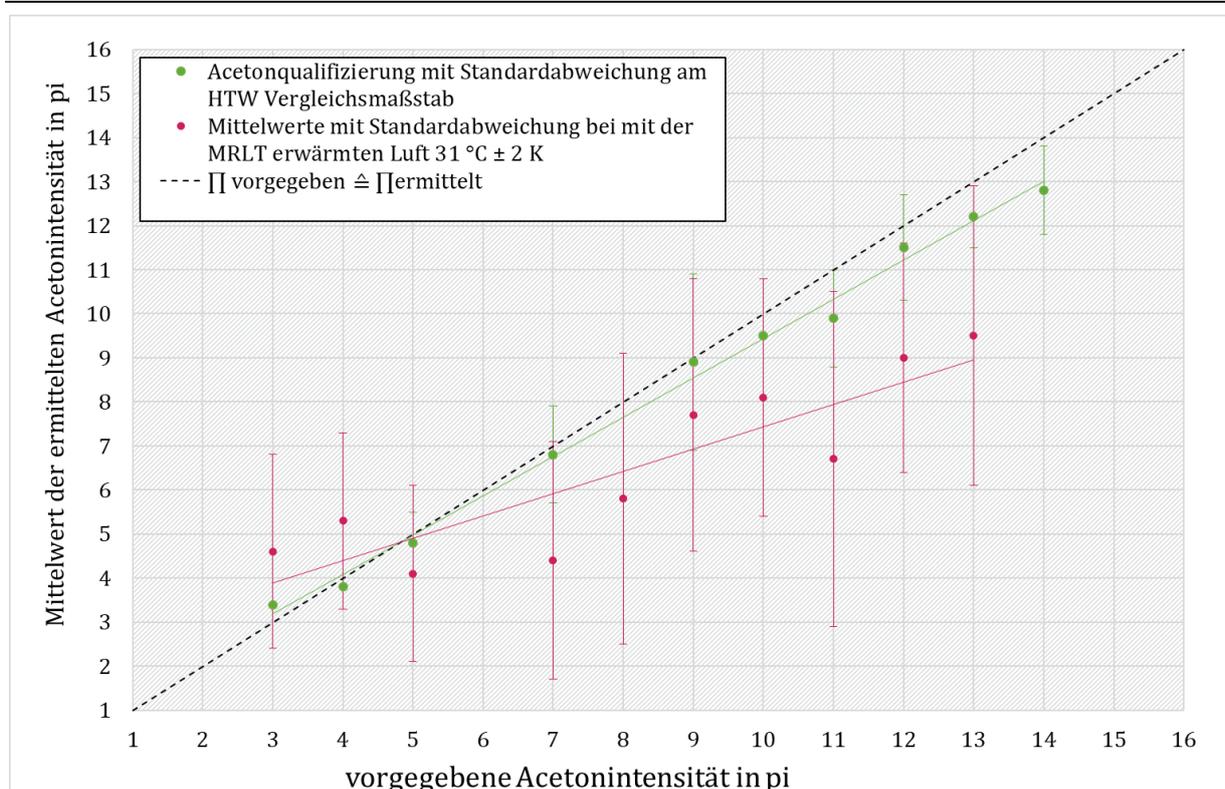
Insgesamt werden an einem Messtag maximal 6 Acetonkonzentrationen dargeboten, wobei die Prüfenden zwischen den einzelnen Messungen immer mindestens 5 Minuten Pause haben, um den Geruchssinn zu erholen.

### 8.5.1 Ergebnisse der Messungen mit Lufterwärmung

Abbildung 47 und Abbildung 48 zeigen die Ergebnisse der Messungen der empfundenen Intensität, mit erhöhter Lufttemperatur gegenüber den Normbedingungen. Auf der x-Achse ist die vorgegebene Acetonintensität in pi angegeben. Auf der y-Achse ist die ermittelte Acetonintensität, ebenfalls in pi dargestellt. Messergebnisse, die auf der Diagonalen liegen, bedeuten, dass die Konzentration ermittelt wird, die auch vorgegeben ist. In grüner Farbe werden die unter Normbedingungen ermittelten Acetonintensitäten mit ihren Standardabweichungen gezeigt. Die Ergebnisse der Ermittlung der Intensität des Acetons bei erwärmter Luft werden in roter Farbe gezeigt. Die Abbildungen unterscheiden sich dahingehend, dass die Erwärmung der Luft für die ersten in Abbildung 47 dargestellten Messungen bei  $31,0\text{ °C} \pm 2\text{ K}$  im Bereich der Enthalpie von  $51,8\text{ kJ/kg} \pm 2,8\text{ kJ/kg}$  erfolgt. Diese Abweichung ist sehr groß. Daher werden die Messungen, nach Optimierung der M-RLT, wiederholt. Bei den nächsten in Abbildung 48 dargestellten Messungen erfolgt eine Erwärmung auf etwa  $33,5\text{ °C} \pm 0,5\text{ K}$ . Die Enthalpie lag bei  $56,1\text{ kJ/kg} \pm 2,2\text{ kJ/kg}$ . Durch technische Verbesserungen an der MRLT wird erreicht, dass die Temperatur konstant und mit kleinerer Spreizung gehalten werden kann. Auch liegt die Temperatur insgesamt etwas höher.

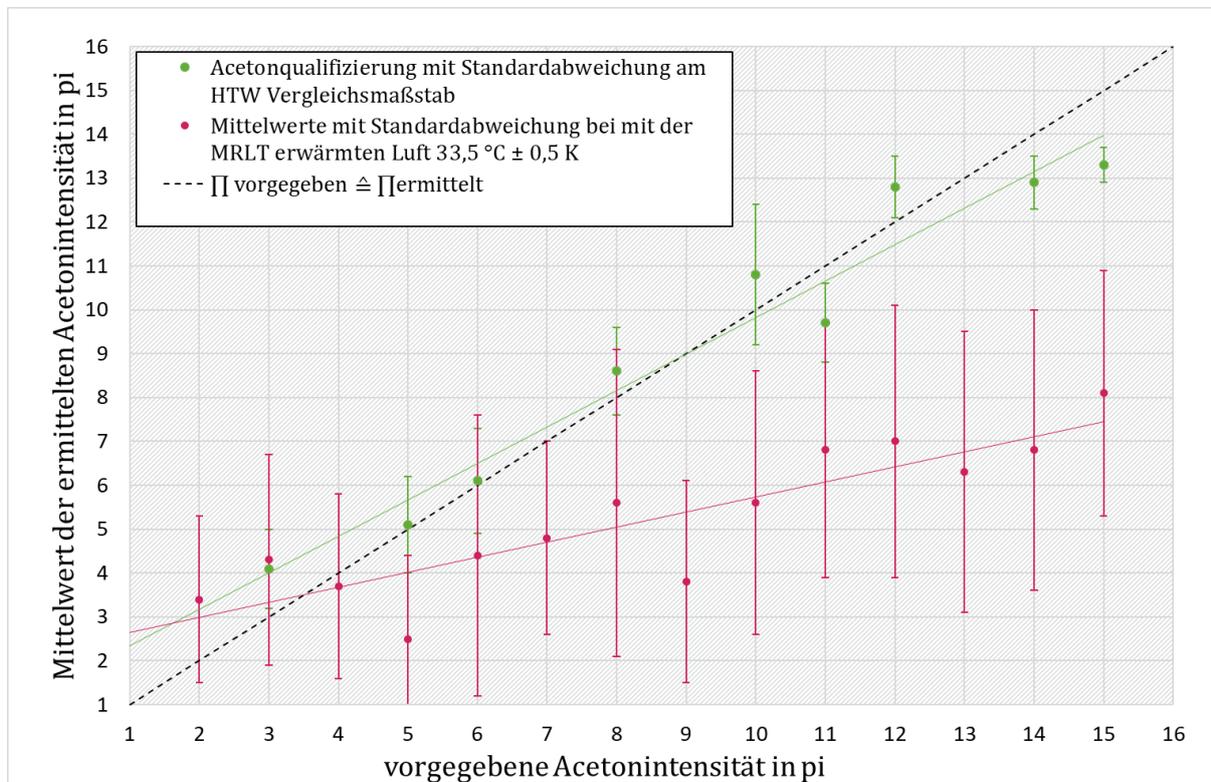
Beide Messungen bzw. Abbildungen zeigen einen Einfluss auf die geruchliche Wahrnehmung bei warmer Luft. Das Aceton wird bei Erwärmung weniger intensiv durch die Prüfenden wahrgenommen. Abbildung 48 zeigt dies besonders deutlich. Steigende Konzentrationen führen kaum noch zu einer intensiveren Wahrnehmung. Im Bereich von 11 bis 15 pi wird die empfundene Intensität mit 7 bis 8 pi empfunden. Die Standardabweichung bei den Messungen nimmt stark zu. Standardabweichungen im Bereich von 3 pi kommen häufig vor. Einige Prüfende nehmen gar kein Aceton mehr wahr.

**Abbildung 47: Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Acetonintensität am Vergleichsmaßstab 1 (HTW Berlin) gemäß Normbedingungen (grün) und Vergleichsmaßstab 2 mit Lufttemperaturen oberhalb der Normbedingungen (rot)**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Abbildung 48: Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Acetonintensität am Vergleichsmaßstab 1 (HTW Berlin) gemäß Normbedingungen (grün) und Vergleichsmaßstab 2 mit Lufttemperaturen oberhalb der Normbedingungen (rot)**



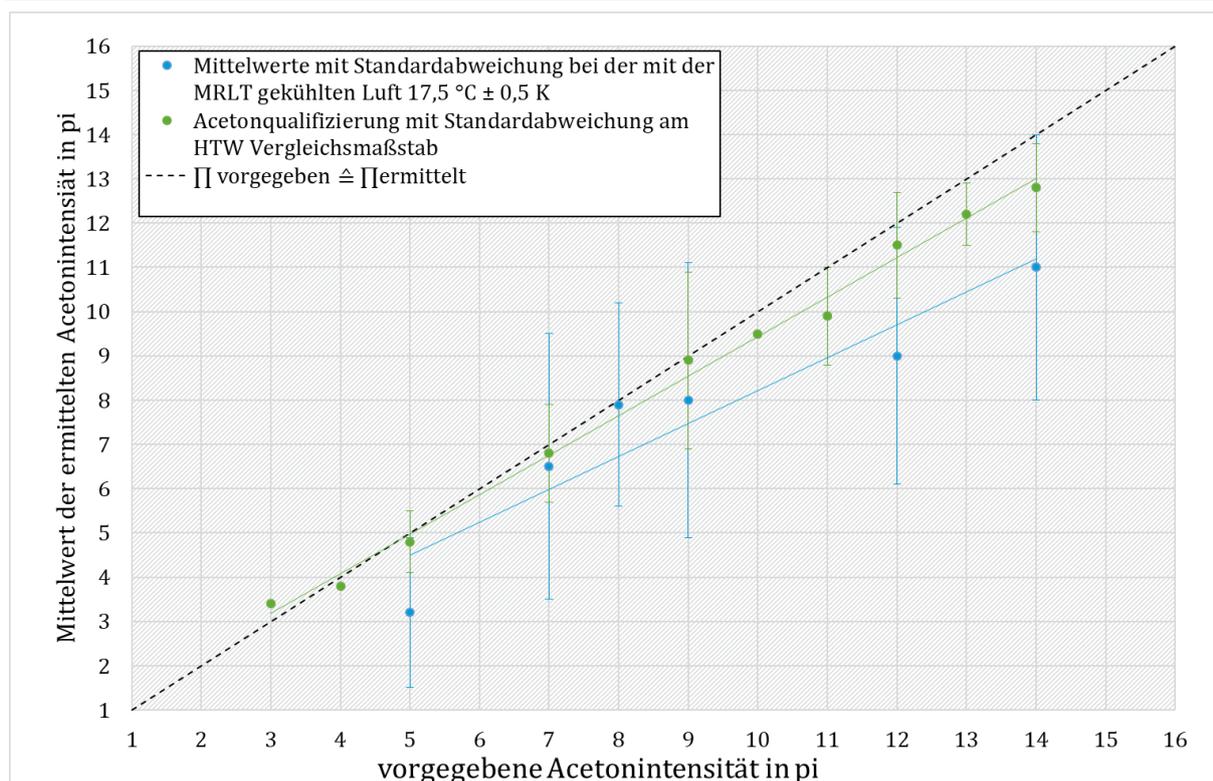
Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

### 8.5.2 Ergebnisse Messungen mit Luftkühlung

Die Ergebnisse der Versuchsdurchführungen mit auf etwa  $17,5\text{ °C} \pm 0,5\text{ K}$  (Enthalpie von  $30,6\text{ kJ/kg} \pm 1,2\text{ kJ/kg}$ ) gekühlter Luft sind in Abbildung 49 dargestellt. Auf der x-Achse ist auch hier die vorgegebene Acetonintensität angegeben und auf der y-Achse die ermittelte Acetonintensität. Messergebnisse die auf der Diagonalen liegen bedeuten, dass die Konzentration ermittelt wird die auch vorgegeben ist. In grüner Farbe werden die unter Normbedingungen ermittelten Acetonkonzentrationen mit ihren Standardabweichungen gezeigt. Die Ergebnisse der Ermittlung der Intensität des Acetons bei gekühlter Luft werden in blauer Farbe gezeigt.

Insgesamt liegen sechs Messungen mit gekühlter Luft vor. Die Ergebnisse zeigen einen Einfluss auf die geruchliche Wahrnehmung durch gekühlte Luft. Das Aceton wird bei kühler Luft durch die Prüfenden etwas weniger intensiv wahrgenommen, als bei Luft unter Normbedingungen. Die Standardabweichungen der Messungen mit gekühlter Luft sind größer als im Normbereich.

**Abbildung 49: Versuchsdurchführung zur Bestimmung der Acetonkonzentration am Vergleichsmaßstab 1 (HTW Berlin) gemäß Normbedingungen (grün) und Vergleichsmaßstab 2 mit Lufttemperaturen unterhalb der Normbedingungen (blau).**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

## 8.6 Diskussion

Die Prüfenden haben bei den Messungen Acetonintensitäten unter Normbedingungen und Acetonintensitäten unter von der Norm abweichenden Bedingungen ermittelt. Die Ergebnisse zeigen mit zunehmender Konzentration eine Verringerung der Wahrnehmung der empfundenen Intensität des Acetons. Bei geringerer und bei höherer Temperatur gegenüber den Normbedingungen liegt die Wahrnehmung unterhalb der eingestellten Konzentration. Die Abweichung steigt dabei mit Zunahme der Enthalpie.

Bisher konnten nur Untersuchungen mit verschiedenen Temperaturen bei konstanter absoluter Feuchte der Luft erfolgen. Die Untersuchungen bei variierender absoluter Luftfeuchte stehen noch aus, da eine konstante Feuchteänderung bisher technisch nicht umzusetzen ist. Im Vergleich zu anderen Untersuchungen wie bei Fang (1998) wird durch die M-RLT nur der notwendige Luftvolumenstrom über den Vergleichsmaßstab der BAM aufbereitet, nicht ganze Räume. Für reguläre Bauteile der Lüftungstechnik ist dieser Volumenstrom zu gering, um konstant bereitgestellt zu werden.

Böttcher (2003) und Fang (1998) zeigen in ihren Ergebnissen einen Rückgang der Akzeptanz bei zunehmender Enthalpie, sowie keine Änderung in der Wahrnehmung der Intensität bei Änderung der Enthalpie. In den durchgeführten Messungen (Abbildung 47 bis Abbildung 49) wird die empfundene Intensität untersucht und dabei die Enthalpie durch Reduzierung und Erhöhung der Lufttemperatur variiert. Es zeigt sich eine Abweichung der Bewertung der empfundenen Intensität, wobei mit zunehmender Enthalpie die Wahrnehmung geringer wurde. Es können jedoch nur zwei Temperaturbereiche untersucht werden. Um die Ergebnisse zu validieren, sollten die Untersuchungen wiederholt werden, sowie auch verschiedene Luftfeuchten zur Variation der Enthalpie eingesetzt werden.

## 9 Sensorische Untersuchungen in einem raumgroßen Labor

Bei der Untersuchung flüchtiger organischer Verbindungen und bei sensorischen Messungen in Emissionsprüfkammern sind die Bedingungen des Referenzraumes einzuhalten (Kap. 5.2). Die zu erwartende Raumluftsituation kann so durch die Vorgabe und Einhaltung der flächenspezifischen Luftdurchflussrate  $q$  simuliert werden. Auch müssen spezifische Bedingungen zu Temperatur und relativer Luftfeuchte eingehalten werden (Kap. 3.4.4), die denen im Referenzraum und dann auch denen in einem realen Raum entsprechen. Durch die Einhaltung dieser Messbedingungen, lassen sich die Bedingungen in einem realen Raum bestmöglich wiedergeben.

Dennoch ist die Geruchswahrnehmung in realen Innenräumen durch weitere Kriterien beeinflusst. Einrichtung, Raumnutzung und gegenseitige Überlagerung von Gerüchen können zum Beispiel eine Rolle spielen. Der AgBB empfiehlt daher fortsetzend die Auswirkungen geruchsintensiver Bauprodukte auf die Geruchsbelastung von Innenräumen zu untersuchen.

Die HTW Berlin hat daher ein zweites raumgroßes Luftqualitätslabor aufgebaut, das über zwei begehbare Versuchsräume verfügt, die beliebig eingerichtet und mit Bauprodukten ausgestattet werden können. Aus jedem der beiden Versuchsräume kann über eine Rohrleitung Abluft in das erste Luftqualitätslabor (Kap. 4) zu einem angeschlossenen Trichter geführt und dort durch die Prüfenden bewertet werden. Der Bau des Labors wird während der Projektlaufzeit fertiggestellt und erste Versuche werden durchgeführt. Diese sollen zunächst zeigen, ob die Probenluft unverändert an den Trichtern des ersten Luftqualitätslabors ankommt und vergleichbare Messungen zu Prüfkammertests durchgeführt werden können.

Dieses Kapitel beschreibt den Aufbau des raumgroßen Luftqualitätslabors. Die ersten Versuche im Rahmen des Projekts werden vorgestellt.

### 9.1 Aufbau des raumgroßen Luftqualitätslabors

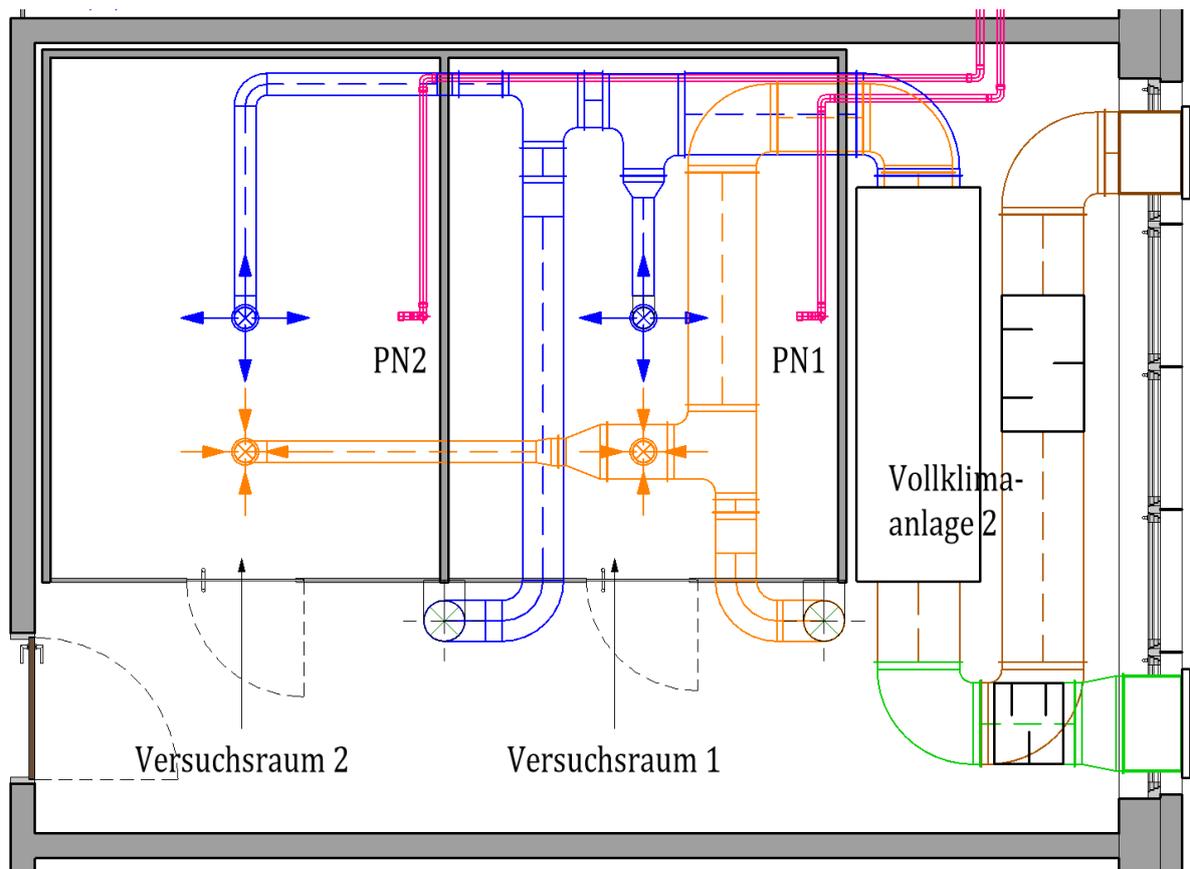
Die Anordnung des raumgroßen Luftqualitätslabors ist in Abbildung 50 dargestellt. In einem Laborraum sind zwei gleich große Versuchsräume aufgebaut. Die Räume haben eine Länge von 3,90 m und eine Breite von 2,85 m. Somit ergibt sich eine Raumfläche von 11,1 m<sup>2</sup>. Beide Versuchsräume haben eine Höhe von 2,22 m. Damit beträgt das Raumvolumen jedes Versuchssaumes 24,7 m<sup>3</sup>.

Die Versuchsräume werden über eine separate Vollklimaanlage mit Luft versorgt. Abbildung 50 zeigt schematisch die Anbindung der Luftleitungen an die Vollklimaanlage und zu den Versuchsräumen. Ein besonderer Punkt ist, dass die Zuluft entweder als Mischlüftung (von oben) oder als Quelläftung (von unten) in den Raum eingebracht wird. Somit lassen sich verschiedene Einbausituationen, wie sie zum Beispiel in Bürogebäuden vorkommen, nachbilden.

Die Versuchsräume sind mit Entnahmeleitungen (Pinke Leitungen) an den Vergleichsmaßstab im Luftqualitätslabor (1) angebunden. Es gibt 6 Probenahmestellen je Versuchssaum. Diese sind auf verschiedenen Höhen im Raum positioniert. Das ermöglicht eine differenzierte Bewertung der Probenluft nach der Höhe der Entnahmen. Hier können ggf. Unterschiede der Lüftungsarten Mischlüftung und Quelläftung untersucht werden.

Die Versuchsräume werden durch eine Druckregelung der Vollklimaanlage 2 auf einen minimalen Überdruck gegenüber dem Aufstellraum gehalten, so dass keine Fremdgerüche in die Versuchsräume eindringen können. Durch diesen Überdruck wird außerdem die Luft aus den Versuchsräumen zum Vergleichsmaßstab transportiert.

**Abbildung 50: Luftqualitätslabor 2 mit zwei Prüfkammern in Raumgröße sowie Darstellung der Anbindung an das Luftqualitätslabor 1**



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

## 9.2 Versuche

Als Produktprobe für die Versuche wird ein einschichtiger PVC-Bodenbelag (HTW 23.003) mit Kompaktrücken und einer Dicke von 2 mm verwendet, der im Baumarkt erworben wird. Dieser wird sowohl in eine CLIMPAQ mit einem Volumen von 40 l des ersten Luftqualitätslabors eingebracht (Kap. 4), als auch in den Versuchsraum 2 des neuen Labors.

Die flächenspezifische Luftdurchflussrate  $q$  von  $1,25 \text{ m}^3 / (\text{h m}^2)$  wird in der CLIMPAQ und im Versuchsraum 2 eingehalten. In der CLIMPAQ beträgt die luftumströmte Fläche  $2,6 \text{ m}^2$  und im Versuchsraum 2 beträgt sie  $30,5 \text{ m}^2$ .

Wie bei den Untersuchungen im ersten Luftqualitätslabor werden auch für die Untersuchungen im Versuchsraum 2 des raumgroßen Luftqualitätslabors jeweils zwei Prüfstücke Rücken an Rücken gebracht und die Schnittkanten mit geruchsneutralem Aluminiumklebeband abgeklebt. Dadurch wird nur die Oberfläche des Materials luftumströmt, wodurch die Bedingungen im Referenzraum nachgestellt werden.

Das Produkt wird am ersten Tag nach Beladung durch eine Gruppe geschulte Prüfende bewertet. Die Probenluft aus der CLIMPAQ und aus dem Versuchsraum 1 wird den Prüfenden bei einem Trichtervolumenstrom von  $0,9$  bis  $1,0 \text{ l/s}$  zur direkten Bewertung dargeboten. Zur Bewertung des Geruchs werden nach dem Laborprüfverfahren der DIN ISO 16000-28 die empfundene Intensität (Kap 3.4.1.1) und die Hedonik (s. Kap. 3.4.1.2) gemessen.

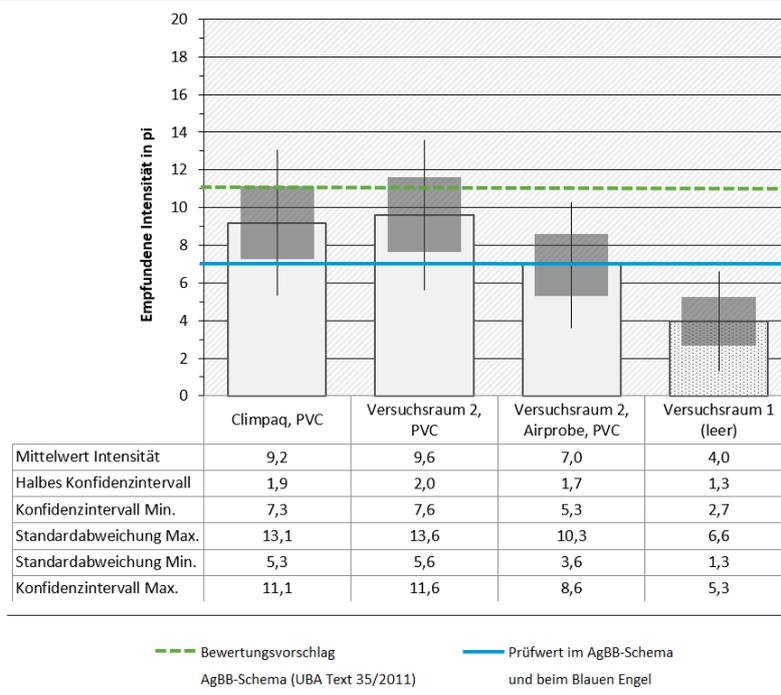
Zusätzlich zu der direkten Bewertung wird im Versuchsraum 2 das Probendarbietungssystem Airprobe (Müller, 2011) aufgestellt und eine Luftprobe in einem Probenbehälter aus Nalophan® gesammelt.

Um den Hintergrundgeruch des neuen Labors zu beurteilen, wird Versuchsraum 1, der ohne Beladung ist, geprüft. Gemäß DIN ISO 16000-28 muss der Hintergrundgeruch der Emissionsprüfkammer und des Probenpräsentationssystems  $\leq 3$  pi und der Hintergrundgeruch des Prüf- und Erholungsraumes  $\leq 4$  pi betragen. Dabei ist mit „Prüfraum“ der Raum gemeint, indem die Prüfenden die Bewertung durchführen.

Abbildung 51 zeigt, dass die empfundene Intensität der Luft aus der Prüfkammer (CLIMPAQ) und des Versuchsraums in etwa gleich wahrgenommen wird. Bei Anwendung der CLIMPAQ wird eine empfundene Intensität von 9,2 pi und im Versuchsraum von 9,6 pi ermittelt. Die Hedonik der Messungen ist in Abbildung 52 dargestellt und zeigt, dass diese mit -1,3 und -1,7 in der CLIMPAQ und im Versuchsraum etwa gleich gewertet wird. Die Vergleichsmessung durch Probenahme mit dem Airprobe in der Prüfkammer zeigt eine geringere empfundene Intensität von etwa 7,0 pi und die Hedonik wird mit -0,5 nur leicht unangenehm wahrgenommen. Die Messung des Hintergrundgeruchs des Versuchsraums 1 zeigt einen Wert von 4 pi. Er liegt damit nur geringfügig über dem Anforderungswert der DIN ISO 16000-28 von 3 pi. Interessant ist hierbei, dass hier die Luft eines ganzen Raumes bewertet wird, so dass die Anforderung von  $\leq 3$  pi auch sehr streng ist. Wenn man die Anforderung an den Prüf- und Erholungsraum von  $\leq 4$  pi ansetzt, so wäre der Hintergrundgeruch ausreichend niedrig in seiner empfundenen Intensität. Die Hedonik des leeren Versuchsraumes wird mit 0,2 neutral bewertet.

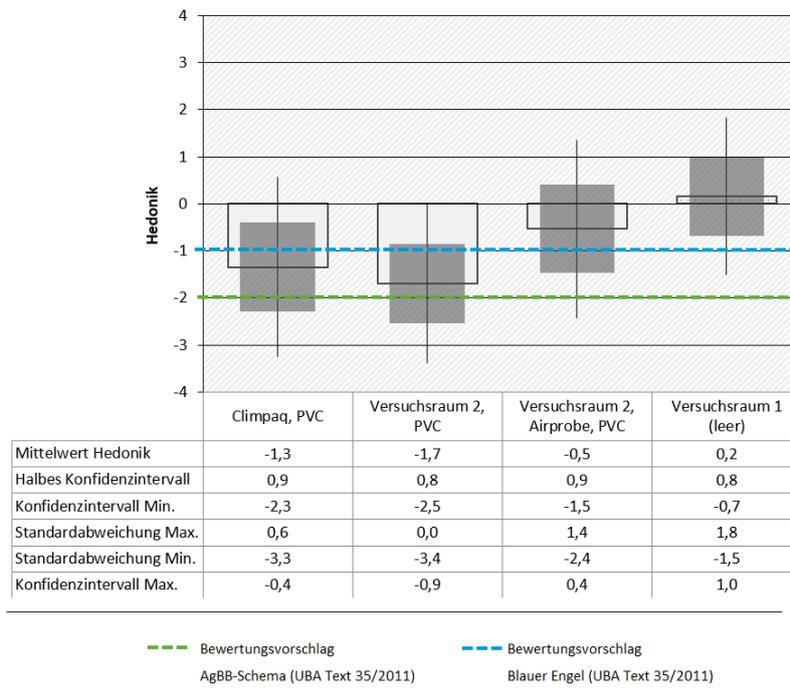
Die gute Übereinstimmung dieser ersten Ergebnisse zur direkten Bewertung von Probenluft aus der CLIMPAQ und aus der begehbaren Prüfkammer weisen auf eine prinzipielle Eignung des Labors hin.

**Abbildung 51: Empfundene Intensität des PVC-Bodenbelags HTW 23.003 aus Untersuchungen im ersten Luftqualitätslabor und im raumgroßen Labor (Versuchsraum 2)**



Quelle: HTW Berlin

**Abbildung 52: Hedonik des PVC-Bodenbelags HTW 23.003 aus Untersuchungen im ersten Luftqualitätslabor und im raumgroßen Labor (Versuchsraum 2)**



Quelle: HTW Berlin

## 10 Ausblick

Das Forschungsprojekt hat insgesamt zum Ziel, die Geruchsbelastung durch Bauprodukte in Innenräumen zu reduzieren, da dies einen Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Nutzenden in Innenräumen hat. Das Hauptziel des Projekts ist die Entwicklung von Anforderungen für den Blauen Engel bei großflächigen, innenraumrelevanten Produkten.

Die bestehenden Vergabekriterien des Blauen Engels beinhalten hinsichtlich der Geruchsprüfung meist freiwillige Anforderungen, außer bei textilen Bodenbelägen. Die Ergebnisse zeigen, dass verbindliche Anforderungen bei den Produktgruppen der elastischen Bodenbeläge und der holzbasierten Produkte eingeführt werden können. Bei den holzbasierten Produkten kann auch ein Zielwert von 7 pi verbindlich eingeführt werden. Bei den elastischen Bodenbelägen empfiehlt sich zunächst eine Prüfung mit Angabe des Zielwertes von 7 pi, wobei in einer ersten Laufzeit der Vergabekriterien auch solche Produkte den Blauen Engel erhalten können, die den Zielwert nicht erreichen. Dies kann so festgelegt werden, um Daten der Geruchsprüfung zu sammeln. Die Daten können in einem nächsten Forschungsprojekt oder vom UBA ausgewertet werden, um zu prüfen, ob eine verbindliche Einführung des Zielwertes möglich ist.

Die Zumutbarkeit von Bauproduktgerüchen sinkt mit steigender empfundener Intensität. Die vom AgBB vorläufig festgelegte Schwelle der empfundenen Intensität von 7 pi für die Zumutbarkeit von Bauproduktgerüchen und die Zulassung von Bauprodukten kann mit den Ergebnissen dieses Projektes bestätigt werden. Zwar wird mit den im Projekt untersuchten Produkten ein Wert von 9 pi ermittelt, jedoch wird dieser höhere Wert auf die Untersuchung von Holzprodukten zurückgeführt, die auch bei höheren Intensitäten in ihrer Hedonik oft als angenehm oder neutral bewertet werden. Die angenehme Hedonik von Holzprodukten und damit verbundene höhere Zumutbarkeit ist bislang noch gar nicht untersucht worden und sollte unbedingt Inhalt eines nächsten Projektes sein.

Die spezifische Enthalpie, beeinflusst durch Lufttemperatur und relative Feuchte, ist ein entscheidender Faktor bei der Beurteilung der Luftqualität. Wissenschaftliche Studien haben bereits gezeigt, dass Variationen der spezifischen Enthalpie Einfluss auf die Bewertung der Akzeptanz in Untersuchungen zur Luftqualität haben. Im vorliegenden Bericht wurde auch aufgezeigt, dass die spezifische Enthalpie Einfluss auf die empfundene Intensität mittels Acetondarbietung, hat. Dabei wurde bisher die spezifische Enthalpie durch Änderung der Lufttemperatur variiert. Die Änderung der Luftfeuchte konnte noch nicht untersucht werden, ist aber einer der Einflussfaktoren der spezifischen Enthalpie. Dazu sind der Aufbau und Umgang mit dem Vergleichsmaßstab anzupassen, sowie erweiterte Beschreibungen der Messabläufe und -bedingungen zu erstellen. Auch eine geplante Untersuchung von Vergleichsmaßstäben verschiedener Institute an der HTW Berlin kann nicht erfolgen. Insgesamt hätte eine Reihe von gemeinsamen Vor-Ort-Terminen geplant werden müssen, die wegen der Pandemie vermieden werden. Auch diese Untersuchungen sollten weitergeführt werden.

Das neue Luftqualitätslabor der HTW Berlin ermöglicht die Bewertung von Bauprodukten in standardisierten Innenräumen. Die Ergebnisse die in ersten Versuchen dieses Labors gezeigt werden, sind vergleichbar mit Bewertungen von Bauprodukten in Emissionsprüfkammern. Die Versuchsräume des Labors können mit unterschiedlichen Ausstattungen und unter verschiedenen Messbedingungen betrieben werden und stehen für weitere Messungen zur Verfügung.

## 11 Quellenverzeichnis

AgBB (2021): Anforderungen an die Innenraumluftqualität in Gebäuden: Gesundheitliche Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VVOC, VOC und SVOC) aus Bauprodukten.

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/agbb\\_bewertungsschema\\_2021.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/dokumente/agbb_bewertungsschema_2021.pdf) (Datum des letzten Aufrufs: 30.11.2023)

ALM (2011): Herausgeber: Fa. Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH, 83607 Holzkirchen; ALMEMO® Handbuch. 9. Überarbeitete Auflage. Holzkirchen 2011

Böttcher, O. (2003): Experimentelle Untersuchungen zur Berechnung der Empfundenen Luftqualität. Dissertation. Technische Universität, Berlin. VDI-Verlag. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 15, Umwelttechnik, 243

Brandt, S. (im Druck): Sensorische Prüfung von Bauprodukten - Weiterentwicklung der Probendarbietung und Vereinfachung des Messverfahrens. Dissertation. Kooperative Promotion der Hochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin und der Technischen Universität, Berlin.

DE-UZ 12a, 38, 76, 102, 113, 117, 119, 120, 123, 128, 132, 148, 156, 176, 198: Blauer Engel Vergabekriterien. RAL gGmbH. <https://www.blauer-engel.de/de/zertifizierung/vergabekriterien> (Datum des letzten Aufrufs: 15.01.2024).

DIBt (2015): Laborhandbuch der sachverständigen Prüfstellen des Gesundheitsschutzes und der PÜZ-Stellen 51/2. Prüf- und Messverfahren für die gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten. DIBt, Referat für Gesundheitsschutz und Innenraumhygiene. Berlin 02/2015

DIN EN 16516 (2020): Bauprodukte - Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen - Bestimmung von Emissionen in die Innenraumluft. Beuth Verlag. Berlin 10/2020

DIN EN ISO 16000-9 (2008): Innenraumluftverunreinigungen - Teil 9 Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen - Emissionsprüfkammer-Verfahren. Beuth Verlag. Berlin 04/2008

DIN EN ISO 16000-11 (2006): Innenraumluftverunreinigungen - Teil 11: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen - Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke. Beuth Verlag. Berlin 06/2006

DIN ISO 16000-28 (2021): Innenraumluftverunreinigungen - Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer. Beuth Verlag. Berlin 11/2021

DIN ISO 16000-3 (2013): Innenraumluftverunreinigungen - Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen in der Innenraumluft und in Prüfkammern - Probenahme mit einer Pumpe. Beuth Verlag. Berlin 01/2021

DIN ISO 16000-6 (2012): Innenraumluftverunreinigungen - Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf Tenax TA®, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS oder MS-FID. Beuth Verlag. Berlin 11/2012

Energiedaten (2019): Energiedaten Gesamtausgabe vom BMWI, 2019.

<http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>

European Commission. A European Green Deal. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en) (Datum des letzten Aufrufs: 16.01.2024).

Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), EPBD. *Official Journal*, L 153, 13-35. ELI: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/>.

Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC; Text with EEA relevance. Official Journal, L 315/1. ELI: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2012/27/>

Fang, L. (1997): Impact of temperature and humidity on perceived indoor air quality. Dissertation. Dänemark, Inst. for Energiteknik, Technical University of Denmark.

Fang, L.; Clausen, G.; Fanger, P. O. (1998): Impact of Temperature and Humidity on Perception of Indoor Air Quality During Immediate and Longer Whole-Body Exposures. Indoor Air. Dänemark, Center for Indoor Environment and Energy, Department of Energy Engineering, Technical University of Denmark. Indoor Air 1998 Vol. (8), S. 276–284. Online Veröffentlicht 2004: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.1998.00008.x>

GUT (2020): GUT Prüfkriterien 2020. Kapitel 1.3: Geruch. Gemeinschaft umweltfreundlicher Teppichboden e.V. [https://gut-prodis.eu/media/attachments/2021/03/02/gut-kriterien\\_2020\\_final\\_de.pdf](https://gut-prodis.eu/media/attachments/2021/03/02/gut-kriterien_2020_final_de.pdf) (Datum des letzten Aufrufs: 30.11.2023)

Knigge, A. (2023): Optimierung der Kälteversorgung für die Teilprozesse der Kühlung und Entfeuchtung in einer Minatur-Raumlufttechnischen-Anlage. Bachelorarbeit. Hochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin. 03/2023.

Müller, B.; Panašková, J.; Danielak, M.; Horn, W.; Jann, O.; Müller, D. (2011): Sensorische Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten - Integration in die Vergabegrundlagen für den Blauen Engel und das Bewertungsschema des Ausschusses zur Gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. UBA-Texte 35/2011. Download unter: URL: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sensorische-bewertung-emissionen-aus-bauprodukten>

Müller, B.; Mertes, A.; de Lima Vasconcelos, S.; Jann, O.; Horn, W.; Brosig, L. (2016): Emissions- und geruchsarme Bauprodukte für energieeffiziente Gebäude – Entwicklung von Anforderungen und Konzepten für den Blauen Engel aus Klimaschutzsicht. Umweltbundesamt, Dessau Roßlau. UBA-Texte 36/2016. Download unter: URL: <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/innenraumluftqualitaet-nach-einbau-von-bauprodukten>

Müller, B.; Mertes, A.; de Lima Vasconcelos, S.; Jann, O.; Horn, W.; Brosig, L. (2019): Emissions- und geruchsarme Bauprodukte für energieeffiziente Gebäude - Entwicklung von Anforderungen und Konzepten für den Blauen Engel aus Klimaschutzsicht. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. UBA-Texte 92/2019. Download unter: URL: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-08-20-texte\\_92-2019\\_emissionsarme-bauprodukte\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-08-20-texte_92-2019_emissionsarme-bauprodukte_0.pdf)

NT BUILT 482 (1998): Norttest Method Building materials: Emission testing using the CLIMPAQ. NORDTEST. ISSN 0283-7153. Espoo, Finnland

Panašková, J. (2012): Olfaktorische Bewertung von Emissionen aus Bauprodukten [Dissertation]. Aachen: RWTH Aachen; 2012. Download unter: URL: <https://publications.rwth-aachen.de/record/211587/files/4528.pdf>.

RAL-GZ 430, 01-2022: Allgemeine Güte- und Prüfbestimmungen für Möbel - Gütesicherung. Deutsche Gütegemeinschaft Möbel e.V..

SNV 195651 (1968): Textilien; Bestimmung der Geruchsentwicklung von Ausrüstungen (Sinnenprüfung). Beuth Verlag. Berlin 09/2015 (SNR 195651 ist bis auf eine Änderung des Layouts identisch mit SNV 195651:1968

Umweltbundesamt: 2022: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#endenergieverbrauch-der-privaten-haushalte>

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (ABl. L 353 vom 31. Dezember 2008, S. 1-1355). Zuletzt geändert ABl. L 176 S.6 vom 11. Juli 2023

VDA 270 (2022): Bestimmung des Geruchsverhaltens von Werkstoffen der Kraftfahrzeug-Innenausstattung.  
<https://www.vda.de/de> (Datum des letzten Aufrufs: 30.11.2023)

VDI 4301, Blatt 7 (2018). Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messen von Carbonsäuren. VDI/DIN.  
Düsseldorf 10/2018

VDI 4302, Blatt 1 (2015): Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien -  
Grundlagen. VDI/DIN. Düsseldorf 04/2015

## A Ergebnisse der Geruchs- und VOC-Messungen für elastische Fußbodenbeläge

In diesem Anhang werden die einzelnen Ergebnisse der Geruchs- und VOC-Messungen für die Produktgruppe der elastischen Bodenbeläge gezeigt. Die Durchführung der Messungen wird in Kap. 5 beschrieben.

Für jedes Produkt erfolgt die Darstellung nach dem folgenden Schema. Die Beschreibung der Darstellung ist auch in Kap. 5.4.1 beschrieben

- ▶ 1. Abbildung zur Bewertung der empfundenen Intensität
- ▶ 2. Abbildung zur Bewertung der Hedonik
- ▶ 3. Tabelle mit den Emissionswerten der VOC und Auswertung nach dem AgBB-Schema und dem Blauen Engel
- ▶ 4. Tabelle mit den VOC-Konzentrationen der Einzelsubstanzen
- ▶ 5. Textliche Auswertung

**Im Folgenden wird die Darstellung der Abbildungen zur empfundenen Intensität und Hedonik erläutert:**

Die Produkte werden an den Tagen 3, 7, 14 und 28 nach Beladung der Emissionsprüfkammer sensorisch hinsichtlich ihrer empfundenen Intensität und Hedonik untersucht. Die Ergebnisse sind jeweils in einer Grafik dargestellt. Die Höhe der hellgrauen Balken zeigt den ermittelten Mittelwert. Der dunkelgraue Kasten zeigt die Breite des jeweilig ermittelten Konfidenzintervalls an. Die senkrechte Linie zeigt die Standardabweichung an. In der Wertetabelle sind neben dem Mittelwert, dem halben Konfidenzintervall und der Standardabweichung auch die minimalen und maximalen Werte für das Konfidenzintervall und die Standardabweichung angegeben.

In beiden Diagrammen sind jeweils eine blaue und eine grüne Linie eingezeichnet. Die Linien werden im Folgenden erläutert:

- ▶ Die blaue Linie auf der Höhe von 7 pi in den Abbildungen zur Bewertung der empfundenen Intensität entspricht dem vorläufigen Prüfwert für die sensorische Bewertung im Rahmen des AgBB-Schemas und den Anforderungen an die Geruchsprüfung beim Blauen Engel
- ▶ Die grüne, gestrichelte Linie auf der Höhe von 11 pi in der Abbildung zur Bewertung der empfundenen Intensität entspricht einem ersten Bewertungsvorschlag für das AgBB-Schema. In einem Forschungsprojekt UBA Texte 35/2011 (Müller, 2011) wurde ermittelt, dass bei diesem Wert 50 % einer großen, ungeschulten Personengruppe einen Geruch als unzumutbar wahrnehmen. Der Wert wurde dem AgBB vorgeschlagen, wurde jedoch als zu hoch angesehen.
- ▶ Die gestrichelten Linien in der Abbildung zur Bewertung der Hedonik waren entsprechend erste Vorschläge zur Bewertung der Hedonik. Bei -1 zur Bewertung für den Blauen Engel und bei -2 zur Bewertung im Rahmen des AgBB-Schemas. Diese Prüfwerte sind weder Teil des AgBB-Schemas, noch des Blauen Engels.

Die gestrichelten Linien dienen damit in diesem Projekt nur als Orientierung für die Interpretation der Ergebnisse. Sie wurden im Forschungsprojekt UBA Texte 35/2011 (Müller 2011) entwickelt und waren erste Bewertungsvorschläge für die sensorische Prüfung im Rahmen des AgBB-Schemas und des Blauen Engels.

**Im Folgenden wird die Darstellung der Ergebnisse der VOC-Messungen erläutert:**

Die in Anhang A und B befindlichen Tabellen „Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema“ enthalten die wesentlichen Angaben der AgBB-Auswertung. Die untersuchten Produkte haben in keinem Fall die Vorgaben des AgBB-Schemas am 3. Tag erreicht. Daher konnten die Grenzen des potentiellen Abbruchs der Messungen nach 3 bzw. 7 Tagen, wie sie vom DIBt in der Auswertung hinterlegt sind, in den Tabellen eingesetzt werden. Entsprechend werden die VOC-Emissionen bewertet. Angegeben sind die jeweils vom AgBB festgelegten Kriterien (TVOC, Summe SVOC oder nicht NIK, R-Wert, Kanzerogene und Formaldehyd). Diese gelten allerdings mit anderen Grenzwerten auch für die Emissionsbewertung im Rahmen des Blauen Engels. Die Bewertungen danach sind im unteren Teil dieser Tabellen angegeben. Wenn der Abbruch zu dem jeweiligen Zeitpunkt (3., 7. oder 28. Tag) nicht möglich war ist dies mit den Worten „nicht möglich“ angegeben. In der letzten Spalte: „28 Tage Bestanden?“ wird im Falle einer Überschreitung des Wertes nur im Falle eines negativen Ergebnisses ein „nein“ eingetragen. In Tabelle 11 werden die Grenzwerte angegeben, nach denen diese Tabellen erstellt werden. Mathematisch gilt, dass ein Wert von 0,1 noch Werte bis 0,149 zulässt und einer von 1,0 noch solche bis 1,049, da die Werte gerundet bewertet werden. In der zweiten VOC-Tabelle pro Material sind die Konzentrationen an den Messtagen (1, 3, 7 und 28) angegeben.

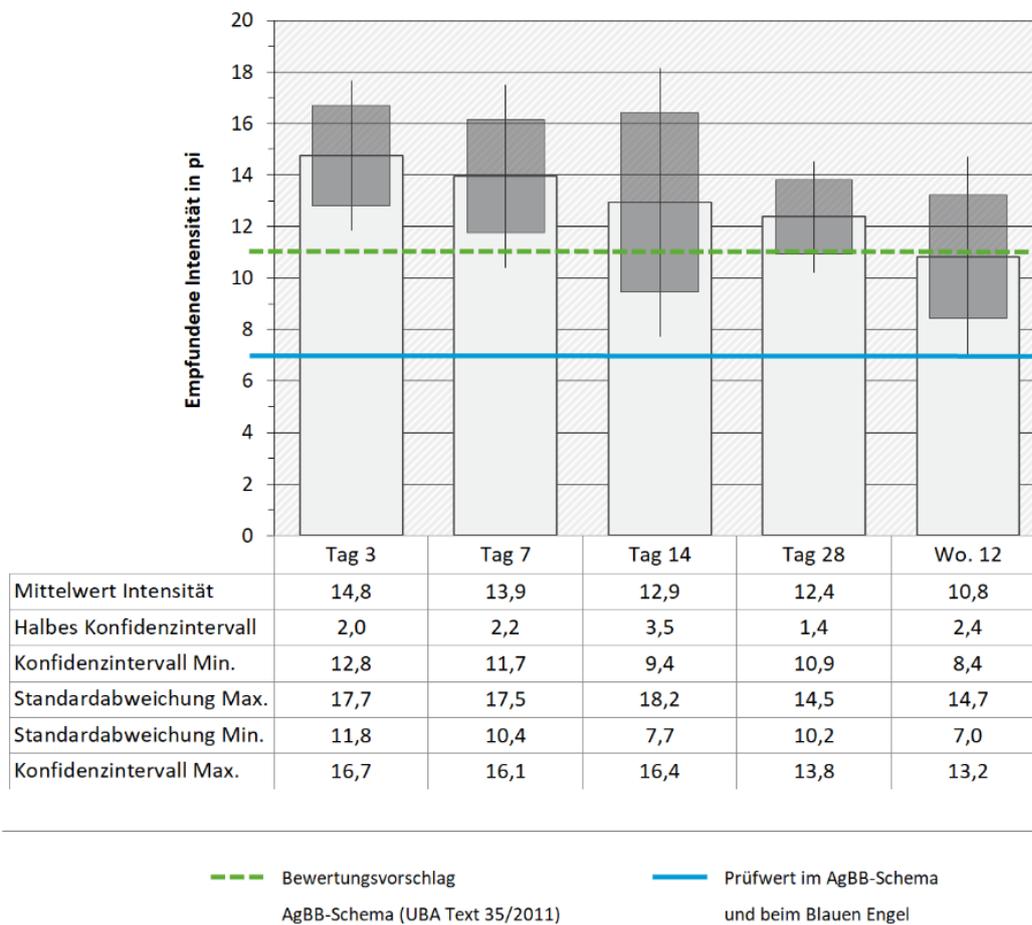
**Tabelle 11: Grenzwerte für AgBB und „Blauer Engel“. Beim „Blauen Engel“ gelten die Werte „3 Tage max“ für die, die am 3. Tag eingehalten werden müssen. Ansonsten muss für einen vorzeitigen Abbruch nach 3 oder 7 Tagen die jeweiligen Werte erfüllt werden.**

		3 Tage	7 Tage	28 Tage
AgBB	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> ) mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,5	1,0
	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> ) mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,05	0,1
	R (dimensionslos)	0,5	0,5	1
	Σ VOC o. NIK mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,05	0,1
	Σ Cancerogene mg/m <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001
	Formaldehyd mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,06	0,12
		<b>3 Tage max</b>	<b>7 Tage</b>	<b>28 Tage</b>
„blauer Engel“ elastische Bodenbeläge (DE-UZ120)	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> ) µg/m <sup>3</sup>	≤ 1000	300	300
	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> ) µg/m <sup>3</sup>		30	30
	R (dimensionslos)		1	1
	Σ VOC o. NIK µg/m <sup>3</sup>		100	100
	Σ Cancerogene µg/m <sup>3</sup>	10	1	1
Formaldehyd µg/m <sup>3</sup>		60	60	
		<b>3 Tage max</b>	<b>7 Tage</b>	<b>28 Tage</b>
„blauer Engel“ Bodenbeläge aus	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> ) mg/m <sup>3</sup>	≤ 3	0,3	0,3
	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> ) mg/m <sup>3</sup>		0,1	1,0

		3 Tage	7 Tage	28 Tage
Holz und Holzwerkstoffen (DE-UZ176)	R (dimensionslos)		1	1
	$\Sigma$ VOC o. NIK mg/m <sup>3</sup>		0,1	0,1
	$\Sigma$ Cancerogene $\mu$ g/m <sup>3</sup>	10	1	1
	Formaldehyd $\mu$ g/m <sup>3</sup>		60	60
	Ammoniak mg/m <sup>3</sup>		0,1	0,1

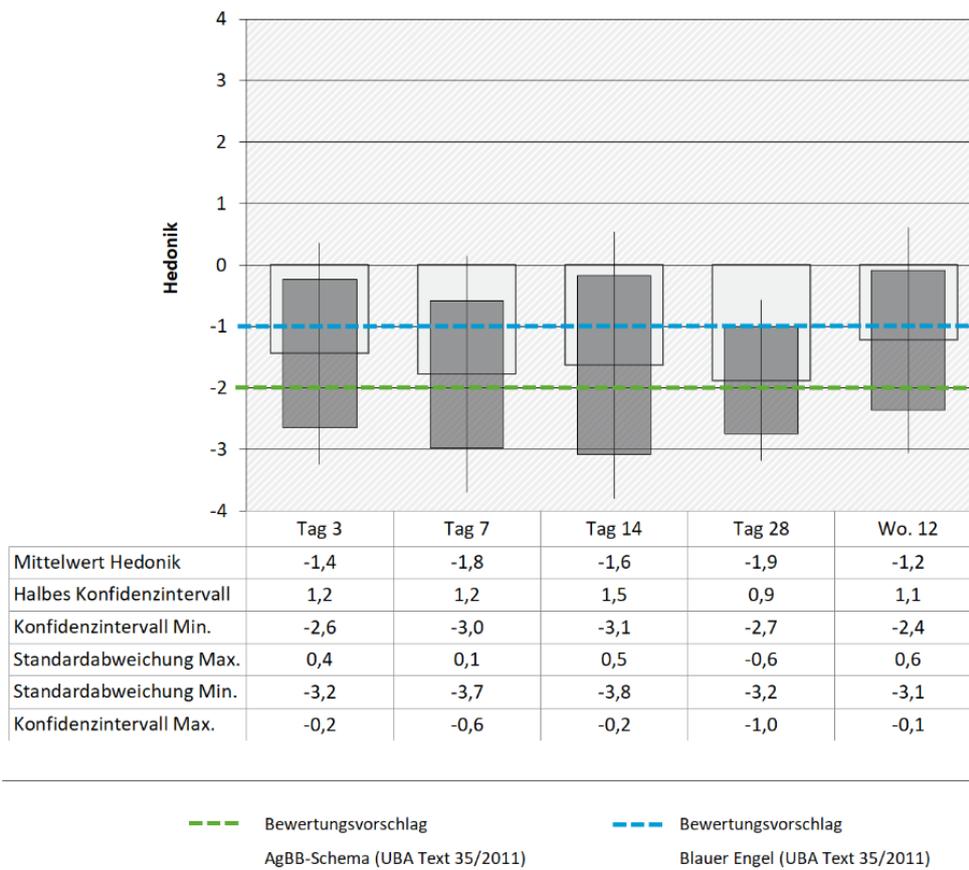
### A.1 HTW 19.005 PVC

Abbildung 53: Empfundene Intensität der Probe 19.005, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 54: Hedonik der Probe 19.005, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Tabelle 12: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.005, PVC

	AgBB-Schema HTW 19.005	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	503	nicht möglich	476		268	
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	83	nicht möglich	76	nicht möglich	54	
[C]	R (dimensionslos)	1,118	nicht möglich	1,058	nicht möglich	0,596	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	20		0		16	
[H]	Formaldehyd	0				0	

	Blauer Engel HTW 19.005	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	503	nicht möglich	476		268	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	83	nicht möglich	76	nicht möglich	54	nein
[C]	R (dimensionslos)	1,118	nicht möglich	1,058	nicht möglich	0,596	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	20		0		16	
[H]	Formaldehyd	0				0	

Tabelle 13: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 19.006, PVC

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
Benzene, (1-butylhexyl)-		72	64	59	29
Benzene, (1-propylheptyl)-		53	48	45	22
Benzene, (1-ethyloctyl)-		46	40	38	20
Benzene, (1-methylnonyl)-		33	32	30	15
Benzene, (1-pentylhexyl)-		45	42	40	23
Benzene, (1-butylheptyl)-		74	69	65	38
Benzene, (1-propyloctyl)-		52	50	48	28
Benzene, (1-ethylnonyl)-		40	39	38	22
Benzene, (1-methyldecyl)-		28	28	27	16
Benzene, (1-pentylheptyl)-		31	30	29	18
Benzene, (1-butylloctyl)-		28	28	26	17
Benzene, (1-propylnonyl)-		19	19	17	12
Benzene, (1-ethyldecyl)-		14	14	14	8
Ester Unbekannt SVOC		12	12	12	8
Ester Unbekannt SVOC		16	16	15	11
Ester Unbekannt SVOC		22	22	20	14
Ester Unbekannt SVOC		14	14	12	9

Dieser PVC-Bodenbelag wird zusätzlich zu den Messtagen 3, 7, 14 und 28 nach 12 Wochen sensorisch bewertet, um zu prüfen, ob ein Abklingverhalten zu erkennen ist.

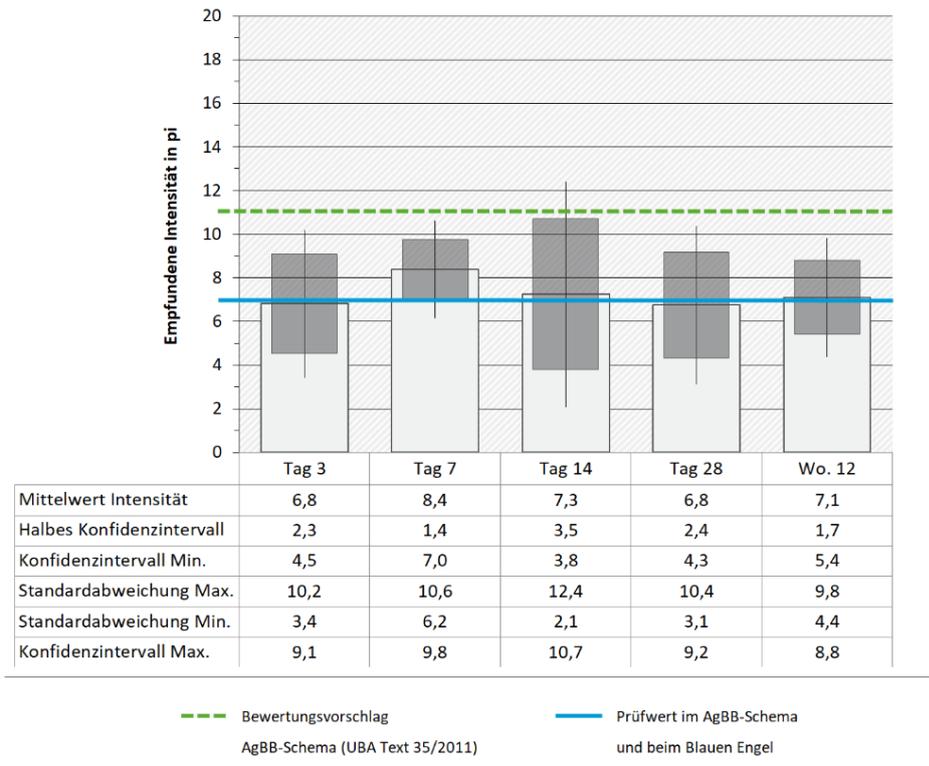
Der Mittelwert der empfundenen Intensität liegt mit 12,4 pi am 28. Tag deutlich über dem vorläufig festgelegten Prüfwert des AgBB-Schemas von 7 pi. Ab Tag 7 zeigt das Produkt ein leichtes Abklingverhalten, wobei jedoch auch nach 12 Wochen noch eine empfundene Intensität von 10,8 pi gemessen wird.

Die Hedonik des Produktes wird mit Werten zwischen -1,2 und -1,9 als ziemlich unangenehm bewertet. Am Messtag nach 12 Wochen wird die beste Hedonik erreicht.

Zahlreiche Alkyl-Aromaten (C<sub>8</sub> bis C<sub>10</sub>-Kettenlänge) emittieren aus dem Material, führen aber nicht zu einer Überschreitung des potentiellen Zielwertes (PVCs werden nicht gemäß Blauen Engel bewertet). Allerdings sind es alles VOCs, die im oberen Spektrum der VOC anzusiedeln sind und eher längerfristig emittieren werden.

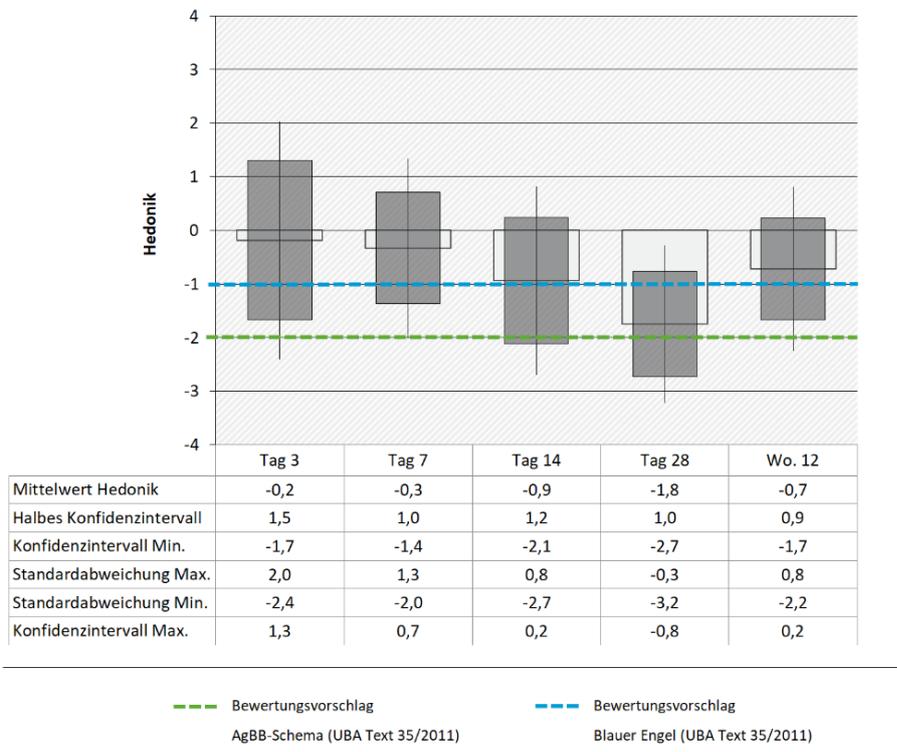
## A.2 HTW 19.006 PVC

Abbildung 55: Empfundene Intensität der Probe 19.006, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 56: Hedonik der Probe 19.006, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 14: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.006, PVC**

	AgBB-Schema HTW 19.006	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	50		39		12	
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	20		15		28	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	50		39		12	
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	0				0	

	Blauer Engel HTW 19.006	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	50		39		12	
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	20		15		28	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	50		39		12	
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	0				0	

**Tabelle 15: VOC-Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  der Probe 19.006, PVC**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
Formamide/Isopropyl Alcohol	75-12-7	82	50	39	12
Benzoic acid, undecyl ester	6316-30-9	6	7	6	11
Ester		5	5	5	8

Dieser PVC-Bodenbelag wird zusätzlich zu den Messtagen 3, 7, 14 und 28 nach 12 Wochen sensorisch bewertet, um zu prüfen, ob ein Abklingverhalten zu erkennen ist.

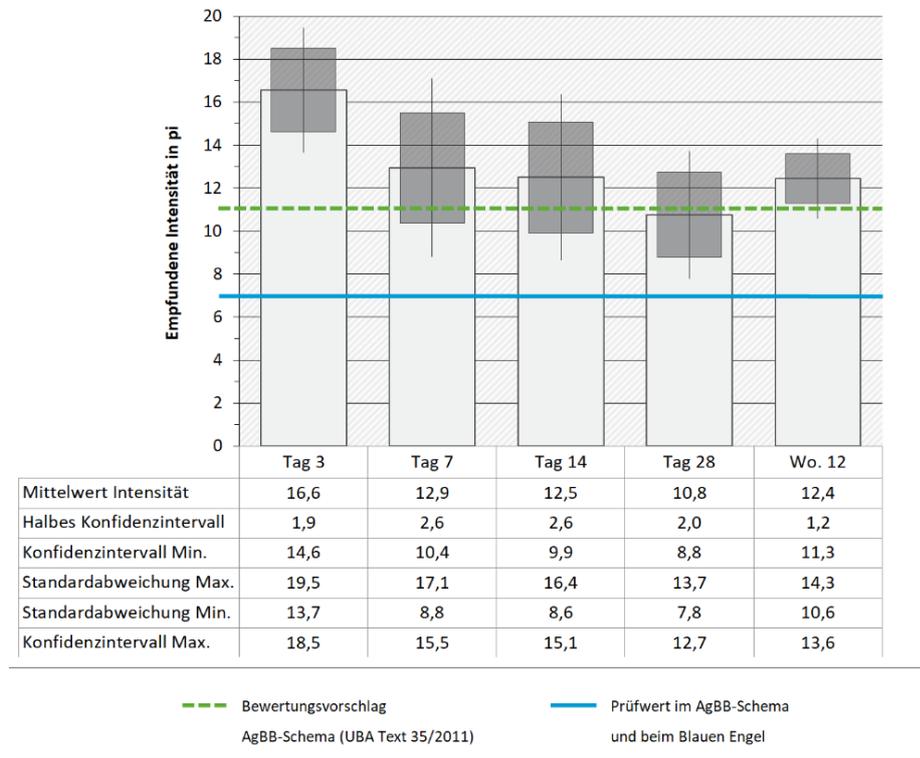
Die empfundene Intensität des Belags wird von den Prüfenden als in etwa halb so stark bewertet wie die empfundene Intensität des PVC-Belags 19.005. Die Geruchsbewertung würde die Empfehlungen des AgBB-Schemas und des Blauen Engels für textile Bodenbeläge erfüllen.

Die Hedonik wird an zwei Messtagen mit Werten von -1,4 und -1,7 als recht unangenehm bewertet. An den anderen Messtagen ist die Hedonik mit Werten von -0,8 bis -0,9 nur leicht unangenehm und im üblichen Bereich für Bauprodukte.

Es werden nur niedrige VOC-Konzentrationen ermittelt, am ehesten noch im SVOC-Bereich.

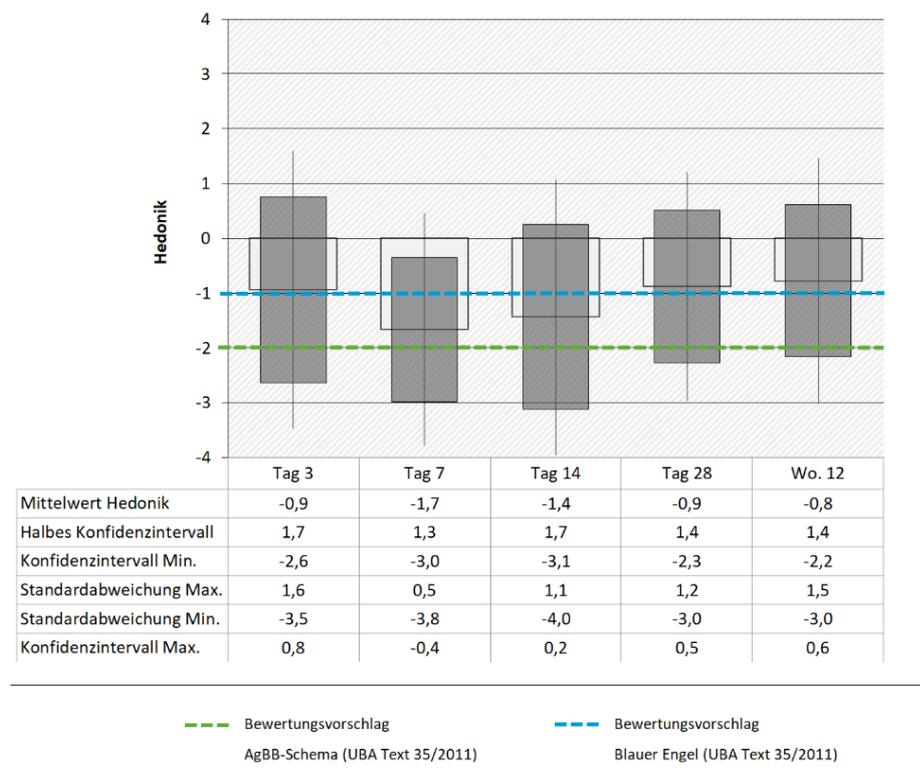
### A.3 HTW 19.007 Kork

Abbildung 57: Empfundene Intensität der Probe 19.007, Kork



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 58: Hedonik der Probe 19.007, Kork



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 16: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.007, Kork**

	AgBB-Schema HTW 19.007	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	889	nicht möglich	474		12	
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		28	
[C]	R (dimensionslos)	0,327		0,134		0,000	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	441	nicht möglich	267	nicht möglich	12	
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	20		0		0	
[H]	Formaldehyd	0				0	

	Blauer Engel HTW 19.007	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	889	nicht möglich	474	nicht möglich	12	nein
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		28	
[C]	R (dimensionslos)	0,327		0,134		0,000	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	441		267	nicht möglich	12	nein
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	20		0		0	
[H]	Formaldehyd	0				0	

**Tabelle 17: VOC-Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  der Probe 19.007, Kork**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Essigsäure	64-19-7	16	210	12	160	4
Ethylenglykol-monobutylether	111-76-2	570	220	180	82	60
Phenol	108-95-2	2	2	2	<BG	<BG
2-Propanol, 1-(2-methoxy-1-methylethoxy)-	20324-32-7	41	17	11	<BG	<BG

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Unbekannt		41	18	11	<BG	<BG
Unbekannt		130	45	30	19	15
2-Propanol, 1-(2-methoxypropoxy)-	13429-07-7	110	43	26	9	7
Unbekannt		170	58	39	22	18
Ethanol, 1-(2-butoxyethoxy)-	54446-78-5	470	260	150	54	31
Butyldiglykolacetat	124-17-4	12	7	5	2	3
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4,7-diol	126-86-3	8	11	10	8	10

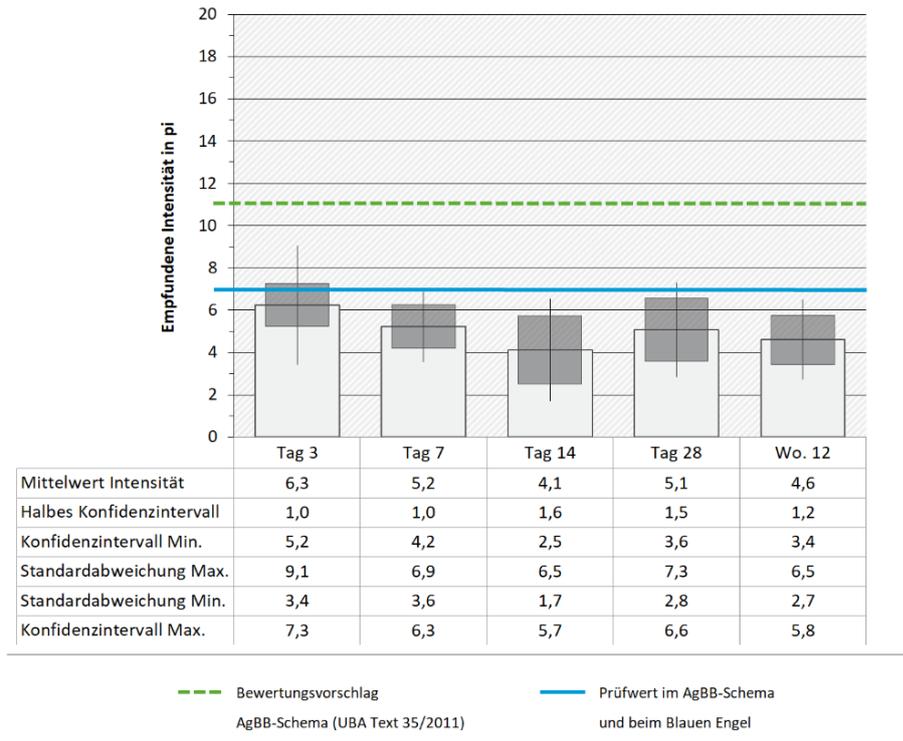
Dieser Korkboden wird zusätzlich zu den Messtagen 3, 7, 14 und 28 nach 12 Wochen sensorisch bewertet, um zu prüfen, ob ein Abklingverhalten zu erkennen ist.

Mit einer empfundenen Intensität von 16,6 pi weist der Korkboden am 3. Messtag eine sehr hohe Intensität auf, welche am 7. Messtag etwas abgeklungen ist. Mit Werten zwischen etwa 11 und 13 pi ist die empfundene Intensität ab dem 7. Messtag bis zur 12. Woche als etwa gleichbleibend anzusehen. Die Hedonik wird mit Werten von etwa -1 bis -1,7 als unangenehm wahrgenommen.

Dieses Produkt überschreitet die Kriterien des Blauen Engels. An den Emissionen kann man ablesen, dass es sich im Wesentlichen um Emissionen aus der Beschichtung des Korkbodens handelt. Die Essigsäure wird am 3. und 28. Tag in der BAM jeweils mit einer spezifischen Methode bestimmt. Daher die deutlich höheren Werte als die mit Tenax ermittelten.

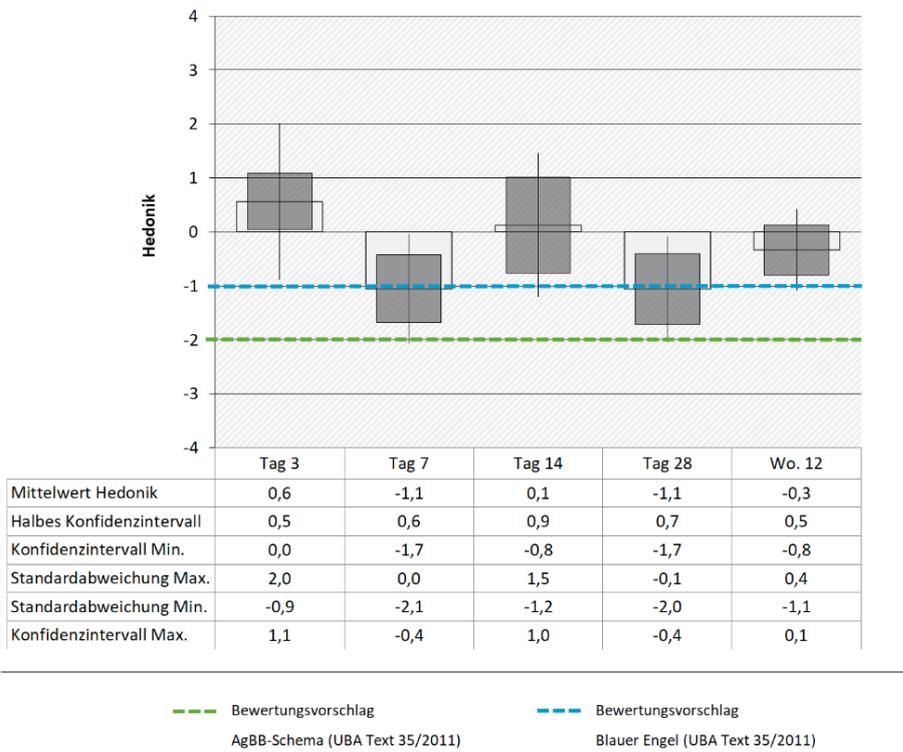
## A.4 HTW 19.008 PVC

Abbildung 59: Empfundene Intensität der Probe 19.008, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 60: Hedonik der Probe 19.008, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 18: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.008, PVC**

	AgBB-Schema HTW 19.008	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	8		7		0	
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,027		0,023		0,000	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	0				0	

	Blauer Engel HTW 19.008	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	8		7		0	
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0		0		0	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	0				0	

**Tabelle 19: VOC-Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  der Probe 19.008, PVC**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
Phenol	108-95-2	5	4	4	3
1-Hexanol, 2-ethyl-	104-76-7	11	8	7	4

Dieser PVC-Bodenbelag wird zusätzlich zu den Messtagen 3, 7, 14 und 28 nach 12 Wochen sensorisch bewertet, um zu prüfen, ob ein Abklingverhalten zu erkennen ist.

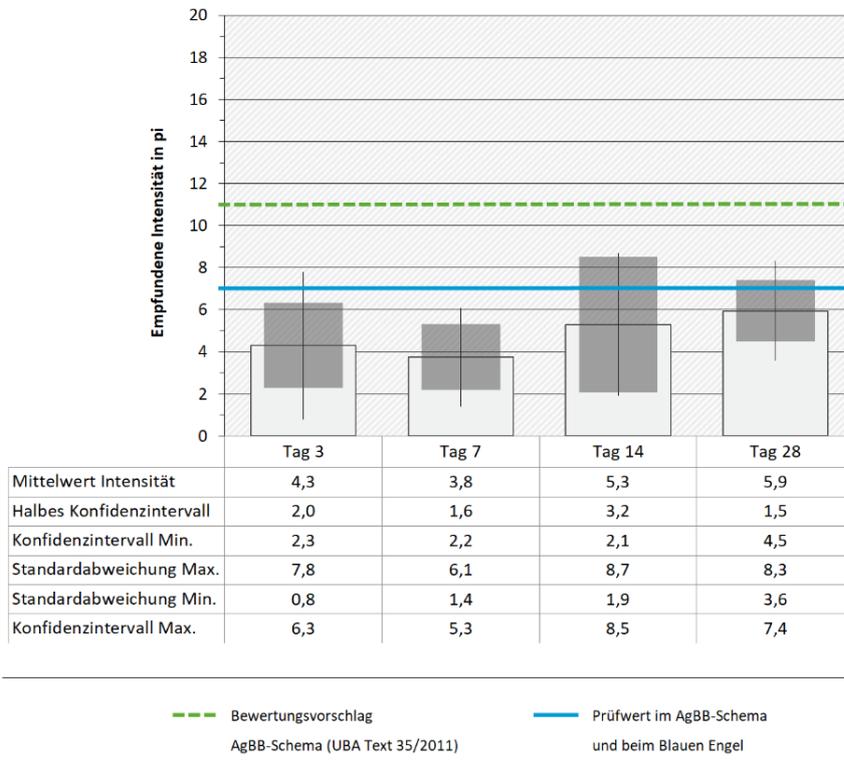
Die empfundene Intensität der Probe erreicht mit Werten von  $\leq 7$  pi an allen Messtagen die Empfehlung des AgBB-Schememas. Bis zum 14. Messtag ist ein Abklingverhalten zu erkennen, wobei es am 28. Tag einen Anstieg gibt, der jedoch im Bereich der Toleranz des Messverfahrens liegt.

Die Hedonik wird an zwei Messtagen als leicht angenehm, an einem Messtag als leicht unangenehm und an zwei Messtagen als unangenehm bewertet. Insgesamt wird das Produkt damit sehr neutral bewertet.

Es werden keine VOC oberhalb der BG ermittelt.

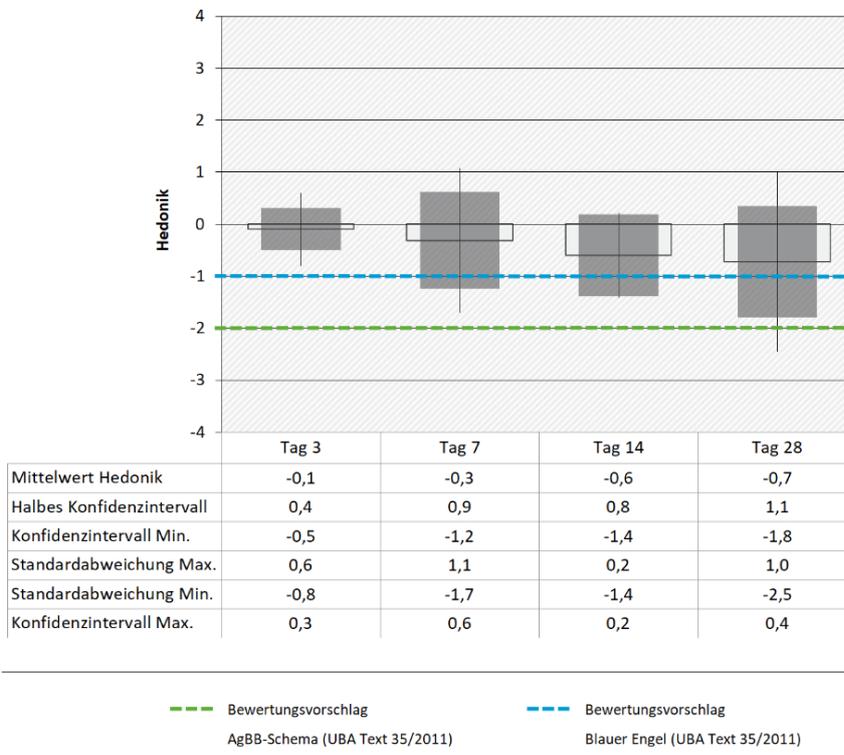
## A.5 HTW 19.009 PVC

Abbildung 61: Empfundene Intensität der Probe 19.009, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 62: Hedonik der Probe 19.009, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 20: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.009, PVC**

	AgBB-Schema HTW 19.009	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		0	
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	n.n.		0		n.n.	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

	Blauer Engel HTW 19.009	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		0	
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	n.n.		0		n.n.	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

Da keine Emissionen nachweisbar waren, entfällt die Tabelle zu den VOC-Konzentrationen der Einzelwerte.

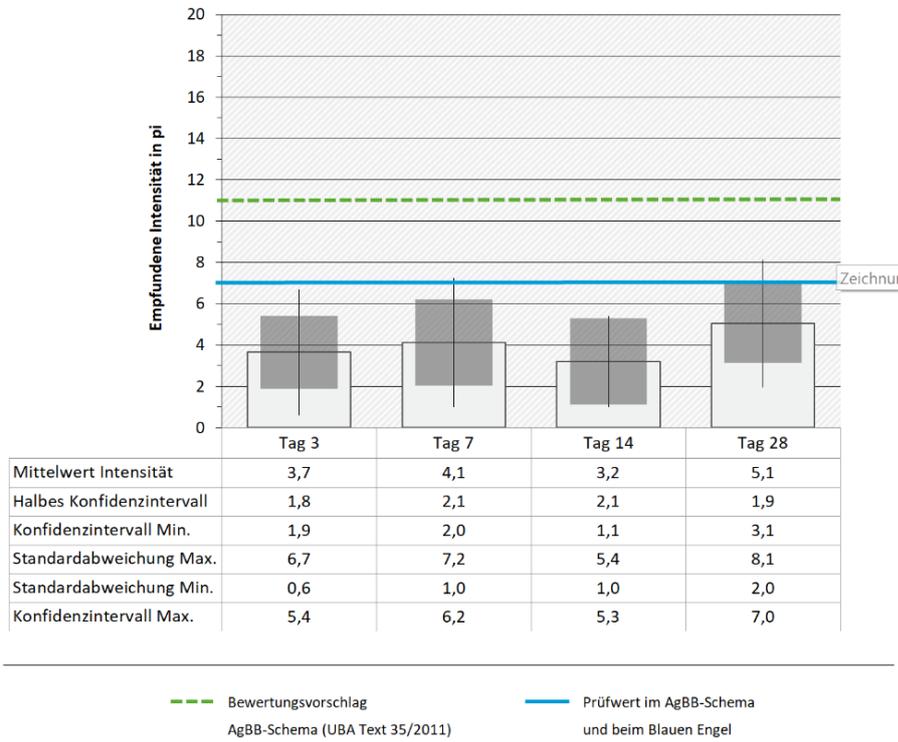
Das Produkt wird an allen Messtagen mit Werten zwischen 4,3 und 5,9 pi als wenig intensiv bewertet. Mit Werten für die Hedonik zwischen -0,1 und -0,7 wird das Produkt als neutral bis leicht unangenehm bewertet.

An Messtag 14 nach Beladung nahmen aufgrund gehäufte Krankheitsfälle mit nur 5 Prüfenden zu wenige Prüfende an den sensorischen Messungen teil. Der geforderte 90 %-Vertrauensbereich für die empfundene Intensität konnte an diesem Messtag nicht eingehalten werden. Der Mittelwert dieses Messtages ist jedoch vergleichbar mit den Mittelwerten der anderen Messtage.

Es werden keine VOC oberhalb der BG ermittelt.

## A.6 HTW 19.010 Kunststoff

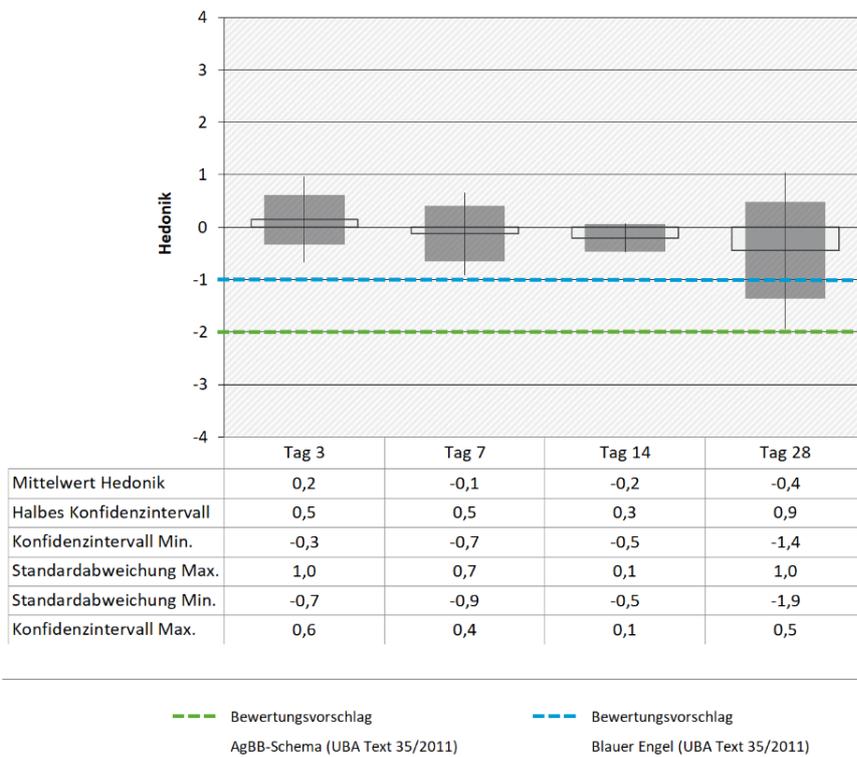
Abbildung 63: Empfundene Intensität der Probe 19.010, Kunststoff



S

Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 64: Hedonik der Probe 19.010, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 21: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.010, Kunststoff**

	AgBB-Schema HTW 19.010	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		0	
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	30		0		0	
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	n.n.		0		n.n.	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 19.010	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbruch	Ergebnisse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		0	
[B]	$\Sigma$ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	$\Sigma$ VOC o. NIK	30		0		0	
[E]	$\Sigma$ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	n.n.		0		n.n.	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 22: VOC-Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  der Probe 19.010, Kunststoff**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
1-Hexanol-2ethyl	104-76-7	2	3	2	2

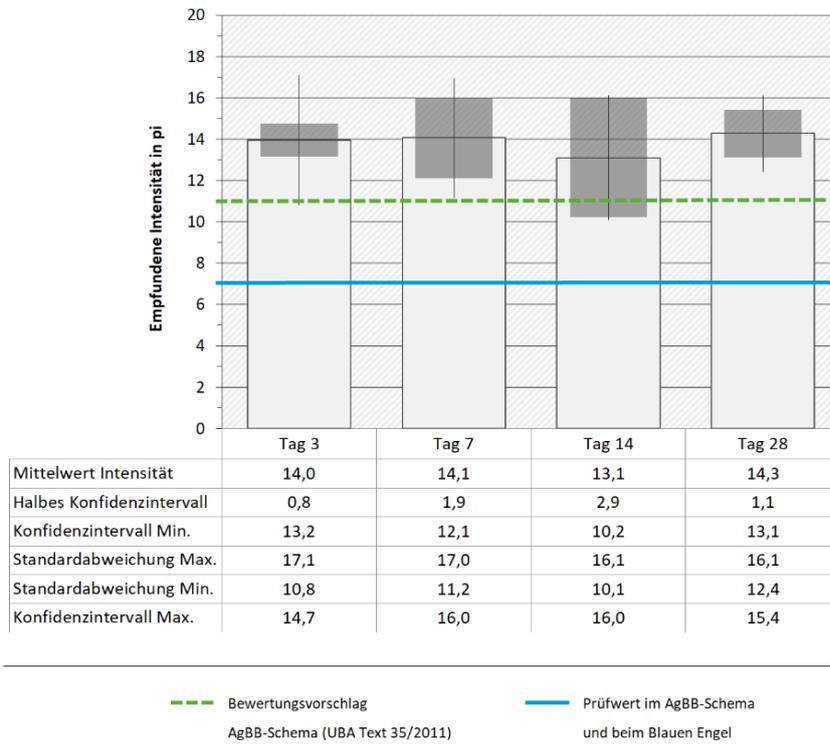
Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28. Mit Bewertungen zwischen 3,7 pi und 5,1 pi wird das Produkt wenig intensiv wahrgenommen. Die Hedonik kann mit Werten zwischen 0,2 und -0,4 als neutral betrachtet werden.

An Messtag 14 nach Beladung nahmen aufgrund gehäufte Krankheitsfälle mit nur 5 Prüfenden zu wenige an den sensorischen Messungen teil. Der geforderte 90 %-Vertrauensbereich für die empfundene Intensität wird mit 2,1 dennoch nur knapp verfehlt. Der Mittelwert dieses Messtages ist vergleichbar mit den Mittelwerten der anderen Messtage.

Es werden keine VOC oberhalb der BG ermittelt.

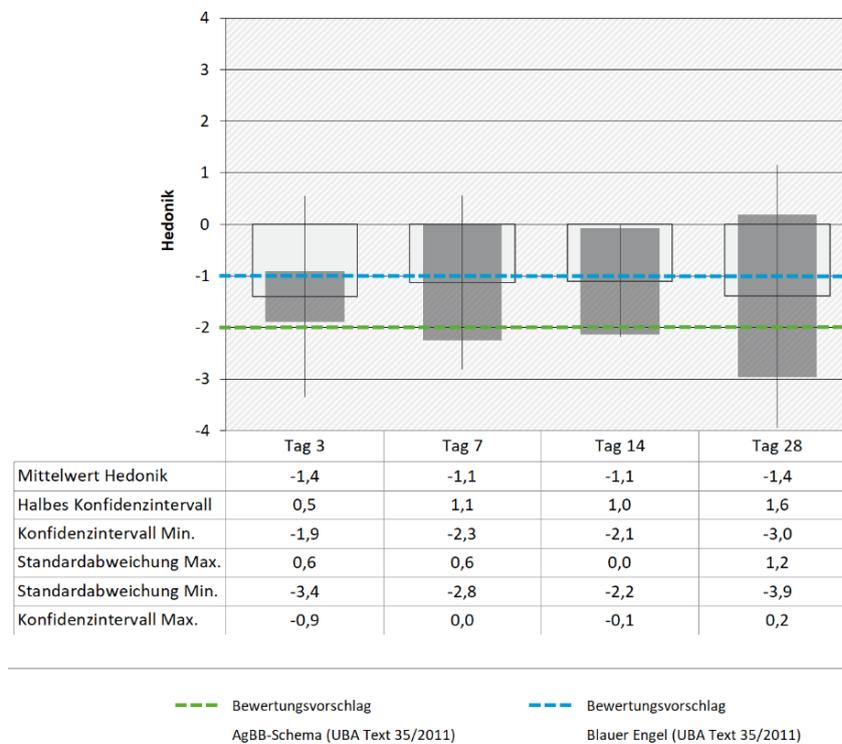
## A.7 HTW 19.011 Linoleum

Abbildung 65: Empfundene Intensität der Probe 19.011, Linoleum



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 66: Hedonik der Probe 19.011, Linoleum



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 23: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.011, Linoleum**

	AgBB-Schema HTW 19.011	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	407	<i>nicht möglich</i>	311		228	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,306		0,306		0,167	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	680		0		380	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 19.011	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	407	<i>nicht möglich</i>	311	<i>nicht möglich</i>	228	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0		0		0	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	680		0		380	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 24: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 19.011, Linoleum**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Acetaldehyd	75-07-0	n.m.	36	n.m.	29	n.m.
Propanal	123-38-6	n.m.	53	n.m.	55	n.m.
Ameisensäure	64-18-6	n.m.	590	n.m.	300	n.m.
Essigsäure	64-19-7	330	220	160	93	71
1-Ethylcyclopropanol		2	2	2	2	<BG
Propionsäure	79-09-4	190	140	110	88	50
Hexansäure	142-62-1	49	36	31	34	15

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
1-Hexanol-2ethyl	104-76-7	8	4	3	2	<BG
Hexanal	66-25-1	14	11	10	13	7
Benzophenon	119-61-9	2	3	2	2	<BG
Summe VVOC			680		380	

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

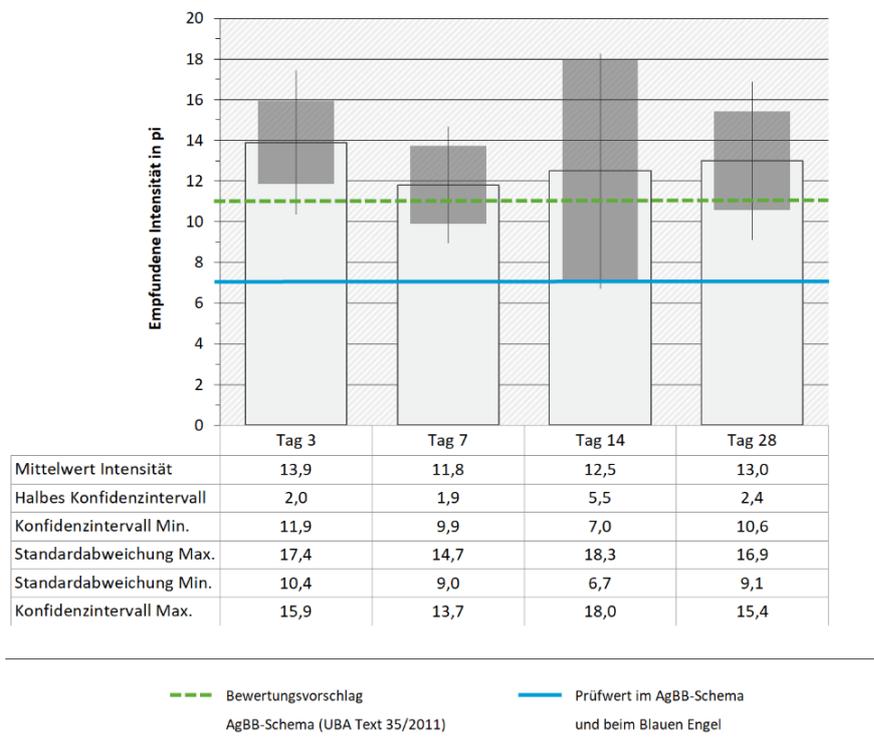
Das Produkt wird über den gesamten Messzeitraum gleichbleibend stark intensiv mit Werten zwischen 13,1 und 14,3 pi und gleichbleibend in seiner hedonischen Wirkung zwischen -1,1 und -1,4 bewertet.

An Messtag 14 nach Beladung nahmen aufgrund gehäufte Krankheitsfälle mit nur 5 Prüfenden zu wenige an den sensorischen Messungen teil. Der geforderte 90 %-Vertrauensbereich für die empfundene Intensität konnte an diesem Messtag nicht eingehalten werden. Der Mittelwert dieses Messtages ist jedoch vergleichbar mit den Mittelwerten der anderen Messtage.

Es werden eher typische VOC für Linoleum, wie kurzkettige Carbonsäuren und Aldehyde oberhalb der BG ermittelt. Wobei oberhalb von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lediglich Acetaldehyd, Propanal und Hexanal nachweisbar sind. Die Carbonsäuren zeigen leicht höhere Emissionen, was den stärkeren Geruchseindruck der Probe unterstützt.

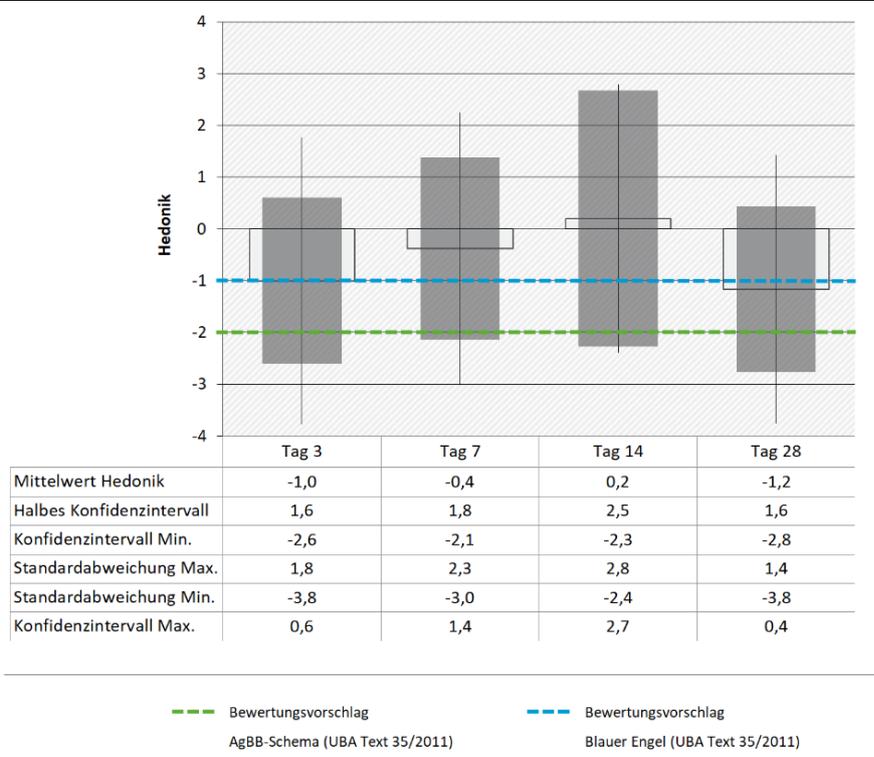
## A.8 HTW 19.012 PVC

Abbildung 67: Empfundene Intensität der Probe 19.012, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 68: Hedonik der Probe 19.012, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 25: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.012, PVC**

	AgBB-Schema HTW 19.012	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	1160	nicht möglich	820	nicht möglich	240	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	258	nicht möglich	240	nicht möglich	233	nein
[C]	R (dimensionslos)	0,333		0,256		0,102	
[D]	Σ VOC o. NIK	1004	nicht möglich	701	nicht möglich	200	nein
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	0				0	

	Blauer Engel HTW 19.012	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	1160	nicht möglich	820	nicht möglich	240	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	258	nicht möglich	240	nicht möglich	233	nein
[C]	R (dimensionslos)	0,333		0,256		0,102	
[D]	Σ VOC o. NIK	1004	nicht möglich	701	nicht möglich	200	nein
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	0				0	

**Tabelle 26: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 19.012, PVC**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Formamid	75-12-7	1400	930	670	200	210
Propylen Glycol	57-55-6	68	65	25	<BG	<BG
1-Hexanol-2ethyl	104-76-7	150	96	74	30	15
2-Propanol, 1-(2-methoxypropoxy)-		11	9	6	<BG	<BG
1-Hexene, 3,3,5-trimethyl-		15	12	9	3	4

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Cyclopentane, 2-ethyl-1,1-dimethyl-		23	16	13	5	6
(S)-(+)-6-Methyl-1-octanol		22	17	13	5	10
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol diisobutyrate		26	24	23	22	9
Benzoic acid, 2-methylbutyl ester		39	38	37	35	14
1-Butanol, 3-methyl-, benzoate		15	15	14	14	6
Benzoic acid, hex-3-yl ester		11	11	10	10	10
Benzoic acid, hexyl ester		24	23	22	21	8
Benzoic acid, hexyl ester		58	55	53	51	19
Benzoic acid, octadecyl ester		14	13	13	13	5
Benzoic acid, tetradecyl ester		33	34	32	31	12

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

Das Produkt wird über den gesamten Messzeitraum gleichbleibend stark intensiv mit Werten zwischen 11,8 und 13,9 pi bewertet.

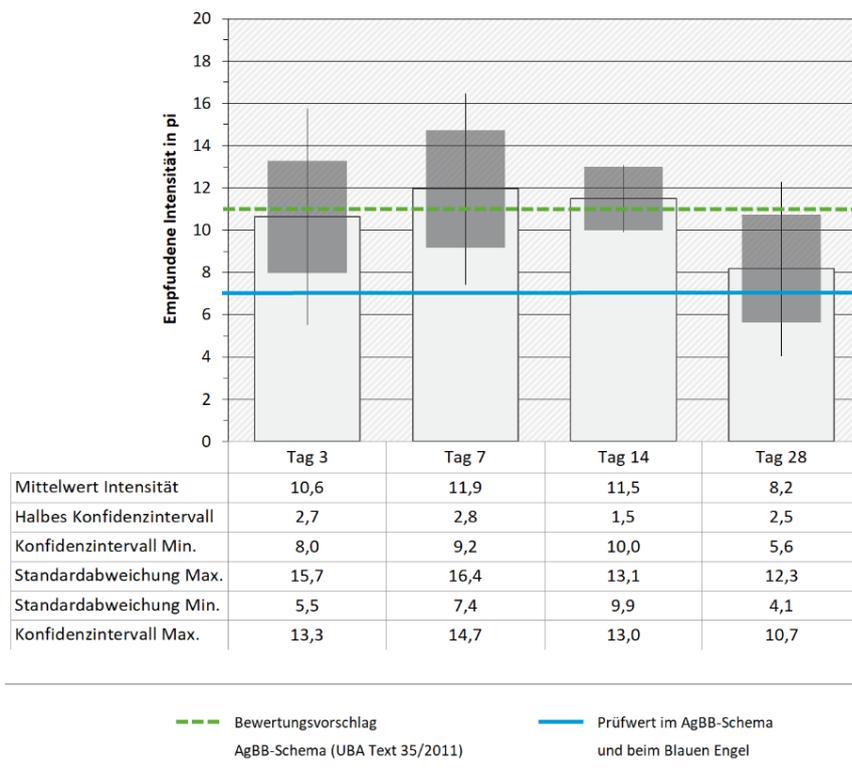
Die Hedonik wird am 14. Tag mit 0,2 als leicht angenehm und am 28. Tag hingegen mit -1,2 als vergleichsweise unangenehm bewertet. Dieser Unterschied kann bei Beachtung der Einzelmesswerte erklärt werden. Am 14. Messtag haben 5 und am 28. Messtag 9 Prüfende teilgenommen. Von diesen waren nur 3 Personen an beiden Tagen beteiligt. Da die Hedonik eine subjektive Größe ist, kann es zu einer veränderten Bewertung gekommen sein. Die 3 Personen, die die Schnittmenge bilden, geben am 14. und 28. Tag ähnliche Bewertungen ab. Mit Blick auf alle vier Messtage waren sich die Prüfenden sehr uneinig über die hedonische Note.

An Messtag 14 nach Beladung nahmen aufgrund gehäufte Krankheitsfälle mit nur 5 Prüfenden zu wenige an den sensorischen Messungen teil. Der geforderte 90 %-Vertrauensbereich für die empfundene Intensität konnte an diesem Messtag nicht eingehalten werden. Der Mittelwert dieses Messtages ist jedoch vergleichbar mit den Mittelwerten der anderen Messtage.

Dieses PCV weist VOC und viele SVOC-Komponenten auf und überschreitet auch deutlich das SVOC-Kriterium von kleiner gleich  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nach 28 Tagen. Es ist anzunehmen, dass diese Emissionen länger anhalten, wie der Verlauf über die ersten 4 Wochen vermuten lässt.

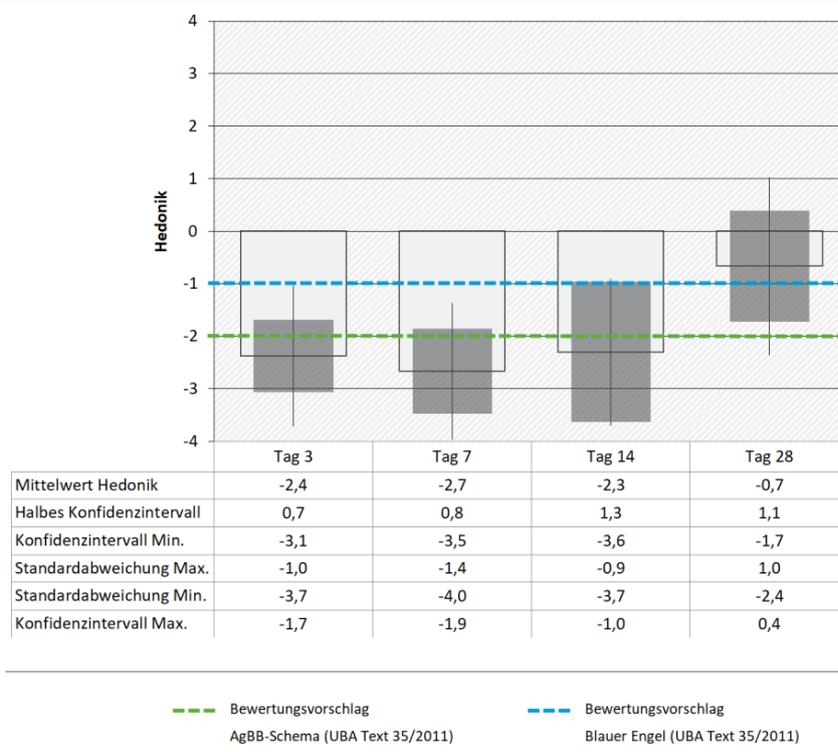
## A.9 HTW 19.013 PVC

Abbildung 69: Empfundene Intensität der Probe 19.013, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 70: Hedonik der Probe 19.013, PVC



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 27: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.013, PVC**

	AgBB-Schema HTW 19.013	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	18		14		12	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,053		0,040		0,034	
[D]	Σ VOC o. NIK	8		6		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	21		19		14	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 19.013	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	18		14		12	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,053		0,040		0,034	
[D]	Σ VOC o. NIK	8		6		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	21		19		14	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 28: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 19.013, PVC**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Ethylacetate	141-78-6	n.m.	21	19	14	< BG
Cyclohexanone	108-94-1	n.m.	8	7	7	5
1Hexanol, 2-ethyl	104-76-7	n.m.	10	7	5	2
Hexadecansäuremethylester	112-39-0	n.m.	8	6	2	< BG

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

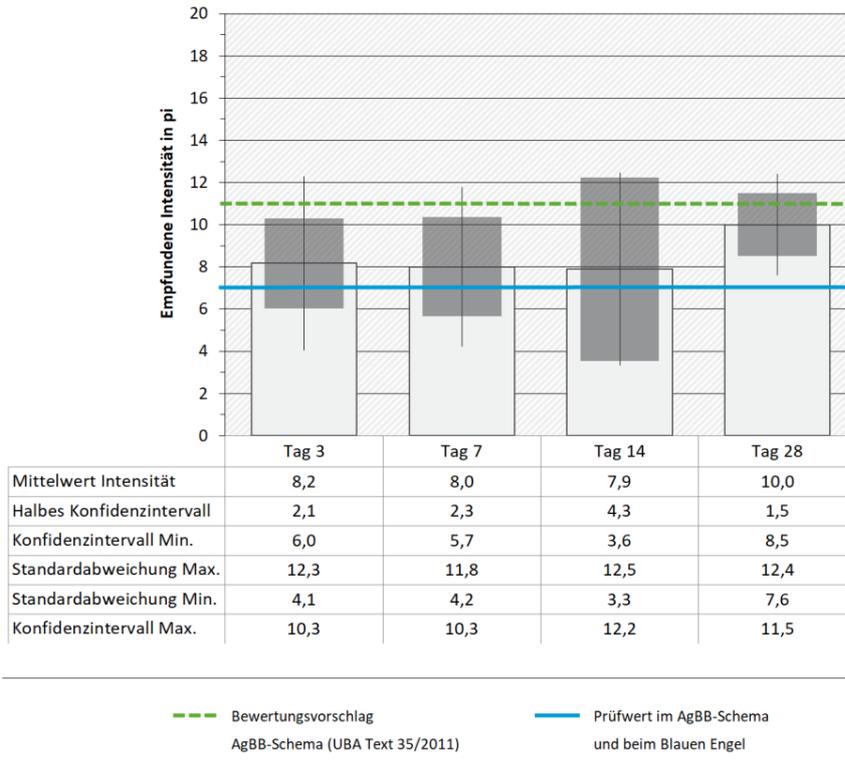
Das Produkt wird an den Messtagen 3, 7 und 14 mit Werten für die empfundene Intensität zwischen 10,6 und 11,9 pi bewertet. Am 28. Messtag ist der Geruch auf 8,2 pi abgeklungen und damit nah am Empfehlungswert des AgBB von 7 pi. Auch die Hedonik wird an den ersten 3

Messtagen mit Werten zwischen -2,3 und -2,7 als sehr unangenehm wahrgenommen, während sie am 28. Messtag mit -0,7 als leicht unangenehm wahrgenommen wird.

Es werden nur wenige VOC mit geringen Konzentrationen oberhalb der BG ermittelt.

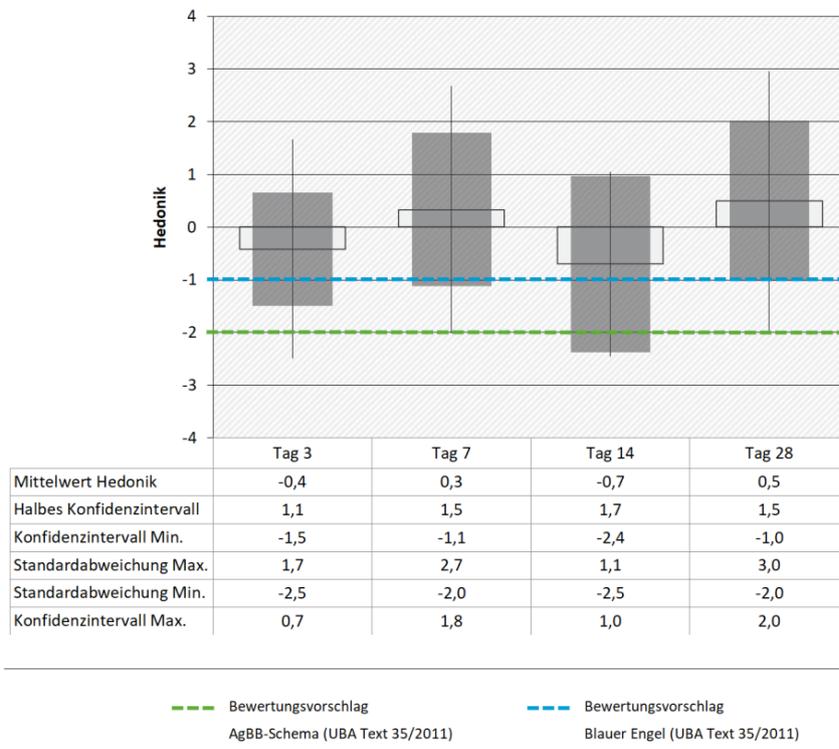
## A.10 HTW 19.014 Kunststoff

Abbildung 71: Empfundene Intensität der Probe 19.014, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 72: Hedonik der Probe 19.014, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 29: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.014, Kunststoff**

	AgBB-Schema HTW 19.014	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		0	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 19.014	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		0	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 30: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 19.014, Kunststoff**

HTW19.014	Messtag	1	3	7	28
Komponente	CAS-RN	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
1Hexanol, 2-ethyl	104-76-7	n.m.	3	2	2

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

An den Messtagen 3, 7 und 14 wird das Produkt mit einer empfundenen Intensität von ca. 8 pi bewertet. Am 28. Messtag wird die Intensität mit 10,0 pi bewertet. Das Ansteigen der

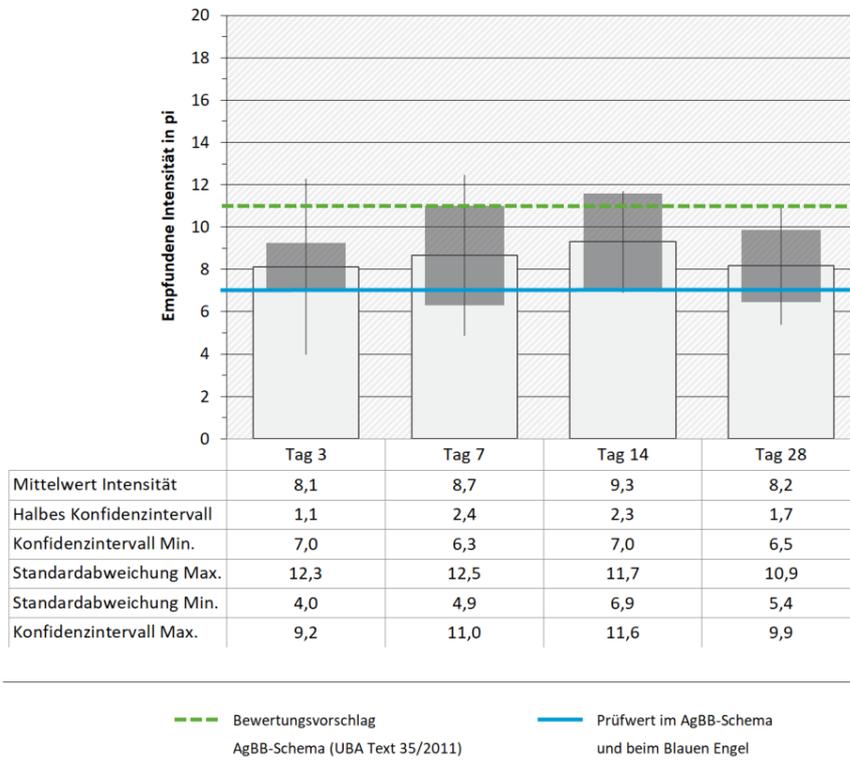
empfundenen Intensität ist eher ungewöhnlich für die elastischen Bodenbeläge. Auch wenn die Produkte häufig kein Abklingverhalten zeigen, bleibt die Intensität meist etwa eher gleich stark. Die Hedonik schwankt zwischen -0,7 und +0,5 und kann damit als insgesamt neutral bewertet werden.

Dieses Produkt weist einen Geruch auf, obwohl nahezu keine VOC-Konzentrationen nachgewiesen werden können.

Es werden kaum VOC oberhalb der BG ermittelt.

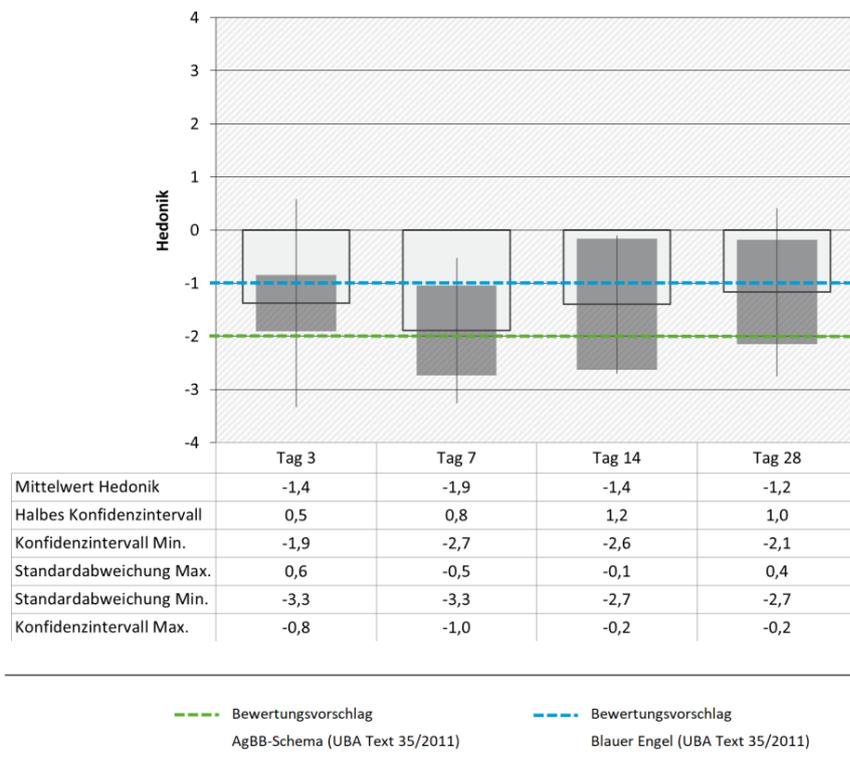
## A.11 HTW 19.015 Kunststoff

Abbildung 73: Empfundene Intensität der Probe 19.015, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 74: Hedonik der Probe 19.015, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 31: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 19.015, Kunststoff**

	AgBB-Schema HTW 19.015	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	77		27		70	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,154		0,001		0,266	
[D]	Σ VOC o. NIK	57	nicht möglich	55	nicht möglich	42	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 19.015	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	77		27		70	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,154		0,001		0,266	
[D]	Σ VOC o. NIK	57		55		42	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 32: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 19.015, Kunststoff**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Ethylacetate	141-78-6	n.m.	57	55	42	41
MIBK	108-10-1	n.m.	30	27	23	19
Benzaldehyd	100-52-7	n.m.	11		22	<BG

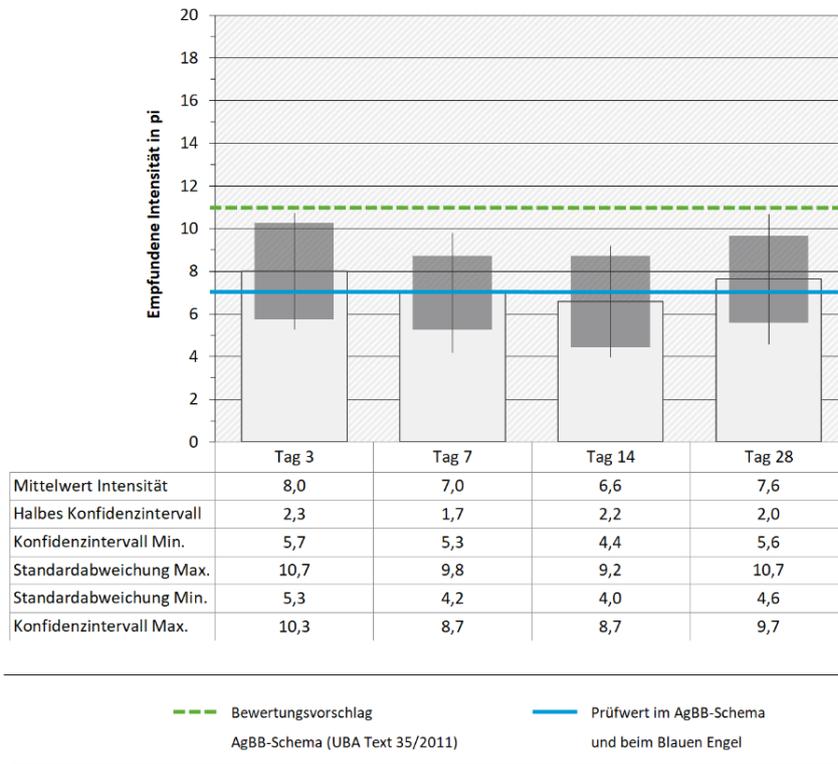
Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

Das Produkt zeigt gleichbleibende empfundene Intensitäten an allen Messtagen zwischen 8,1 und 9,3 pi. Die Hedonik ist mit Werten zwischen -1,2 und -1,9 ebenfalls gleichbleibend und unangenehm.

Von diesem Fußbodenbelag werden einige wenige VOC emittiert, die aber insgesamt nicht besonders hohe Konzentrationen zeigen, wie die Auswertung gemäß Blauer Engel zeigt.

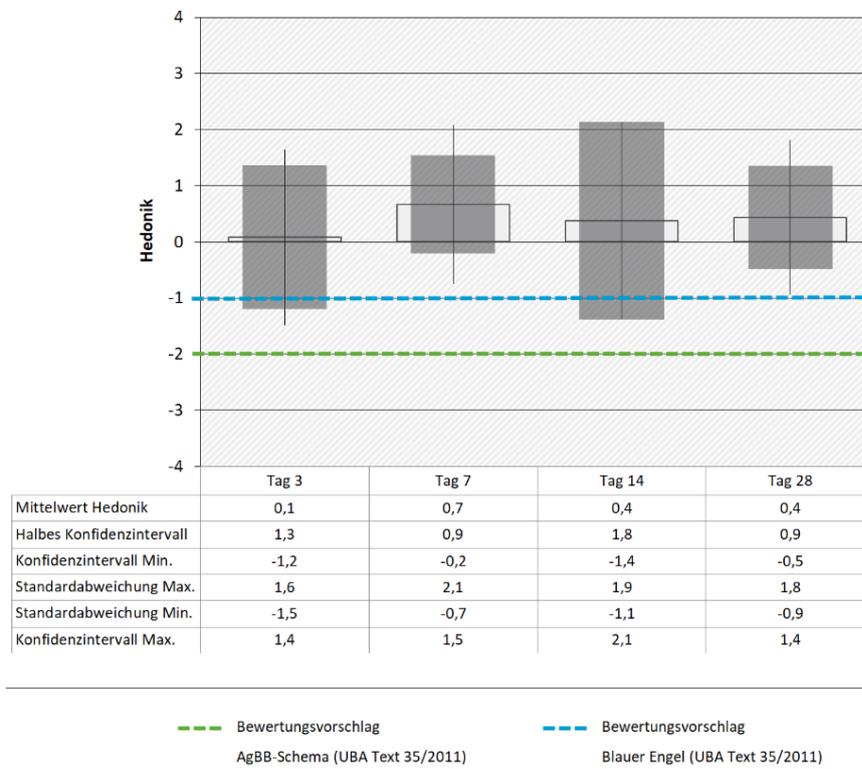
## A.12 HTW 20.001 Kunststoff

Abbildung 75: Empfundene Intensität der Probe 20.001, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 76: Hedonik der Probe 20.001, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 33: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.001, Kunststoff**

	AgBB-Schema HTW 20.001	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	5		5		7	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,003		0,003		0,004	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 20.001	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	5		5		7	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,003		0,003		0,004	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 34: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 20.001, Kunststoff**

HTW20.001		Messta g	1	3	7	28
Komponente	CAS-RN	Rt	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
1Hexanol, 2-ethyl	104-76-7	16,4	6	5	5	7

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

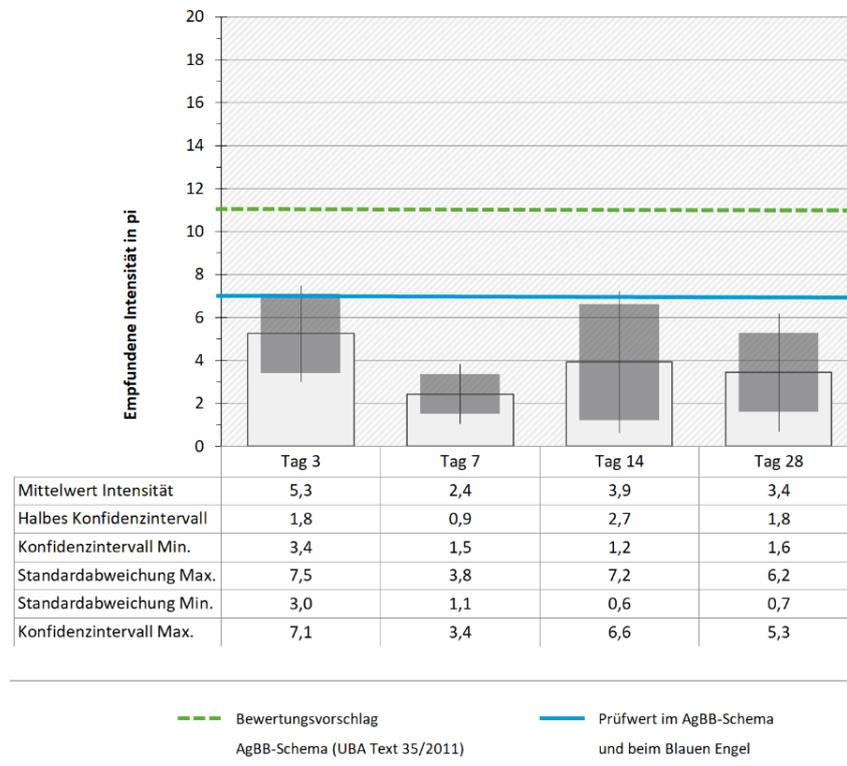
Mit Werten zwischen 7,0 und 8,0 pi liegt das Produkt im Bereich der mittleren Intensität. Der empfohlene Wert des AgBB-Schemas von 7,0 pi wird zwar am 28. Messtag knapp verfehlt, könnte jedoch bei einer Wiederholungsmessung auch eingehalten werden, da die Messunsicherheit des Verfahrens bei 2 pi liegt. Die Hedonik wird von den Prüfenden mit Werten

zwischen 0,1 und 0,7 als neutral bis leicht angenehm bewertet. Für die untersuchten elastischen Bodenbeläge ist dieses Ergebnis ungewöhnlich.

Bis auf Spuren von Ethylhexanol (evtl. aus dem Klebeband zum Abkleben) werden keine VOC oberhalb der BG ermittelt.

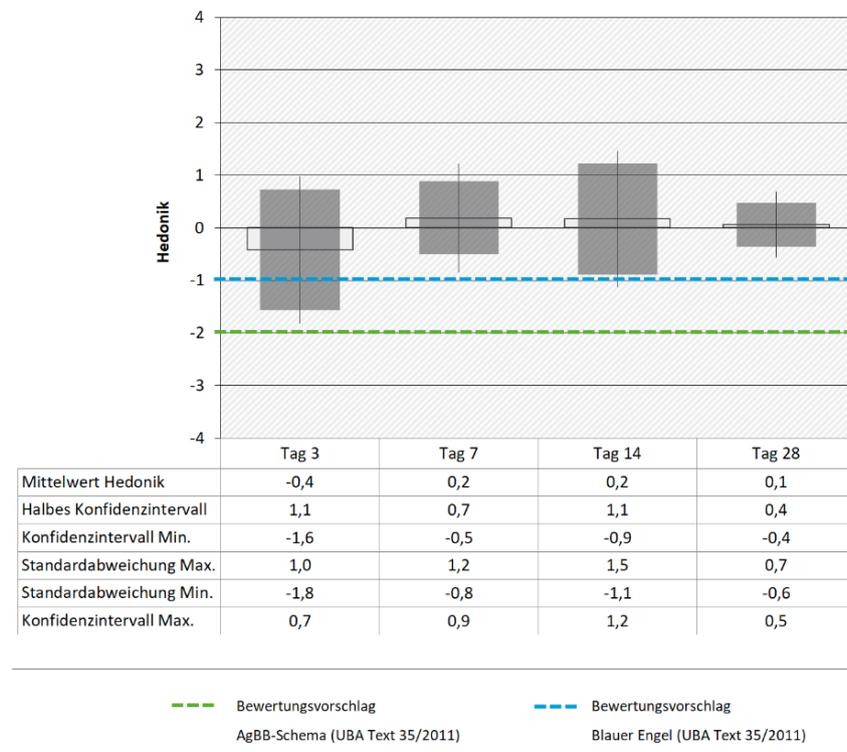
### A.13 HTW 20.002 Kunststoff

Abbildung 77: Empfundene Intensität der Probe 20.002, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 78: Hedonik der Probe 20.002, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 35: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.002, Kunststoff**

	AgBB-Schema HTW 20.002	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	5		0		0	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,017		0,000		0,000	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 20.002	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	5		0		0	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,017		0,000		0,000	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

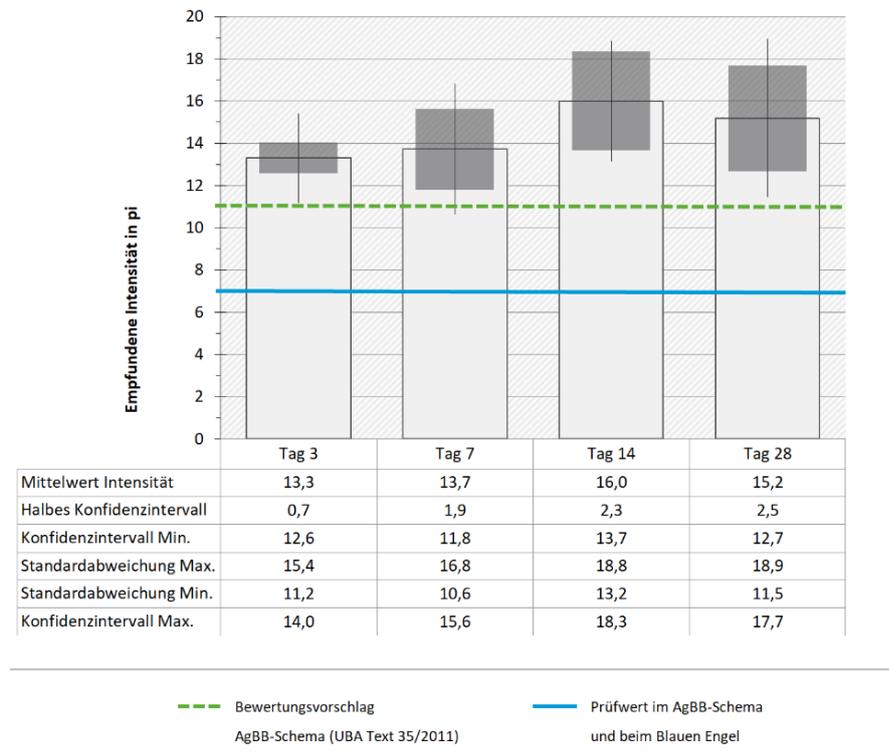
**Tabelle 36: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 20.002, Kunststoff**

HTW20.002		Messta g	1	3	7	28
Komponente	CAS-RN	Rt	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
1-Hexanol-2ethyl	104-76-7	16,4	4	5	3	2

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28. Dieses Produkt wird mit sehr geringen empfundenen Intensitäten bewertet. Am 3. Messtag ist die Intensität mit 5,3 pi noch vergleichsweise hoch und an den anderen Messtagen liegt sie nur zwischen 2,4 und 3,9 pi. Die Hedonik wird mit Werten zwischen -0,4 und 0,1 als neutral bewertet. Bis auf Spuren von Ethylhexanol (evtl. aus dem Klebeband zum Abkleben) werden keine VOC oberhalb der BG ermittelt.

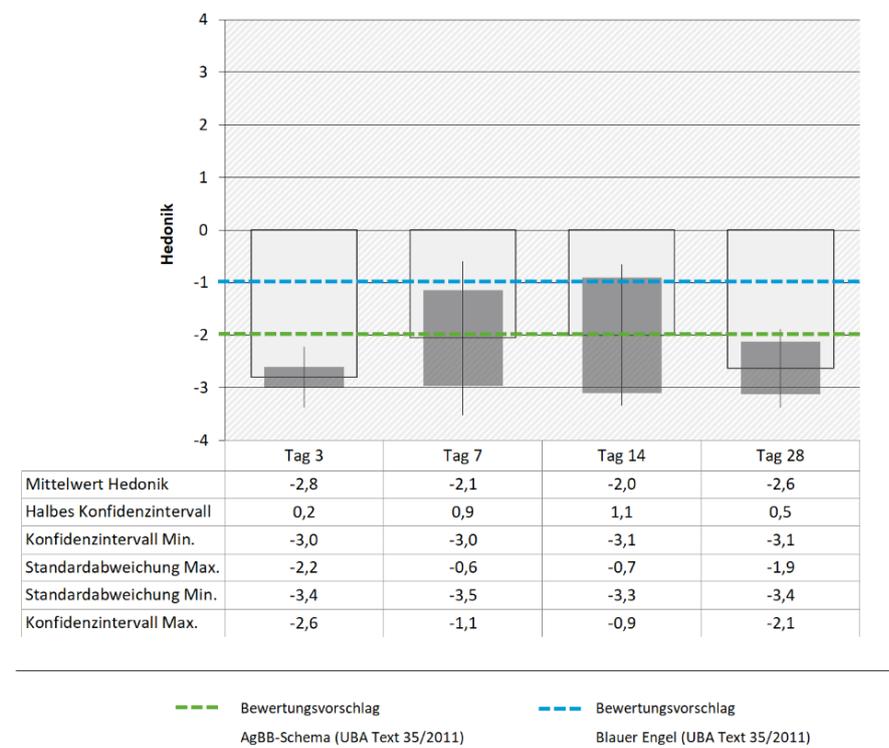
## A.14 HTW 20.003 Kautschuk

Abbildung 79: Empfundene Intensität der Probe 20.003, Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 80: Hedonik der Probe 20.003, Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 37: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.003, Kautschuk**

	AgBB-Schema HTW 20.003	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	187		143		121	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,059		0,059		0,036	
[D]	Σ VOC o. NIK	125	nicht möglich	119	nicht möglich	85	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 20.003	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	187		143		121	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,059		0,059		0,036	
[D]	Σ VOC o. NIK	125		119	nicht möglich	85	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 38: VOC-Konzentrationen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  der Probe 20.003, Kautschuk**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Essigsäure	64-19-7	n.m.	36	n.m.	24	<BG
Styrol	100-42-5	3	2	2	<BG	<BG
Cyclohexanon	108-94-1	14	11	9	6	4
Isopropylmethylcyclohexan	1678-82-6	11	9	9	6	5
Isopropylmethylcyclohexan	6069-98-3	8	6	6	4	3
Naphthalin	91-20-3	3	3	2	2	<BG
Benzoesäureethylester	93-89-0	2	2	3	<BG	<BG
Benzothiazol	95-16-9	110	92	84	55	28
Phthalamid	88-96-0	41	33	35	30	11

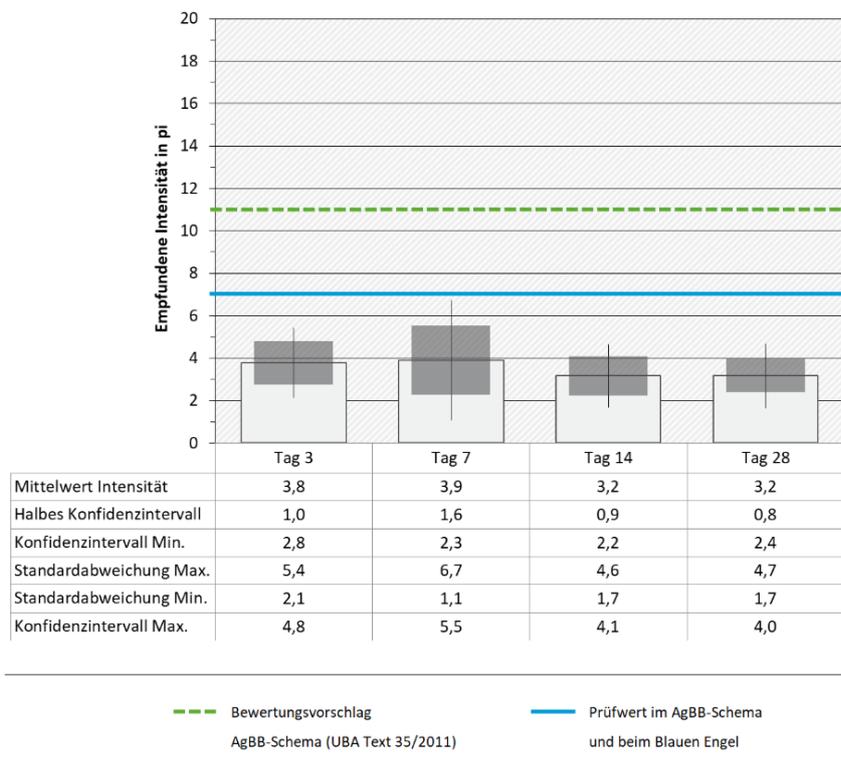
Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

Die empfundene Intensität des Kautschukbodens wird mit Werten zwischen 13,3 und 16,0 pi als sehr hoch empfunden, die Hedonik mit Werten zwischen -2,0 und -2,8 als sehr unangenehm.

Benzothiazol und Phthalamid sind die beiden VOC, die in leicht erhöhten Konzentrationen auftreten. Der Umstand des Benzothiazol-Nachweises bei Kautschukprodukten ist wenig überraschend. Weitere VOC sind nur in geringem Umfang nachweisbar.

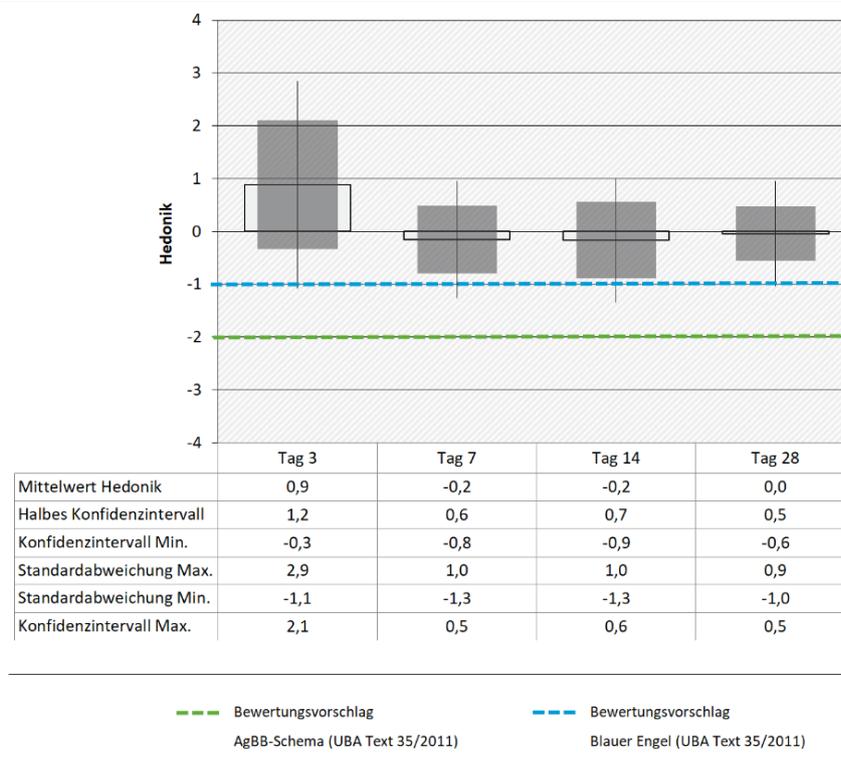
## A.15 HTW 20.004 Kunststoff

Abbildung 81: Empfundene Intensität der Probe 20.004, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 82: Hedonik der Probe 20.004, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 39: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.004, Kunststoff**

	AgBB-Schema HTW 20.004	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		10	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,033	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 20.004	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		10	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,033	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

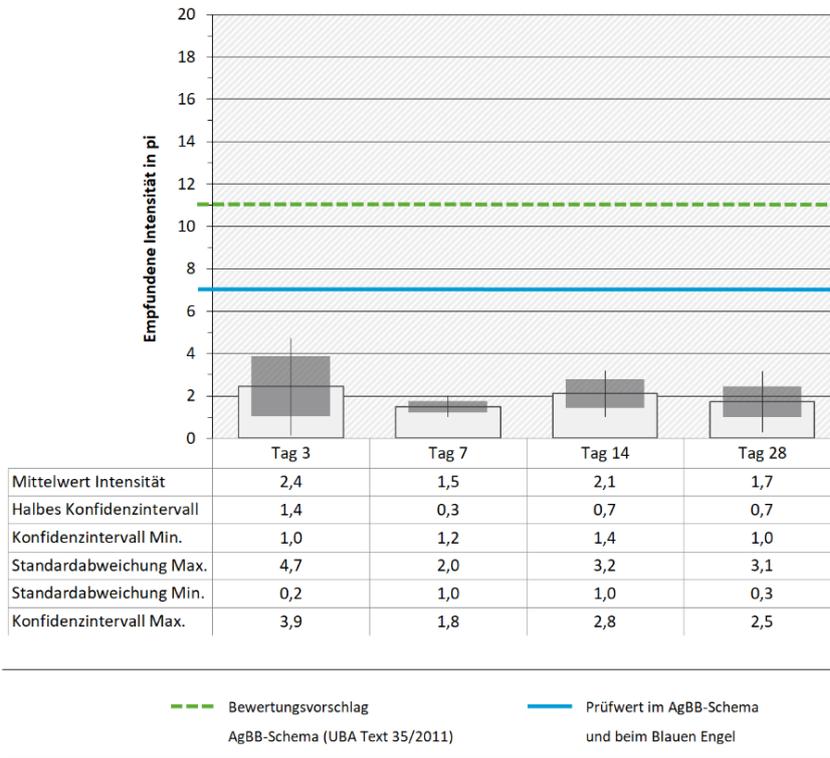
**Tabelle 40: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 20.004, Kunststoff**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
Benzaldehyd	100-52-7	4	n.m.	n.m.	<BG
2-Ethylhexanol	104-76-7	21	n.m.	n.m.	10
Benzoessäure	65-85-0	12	n.m.	n.m.	4
Benzophenon	119-61-9	5	n.m.	n.m.	2

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28. Der Kunststoffboden zeigt an allen Messtagen eine geringe empfundene Intensität zwischen 3,2 und 3,9 pi. Die Hedonik wird mit Werten zwischen -0,2 bis 0,9 als neutral bis leicht angenehm bewertet. Es werden nur einige wenige VOC knapp oberhalb der BG ermittelt.

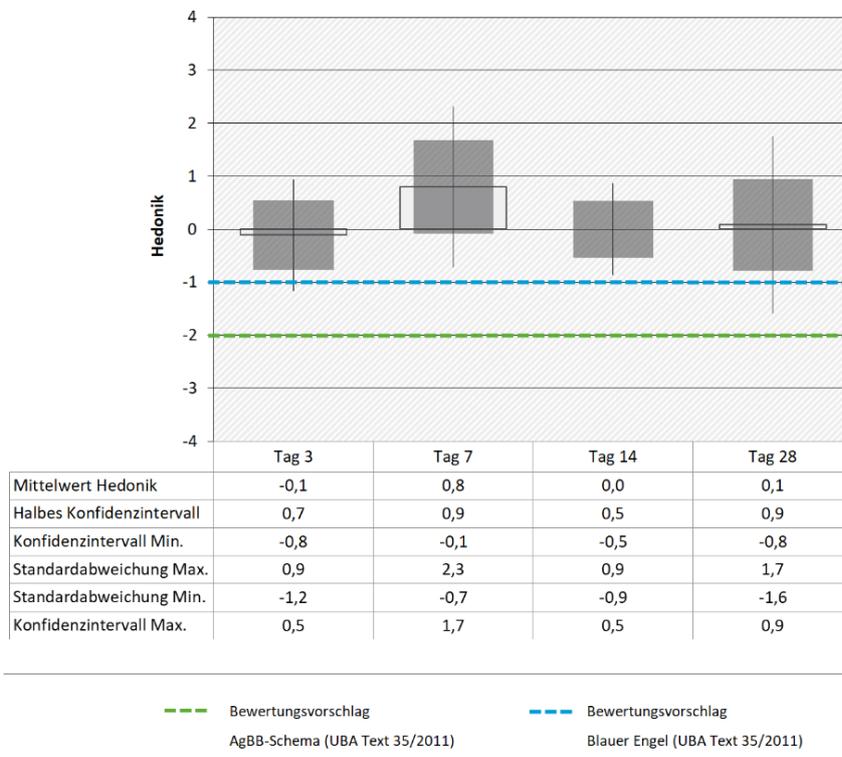
## A.16 HTW 20.005 Kautschuk

Abbildung 83: Empfundene Intensität der Probe 20.005, Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 84: Hedonik der Probe 20.005, Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 41: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.005, Kautschuk**

	AgBB-Schema HTW 20.005	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		5	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		5	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 20.005	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		5	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		5	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 42: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 20.005, Kautschuk**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
D3-Siloxan	541-05-9	4	n.m.	n.m.	5
Benzaldehyd	100-52-7	3	n.m.	n.m.	<BG
Ethylhexanol	104-76-7	11	n.m.	n.m.	3
Benzoesäure	65-85-0	8	n.m.	n.m.	<BG
Benzophenon	119-61-9	3	n.m.	n.m.	<BG
Aromaten-Summe		7	n.m.	n.m.	<BG

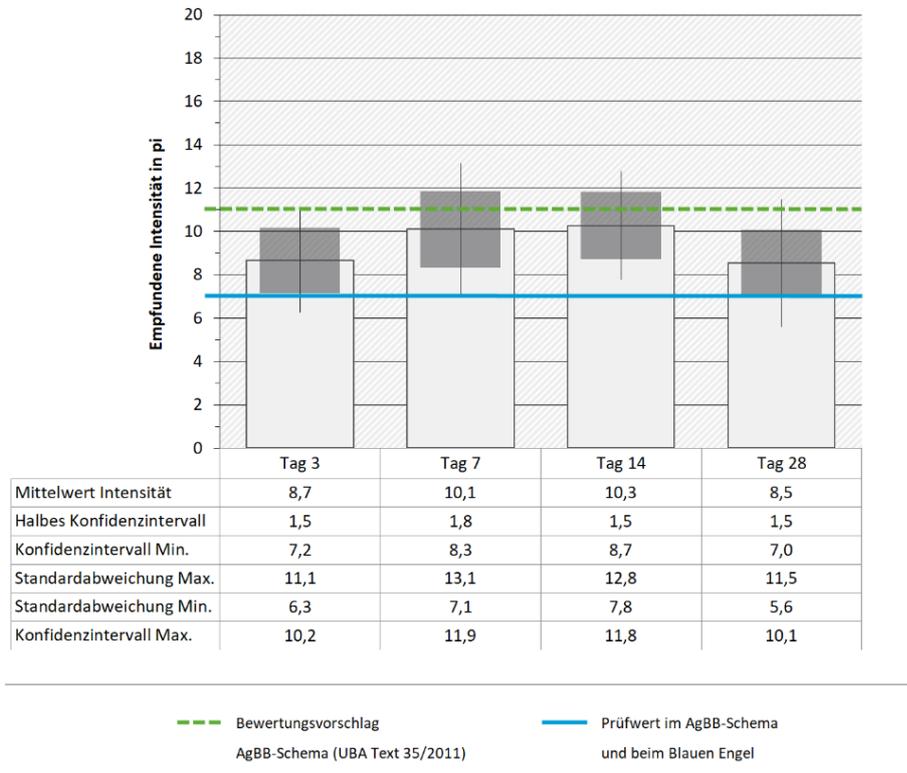
Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

Das Produkt zeigt im Vergleich zu allen anderen elastischen Bodenbelägen die geringsten empfundenen Intensitäten mit Werten zwischen 1,5 und 2,4 pi. Vereinzelt nahmen Prüfer gar keinen Geruch wahr. Die Hedonik wird mit Werten zwischen -0,1 und 0,8 als neutral bis leicht angenehm bewertet.

Es werden kaum VOC oberhalb der BG ermittelt, wobei Ethylhexanol auch aus dem Klebeband zur Abdichtung emittieren könnte. Die Messungen am 3. und 7. Tag sind aufgrund eines Gerätefehler nicht auswertbar.

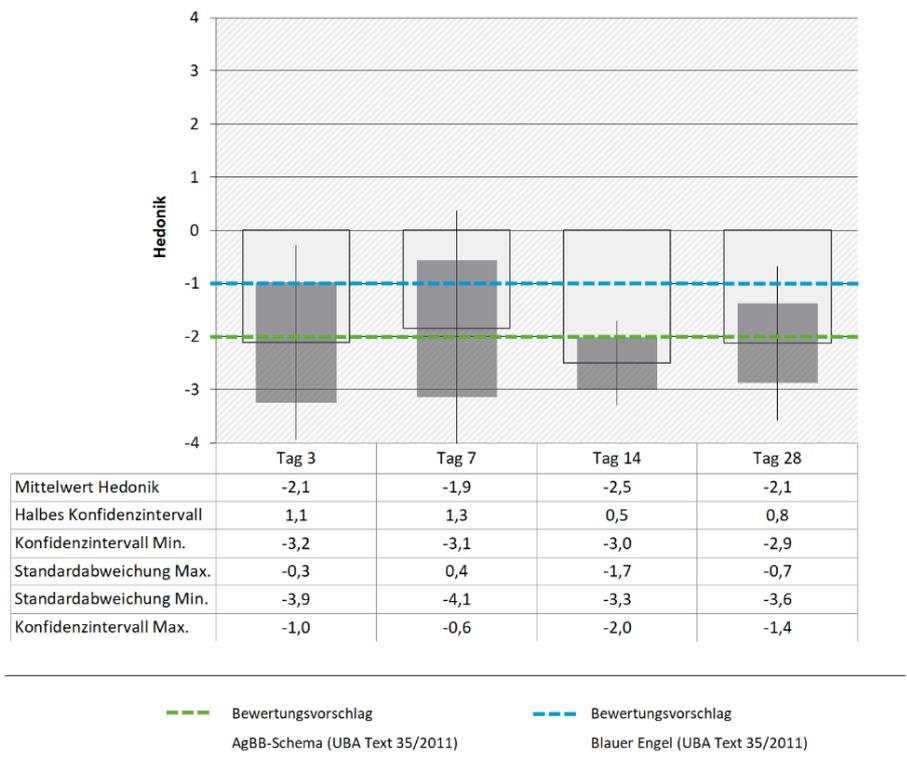
## A.17 HTW 20.006 Kautschuk

Abbildung 85: Empfundene Intensität der Probe 20.006, Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 86: Hedonik der Probe 20.006, Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 43: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.006, Kautschuk**

	AgBB-Schema HTW 20.006	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		57	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		57	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 20.006	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	0		0		57	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,000		0,000		0,000	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		57	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 44: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 20.006, Kautschuk**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
D3	541-05-9	4	n.m.	n.m.	2	5
Benzaldehyd	100-52-7	6	n.m.	n.m.	2	4
Octanal	124-13-0	3	n.m.	n.m.	<BG	3
2-Ethylhexanol	104-76-7	8	n.m.	n.m.	3	6
Benzoessäure	65-85-0	23	n.m.	n.m.	34	21
Benzothiazole	95-16-9	12	n.m.	n.m.	7	4
Alkancluster		28	n.m.	n.m.	16	48

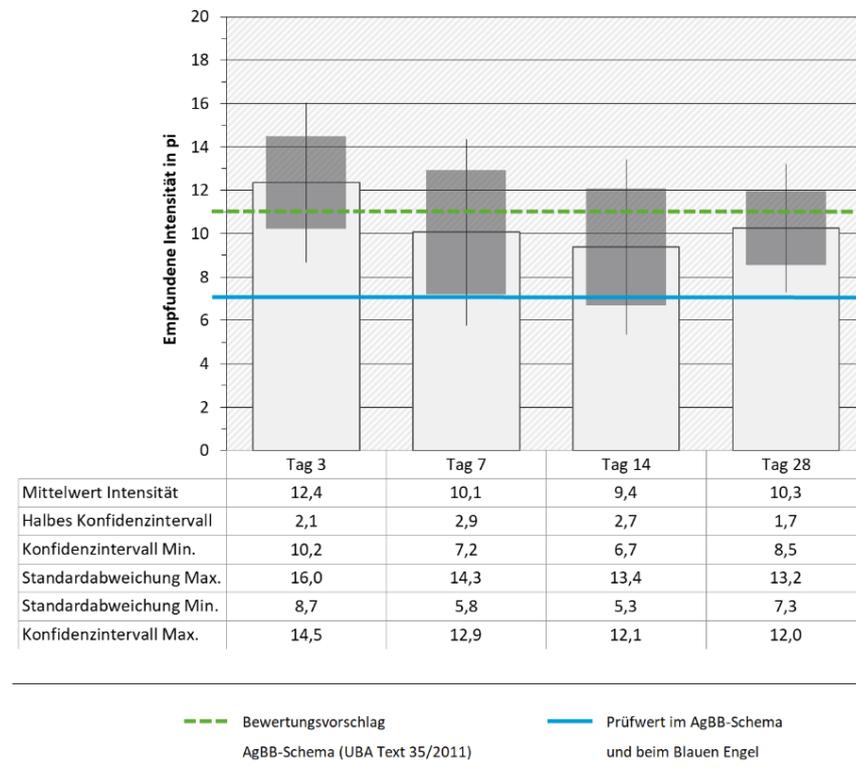
Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

Mit Werten für die empfundene Intensität zwischen 8,5 und 10,3 wird dieser Kautschukboden als im mittleren bis leicht erhöhtem Intensitätsbereich empfunden. Die Hedonik wird mit Werten zwischen -1,9 und -2,5 als vergleichsweise unangenehm zu anderen elastischen Bodenbelägen bewertet.

Es werden nur wenige VOC oberhalb der BG ermittelt. Die Hauptemission nach 28 Tagen sind die Benzoesäure und ein Alkancluster.

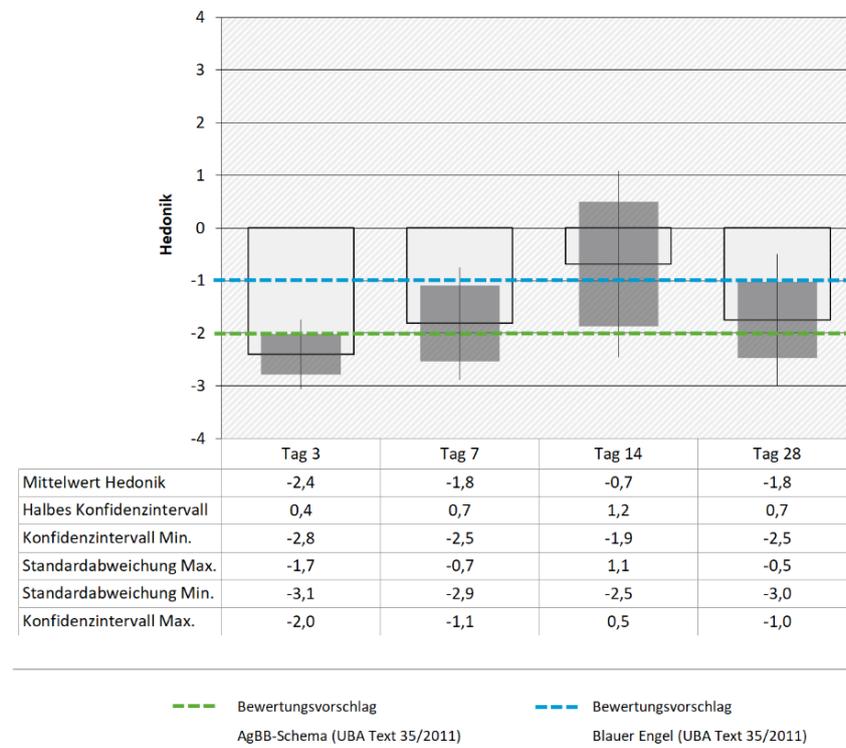
## A.18 HTW 20.007 Kautschuk

Abbildung 87: Empfundene Intensität der Probe 20.007, Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 88: Hedonik der Probe 20.007, Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 45: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 20.007, Kautschuk**

	AgBB-Schema HTW 20.007	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	167		142		35	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,040		0,035		0,000	
[D]	Σ VOC o. NIK	146	nicht möglich	124	nicht möglich	35	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 20.007	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	167		142		35	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,040		0,035		0,000	
[D]	Σ VOC o. NIK	146		124	nicht möglich	35	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 46: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 20.007, Kautschuk**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
D3	541-05-9	4	4	4	<BG	3
Unbekannt		47	31	27	12	21
Summe VOCs 12-15 min		156	96	82	32	50
Benzaldehyd	100-52-7	3	4	3	<BG	3
a-Methylstyrol	98-83-9	20	12	10	4	5
1,2,4 Trimethylstyrol		4	2	2	<BG	<BG
Octanal	124-13-0	5	3	2	<BG	<BG

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
2 Ethylhexanol	104-76-7	11	9	8	4	4
Indene	95-13-6	4	3	2	<BG	<BG
Acetophenone	98-86-2	3	2	2	<BG	<BG
Summe VOCs 18-20 min		35	20	18	4	<BG
Naphthalin	91-20-3	5	4	3	<BG	<BG
Benzothiazole	95-16-9	25	20	18	8	5

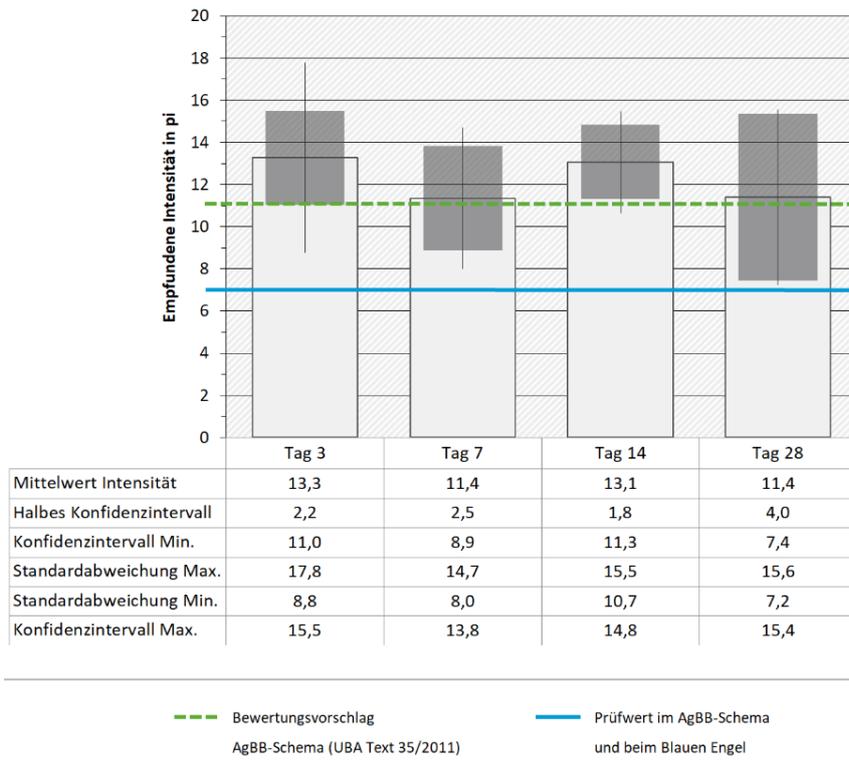
Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

Der Mittelwert der empfundenen Intensität ist am 3. Messtag mit 12,4 pi hoch und an den anderen drei Messtagen mit Werten zwischen 9,4 und 10,3 pi etwas geringer sowie gleichbleibend. Die Hedonik wird mit Werten zwischen -0,7 und -2,4 als unangenehm bewertet. Der Wert von -0,7 am 14. Messtag weicht stark von den anderen ermittelten Mittelwerten für die Hedonik ab.

Es werden einige VOC oberhalb der BG ermittelt, allerdings ist die Summe dieser Komponenten nicht auffällig. Zum 28. Tag klingen die Konzentrationen stark ab.

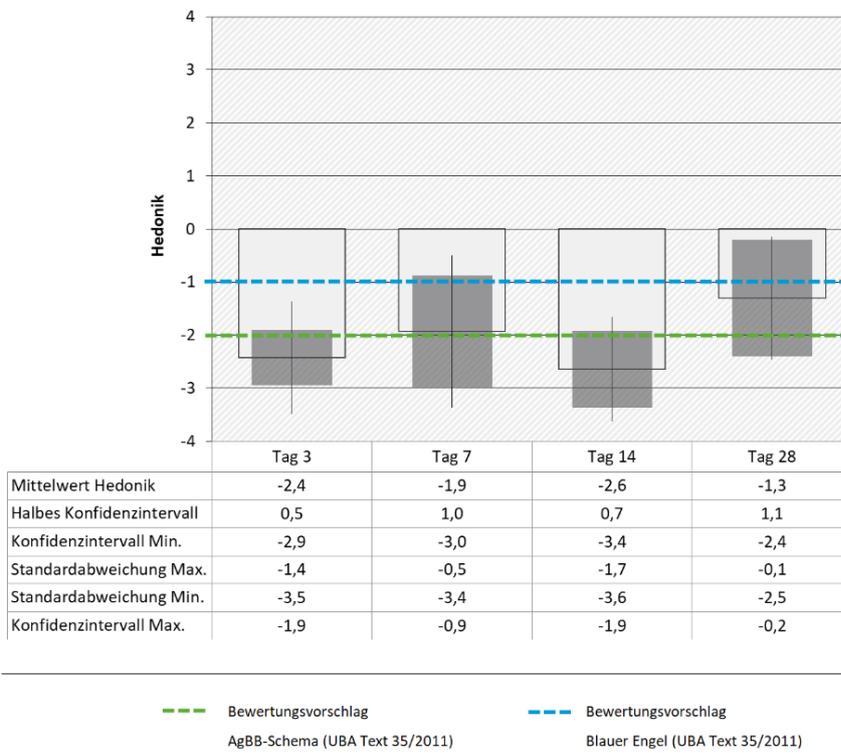
## A.19 21.007 Kautschuk

Abbildung 89: Empfundene Intensität der Probe 21.007 Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 90: Hedonik der Probe 21.007, Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

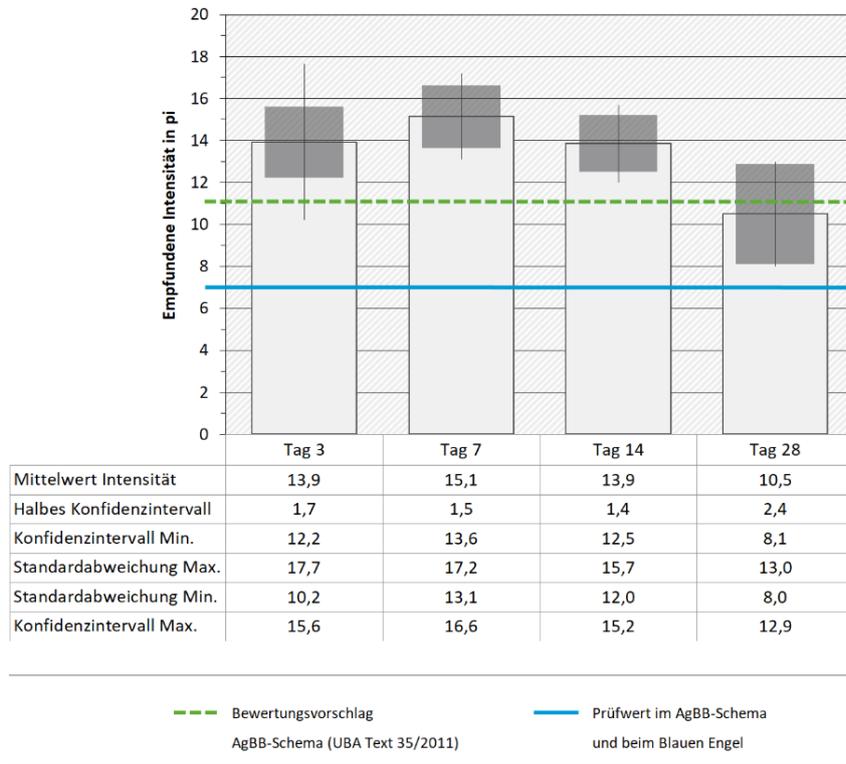
Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

Das Produkt wird mit Intensitäten zwischen 11,4 und 13,3 pi gleichbleibend stark empfunden.

Die Hedonik wird an drei Tagen mit Werten im Bereich von etwa -2 bis -2,5 als deutlich unangenehm empfunden.

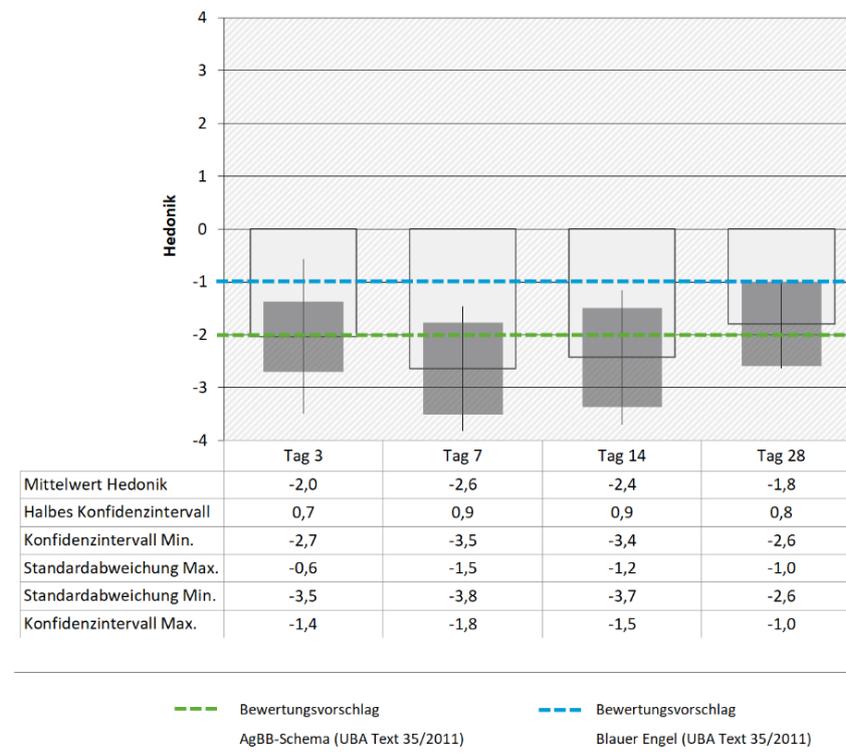
## A.20 21.008 Kautschuk

Abbildung 91: Empfundene Intensität der Probe 21.008, Kautschuk



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 92: Hedonik der Probe 21.008, Kautschuk



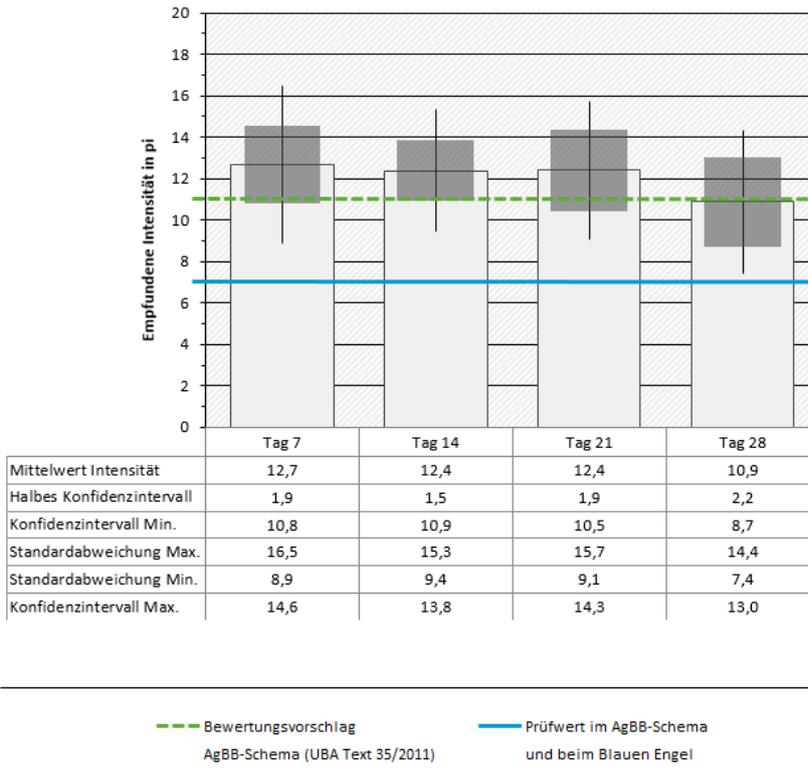
Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

Das Produkt wird mit Intensitäten von etwa 14 bis 15 pi an den ersten 3 Messtagen als gleichbleibend stark empfunden. Am 28. Messtag ist die empfundene Intensität auf etwa 10,5 pi abgeklungen. Die Hedonik wird an allen Tagen mit Werten im Bereich von etwa -2 bis -2,5 als deutlich unangenehm empfunden.

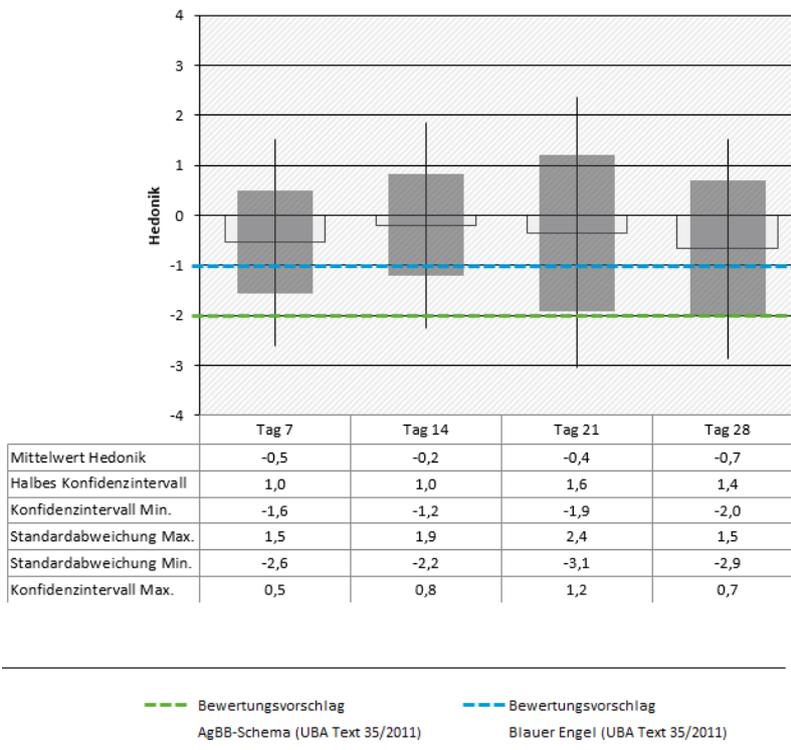
## A.21 HTW 22.006 Linoleum

Abbildung 93: Empfundene Intensität der Probe 22.006, Linoleum



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 94: Hedonik der Probe 22.006, Linoleum



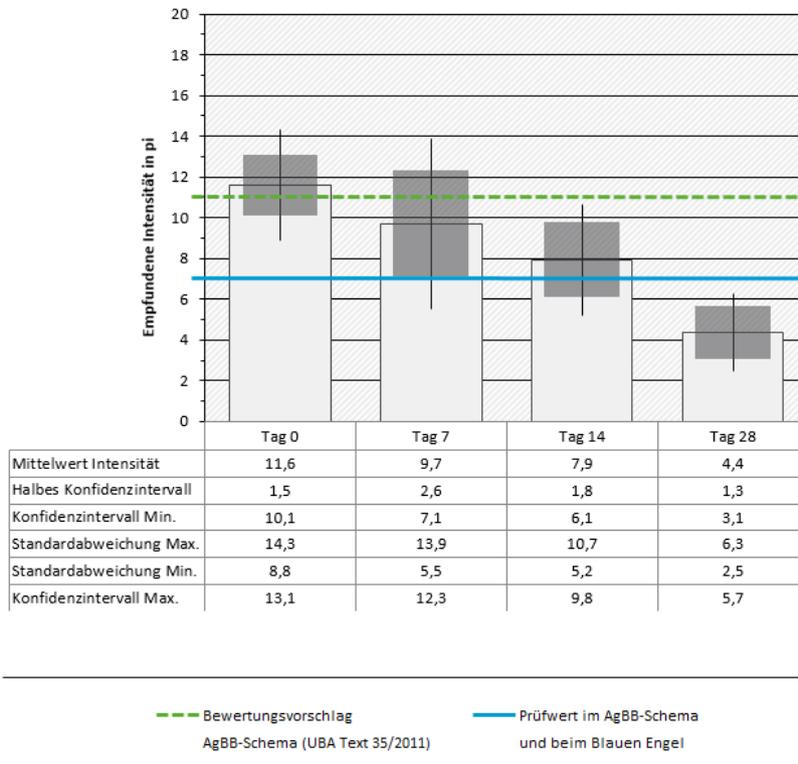
Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

Das Produkt wird mit Intensitäten von etwa 11 bis 13 pi als gleichbleibend stark empfunden. Die Hedonik wird an allen Tagen mit Werten im Bereich von etwa -0,2 bis -0,5 als leicht unangenehm, fast neutral, empfunden.

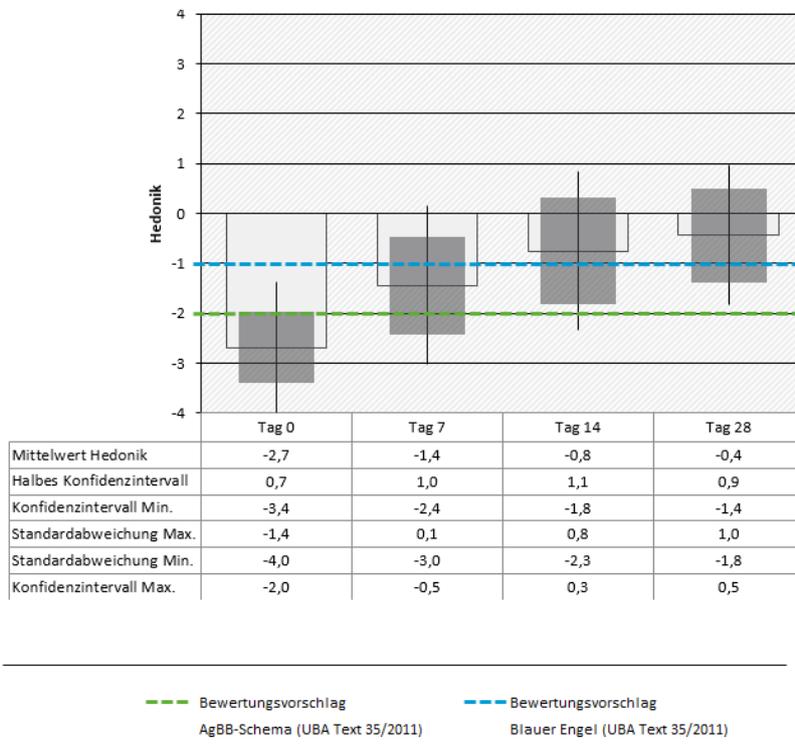
## A.22 HTW 23.004 Kunststoff

Abbildung 95: Empfundene Intensität der Probe 23.004, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 96: Hedonik der Probe 23.004, Kunststoff



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

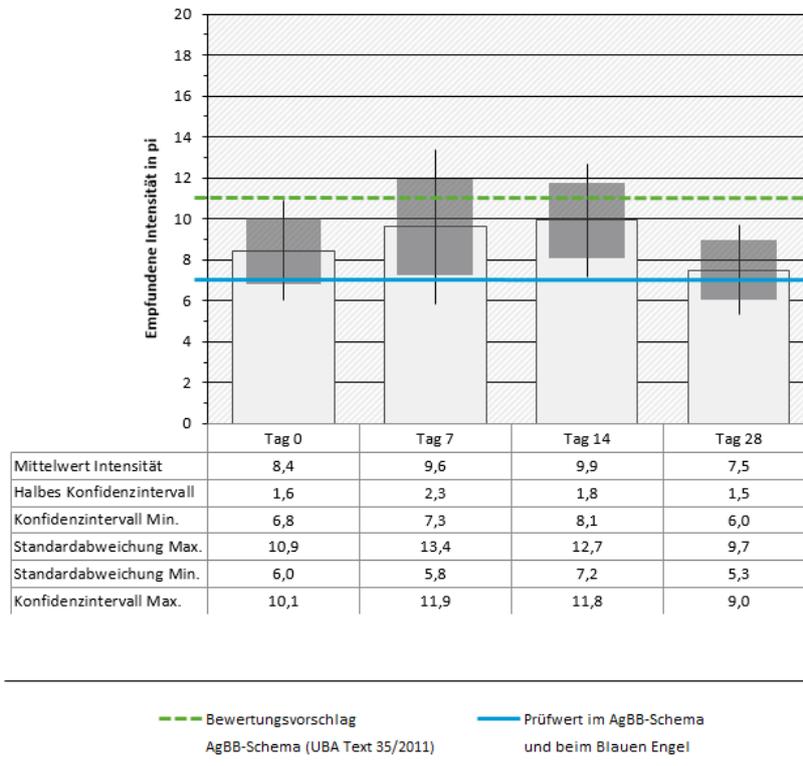
Die sensorischen Messungen erfolgen am 0. Messtag und an den regulären Messtagen 7, 14 und 28.

Aus organisatorischen Gründen wird dieses Produkt statt der üblichen Messungen am 3. Messtag wenige Stunden nach Beladung der Emissionsprüfkammer untersucht. Es zeigt am ersten Messtag (Tag 0) eine hohe empfundene Intensität von etwa 11,5 pi und eine sehr unangenehme Hedonik von etwa -2,5. An den folgenden Messtagen ist ein deutliches Abklingverhalten der empfundenen Intensität zu erkennen, wobei am 28. Tag eine geringe empfundene Intensität von etwa 4,5 pi erreicht wird, wodurch die Empfehlung des AgBB-Schemas erreicht wird.

Mit der sinkenden empfundenen Intensität der Probenluft verbessert sich auch die Hedonik deutlich von zunächst etwa -2,5 auf etwa -0,5.

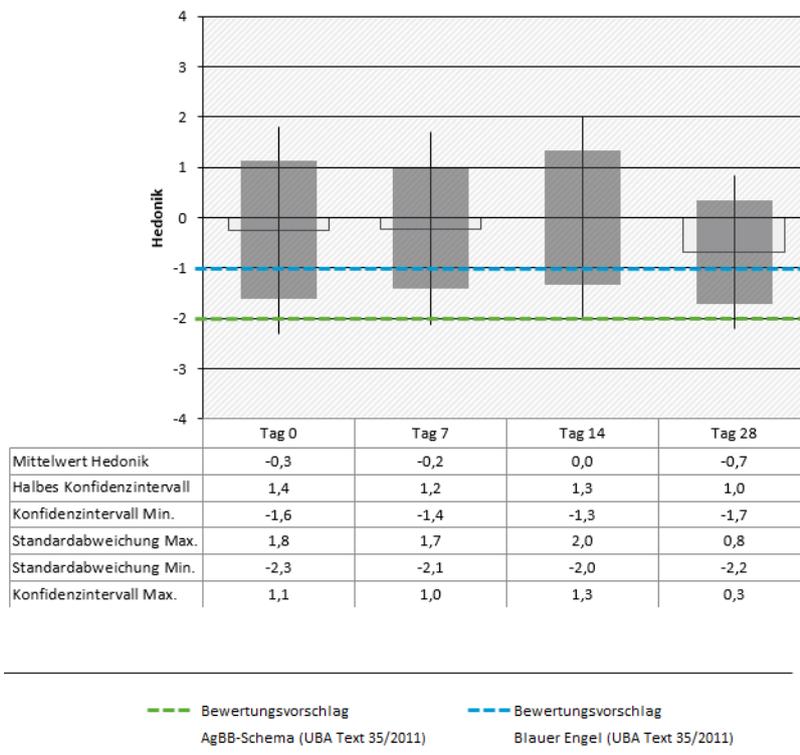
## A.23 HTW 23.005 Linoleum

Abbildung 97: Empfundene Intensität der Probe 23.005, Linoleum



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 98: Hedonik der Probe 23.005, Linoleum



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Die sensorischen Messungen erfolgen am 0. Messtag und an den regulären Messtagen 7, 14 und 28.

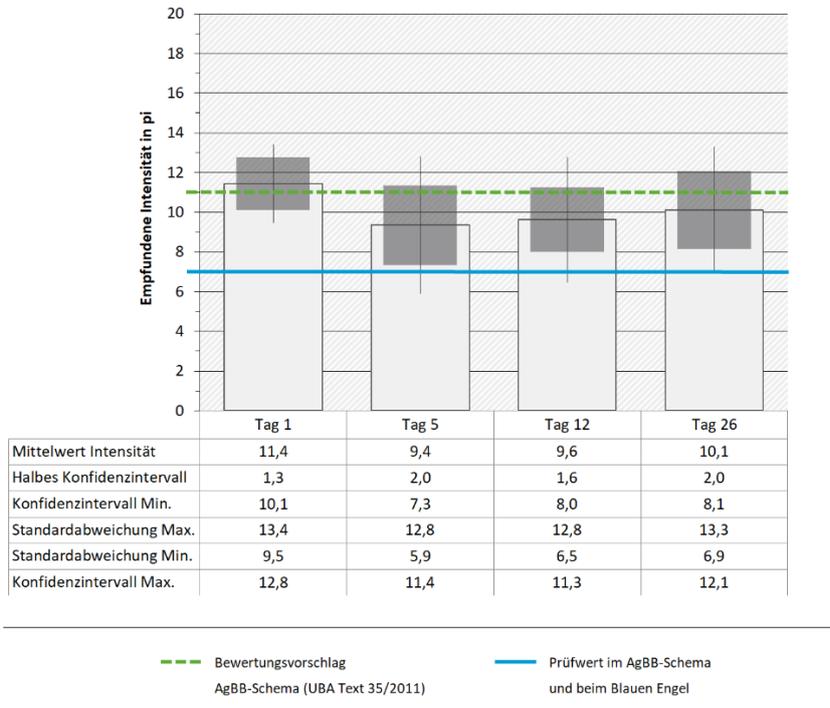
Aus organisatorischen Gründen wird dieses Produkt wenige Stunden nach Beladung der Emissionsprüfkammer untersucht, statt der üblichen Messung am 3. Messtag. Die empfundene Intensität steigt an den ersten drei Messtagen geringfügig von etwa 8,5 auf 10 pi an. Am 28. Messtag wird eine etwas geringere empfundene Intensität von 7,5 pi erreicht. Bei einer Wiederholungsprüfung am 29. Messtag (so wie es die Vergabekriterien des Blauen Engels für textile Bodenbeläge ermöglichen), könnte das Produkt die Anforderungen des AgBB-Schemas bzw. des Blauen Engels für textile Bodenbeläge von 7 pi erreichen.

Die Hedonik wird als leicht unangenehm bis neutral bewertet.

## B Anhang

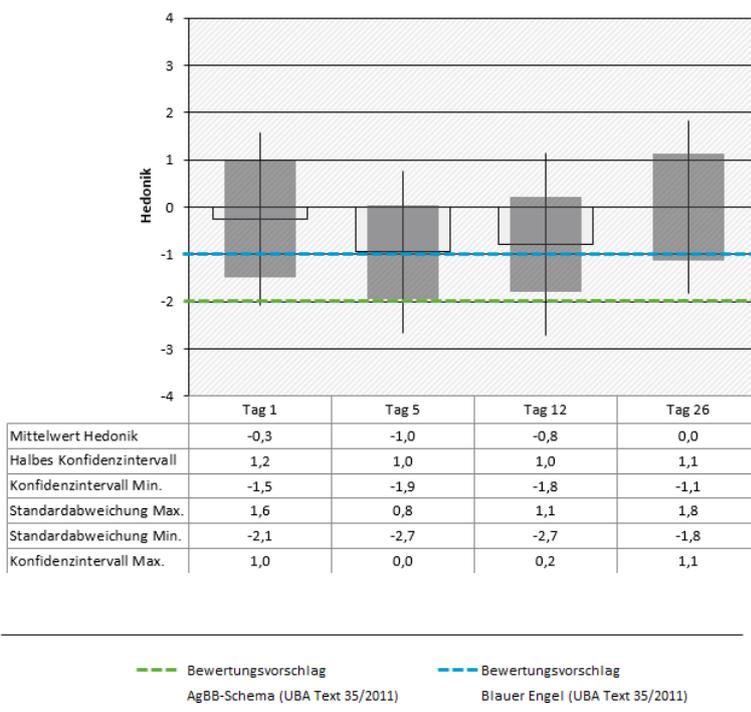
### B.1 HTW 21.001 Laminat

Abbildung 99: Empfundene Intensität der Probe 21.001, Laminat



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 100: Hedonik der Probe 21.001, Laminat



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 47: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.001, Laminat**

	AgBB-Schema HTW 21.001	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	179		159		55	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,366		0,115		0,122	
[D]	Σ VOC o. NIK	30		30		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	42		0		7	
[H]	Formaldehyd	14				0	

	Blauer Engel HTW 21.001	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	179		159		55	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,366		0,115		0,122	
[D]	Σ VOC o. NIK	30		30		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	42		0		7	
[H]	Formaldehyd	14				7	

**Tabelle 48: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 21.001, Laminat**

Komponente	CAS-RN	Tag 3	Tag 7	Tag 14	Tag 28
Essigsäure	64-19-7	33	18	12	27
Hexanal	66-25-1	78	78	37	23
Benzaldehyd	100-52-7	8	8	5	3
Heptane, 2,2,4,6,6 pentamethyl	13475-82-6	22	22	5	<BG
Octanol	124-13-0	5	5	4	3
D4	556-67-2	10	11	5	5
Acetophenone	98-86-2	3	3	2	<BG
Benzoesre	65-85-0	12	12	5	3

Komponente	CAS-RN	Tag 3	Tag 7	Tag 14	Tag 28
Dimethylphthalate	131-11-3	5	5	4	3
Formaldehyd	50-00-0	14			7
Acetaldehyd	75-07-0	28			<BG

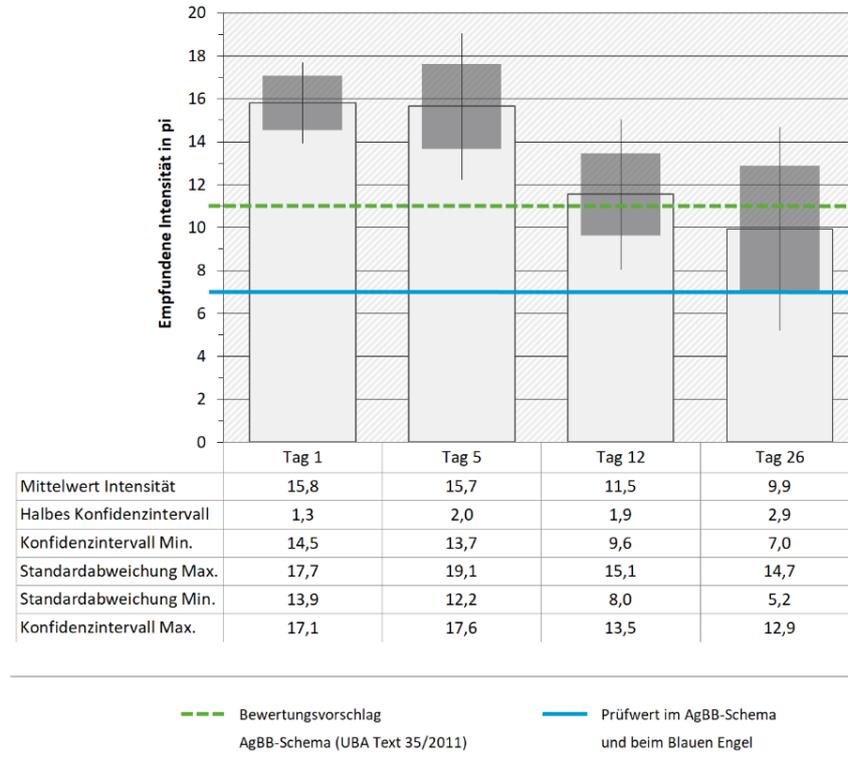
Aus organisatorischen Gründen erfolgt die Bewertung dieses Produktes an den Messtagen 1, 5, 12 und 26 und damit immer zwei Tage vor den regulären Messtagen.

Die empfundene Intensität des Laminats 21.001 bleibt konstant zwischen 11,4 und 9,4 pi über alle Messtage hinweg und überschreitet dem im AgBB-Schema empfohlenen Prüfwert. Die Hedonikwert weist mit Werten zwischen 0,0 und -1 über die Messtage insgesamt einen neutralen bis leicht unangenehmen Charakter auf.

Einige VOC können als Emission aus dem Material nachgewiesen werden. Die Konzentrationen von Essigsäure und den Aldehyden werden mit jeweils spezifischen Methoden nachgewiesen.

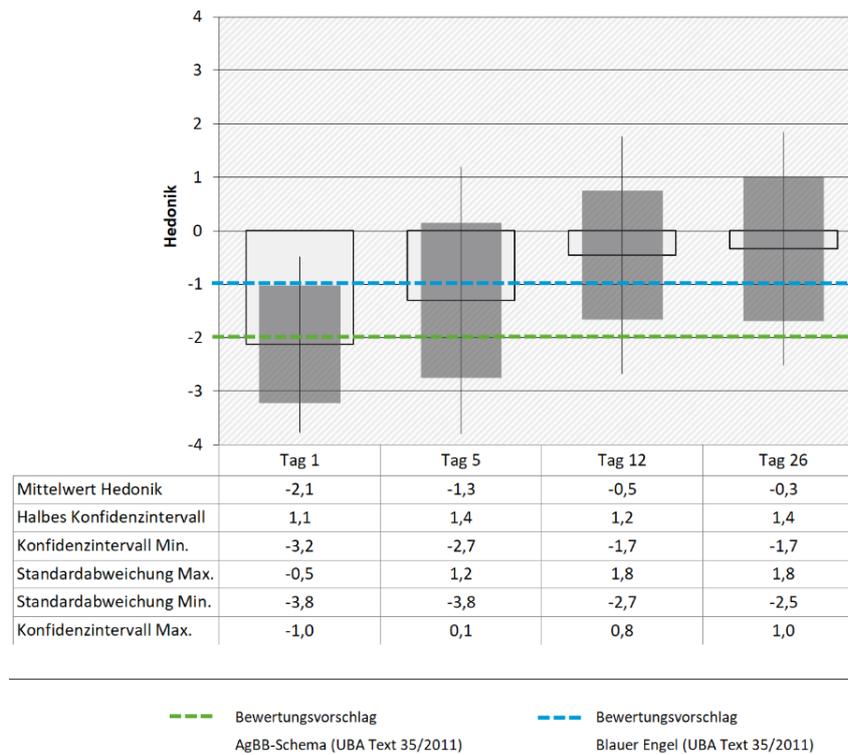
## B.2 HTW 21.002 Furnierboden

Abbildung 101: Empfundene Intensität der Probe 21.002, Furnierboden



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 102: Hedonik der Probe 21.002, Furnierboden



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 49: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.002, Furnierboden**

	AgBB-Schema HTW 21.002	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	82		47		71	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,219		0,099		0,257	
[D]	Σ VOC o. NIK	21		8		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	14				0	

	Blauer Engel HTW 21.002	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	82		47		71	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,219		0,099		0,257	
[D]	Σ VOC o. NIK	21		8		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	14				6	

**Tabelle 50: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 21.002, Furnierboden**

Komponente	CAS-RN	Tag 3	Tag 7	Tag 17	Tag 28	HTW 28
Ethanol-2-butoxy	111-76-2	8	10	9	11	<BG
Benzaldehyd	100-52-7	4	6	4	10	6
Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	13475-82-6	6	5	3	<BG	<BG
Cyclohexanone	108-94-1	21	10	10	23	<BG
Unknown		15	8	3	3	<BG
Formaldehyd	50-00-0	14			6	n.m.
Essigsäure	64-19-7	26			27	37

Aus organisatorischen Gründen erfolgt die Bewertung dieses Produktes an den Messtagen 1, 5, 12 und 26 und damit immer zwei Tage vor den regulären Messtagen.

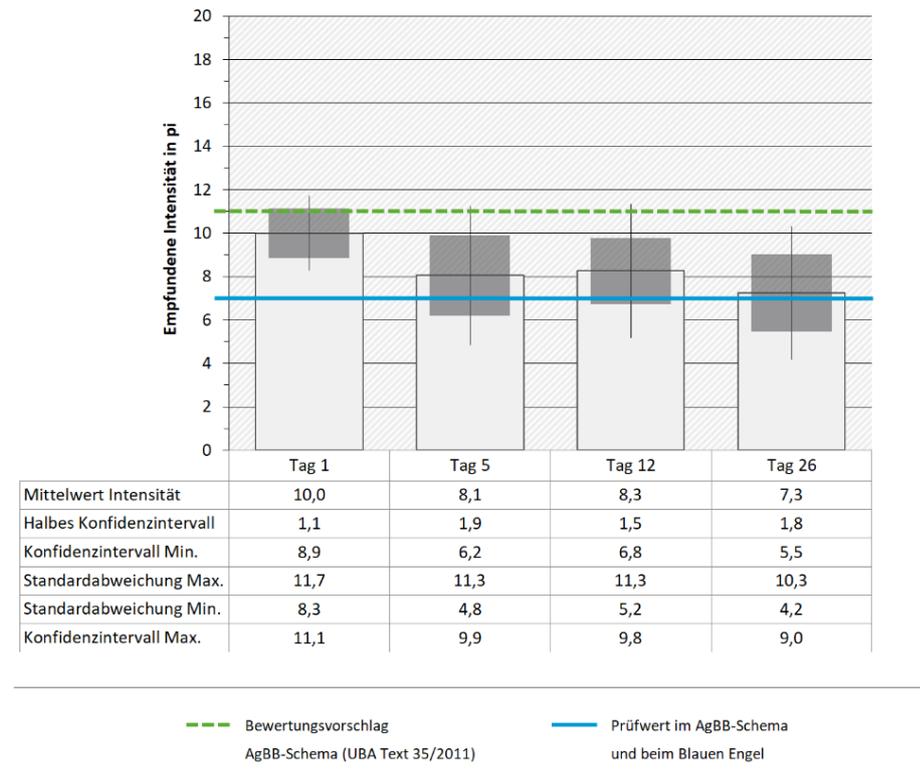
Die empfundene Intensität des Furnierbodens 21.002 zeigt ein deutliches Abklingverhalten. Sie sinkt von Tag 1 mit 15,8 pi bis Tag 26 mit 9,9 pi. Sowohl an Tag 1 als auch an Tag 5 werden Einzelwerte der empfundenen Intensität von über 15 pi gemessen. Die Prüfenden empfinden die Intensität damit höher als die höchste am Vergleichsmaßstab dargebotene Intensität. Die Intensität nimmt dann an Tag 12 und 26 ab, allerdings liegt sie noch immer oberhalb des vom AgBB empfohlenen Prüfwertes.

Die Hedonik-Bewertung zeigt am ersten Tag eine unangenehme Bewertung von -2,1, verbessert sich jedoch bis zum 26. Tag auf -0,3 und zeigt damit ein Abklingverhalten und eine fast neutrale Bewertung.

Auch bei diesem Produkt sind nur wenige VOC nachweisbar, geringe Mengen von Formaldehyd und Essigsäure sind zu nennen.

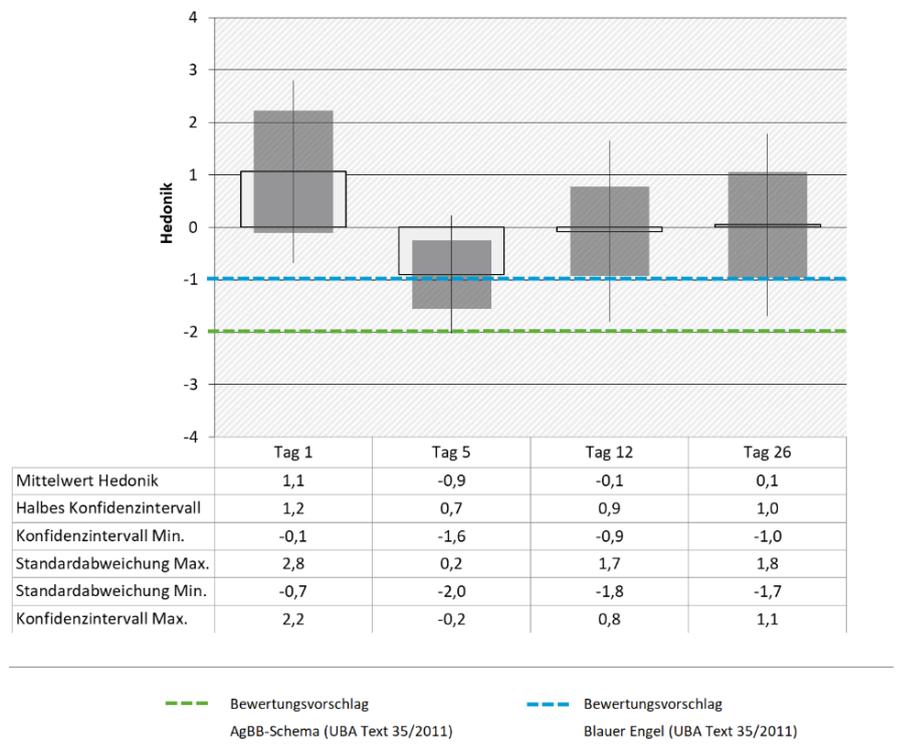
### B.3 HTW 21.003 Parkett

Abbildung 103: Empfundene Intensität der Probe 21.003, Parkett



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 104: Hedonik der Probe 21.003, Parkett



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 51: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.003, Parkett**

	AgBB-Schema HTW 21.003	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	180	nicht möglich	13		221	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,125	nicht möglich	0,005		0,233	
[D]	Σ VOC o. NIK	19		0		15	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	234		0		176	
[H]	Formaldehyd	0				0	

	Blauer Engel HTW 21.003	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	180		13		221	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,125		0,005		0,233	
[D]	Σ VOC o. NIK	19		0		15	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	234		0		176	
[H]	Formaldehyd	0				0	

**Tabelle 52: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 21.003, Parkett**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
Ameisensäure	64-18-6	n.b	200	n.b	140
Acetaldehyd	75-07-0	n.b	16	n.b	11
Aceton	67-64-1	n.b	18	n.b	25
Essigsäure	64-19-7	n.b	140	n.b	200

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
D3	541-05-9	6	7	4	5
a-Pinen	80-56-8	9	6	4	2
Benzaldehyd	100-52-7	10	4	2	6
Iso-Dodecan	13475-82-6	19	12	8	2
D4	556-67-2	6	9	5	<BG
Benzoessäure	65-85-0	20	6	3	10
Dimethylphthalate	131-11-3	<BG	4	4	4

Aus organisatorischen Gründen erfolgt die Bewertung dieses Produktes an den Messtagen 1, 5, 12 und 26 und damit immer zwei Tage vor den regulären Messtagen.

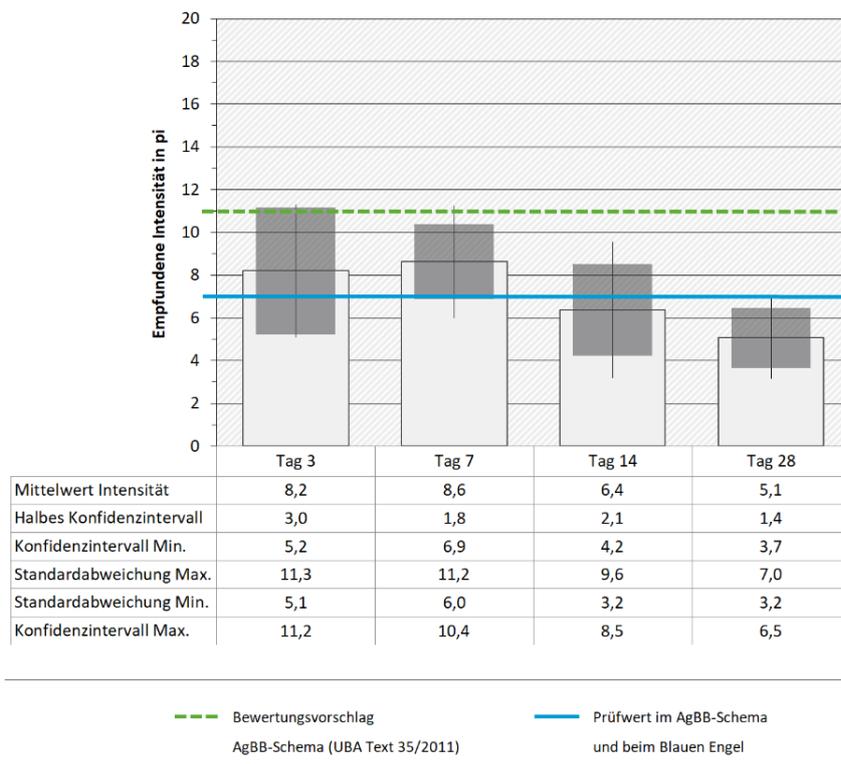
Die empfundene Intensität des Parketts 21.003 variiert zwischen 10,0 und 7,3 über die Messtage hinweg, wobei ein stetiger Abfall und somit ein Abklingverhalten zu beobachten ist. Trotz dieses Rückgangs überschreitet die empfundene Intensität bei jeder Messung den Prüfwert im AgBB-Schema von 7 pi.

Die Hedonik zeigt am ersten Tag eine angenehme Bewertung von 1,1. Am fünften Tag fällt sie jedoch in den leicht unangenehmen Bereich mit -0,9, um dann an den Messtagen 12 und 26 mit -0,1 und 0,1 als neutral bewertet zu werden. Die Hedonik weist somit einen neutralen Charakter auf.

Bei diesem Produkt werden leicht höhere VOC- und VVOC-Emissionen festgestellt. Mit den höchsten Konzentrationen sind die kleinen Carbonsäuren (Ameisen- und Essigsäure) zu finden, die am 3. und 28. jeweils spezifisch mit einer separaten Methode bestimmt werden.

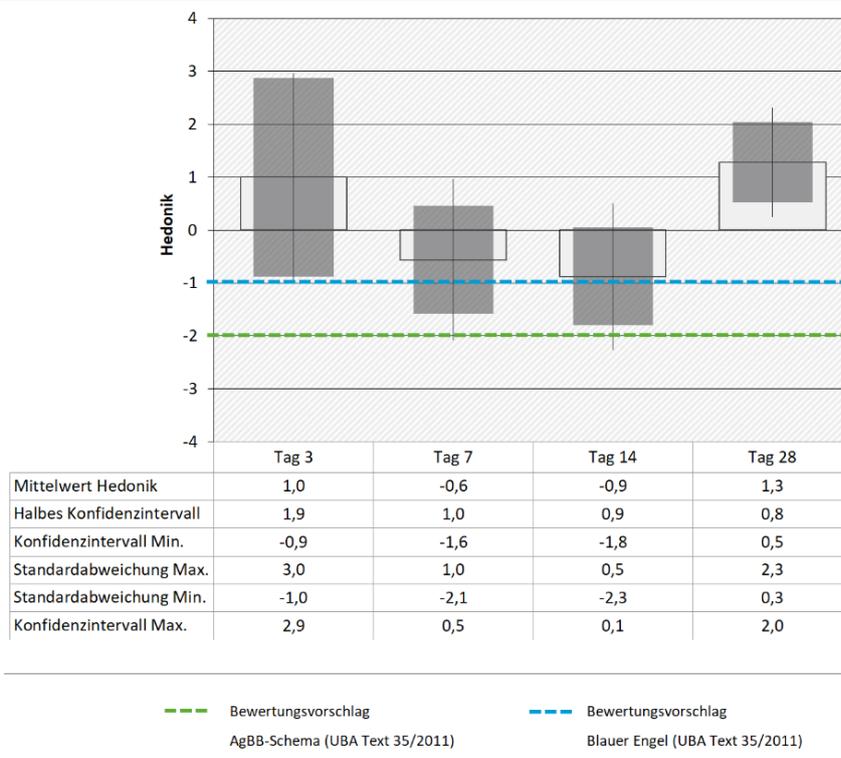
## B.4 HTW 21.004 Furnierboden

Abbildung 105: Empfundene Intensität der Probe 21.004, Furnierboden



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 106: Hedonik der Probe 21.004, Furnierboden



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 53: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.004, Furnierboden**

	AgBB-Schema HTW 21.004	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	102		112		44	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,182		0,138		0,058	
[D]	Σ VOC o. NIK	29		35		7	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	14		n.n.		7	
[H]	Formaldehyd	n.n.				0	

	Blauer Engel HTW 21.004	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	102		112		44	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,182		0,138		0,058	
[D]	Σ VOC o. NIK	29		35		7	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	14		n.n.		7	
[H]	Formaldehyd	n.n.				n.n.	

**Tabelle 54: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 21.004, Furnierboden**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
Essigsäure	64-19-7	23	27	9	18
Hexanal	66-25-1	25	25	18	14
Benzaldehyd	100-52-7	7	7	5	3
Heptane, 2,2,4,6,6 pentamethyl	13475-82-6	7	7	5	3
D4	556-67-2	11	11	5	5
Benzoesre	65-85-0	12	13	6	2
Dimethylphthalate	131-11-3	12	12	10	7
Acetaldehyd	75-07-0	14	n.b.	n.b.	7

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

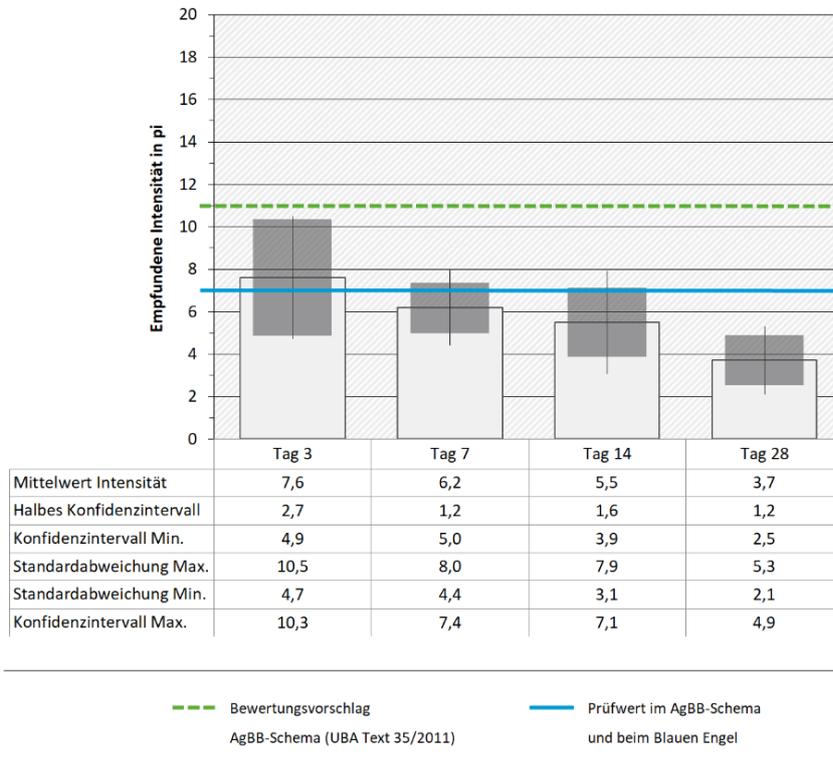
Die empfundene Intensität des Produkts 21.004 variiert zwischen 8,6 und 5,1 pi. Die Bewertung an Tag 7 mit 8,6 pi ist höher als an Tag 3 mit 8,2 pi. Es zeigt sich ein deutlicher Abfall der empfundenen Intensität zu Tag 14 mit 6,4 pi und Tag 28 mit 5,1 pi. Positiv ist zu vermerken, dass an Tag 14 und Tag 28 der Prüfwert im AgBB-Schema von 7 pi unterschritten wird. Insgesamt kann die Intensität als mäßig intensiv bewertet werden. Der 90%-Vertrauensbereich der Intensitätsmessung wird an allen Messtagen nicht eingehalten.

Die Hedonik zeigt an Tag 3 mit 1,0 und Tag 28 mit 1,3 angenehme Bewertungen. An den Tagen 7 und 14 wird sie mit -0,6 und -0,9 leicht unangenehm bewertet. Der 90%-Vertrauensbereich wird an Messtag 3 nicht erreicht. Anhand der Ergebnisse kann von einem neutralen Charakter in Bezug auf die Hedonik gesprochen werden.

Der Furnierboden ist wie auch die anderen untersuchten Produkte eher unauffällig was VOC-Emissionen angeht, im Wesentlichen werden Essigsäure und einige Aldehyde gefunden.

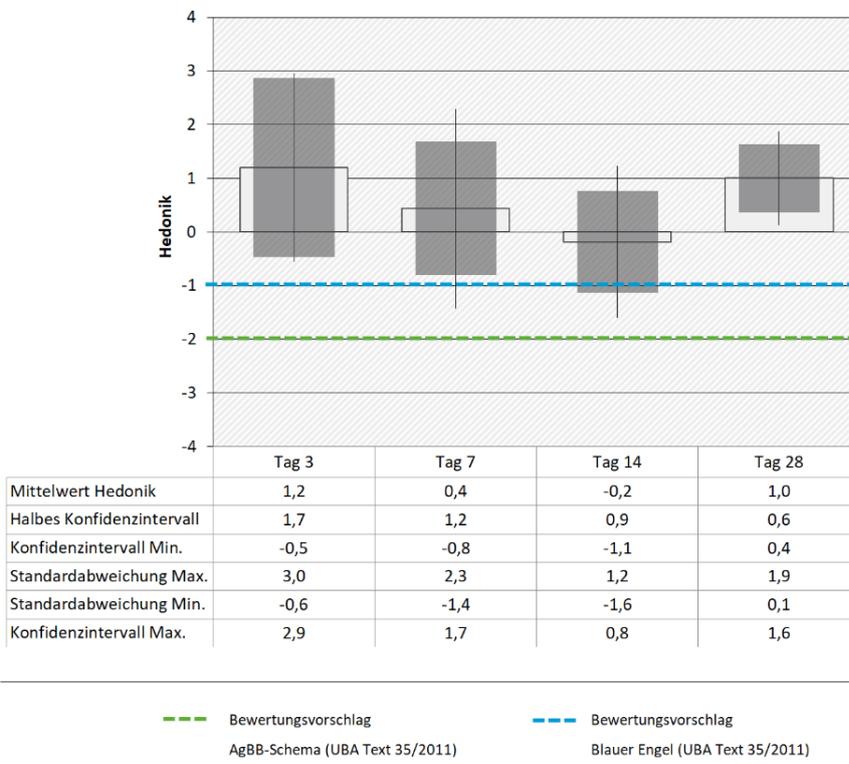
## B.5 HTW 21.005 Laminat

Abbildung 107: Empfundene Intensität der Probe 21.005, Laminat



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 108: Hedonik der Probe 21.005, Laminat



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 55: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.005, Laminat**

	AgBB-Schema HTW 21.005	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	38		14		48	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,027		0,009		0,041	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	0				0	

	Blauer Engel HTW 21.005	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	38		14		48	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,027		0,009		0,041	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		0		0	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	0				0	

**Tabelle 56: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 21.005, Laminat**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Hexanal	66-25-1	n.m.	9	7	5	6
Heptane, 2,2,4,6,6 pentamethyl	13475-82-6	n.m.	11	7	<BG	2
1 Hexanol 2 ethyl	104-76-7	n.m.	2	2	<BG	<BG
Acetic acid	64-19-7	n.m.	18	<BG	43	33

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

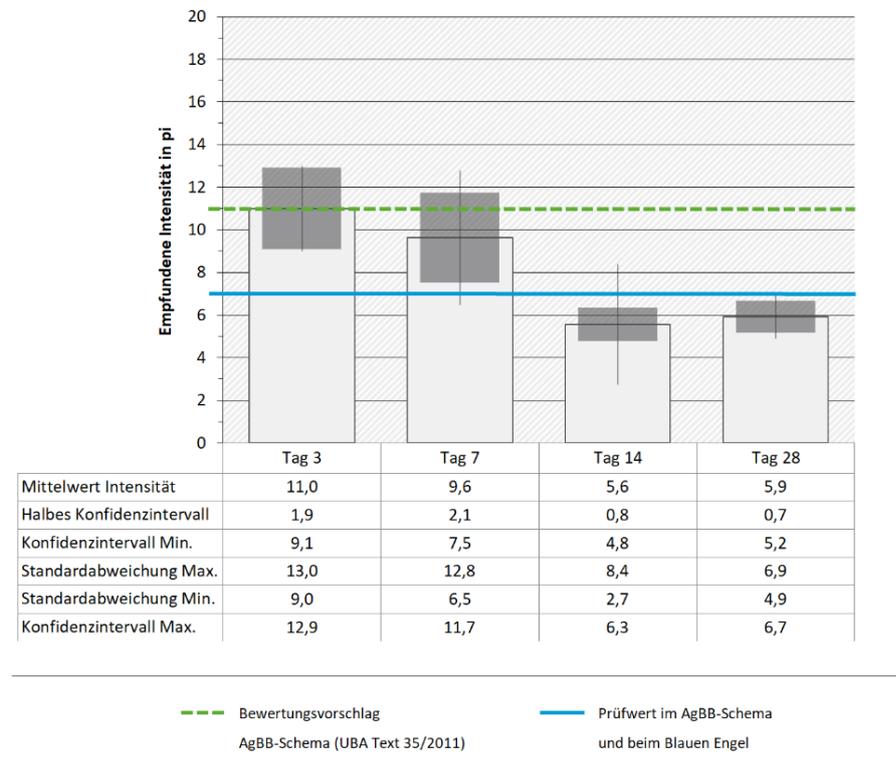
Die empfundene Intensität der Laminatprobe 21.005 variiert zwischen 7,6 pi am Tag 1 und 3,7 pi am Tag 28. Die empfundene Intensität zeigt einen stetigen Rückgang im Vergleich der Messtage, was auf ein Abklingverhalten hindeutet. An den Messtagen 7, 14 und 28 wird der Prüfwert im AgBB-Schema von 7 pi unterschritten. Dies zeigt eine geringe Intensität der Probe.

Die Hedonik wird an Messtag 14 mit -0,2 als leicht unangenehm bewertet, während die Messtage 3, 7 und 28 angenehme Bewertungen aufweisen. Insgesamt kann die Hedonik als leicht angenehm eingeordnet werden. Der 90%-Vertrauensbereich der Intensitätsbewertung wird an keinem Messtag erreicht. Zusammenfassend weist das Produkt eine geringe Intensität bei einem leicht angenehmen Charakter der Hedonik auf.

Bei diesem Laminat sind nur wenige VOC nachweisbar.

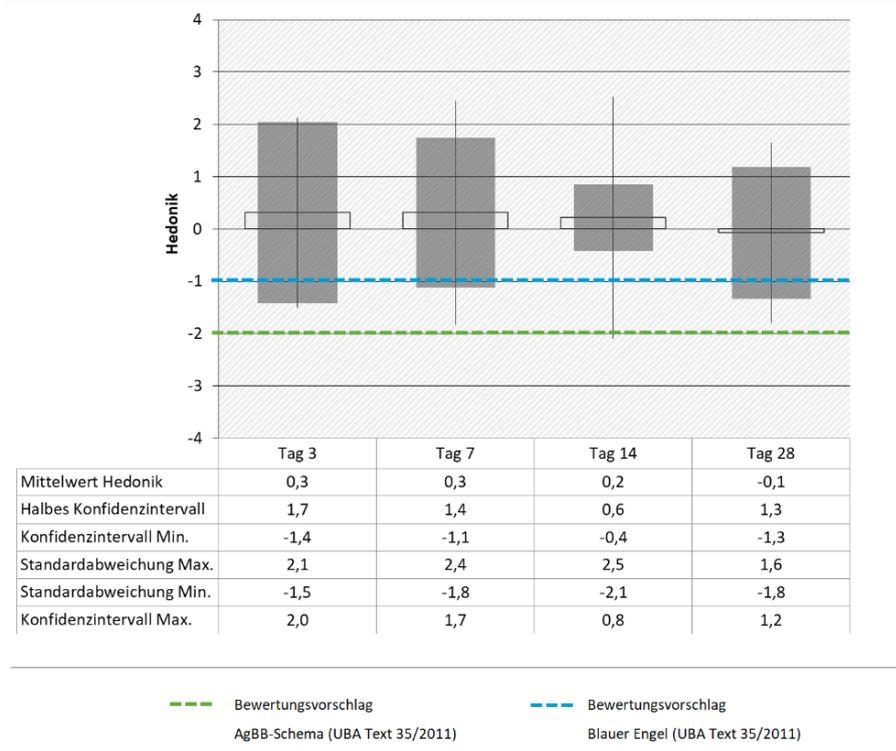
## B.6 HTW 21.006 Parkett

Abbildung 109: Empfundene Intensität der Probe 21.006, Parkett



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 110: Hedonik der Probe 21.006, Parkett



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 57: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 21.006, Parkett**

	AgBB-Schema HTW 21.006	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	812	nicht möglich	307		341	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,716	nicht möglich	0,222		0,390	
[D]	Σ VOC o. NIK	20		8		5	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	82		n.n.		28	
[H]	Formaldehyd	12				0	

	Blauer Engel HTW 21.006	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	812		307		341	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,716		0,222		0,390	
[D]	Σ VOC o. NIK	20		8		5	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	82		n.n.		28	
[H]	Formaldehyd	12				n.n.	

**Tabelle 58: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 21.006, Parkett**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Formaldehyd	50-00-0	n.m.	12	n.m.	<BG	n.m.
Acetaldehyd	75-07-0	n.m.	26	n.m.	14	n.m.
Propanal	123-38-6	n.m.	44	n.m.	14	n.m.
Essigsäure	64-19-7	n.m.	260	110	220	66
Hexanal	66-25-1	n.m.	12	12	16	4

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
a-Pinen	80-56-8	n.m.	55	55	35	85
Benzaldehyd	100-52-7	n.m.	2	2	2	6
β-Pinen	127-91-3	n.m.	23	23	13	8
Iso-Dodecane	13475-82-6	n.m.	13	13	<BG	<BG
Carene	13466-78-9	n.m.	79	79	45	45
D4	556-67-2	n.m.	4	4	5	9
Benzoesre	65-85-0	n.m.	3	3	2	<BG
Dimethylphthalate	131-11-3	n.m.	8	8	<BG	<BG
2 Ethylhexanol		n.m.	8	7	7	<BG

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

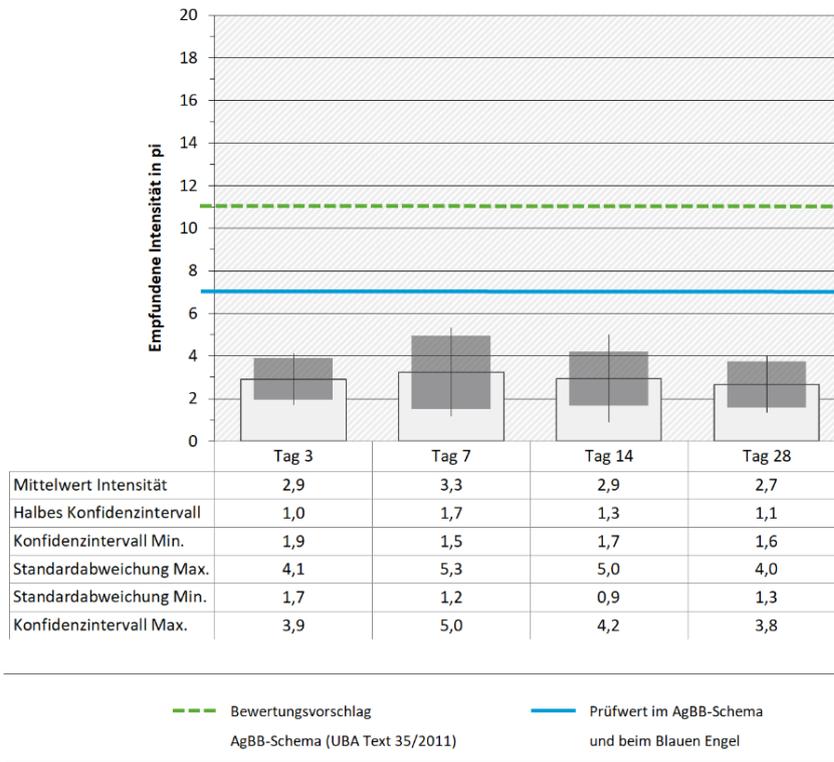
An den Messtagen 3 und 7 weist die Probe mit 11,0 und 9,6 pi eine Intensität oberhalb des Prüfwerts von 7 pi auf. Am Tag 14 erfolgt ein deutlicher Abfall von 9,6 auf 5,6 pi. An Tag 28 werden die 7 pi mit einer empfundenen Intensität von 5,9 ebenfalls unterschritten. Die Hedonikbewertungen schwanken an allen Messtagen um 0, was auf eine neutrale Hedonik hinweist.

Zusammenfassend zeigt die Probe eine Intensität über dem 7 pi-Wert an den ersten beiden Messtagen, gefolgt von einem signifikanten Abfall an Tag 14 und Tag 28, wodurch die empfundene Intensität unter den Wert von 7 pi sinkt.

Es werden leicht erhöhte VOC-Konzentrationen festgestellt, deren Hauptemission Essigsäure ist. Auch sonst werden relativ viele Holzemissionen wie Terpene nachgewiesen.

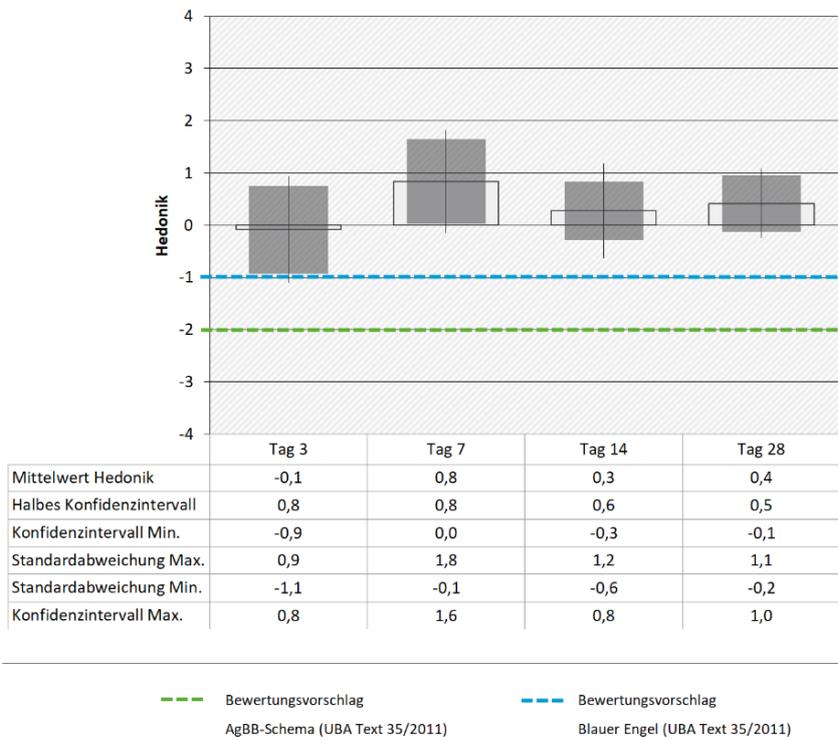
## B.7 HTW 22.001 Furnierboden

Abbildung 111: Empfundene Intensität der Probe 22.001, Furnierboden



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 112: Hedonik der Probe 22.001, Furnierboden



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 59: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 22.001, Furnierboden**

	AgBB-Schema HTW 22.001	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	28		15		23	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,013		0,009		0,064	
[D]	Σ VOC o. NIK	5		0		8	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	20		0		16	
[H]	Formaldehyd	0				0	

	Blauer Engel HTW 22.001	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	28		15		23	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,013		0,009		0,064	
[D]	Σ VOC o. NIK	5		0		8	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	20		0		16	
[H]	Formaldehyd	0				0	

**Tabelle 60: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 22.001, Furnierboden**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
Hexanal	66-25-1	3	2	2	2
D3	541-05-9	7	5	2	2
Benzaldehyd	100-52-7	8	3	<BG	5
Iso-Dodecan	13475-82-6	19	7	5	3
D4	556-67-2	11	9	5	<BG
Acetophenone	98-86-2	4	2	<BG	3

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
Benzoessäure	65-85-0	16	4	2	8

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

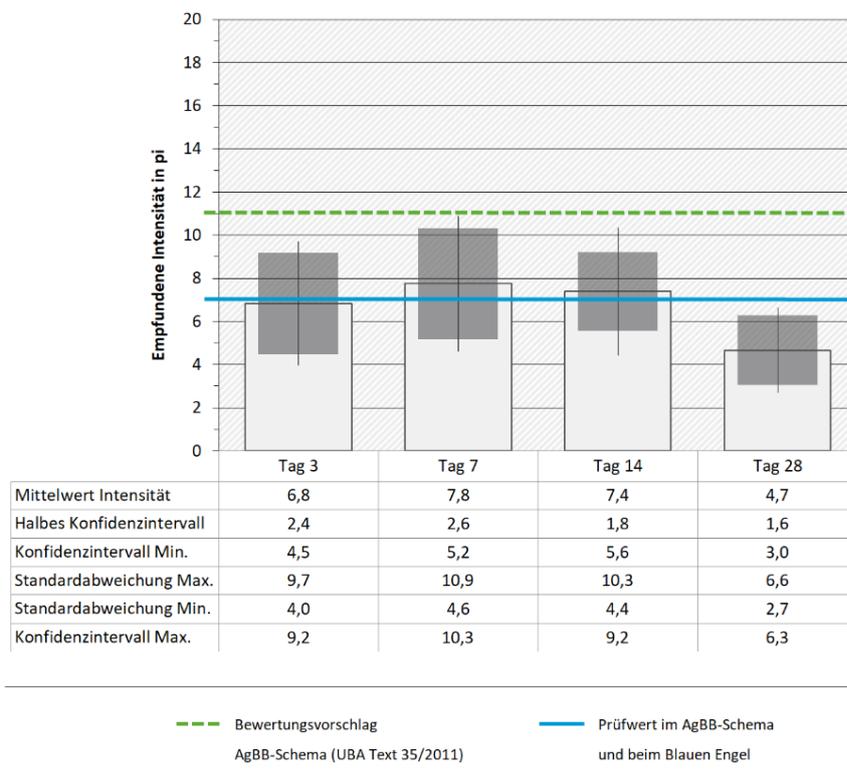
Dieser Furnierboden sticht deutlich aus der bisherigen Auswahl heraus. Die empfundene Intensität bleibt zwischen 3,3 und 2,7 pi nahezu konstant von Messtag 3 bis 28. Bemerkenswert ist, dass der Prüfwert des AgBB-Schemas und des Blauen Engels von 7 pi deutlich unterschritten wird. An den Tagen 7, 14 und 28 liegt die empfundene Intensität zwar leicht außerhalb des 90%-Vertrauensbereichs, während Tag 3 diesen erreicht. Die Hedonik hält an allen Messtagen den 90%-Vertrauensbereich ein.

Die Hedonik wird an Tag 3 als neutral bewertet, während er an den Tagen 7, 14 und 28 leichte positiv bewertet wird. Zusammenfassend wird das Produkt als gering intensiv mit einer leicht angenehmen Hedonik bewertet, was es deutlich von den vorherigen Proben unterscheidet.

Auch bei diesem Furnierboden werden nur geringe VOC-Konzentrationen nachgewiesen.

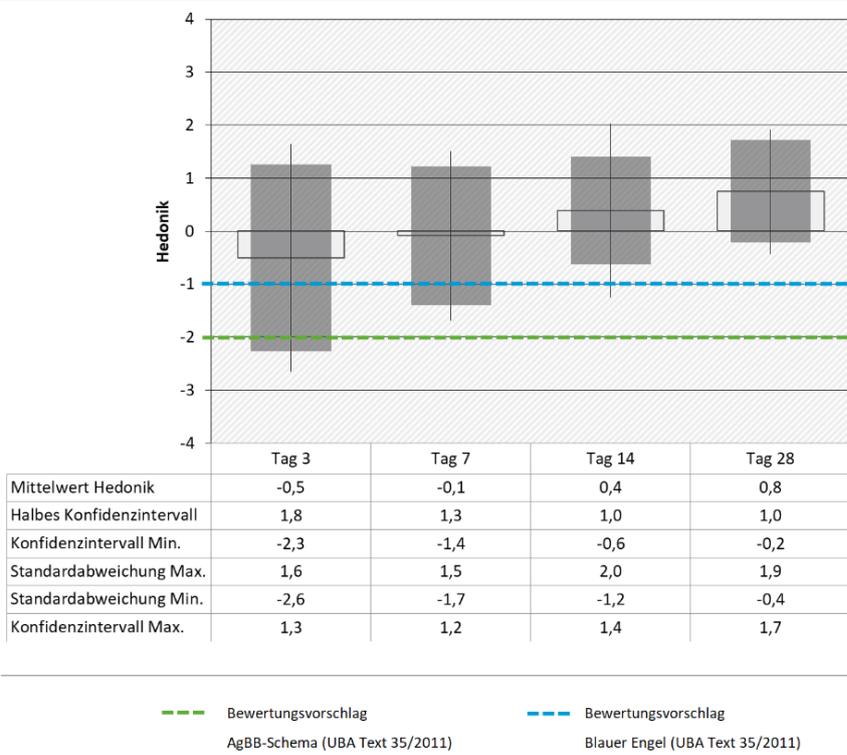
## B.8 HTW 22.002 Parkett

Abbildung 113: Empfundene Intensität der Probe 22.002, Parkett



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 114: Hedonik der Probe 22.002, Parkett



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 61: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 22.002, Parkett**

	AgBB-Schema HTW 22.002	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	525	nicht möglich	468		385	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,347		0,229		0,220	
[D]	Σ VOC o. NIK	5		18		8	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	7				0	

	Blauer Engel HTW 22.002	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	525		468	nicht möglich	385	nein
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,347		0,229		0,220	
[D]	Σ VOC o. NIK	5		18		8	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	0		0		0	
[H]	Formaldehyd	7				0	

**Tabelle 62: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 22.002, Parkett**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Hexanal	66-25-1	n.m.	4	5	8	3
α-Pinen	80-56-8	n.m.	290	270	170	68
β-Pinen	127-91-3	n.m.	31	30	20	7
Iso-Dodecan		n.m.	5	4	<BG	<BG
Carene	498-15-7	n.m.	140	150	110	70

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28	HTW 28
Limonene	138-86-3	n.m.	5	7	3	<BG
Benzophenone	119-61-9	n.m.	4	4	4	<BG
Essigsäure	64-19-7	n.m.	54	n.m.	77	<BG

Die sensorischen Messungen erfolgen an den regulären Messtagen 3, 7, 14 und 28.

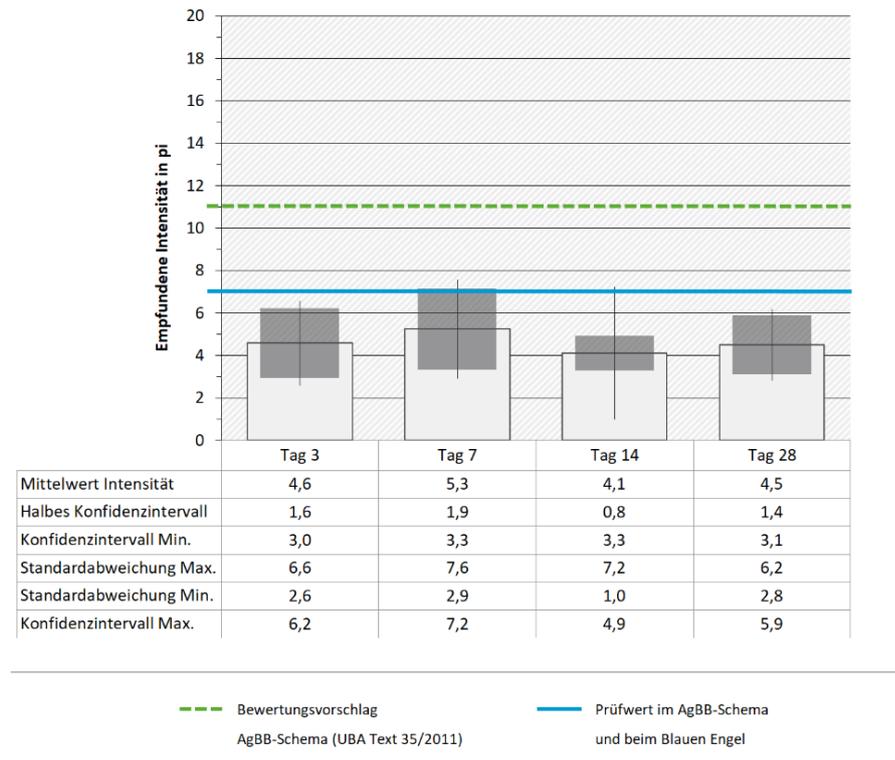
Die empfundene Intensität der Parkettprobe 22.002 variiert zwischen 7,8 pi an Tag 7 und 4,7 pi an Tag 28. Die Tage 3, 7 und 14 zeigen geringe Abweichungen der mittleren empfundenen Intensität, während an Tag 28 ein deutlicher Abfall festzustellen ist, wodurch die Werte knapp über dem Prüfwert von 7 pi liegen.

Die Hedonik startet an Tag 1 mit einem Wert von -0,5 und steigt kontinuierlich an jedem folgenden Messtag bis auf 0,8 an Tag 28. Insgesamt wird die Hedonik als neutral bewertet. Die Intensität kann als mäßig intensiv betrachtet werden.

Auch für das lackierte Parkett werden leicht erhöhte VOC-Konzentrationen festgestellt, deren Hauptemission Terpene sind. Auch bei diesen Produkten kann Essigsäure nachgewiesen werden.

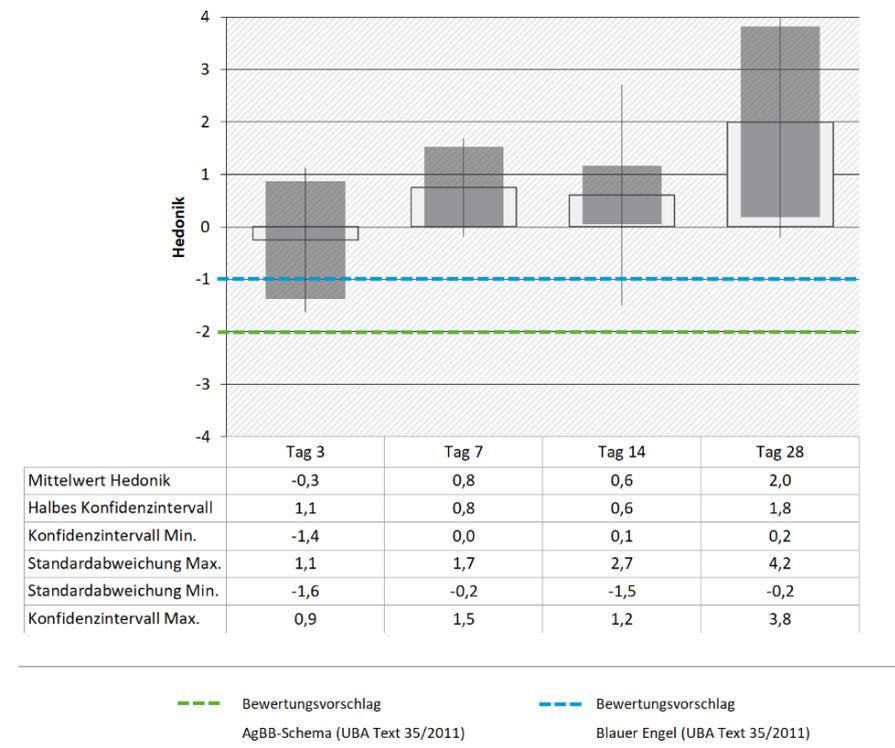
## B.9 HTW 22.003 Wand- und Deckenpanel

Abbildung 115: Empfundene Intensität der Probe 22.003, Wand- und Deckenpanel



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

Abbildung 116: Hedonik der Probe 22.003, Wand- und Deckenpanel



Quelle: eigene Darstellung, HTW Berlin

**Tabelle 63: Emissionsauswertung gemäß AgBB-Schema und Blauer Engel der Probe 22.003, Wand- und Deckenpanel**

	AgBB-Schema HTW 22.003	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	236		123		190	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,522		0,127		0,290	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		6		5	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	25		n.n.		14	
[H]	Formaldehyd	9				0	

	Blauer Engel HTW 22.003	3 Tage		7 Tage		28 Tage	
		Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Abbruch	Ergebnisse µg/m <sup>3</sup>	Bestanden?
[A]	TVOC (C <sub>6</sub> - C <sub>16</sub> )	236		123		190	
[B]	Σ SVOC (C <sub>16</sub> - C <sub>22</sub> )	0		0		0	
[C]	R (dimensionslos)	0,522		0,127		0,290	
[D]	Σ VOC o. NIK	0		6		5	
[E]	Σ Cancerogene	0		0		0	
[F]	VVOC (< C <sub>6</sub> )	25		n.n.		14	
[H]	Formaldehyd	9				5	

**Tabelle 64: VOC-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup> der Probe 22.003, Wand- und Deckenpanel**

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
Essigsäure	64-19-7	n.m.	120	62	150
Heptane, 2,2,4,6,6 pentamethyl	13475-82-6	n.m.	34	34	10
D4	556-67-2	n.m.	<BG	4	5
Benzoesre	65-85-0	n.m.	4	6	2
Dimethylphthalate	131-11-3	n.m.	<BG	2	2
2-Ethylhexanol	104-76-7	n.m.	82	21	25

Komponente	CAS-RN	Tag 1	Tag 3	Tag 7	Tag 28
Formaldehyd	50-00-0	n.m.	9	n.m.	5
Acetaldehyd	75-07-0	n.m.	16	n.m.	9

Für die Produktart des Wand- und Deckenpanels ist gemäß DIN EN 16516 eine andere Beladung  $L$  von  $1,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$  vorgegeben (Kap. 5.2). Bei der vorgegebenen Luftwechselrate  $n$  von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  ergibt sich für die Untersuchung des Produktes eine flächenspezifische Luftwechselrate  $q$  von  $0,36 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Um eine direkte Bewertung an der CLIMPAQ bei einem Luftvolumenstrom am Trichter von  $0,9 \text{ l/s}$  zu erreichen, ergäbe sich daraus eine sehr große Fläche für Probe, die jedoch nicht in die in der HTW Berlin verfügbare größte CLIMPAQ von  $240 \text{ l}$  passen würde. Um die flächenspezifische Durchflussrate einzuhalten, wird der Luftwechsel und der Volumenstrom auf  $0,3 \text{ l/s}$  reduziert. Die Luftprobe wird dann mit einem Probenbehälter (Nalophan©) mithilfe des Probenpräsentationssystems „AirProbe“ dargeboten (Müller, 2016). Für Vergleichsmessungen und zu Forschungszwecken wird an den Messtagen 3 und 7 dennoch eine direkte Beurteilung durchgeführt, indem der Volumenstrom nur für den Zeitpunkt der Messung auf  $0,9 \text{ l/s}$  erhöht wird.

Die empfundene Intensität der Wand- und Deckenpanelprobe 22.003 zeigt kaum Schwankungen über die Messtage. Das Maximum liegt bei  $5,3 \text{ pi}$  an Tag 7, das Minimum bei  $4,1$  an Tag 13. Alle Messtage unterschreiten den Wert von  $7 \text{ pi}$ , und es ist kein Abklingverhalten zu erkennen.

Die Hedonik weist an Tag 3 einen leichten unangenehmen Charakter ( $-0,3$ ) auf, steigt jedoch in den darauffolgenden Messtagen an. Am Tag 28 erreicht sie mit einer Bewertung von  $2$  einen angenehmen Charakter. Der  $90 \%$ -Vertrauensbereich wird für die Intensität an Tag 14 und die Hedonik an Tag 7 und 14 erreicht. Insgesamt handelt es sich um ein gering intensives Produkt mit einem angenehmen Charakter der Hedonik.

Einige VOC können als Emission aus dem Material nachgewiesen werden. Die eher niedrigen Konzentrationen von Essigsäure und den Aldehyden werden mit jeweils spezifischen Methoden nachgewiesen.