

TEXTE

88/2014

Ringversuch zur Einführung der Geruchsmessungen nach DIN ISO 16000-28 in die Bewertung von Bauprodukten

TEXTE 88/2014

Forschungskennzahl 363 01 431
UBA-FB 002049

Ringversuch zur Einführung der Geruchsmessungen nach DIN ISO 16000-28 in die Bewertung von Bauprodukten

von

Dipl.-Ing. Laura Brosig
Dr. rer. nat. Wolfgang Horn
Lars Pyza
Dr.-Ing. Oliver Jann

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin

Abschlussdatum:

2013

Redaktion:

Fachgebiet III 1.4 Stoffbezogene Produktfragen
Dr. Frank Brozowski, Dr. Wolfgang Plehn

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ringversuch-zur-einfuehrung-der-geruchsmessungen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Januar 2015

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 363 01 431 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines	1
2.	Prüfung der Vergleichsmaßstäbe	2
2.1	Allgemeines Vorgehen	2
2.2	Ergebnisse	4
3.	Ringversuch.....	6
3.1	Organisation und Vorbereitung des Ringversuches	6
3.2	Durchführung des Ringversuches	8
4.	Auswertung.....	9
4.1	Vorgehensweise	9
4.1.1	Empfundene Intensität.....	9
4.1.2	Hedonik	10
4.1.3	VOC-Analytik	10
4.1.4	Diskussion der Ergebnisse	11
4.2	Einzelbetrachtung teilnehmender Institute am Ringversuch.....	12
4.2.1	RVG12_001/002.....	13
Empfundene Intensität	13	
Hedonik.....	16	
VOC-Analytik	17	
Diskussion der Ergebnisse	18	
4.2.2	RVG12_003.....	19
Empfundene Intensität	19	
Hedonik.....	20	
VOC-Analytik	21	
Diskussion der Ergebnisse	22	
4.2.3	RVG12_005.....	23
Empfundene Intensität	23	
Hedonik.....	24	
VOC-Analytik	25	
Diskussion der Ergebnisse	26	
4.2.4	RVG12_006.....	27
Empfundene Intensität	28	

Hedonik.....	30
VOC-Analytik	30
Diskussion der Ergebnisse	31
4.2.5 RVG12_008.....	32
Empfundene Intensität.....	32
Hedonik.....	34
VOC-Analytik	34
Diskussion der Ergebnisse	35
4.2.6 RVG12_009.....	36
Empfundene Intensität.....	36
Hedonik.....	38
VOC-Analytik	38
Diskussion der Ergebnisse	39
4.2.7 RVG12_010.....	40
Empfundene Intensität.....	40
Hedonik.....	42
VOC-Analytik	42
Diskussion der Ergebnisse	43
4.2.8 RVG12_011.....	44
Empfundene Intensität.....	44
Hedonik.....	45
VOC-Analytik	46
Diskussion der Ergebnisse	47
4.2.9 RVG12_012.....	48
Empfundene Intensität.....	48
Hedonik.....	50
VOC-Analytik	50
Diskussion der Ergebnisse	51
4.2.10 RVG12_013.....	52
Empfundene Intensität.....	52
Hedonik.....	53
VOC-Analytik	54
Diskussion der Ergebnisse	54

4.2.11	RVG12_014.....	55
	Empfundene Intensität.....	55
	Hedonik.....	57
	VOC-Analytik	58
	Diskussion der Ergebnisse	59
4.3	Gesamtbetrachtung aller teilnehmenden Institute am Ringversuch.....	60
4.3.1	Zusammenhang zwischen VOC-Konzentration und empfundener Intensität.....	60
4.3.2	Einfluss der Größe und Qualifikation des Prüferpanels auf die Beurteilung der empfundenen Intensität.....	64
4.3.3	Einfluss der Probendarbietung und des Vergleichsmaßstabes auf die Beurteilung der empfundenen Intensität.....	67
4.3.4	Einordnung des Ringversuches und Ausblick.....	68
	Literatur	71
5.	Anhang A – Schlussfolgerungen und Empfehlung zur künftigen Durchführung von Geruchsbewertungen.....	73
5.1	Prüfkammermessungen	74
5.2	Vergleichsmaßstab und Probendarbietung	74
5.3	Training der Prüfer.....	76
5.4	Durchführung und Auswertung der Geruchsbewertungen.....	78
5.4.1	Durchführung.....	78
5.4.2	Auswertung.....	80
6.	Anhang B – Prüfung Vergleichsmaßstäbe	81
6.1	RVG12_001/002.....	81
6.2	RVG12_003.....	83
6.3	RVG12_005.....	86
6.4	RVG12_006.....	88
6.5	RVG12_008.....	90
6.6	RVG12_009.....	92
6.7	RVG12_010.....	92
6.8	RVG12_011.....	95
6.9	RVG12_012.....	97
6.10	RVG12_013.....	99
7.	Anhang C – Zusammenstellung: Einzeldaten der Geruchsbewertungen.....	102

7.1	RVG12_001/002.....	102
7.2	RVG12_003.....	104
7.3	RVG12_005.....	107
7.4	RVG12_006.....	109
7.5	RVG12_008.....	113
7.6	RVG12_009.....	115
7.7	RVG12_010.....	117
7.8	RVG12_011.....	119
7.9	RVG12_12.....	121
7.10	RVG12_13.....	123
7.11	RVG12_014.....	126
7.12	VOC-Analysenwerte.....	128

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1	links: Strömungsrohr mit eingefasstem Hitzdrahtanemometer; rechts: Strömungsrohr bei der Anwendung im Geruchstrichter.....	3
Abbildung 2.2	Bestimmung Acetonkonzentration mit einem mobilen FID (Fa. Photovac®)	4
Abbildung 4.1	empfundene Intensität Rohdaten - RVG12_001/002 Tag 7 (n=12)	14
Abbildung 4.2	empfundene Intensität nach VDI 4302-1 bereinigt - RVG12_001/002 Tag 7 (n=8).....	14
Abbildung 4.3	empfundene Intensität Rohdaten und bereinigte Daten (VDI) RVG12_001/002 der Tage 3 und 7 Proben 5085-13 I (grün), 5085- 13 II (lila) und 5085-08/12 (orange).....	15
Abbildung 4.4	empfundene Intensität RVG12_001 Mittelwerte aus den zwei parallel durchgeführten Bewertungen	16
Abbildung 4.5	Hedonik RVG12_001/002 der Tage 3 und 7 Proben 5085-13 I (grün), 5085-13 II (lila) und 5085-08/12 (orange) (n=12).....	17
Abbildung 4.6	VOC-Analysenwerte aus Doppelbestimmungen RVG12_001.....	17
Abbildung 4.7	empfundene Intensität Rohdaten(n=11) und bereinigte Daten (n=5 bzw. 8) RVG12_003 Probe 5085-10/11	20
Abbildung 4.8	Hedonik RVG12_003 der Tage 3 und 7 Probe 5085-10/11 (n=15)	21
Abbildung 4.9	VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_003.....	21
Abbildung 4.10	empfundene Intensität Rohdaten (n=12) und bereinigte Daten (n=7 bzw. 2) RVG12_005 Probe 5085-5	24
Abbildung 4.11	Hedonik RVG12_005 Tag 3 und Tag 7 Probe 5085-5 (n=12)	25
Abbildung 4.12	VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_005.....	25
Abbildung 4.13	empfundene Intensität Rohdaten (n=11 bzw. 9) und bereinigte Daten (n=6 bzw. 7) RVG12_006 Probe 5085-09.....	29
Abbildung 4.14	empfundene Intensität RVG12_006 Mittelwerte aus den zwei parallel durchgeführten Bewertungen	29
Abbildung 4.15	Hedonik RVG12_006 Probe 5085-09 (n siehe Tabelle 4.5)	30
Abbildung 4.16	VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_006.....	31
Abbildung 4.17	empfundene Intensität Rohdaten (n=8) RVG12_008 Probe 5085- 07	33
Abbildung 4.18	Hedonik RVG12_008 Probe 5085-07 (n=8)	34
Abbildung 4.19	VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_008.....	35
Abbildung 4.20	empfundene Intensität RVG12_009 Probe 5085-24.....	37
Abbildung 4.21	empfundene Intensität RVG12_009 Mittelwerte aus den zwei parallel durchgeführten Bewertungen	37
Abbildung 4.22	Hedonik RVG12_009 Probe 5085-24.....	38
Abbildung 4.23	VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_009.....	39
Abbildung 4.24	empfundene Intensität RVG12_010 Probe 5085-19.....	41

Abbildung 4.25	empfundene Intensität RVG12_010 Mittelwerte aus den zwei parallel durchgeführten Bewertungen	41
Abbildung 4.26	Hedonik RVG12_010 Probe 5085-19.....	42
Abbildung 4.27	VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_010.....	43
Abbildung 4.28	empfundene Intensität RVG12_011 Probe 5085-04/06.....	45
Abbildung 4.29	Hedonik RVG12_011 Probe 5085-04/06.....	46
Abbildung 4.30	VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_011 Probe 5085-04/06.....	46
Abbildung 4.31	empfundene Intensität RVG12_012 Probe 5085-14.....	49
Abbildung 4.32	Hedonik RVG12_012 Probe 5085-14.....	50
Abbildung 4.33	VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_012.....	51
Abbildung 4.34	empfundene Intensität RVG12_013 Probe 5085-22.....	53
Abbildung 4.35	Hedonik RVG12_013 Probe 5085-22.....	53
Abbildung 4.36	VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_013.....	54
Abbildung 4.37	empfundene Intensität RVG12_014 Proben 18/23/27.....	56
Abbildung 4.38	empfundene Intensität RVG12_014 Mittelwerte aus den drei parallel durchgeführten Bewertungen	57
Abbildung 4.39	Hedonik RVG12_014 Proben 5085-18/23/27	57
Abbildung 4.40	VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_014 Proben 5085-18/23/27	58
Abbildung 4.41	VOC-Analysenwerte RVG12_14	59
Abbildung 4.42	Gegenüberstellung empfundene Intensität und Konzentration nicht identifizierter VOC	61
Abbildung 4.43	Gegenüberstellung empfunden Intensität und Konzentration der Einzelsubstanzen 1-Butanol, Propylenglycol, Hexamethylcyclotrisiloxan und n-Butylether.....	63
Abbildung 4.44	Gegenüberstellung TVOC und empfundene Intensität Tag 7	64
Abbildung 5.1	Einfluss des Volumenstroms auf die Bewertung der empfundenen Intensität, nach [VDI 4302-1].....	75
Abbildung 6.1	Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_001/002	81
Abbildung 6.2	Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_001/002.....	82
Abbildung 6.3	Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration – RVG12_003	83
Abbildung 6.4	Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_003.....	85
Abbildung 6.5	Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_005	86
Abbildung 6.6	Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_005.....	87

Abbildung 6.7	Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_006	88
Abbildung 6.8	Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_006.....	89
Abbildung 6.9	Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_008	90
Abbildung 6.10	Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_008.....	91
Abbildung 6.11	Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_010	92
Abbildung 6.12	Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_010.....	94
Abbildung 6.13	relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_011	95
Abbildung 6.14	Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_011.....	96
Abbildung 6.15	Acetonkonzentration - RVG12_012.....	97
Abbildung 6.16	Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_012.....	98
Abbildung 6.17	relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_013	99
Abbildung 6.18	Volumenstrom – RVG12_013	99
Abbildung 6.19	Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_013.....	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1	Zuordnung Teilnehmer-Kennungen und Proben-Identifikations- Nummern	7
Tabelle 3.2	Zeitplan des Ringversuchs Geruch 2012	8
Tabelle 4.1	Prüfkammerbedingungen RVG12_001/002	13
Tabelle 4.2	Prüfkammerbedingungen RVG12_003	19
Tabelle 4.3	Prüfkammerbedingungen RVG12_005	23
Tabelle 4.4	Prüfkammerbedingungen RVG12_006	27
Tabelle 4.5	Übersicht teilnehmender Prüfer RVG12_006	27
Tabelle 4.6	Prüfkammerbedingungen RVG12_008	32
Tabelle 4.7	Prüfkammerbedingungen RVG12_009	36
Tabelle 4.8	Prüfkammerbedingungen RVG12_010	40
Tabelle 4.9	Prüfkammerbedingungen RVG12_011	44
Tabelle 4.10	Prüfkammerbedingungen RVG12_012	48
Tabelle 4.11	Prüfkammerbedingungen RVG12_013	52
Tabelle 4.12	Prüfkammerbedingungen RVG12_014	55
Tabelle 4.13	VOC-Analysenwerte RVG12_014 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] Proben 5085 18/23/27 und Mittelwert	58

Tabelle 4.14	Parameter der Geruchsbewertung und statistische Auswertbarkeit in Anlehnung an VDI 4302-1 90%iges Konfidenzintervall $< 2,0 \text{ Pi}$ – grünes ✓ und $> 2,0 \text{ Pi}$ – rotes ✖ bei parallelen Probenbewertungen sind die Einzelproben mit kleinen ✓ und ✖ dargestellt, sofern sie von der Gesamtbewertung (große ✓ und ✖) des Instituts abweichen ...	65
Tabelle 4.15	Z-Scores ermittelt aus den Rohdaten der empfundenen Intensitäten	69
Tabelle 7.1	RVG12_001/002 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	102
Tabelle 7.2	RVG12_001/002 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	102
Tabelle 7.3	RVG12_001/002 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	103
Tabelle 7.4	RVG12_001/002 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	103
Tabelle 7.5	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_001/002 und gesamt	104
Tabelle 7.6	RVG12_003 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	104
Tabelle 7.7	RVG12_003 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	105
Tabelle 7.8	RVG12_003 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	105
Tabelle 7.9	RVG12_003 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	106
Tabelle 7.10	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_003 und gesamt ...	106
Tabelle 7.11	RVG12_005 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	107
Tabelle 7.12	RVG12_005 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	107
Tabelle 7.13	RVG12_005 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	108
Tabelle 7.14	RVG12_005 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	108
Tabelle 7.15	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_005 und gesamt ...	108
Tabelle 7.16	RVG12_006a Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	109
Tabelle 7.17	RVG12_006a Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	109
Tabelle 7.18	RVG12_006a Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	110
Tabelle 7.19	RVG12_006a Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	110
Tabelle 7.20	RVG12_006b Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	110
Tabelle 7.21	RVG12_006b Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	111
Tabelle 7.22	RVG12_006b Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	111
Tabelle 7.23	RVG12_006b Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	112
Tabelle 7.24	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_006 und gesamt ...	112
Tabelle 7.25	RVG12_008 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	113
Tabelle 7.26	RVG12_008 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	113
Tabelle 7.27	RVG12_008 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	113
Tabelle 7.28	RVG12_008 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	114
Tabelle 7.29	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_008 und gesamt ...	114
Tabelle 7.30	RVG12_009 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	115
Tabelle 7.31	RVG12_009 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	115
Tabelle 7.32	RVG12_009 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	115
Tabelle 7.33	RVG12_009 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	116
Tabelle 7.34	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_009 und gesamt ...	116

Tabelle 7.35	RVG12_010 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	117
Tabelle 7.36	RVG12_010 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	117
Tabelle 7.37	RVG12_010 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	118
Tabelle 7.38	RVG12_010 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	118
Tabelle 7.39	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_010 und gesamt ...	118
Tabelle 7.40	RVG12_011 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	119
Tabelle 7.41	RVG12_011 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	119
Tabelle 7.42	RVG12_011 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	120
Tabelle 7.43	RVG12_011 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	120
Tabelle 7.44	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_011 und gesamt ...	120
Tabelle 7.45	RVG12_012 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	121
Tabelle 7.46	RVG12_012 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	121
Tabelle 7.47	RVG12_012 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	121
Tabelle 7.48	RVG12_012 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	122
Tabelle 7.49	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_012 und gesamt ...	122
Tabelle 7.50	RVG12_012 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	123
Tabelle 7.51	RVG12_012 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	123
Tabelle 7.52	RVG12_012 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	124
Tabelle 7.53	RVG12_012 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	125
Tabelle 7.54	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_013 und gesamt ...	125
Tabelle 7.55	RVG12_010 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen.....	126
Tabelle 7.56	RVG12_014 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	126
Tabelle 7.57	RVG12_014 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen.....	126
Tabelle 7.58	RVG12_014 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung	127
Tabelle 7.59	Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_014 und gesamt ...	127
Tabelle 7.60	GC-MS Analysenwerte Institute RVG12_001 bis RVG12_010	128
Tabelle 7.61	GC-MS Analysenwerte Institute RVG12_011 bis RVG12_14e/f ...	128

1. Allgemeines

Während in der Vergangenheit insbesondere die Entwicklung einer sensorischen Prüfmethode (in DIN ISO 16000-28 und VDI 4302-1 genormt und im AgBB-Schema verankert) für die Bewertung von Bauprodukten im Vordergrund der Betrachtungen stand, wurde im Rahmen der vom UBA initiierten Pilotphase mithilfe des Ringversuches erstmals die institutsübergreifende Anwendbarkeit dieser Verfahren untersucht. Ziel dabei war es, noch bestehende Schwierigkeiten im Umgang mit der Prüfmethode zu identifizieren und Empfehlungen für das weitere Vorgehen herauszuarbeiten.

Als Teilnehmer für den Ringversuch wurden verschiedene Institutionen angefragt, die u.a. im Geruchssektor tätig sind und teilweise für Kammerprüfungen akkreditiert sind. Einige dieser Teilnehmer verfügten zu diesem Zeitpunkt bereits über die für diese Geruchsprüfung notwendigen Vergleichsmaßstäbe, während andere sowohl den Vergleichsmaßstab als auch das zu verwendende Prüferpanel erst aufbauten. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit, zunächst die Vergleichsmaßstäbe auf ihre Funktionsfähigkeit und Vergleichbarkeit hin zu untersuchen. Als Parameter hierfür wurden zum einen der Gasvolumenstrom am Trichterausgang, der auf 0,6 bis 1,0 L/s festgesetzt ist, und zum anderen die generierten Acetonkonzentrationen sowie deren Konstanz überprüft.

Um eine möglichst einheitliche Durchführung des Ringversuches zu gewährleisten wurde zunächst aus 4 unterschiedlichen Acryl-Dichtmassen eine ausgewählt, die vor dem Versand an die teilnehmenden Institute in drei parallelen Prüfkammermessungen auf den entstehenden Geruch, aber auch auf ein reproduzierbares VOC-Emissionsprofil hin untersucht wurde. Neben den Acryl-Dichtmassen wurden den Teilnehmern sowohl eine Anleitung zur Durchführung des Versuches als auch eine Anleitung zur Beladung der Kammern zur Verfügung gestellt.

Zur Qualitätssicherung des Versuches wurden an die Teilnehmer zusätzlich Tenax®-Rohre versendet, die am siebten Versuchstag in einer Doppelprobenahme mit je einem Liter Kammerluft beladen werden sollten. Die Analyse der Tenax®-Rohre wurde von der BAM durchgeführt und zur Kontrolle je ein Blindrohr mitgeführt. Weiterhin wurde durch die Ermittlung analytischer Werte die Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen den Analysenwerten und der empfundenen Geruchsintensität der Proben ermöglicht.

Im vorliegenden Bericht kamen zum einen die DIN ISO 16000-28 in der Version vom Dezember 2012 [DIN ISO 16000-28] und zum anderen der Entwurf der VDI 4302-1 (im Folgenden kurz: VDI 4302-1) in der Version vom Mai 2012 [VDI 4302-1] zur Anwendung.

2. Prüfung der Vergleichsmaßstäbe

Vor Beginn des Ringversuches wurden die Vergleichsmaßstäbe der teilnehmenden Institute hinsichtlich ihrer Konstruktionsweise und der bereitgestellten Volumenströme und Acetonkonzentrationen untersucht. Bei starken Schwankungen der generierten Konzentrationen wurde gemeinsam mit den Instituten nach Verbesserungsmöglichkeiten gesucht, um die Vergleichbarkeit zwischen den Teilnehmern zu ermöglichen.

2.1 Allgemeines Vorgehen

In einem vorbereitenden Schritt wurden die Vergleichsmaßstäbe der teilnehmenden Institute vor-Ort untersucht. Der Focus lag hierbei auf der Bestimmung des Volumenstromes, der über die Geruchstrichter dargeboten wird und die darin enthaltenen Acetonkonzentrationen.

Die Bestimmung des Volumenstromes wurde mithilfe eines Hitzdrahtanemometers durchgeführt, das in das obere Ende eines Aluminium-Rohres eingelassen wurde. Dem Gasstrom steht damit vor Erreichen des Anemometers eine freie Strömungslänge von 400 mm zur Laminarisierung zur Verfügung. Ein eingepasster Gummiring am Fuß des Rohres gewährleistet beim Einstellen in den Geruchstrichter eine abgedichtete Verbindung, sodass der gesamte Volumenstrom durch das Rohr strömt und somit möglichst verlustfrei erfasst werden kann. Eine Kalibrierung des Anemometers wurde mithilfe von Gasuhren trockener Bauart durchgeführt. Der Aufbau des Rohres und die Anwendung im Trichter sind in der folgenden Abbildung 2.1 dargestellt.



Abbildung 2.1 links: Strömungsrohr mit eingefasstem Hitzdrahtanemometer; rechts: Strömungsrohr bei der Anwendung im Geruchstrichter

Der Volumenstrom wurde auf diese Weise i. d. R. direkt vor der Messung der Konzentration im Trichter ermittelt, sodass zwischen Volumenstrom- und Konzentrationsmessung im Schnitt 60 Sekunden verstrichen. Für zukünftige Messungen ist die synchrone Messung beider Werte vorgesehen.

Die mithilfe der Vergleichsmaßstäbe generierten Acetonkonzentrationen wurden über einen mobilen FID (Fa. Photovac®) bestimmt. Die Kalibrierung des FID wurde mit einem Kalibriergas (Fa. Linde®) mit einer Konzentration von 100 ppm Aceton in synthetischer Luft durchgeführt, im Folgenden regelmäßig überprüft und bei Bedarf erneuert.



Abbildung 2.2 Bestimmung Acetonkonzentration mit einem mobilen FID (Fa. Photovac®)

Als erhebliche Einflussgröße bei der Konzentrationsbestimmung ist die Handhabung des FID zu nennen. Zum einen schwanken die aufgenommenen Werte verstärkt, wenn der FID während einer Messung bewegt wird (er wird i. d. R. in der Hand gehalten). Zum anderen spielt bei vielen Vergleichsmaßstäben die genaue Mess-Position im Trichter eine Rolle, da sich die Konzentrationen am Rand eines Trichters meist von der Konzentration in der Mitte des Trichterquerschnittes unterscheiden. Weiterhin scheint der Winkel mit dem der Probenahmeschlauch in den Trichter gehalten wird eine Rolle zu spielen. Alle drei Probleme könnten über die Verwendung einer Halterung für den FID deutlich reduziert werden.

Ein weiteres Problem des FID liegt in seiner langen Aufwärmphase. Laut Hersteller ist der Einsatz nach etwa 10 Minuten möglich. Im Rahmen der Messungen stellte sich jedoch heraus, dass eher mit Anlaufzeiten von mindestens einer Stunde, teilweise auch von bis zu zwei Stunden gerechnet werden muss.

Um die dadurch entstehenden Abweichungen möglichst gering zu halten wurde vor jeder Messung eine Aufwärmphase von mindestens 60 Minuten eingehalten.

2.2 Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse der Vergleichsmaßstäbe sind im Anhang B zusammengestellt. Häufig auftretende Probleme waren ungleichmäßig verteilte Volumenströme sowohl des Verdünnungs- als auch des Acetongasstromes sowie Undichtigkeiten im System, die dafür sorgten, dass eingestellte Acetonkonzentrationen nicht zuverlässig reproduzierbar waren. Diese nur das jeweilige Institut betreffenden konstruktionstechnischen Aspekte können dem Anhang B entnommen werden und werden an dieser Stelle nicht eingehender dargestellt.

Eine weitere Schwierigkeit bezüglich der Generierung definierter Acetonkonzentrationen stellten unzureichend kalibrierte Messgeräte, insbesondere PIDs, dar. Als ein möglicher Faktor für fehlerhaft kalibrierte PIDs ergibt sich die Feuchte des verwendeten Kalibrierungsgases bzw. der zu bestimmenden Probe. Ein weiterer möglicher Faktor ist das Vorgehen bei der Kalibrierung. Wird das Kalibrierungsgas dem Messgerät beispielsweise mit (leichtem) Überdruck zugeführt, so gelangen ein größerer Volumenstrom und damit eine höhere Anzahl an Molekülen zum Detektor als das Gerät unter Normalbedingungen ansaugen würde. Entsprechende Messgeräte wären damit auf zu hohe Konzentrationen kalibriert und die Folge wären Unterbestimmungen von Proben unter Normalbedingungen und dementsprechend zu hoch eingestellten Acetonkonzentrationen am Vergleichsmaßstab (Kapitel 6.8).

Als problematisch stellte sich auch die Kalibrierung mit Kalibrierungsgasen z.B. auf Basis von Iso-Butylen heraus. Die Acetonkonzentration wird hierbei über im Messgerät hinterlegte Korrekturfaktoren ermittelt, worüber nicht die gleiche Genauigkeit erreicht werden kann, wie mit einer direkten Kalibrierung auf Aceton. Eine Kalibrierung mit Acetonprüfgas wäre daher zu empfehlen.

3. Ringversuch

3.1 Organisation und Vorbereitung des Ringversuches

Der Ringversuch startete etwa zwei Wochen nach Untersuchung des letzten Vergleichsmaßstabes, sodass zur Umsetzung besprochener Verbesserungen i. d. R. ausreichend Zeit vorhanden war. Im Institut RVG12_004 befanden sich die Emissionsprüfkammern während des Ringversuches noch im Aufbau, sodass dessen Teilnahme nicht möglich war. Das Institut RVG12_007 hingegen konnte aufgrund eines defekten Vergleichsmaßstabes nicht teilnehmen.

Den Teilnehmern wurden durch die BAM folgende Materialien für die Durchführung der Geruchsprüfungen zur Verfügung gestellt:

- Alu-U-Profile mit einer Breite von 10 mm und in Abweichung zur ISO 16000-11 mit einer Schenkelhöhe von 6 anstatt 3 mm (die Längen wurden auf Basis der von den Instituten angegebenen Kammergrößen und Luftwechselraten zugeschnitten)
- Aluklebeband um die Schnittkanten der U-Profile abzuschließen und das Herausfließen der Dichtmasse zu verhindern
- Kartusche mit Prüfsubstanz: Elch ProF130 Bau Acryl (weiss)
- allgemeine Hinweise zum Versuchsablauf
- Anleitung zur Probenvorbereitung und Beladung der Emissionsprüfkammern
- Protokollbogen

- je drei Tenax®-Röhrchen (1 x als Transportblindwert, 2 x für Doppelbestimmung VOC)

Die verwendeten Acryl-Dichtmassen stammen der Vergleichbarkeit halber aus derselben Charge 12/2013 (mit Ausnahme 5085-27 | 12/2014, die zum Chargenvergleich am Institut RVG12_014 mit gemessen wurden). Die Zuordnung der Probenidentifikationsnummern zu den Instituten ist der folgenden Tabelle 3.1 zu entnehmen.

Tabelle 3.1 Zuordnung Teilnehmer-Kennungen und Proben-Identifikations-Nummern

Kennung	Id.-Nummer	Kennung	Id.-Nummer	Kennung	Id.-Nummer
RVG12_001	5085-13	RVG12_007	5085-03	RVG12_012	5085-14
RVG12_002	5085-08/12	RVG12_008	5085-07	RVG12_013	5085-22
RVG12_003	5085-10/11	RVG12_009	5085-24	RVG12_014	5085-15/18
RVG12_004		RVG12_010	5085-19		5085-23
RVG12_005	5085-05	RVG12_011	5085-06/04		5085-27
RVG12_006	5085-09	RVG12_012	5085-14		

Die von den Teilnehmern angegebene Größe (Volumen V) der zu verwendenden Emissionsprüfkammern sowie deren Luftwechsel (n) dienen mithilfe der üblicherweise für Dichtmassen verwendeten spezifischen Luftdurchflussrate $q = 44 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ der Bestimmung der Beladung L mittels Gleichung (1). Über das jeweils angegebene Kammervolumen wurden in einem weiteren Schritt die benötigte Fläche der Probe (Gleichung (2)) und daraus wiederum die Länge der Alu-U-Profile für die Kammerbeladung berechnet (Gleichung (3)).

$$L = \frac{n}{q} \quad (1)$$

$$A = L \cdot V \quad (2)$$

$$l = \frac{A}{b} \quad (3)$$

Abk.	Beschreibung	Einheit	Abk.	Beschreibung	Einheit
q	flächenspezifische Luftdurchflussrate	$[\text{m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}]$	V	Kammervolumen	$[\text{m}^3]$
L	Beladung	$[\text{m}^2 \text{ m}^{-3}]$	l	Länge U-Profil	$[\text{m}]$
n	Lauftaustauschrate	$[\text{h}^{-1}]$	b	Breite U-Profil	$[\text{m}]$
A	Fläche der Probe	$[\text{m}^2]$			

Die Kammerbedingungen sollten entsprechend der ISO 16000-9 (ISO 554) auf $23 \pm 2^\circ\text{C}$ und $50 \pm 5\% \text{ rF}$ eingestellt werden.

3.2 Durchführung des Ringversuches

Der Start des Ringversuchs wurde auf Montag den 12.11.2012 festgelegt, sodass Geruchsprüfungen nach drei und sieben Tagen entsprechend am folgenden Donnerstag bzw. Montag durchgeführt werden konnten. Am siebten Versuchstag sollte zusätzlich zur Geruchsprüfung eine Doppelprobenahme auf Tenax® durchgeführt werden (Tabelle 3.2). Die VOC-Analytik der versendeten Tenax®-Rohre wurde an der BAM durchgeführt (Ergebnisse siehe Kapitel 4.2 und 4.3).

Tabelle 3.2 Zeitplan des Ringversuchs Geruch 2012

Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Sa	So	Montag
12.11.12	13.11.12	14.11.12	15.11.12	16.11.12			19.11.12
			3. Tag			7. Tag	
Beladung			1. Geruchsmessung			2. Geruchsmessung	
						Doppelprobenahme auf Tenax®	

Die Geruchsbewertungen in den teilnehmenden Instituten, insbesondere die Bestimmung der empfundenen Intensität, wurde mit Ausnahme von RVG12_006 und RVG12_011 mit vollständig nach DIN ISO 16000-28 geschulten Prüfern durchgeführt. Einige Institute führten die Geruchsprüfung nach DIN ISO 16000-28 im Rahmen des Ringversuches erstmalig durch, während nur wenige Institute bereits umfangreiche Erfahrungen bezüglich Geruchsprüfungen mit Vergleichsmaßstab vorweisen konnten.

Im Institut RVG12_005 wurde die Geruchsprüfung des Ringversuches beispielsweise direkt im Anschluss an das fünftägige Training durchgeführt.

Die Hedonik wurde teilweise wie nach ISO 16000-28 vorgeschrieben mit untrainierten Prüfern (RVG12_003, RVG12_010, RVG12_011) durchgeführt, während der Großteil der Institute mit den für die empfundene Intensität eingesetzten, trainierten Prüfern arbeitete (zulässig nach VDI 4302-1, wenn „im Zusammenhang mit der Intensitätsbewertung der hedonische Eindruck der Probenluft mit bewertet werden soll“ [VDI 4302-1]).

4. Auswertung

4.1 Vorgehensweise

Die Auswertung der Ergebnisse wird zunächst für jedes teilnehmende Institut gesondert vorgenommen. Die daraus gewonnenen Ergebnisse fließen abschließend in einen Gesamtvergleich aller Institute ein.

Die Auswertung jedes einzelnen Instituts setzt sich aus einem allgemeinen Einleitungsteil und den folgenden vier Bereichen zusammen:

- empfundene Intensität
- Hedonik
- VOC-Analytik (zentral in der BAM)
- Diskussion der Ergebnisse und Beurteilung der Raumluftqualität

Im Einleitungsteil werden die Anzahl der Prüfer und deren Erfahrungsstand sowie die Art der Emissionsprüfkammer(n) mit entsprechenden Prüfkammerbedingungen vorgestellt. Weiterhin wird auf die Art der Darbietung der Luftproben eingegangen.

Die Bezeichnung der Proben erfolgt entsprechend der Kennzeichnung der versendeten Acryl-Kartuschen und setzt sich aus der Nummer 5085 und einer fortlaufenden Zahl zusammen, sodass die Bezeichnung einer Probe beispielsweise 5085-01 lautet. Wurden zwei Kartuschen für eine Kammerbeladung benötigt, so lautet die Probenbezeichnung z.B. 5085-01/02.

4.1.1 *Empfundene Intensität*

Neben der Bestimmung der Standardabweichung und des 90%igen Vertrauensbereiches bzw. Konfidenzintervalles ist ein genaues Vorgehen zur Auswertung der ermittelten Geruchsintensitäten durch die DIN ISO 16000-28 nicht vorgegeben. Kapitel „10.3.2.2 Leistungsprüfung“ verweist allerdings darauf, dass die Prüfer „immer die erforderlichen Selektionskriterien für die empfundene Intensität von Acetonkonzentrationsmessungen erfüllen“ müssen und z.B. von der Geruchsbewertung ausgeschlossen werden müssen, wenn „zu große Differenzen gegenüber der Leistung der restlichen Prüfergruppe bestehen“ [DIN ISO 16000-28.] Da diese Aussagen rein qualitativer Natur sind, wurde für die Auswertung der Daten die VDI 4302-1 herangezogen, in der zusätzlich quantitative Vorgaben enthalten sind. Nach VDI 4302-1 (Abschnitt 3.2.1 Intensitätsbewertung mit Vergleichsmaßstab Schritt 2 – Kalibrierung) müssen die Prüfer zunächst zwei ihnen unbekannte Aceton-Intensitäten anhand des Vergleichsmaßstabes bestimmen. Im Rahmen des Ringversuches bestimmten alle Institute mindestens die vorgeschriebenen zwei, einige auch drei bis vier, Acetonproben. In der VDI 4302-1 (Abschnitt 3.2.1 Intensitätsbewertung mit Vergleichsmaßstab Schritt 2 – Kalibrierung Unterpunkt f) wird die Möglichkeit eingeräumt, dass ein Prüfer seine Bewertung bei einer

Abweichung um mehr als ± 2 pi vom Ist-Wert wiederholen kann, um sich somit ggf. zu korrigieren. Viele der teilnehmenden Institute machten von dieser Möglichkeit keinen Gebrauch. Im Folgenden werden daher sowohl die Rohdaten der Institute als auch die auf Basis der ± 2 pi-Grenze bereinigten Datensätze ausgewertet.

Bei Instituten, die zwei Acetonproben verwendeten, wurden im Zuge der Auswertung durch die BAM die Werte solcher Prüfer ausgesondert, die bei mindestens einer Probe über der tolerierten Abweichung lagen. Wurden hingegen vier (oder drei) Proben bewertet, wurde eine Abweichung innerhalb der vier (drei) Proben toleriert.

4.1.2 Hedonik

Für die Bestimmung der Hedonik wurden von den Instituten teilweise untrainierte Prüfer gemäß DIN ISO 16000-28 eingesetzt. Hauptsächlich wurden jedoch die Prüfer, die zur Bestimmung der empfundenen Intensität trainiert waren, für die Bewertung der Hedonik eingesetzt (zulässig nach VDI 4302-1). Die Bewertungen der Hedonik aller teilnehmenden Prüfer wurden berücksichtigt.

Die grafische Auswertung erfolgte wie bereits bei der empfundenen Intensität in Anlehnung an VDI 4302-1 Anhang E.

Um eine ausreichende Genauigkeit zu erreichen, wurde das 90%ige Konfidenzintervall auf $\leq 1,0$ festgelegt [DIN ISO 16000-28]. Liegt das Konfidenzintervall über diesem Wert hätte die Bestimmung der Hedonik wiederholt werden müssen.

4.1.3 VOC-Analytik

Am siebten Tag der Geruchsprüfung wurden zusätzlich Doppelprobenahmen in den Emissionsprüfkammern der Teilnehmer auf Tenax® durchgeführt und ein unbeladenes Blindrohr mitgeführt. Die Analyse der VOC-Konzentrationen wurde an der BAM mittels GC-MS durchgeführt. Die technischen Details sind folgend zusammengestellt:

Injektor

TDS-System (Typ, Split / splitlos)	Splitless
Starttemperatur	30 °C
Temperaturprogramm	30°C – 30C/min-> 260 °C/5min
Kaltaufgabesystem	Gerstel TDS KAS 4
Temperaturprogramm Liner	-120°C -12°C/s-> 300°C/3 min

Gaschromatograph

GC-System	6890
Säulentyp	RXI 5 MS
Säulendimensionen	(60 m*0,25 mm *0,25 µm)
Säulenfluss	1,4 ml/min
Ofenprogramm	40°C/4 min ->10°C/min--> 150°C/1min -> 8°C/min--> 300°C/5min

Detektor

MS-System	5873
Temperaturzonen	MS Quad 150 °C, MS Source 230°C
MS-Bedingungen (Solvent-Delay und Massenbereiche)	5 Minuten 30 Sekunden und 25-550 SCAN
<u>Substanzidentifizierung</u>	Toluol-Äquivalente & Einzelstandards

Die GC-MS-Analyse lieferte einige identifizier- und quantifizierbare Substanzen, die im Folgenden für die Auswertung herangezogen werden. Dabei wurden 1-Butanol, Propylenglycol, Hexamethylcyclotrisiloxan sowie n-Butylether substanzspezifisch ausgewertet, während die summierten nicht identifizierten VOC über Toluoläquivalente ausgewertet wurden und ebenfalls in die Auswertung einfließen.

Die im Kapitel 4.2 und 4.3 verwendeten Konzentrationen sind die aus beiden Tenax®-Rohren gemittelten Analysenwerte.

4.1.4 Diskussion der Ergebnisse

Dieser Abschnitt dient der Zusammenfassung der Ergebnisse insbesondere der empfundenen Intensität und dem Vergleich mit den Gesamtmittelwerten aller teilnehmenden Institute. Eine Abweichung um bis zu 2 pi vom Mittelwert kann aufgrund der Messunsicherheit toleriert werden.

4.2 Einzelbetrachtung teilnehmender Institute am Ringversuch

Im Folgenden werden die Ergebnisse sowohl der Geruchsbewertungen als auch der VOC-Analyse gesondert für jedes Institut betrachtet und ausgewertet. Es werden sowohl die Rohdaten der Geruchsbewertung als auch die nach VDI 4302-1 bereinigten Daten zusammengestellt. Für die Bewertung der Hedonik wurden in den meisten Fällen gemäß VDI 4302-1 die für die Intensitätsbewertung trainierten Prüfer eingesetzt, während die DIN ISO 16000-28 den Einsatz untrainierter Prüfer vorschreibt.

Im Rahmen der Geruchsbewertungen dürfen die 90%igen Konfidenzintervalle für die empfundene Intensität einen Wert von 2,0 pi und für die Hedonik einen Wert von 1,0 nicht überschreiten (unter Berücksichtigung der Empfehlungen aus Kapitel 5). Können diese Werte nicht eingehalten werden, müssten die Messungen wiederholt werden. Da hierfür im Rahmen des Ringversuchs (zeitlich) keine Möglichkeit bestand, werden solche Ergebnisse an entsprechender Stelle gesondert diskutiert.

Die ermittelten Einzelwerte sowohl für die Aceton-Test-Konzentrationen als auch für die Probenbewertung sind in *Anhang C – Zusammenstellung: Einzeldaten der Geruchsbewertungen* zusammengestellt. Die Anzahl ausreichend qualifizierter Prüfer für die Geruchsmessung sowie die daraus resultierende Bereinigung der Daten in Anlehnung an die VDI 4302-1, kann anhand dieser Zusammenstellung nachvollzogen werden. Die Anzahl qualifizierter Prüfer kann außerdem auch der Tabelle 4.14 entnommen werden.

Die VOC-Analysen wurden mittels Doppelbestimmungen durchgeführt. In die Auswertung fließen direkt die Mittelwerte folgender Substanzen ein:

- 1-Butanol
- Propylenglycol
- Hexamethylcyclotrisiloxan und
- n-Butylether.

Weiterhin werden die nicht identifizierten, über Toluoläquivalente quantifizierten VOC zur Auswertung mit herangezogen.

4.2.1 RVG12_001/002

Die beiden Institute RVG12_001 und RVG12_002 verwendeten zur Bewertung ihrer Proben das gleiche Prüferpanel, das voll trainiert nach DIN ISO 16000-28 war und im Rahmen des Ringversuchs zum zweiten Mal zum Einsatz kam. Die Probendarbietung für RVG12_001 fand über Tedlar®-Behälter statt. Für RVG12_002 hingegen wurde direkt an der verwendeten 1 m³-Kammer gerochen, die durchgängig mit einem Luftwechsel von 3,6 h⁻¹ betrieben wurde.

In der folgenden Tabelle 4.1 sind die wichtigsten Prüfkammerparameter zusammengestellt. Für die Probe 5085-08/12 liegt die relative Luftfeuchtigkeit (rF) mit 30,3 bis 44,1 % rF unter den nach DIN ISO 16000-9 vorgeschriebenen 50 ± 5 % rF.

Tabelle 4.1 Prüfkammerbedingungen RVG12_001/002

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammer- größe [m ³]	Luft- wechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]		rF [%]	
				Tag 3	Tag 7	Tag 3	Tag 7
RVG12_001a ¹	0,25	0,5	0,01136	22,5		49,0	
5085-13 I				22,0		51,0	
RVG12_001b	0,25	0,5	0,01136	23,0		48,0	
5085-13 II				22,5		50,0	
RVG12_002	1	3,6	0,08182	22,1		30,3	
5085-08/12				21,4		44,1	

Empfundene Intensität

Sowohl am Tag 3 als auch am Tag 7 wurden von den zwölf teilnehmenden Prüfern entsprechend des nach VDI 4302-1 festgelegten Toleranzbereiches von ± 2 pi nur acht Prüfer für die Bewertung der Proben zugelassen. In der folgenden Abbildung 4.1 sind die Intensitäten der Rohdaten vom Tag 7 mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall dargestellt.

Mit Mittelwerten von 2,8; 2,5 und 3,0 pi liegen die ermittelten Werte ebenso wie die 90%igen Konfidenzintervalle mit 0,97; 0,82 und 0,92 relativ nah beieinander und weisen für diese Geruchsbewertung eine ausreichende Genauigkeit auf.

¹ Kammer an der die Probenahme für die VOC-Analytik durchgeführt wurde

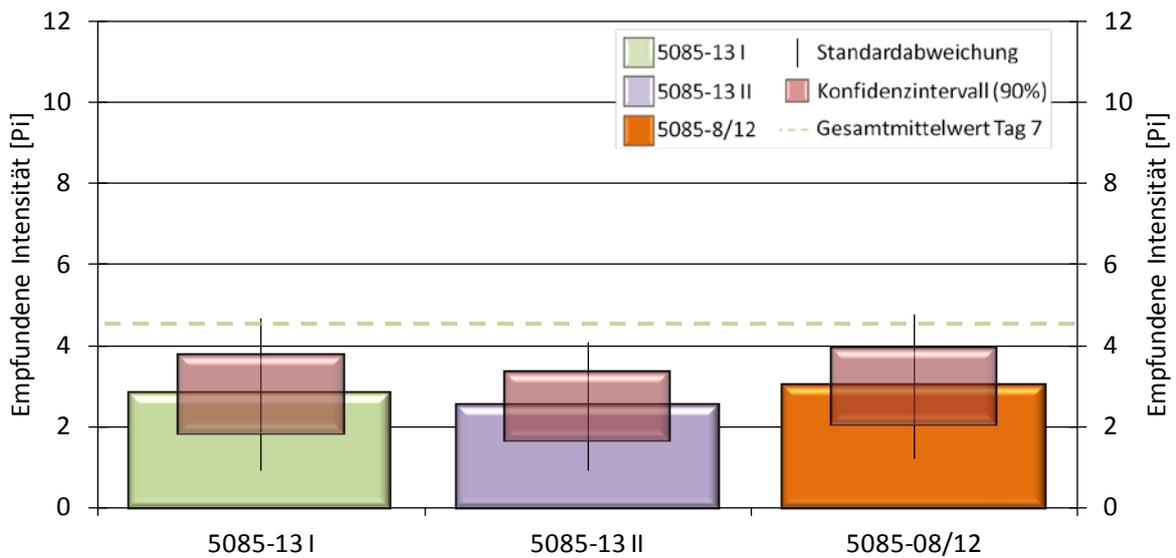


Abbildung 4.1 empfundene Intensität Rohdaten - RVG12_001/002 Tag 7 (n=12)

Im Vergleich dazu ergeben sich für die bereinigten Daten mit acht Prüfern die in Abbildung 4.2 dargestellten mittleren Intensitäten von 2,6; 1,9 und 3,3 pi mit den Konfidenzintervallen 1,1; 1,0 und 1,0. Damit sind die Genauigkeiten hier im Schnitt kaum schlechter als bei den Rohdaten und mit < 2 ebenfalls ausreichend.

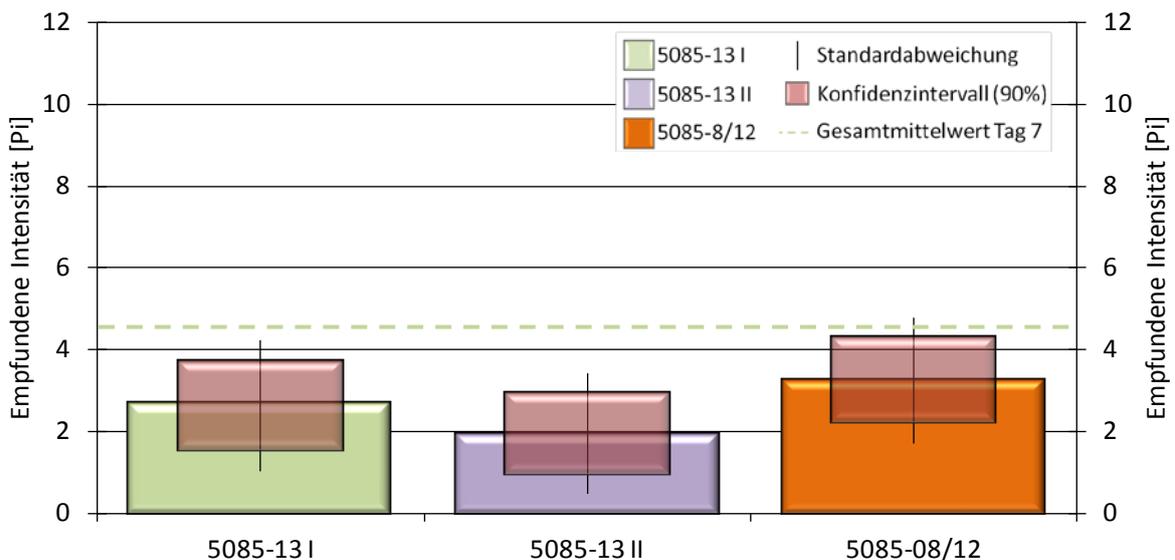


Abbildung 4.2 empfundene Intensität nach VDI 4302-1 bereinigt - RVG12_001/002 Tag 7 (n=8)

Eine Gegenüberstellung der bewerten Proben für bereinigte und Rohdaten ist in der folgenden Abbildung 4.3 mit zusätzlichem Vergleich von Tag 3 und Tag 7 visualisiert. Im Institut RVG12_001 liegen die Mittelwerte aus dem bereinigten Datensatz niedriger als die der Rohdaten, während sie für das Institut RVG12_002 unwesentlich höher als die Rohdaten liegen.

Weiterhin ist der Abbildung 4.3 zu entnehmen, dass für die empfundene Intensität der Probe 5085-13 I nach Bereinigung entsprechend VDI 4302-1 statt einer Abnahme vom Tag 3 auf den Tag 7 eine leichte Zunahme der empfundenen Intensität zu verzeichnen ist. Die Proben 5085-13 II und 5085-08/12 ebenso wie die Auswertung der Rohdaten weisen hingegen die erwartete Abnahme der empfundenen Intensität vom Tag 3 auf Tag 7 auf.

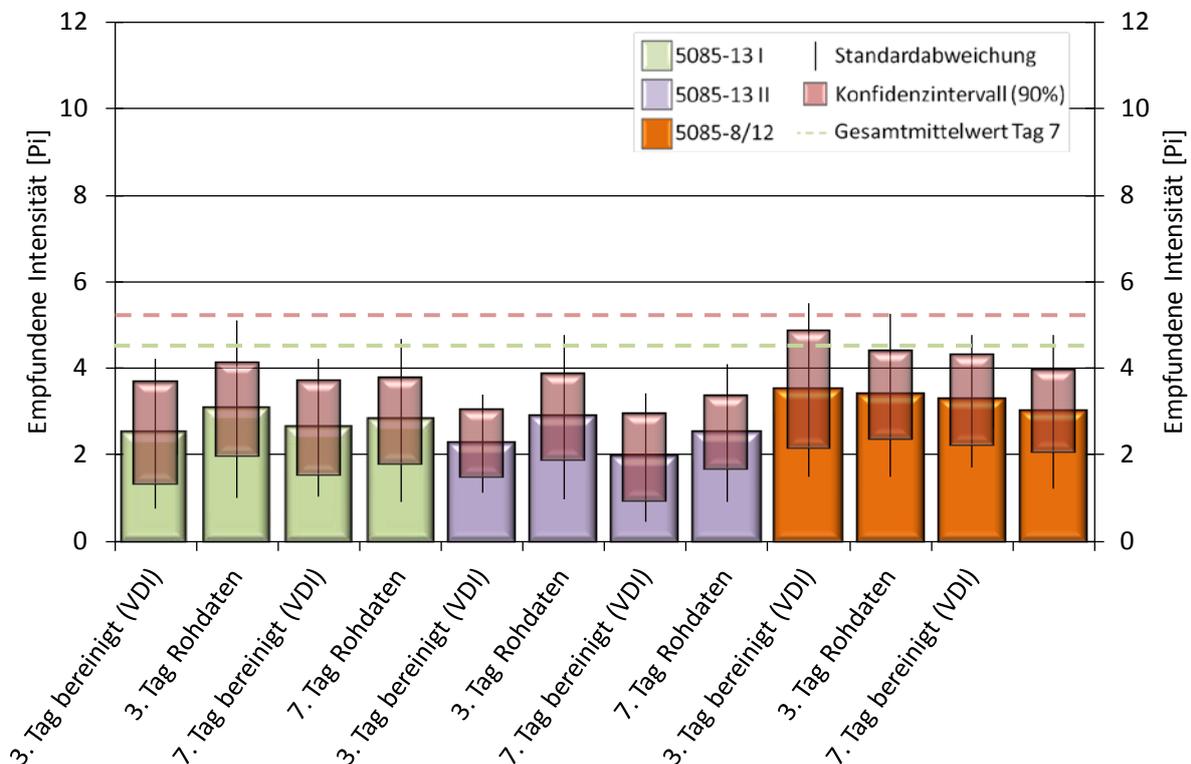


Abbildung 4.3 empfundene Intensität Rohdaten und bereinigte Daten (VDI) RVG12_001/002 der Tage 3 und 7 | Proben 5085-13 I (grün), 5085-13 II (lila) und 5085-08/12 (orange)

Um den Vergleich zu weiteren Instituten zu ermöglichen und eine einheitliche Gewichtung zu gewährleisten, wurden die oben aufgeführten Daten für das Institut RVG12_001 gemittelt und sind in der folgenden Abbildung 4.4 dargestellt. Die Mittelwerte der Rohdaten liegen bei 3,0 und 2,6 pi und die Mittelwerte der bereinigten Daten bei 2,4 und 2,3 pi.

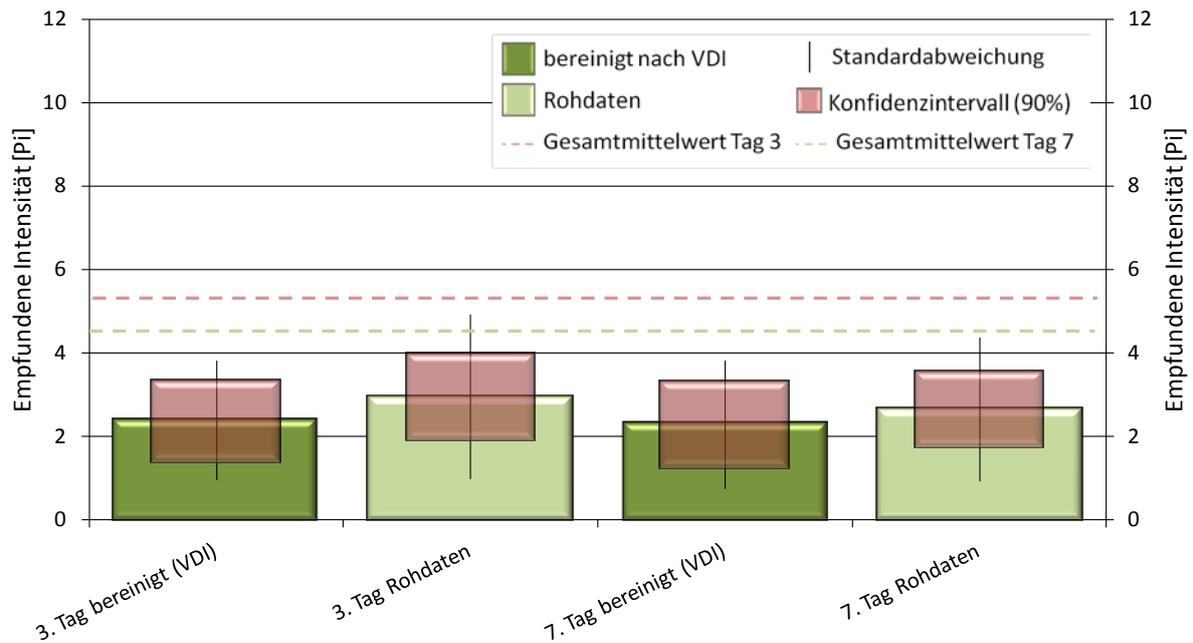


Abbildung 4.4 empfundene Intensität RVG12_001 | Mittelwerte aus den zwei parallel durchgeführten Bewertungen

Hedonik

Die Hedonik wurde mit dem gleichen Prüferpanel bestimmt, das auch die Bewertung der empfundenen Intensität vornahm. Im Gegensatz zur empfundenen Intensität gibt es für die Hedonik keine Ausschlusskriterien, sodass die ermittelten Werte aller zwölf Prüfer in die Bewertung einfließen.

Die ermittelten Werte der Tage 3 und 7 sind in der Abbildung 4.5 zusammengestellt. Die Proben 5085-13 I & II weisen dabei die über die Versuchslaufzeit erwartete Verbesserung der Hedonik auf, während sich die Hedonik der Probe 5085-08/12 mit der Zeit verschlechtert. Die Konfidenzintervalle liegen für Tag 3 (0,77; 0,78; 0,97) und Tag 7 (0,68; 0,53; 0,64) mit Werten durchgängig unter 1 innerhalb des Toleranzbereiches.

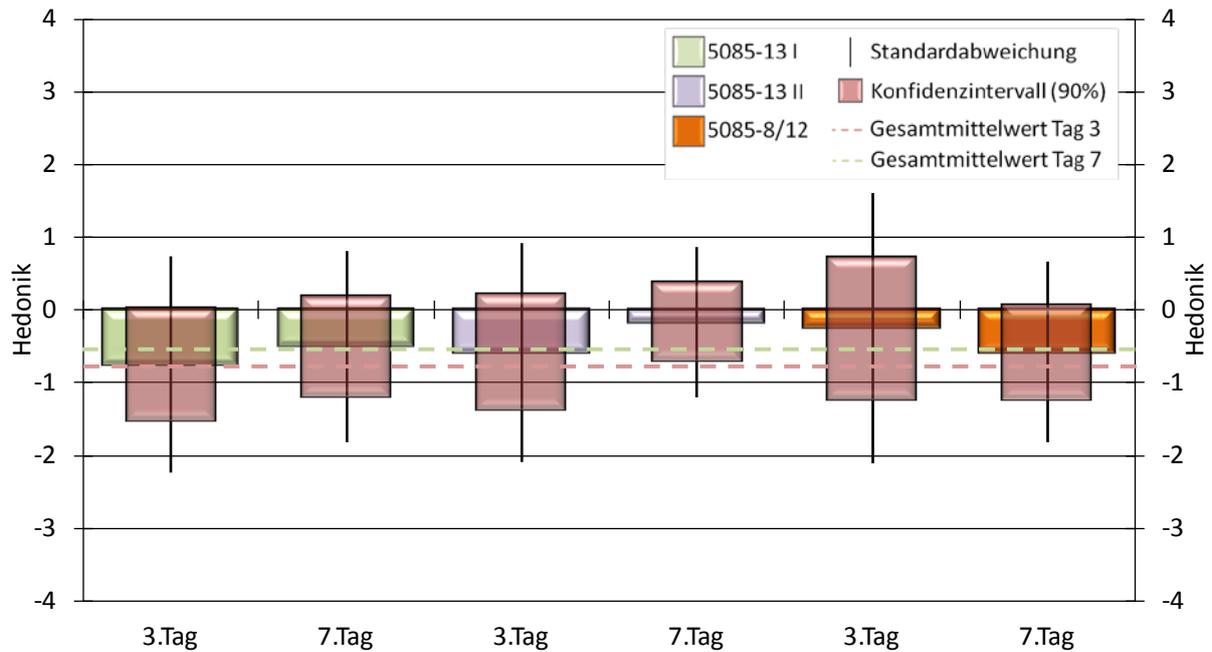


Abbildung 4.5 Hedonik RVG12_001/002 der Tage 3 und 7 | Proben 5085-13 I (grün), 5085-13 II (lila) und 5085-08/12 (orange) (n=12)

VOC-Analytik

Die Probenahme auf Tenax® wurde vom Institut RVG12_001 für die Probe 5085-13 I an der entsprechenden 0,25 m³-Kammer (siehe Tabelle 4.1) durchgeführt. Die ermittelten Werte sind in Abbildung 4.6 als Balken dargestellt und den Mittelwerten aus allen Messungen (gestrichelte Linien) gegenübergestellt. Das Institut RVG12_002 entschied sich, keine Probenahme durchzuführen, da die relative Luftfeuchtigkeit über den gesamten Prüfzeitraum nicht konstant gehalten werden konnte und mit etwa 30-44 % rF unterhalb des vorgeschriebenen Wertes von 50% ±5% [DIN ISO 16000-9] lag. Für RVG12_002 stehen somit keine analytischen Vergleichswerte zu den Geruchsmessungen zur Verfügung.

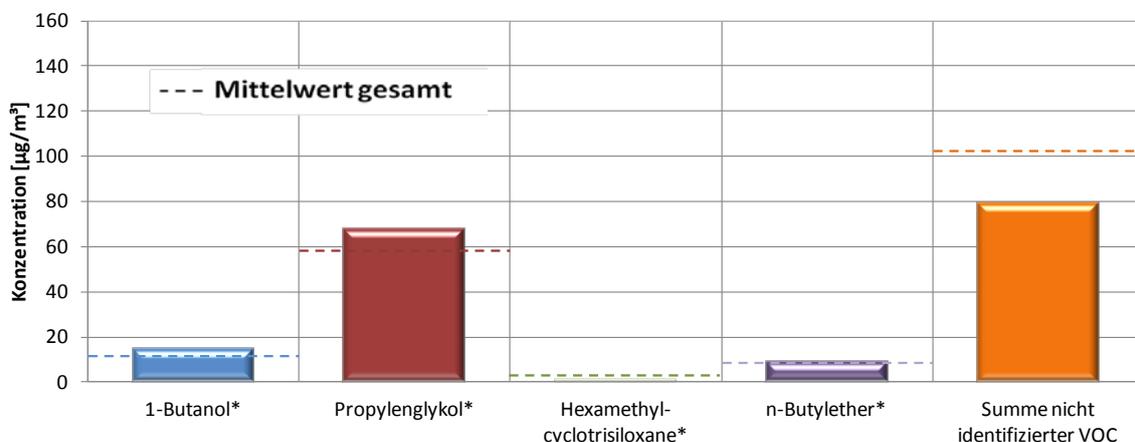


Abbildung 4.6 VOC-Analysenwerte aus Doppelbestimmungen RVG12_001

Diskussion der Ergebnisse

Die ermittelten Werte für die empfundene Intensität weisen relativ starke Abweichungen zu den Gesamtmittelwerten aller Institute auf. Für die Rohdaten liegen diese Abweichungen zwischen 1,5 und 2,3 pi, während sie für die bereinigten Daten zwischen 1,2 und 2,9 pi liegen (Tabelle 7.5). Über 2 pi liegen die Abweichungen der Probe 5085-13 I am Tag 3 sowie der Probe 5085-13 II am Tag 3 und 7. Sie liegen damit außerhalb der zulässigen Abweichung vom Gesamtmittelwert (siehe Kapitel 5).

Die Abweichungen der Probe 5085-08/12 vom Mittelwert liegen hingegen durchgängig unterhalb 2 pi und damit innerhalb der Messunsicherheit.

Die Proben beider Institute weisen somit vergleichsweise geringe empfundene Intensitäten auf. Aufgrund des Ausfallens der Volumenstromanzeige am Probendarbietungsgerät während des Ringversuches, kann eine zu geringe Einstellung des Volumenstromes und damit die Unterbestimmung der Probe nicht ausgeschlossen werden.

4.2.2 RVG12_003

Am Institut RVG12_003 wurde die Bewertung der empfundenen Intensität mit insgesamt 11 Prüfern durchgeführt. Sieben von ihnen kamen im Rahmen des Ringversuchs erstmalig zum Einsatz, während vier der trainierten Prüfer bereits über eine etwa einjährige Erfahrung im Umgang mit dem Vergleichsmaßstab verfügten.

Die Probe wurde direkt an der 1 m³-Emissionsprüfkammer über einen Trichter entsprechend den Vorgaben der DIN ISO 16000-28 bzw. eine Metallmaske dargeboten. Der Luftwechsel der Kammer war dabei auf 2 h⁻¹ eingestellt, sodass der Volumenstrom am Trichter bzw. an der Maske mit 0,56 L/s knapp unter dem vorgeschriebenen Volumenstrom von 0,6 – 1,0 L/s lag.

Zur Beladung der Kammer wurden U-Profile verwendet, die auf eine flächenspezifische Durchflussrate von $q=44 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$ und einen Luftwechsel von durchgängig 2,2 h⁻¹ zugeschnitten waren. Inwieweit sich der abweichende tatsächliche Luftwechsel von 2,0 h⁻¹ auswirkt, wird im Kapitel *Diskussion der Ergebnisse* diskutiert.

Die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit liegen im Rahmen der Vorgaben und sind zusammen mit weiteren wichtigen Prüfkammerparameter in der folgenden Tabelle 4.2 zusammengestellt.

Tabelle 4.2 Prüfkammerbedingungen RVG12_003

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammer- größe [m ³]	Luft- wechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]		rF [%]	
				Tag 3	Tag 7	Tag 3	Tag 7
RVG12_003	1	2,0	0,05000	23 ± 1		50 ± 5	
5085-10/11				23 ± 1		50 ± 5	

Empfundene Intensität

Für die Bestimmung der empfundenen Intensität wurden 11 Prüfer eingesetzt, die eine Woche vor Beginn des Ringversuches das fünftägige Training nach DIN ISO 16000-28 absolvierten. Von den Prüfern konnten am Tag 3 entsprechend der VDI 4302-1 nur fünf, am Tag 7 acht Prüfer die Aceton-Test-Konzentrationen ausreichend genau bestimmen. Da mindestens acht Prüfer für eine repräsentative Messung notwendig sind, hätte zumindest die Geruchsbewertung am Tag 3 wiederholt werden müssen. In der folgenden Abbildung 4.7 sind sowohl die Rohdaten mit 11 Prüfern, als auch die entsprechend VDI 4302-1 bereinigten Daten mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall zusammengestellt. Für beide Tage liegt die empfundene Intensität, die aus den bereinigten Daten ermittelt wurde, mit 3,6 pi (Tag

3) und 3,1 pi (Tag 7) über der empfundenen Intensität der Rohdaten, die bei 3,4 und 2,8 liegt. Die 90%igen Konfidenzintervalle liegen für die bereinigten Daten mit 0,85 und 0,66 ebenso wie die der Rohdaten mit 0,70 und 0,68 unter 2 pi. Damit ist die Genauigkeit der Geruchsmessungen entsprechend den Normvorgaben als ausreichend einzustufen.

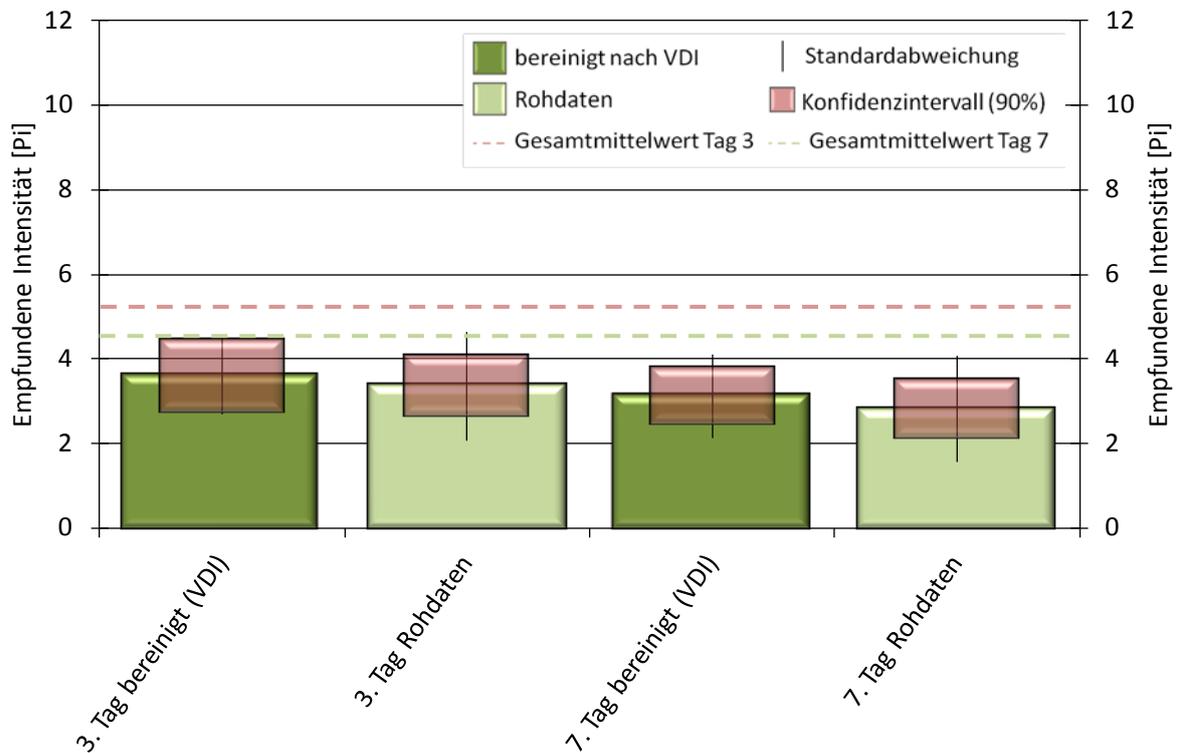


Abbildung 4.7 empfundene Intensität Rohdaten(n=11) und bereinigte Daten (n=5 bzw. 8) RVG12_003 | Probe 5085-10/11

Hedonik

Für die Bestimmung der Hedonik wurden 15 Prüfer eingesetzt von denen vier bereits mit dieser Art der Prüfung vertraut waren und 11 neue Prüfer, die vorher bereits Erfahrungen mit anderen sensorischen Prüfungen (z.B. bezüglich Aussehen, Geruch und Geschmack) gesammelt hatten.

Für den Tag 3 beträgt die Hedonik -0,67 und steigt am Tag 7 auf 0,53 während die 90%igen Konfidenzintervalle mit 0,78 und 0,62 unter 1 und damit innerhalb der geforderten Genauigkeit liegen. Die ermittelten Werte sind zusammen mit der Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall in Abbildung 4.8 dargestellt.

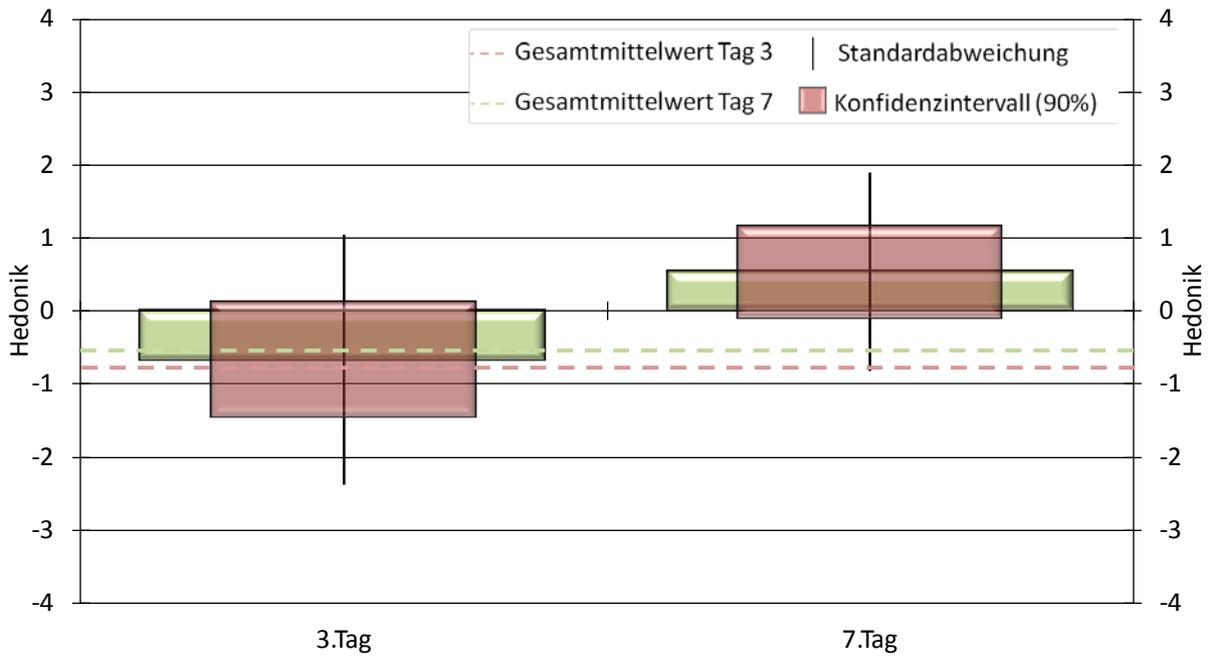


Abbildung 4.8 Hedonik RVG12_003 der Tage 3 und 7 | Probe 5085-10/11 (n=15)

VOC-Analytik

Die Doppelprobenahme auf Tenax® wurden ebenso wie die Geruchsprüfung direkt an der 1 m³-Kammer vorgenommen. Die ermittelten Konzentrationen sind als Balken dargestellt und den Mittelwerten aus allen Messungen (gestrichelte Linien) gegenübergestellt. Propylenglykol, n-Butylether sowie die nicht identifizierten VOC liegen im Schnitt aller teilnehmenden Institute, während 1-Butanol und Hexamethylcyclotrisiloxan unterhalb dieses Schnittes liegen.

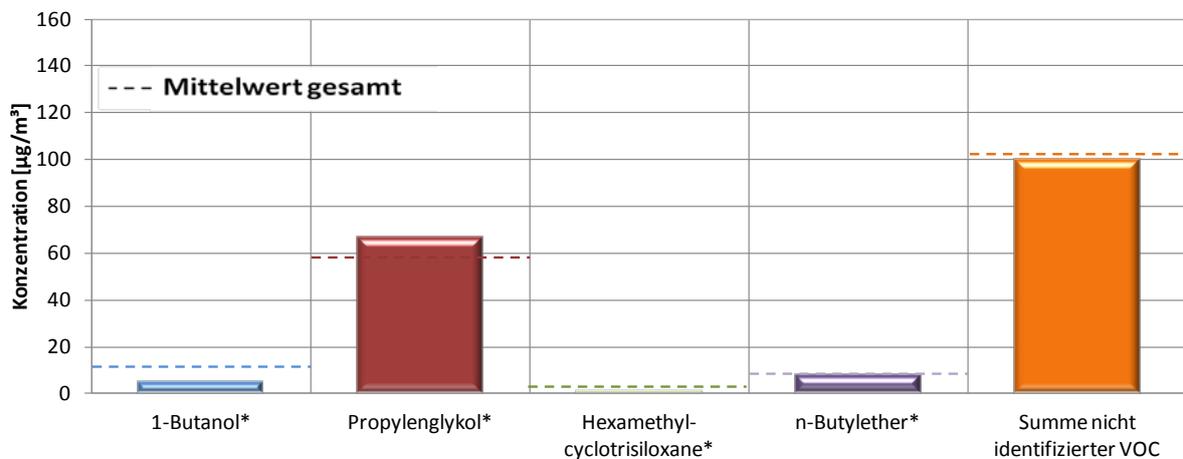


Abbildung 4.9 VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_003

Diskussion der Ergebnisse

Die empfundenen Intensitäten sowohl für die Tage 3 und 7 als auch für die Roh- bzw. bereinigten Daten sind in Tabelle 7.10 zusammengestellt. Deutlich zu erkennen ist, dass die ermittelten Werte unterhalb des Mittelwertes liegen. Aufgrund der VOC-Analysenwerte wäre allerdings eher eine Bewertung zu erwarten, die etwa im Schnitt aller Institute liegt. Weiterhin wären durch den geringen Luftwechsel von 2 h^{-1} bei einer Länge des U-Profiles, die auf einen Luftwechsel von $2,2 \text{ h}^{-1}$ ausgelegt war, eine höhere Konzentration und somit auch empfundene Intensität in der Emissionsprüfkammer zu erwarten.

Eine Ursache für die trotzdem geringeren empfundenen Intensitäten könnte der Volumenstrom von etwa $0,56 \text{ L/s}$ am Trichter sein, da dieser unterhalb der mindestens bereitzustellenden $0,6 \text{ L/s}$ liegt. Damit besteht die Möglichkeit, dass Prüfer beim Riechen Nebenluft ziehen und die empfundene Intensität somit unterbestimmt wird. Weiterhin wurde die Darbietung der Probe sowohl über eine Metallmaske, als auch über einen Trichter vorgenommen. Da dies augenscheinlich keinen Unterschied in den ermittelten Werten machte, wurde in den Ergebnissen nicht vermerkt, womit welcher Prüfer die Bewertung durchführte.

4.2.3 RVG12_005

Das Institut RVG12_005 führte die Geruchsbewertungen mit 12 Prüfern durch, die eine Woche vor Beginn der Messungen das 5-tägige Training nach DIN ISO 16000-28 absolvierten.

Die Acrylprobe wurden in eine 1m³-Emissionsprüfkammer eingebracht in der ein Luftwechsel von 1 h⁻¹ eingestellt wurde. Die Darbietung der Geruchsproben fand mithilfe von 60 L-Nalophan®-Beuteln statt, die in eine Ausdrückvorrichtung eingebracht wurden. Über Knopfdruck und Druckluft strömte die Probenluft den Prüfern über einen Trichter zu. Der Volumenstrom lag um 0,6 L/s.

Die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit entsprechen mit 23°C bzw. 50% rF den Vorgaben nach DIN ISO 16000-28 und sind mit weiteren wichtigen Prüfkammerparametern in der folgenden Tabelle 4.3 zusammengestellt.

Tabelle 4.3 Prüfkammerbedingungen RVG12_005

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammer- größe [m ³]	Luft- wechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]		rF [%]	
				Tag 3	Tag 7	Tag 3	Tag 7
RVG12_005 5085-005	1	1,0	0,02273	23		50	

Empfundene Intensität

Die 12 trainierten Prüfer kamen im Rahmen des Ringversuches erstmals zum Einsatz. Am Tag 3 konnten sieben und am Tag 7 zwei der 12 Prüfer die Aceton-Test-Konzentrationen innerhalb des nach VDI 4302-1 festgelegten Toleranzbereiches von $\pm 2,0$ pi bestimmen. Da für eine repräsentative Bewertung mindestens acht Prüfer innerhalb des Toleranzbereiches benötigt werden, hätten sowohl die Messung vom Tag 3 als auch vom Tag 7 wiederholt werden müssen. Dies ist im Rahmen des Ringversuches nicht erfolgt, sodass die Auswertung im Folgenden für die Rohdaten und insbesondere für Tag 7 unter erheblichen Einbußen der Genauigkeit mit den bereinigten Daten entsprechend VDI 4302-1 durchgeführt wird. *Obwohl die Auswertung dieser Daten aufgrund des zu geringen Umfangs an Einzelbewertungen an sich nicht möglich ist, wird sie zu Vergleichszwecken trotzdem vorgenommen.* Eine Zusammenstellung sowohl der Rohdaten, als auch der bereinigten Daten ist der folgenden Abbildung 4.10 zu entnehmen. Ebenfalls in der Abbildung enthalten sind Standardabweichung und 90%iges Konfidenzintervall.

Dass die Auswertung mit weniger als acht verwendbaren Bewertungen nicht sinnvoll möglich ist, geht deutlich auch aus der folgenden Abbildung 4.10 hervor.

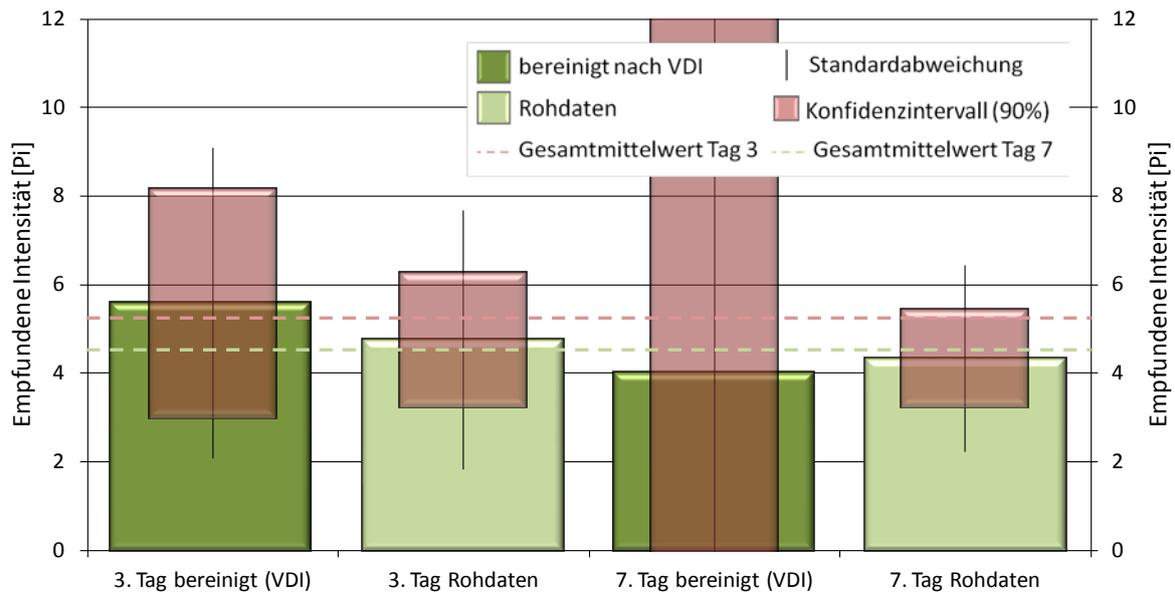


Abbildung 4.10 empfundene Intensität Rohdaten (n=12) und bereinigte Daten (n=7 bzw. 2) RVG12_005 | Probe 5085-5

Für die bereinigten Daten sind deutlich die starken Standardabweichungen von 3,5 pi am Tag 3 und 2,8 pi am Tag 7 zu erkennen. Die 90%igen Konfidenzintervalle liegen mit 2,6 pi und 12,6 pi erheblich über dem tolerierten Wert von 2 pi, sodass die bereinigten Daten auch entsprechend der statistischen Vorgaben als nicht auswertbar anzusehen sind.

Die Rohdaten hingegen, die überwiegend mit Prüfern ermittelt wurden, deren Aceton-Bewertungen als unzureichend eingestuft wurden, genügen den statistischen Ansprüchen mit Vertrauensbereichen von 1,5 für den Tag 3 und 1,1 für den Tag 7.

Die Mittelwerte beider Datensätze sind der Tabelle 7.15 zu entnehmen.

Hedonik

Für die Bestimmung der Hedonik wurde das gleiche Prüfer-Panel eingesetzt, das auch die empfundene Intensität bewertete.

Am Tag 3 lag die Hedonik bei einem Wert von -0,25 und stieg bis zum Tag 7 auf 0,1 an. Die 90%igen Konfidenzintervalle betragen 0,6 und 0,7 und liegen damit unterhalb der Toleranzschwelle von 1, sodass die Geruchsmessung bezüglich der Hedonik eine ausreichende Genauigkeit aufweist. Die Mittelwerte sind mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall in Abbildung 4.11 dargestellt.

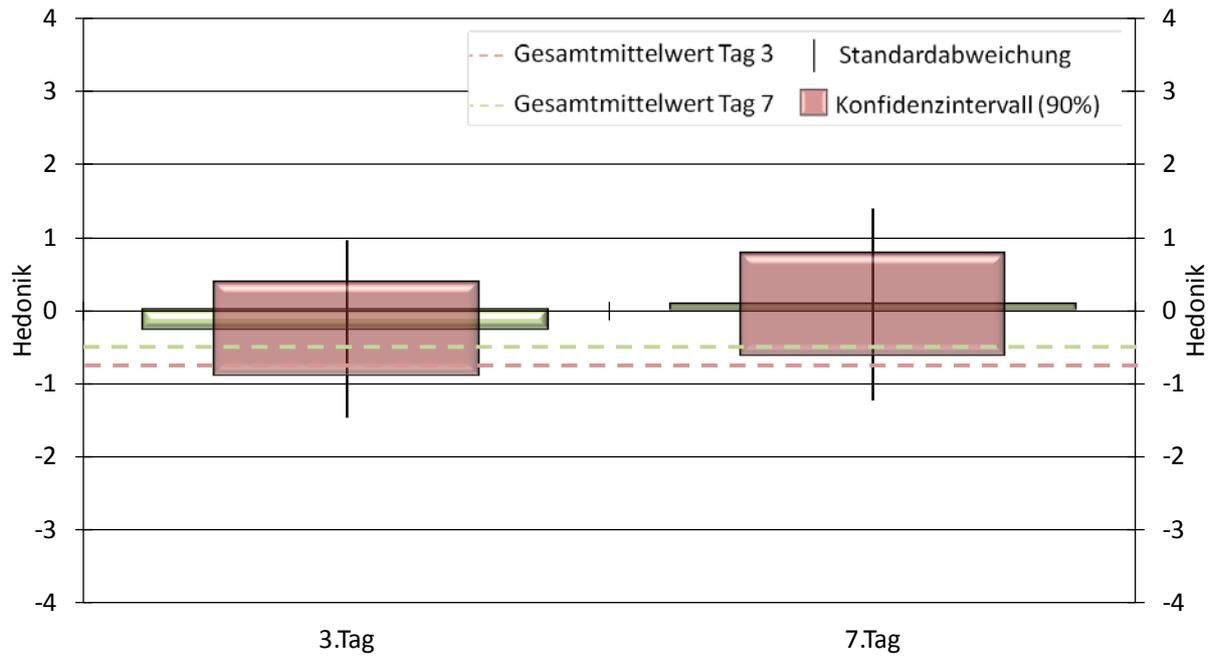


Abbildung 4.11 Hedonik RVG12_005 Tag 3 und Tag 7 | Probe 5085-5 (n=12)

VOC-Analytik

Für die VOC-Analyse wurde eine Doppelprobenahme auf Tenax® durchgeführt. In der folgenden Abbildung 4.12 sind die gemittelten Ergebnisse des Instituts RVG12_005 als Balken dargestellt und den Mittelwerten aus allen Messungen (gestrichelte Linien) gegenübergestellt. 1-Butanol und n-Butylether liegen im Durchschnitt aller Institute, während alle weiteren Werte darunter liegen.

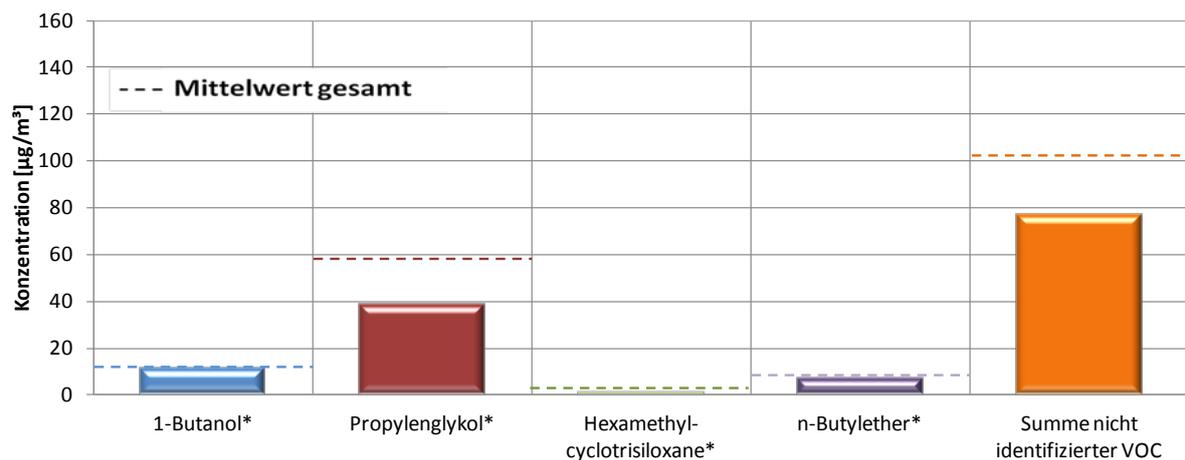


Abbildung 4.12 VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_005

Diskussion der Ergebnisse

Zusammenfassend ist die durchgeführte Messung als nicht auswertbar einzustufen, da nach Bereinigung der Datensätze weniger als sieben, am Tag 3 sogar nur zwei ausreichend qualifizierte Prüfer zur Verfügung standen.

Wird mit den Rohdaten gearbeitet ergeben sich Werte mit ausreichendem 90%igen Konfidenzintervall, die allerdings durch Prüfer ermittelt wurden, die laut Kalibrierung nicht ausreichend qualifiziert waren, um die empfundene Intensität korrekt zu bewerten. Wird hingegen mit den Werten gearbeitet, die sich im Toleranzbereich von $\pm 2,0$ pi bewegen, ist die Messung nicht auswertbar.

In Tabelle 7.15 sind neben den Mittelwerten der Rohdaten übersichtshalber auch die Mittelwerte der bereinigten Daten aufgeführt. Beide liegen mit einer Abweichung unter 0,5 pi vom Gesamtmittelwert in einem sehr guten Bereich.

4.2.4 RVG12_006

Am Institut RVG12_006 wurden Prüfer eingesetzt, deren Trainingsstand dem 2. Trainingstag nach DIN ISO 16000-28 entsprach. Vor dem Ringversuch wurden von den Prüfern bereits drei Geruchsprüfungen absolviert. Für die Geruchsprüfung wurden insgesamt zwei Emissionsprüfkammern zeitlich um einen Tag versetzt mit Acryl derselben Kartusche beladen. Während Probe 5085-09 II in eine 0,25 m³-Emissionsprüfkammer eingebracht wurde, wurde einen Tag darauf eine 1 m³-Kammer mit der Probe 5085-09 I beladen. Die wichtigsten Prüfkammerparameter sind der Tabelle 4.4 zu entnehmen.

Tabelle 4.4 Prüfkammerbedingungen RVG12_006

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammer- größe [m ³]	Luft- wechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]	
				Tag 3	Tag 7
RVG12_006 5085-09 I	1	0,5	0,01136	23 ± 1	50 ± 3
RVG12_006 5085-09 II ²	0,25	0,5	0,01136	23 ± 1	50 ± 3

In der folgenden Tabelle 4.5 ist die Zahl der jeweils teilnehmenden Prüfer der Zahl der nach VDI 4302-1 an diesem Tag zum Riechen fähigen Prüfer gegenübergestellt.

Tabelle 4.5 Übersicht teilnehmender Prüfer RVG12_006

Versuchstag <i>Probennummer</i>	Anzahl teilnehmender Prüfer	Anzahl Prüfer, die Aceton-Test-Konzentrationen ausreichend zuordnen konnten
Tag 3 5085-09 I	11	7
Tag 7 5085-09 I	8	6
Tag 3 5085-09 II	12	11
Tag 7 5085-09 II	9	9

Die Bereitstellung der Proben erfolgte jeweils durch das Abfüllen der Luft aus den Emissionsprüfkammern in FEP³-Beutel. Diese wurden den Prüfern anschließend über eine Geruchsorgel dargeboten.

² Kammer an der die Probenahme für die VOC-Analytik durchgeführt wurde

Empfundene Intensität

Wie aus der Tabelle 4.5 hervorgeht, müssten einige Prüfer von der Auswertung ausgenommen werden, da ihre Bewertung der Aceton-Test-Konzentration außerhalb des tolerierten $2,0 \pi$ -Bereiches lag und die Bewertungen damit als unzureichend einzustufen sind.

Da für die bereinigten Daten die Anzahl nach VDI 4302-1 einsetzbarer Prüfer für Probe 5085-09 I unter der Mindestanzahl von acht liegt, hätten sowohl die Messung am Tag 3 als auch am Tag 7 wiederholt werden müssen. **Die Ergebnisse für Probe 5085-09 I sind als nicht auswertbar anzusehen.** Zu Vergleichszwecken wird die statistische Auswertung trotzdem vorgenommen.

Für die Probe 5085-09 II sind ausreichend qualifizierte Prüfer vorhanden, sodass hier die Auswertung sowohl für die bereinigten als auch für die Rohdaten vorgenommen werden kann.

In der folgenden Abbildung 4.13 sind die empfundenen Intensitäten beider Proben und Versuchstage sowohl aus Rohdaten als auch für die bereinigten Daten zusammengestellt. Für die Probe 5085-09 I lässt sich eine nur geringe Abnahme der empfundenen Intensität erkennen, während die Probe 5085-09 II einen leichten Anstieg aufweist. Die Konfidenzintervalle liegen für die Rohdaten der Probe I mit 1,80 (Tag 3) und 1,66 (Tag 7) sowie der Probe II mit 1,56 (Tag 3) und 1,05 (Tag 7) unterhalb der tolerierten 2π , sodass die Genauigkeit der ermittelten Werte den Normvorgaben entsprechend als ausreichend einzustufen ist. Ebenso innerhalb dieses Toleranzbereiches liegen mit 1,63 (Tag 3) und 1,05 (Tag 7) die bereinigten Daten der Probe 5085-09 II.

Die bereinigten Daten der Probe 5085-09 I hingegen liegen mit Konfidenzintervallen von 2,77 (Tag 3) und 2,27 (Tag 7) oberhalb der tolerierten Abweichungen. Dies ist auch in der Abbildung 4.13 zu erkennen.

Alle ermittelten Daten sind der Tabelle 7.24 zu entnehmen.

³ Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Copolymer

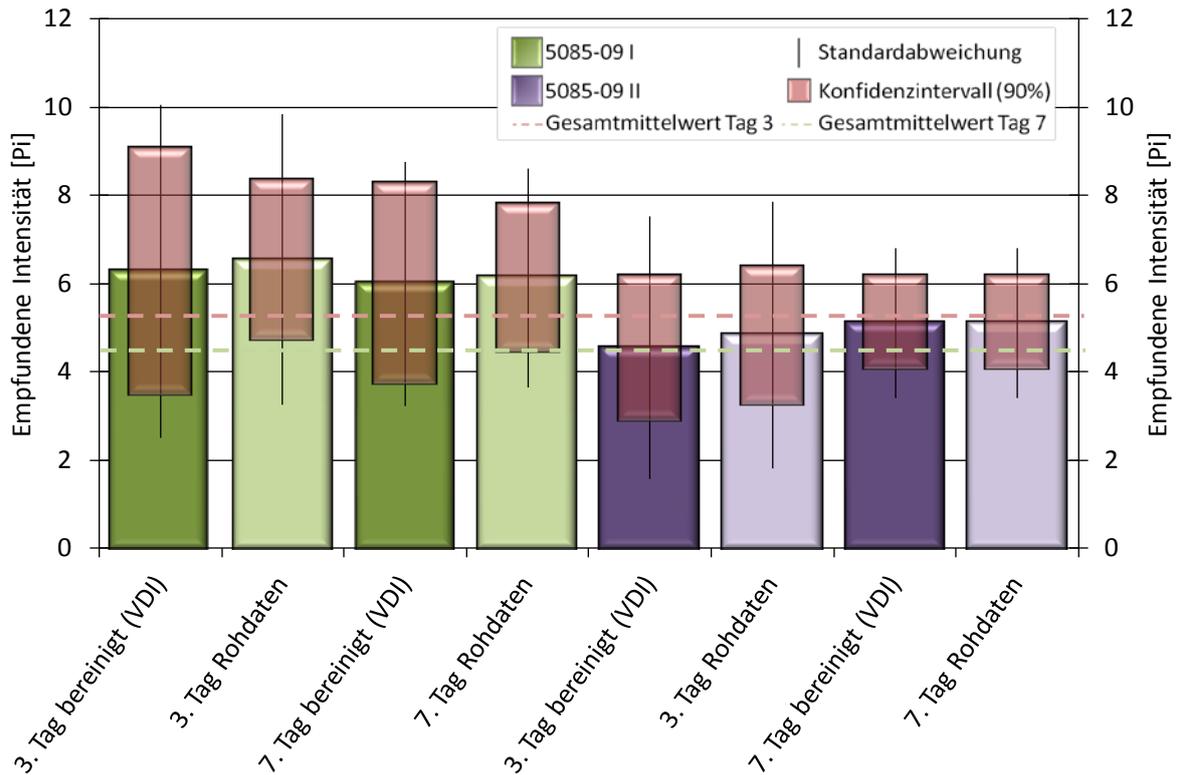


Abbildung 4.13 empfundene Intensität Rohdaten (n=11 bzw. 9) und bereinigte Daten (n=6 bzw. 7) RVG12_006 | Probe 5085-09

Um den Vergleich zu weiteren Instituten zu ermöglichen und eine einheitliche Gewichtung zu gewährleisten, wurden die oben aufgeführten Daten für das Institut RVG12_006 gemittelt und sind in der folgenden Abbildung 4.14 dargestellt. Die Mittelwerte der Rohdaten liegen bei 5,4 und 5,6 pi, die Mittelwerte der bereinigten Daten bei 5,7 und 5,6 pi.

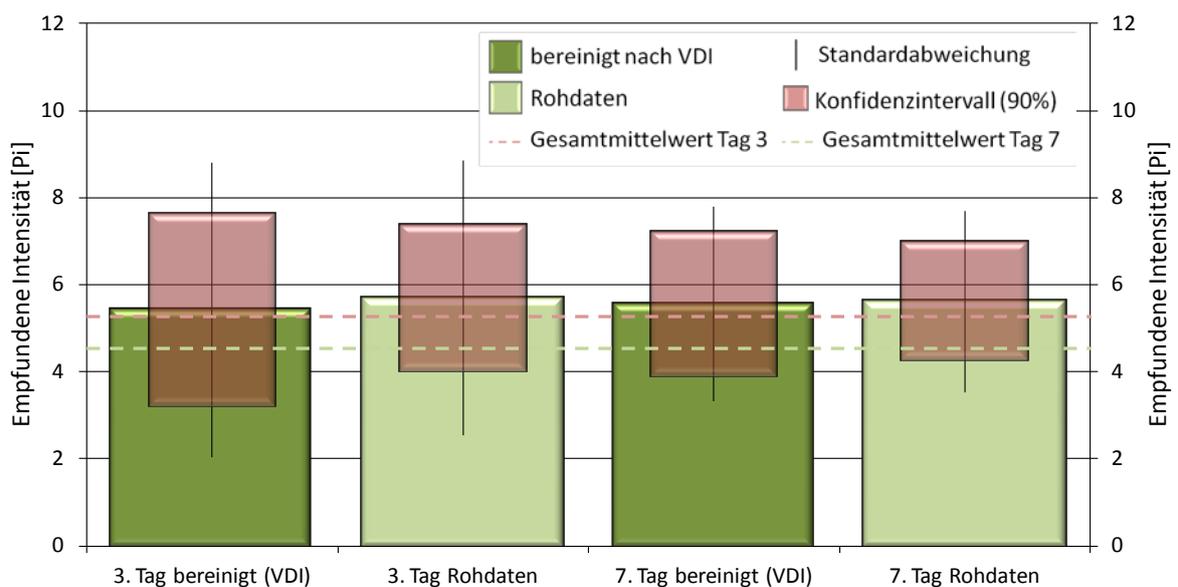


Abbildung 4.14 empfundene Intensität RVG12_006 | Mittelwerte aus den zwei parallel durchgeführten Bewertungen

Hedonik

Die Bestimmung der Hedonik wurde mit allen an der Geruchsprüfung teilnehmenden Prüfern (siehe Tabelle 4.5) durchgeführt. Die ermittelten Werte sind in Abbildung 4.15 zusammengestellt. Von Tag 3 auf Tag 7 ist eine Verschlechterung der Hedonik zu erkennen.

Die Mittelwerte der Hedonik lagen für die Probe 5085-09 I bei -1,09 (Tag 3) und -1,38 (Tag 7), während sie für Probe II bei -0,92 (Tag 3) und -1,44 (Tag 7) lagen.

Die 90%igen Konfidenzintervalle liegen ausnahmslos unterhalb 1, sodass die Genauigkeit der durchgeführten Bewertung als ausreichend eingestuft werden kann.

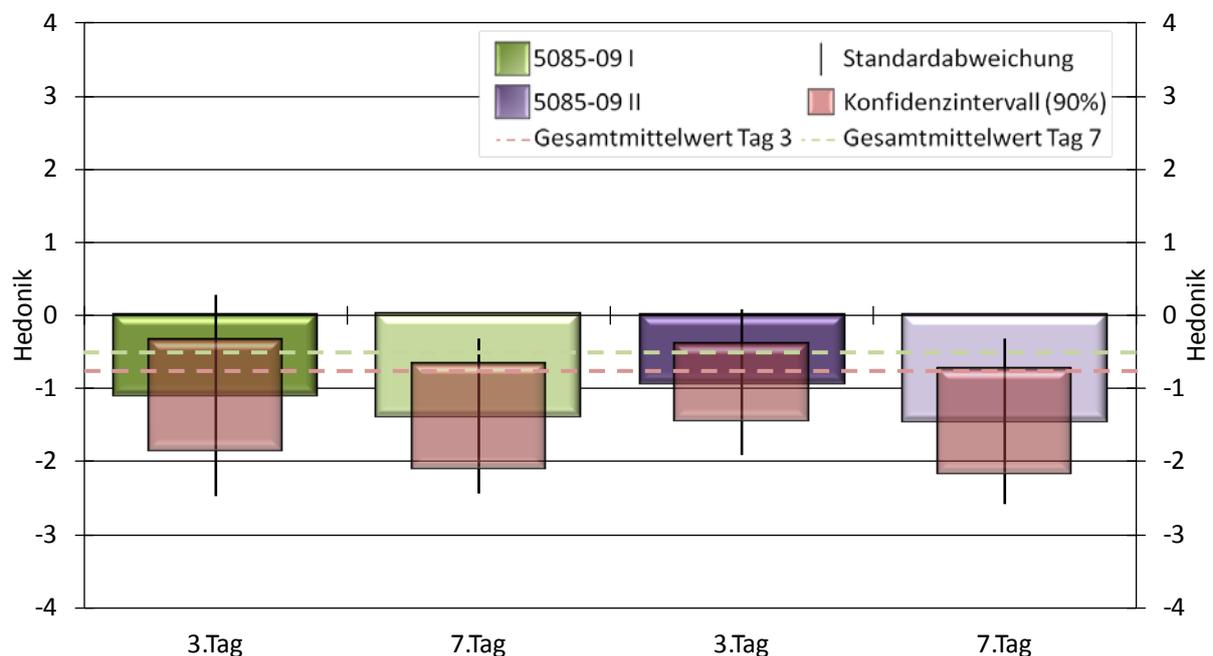


Abbildung 4.15 Hedonik RVG12_006 | Probe 5085-09 (n siehe Tabelle 4.5)

VOC-Analytik

Die Doppelprobenahme auf Tenax® wurde an der 0,25 m³-Kammer durchgeführt, die als erste der beiden Kammern beladen wurde (Probe 5085-09 II).

Mit Ausnahme von Propylenglycol, das unterhalb des Schnittes liegt, liegen die ermittelten Werte etwa im Durchschnitt aller Institute. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4.16 den Mittelwerten aus den Messungen aller Institute (gestrichelte Linien) gegenübergestellt.

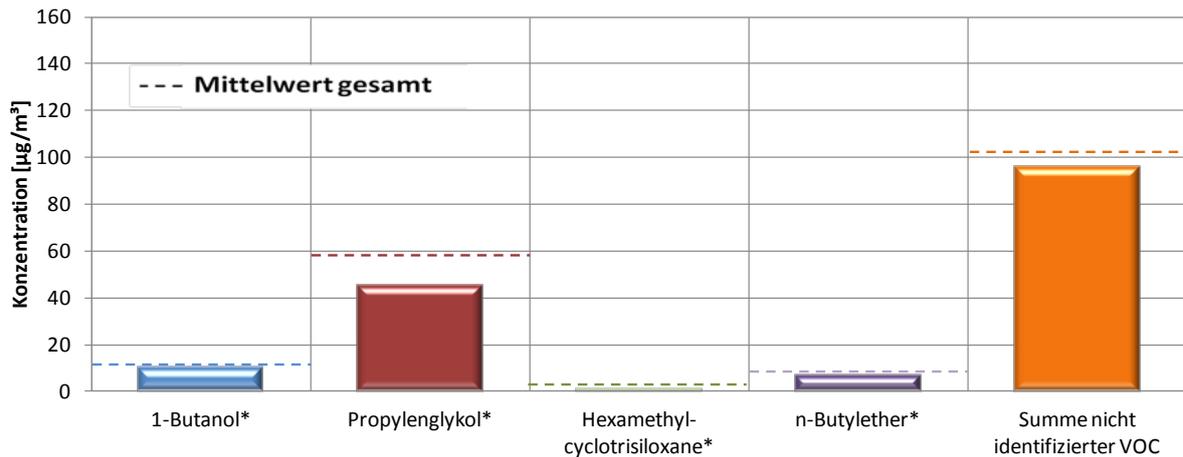


Abbildung 4.16 VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_006

Diskussion der Ergebnisse

Die Bewertungen der Proben 5085-09 I und II unterscheiden sich augenscheinlich deutlich voneinander. Während die Werte der Probe I sowohl oberhalb des Gesamtmittelwertes als auch oberhalb der Werte der Probe II liegen, wurde die empfundene Intensität der Probe II am Tag 3 mit Werten unterhalb des Gesamtmittelwertes bewertet und am Tag 7 mit leicht oberhalb des Gesamtmittelwertes liegenden empfundenen Intensitäten.

Die Abweichung der beiden Proben untereinander könnte durch die Durchführung an zwei verschiedenen Messtagen und die abweichende Zusammensetzung bzw. Konstitution des Prüferpanels mit bedingt sein.

Der Mittelwert beider Proben ergibt für den Tag 3 wiederum Werte, die sowohl für die Roh- als auch für die bereinigten Daten dem Gesamtschnitt sehr nahe liegen. Eine signifikante Veränderung der empfundenen Intensität vom Tag 3 auf den Tag 7 ist nicht zu verzeichnen.

Eine Zusammenstellung dieser Werte ist der Tabelle 7.24 zu entnehmen.

4.2.5 RVG12_008

Das Institut RVG12_008 setzte für die Geruchsmessung acht Prüfer ein, die das fünftägige Training nach DIN ISO 16000-28 absolvierten und vor Beginn des Ringversuchs etwa sechs reale Proben für den internen Gebrauch bewerteten. Die erste Probe für den externen Gebrauch wurde im Rahmen des Ringversuches bewertet. Mit der Probe 5085-07 wurde eine Emissionsprüfkammer mit einem Volumen von 119 L beladen. Die wichtigsten Prüfkammerparameter sind in der Tabelle 4.6 zusammengefasst.

Tabelle 4.6 Prüfkammerbedingungen RVG12_008

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammergröße [m ³]	Luftwechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]		rF [%]	
				Tag 3	Tag 7	Tag 3	Tag 7
RVG12_008 5085-07	0,12	0,5	0,01136	23		50	

Für die Darbietung der Probe wurde Prüfkammerluft in Tedlar®-Beutel abgefüllt. Der Beutel wurde anschließend in einen Behälter eingebracht und mithilfe von Druckluft ausgepresst, sodass die Prüfer über den integrierten Trichter an der Probe riechen konnten.

Empfundene Intensität

Von den acht eingesetzten Prüfern konnten sowohl am Tag 3 drei als auch am Tag 7 nur zwei Prüfer die Aceton-Test-Konzentrationen ausreichend genau bestimmen, sodass diese für die Auswertung unter Berücksichtigung der 2-pi-Toleranzgrenze von der Bewertung ausgeschlossen werden mussten. Beide Messungen hätten daher wiederholt werden müssen, was im Rahmen des Ringversuches allerdings nicht möglich war.

Für die bereinigten Daten ist eine statistische Auswertung nicht möglich, da von zwei Werten weder eine Standardabweichung, noch ein Konfidenzintervall bestimmt werden können. Weiterhin weichen die empfundenen Intensitäten der Prüfer mit tolerierbarer Genauigkeit stark voneinander ab (3 und 10 am Tag 3 sowie 3 und 9 am Tag 7). Im Folgenden werden neben die Rohdaten trotzdem auch die bereinigten Daten „ausgewertet“. Die Mittelwerte der Rohdaten liegen am Tag 3 bei 7,25 und am Tag 7 bei 7,13 und sind in der folgenden Abbildung 4.17 mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall dargestellt. Für die bereinigten Daten betragen die Mittelwerte 6,5 pi am Tag 3 und 6,0 pi am Tag 7. Die Konfidenzintervalle liegen bei 22,1 und 18,94.

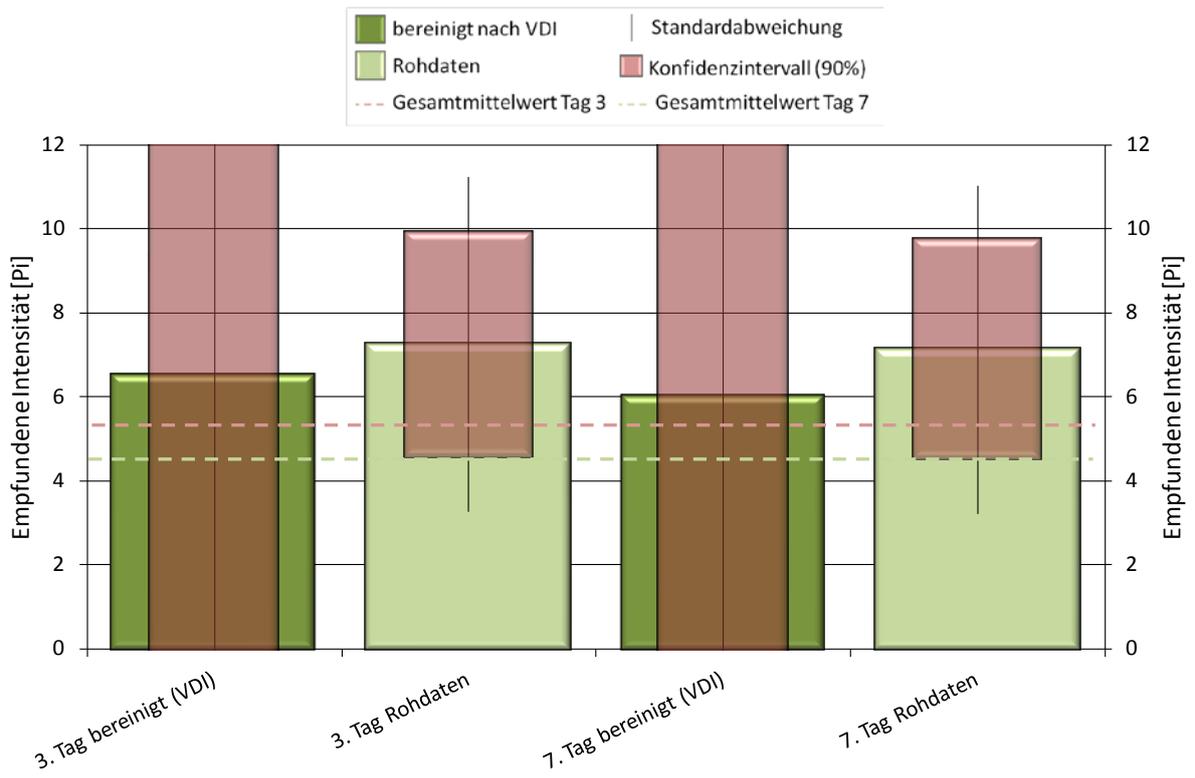


Abbildung 4.17 empfundene Intensität Rohdaten (n=8) RVG12_008 | Probe 5085-07

Hedonik

Für die Bestimmung der Hedonik wurden die Bewertungen aller teilnehmenden Prüfer berücksichtigt. Die daraus resultierenden Mittelwerte sind gemeinsam mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall in Abbildung 4.18 zusammengestellt.

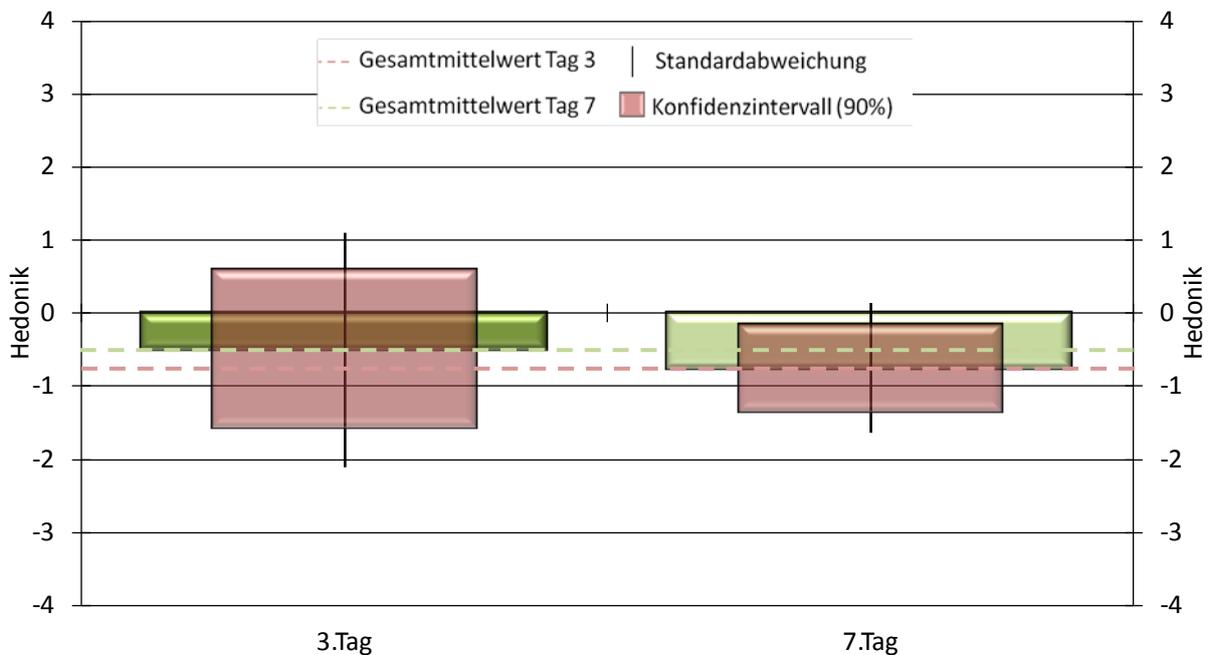


Abbildung 4.18 Hedonik RVG12_008 | Probe 5085-07 (n=8)

Die Mittelwerte der Hedonik liegen bei -0,5 (Tag 3) und -0,75 (Tag 7). Damit ist vom Tag 3 auf Tag 7 eine Verschlechterung der Hedonik zu verzeichnen. Das Konfidenzintervall hingegen verbessert sich von 1,6 auf 0,89. Die Genauigkeit der Hedonik-Bestimmung am Tag 3 ist damit nicht ausreichend, während sie am Tag 7 unter 1 liegt somit als ausreichend genau eingestuft werden kann.

VOC-Analytik

Für die VOC-Analyse wurde eine Doppelprobenahme auf Tenax® durchgeführt. Die resultierenden Analysenwerte liegen mit Ausnahme von Propylenglycol und Hexamethylcyclotrisiloxan über den Durchschnittswerten.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 4.19 den Mittelwerten aus den Messungen aller Institute (gestrichelte Linien) gegenübergestellt.

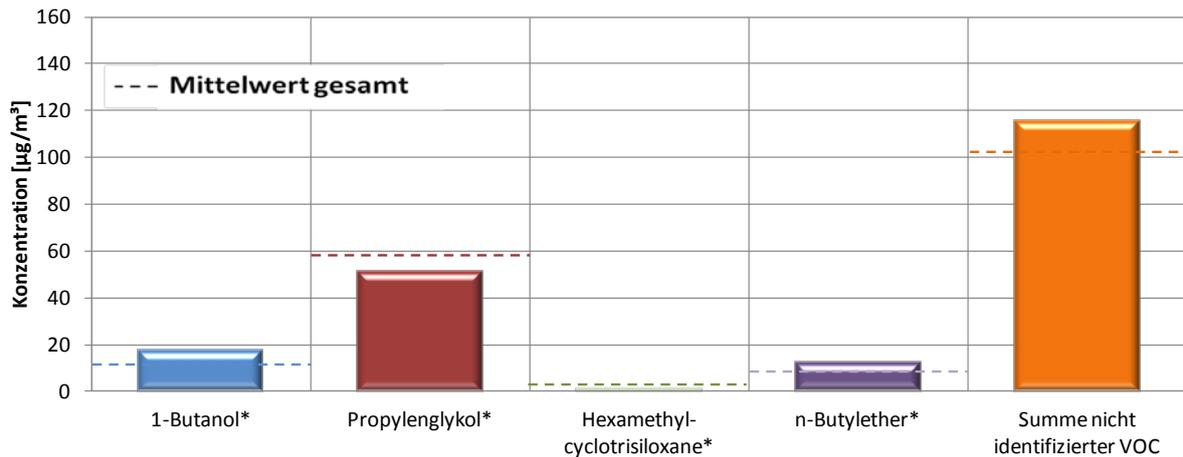


Abbildung 4.19 VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_008

Diskussion der Ergebnisse

Während für die nach VDI 4302-1 bereinigten Daten keine Auswertung vorgenommen werden kann, sind in der Tabelle 7.29 die Mittelwerte der Rohdaten aller Institute den Mittelwerten der Rohdaten des Instituts RVG12_008 gegenübergestellt.

Die empfundene Intensität verändert sich vom dritten auf den siebten Versuchstag kaum und liegt mit über 7 pi deutlich über den Gesamtmittelwerten aller Institute. Die Mittelwerte von zwei der vier analytisch nachgewiesenen Substanzen (1-Butanol, n-Butylether) sowie die nicht identifizierbaren VOC liegen ebenfalls über den Gesamtmittelwerten.

4.2.6 RVG12_009

Für die Geruchsmessungen am Institut RVG12_009 wurden neun Prüfer eingesetzt, die nach DIN ISO 16000-28 trainiert waren und im zweiten Halbjahr 2012 bereits 12 reale Proben nach DIN ISO 16000-28 bewerteten.

Im Rahmen des Ringversuches wurden zwei 50 L-Emissionsprüfkammern mit der Acryl-Probe beladen. Der Luftwechsel wurde auf $0,5 \text{ h}^{-1}$ eingestellt. Die wichtigsten Prüfkammerparameter sind in Tabelle 4.7 zusammengestellt.

Tabelle 4.7 Prüfkammerbedingungen RVG12_009

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammer- größe [m ³]	Luft- wechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]		rF [%]	
				Tag 3	Tag 7	Tag 3	Tag 7
RVG12_009	0,05	0,5	0,01136	21,2		40,4	
5085-24 I				19,5		39,1	
RVG12_009	0,05	0,5	0,01136	21,2		40,4	
5085-24 II				19,5		39,1	

Für die Darbietung der Proben wurde Prüfkammerluft in Nalophan®-Behälter gefüllt, die anschließend in ein Gefäß eingebracht wurden aus denen die Probenluft mithilfe von Druckluft herausgepresst wurde. Auf diese Weise wurde den Prüfern die Luft über einen integrierten Trichter zum Riechen dargeboten.

Empfundene Intensität

Von den neun eingesetzten Prüfern konnten am dritten Tag sechs und am siebten Tag acht die dargebotenen Aceton-Test-Konzentrationen ausreichend genau innerhalb der nach VDI 4302-1 vorgegebenen 2 pi-Toleranzgrenze bestimmen. Da nach Normvorgabe mindestens acht Prüfer für eine Geruchsbewertung benötigt werden, hätte die Messung am Tag 3 wiederholt werden müssen.

Da die 90%igen Konfidenzintervalle der empfundenen Intensität für beide Messtage im vorgegebenen Rahmen liegen, wurde sowohl für die Rohdaten als auch für die bereinigten Daten eine vollständige statistische Auswertung vorgenommen. Die Mittelwerte der Messungen sind zusammen mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall in der folgenden Abbildung 4.20 dargestellt.

Die Mittelwerte der Rohdaten liegen im Schnitt etwas höher als die der bereinigten Daten. Die 90%igen Konfidenzintervalle beider Datensätze und Proben liegen mit $0,36 \leq \text{Konfidenzintervall} \leq 1,21$ deutlich unterhalb der Toleranzgrenze von 2, sodass die Genauigkeit, mit der die Bewertung durchgeführt wurde, ausreichend ist.

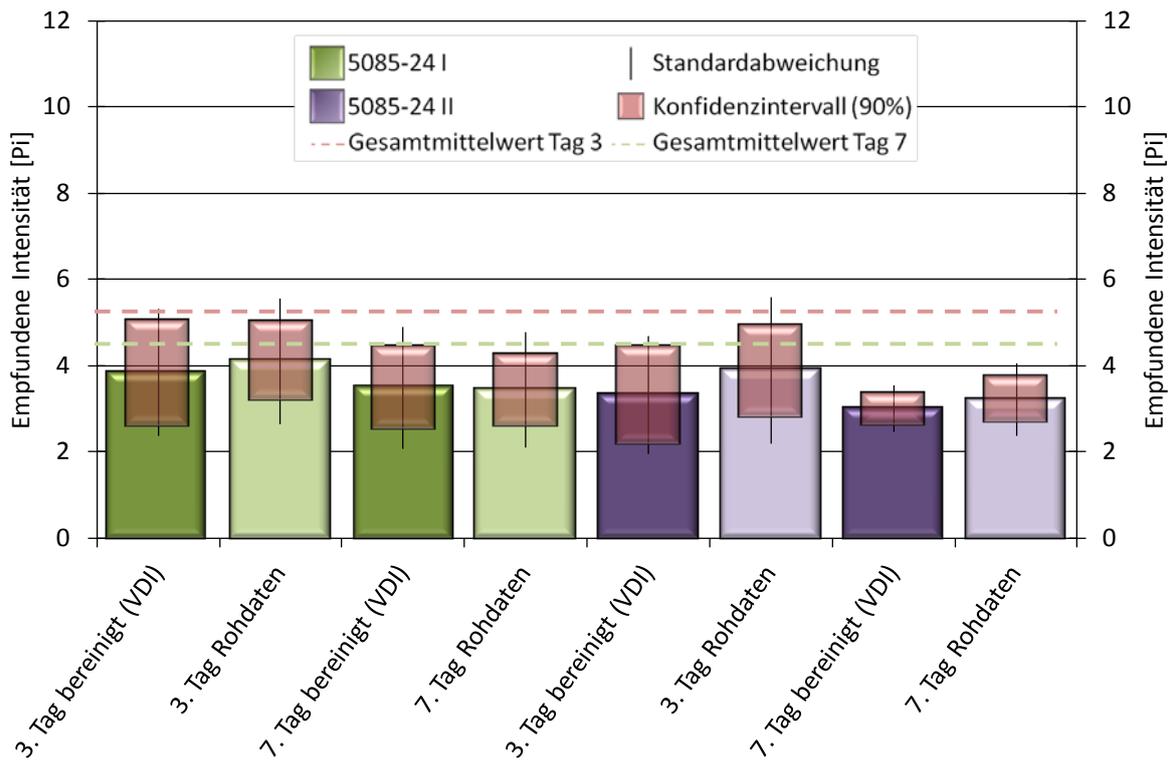


Abbildung 4.20 empfundene Intensität RVG12_009 | Probe 5085-24

Um den Vergleich zu weiteren Instituten zu ermöglichen und eine einheitliche Gewichtung zu gewährleisten, wurden die oben aufgeführten Daten für das Institut RVG12_009 gemittelt und sind in der folgenden Abbildung 4.21 dargestellt. Die Mittelwerte der Rohdaten liegen bei 4,0 und 3,3 pi, die Mittelwerte der bereinigten Daten bei 3,6 und 3,3 pi.

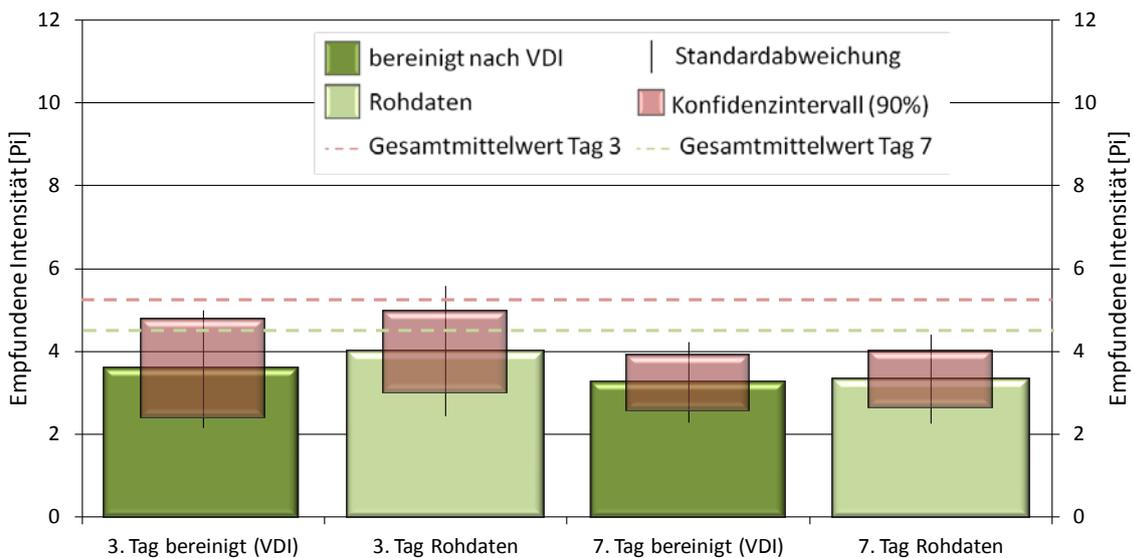


Abbildung 4.21 empfundene Intensität RVG12_009 | Mittelwerte aus den zwei parallel durchgeführten Bewertungen

Hedonik

Für die Bestimmung der Hedonik wurden die Bewertungen aller teilnehmenden Prüfer berücksichtigt. Die daraus resultierenden Mittelwerte sind zusammen mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall in Abbildung 4.22 dargestellt.

Die Mittelwerte liegen für Probe 5085-24 I bei -0,56 (Tag 3) und -0,33 (Tag 7), während sie für Probe 5085-24 II bei -0,44 (Tag 3) und -0,33 (Tag 7) liegen. Die 90%igen Konfidenzintervalle liegen durchgängig unter 1. Die Genauigkeit der Hedonik-Bestimmung ist damit ausreichend.

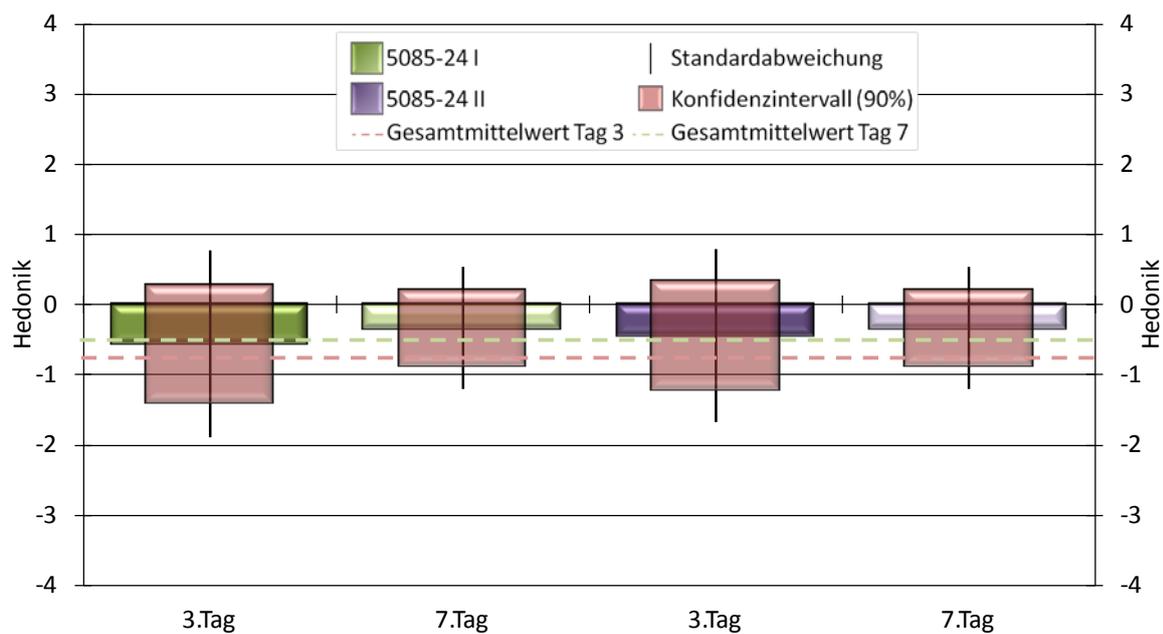


Abbildung 4.22 Hedonik RVG12_009 | Probe 5085-24

VOC-Analytik

Für die VOC-Analyse wurde eine Doppelprobenahme auf Tenax® durchgeführt. Die resultierenden Analysenwerte liegen mit Ausnahme von Hexamethylcyclotrisiloxan unterhalb des Schnittes aller Institute. Die Summe der nicht identifizierten VOC und Propylenglycol liegen um etwa 30 bzw. 50% unterhalb des Schnittes.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 4.23 den Mittelwerten aus den Messungen aller Institute (gestrichelte Linien) gegenübergestellt.

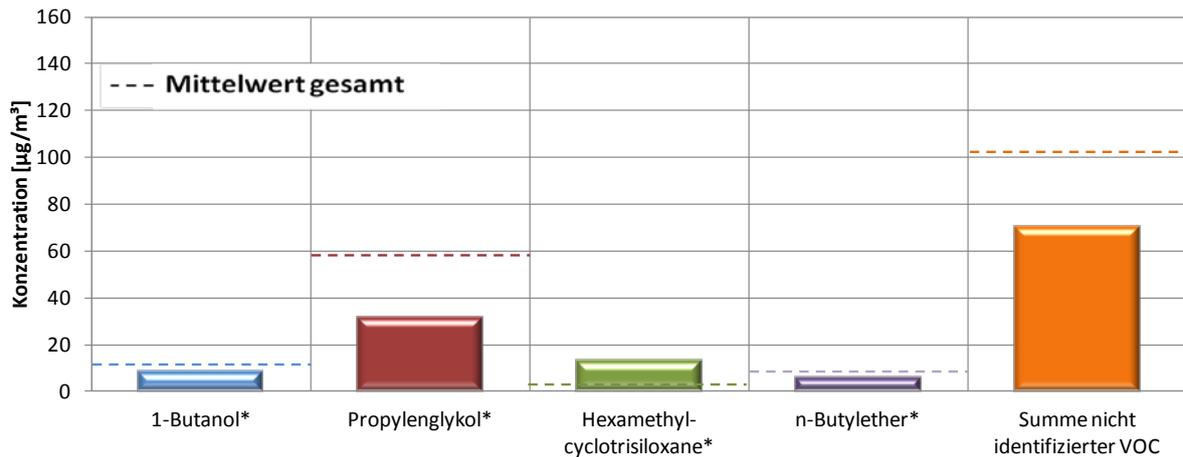


Abbildung 4.23 VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_009

Diskussion der Ergebnisse

In Tabelle 7.34 sind sowohl die Mittelwerte der bereinigten als auch der Rohdaten den entsprechenden Mittelwerten aus allen Instituten gegenübergestellt.

Die empfundene Intensität nimmt erwartungsgemäß für bereinigte und Rohdaten für die Proben 5085-24 I und II vom Tag 3 auf Tag 7 ab. Die Mittelwerte des Instituts RVG12_009 liegen um mindestens 1 pi und höchstens 1,5 niedriger als die Gesamtmittelwerte. Die ermittelten Werte liegen damit innerhalb des 2,0 pi-Toleranzbereiches um den Mittelwert.

Sowohl die Analysenwerte (1-Butanol, Propylenglycol, n-Butylether, Summe nicht identifizierbarer VOC), als auch die ermittelten Werte für die empfundene Intensität liegen unterhalb des Gesamtschnittes aller Institute.

4.2.7 RVG12_010

Das Institut RVG12_010 setzte zur Bewertung der Geruchsproben am dritten Tag acht und am siebten Tag 12 Prüfer ein, die das Training nach VDI 4302-1 (analog dem Training nach DIN ISO 16000-28) absolvierten. Die Prüfergruppe setzte sich jeweils aus unerfahrenen und erfahrenen Prüfern zusammen, die bis zum Ringversuch bereits drei bis 20 Geruchsbewertungen mit Vergleichsmaßstab durchgeführt hatten.

Alle teilnehmenden Prüfer konnten die Aceton-Test-Konzentrationen innerhalb des 2 pi-Toleranzbereiches entsprechend VDI 4302-1 einordnen, sodass eine Bereinigung der Daten nicht notwendig war.

Für den Ringversuch wurden zwei 125 L Emissionsprüfkammern mit Acryl-Proben beladen. Der Luftwechsel wurde auf $0,5 \text{ h}^{-1}$ eingestellt. Die wichtigsten Prüfkammerparameter sind in der folgenden Tabelle 4.8 zusammengestellt.

Tabelle 4.8 Prüfkammerbedingungen RVG12_010

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammer- größe [m ³]	Luft- wechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]		rF [%]	
				Tag 3	Tag 7	Tag 3	Tag 7
RVG12_010	0,125	0,5	0,01136	23		50	
5085-19 I				23		50	
RVG12_010	0,125	0,5	0,01136	23		50	
5085-19 II				23		50	

Die Prüfkammerluft wurde für Probe 5085-19 I in Tedlar®- und für Probe 5085-19 II in Nalophan®-Behälter abgefüllt. Anschließend wurden die Behälter mithilfe eines AirProbes (Eigenbau) auf Knopfdruck geleert und die Probenluft den Prüfern über einen Trichter dargeboten. Der Volumenstrom betrug dabei rund 35 L/min bzw. 0,58 L/s.

Empfundene Intensität

Alle Prüfer, die bei der Geruchsbewertung am Institut RVG12_010 teilnahmen, konnten die Aceton-Test-Konzentrationen innerhalb des 2,0 pi-Toleranzbereiches bestimmen, sodass die ermittelten Werte direkt in die Auswertung übernommen werden können. Die Mittelwerte der beiden Proben 5085-19 I und II sind in der folgenden Abbildung 4.24 mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall dargestellt. Während die empfundene Intensität der Probe 5085-19 I vom dritten auf

den siebten Tag von 4,6 auf 4,5 kaum abnimmt, ist für die Probe 5085-19 II eine Veränderung von 3,98 pi auf 3,2 pi zu verzeichnen.

Die 90%igen Konfidenzintervalle liegen durchgängig unterhalb der tolerierten Abweichung von 2,0 pi, sodass die durchgeführten Geruchsbewertungen eine ausreichende Genauigkeit aufweisen.

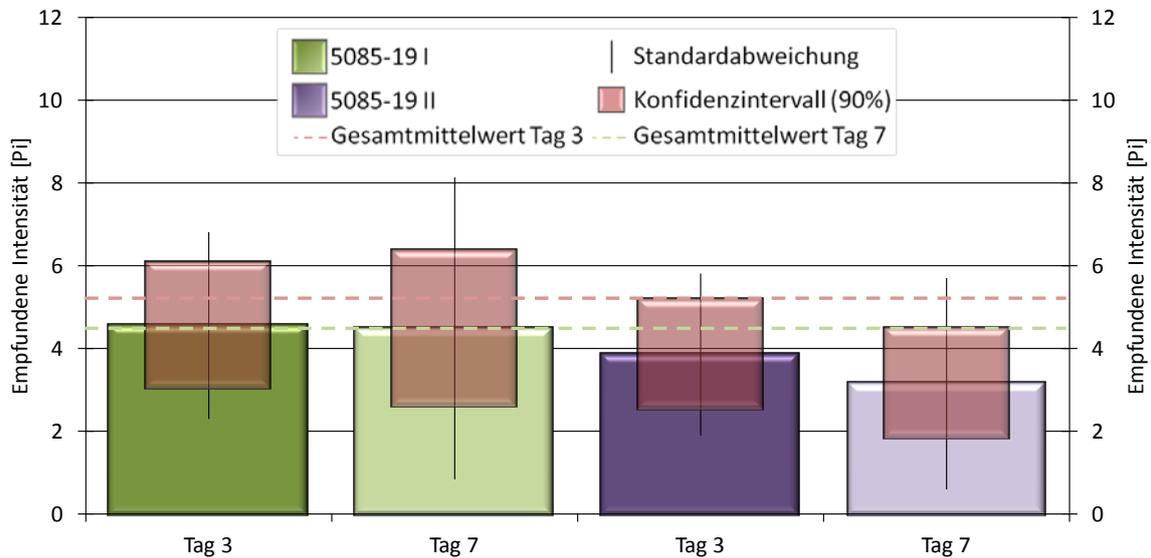


Abbildung 4.24 empfundene Intensität RVG12_010 | Probe 5085-19

Um den Vergleich zu weiteren Instituten zu ermöglichen und eine einheitliche Gewichtung zu gewährleisten, wurden die oben aufgeführten Daten für das Institut RVG12_010 gemittelt und sind in der folgenden Abbildung 4.25 dargestellt. Die Mittelwerte betragen am dritten Tag 4,2 pi und am siebten Tag 3,8 pi.

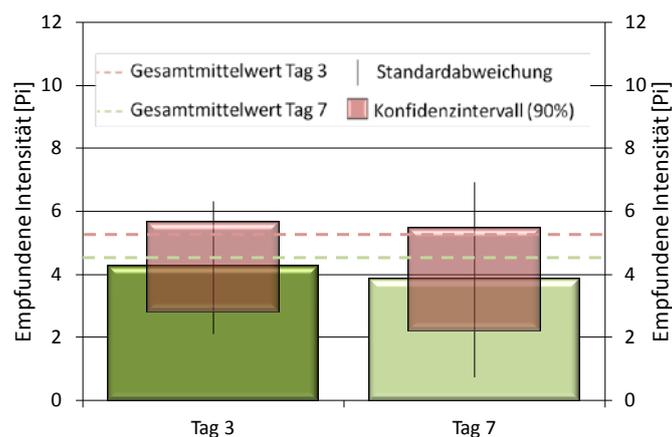


Abbildung 4.25 empfundene Intensität RVG12_010 | Mittelwerte aus den zwei parallel durchgeführten Bewertungen

Hedonik

Die Bewertung der Hedonik wurde mit einer Mischung aus geschulten und ungeschulten Prüfern durchgeführt. Die resultierenden Mittelwerte sind in der folgenden Abbildung 4.26 mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall zusammengestellt.

Die Mittelwerte liegen für Probe 5085-19 I bei -1,29 (Tag 3) und -0,71 während sie für die Probe II vom dritten Tag auf den siebten Tag von -1,14 auf -0,42 ansteigen. Beide Proben weisen damit die zu erwartende Verbesserung der Hedonik mit der Zeit auf. Die 90%igen Konfidenzintervalle liegen mit Werten zwischen 0,41 und 0,63 unterhalb des Grenzwertes von 1, sodass die Bestimmung der Hedonik ausreichend genau vorgenommen wurde.

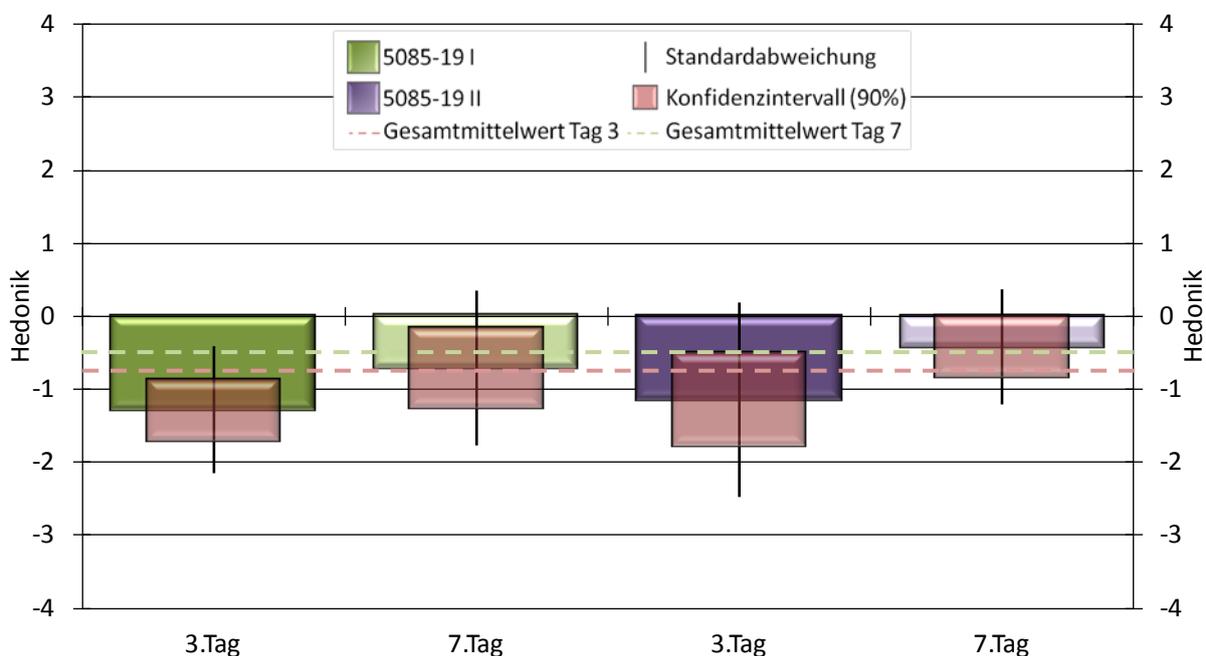


Abbildung 4.26 Hedonik RVG12_010 | Probe 5085-19

VOC-Analytik

Für die VOC-Analyse wurde eine Doppelprobenahme auf Tenax® durchgeführt. Die ermittelten Werte für das Institut RVG12_010 sind der Abbildung 4.27 zu entnehmen und sind den Mittelwerten aus den Messungen aller Institute (gestrichelte Linien) gegenübergestellt.

Während Hexamethylcyclotrisiloxan nicht nachgewiesen werden konnte, liegt 1-Butanol etwa im Durchschnitt aller Institute und Propylenglycol darunter. Sowohl n-Butylether als auch die Summe der nicht identifizierbaren VOC liegen um 50 % höher als die Gesamtmittelwerte.

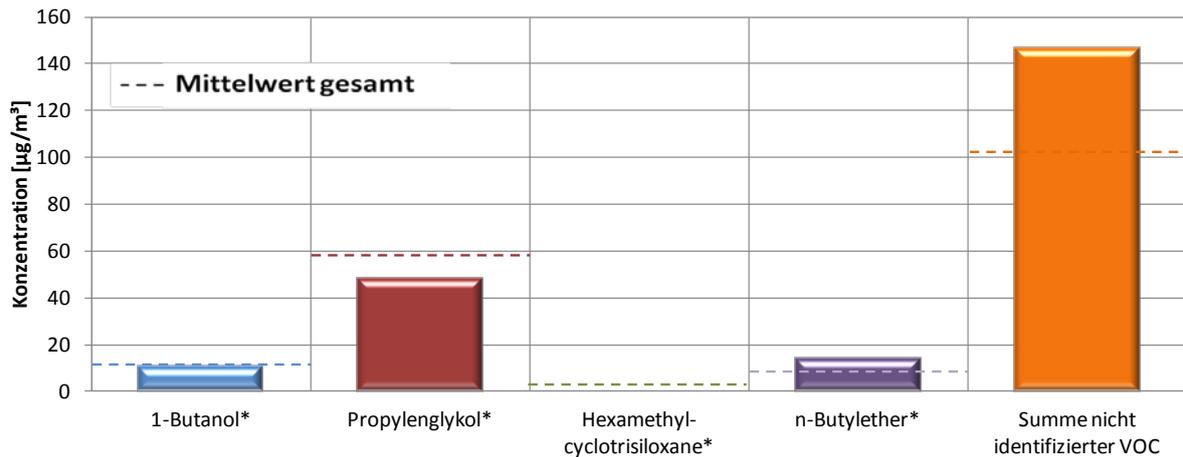


Abbildung 4.27 VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_010

Diskussion der Ergebnisse

Die empfundene Intensität liegt durchgängig unterhalb des Schnittes aller Institute (siehe Tabelle 7.39), während die in der VOC-Analytik ermittelten Werte sowohl oberhalb (n-Butylether und Summe der nicht identifizierten VOC), als auch unterhalb (1-Butanol, Propylenglycol, Hexamethylcyclotrisiloxan) der Gesamtmittelwerte liegen. Eine Ursache für die unterhalb des Schnittes liegende empfundene Intensität könnte in der Probendarbietung liegen. Die Probenluft wurde den Prüfern mit einem Volumenstrom von etwa 0,58 L/s dargeboten. Dieser Wert liegt leicht unterhalb der vorgeschriebenen 0,6-1,0 L/s, sodass die Möglichkeit besteht, dass die Prüfer beim Riechvorgang Nebenluft zogen und die Probe somit unterbestimmt wurde.

Die Unterschiede zwischen den zwei parallel untersuchten Proben wiederum könnten durch die Verwendung verschiedener Behältermaterialien (Tedlar® bei Probe I und Nalophan® bei Probe II) mit bedingt sein.

Zu beachten ist bei dieser Diskussion jedoch, dass die Abweichungen zu den Gesamtmittelwerten unterhalb 2 pi und damit innerhalb der tolerierten Messabweichungen liegen (Kapitel 4.1).

4.2.8 RVG12_011

Das Institut RVG12_011 setzte für die Geruchsbestimmungen Prüfer ein, die zunächst eine Vorauswahl durch Riechstifte durchliefen und anschließend ein Kurztraining am Vergleichsmaßstab absolvierten.

Für die Bewertung der empfundenen Intensität standen am dritten Tag 10 und am siebten Tag 8 Prüfer zur Verfügung. Für die Bestimmung der Hedonik hingegen wurden 10 bzw. neun untrainierte Prüfer eingesetzt.

Während am Tag 3 alle Prüfer die Aceton-Test-Konzentrationen innerhalb des 2 pi-Toleranzbereiches bestimmen konnten, lagen am Tag 7 zwei der acht teilnehmenden Prüfer außerhalb dieses Bereiches. Die Messung hätte damit aufgrund zu weniger qualifizierter Prüfer am siebten Tag wiederholt werden müssen, was sich auch im zu hohen 90%igen Konfidenzintervall von 2,33 widerspiegelt.

Für die Geruchsbewertung wurde eine 1 m³-Emissionsprüfkammer mit der Probe 5085-04/06 beladen und ein Luftwechsel von 3,0 h⁻¹ eingestellt, was einem Volumenstrom am Ausgang von 0,83 L/s entspricht. Die geforderte relative Luftfeuchtigkeit von 50 % ± 5 konnte aufgrund des hohen Durchsatzes nicht aufrecht erhalten werden. Die relative Luftfeuchtigkeit lag daher knapp unter 40 %. Diese und weitere wichtige Prüfkammerparameter sind der folgenden Tabelle 4.9 zu entnehmen.

Tabelle 4.9 Prüfkammerbedingungen RVG12_011

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammer- größe [m ³]	Luft- wechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]		rF [%]	
				Tag 3	Tag 7	Tag 3	Tag 7
RVG12_011	1,0	3,0	0,06818	23 ± 1		39,6	
5085-04/06				23 ± 1		38,5	

Empfundene Intensität

Die Geruchsprüfung wurde direkt an der 1 m³-Emissionsprüfkammer durchgeführt, an der die Probenluft über einen Glastrichter dargeboten wurde.

Im Folgenden werden sowohl die bereinigten, als auch die Rohdaten des Instituts RVG12_011 ausgewertet. Die Mittelwerte sind in Abbildung 4.28 dargestellt. Am Tag 3 sind die Datensätze der bereinigten und der Rohdaten identisch, da keine Prüferbewertung ausgeschlossen werden musste. Am Tag 7 wurden zwei der acht Prüfer ausgeschlossen, was sich auf den Mittelwert der empfundenen Intensität nur

gering auswirkt. Das 90%ige Konfidenzintervall hingegen steigt mit dieser Bereinigung von 1,6 auf 2,3, sodass die Genauigkeit der Messung unzureichend ist. Entsprechend dieser Auswertung hätte die Messung am Tag 7 wiederholt werden müssen.

Weiterhin auffällig ist, dass die empfundene Intensität vom Tag 3 auf Tag 7 um über 1 pi zunimmt.

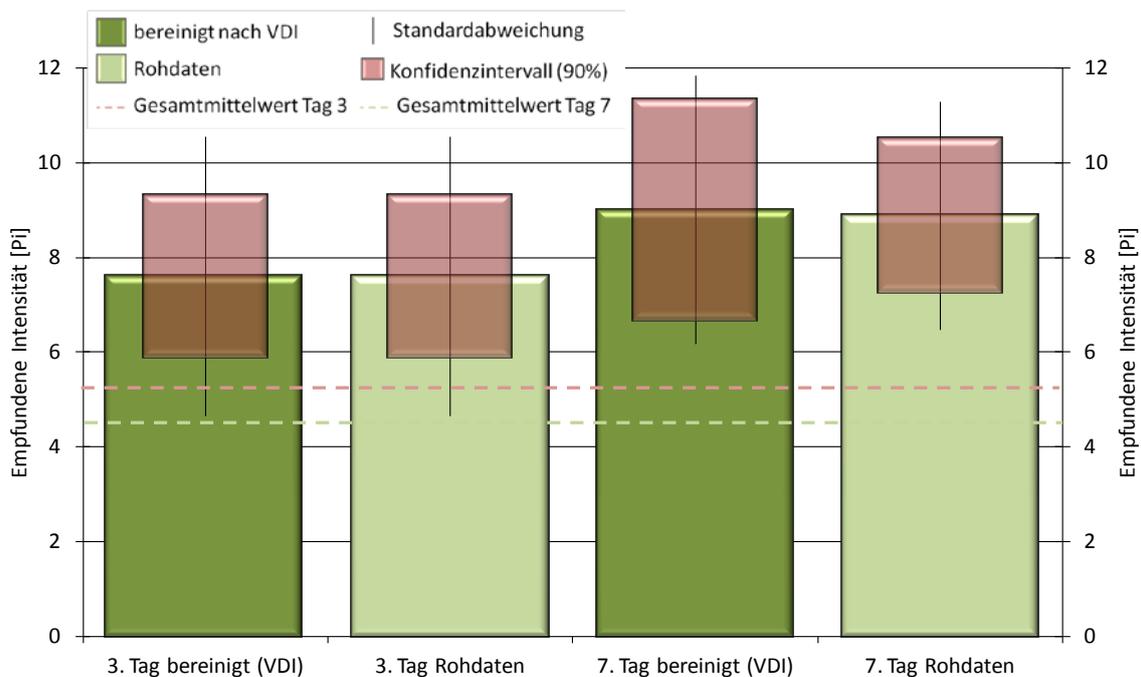


Abbildung 4.28 empfundene Intensität RVG12_011 | Probe 5085-04/06

Hedonik

Die Bewertung der Hedonik wurde mit untrainierten Prüfern durchgeführt. Am Tag 3 standen 10 und am Tag 7 neun Prüfer zur Verfügung. Die Mittelwerte samt Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall sind in Abbildung 4.29 dargestellt.

Die Mittelwerte liegen bei -0,90 am Tag 3 und -0,56 am Tag 7 und die dazugehörigen 90%igen Konfidenzintervalle bei 1,00 und 0,99. Entsprechend der Empfehlungen aus Kapitel 5 ist die Genauigkeit der Messung damit gerade noch ausreichend.

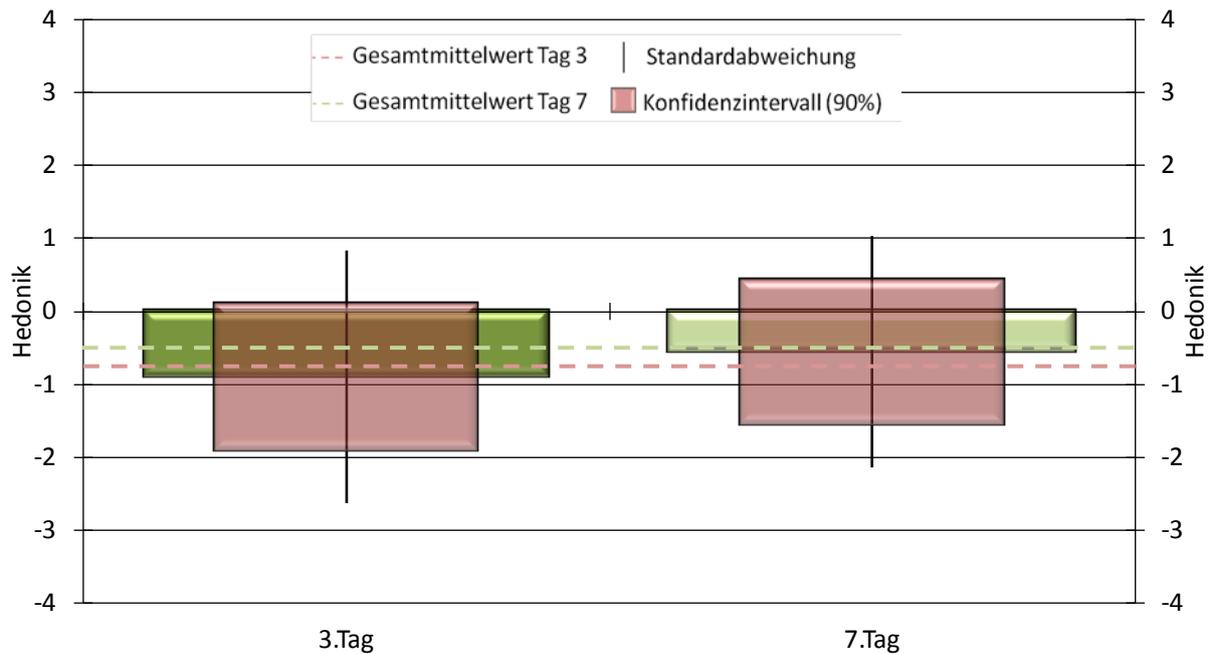


Abbildung 4.29 Hedonik RVG12_011 | Probe 5085-04/06

VOC-Analytik

Für die Bestimmung der VOCs wurde eine Doppelprobenahme auf Tenax® durchgeführt. Die ermittelten Analysenwerte liegen mit Ausnahme des Hexamethylcyclotrisiloxans ($0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oberhalb des Mittelwertes aller Institute, der in Abbildung 4.30 mit farbig gestrichelten Linien markiert ist.

1-Butanol und Propylenglycol liegen um über 30%, die Summe der nicht identifizierten VOC um etwa 25% höher als die Mittelwerte aller Institute.

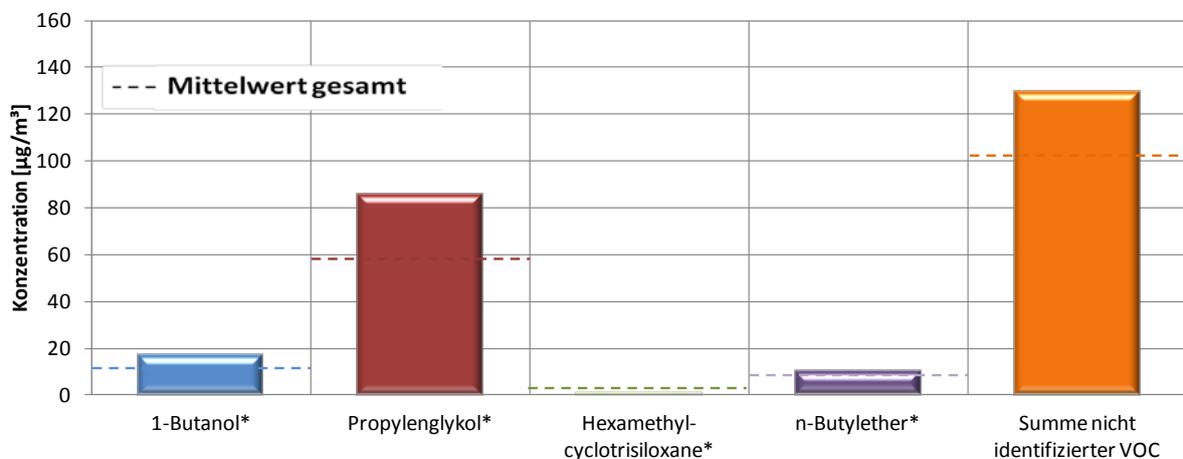


Abbildung 4.30 VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_011 | Probe 5085-04/06

Diskussion der Ergebnisse

Von den am Institut RVG12_011 eingesetzten Prüfer waren, mit Ausnahme von zwei Prüfern am Tag 7, alle in der Lage die Aceton-Test-Konzentrationen ausreichend genau zu bestimmen und waren damit ausreichend für die Geruchsprüfung qualifiziert. Die bereinigten und die Rohdaten liegen somit nah beieinander und die ermittelten Werte sind in der Tabelle 7.44 zusammengestellt.

Auffällig ist, dass die empfundene Intensität deutlich über dem Gesamtschnitt aller Institute liegt und wider Erwarten vom dritten auf den siebten Tag ansteigt. Während die Abweichungen vom Gesamtmittelwert am Tag 3 bei etwa 2,4 pi liegen, liegen sie am Tag 7 für die Rohdaten bei 4,2 und für die bereinigten Daten bei über 4,5, was eine Abweichung um über 100% vom Gesamtmittelwert ausmacht.

Die Abweichungen des Instituts liegen damit außerhalb des tolerierbaren 2,0 pi-Bereiches und können nicht über einfache Messungenauigkeiten begründet werden. Die deutlich ansteigende empfundene Intensität zum Tag 7 bei nahezu gleicher Prüferzusammensetzung weist ebenfalls auf eine Ursache hin, die über die zugrundegelegte Messungenauigkeit von 2 pi hinausgeht.

Eine mögliche Ursache für die starke Abweichung der empfundenen Intensität, bei vergleichsweise durchschnittlicher Bewertung der Hedonik, könnte die Einstellung des Vergleichsmaßstabes sein. Stellt dieser beispielsweise zu geringe Aceton-Konzentrationen bereit, kann die Probe leicht überbestimmt werden. Im Rahmen der Untersuchung der Vergleichsmaßstäbe stellte die verwendete eintrichrige Variante des Vergleichsmaßstabes Acetonkonzentrationen bereit, die aufgrund einer fehlerhaften PID-Kalibrierung etwa bei 180% des Sollwertes lagen. Da dieses Problem behoben wurde und die Einstellung der Konzentrationen über Massenflussregler vorgenommen wird, sollte es allerdings nicht mehr zu entsprechend gravierenden Abweichungen gekommen sein.

4.2.9 RVG12_012

Das Institut setzte zur Geruchsbewertung acht Prüfer ein, die etwa zwei Wochen vor Beginn des Ringversuches nach DIN ISO 16000-28 trainiert wurden. Das Prüfer-Panel kam damit im Rahmen des Ringversuches zum ersten Mal zum Einsatz. Am Tag 3 standen nur 6 trainierte Prüfer zur Verfügung, sodass das Panel durch 2 untrainierte Prüfer ergänzt werden musste.

Die Acrylprobe wurde in einen 21 L-Exsikkator eingebracht und der Luftwechsel auf $6,25 \text{ h}^{-1}$ eingestellt. Die Probenluft zur Geruchsbewertung wurde in Nalophan®-Beutel abgefüllt und anschließend den Prüfern mithilfe eines Druckbehälters über einen Glastrichter dargeboten. Der Volumenstrom lag dabei etwa bei 0,6 L/s.

Die wichtigsten Prüfkammerparameter sind Tabelle 4.10 zu entnehmen.

Tabelle 4.10 Prüfkammerbedingungen RVG12_012

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammer- größe [m ³]	Luft- wechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]	rF [%]
				Tag 3 Tag 7	Tag 3 Tag 7
RVG12_012	0,021	6,25	0,14205	21	50
5085-14				23	50

Empfundene Intensität

Am dritten Tag kamen sechs trainierte und zwei untrainierte Prüfer zum Einsatz. Während einer der trainierten Prüfer die Aceton-Test-Konzentrationen nicht ausreichend genau bestimmen konnte, lagen die beiden untrainierten Prüfer innerhalb des 2,0 pi-Toleranzbereiches.

Die Geruchsprobe erhielt von den beiden untrainierten Prüfern jedoch bezüglich der empfundenen Intensität, ebenso wie der Hedonik die schlechtesten Bewertungen innerhalb des Panels, sodass davon ausgegangen werden muss, dass die empfundene Intensität aufgrund der als schlecht empfundenen Hedonik überbewertet wurde. Der Ausschluss der untrainierten Prüfer aus der Bewertung der Probe könnte daher erwogen werden.

Ohne Ausschluss der untrainierten Prüfer liegt das 90%ige Konfidenzintervall mit 2,3 außerhalb des tolerierten Bereiches und die Prüfung wäre zu ungenau. Nach Ausschluss der beiden untrainierten Prüfer verbessert sich das 90%ige Konfidenzintervall auf 0,7, obwohl die Bewertungen von nur fünf trainierten Prüfern in die Gesamtbewertung mit einfließen.

Am siebten Tag waren vier der acht eingesetzten trainierten Prüfer nicht ausreichend qualifiziert, um die Aceton-Test-Konzentrationen entsprechend genau zu bestimmen. Das 90%ige Konfidenzintervall lag am Tag 7 damit bei 2,04 und die Messung hätte wiederholt werden müssen.

In der folgenden Abbildung 4.31 sind die Mittelwerte der empfundenen Intensität für alle drei Fälle zusammengestellt. Dunkelgrün sind die in Anlehnung an die VDI 4302-1 entsprechend des 2,0 pi-Toleranzbereich bereinigten Daten dargestellt, hellgrün entspricht den bereinigten Daten, die zusätzlich um die Bewertungen der untrainierten Prüfer bereinigt wurden. Der weiß-grüne Balken gibt die Werte der Rohdaten wieder.

Während die bereinigten Daten mit nur trainierten Prüfern am Tag 3 ein hervorragendes 90%iges Konfidenzintervall ergeben, ist zum Tag 7 ein leichter Anstieg der empfundenen Intensität zu verzeichnen, während sowohl die einfach bereinigten als auch die Rohdaten die zu erwartende Abnahme aufweisen.

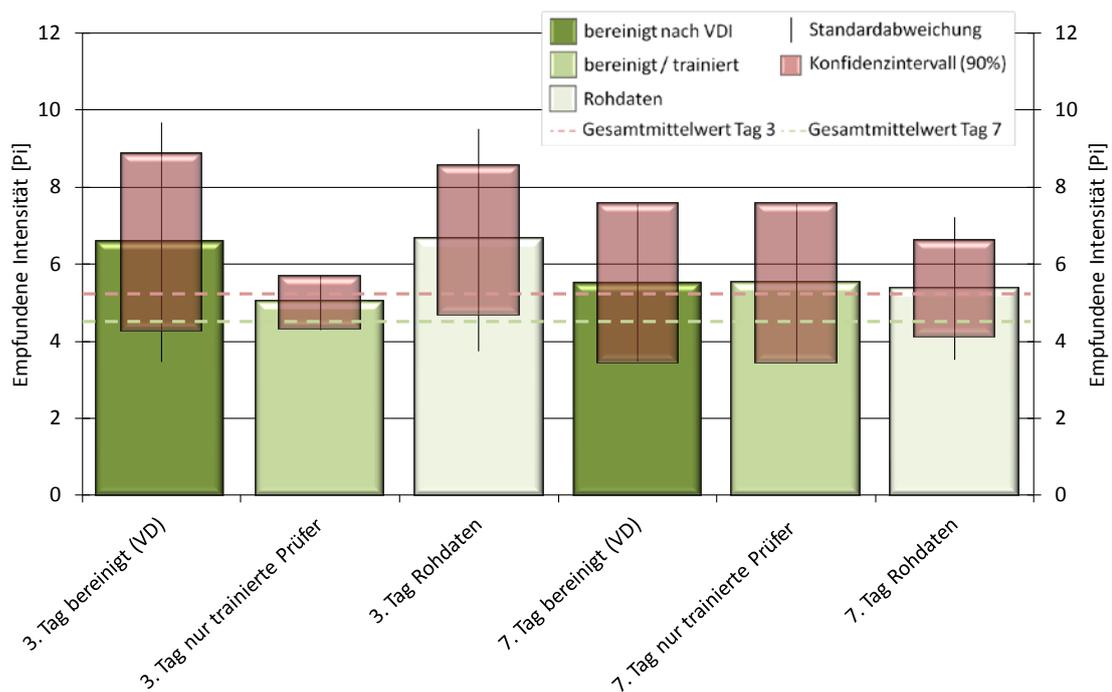


Abbildung 4.31 empfundene Intensität RVG12_012 | Probe 5085-14

Hedonik

Für die Bestimmung der Hedonik wurden jeweils alle acht teilnehmenden Prüfer eingesetzt. Die Mittelwerte der Hedonik verändern sich vom Tag 3 auf Tag 7 nicht und liegen konstant bei -0,4. Vom Institut wurde zusätzlich eine Messung der Hedonik am Tag 1 durchgeführt, die einen Wert von -1,0 ergab.

Die 90%igen Konfidenzintervalle liegen mit 0,8 und 0,5 innerhalb der geforderten Genauigkeit.

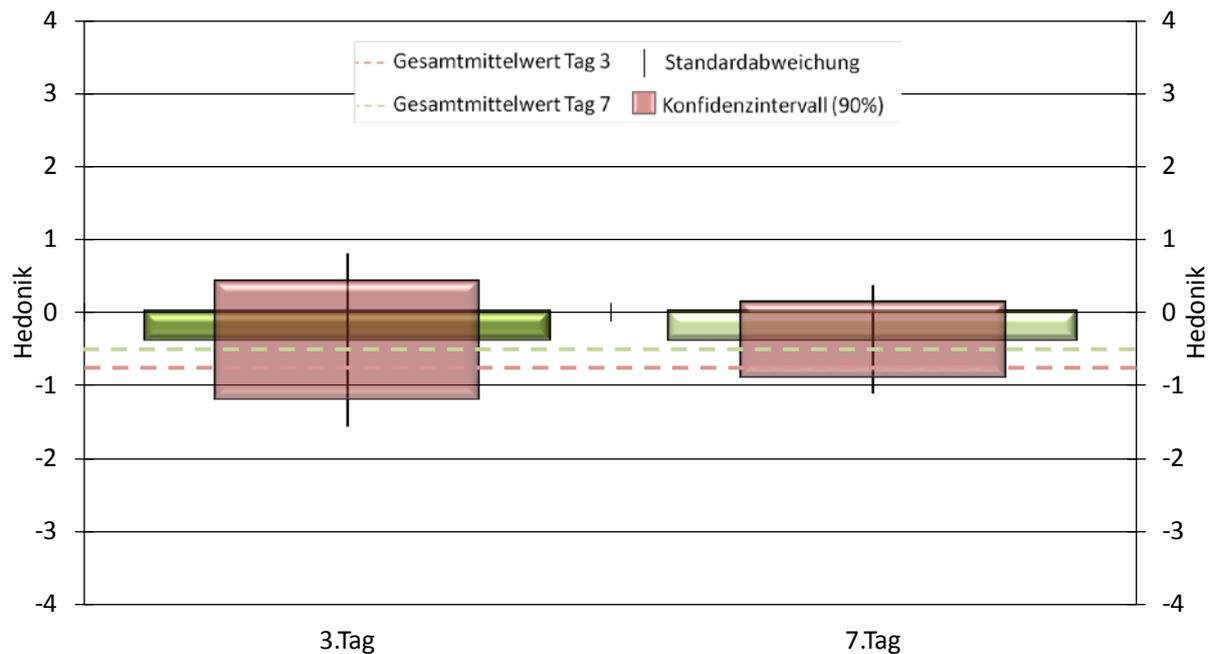


Abbildung 4.32 Hedonik RVG12_012 | Probe 5085-14

VOC-Analytik

Für die VOC-Analytik wurde eine Doppelprobenahme auf Tenax® direkt am verwendeten Exsikkator vorgenommen. Die an der BAM ermittelten Analysenwerte sind in Abbildung 4.33 zusammengestellt und den Mittelwerten aller Institute (farbig gestrichelte Linien) gegenübergestellt. Da außer 1-Butanol und Hexamethylcyclotrisiloxan keine der Substanzen in entsprechender Quantität nachgewiesen werden konnte, wird die Messung verworfen und steht nicht zur weiteren Auswertung zur Verfügung.

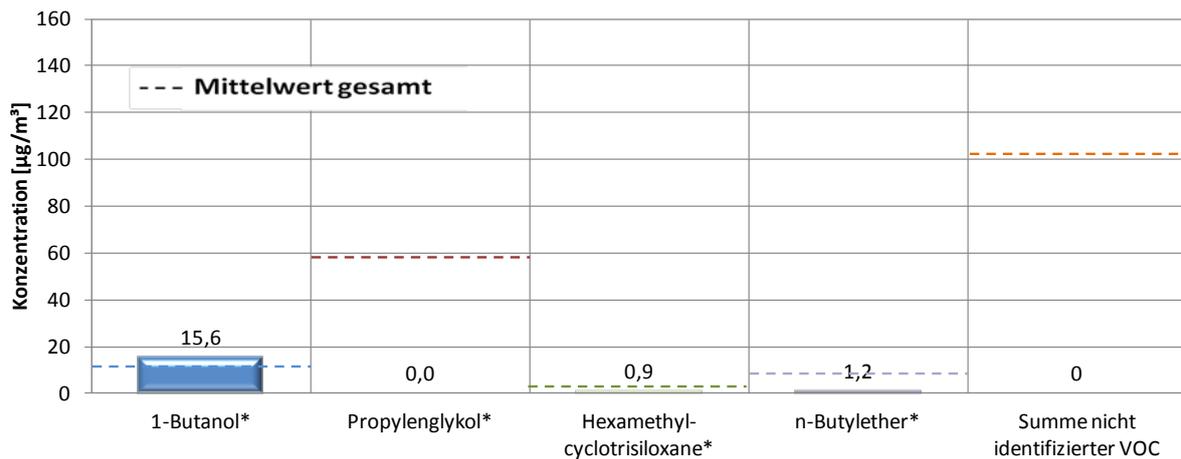


Abbildung 4.33 VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_012

Diskussion der Ergebnisse

Während sich für die Rohdaten der Geruchsbewertung 90%ige Konfidenzintervalle unter 2,0 pi und damit eine ausreichende Genauigkeit ergeben, liegen die Konfidenzintervalle für beide bereinigte Datensätze (außer Tag 3 mit ausschließlich trainierten Prüfern) über 2,0 pi. Diese weisen damit keine ausreichende Genauigkeit auf.

Unabhängig der Genauigkeiten ergeben sich die in Tabelle 7.49 zusammengestellten Mittelwerte der einzelnen Datensätze, die im Vergleich zu den Gesamtmittelwerten aller Institute dargestellt sind. Sowohl die Rohdaten als auch die nach VDI 4302-1 bereinigten Daten liegen um rund 1 pi höher als die Gesamtmittelwerte. Am Tag 3 liegt die empfundene Intensität für den zusätzlich um untrainierte Prüfer bereinigten Datensatz, mit 5,0 pi nahe dem Gesamtmittelwert von 5,2 pi.

Zusammenfassend lässt sich für das Institut RVG12_012 feststellen, dass die Verwendung von Rohdaten hier zu einer höheren Genauigkeit führt, als die Verwendung bereinigter Datensätze.

4.2.10 RVG12_013

Das Institut RVG12_013 setzte zur Geruchsbewertung am dritten Tag 20 und am siebten Tag 21 nach DIN ISO 16000-28 trainierte Prüfer ein. Das Prüferpanel kam im Rahmen des Ringversuches zum ersten Mal zum Einsatz.

Die verwendete 230 L-Emissionsprüfkammer wurde mit der Probe 5085-22 beladen und es wurde ein Luftwechsel von $1,2 \text{ h}^{-1}$ eingestellt. Diese und weitere wichtige Prüfkammerbedingungen sind der folgenden Tabelle 4.11 zu entnehmen.

Tabelle 4.11 Prüfkammerbedingungen RVG12_013

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammer- größe [m ³]	Luft- wechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]		rF [%]	
				Tag 3	Tag 7	Tag 3	Tag 7
RVG12_013	0,23	1,2	0,02727	22,4		53	
5085-22				22,4		53	

Die Luftproben wurden aus der Emissionsprüfkammer in 5 L Nalophan®-Beutel abgefüllt und den Prüfern mithilfe eines konstanten Druckes über einen Glastrichter dargeboten. Der Volumenstrom wurde hierbei auf etwa 0,6 L/s eingestellt. Um trotz des kleinen Beutelvolumens ausreichend Probe zur Verfügung zu stellen, wurde eine ausreichende Anzahl an Nalophan®-Beuteln befüllt.

Empfundene Intensität

Am dritten Tag konnten 18 von 20 und am siebten Tag 17 von 21 der nach DIN ISO 16000-28 trainierten Prüfer die dargebotenen Aceton-Test-Konzentration innerhalb des 2,0 pi-Toleranzbereiches bestimmen.

Aufgrund der hohen Anzahl der Prüfer ergeben sich 90%ige Konfidenzintervalle unterhalb 1 pi, während Abweichungen bis 2 pi im Toleranzbereich liegen würden. Sowohl bei der Verwendung der bereinigten als auch der Rohdaten liegt eine ausreichende Genauigkeit der Messungen vor.

In der folgenden Abbildung 4.34 sind die Mittelwerte beider Datensätze mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall dargestellt.

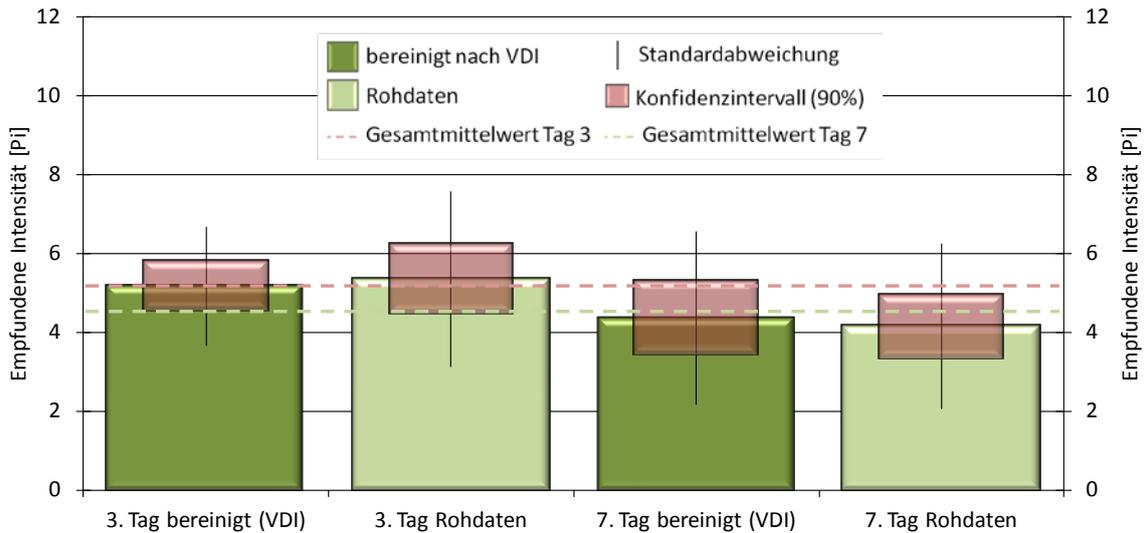


Abbildung 4.34 empfundene Intensität RVG12_013 | Probe 5085-22

Hedonik

Für die Bestimmung der Hedonik wurden am dritten Tag 20 und am siebten Tag 21 untrainierte Prüfer eingesetzt. Die daraus resultierenden 90%igen Konfidenzintervalle liegen mit 0,46 und 0,43 deutlich unterhalb der tolerierbaren 1,0, sodass die Bestimmung als sehr genau eingestuft wird. Die Mittelwerte der Hedonik sind mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall in Abbildung 4.35 dargestellt.

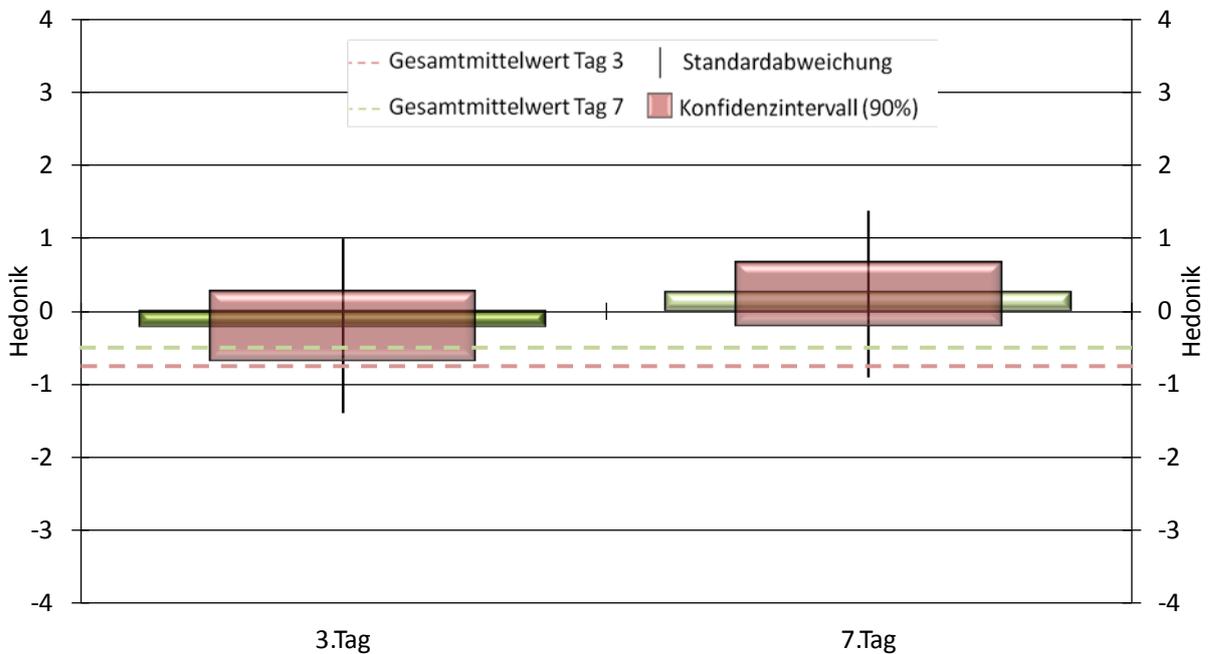


Abbildung 4.35 Hedonik RVG12_013 | Probe 5085-22

VOC-Analytik

Für die VOC-Analytik wurde eine Doppelprobenahme auf Tenax® durchgeführt. Die ermittelten Analysenwerte entsprechen nahezu den Gesamtmittelwerten aller Institute, die mit farbigen gestrichelten Linien dargestellt sind (siehe Abbildung 4.36).

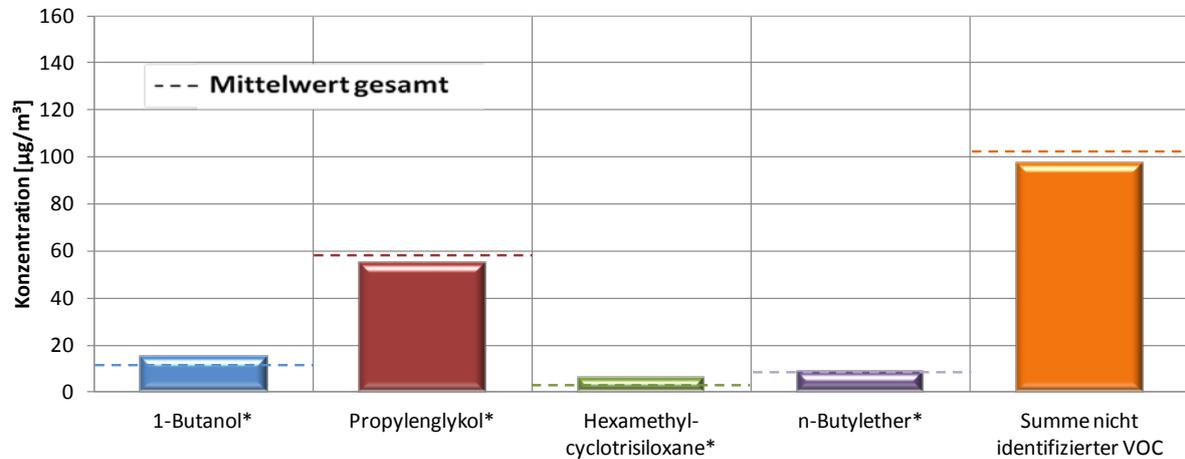


Abbildung 4.36 VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_013

Diskussion der Ergebnisse

Das Institut RVG12_013 ermittelte sowohl die empfundene Intensität als auch die Hedonik mit einer vergleichsweise hohen Genauigkeit. Die Bewertungen der empfundene Intensität entsprechen nahezu den Gesamtmittelwerten aller Institute. Wie der Tabelle 7.54 zu entnehmen ist, liegen die Abweichungen hier bei unter 0,53 pi.

Die hohe Genauigkeit lässt sich insbesondere auf die Größe des Prüferpanels zurückführen.

4.2.11 RVG12_014

Das Institut RVG12_014 führte die Geruchsbewertung mit neun Prüfern am dritten und 11 Prüfern am siebten Tag durch, die vollständig nach DIN ISO 16000-28 trainiert waren. Das verwendete Prüferpanel kam bereits 2011 und 2012 bei einer Vielzahl von Geruchsmessungen mit Vergleichsmaßstab zum Einsatz.

Die eingestellten Prüfkammerbedingungen für die verwendeten 22 L-Kammern sind in Tabelle 4.12 zusammengestellt. Die relative Luftfeuchtigkeit liegt mit 55-60% leicht oberhalb der vorgeschriebenen 50 ± 5 % rF.

Tabelle 4.12 Prüfkammerbedingungen RVG12_014

Kennung & Kartuschen-Nr.	Kammer- größe [m ³]	Luft- wechsel [h ⁻¹]	Beladung [m ² m ⁻³]	T [°C]		rF [%]	
				Tag 3	Tag 7	Tag 3	Tag 7
RVG12_014 5085-18	0,022	1,0	0,02273	23 ± 2		55 - 60	
				23 ± 2		55 - 60	
RVG12_014 5085-23	0,022	1,0	0,02273	23 ± 2		55 - 60	
				23 ± 2		55 - 60	
RVG12_014 5085-27	0,022	1,0	0,02273	23 ± 2		55 - 60	
				23 ± 2		55 - 60	

Für die Bereitstellung der Luftproben wurden diese in Tedlar®-Behälter abgefüllt und den Prüfern mithilfe eines Überdruckes über einen Glastrichter dargeboten.

Empfundene Intensität

Von den eingesetzten Prüfern konnten am Tag 3 zwei von neun und am Tag 7 sechs von 11 Prüfern die Aceton-Test-Konzentrationen mit ausreichender Genauigkeit im 2,0 pi-Bereich bestimmen. Am Institut RVG12_014 wurden die Prüfer, die außerhalb dieses Bereiches lagen, darüber informiert, dass sie falsch bewertet hatten, nicht aber wie stark und in welche Richtung. Alle eingesetzten Prüfer waren mit dieser Verbesserungsmöglichkeit in der Lage, die Konzentrationen ausreichend genau zu bestimmen. Da das Institut RVG12_014 das einzige Institut war, das diese durch DIN ISO 16000-28 und VDI 4302-1 zugelassene Möglichkeit wahrnahm, wird beispielhaft trotzdem ein um diese Prüfer bereinigter Datensatz mit ausgewertet.

Die Mittelwerte der empfundenen Intensität sind mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall in Abbildung 4.37 zusammengestellt.

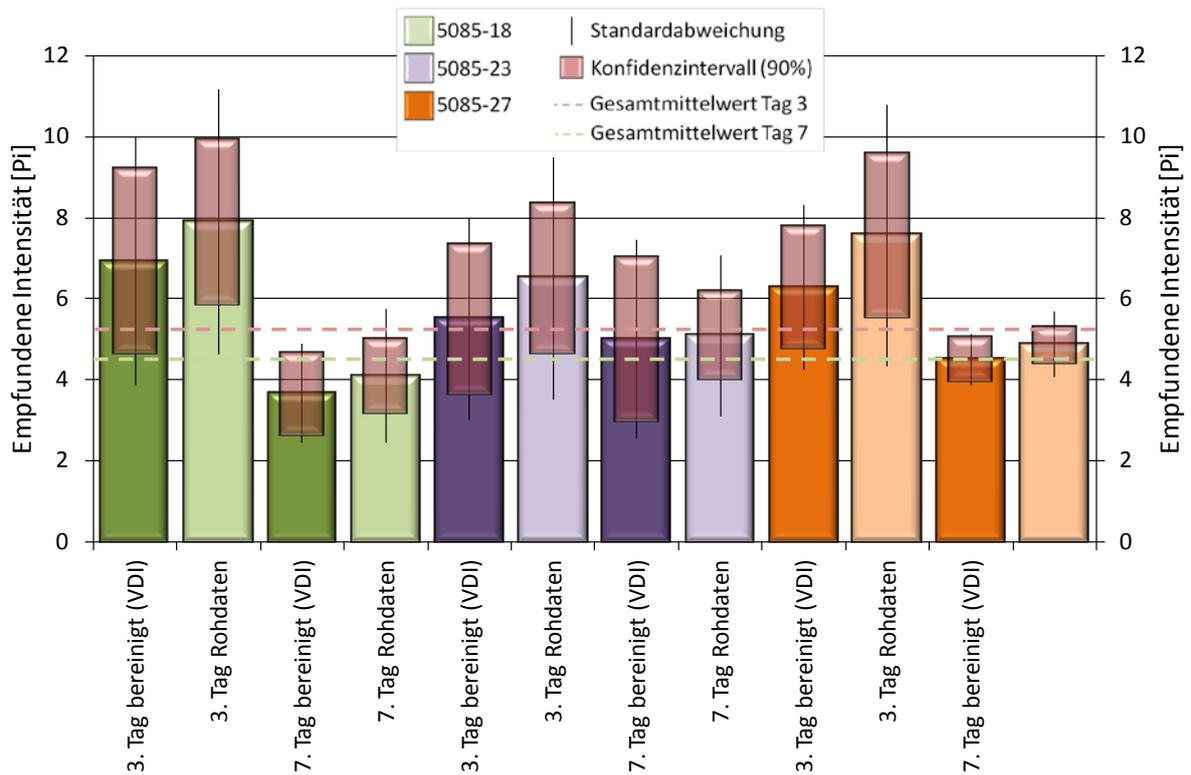


Abbildung 4.37 empfundene Intensität RVG12_014 | Proben18/23/27

Für die Rohdaten ergeben sich am Tag 3 für die Proben 5085-18 und 5085-27 90%ige Konfidenzintervalle über 2 pi, sodass diese Messungen hätten wiederholt werden müssen. Für die bereinigten Daten liegt das Konfidenzintervall ausschließlich für Probe 5085-18 oberhalb von 2 pi.

Am Tag 7 hingegen ergibt sich durch die Rohdaten eine ausreichende Genauigkeit in der Bestimmung der empfundenen Intensität, während die bereinigten Daten für Probe 5085-23 mit 2,02 pi ein zu hohes Konfidenzintervall aufweisen.

Um den Vergleich zu anderen Instituten zu gewährleisten und jedem teilnehmenden Institut die gleiche Gewichtung zukommen zu lassen, werden die Werte aller Proben gemittelt. Für die Rohdaten ergeben sich damit Bewertungen für die Tage 3 und 7 von 7,3 und 4,7 pi, während aus den bereinigten Daten 6,2 und 4,4 pi resultieren (Abbildung 4.38).

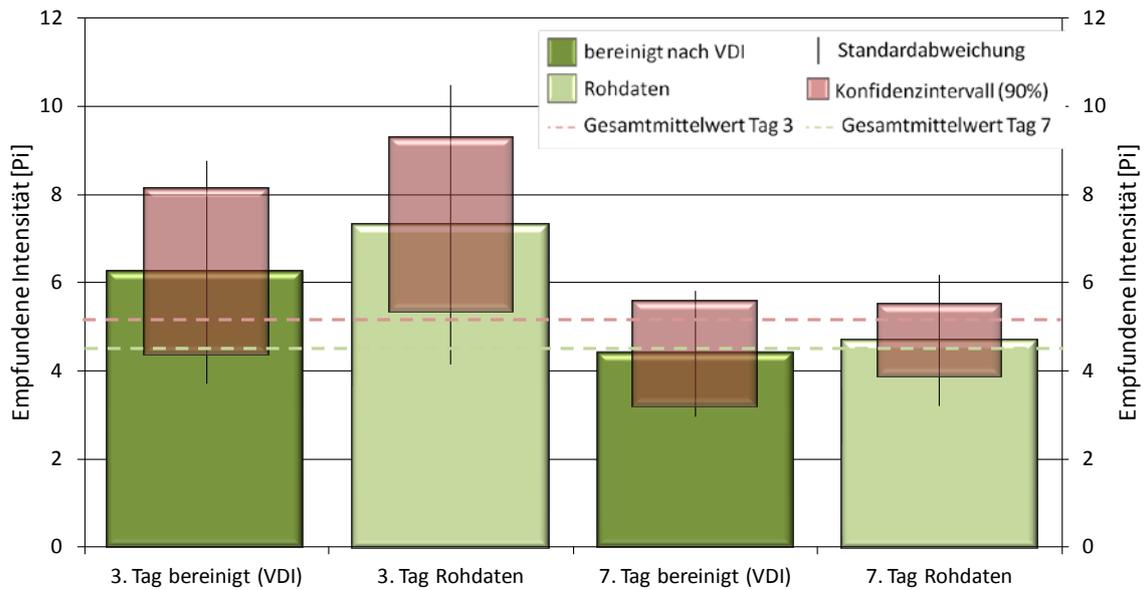


Abbildung 4.38 empfundene Intensität RVG12_014 | Mittelwerte aus den drei parallel durchgeführten Bewertungen

Hedonik

Für die Bestimmung der Hedonik wurden die Bewertungen aller teilnehmenden Prüfer berücksichtigt. Die daraus resultierenden Mittelwerte sind mit Standardabweichung und 90%igem Konfidenzintervall in Abbildung 4.39 zusammengestellt.

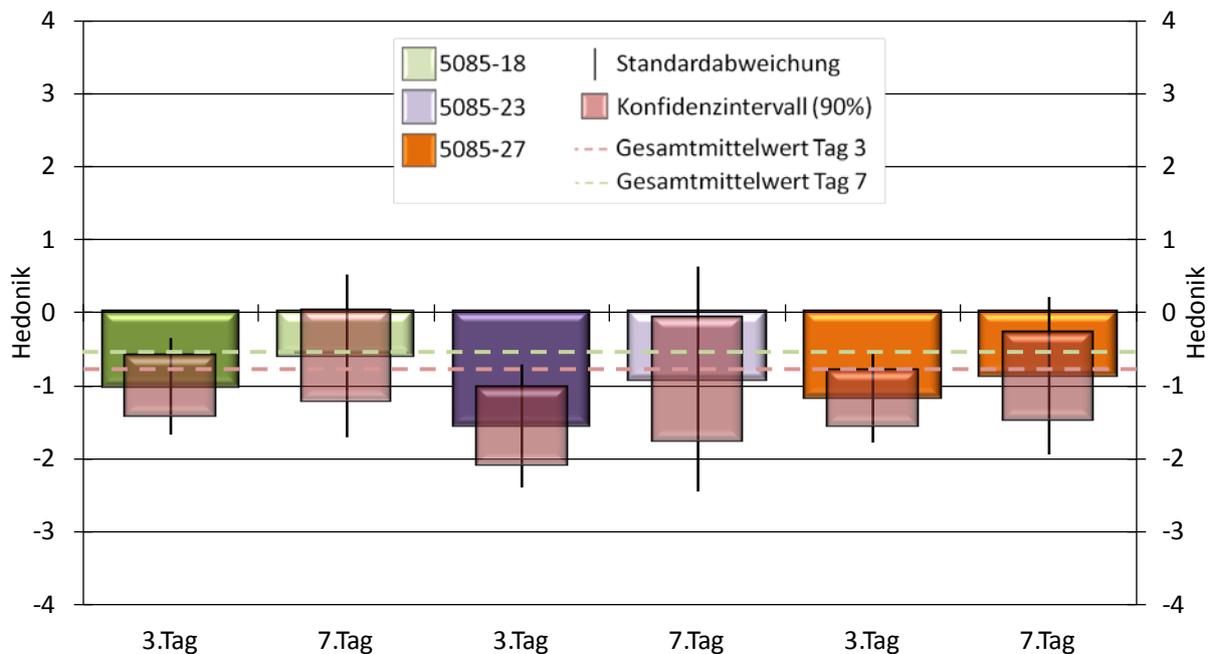


Abbildung 4.39 Hedonik RVG12_014 | Proben 5085-18/23/27

Die Mittelwerte liegen am Tag 3 zwischen -1,6 und -1,0 sowie am Tag 7 zwischen -0,9 und -0,6. Die 90%igen Konfidenzintervalle liegen ausnahmslos unter 1. Die Hedonik wurde dementsprechend mit ausreichender Genauigkeit bestimmt.

VOC-Analytik

Für die VOC-Analytik wurde an jedem der drei Exsikkatoren eine Doppelprobenahme durchgeführt. Die ermittelten Werte sind in Abbildung 4.40 zusammengestellt. Die Mittelwerte aller Institute sind dabei zum Vergleich in farbig gestrichelten Linien dargestellt.

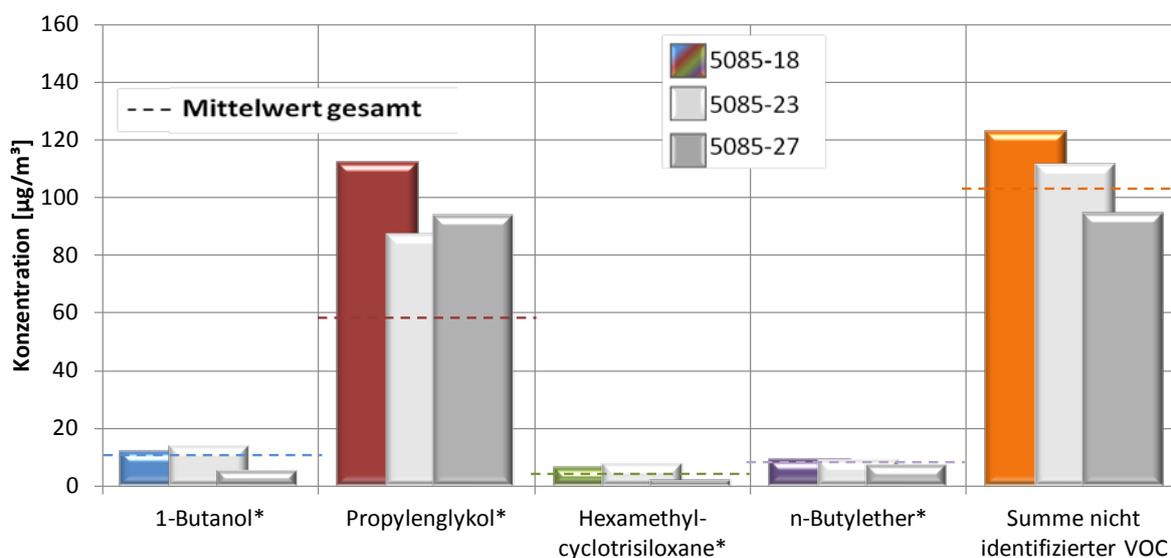


Abbildung 4.40 VOC Analysenwerte aus Doppelbestimmung RVG12_014 | Proben 5085-18/23/27

Die Einzelwerte jeder Probe und die maximalen Abweichungen innerhalb des Instituts sind der folgenden Tabelle 4.13 zu entnehmen.

Tabelle 4.13 VOC-Analysenwerte RVG12_014 [µg/m³] | Proben 5085 18/23/27 und Mittelwert

Substanz	5085-18	5085-23	5085-27	max. Abweichung zwischen den Proben	Mittel-wert
1-Butanol	12,0	14,5	5,8	60 %	11,0
Propylenglycol	111,9	87,3	93,6	22 %	91,9
Hexamethylcyclo-trisiloxan	6,3	8,3	2,7	67 %	5,1
n-Butylether	8,9	9,6	7,9	17 %	8,6
Summe nicht identifizierbaren VOC	122	111	94	23 %	106,6

Um den Vergleich zu weiteren Instituten zu ermöglichen und eine einheitliche Gewichtung zu gewährleisten wurden die oben aufgeführten Daten gemittelt und sind in der folgenden Abbildung 4.41 dargestellt.

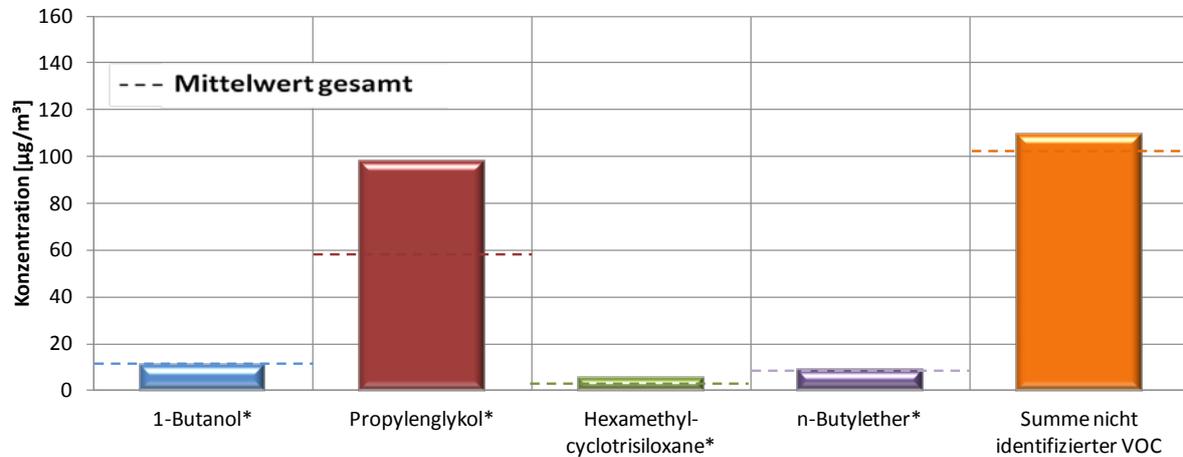


Abbildung 4.41 VOC-Analysenwerte RVG12_14

Diskussion der Ergebnisse

Während die empfundenen Intensitäten der verschiedenen Proben untereinander Abweichungen von bis zu 53% aufweisen, weichen die VOCs um bis zu 67% voneinander ab. Eine direkte Korrelation zwischen Konzentration und empfundener Intensität ist dabei nicht erkennbar.

Die Mittelwerte der Rohdaten und der bereinigten Daten sind in Tabelle 7.59 den jeweiligen Gesamtmittelwerten gegenübergestellt.

4.3 Gesamtbetrachtung aller teilnehmenden Institute am Ringversuch

Während die Bewertung der Hedonik von untrainierten Prüfern durchgeführt werden kann, müssen für die Beurteilung der empfundenen Intensität geschulte Prüfer zum Einsatz kommen, die in der Lage sind, die empfundene Intensität eines beliebigen Geruches mit der empfundene Intensität von Aceton zu vergleichen. Hierfür ist ein Training notwendig. Auch spielt der Erfahrungsstand der Prüfer eine entscheidende Rolle, um die oben genannte Verknüpfung zuverlässig und reproduzierbar zu ermöglichen.

Das Ziel des Ringversuches war es, die Anwendbarkeit des Vergleichsmaßstabes zur Geruchsbewertung nach DIN ISO 16000-28 durch eine größere Zahl von Messlaboren zu prüfen. Der Fokus der folgenden Betrachtung liegt auf den Ergebnissen der empfundenen Intensität.

Einen Einfluss auf die Bestimmung der empfundenen Intensität können vor allem folgende Faktoren nehmen:

- Trainings- und Erfahrungsstand sowie Anzahl der Prüfer
- Probendarbietung und Vergleichsmaßstab.

Darüber hinaus werden die Daten hinsichtlich eines möglichen Zusammenhangs zwischen VOC-Konzentration und empfundener Intensität untersucht, obwohl in der Literatur ein solcher Zusammenhang in der Regel nicht angenommen wird. [UBA 2007]

Diese sind in den Kapiteln 4.3.1 bis 4.3.3 näher erläutert, während der Ringversuch im Kapitel 4.3.4 in die Ringversuchs-Landschaft eingeordnet und ein abschließendes Fazit gezogen wird.

4.3.1 Zusammenhang zwischen VOC-Konzentration und empfundener Intensität

Während die Probenvorbereitung und die Probenahme für die VOC-Analyse (Doppelprobenahme auf Tenax® am Tag 7) direkt von den einzelnen Instituten selbst durchgeführt wurden, fand die VOC-Analyse zentral in der BAM statt. Die Streuung der Ergebnisse ist damit sowohl durch die Probenvorbereitung und die Probenahme von Seiten der Einzelinstitute als auch durch die institutseigene Streuung der Analysenwerte der BAM beeinflusst.

Inwieweit eine Korrelation zwischen den Analysenwerten verschiedener VOC und der empfundenen Intensität vorliegt, wird im Folgenden durch Gegenüberstellung

beider Werte untersucht. Die empfundene Intensität wird dafür über die Konzentration der jeweiligen Einzelsubstanz bzw. über die Summe nicht identifizierter VOC aufgetragen. Die daraus resultierenden Punktdiagramme sind der Abbildung 4.43 (Einzelsubstanzen) und der Abbildung 4.42 (Summe nicht identifizierter VOC) zu entnehmen.

Die empfundene Intensität um 9 pi wurde im Rahmen der Einzelauswertungen als außerhalb der Messunsicherheit eingestuft (Kapitel 4.2.8), sodass diese für die Ermittlung einer Korrelation unberücksichtigt bleibt. Der Vollständigkeit halber wird sie in den Punktdiagrammen in Abbildung 4.43 und Abbildung 4.42 in roter Umrandung mit aufgeführt. Die Analysenwerte des Institutes RVG12_012 wurden im Kapitel 4.2.9 verworfen, sodass diese in die folgende Auswertung nicht mit einfließen.

Für 1-Butanol, Propylenglycol, Hexamethylcyclotrisiloxan und n-Butylether ergibt sich entsprechend Abbildung 4.43 keine Zusammenhang zwischen Konzentration und empfundener Intensität.

Der Abbildung 4.42 ist zu entnehmen, dass für die Summe der nicht identifizierten VOC für die gegebene Anzahl an Messwerten ebenfalls kein direkter Zusammenhang zwischen der empfundenen Intensität und der Konzentration besteht.

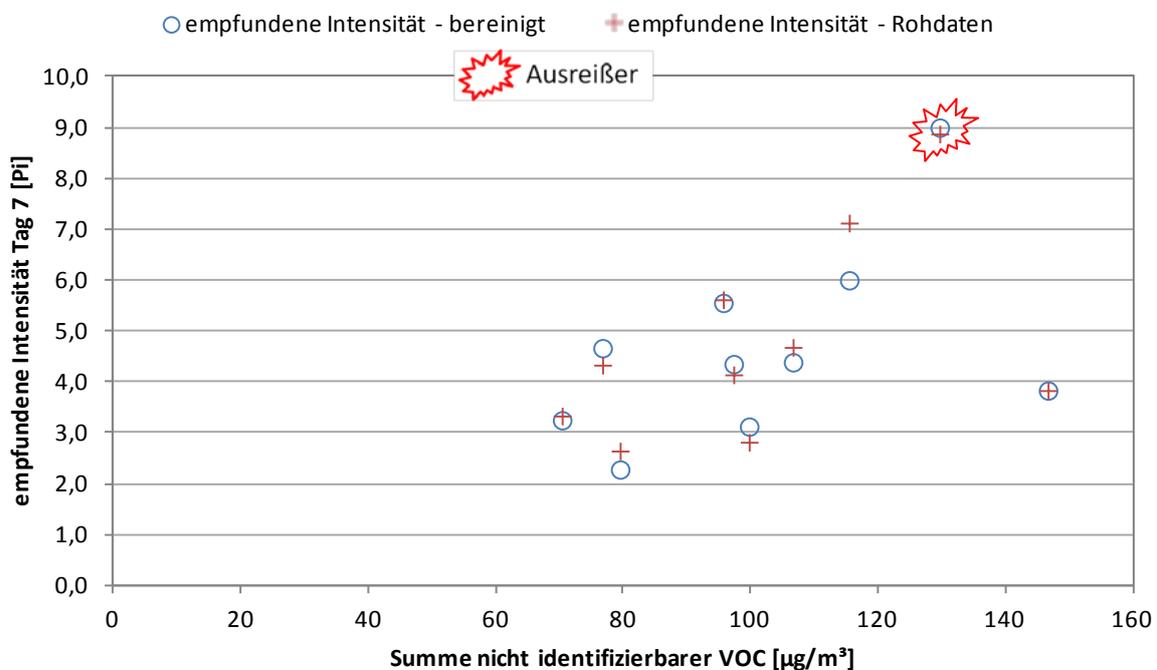
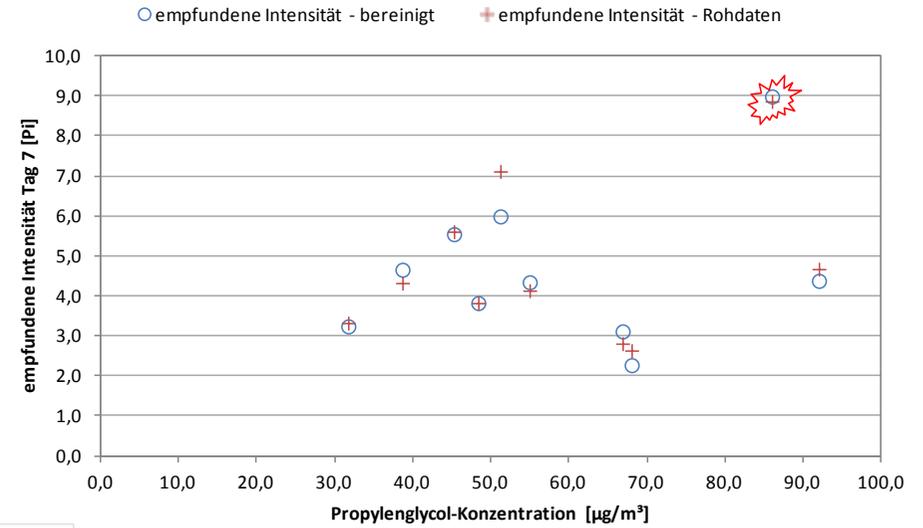
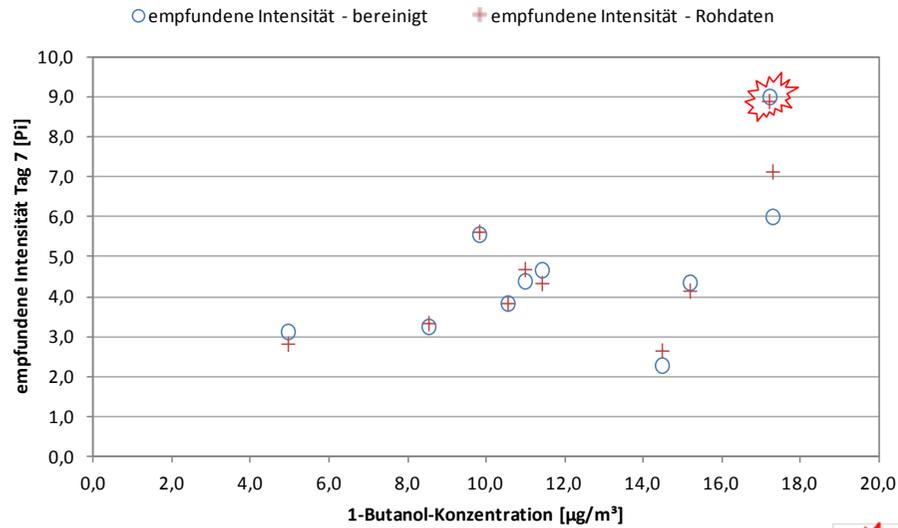


Abbildung 4.42 Gegenüberstellung empfundene Intensität und Konzentration nicht identifizierter VOC

In der Abbildung 4.44 sind die TVOC-Werte den Mittelwerten der empfundenen Intensität sowohl der bereinigten als auch der Rohdaten gegenübergestellt. Zu beachten ist, dass die Einzelsubstanzen substanzspezifisch und die Summe der nicht identifizierbaren VOC über Toluol-Äquivalente ausgewertet wurden. Die Summe dieser Werte ergibt den hier verwendeten TVOC.

Für die Institute RVG12_002 und RVG12_012 lagen keine verwertbaren Analysenwerte vor, sodass diese ohne den TVOC-Wert dargestellt sind. Weiterhin sind die Mittelwerte der (statistisch nicht auswertbaren) bereinigten Daten des Institutes RVG12_008 der Vollständigkeit halber mit aufgeführt.



Ausreißer

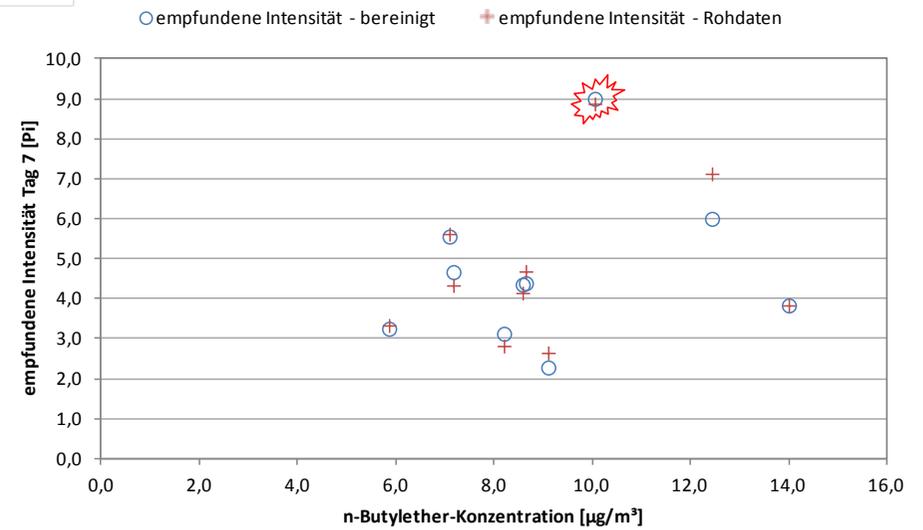
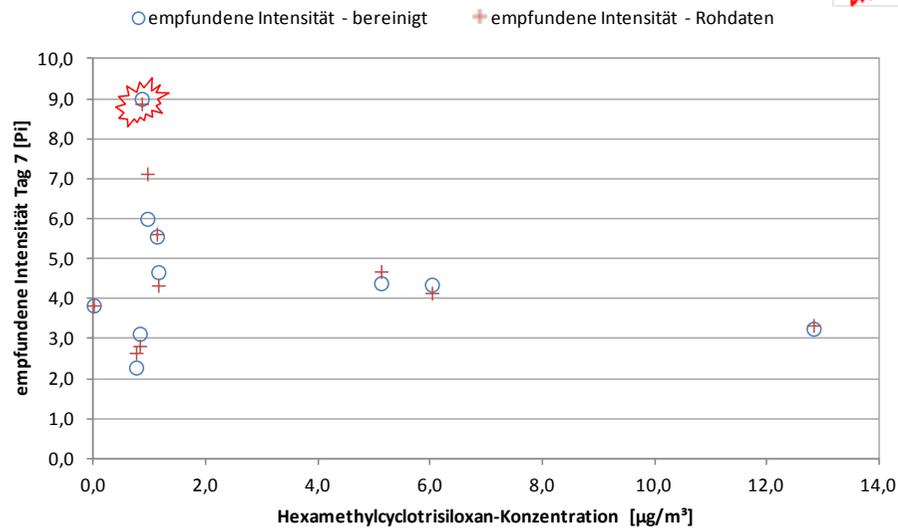


Abbildung 4.43 Gegenüberstellung empfunden Intensität und Konzentration der Einzelsubstanzen 1-Butanol, Propylenglycol, Hexamethylcyclotrisiloxan und n-Butylether

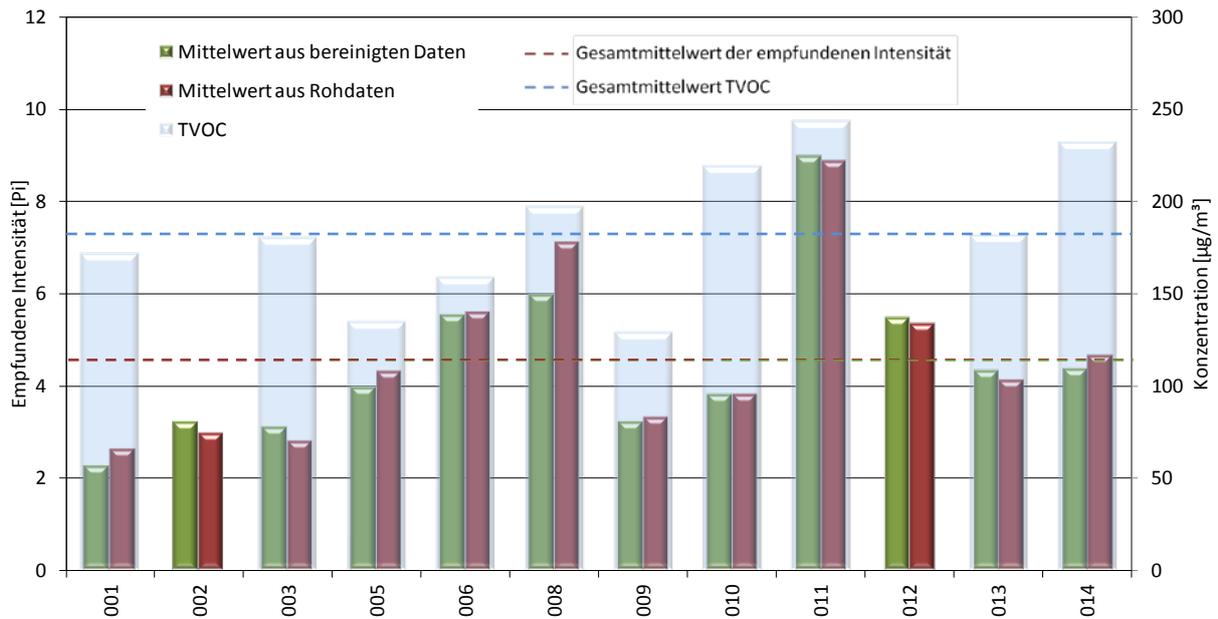


Abbildung 4.44 Gegenüberstellung TVOC und empfundene Intensität Tag 7

Die genannten Beispiele zeigen, dass es keinen Zusammenhang zwischen den VOC und der empfundene Intensität der Luftproben gibt.

4.3.2 Einfluss der Größe und Qualifikation des Prüferpanels auf die Beurteilung der empfundenen Intensität

Um den Einfluss von Größe und Qualifikation der Prüferpanel auf die Bewertung der Proben zu bestimmen, wurden die Anzahl von teilnehmenden Prüfern und deren Trainingsstand in Tabelle 4.14 zusammengestellt und der Anzahl der ausreichend zum Riechen qualifizierten Prüfer gegenübergestellt.

Aus statistischer Sicht ist ein direkter Einfluss der Anzahl von Prüfern auf die ermittelten Werte und deren Genauigkeit zu erwarten. Das Institut RVG12_013 setzte z.B. über 20 Prüfer für die Geruchsbewertung ein und erzielte 90%ige Konfidenzintervalle, die mit Werten zwischen 0,6 und 0,9 pi deutlich unterhalb der tolerierten 2,0 pi lagen und die Erwartung damit erfüllten. Dieser Einfluss wird weiterhin dadurch unterstrichen, dass (wie aus der Übersicht in Tabelle 4.14 hervorgeht) mit **x** markierte Messungen überwiegend mit acht (festgelegte Mindestprüferzahl nach DIN ISO 16000-28 und VDI 4302-1) und weniger Prüfern durchgeführt wurden.

Tabelle 4.14 Parameter der Geruchsbewertung und statistische Auswertbarkeit in Anlehnung an VDI 4302-1 | 90%iges Konfidenzintervall < 2,0 pi – grünes ✓ und > 2,0 pi – rotes ✗ | bei parallelen Probenbewertungen sind die Einzelproben mit kleinen ✓ und ✗ dargestellt, sofern sie von der Gesamtbewertung (große ✓ und ✗) des Instituts abweichen

Kennung RVG12_xxx	Trainings- stand	Erfahrungs- stand	Anzahl der Prüfer		Proben- darbietung	Anzahl Trichter	Auswertung	
			Tag 3 Tag7	bei BAM-Auswertung berücksichtigt Tag 3 Tag 7			Tag 3 Tag 7	Tag 3 Tag 7
001	trainiert	2. Messung	12 12	8 9	Behälter	6	✓	✓
002	trainiert	2. Messung	12 12	8 9	Kammer	6	✓	✓
003	trainiert	7/11 Prüfer 1. Messung	11 11	6 8	Kammer	6	✓	✓
005	trainiert	1. Messung	12 12	7 2	Behälter	1	✗	✗
006	bis 2. Schulungs- tag	4. Messung	11 8	7 6	Behälter	6	✗	✗
			12 9	11 9			✓	✓
008	Anfangs- stadium	1. Messung	8 8	3 2	Behälter	1	✗	✗
009	trainiert	13. Messung	9 9	6 6	Behälter	1	✓	✓
010	trainiert	gemischt 4.-21. Messung	8 12	8 12	Behälter	6	✓	✓
011	Vorauswahl (Stifte)	1. Messung	10 8	10 7	Kammer	1	✓	✗
012	trainiert	1. Messung	8 8	6 5	Kammer	6	✗	✗
013	trainiert	1. Messung	20 21	16 13	Behälter	1	✓	✓
014	trainiert	> 30. Messung	9 11	7 6	Behälter	6	✗	✓
							✓	✗
							✓	✓

Neben der Anzahl der Prüfer spielt auch die Qualifikation (Tabelle 4.14) eine entscheidende Rolle, was im Vergleich der Institute RVG12_008 und RVG12_010 deutlich wird. Das Institut RVG12_008 schulte die Prüfer vor dem Ringversuch und setzte sie zum ersten Mal zur Gewinnung von Daten für den externen Gebrauch ein. Das Prüferpanel des Instituts RVG12_010 hingegen setzte sich sowohl aus erfahrenen als auch aus wenig erfahrenen Prüfern zusammen.

Für die Bestimmung der empfundenen Intensität setzten am Tag 3 beide Institute acht Prüfer ein.

Bei RVG12_008 konnten nur drei Prüfer die Aceton-Test-Konzentrationen ausreichend genau bestimmen. Die bereinigten Daten waren damit statistisch nicht auswertbar und bei den Rohdaten ergaben sich 90%ige Konfidenzintervalle über 2,0 pi.

Im Vergleich dazu konnten am Institut RVG12_010 am Tag 3 alle der acht teilnehmenden Prüfer die Aceton-Test-Konzentrationen innerhalb der vorgegebenen Genauigkeit bestimmen. Für die Beurteilung der empfundenen Intensität ergaben sich die 90%igen Konfidenzintervalle 1,5 und 1,9.

Ein weiteres Beispiel ist auch die erste Messung des Instituts RVG12_006, bei der mit 11 Prüfern am Tag 3 ein relativ großes Panel eingesetzt wurde. Entsprechend des 2,0 pi-Toleranzbereiches konnten nur die Messwerte von sieben der Prüfer in der Auswertung berücksichtigt werden. Das 90%ige Konfidenzintervall lag bei 2,8 pi und die Messung musste damit als nicht ausreichend genau eingestuft werden. Wäre den Prüfern hier eine Korrekturmöglichkeit gegenüber den Bewertungen der Aceton-Testkonzentrationen eingeräumt worden, hätten ggf. bessere Ergebnisse erzielt werden können. Die Rohdaten der Messung ergaben beispielsweise ein Konfidenzintervall von 1,8.

Weiterhin auffällig ist die starke Abweichung des Institutes RVG12_011 mit empfundenen Intensitäten, die mit 46 bis über 100% über den Mittelwerten aller Institute liegen. Ursächlich dafür könnte sein, dass die Prüfer kein umfangreiches Training durchliefen, sondern ausschließlich an einer Auswahl durch Riechstifte und einem Kurztraining nach DIN ISO 16000-28 teilnahmen. Eine weitere Ursache könnte eine fehlerhafte Einstellung des Vergleichsmaßstabes sein (siehe Kapitel 4.3.3).

Aus diesen Beispielen lässt sich schließen, dass sowohl die Qualität als auch die Größe des Prüferpanels einen entscheidenden Einfluss auf die Bestimmung der empfundenen Intensität und dessen Genauigkeit nehmen. Je besser dabei der Erfahrungsstand der Prüfer ist, desto eher ist die Arbeit an der Grenze von mindestens acht ausreichend qualifizierten Prüfern möglich.

4.3.3 Einfluss der Probendarbietung und des Vergleichsmaßstabes auf die Beurteilung der empfundenen Intensität

Zwei der teilnehmenden 12 Institute ermittelten empfundene Intensitäten, die um mehr als 2 pi vom Mittelwert aller Institute abwichen. Die Ursachen hierfür sind nicht allein in der Messunsicherheit zu finden, sodass weitere Faktoren in Betracht gezogen werden müssen.

Am Institut RVG12_001 ergaben die Geruchsmessungen erheblich geringere empfundene Intensitäten als die der Mittelwerte aller Institute. Mit Ausnahme der Probe 5085-13 I Tag 7 liegen die Bewertungen zwischen 2,1 und 2,7.

Abweichungen von über 2 pi zum Mittelwert wurden auch beim Institut RVG12_011 festgestellt. Die empfundene Intensität liegt für die bereinigten Daten am Tag 3 etwa 46% und am Tag 7 über 100% über dem Gesamtmittelwert. Für die Rohdaten liegen die Abweichungen zu den Mittelwerten bei 46 und 91%. Ursächlich hierfür könnte ein zu niedrig eingestellter Vergleichsmaßstab sein, was wiederum durch einen fehlerhaft kalibrierten PID bedingt sein kann.

Bei der Kalibrierung von PIDs kam es bei mehreren Instituten zu Schwierigkeiten, sodass bei künftigen Kalibrierungen unter anderem darauf zu achten ist, dass das Kalibriergas dem Gerät unter Normaldruck, d.h. ohne Überdruck zugeführt wird. Weiterhin sollte der Einfluss der Luftfeuchtigkeit berücksichtigt und die Kalibrierung mit Aceton-Kalibriergas durchgeführt werden, um die Umrechnung mithilfe interner Faktoren zu vermeiden.

4.3.4 Einordnung des Ringversuches und Ausblick

Für die Bestimmung der empfundenen Intensität wurden am 3. Tag 189 und am siebten Tag 196 Prüfer eingesetzt von denen 141 bzw. 137 ausreichend für die Bewertung der Proben qualifiziert waren, was etwa 70 bzw. 75 % aller Prüfer entspricht. Da laut DIN ISO 16000-28 und VDI 4302-1 mindestens acht ausreichend qualifizierte Prüfer für die statistische Auswertung benötigt werden, wäre der Einsatz von mindestens 10, besser 11 oder 12 Prüfern empfehlenswert.

Für den Ringversuch Geruch 2012 ergaben sich relative Standardabweichungen zwischen 16,6 und 81,2%. Der Mittelwert liegt dabei bei 48%, während das 25% Quantil, der Median und das 75% Quantil bei 38,8%, 46% und 56% liegen.

Diese Standardabweichungen liegen mit durchschnittlich 46-48% auf einem leicht höheren Niveau, als die Standardabweichungen durchschnittlicher VOC-Ringversuche, bei denen sie i.d.R. zwischen 20 und 30% liegen. Allerdings können auch bei VOC Ringversuchen an Abhängigkeit der jeweiligen Substanz deutlich höhere relative Standardabweichungen auftreten. [z.B. BAM 2009; DiBt 2007; ECA 21]

Um den Ringversuch einzuordnen, wird im Folgenden der Z-Score der einzelnen Institute entsprechend Formel (4) ermittelt und zusammenfassend in Tabelle 4.15 dargestellt. Dabei ist zu beachten dass der Z-Score ausschließlich angibt, wie nah ein Institut mit seiner Bewertung am Mittelwert des Ringversuches liegt. Eine Aussage darüber, inwieweit die Genauigkeit der Bestimmung entsprechend DIN ISO 16000-28 bzw. VDI 4302-1 ausreichend war bzw. die Prüfer eines Institutes ausreichend qualifiziert waren, wird nicht getroffen.

Der Bestimmung der z-Scores werden die Rohdaten der Geruchsmessungen zugrunde gelegt.

$$z = \frac{c_{jk}^* - c_k}{s} \quad (4)$$

c_{jk}^* = *Einzelmittelwert des Institutes*

c_k = *Gesamtmittelwert | Sollwert*

s = *maximal zulässige Abweichung vom Sollwert*

Für s wurde die über alle Institute gemittelte Gesamtstandardabweichung verwendet, die für den Tag 3 2,1 pi und für den Tag 7 2,5 pi beträgt.

Tabelle 4.15 Z-Scores ermittelt aus den Rohdaten der empfundenen Intensitäten

Institut	Z-Scores der Rohdaten	
	Tag 3	Tag 7
RVG12_001	0,90	0,97
RVG12_002	0,73	0,79
RVG12_003	0,73	0,88
RVG12_005	0,18	0,15
RVG12_006	0,19	0,47
RVG12_008	0,81	1,19
RVG12_009	0,48	0,63
RVG12_010	0,39	0,39
RVG12_011	0,95	2,04
RVG12_012	0,56	0,35
RVG12_013	0,06	0,24
RVG12_014	0,84	0,02

Erläuterung:

$1 \geq z $	„gutes Ergebnis“	$2 \geq z > 1$	„zufriedenstellendes Ergebnis“
$3 > z > 2$	„fragwürdiges Ergebnis“	$ z \geq 3$	„äußerst fragwürdiges Ergebnis“

Während der Ringversuch Aufschluss über eine Vielzahl von Aspekten der Geruchsbewertung geben konnte, wurde auch der Klärungsbedarf für weitere Aspekte deutlich, die im Rahmen des Ringversuches nicht eingehender untersucht werden konnten und im Folgenden zusammengefasst sind:

- Inwieweit wirkt sich die Luftfeuchtigkeit der Aceton-Luft-Gemisches der Vergleichsmaßstäbe direkt auf die Geruchsbewertung aus?
- Ist im Ringversuch 2012 eine direkte Korrelation zwischen dem verwendeten Messgerät (Aceton-Bestimmung) und den Werten der Geruchsbewertung zu erkennen?
- Wie stark ist der tatsächliche Einfluss des Luftstromes auf das Riechen? In der DIN ISO 16000-28 sind unter bestimmten Voraussetzungen optional kleinere Volumenströme als 0,6 L/s zulässig.
- Unterscheiden sich die Ergebnisse der Geruchsbewertung signifikant, wenn eine 1-Trichter-Variante (z.B. durch Verlust des Geruchseindrucks der Probe durch lange Wartezeiten zw. den verschiedenen Acetonvergleichskonzentrationen) bzw. eine mehrtrichtrige Variante des Vergleichsmaßstabes verwendet wird? Hier wäre die Überprüfung der verschiedenen Trichter-konzepte notwendig.

- Nalophan® sollte als preislich deutlich günstigeres Material v.a. aus ökologischen Gründen auf seine Wiederverwendbarkeit hin untersucht werden.

Literatur

- [VDI 4302-1]** Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (Mai 2012): Entwurf: VDI 4302 Blatt 1: Geruchsprüfung von Innenraumlufte und Emissionen aus Innenraummaterialien; Grundlagen; Beuth Verlag; Berlin (NA 134-04-04-16 UA N 169)
- [DIN ISO 16000-28]**
International Organization for Standardization (ISO) (Dezember 2012): Innenraumlufteverunreinigungen – Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer, Beuth Verlag, Berlin
- [UBA 2007]** UBA-Texte 16/07: Horn W., Jann, O., Kasche, J., Bitter, F., Müller, D., Müller, B. (2007): Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte – Ermittlung und Bewertung der VOC-Emissionen und geruchlichen Belastungen (Environmental and health requirements for building products – Determination and evaluation of VOC and odour emissions). Umweltbundesamt, Berlin. 383 pages.
(<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/3197.html>)
- [UBA 2011]** UBA-Texte 35/11: Dr. Müller, Birgit; Panašková, Jana; Danielak, Maciej; Dr. Horn, Wolfgang; Dr. Jann, Oliver; Prof. Dr. Müller, Dirk (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 (Sensory testing of emissions from construction products – Integration for Blue Angel mark and AgBB-Scheme). Umweltbundesamt, Berlin. 146 pages
(<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/4121.html>)
- [BAM 2009]** Wilke, O., Horn, W., Wiegner, K., Jann, O., Bremser, W., Brödner, D., Kalus, S., Juritsch, E., Till, C., Investigations for the improvement of the measurement of volatile organic compounds from floor coverings within the healthrelated evaluation of building products, BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Final Report, 2009. Berlin
(http://www.bam.de/en/service/publikationen/publikationen_medien/abschlussbericht_engl_ils_dibt_2009.pdf)
- [DiBt 2007]** Kirchner, D., Emissionsmessungen auf dem Prüfstand. DiBt Mitteilungen, 2007: p. 77-85.

[ECA 21] European Commission - Joint Research Centre - Environment Institute, ECA Report No 21 - European Inter-laboratory Comparison on VOC emitted from building materials and products, 1999. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg

5. Anhang A – Schlussfolgerungen und Empfehlung zur künftigen Durchführung von Geruchsbewertungen

Im folgenden Abschnitt werden auf Basis der während des Ringversuches aufgetretenen Fragen und Schwierigkeiten die Bereiche Prüfkammermessungen, Vergleichsmaßstab und Probendarbietung, Training von Prüfern und die Durchführung von Geruchsbewertungen näher beleuchtet. Dafür werden Vorgaben aus der VDI 4302-1 und DIN ISO 16000-28, deren Berücksichtigung während dieses ersten Ringversuchs teilweise versäumt wurde, hervorgehoben und einige Ergänzungen hinzugefügt. Die in diesem Abschnitt ausgesprochenen Empfehlungen sollten in einem zweiten Ringversuch überprüft und validieren werden.

Die wichtigsten Aspekte jedes Abschnittes sind den jeweiligen Info-Kästen zu entnehmen.

Als ausschlaggebende Faktoren sowohl für die Durchführung als auch für die Auswertung von Geruchsbewertungen stellen sich besonders der Toleranzbereich für Aceton-Test-Konzentrationen sowie das 90%ige Konfidenzintervall für die Auswertung dar. Beide Werte werden beispielsweise als ± 2 pi angegeben. Für die Bewertung von Aceton-Test-Konzentrationen bedeutet das, dass empfundene Intensitäten mit Abweichungen kleiner gleich ± 2 pi vom Ist-Wert innerhalb des Toleranzbereiches liegen, während Werte mit Abweichungen größer ± 2 pi aus dem Toleranzbereich ausscheiden. Aufgrund der Abstufung in 0,5 bzw. 1 pi-Schritten fällt eine Bewertung von $\pm 2,5$ pi damit automatisch aus dem Toleranzbereich heraus.

Für die Konfidenzintervalle hingegen würden aufgrund mathematischer Rundungsregeln Werte bis 2,49 noch innerhalb dieser Grenzen liegen. Je nach Handhabung würden einige Institute hier bereits Werte von 2,01 als zu hoch einstufen, während andere Werte bis 2,49 tolerieren würden. Um die einheitliche Anwendung der Grenzen zu gewährleisten, sollte von Werten kleiner bzw. größer (nicht gleich!) dem Ist-Wert ausgegangen werden, sodass Werte im Beispielfall $\pm 2,0$ nicht überschreiten dürfen. Die Angabe des Konfidenzintervalls als $\pm 2,0$ statt ± 2 würde dieser Unsicherheit bereits entgegen wirken.

Die 90%igen Konfidenzintervalle wurden für die empfundene Intensität auf $\leq 2,0$ pi und für die Hedonik auf $\leq 1,0$ festgelegt.

Toleranzbereiche

- Angaben für Konfidenzintervalle wie z.B. $\pm 2 \text{ Pi}$ beinhalten Werte kleiner bzw. größer gleich $2,0 \text{ Pi}$

5.1 Prüfkammermessungen

Die Messungen in den Emissionsprüfkammern wurden entsprechend der DIN ISO 16000-28 in Kammern nach DIN ISO 16000-9 durchgeführt. Zukünftig könnte dieses Vorgehen durch die Vorgaben der Europäischen Norm, die gegenwärtig durch CEN/TC351/WG2 erarbeitet wird und sich in den letzten Zügen der Validierung befindet, konkretisiert werden.

Die Vorgaben sowohl für die Temperatur als auch für die relative Luftfeuchtigkeit konnten den an die BAM übermittelten Werten zufolge (mit Ausnahme von RVG12_002 und RVG12_009 und RVG12_014) von allen Instituten erfüllt werden. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit sollten Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit künftig stets zusammen mit Schwankungsbreiten bzw. Unsicherheitsbudgets angegeben werden. DIN ISO 16000-28 fordert hierfür in Abschnitt 6.2 ausdrücklich die kontinuierliche Aufzeichnung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit mit maximalen Schwankungen vom Sollwert von $\pm 1^\circ\text{C}$ bzw. $\pm 3 \% \text{ rF}$ über den Messzeitraum.

5.2 Vergleichsmaßstab und Probendarbietung

Für die Raumluft des Prüfraums sind bestimmte Grenzen für die empfundene Intensität vorgegeben, die nicht überschritten werden dürfen. Hierbei darf der Fokus nicht auf den Werten liegen, die vor Beginn einer Messung ermittelt wurden, da gerade bei mehrtrichrigen Varianten des Vergleichsmaßstabes kontinuierlich Aceton in die Umgebungsluft abgegeben wird und somit die Hintergrundkonzentration und der –geruch zunehmen. Ein schwerwiegendes Problem ist gerade hier zusätzlich, dass eine Adaptation an das sich anreichernde Aceton stattfinden kann, wodurch eine Verfälschung der Messergebnisse möglich ist. Zur Vermeidung dieser Probleme müssen Absauganlagen zum Einsatz kommen, die entweder den gesamten Vergleichsmaßstab abdecken oder für jeden Trichter einzelne Absaugvorrichtungen bereitstellen. Inwieweit für eintrichrige Bautypen, die nicht kontinuierlich Aceton an die Umgebungsluft abgeben gegebenenfalls auf eine entsprechende Absaugung verzichtet werden kann (aufgrund der Verdünnung der geringen Aceton-Volumenströme in der Raumluft des Prüfraums), sollte in einem weiteren Ringversuch untersucht werden.

Für die Darbietung der realen Proben bietet sich neben dem direkten Riechen an der Kammer auch die Verwendung von Transportbehältern an, für die gegenwärtig

Anhang A – Schlussfolgerungen und Empfehlung zur künftigen Durchführung von Geruchsbewertungen

verschiedene Materialien in Gebrauch sind. In jedem Fall muss bei der Darbietung ein Volumenstrom zwischen 0,6 und 1,0 L/s gewährleistet werden, um Werte möglichst nah dem Ist-Wert zu erhalten (siehe Abbildung 5.1).

Wird direkt an der Emissionsprüfkammer gemessen, müssen Faktoren wie Beladung und Luftwechsel berücksichtigt werden. So kann mit einer 1 m³-Kammer der benötigte Volumenstrom von 0,6-1,0 L/s bzw. 2,1-3,6 m³/h ab einer Luftwechselrate von etwa 2,2 h⁻¹ erreicht werden. Bei einer Kammergröße von 0,25 m³ müsste bereits ein Luftwechsel von 9 h⁻¹ eingestellt werden u. s. w. Da diese Einstellungen in Abhängigkeit von der Kammergeometrie direkt Einfluss auf die Geschwindigkeit nehmen können mit der das Prüfstück überströmt wird und damit auch auf das Emissionsverhalten, müssen Vorgaben erarbeitet werden, die festlegen ab welcher Beladung bzw. ab welchem Volumenstrom das Riechen direkt an der Kammer durch die Verwendung von Transportbehältern abgelöst werden sollte.

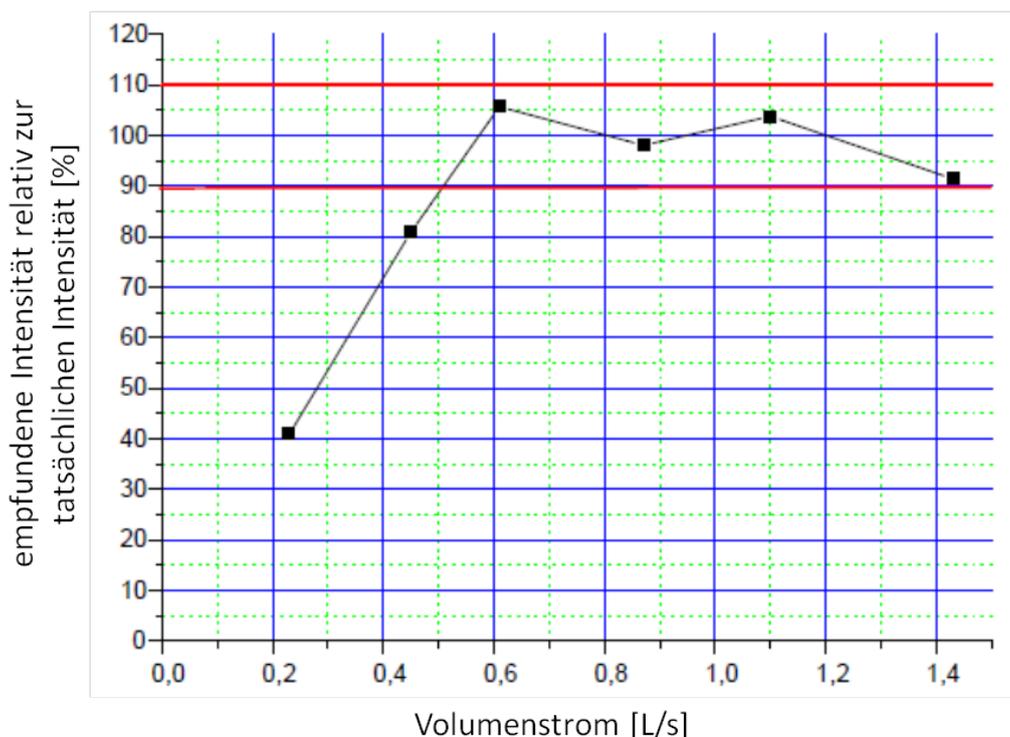


Abbildung 5.1 Einfluss des Volumenstroms auf die Bewertung der empfundenen Intensität, nach [VDI 4302-1]

Werden Transportbehälter verwendet, so müssen im Vorfeld Untersuchungen des Behältermaterials durchgeführt worden sein, die die Eignung dieser Materialien nachweisen. Gegenwärtig sind v.a. Tedlar® und Nalophan® im Gebrauch. Um vergleichbare Voraussetzungen zwischen Instituten zu schaffen ist es notwendig einheitliche Festlegungen bezüglich der Behälterkonditionierung zu treffen. Hierzu zählen z.B. bei Tedlar® das Ausheizen vor jedem Gebrauch sowie die Gewährleistung der Geruchlosigkeit der Behälter.

Im Anhang D.4 der DIN ISO 16000-28 werden Testverfahren zur Überprüfung der Eignung verschiedener Folien vorgestellt.

Vergleichsmaßstab

- Systeme, die kontinuierlich Aceton-Luftgemische abgeben müssen mit einer Absaugvorrichtung kombiniert werden

Probendarbietung

- Riechen an der Emissionsprüfkammer ab einem Volumenstrom von mindestens 0,6 L/s (DIN ISO 16000-28)
- Probenbehälter
 - Handhabung von Probenbehältern aus Tedlar® (Konditionierung / Ausheizen) und Nalophan®
 - geruchsneutral, luftdicht

5.3 Training der Prüfer

Das Training der Prüfer dauert fünf Tage und orientiert sich grundlegend an der DIN ISO 16000-28 bzw. der VDI 4302-1. Während in der alten Fassung der DIN ISO 16000-28, die von einigen Instituten als Grundlage für die Durchführung des Ringversuches verwendet wurde, zum Training der Prüfer noch die Verwendung mehrerer Verdünnungen einzelner Geruchsproben vorgeschlagen wurde, was bei vielen Teilnehmern Irritationen verursachte, werden inzwischen sowohl von der DIN ISO 16000-28 als auch von der VDI 4302-1 allgemein Luftproben aus Innenraummaterialien zugelassen. Die Zahl der zu bewertenden Proben wird in den Normen beispielhaft angegeben, kann im Training aber entsprechend an die Trainingssituation angepasst und erweitert werden.

Im Training wichtig ist, dass zum Einstieg verschiedene Acetonkonzentrationen bewertet werden, damit den Prüfern eine Gewöhnung an Aceton als Referenzsubstanz und an die Verwendung eines Vergleichsmaßstabes zur Geruchsbewertung ermöglicht wird. Die im Training einzustellenden Acetonkonzentrationen bewegen sich in einem Bereich zwischen 2 und 15 pi. Intensitäten unter 2 pi werden nicht eingestellt, da sich diese sehr nah an der Wahrnehmungsgrenze befinden.

Prüfern, die in den ersten zwei Trainingstagen deutlich von den tatsächlichen Werten abweichen (um mehr als ± 2 pi), werden die tatsächlichen Werte mitgeteilt und sie erhalten die Möglichkeit ihr Urteil zu korrigieren.

Im Anschluss an das Training mit reinen Acetonproben ist es notwendig, die Prüfer sorgfältig an die Bewertung realer Proben heranzuführen. Mithilfe des beschriebenen Trainings kann die Einordnung von Gerüchen in den Aceton-Vergleichsmaßstab trotz der Komplexität dieses Vorganges gut ermöglicht werden.

Sowohl im Training als auch in der Kalibrierung, die vor jedem Versuchstag durchgeführt werden muss, ist auf die Wahl der Aceton-Testkonzentrationen zu achten. Diese sollten den gesamten benötigten Bereich der empfundenen Intensitäten abdecken, müssen aber auch so gewählt werden, dass die Identifikation von Prüfern, die ihre Bewertung z.B. durch Raten abgeben, gewährleistet ist. Es ist zu empfehlen, eine Art Prüfer-Tagebuch zu führen, um die Entwicklung einzelner Prüfer nachvollziehen zu können.

Training

- Darbietung verschiedener Acetonkonzentrationen zur Gewöhnung der Prüfer an Aceton und die Verwendung des Vergleichsmaßstabes (einzustellen: **2-15 Pi**)
- Einführung von Luftproben aus Innenraummaterialien in die Geruchsprüfung, die Art der Proben ist hierbei beliebig zu wählen, die Anzahl kann ebenfalls variiert werden (Ziel ist die Gewöhnung der Prüfer an den Vergleich von Aceton und zu bewertenden Proben)
- Abweichungen bei der Acetonbewertung, die größer (nicht gleich!) 2,0 Pi sind liegen außerhalb des Toleranzbereiches
 - Hinweis an Prüfer und Möglichkeit einer erneuten Prüfung
 - ggf. Ausschluss des Prüfers vom Bewertungsverfahren

Kalibrierung

- Wahl der Acetontestkonzentrationen in Abstufungen, die die Identifikation von Prüfern, die beispielsweise die Werte erraten, ermöglicht
 - Pi-Stufen mit entsprechendem Abstand (z.B. 4 und 9 Pi, nicht 4 und 6 Pi o.ä.)

5.4 Durchführung und Auswertung der Geruchsbewertungen

5.4.1 Durchführung

Als zwei Voraussetzungen für die Durchführung von Geruchsbewertungen werden u.a. die ungestörte und möglichst geruchsneutrale Umgebung sowie ein stets zur Verfügung stehender Nullluftstrom gesehen.

Vor jeder Geruchsbewertung durchlaufen die Prüfer eine Kalibrierung in der sie mindestens zwei ihnen unbekannte Acetonkonzentrationen bezüglich ihrer empfundenen Intensität bewerten.

Weichen die Bewertungen um mehr als ± 2 pi vom Ist-Wert ab, so muss dem entsprechenden Prüfer mitgeteilt werden, dass seine Bewertungen abweichen, nicht aber wie stark und in welche Richtung, sodass er nach einer Ruhepause von mindestens fünf Minuten bei geruchsneutraler Luft einen erneuten Versuch der Bestimmung der empfundenen Intensität vornehmen kann, um sich somit ggf. zu korrigieren. Liegt der neue Wert im Toleranzbereich kann der Prüfer zur Geruchsbewertung an diesem Tag zugelassen werden. Liegt der bestimmte Wert weiterhin außerhalb des Toleranzbereiches muss der Prüfer von der Bewertung (der empfundenen Intensität) ausgeschlossen werden. In jedem Fall sind in der Auswertung sämtliche (richtige wie auch falsche) Bewertungen der empfundenen Intensität aller teilnehmenden Prüfer anzugeben. Müssen sich Prüfer nach ihrer ersten Bewertung korrigieren, sind also der erste falsche Wert sowie der zweite richtige oder ggf. ebenfalls falsche Wert anzugeben.

Die Konfidenzintervalle bzw. 90%igen Vertrauensbereiche müssen nach Möglichkeit bereits während der Messungen überprüft werden, um umgehend festzustellen, ob eine Wiederholung der Geruchsprüfung notwendig ist (siehe auch Kapitel 4.1). Als Tool hierfür würde sich eine Software⁴ eignen, die von den Prüfern eingegebene pi-Werte im Hintergrund auswertet und bei Abweichungen entsprechende Hinweise ausgibt.

Weiterhin müssen sowohl der Hintergrundgeruch des Aufenthalts- und Prüfraumes, als auch der Emissionsprüfkammern bewertet werden, um ausschließen zu können, dass diese die Geruchsbestimmung der eigentlichen Probe stören. Der Hintergrundgeruch der Räume kann hierbei durch Begehen und eine direkte Bewertung erfolgen. Möglich wäre auch die Darbietung der Raumluft nach Probenahme über einen Trichter. Die Bewertung des Hintergrundgeruches der Emissionsprüfkammer müsste entsprechend vor der Beladung dieser Kammer durchgeführt werden. Die erlaubten empfundenen Intensitäten für die Räume und die Emissionsprüfkammer sind im Abschnitt 6.8.1 der DIN ISO 16000-28 bzw. Abschnitt 4.1.2 der VDI 4302-1 festgelegt. Für die Räume sind gemittelte empfundene

⁴ bereits verfügbar: Lab-View Programm der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW)

Anhang A – Schlussfolgerungen und Empfehlung zur künftigen Durchführung von Geruchsbewertungen

Intensitäten kleiner gleich 4,0 pi zulässig. Werden für die Geruchsbewertung Proben aus Emissionsprüfkammern verwendet, so muss der Hintergrundgeruch bei Werten kleiner gleich 3,0 pi liegen. Können diese Werte für den Hintergrundgeruch nicht eingehalten werden, kann die Geruchsprüfung nicht durchgeführt werden [VDI 4302-1].

Neben der Einhaltung der vorgegeben Geruchswerte müssen bei der Probendarbietung die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit der Probenluft bestimmt und festgehalten werden, um mögliche Einflüsse auf die Emission aus dem Prüfstück, aber auch auf die Geruchswahrnehmung identifizieren zu können. [VDI 4302-1]

Voraussetzungen

- ungestörte Atmosphäre & geruchsneutrale Umgebung

Kalibrierung

- Darbietung von mindestens zwei Aceton-Test-Konzentrationen mit direkter Überprüfung der 2,0 Pi-Toleranzgrenze (kleiner/größer (nicht gleich!) 2,0 Pi)
 - ggf. Hinweis auf Abweichungen des Prüfers und Möglichkeit eines weiteren Bewertungsversuches
 - Angabe beider Bewertungen in der Auswertung und ggf. Ausschluss des Prüfers für die aktuelle Geruchsprüfung

Geruchsbewertung

- Hintergrundgeruch Prüf- und Aufenthaltsraum sowie Emissionsprüfkammer
 - Toleranzgrenze Räume / Prüfkammer: kleiner gleich 3,0 bzw. 4,0 Pi
- Bestimmung der 90%igen Konfidenzintervalle bzw. Vertrauensbereiche der empfundenen Intensität und Hedonik
 - VB 90% - empfundene Intensität: kleiner (nicht gleich!) 2,0 Pi
 - VB 90% - Hedonik: kleiner (nicht gleich!) 1,0
 - bei Überschreitung: Wiederholung der Geruchsprüfung oder ggf. Erweiterung des Geruchspanels

5.4.2 Auswertung

Die Auswertung wird vorzugsweise in Anlehnung an die VDI 4302-1 durchgeführt, da diese deutlich konkreter als die DIN ISO 16000-28 gefasst ist und es werden entsprechend der dort vorgegebenen Statistik sowohl die Standardabweichung als auch die 90%igen Konfidenzintervalle bestimmt.

Im Rahmen des Ringversuches 2012 wurden auf Basis dieser Werte nachträglich Prüfer aus der Gesamtbewertung ausgeschlossen, deren Bewertungen der Acetonkonzentrationen bei der Kalibrierung um mehr als 2 pi vom eingestellten Ist-Wert abwichen. Zur Feststellung dieser Abweichung bereits während einer laufenden Messung könnte das Programm der HTW Berlin eingesetzt werden.

Für die 90%igen Konfidenzintervalle geben sowohl die DIN ISO 16000-28 als auch der Entwurf der VDI 4302-1 Werte von $\pm 2,0$ pi für die empfundene Intensität und von $\pm 1,0$ für die Hedonik vor. Wurden diese Werte im Rahmen des Ringversuches überschritten, wurde die entsprechende Bewertung als zu ungenau eingestuft.

Wird die Probenluft aus den Emissionsprüfkammern mit Raumluft gleichgesetzt, kann die letztendliche Auswertung der aufgenommenen Werte für empfundene Intensität und Hedonik entsprechend der Anhänge E und F der VDI 4302-1 durchgeführt werden.

Der Anhang F der VDI 4302-1 bietet neben der Zusammenstellung verschiedener Luftqualitätsstufen für empfundene Intensität mit Vergleichsmaßstab oder nach Kategorienmethode sowie für Hedonik und Akzeptanz keine Auskunft darüber, wie die Gesamtbewertung der Luftqualität ermittelt wird, wenn mehrere der angegebenen Parameter, wie z.B. empfundene Intensität mit einem Vergleichsmaßstab und Hedonik, ermittelt wurden. Hierfür wird die Orientierung an der niedrigsten Bewertung der Raumluftqualität empfohlen.

Auswertung

- nach Vorgabe der Anhänge E und F des Entwurfes der **[VDI 4302-1]**
- Gesamtbewertung entspricht der niedrigsten Bewertung der Raumluftqualität

6. Anhang B – Prüfung Vergleichsmaßstäbe

6.1 RVG12_001/002

Der verwendete Vergleichsmaßstab gleicht in der Bauweise dem des Herrmann-Rietschel-Instituts. Die einzustellenden Vergleichskonzentrationen liegen bei 1, 3, 6, 9, 12 und 15 pi sowie einer weiteren frei wählbaren Konzentration.

Die Standardabweichungen für die Konzentrationen liegen ausnahmslos unter 3 mg/m³ bzw. unter 5%. Diese geringen Schwankungen zeigen sich ebenfalls für den Volumenstrom und liegen zwischen 0,4 und 4,7 %. Die Konstanz des Vergleichsmaßstabes entspricht damit den Vorgaben der DIN EN ISO 16000-28.

Signifikante Abweichungen ergeben sich hingegen bezüglich des Sollwertes. Dieser wird zu 100% angenommen, sodass der Vergleichsmaßstab auf Werte zwischen 64,6 und 84,5% zum Sollwert eingestellt ist (Abbildung 6.1). Eine Anpassung der tatsächlichen Werte ist für die Gewährleistung einer Vergleichbarkeit zu anderen Vergleichsmaßstäben notwendig.

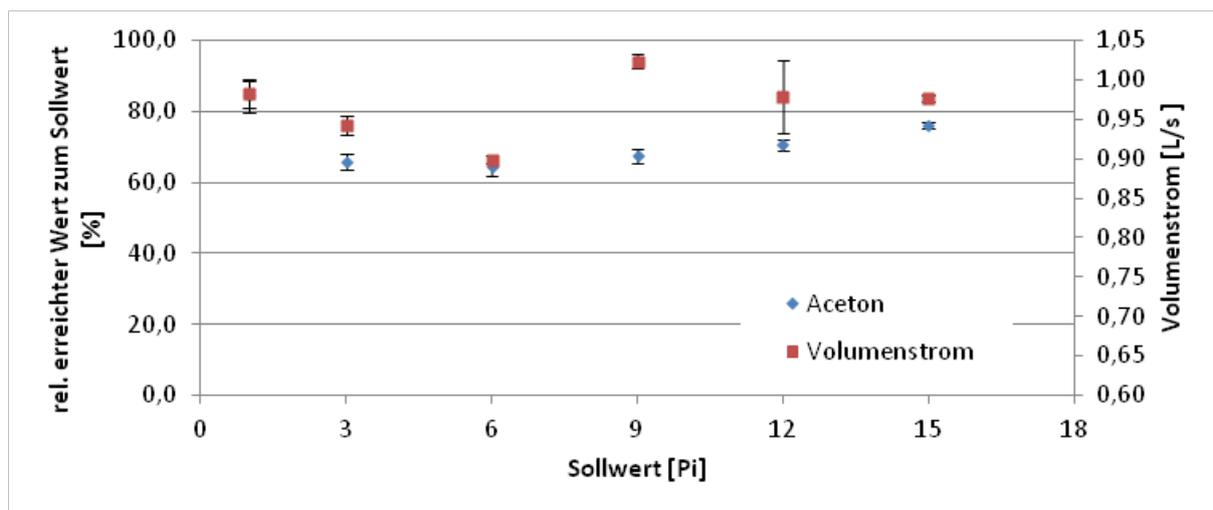


Abbildung 6.1 Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_001/002

In der folgenden Abbildung 6.2 sind die Konzentrationen und Volumenströme aufgeschlüsselt nach pi-Stufen dargestellt. Die Konstanz der Konzentrationen und Volumenströme ist ebenso deutlich zu erkennen wie die Abweichung vom vorgegebenen Sollwert. Mit 65 bis 85% liegen die ermittelten Werte stets deutlich unter dem Sollwert und aufgrund der Konstanz des Vergleichsmaßstabes kann davon ausgegangen werden, dass das Hauptproblem in der Kalibrierung des zur Einstellung verwendeten Messgerätes liegt. Vermutet wurde hier, dass das Kalibriergas mit Überdruck ins Messgerät gelangte und es dadurch zu einer fehlerhaften Kalibrierung kam. Vor Beginn des Ringversuches wurde das Messgerät erneut kalibriert und für die Einstellung des Vergleichsmaßstabes verwendet.

Anhang B – Prüfung Vergleichsmaßstäbe

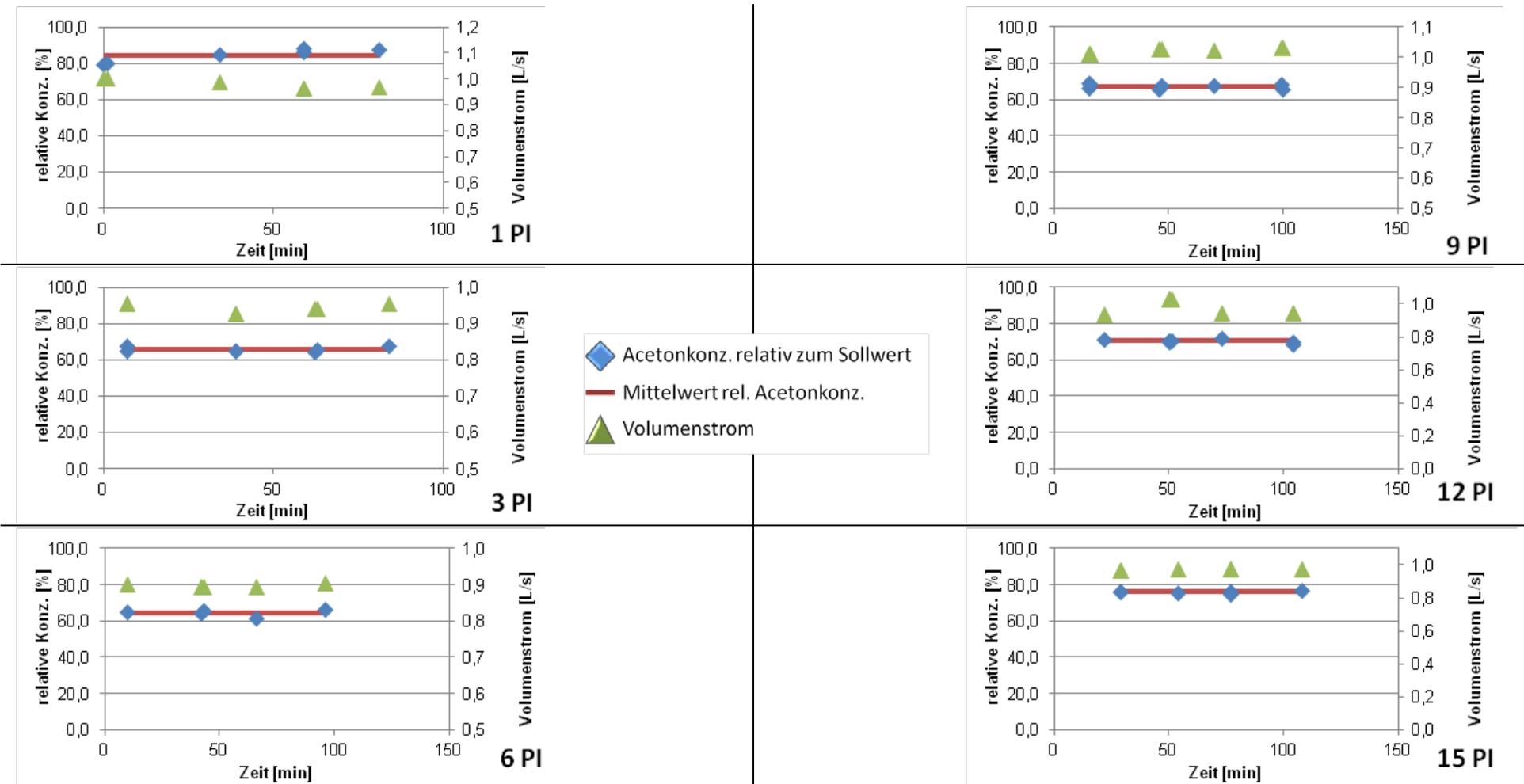


Abbildung 6.2 Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_001/002

6.2 RVG12_003

Der Aufbau des Vergleichsmaßstabes ist dem des HRI sehr ähnlich. Die Vermischung der beiden Volumenströme soll durch zusätzliche Einbauten in den Rohren gewährleistet werden, die allerdings eher Unregelmäßigkeiten zu verursachen scheinen, da die Volumenströme teils erheblich voneinander abweichen (Abbildung 6.3).

Die Konzentrationen wurden im Vergleichsmaßstab während des Messtages eingestellt, weshalb das Augenmerk hier auf die Konstanz der Messwerte anstatt auf deren Abweichungen vom Zielwert gelegt werden muss.

Mit Standardabweichungen der Acetonkonzentrationen, die mit Ausnahme der 15-pi-Stufe (11 mg/m³) deutlich unter 10 mg/m³ und damit unter den nach DIN EN ISO 16000-28 tolerierbaren 0,5 pi liegen, weist der Vergleichsmaßstab allgemein eine relativ gute Konstanz auf. Für die 15-pi-Stufe hingegen liegt die Standardabweichung bei über 10 mg/m³ und damit über dem Toleranzbereich.

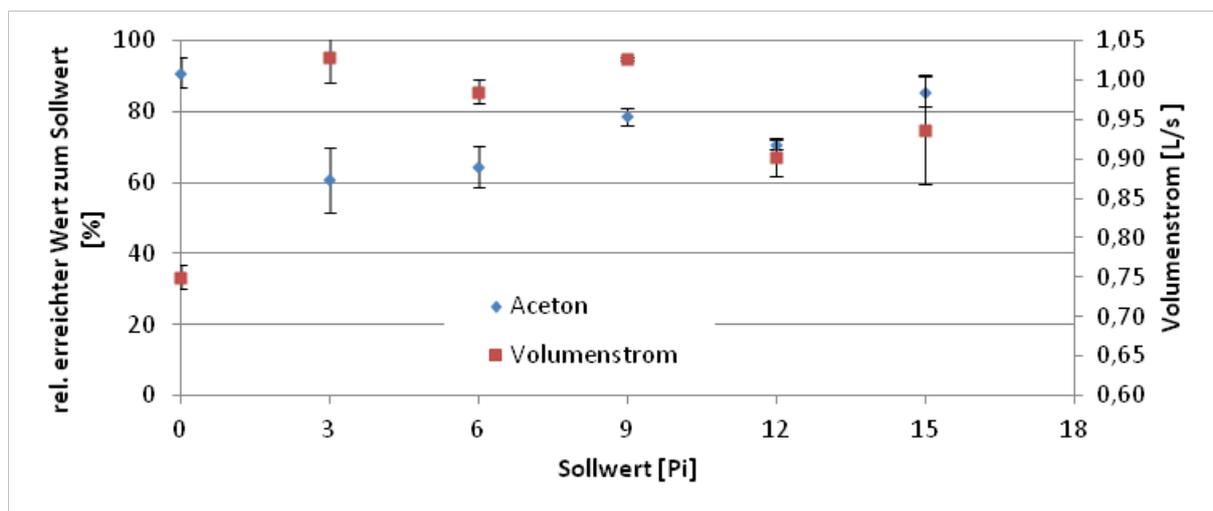


Abbildung 6.3 Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration – RVG12_003

Aus der Abbildung 6.4 wird ebenfalls ersichtlich, dass die Volumenströme sowohl innerhalb einzelner Trichter, als auch zwischen den verschiedenen Trichtern stark schwanken. Die Volumenströme bewegen sich insgesamt zwischen 730 und 1050 mL/s

Die Schwankungen könnten durch genannte Einbauten begünstigt werden und sollten – wenn möglich – testweise ausgebaut und die Volumenströme überprüft werden. Im Vergleichsmaßstab des HRI bzw. der HTW genügen das Lochblech im Hauptkorpus zur Vergleichmäßigung des Verdünnungsgasstromes und die Länge der Wellrohre zur Durchmischung der beiden Gasströme. Als weitere Ursache für die genannten Schwankungen kommen Schwankungen im Stromnetz in Frage, da dadurch ein direkter Einfluss auf die Leistungsaufnahme des verwendeten Ventilators besteht.

Aufgrund der Abweichungen vom Sollwert sollte die Kalibrierung des PID überprüft werden und idealerweise mithilfe einer HPLC neu kalibriert werden. Im Rahmen des Ringversuches wurden die Acetonkonzentrationen mittels FID überprüft.

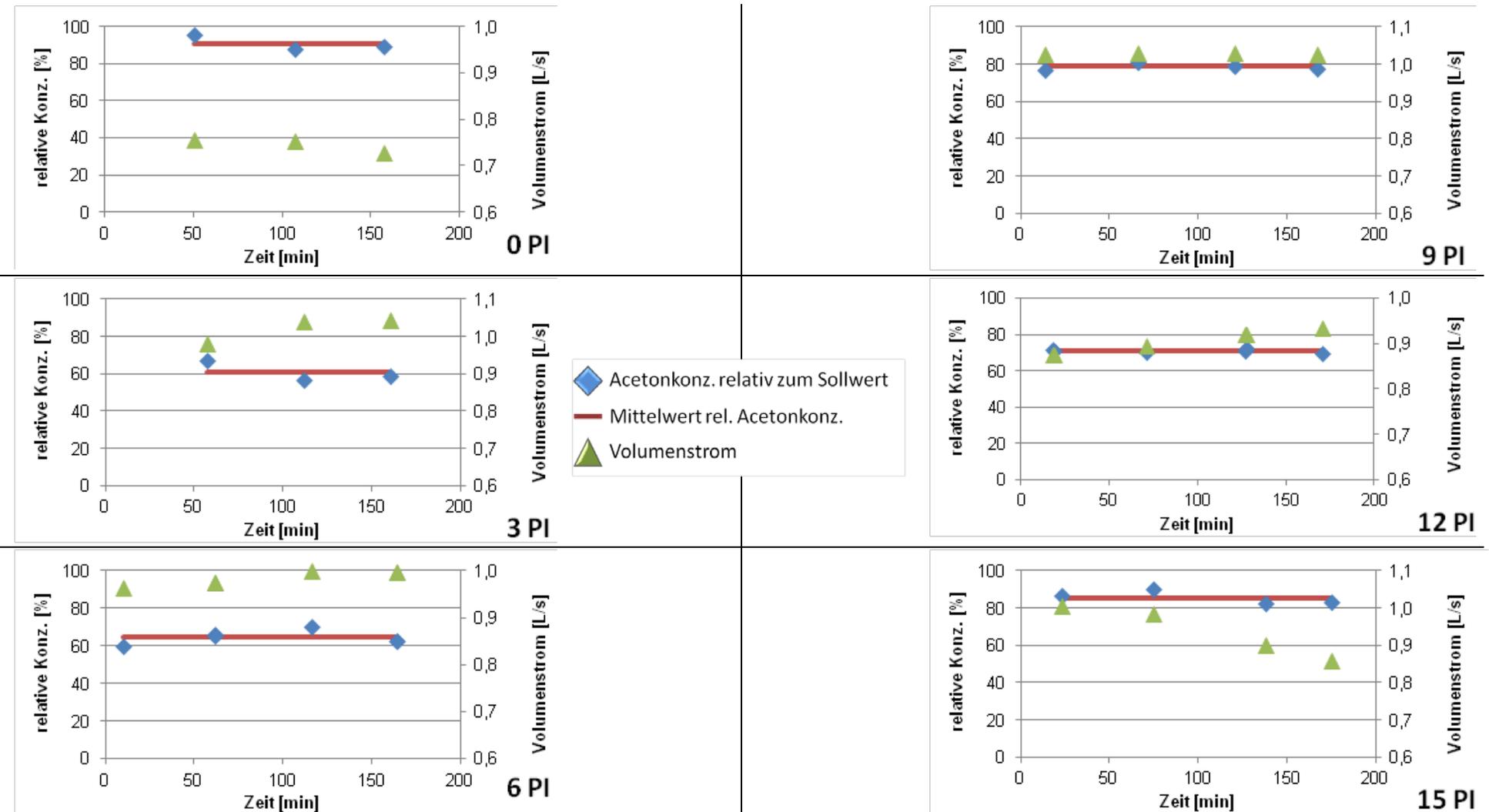


Abbildung 6.4 Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_003

6.3 RVG12_005

Das Institut RVG12_005 verfügt über zwei verschiedene Vergleichsmaßstäbe. Der kommerziell erhältliche Vergleichsmaßstab muss eingesendet werden, da er nicht wie beabsichtigt arbeitet. Der zweite Vergleichsmaßstab wurde vom Institut RVG12_005 selbst konstruiert und ist ebenfalls eine eintrichtrige Variante. Es können die Konzentrationen 0, 3, 6, 9 und 12 pi eingestellt werden. Über die elektronische Regelung sollte jedoch jede beliebige Konzentration realisierbar sein.

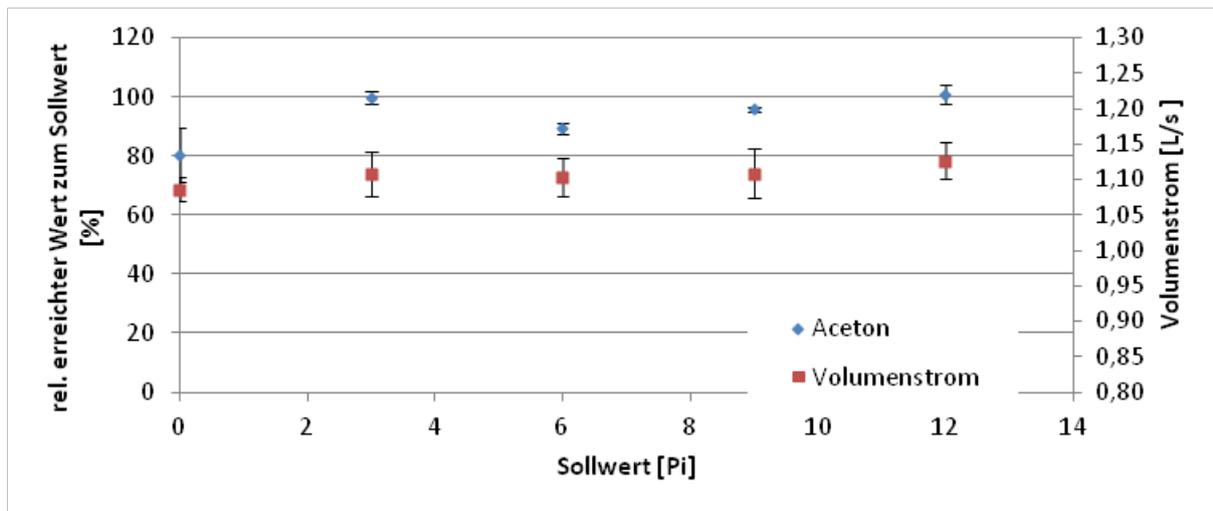


Abbildung 6.5 Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_005

Die Standardabweichungen liegen mit Ausnahme der 12-pi-Stufe ($8,6 \text{ mg/m}^3$) unter 3 mg/m^3 und ausnahmslos unter $0,5 \text{ pi}$ bzw. 10 mg/m^3 , womit der Vergleichsmaßstab bezüglich seiner Stabilität im Toleranzbereich der ISO 16000-28 liegt. Die relativen Standardabweichungen liegen mit Ausnahme der 0-pi-Stufe (9,2%) mit 0,8 bis 3,3% ebenfalls in einem sehr guten Bereich.

Die eingestellten Konzentrationen liegen verhältnismäßig nahe am Sollwert, sollten jedoch noch einmal an die Werte 0, 3, 6, 9 und 12 pi mit $20, 80, 140, 200$ und 260 mg/m^3 angepasst werden.

Die Volumenströme sind mit relativen Standardabweichungen zwischen 1,6 und 3,1% ebenfalls sehr konstant.

Anhang B – Prüfung Vergleichsmaßstäbe

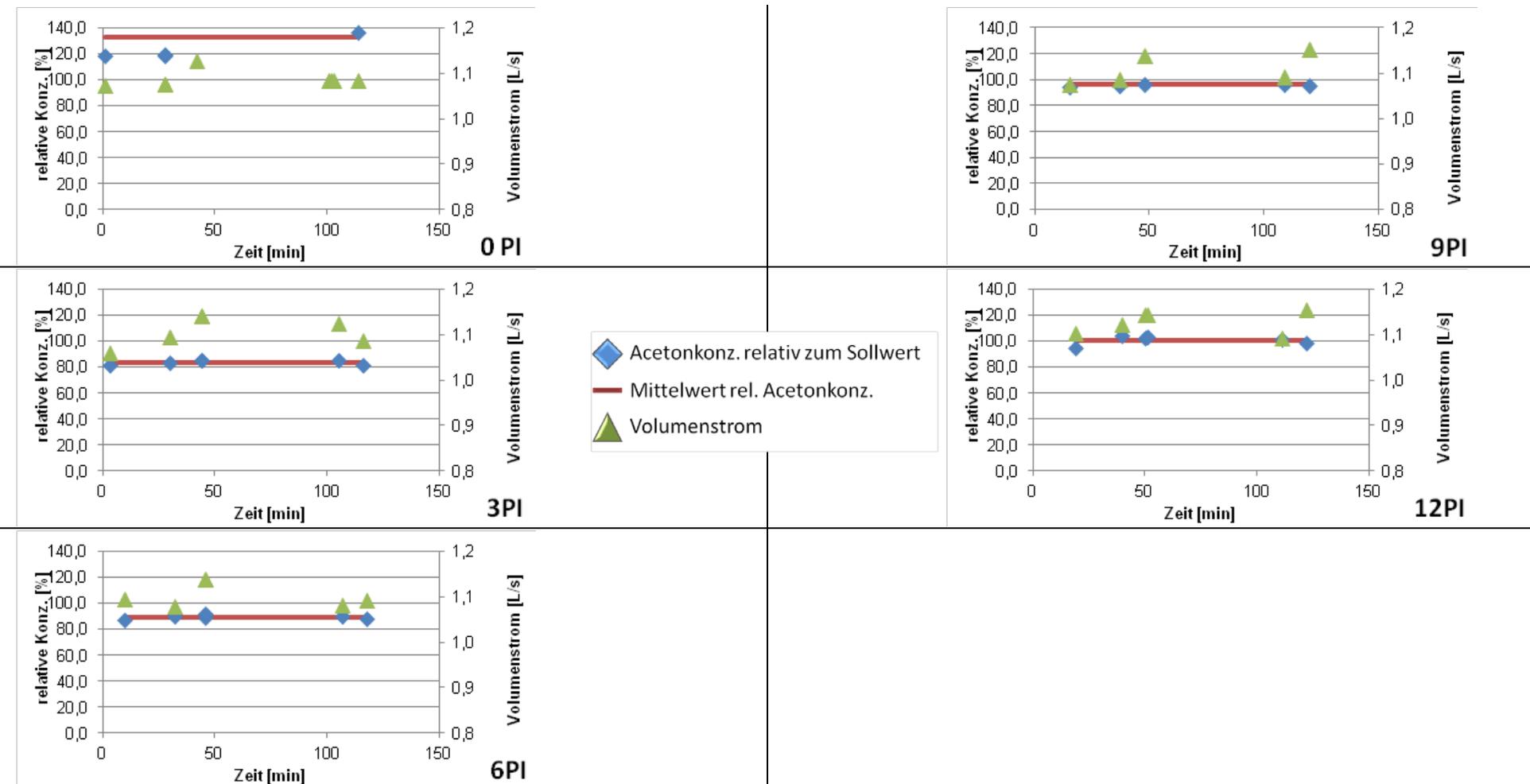


Abbildung 6.6 Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_005

6.4 RVG12_006

Der Vergleichsmaßstab verfügt über sieben Trichter von denen sechs auf feste Konzentrationen eingestellt werden und einer als Vergleichswert dient. Die eingestellten Konzentrationen werden mit einem PID, der mithilfe von DNPH-Kartuschen und HPLC kalibriert wurde, kontrolliert.

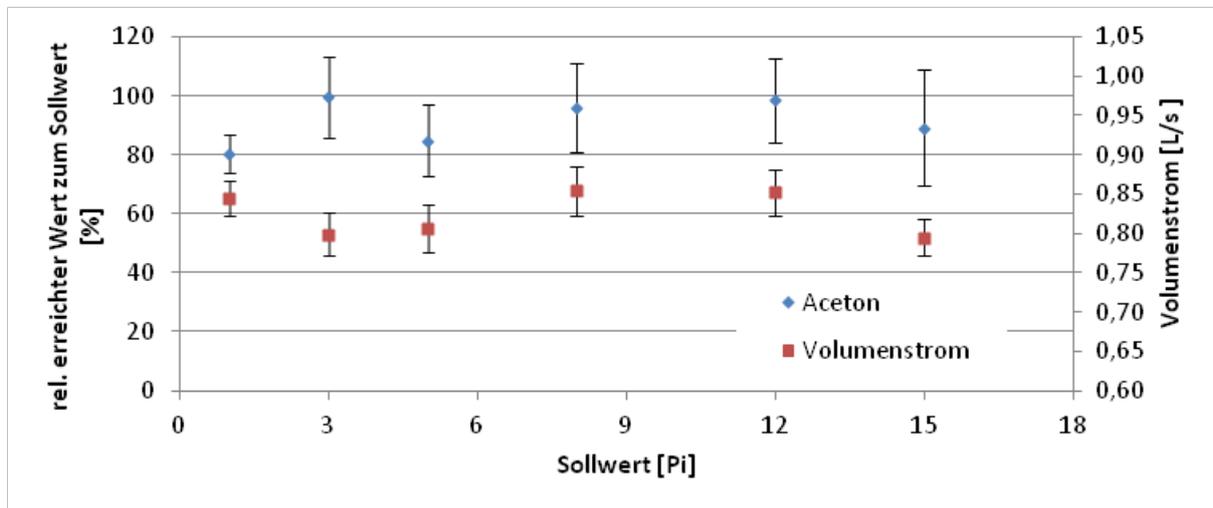


Abbildung 6.7 Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_006

Die Standardabweichungen liegen mit Ausnahme der 0-pi-Stufe mit Werten zwischen 10,9 und 56,6 mg/m³ deutlich zu hoch. Die relativen Standardabweichungen liegen insgesamt zwischen 6,5 und 19,8%. Die Standardabweichung der Volumenströme bewegt sich im Schnitt zwischen 2,6 und 3,7%. Für die Konzentrationsstufen 3 und 5 pi (Abbildung 6.7) ließe sich aufgrund der Messwerte ein Zusammenhang zwischen schwankendem Volumenstrom und Konzentration vermuten, der sich bei den weiteren Konzentrationsstufen allerdings nicht (eindeutig) bestätigt.

Ursachen für die festgestellten Schwankungen können in der zum Messzeitpunkt nicht ausreichenden Lüftung und dem daraus resultierenden Anstieg der Acetonkonzentration in der Umgebungsluft begründet liegen. Weiterhin wurde eine abwärts-Drift des Vordruckes zur Bereitstellung des Acetongasstroms über die Zeit festgestellt, der i.d.R. während einer normalen Messung nachgeregelt werden würde.

Im Nachgang der Messungen wurde eine mäßige Undichtigkeit des Lüfters festgestellt, die inzwischen behoben wurde. Hiermit konnte bereits einer Verbesserung der Stabilität der eingestellten Konzentrationen erreicht werden. Weiterhin wurde die Acetonversorgung modifiziert und ein Konstantdruckregler installiert, um den Einfluss der Drift und des Pulsens der Pumpe zu reduzieren. In einem nächsten Schritt wird eine Absauganlage in Betrieb genommen, sodass auch Probleme mit steigender Hintergrundkonzentration beseitigt sein sollten.

Anhang B – Prüfung Vergleichsmaßstäbe

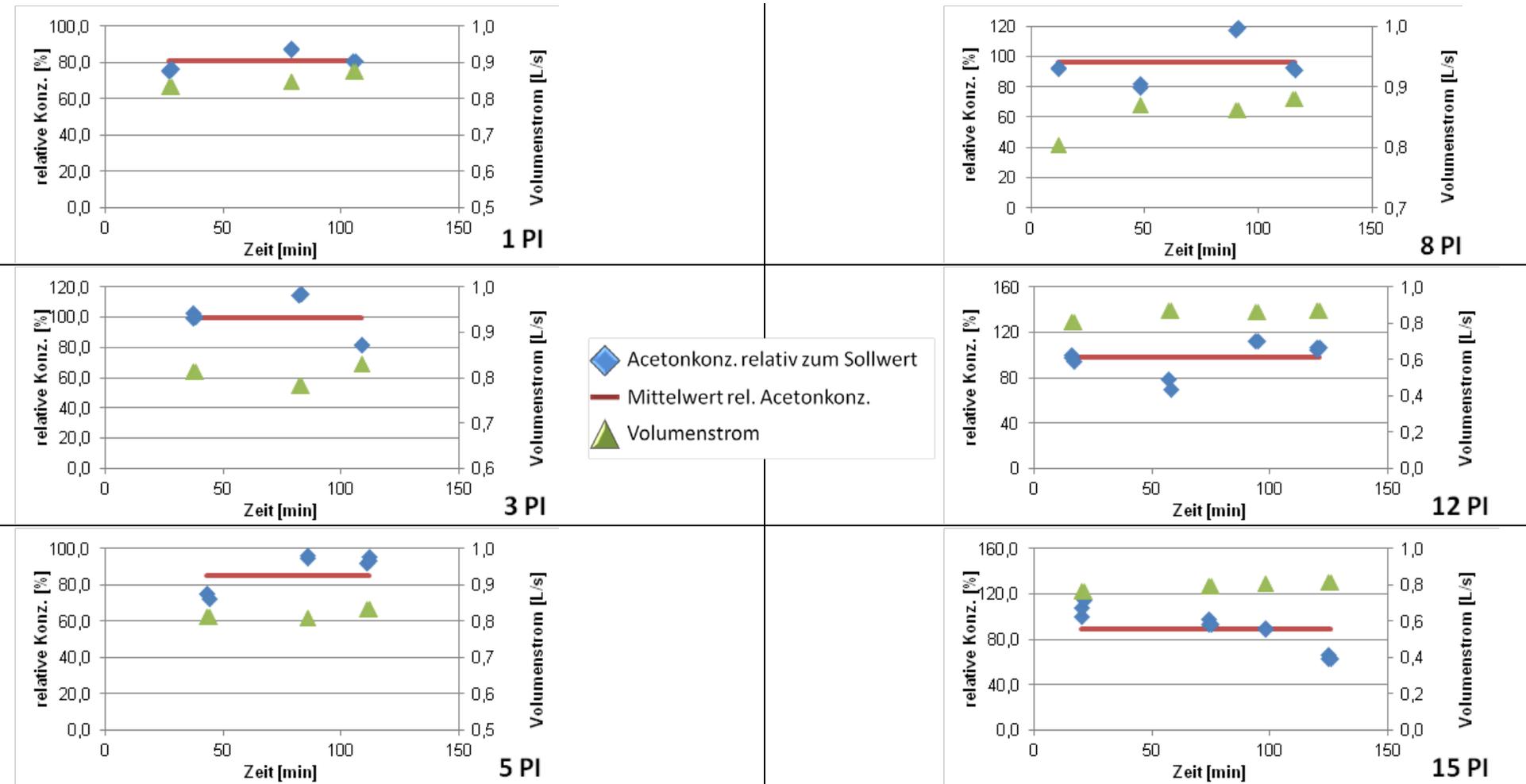


Abbildung 6.8 Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_006

6.5 RVG12_008

Das Institut RVG12_008 betreibt einen kommerziell erhältlichen, eintrichtrigen Vergleichsmaßstab, der auf die Konzentrationen 0, 3, 6, 9, 12 und 15 pi sowie einen Blank fest eingestellt ist. Die Messwerte unterliegen mindestens bis 50 Minuten nach Messbeginn einer größeren Unsicherheit, da der FID eine überdurchschnittlich lange Aufwärmphase benötigte und wurden in der folgenden Betrachtung aus der Bewertung herausgenommen.

Für die Acetonkonzentrationen ergeben sich Standardabweichungen im Bereich von 1,4 und 9,1 mg/m³, womit das Verfahren innerhalb der Toleranz von 0,5 pi bzw. 10 mg/m³ nach ISO 16000-28 liegt. Mit Ausnahme der 0-pi-Stufe (9,1%) liegen die relativen Standardabweichungen zwischen 1,2 und 5,0 %.

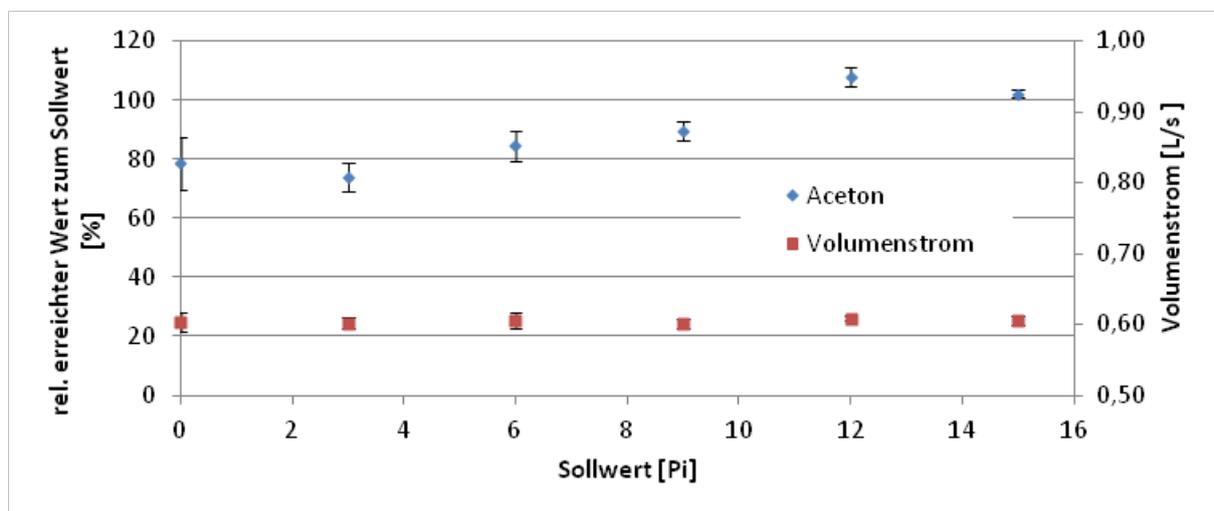


Abbildung 6.9 Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_008

Anhang B – Prüfung Vergleichsmaßstäbe

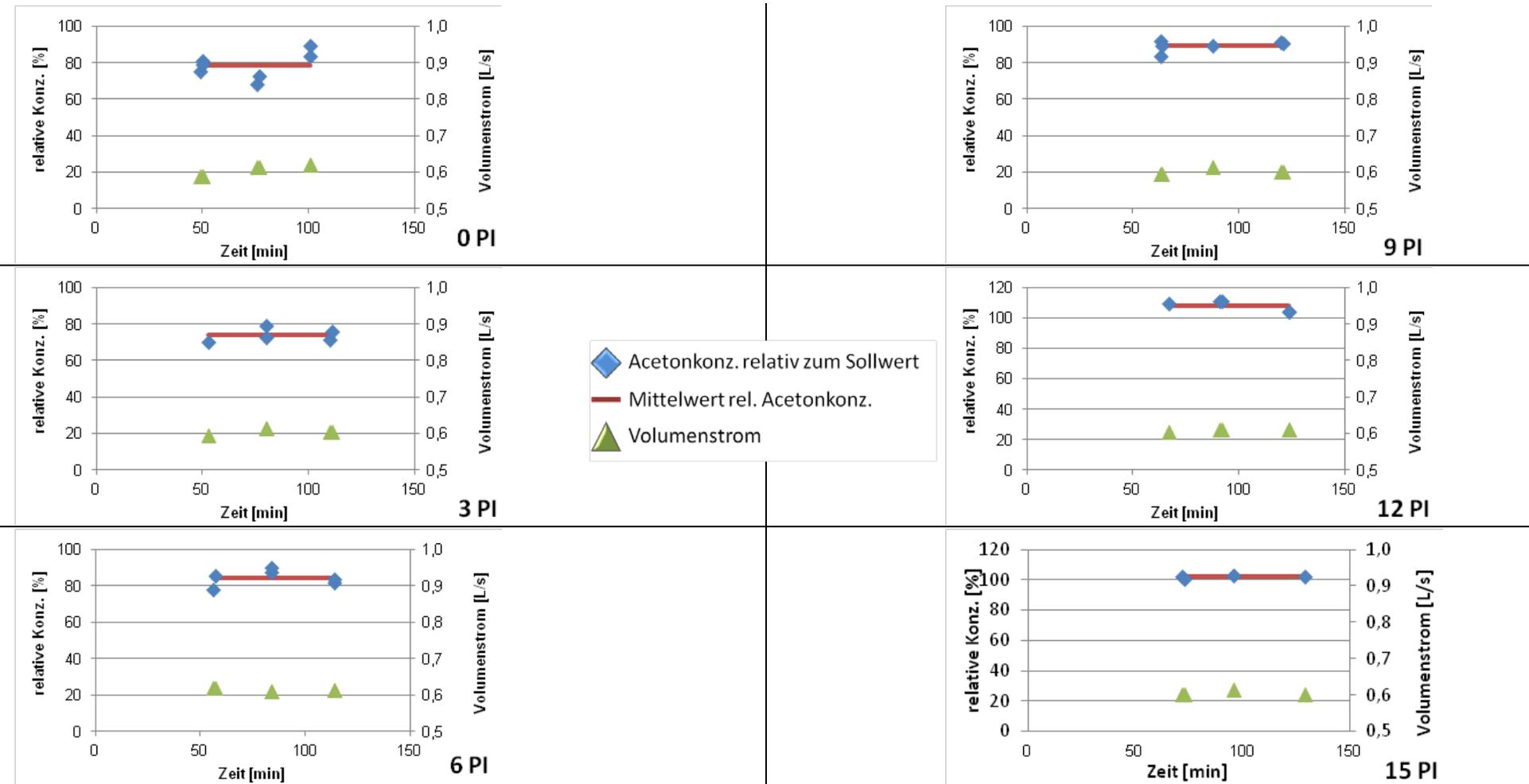


Abbildung 6.10 Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_008

6.6 RVG12_009

Der Vergleichsmaßstab des Instituts RVG12_009 war aufgrund eines defekten FIDs fehlerhaft kalibriert, sodass keine Messungen durchgeführt werden konnten.

6.7 RVG12_010

Der Vergleichsmaßstab verfügt über sieben Trichter, von denen sechs auf feste Konzentrationen eingestellt werden und einer als Vergleichswert dient. Die eingestellten Konzentrationen werden mit einem PID, der mithilfe von DNPH-Kartuschen und HPLC kalibriert wurde, kontrolliert.

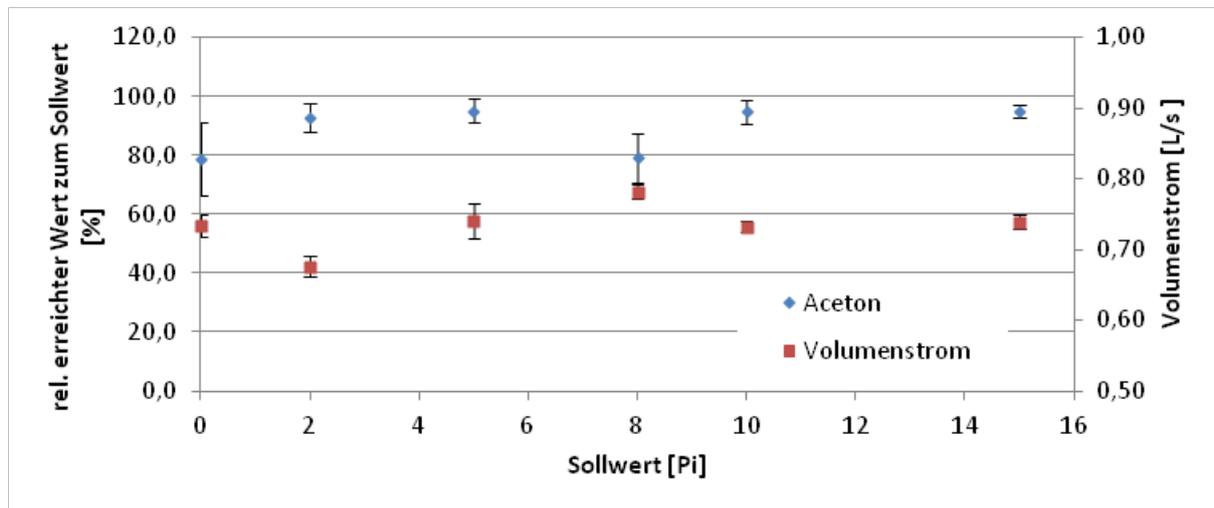


Abbildung 6.11 Volumenstrom und relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_010

Die Konzentrationen weisen von der ersten bis zur letzten Messung tendenziell einen leichten Anstieg auf, der allerdings nicht direkt mit den Schwankungen der Volumenströme, deren relative Standardabweichungen sich zwischen 1,3 und 3,3% bewegen, korreliert.

Die Standardabweichungen der Konzentrationen liegen mit Ausnahme der 8 pi-Stufe (12,1 mg/m³) zwischen 1,9 und 8,6 mg/m³ und bewegen sich damit überwiegend im Rahmen des Toleranzbereiches nach ISO 16000-28. Die relativen Standardabweichungen sind mit Werten unter 4,9% mit Ausnahme von 0 pi mit 12,4% und 8 pi mit 8,5% als relativ stabil anzusehen.

Schwankungen können vor allem dadurch verursacht werden, dass der Verdünnungsgasstrom aus der Umgebungsluft gewonnen wird und während der Messungen die Abluft nicht aktiv abgeführt wurde. Weiterhin unterliegt die Pumpe, die den Acetongasstrom fördert, einer Drift, sodass aktiv geregelt werden muss. Die Installation einer Abluftanlage sowie die Nachschaltung eines Konstantdruckreglers nach der Pumpe könnten die Schwankungen reduzieren.

Der Vergleich von Soll- und Ist-Werten zeigt, dass die Istwerte mit Ausnahme der 0 pi und 8 pi-Stufe mit über 90% relativ zum Sollwert gut eingestellt sind. Die Abweichung bei der 0 pi-Stufe könnte darauf zurückzuführen sein, dass der PID in diesem Bereich nicht hinreichend genau misst, während die Abweichung in der 8 pi-Stufe darüber nicht zu erklären ist.

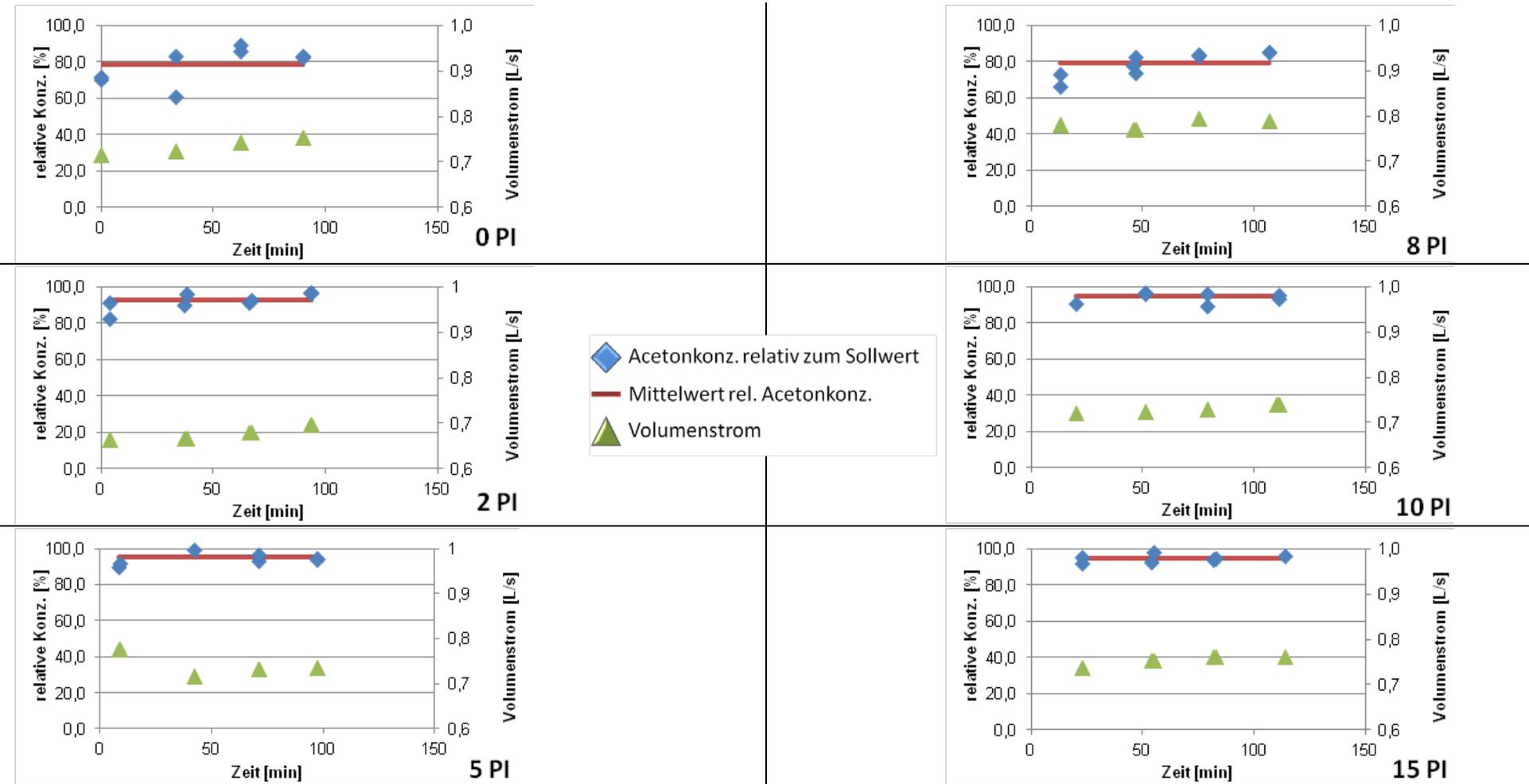


Abbildung 6.12 Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_010

6.8 RVG12_011

Diese eintrichrige Variante des Vergleichsmaßstabes ist über Massenflussregler computergesteuert, sodass jede beliebige pi-Stufe über eine Software eingestellt werden kann. Der Acetongas- und der Verdünnungsgasstrom sind dabei separat einstellbar.

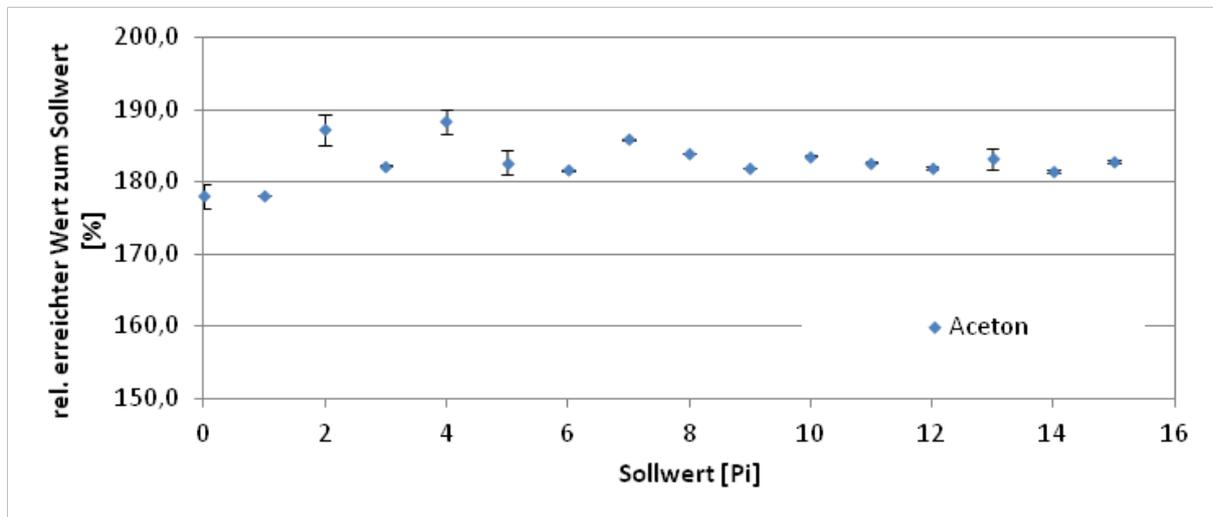


Abbildung 6.13 relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_011

Die Konzentrationen liegen relativ zum Sollwert sehr konstant bei 182-188%, was auf eine fehlerhafte Kalibrierung des verwendeten PID zurückzuführen ist, bei der das Kalibriergas dem PID direkt aus der Prüfgasflasche (mit entsprechend Überdruck) zugeführt wurde. Eine Kalibrierung des PID z.B. über DNPH-Kartuschen und HPLC hat sich in anderen Instituten bewährt und sollte getestet werden.

Für den Volumenstrom liegen keine auswertbaren Messdaten vor, da dieser aufgrund der Regelung mit Massenflussreglern als konstant angenommen wurde, was stichprobenhafte Messungen, die allerdings nicht gesondert aufgezeichnet wurden, bestätigten.

Die Standardabweichungen der generierten Konzentrationen liegen unter $3,5 \text{ mg/m}^3$ und die relativen Standardabweichungen unter 2,1%. Damit sind die Konzentrationen als relativ konstant anzusehen und liegen deutlich unter dem nach ISO 16000-28 tolerierten Wert von 0,5 pi bzw. 10 mg/m^3 .

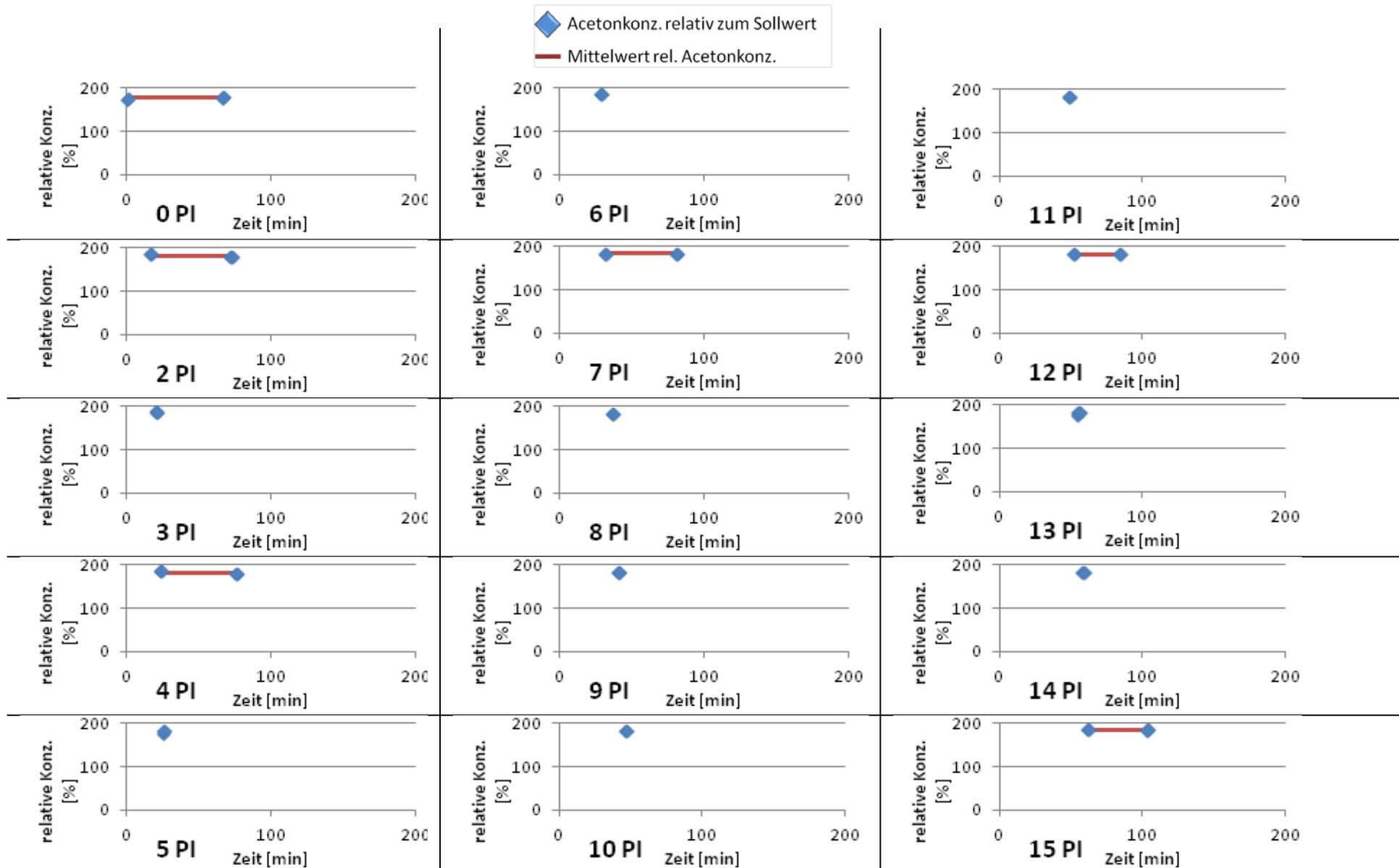


Abbildung 6.14 Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_011

6.9 RVG12_012

Der Vergleichsmaßstab verfügt über 7 Trichter, von denen 6 fest eingestellte Acetonkonzentrationen liefern. Der siebte Trichter dient der Bereitstellung der Vergleichskonzentration.

Da die Soll-Konzentrationen der einzelnen Trichter dieser Messungen nicht verfügbar sind, werden im Folgenden absolute Konzentrationen des Acetons angegeben, die v.a. auf ihre Stabilität hin untersucht werden.

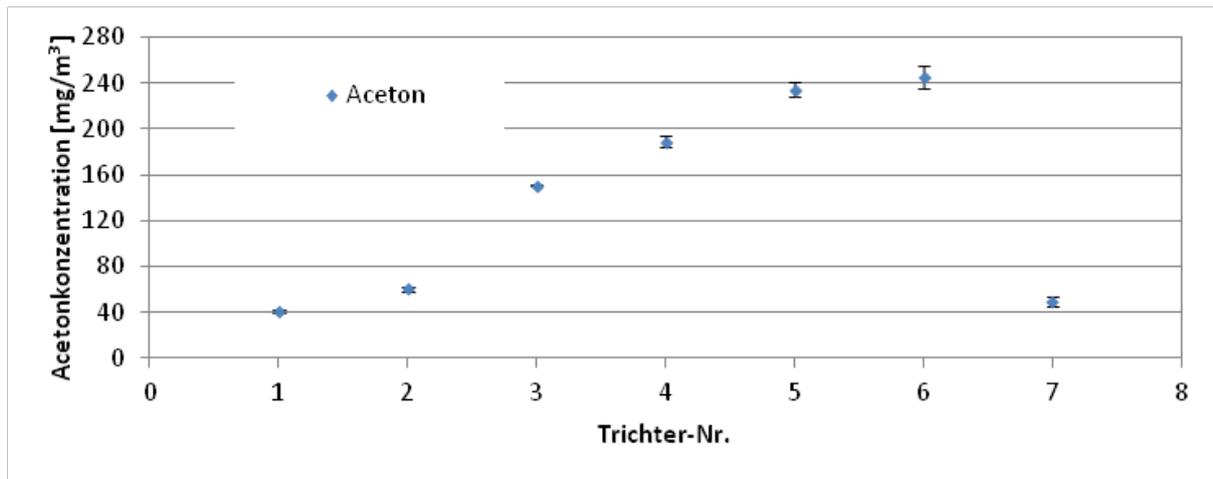


Abbildung 6.15 Acetonkonzentration - RVG12_012

Der Volumenstrom wurde vor Ort angepasst und schien ausreichend konstant zu laufen. Aufgezeichnete Werte zur Volumenstrommessung bezüglich Stabilität sind nicht vorhanden.

Die Werte der Standardabweichungen lassen allerdings ebenfalls vermuten, dass der Volumenstrom relativ konstant eingestellt werden konnte, da diese mit Ausnahme der Trichter 5 und 6 (6,2 und 9,5 mg/m³) unter 5 mg/m³ liegen. Die tolerierten Abweichungen von 0,5 pi bzw. 10 mg/m³ der ISO 16000-28 werden damit deutlich unterschritten und der Vergleichsmaßstab ist somit gut anwendbar.

Die relativen Standardabweichungen liegen mit Ausnahme vom Trichter 7 (8,2%) zwischen 0,4 und 4,2%, was ebenfalls die gute Stabilität der Acetongasbereitstellung bestätigt.

Anhang B – Prüfung Vergleichsmaßstäbe

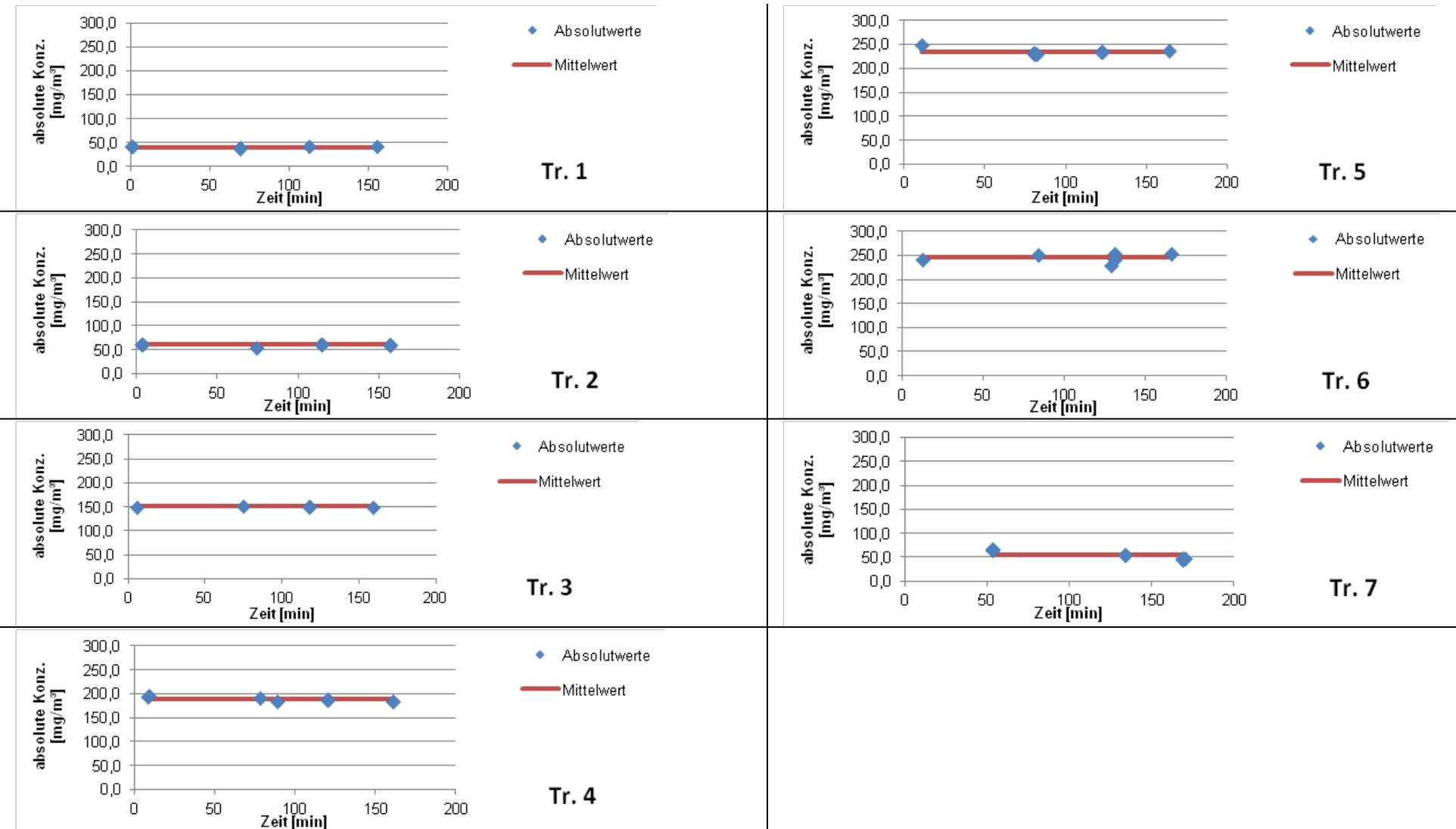


Abbildung 6.16 Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_012

6.10 RVG12_013

Der verwendete Vergleichsmaßstab entspricht im Prinzip dem in der VDI 4302-1 exemplarisch dargestellt Vergleichsmaß. Abweichungen der generierten Acetonkonzentrationen vom Sollwert wurden bereits mit dem unternehmenseigenen PID festgestellt, die mit dem BAM-FID ebenfalls festgestellt werden konnten.

Die Messwerte wurden je Sollwert zeitlich versetzt aufgenommen und fallen teilweise zu späteren Messungen hin deutlich ab (Abbildung 6.19), was sich mit Ausnahme des Sollwerts für 2 pi, in den durchgängig sehr hohen Standardabweichungen von über 10% zeigt. Die generierten Acetonkonzentrationen unterliegen dementsprechend einer sehr hohen Unsicherheit, sodass auch die scheinbar guten Messwerte (Mittelwert der Relativwerte liegt bei rund 100%) für 6, 8 und 10 pi deutlich über der zulässigen Abweichung von 0,5 pi bzw. 10 mg/m³ liegen.

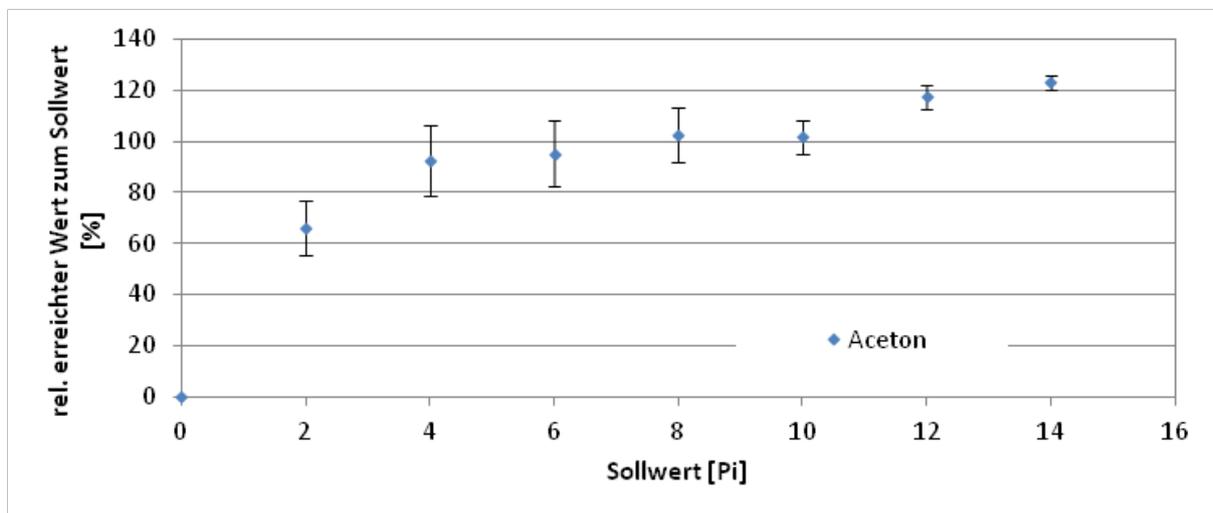


Abbildung 6.17 relativ erreichte Acetonkonzentration - RVG12_013

Der über die Zeit wiederholt gemessene Volumenstrom weist mit einer Standardabweichung von 0,02 L/s und einer relativen Standardabweichung von 3,2% sehr konstante Werte auf und trägt wahrscheinlich nicht zu den ermittelten Konzentrationsschwankungen bei.

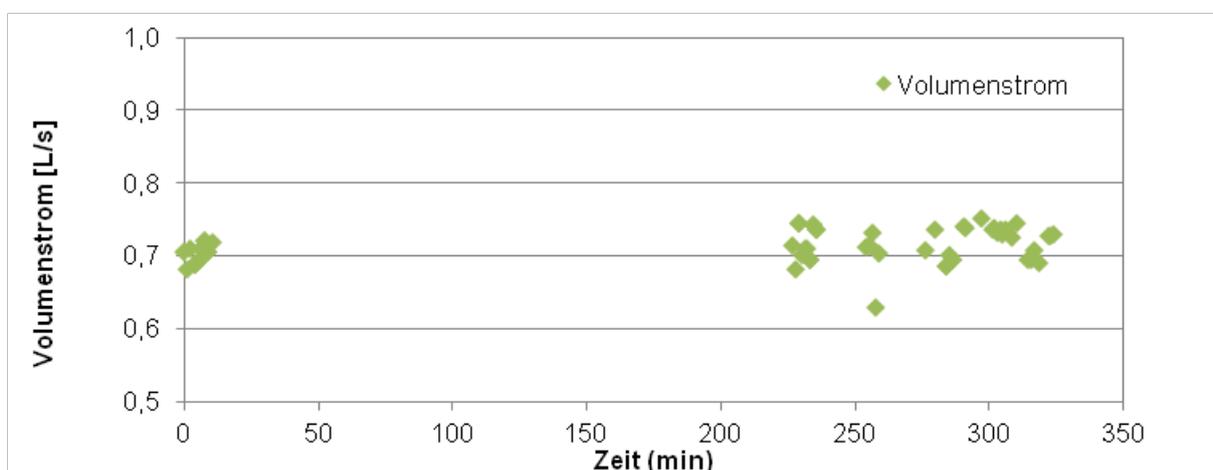


Abbildung 6.18 Volumenstrom – RVG12_013

Die Schwankungen sowie die Abweichungen zum Sollwert konnten inzwischen durch Austausch sämtlicher Dichtungen (v.a. an der Acetonquelle) deutlich reduziert werden.

Anhang B – Prüfung Vergleichsmaßstäbe

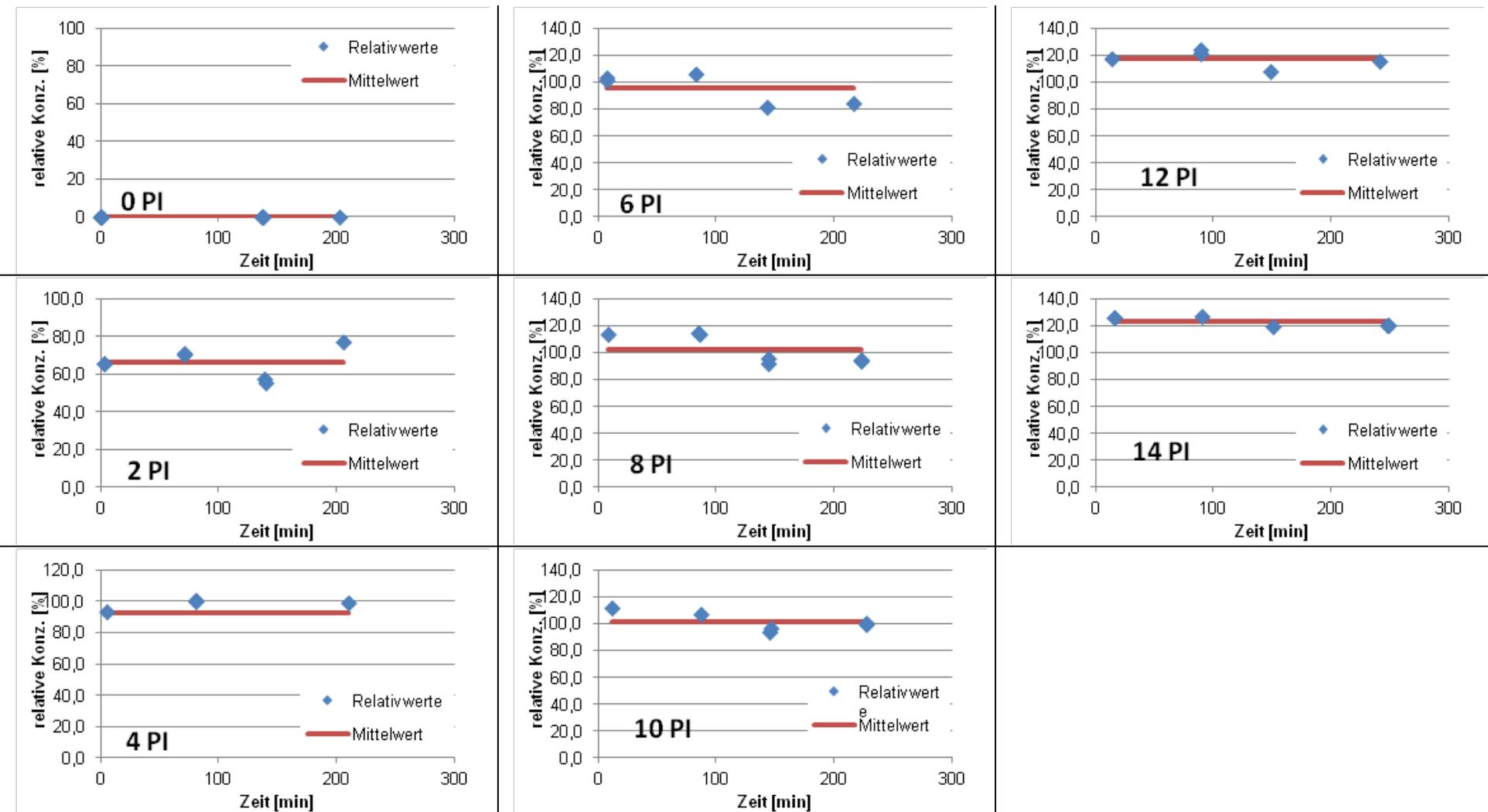


Abbildung 6.19 Gegenüberstellung relativer Konzentrationen und Volumenströme in Abhängigkeit der Zeit - RVG12_013

7. Anhang C – Zusammenstellung: Einzeldaten der Geruchsbewertungen

Dieser Anhang des Berichtes enthält die Einzelbewertungen sowohl der Acetonprüfkonzentrationen als auch der Geruchsbewertungen jedes einzelnen teilnehmenden Instituts. Entsprechend DIN ISO 16000-28 und der VDI 4302-1 sind für die Acetonprüfkonzentrationen maximale Abweichungen von 2,0 pi vom Ist-Wert zulässig. Wurden diese Abweichungen überschritten, wurden die entsprechenden Werte rot unterlegt und die Ergebnisse für eine Auswertung entsprechend VDI 4302-1 um diese Werte bereinigt. Ergebnisse wie Mittelwert, Standardabweichung und das 90%-ige Konfidenzintervall sind entsprechend ebenfalls markiert.

7.1 RVG12_001/002

Tabelle 7.1 RVG12_001/002 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2
Ist-Wert	6	9,5
1	11	11
2	8	11
3	9,5	10,5
4	7	7,5
5	8,5	13
6	6,5	7,5
7	7	10
8	5,5	12
9	6	10
10	7,5	9
11	6,5	9
12	6	13

Tabelle 7.2 RVG12_001/002 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

	5085-13 I		5085-13 II		5085-08/12	
	PI	H	PI	H	PI	H
T in °C	22,5		23		22,1	
rF in %	49		48		30,3	
1	6	-2	3	1	1	4
2	0,5	-1	1	-1	3	1
3	6,5	-3	5,5	-2	2	0
4	3	-1	2	-1	2	0
5	2	1	1	1	4,5	-1
6	2	2	1	2	2	-2
7	5,5	1	1,5	1	2	-1
8	4,5	-2	3,5	-1	8	-1
9	1	-1	3	-1	4	-2
10	1,5	-2	2	-1	4	-3
11	2	-1	4	-2	3	1

Anhang C – Zusammenstellung: Einzeldaten der Geruchsbewertungen

12	2	0	7	-3	5	1
Mittelwert	3,04 2,50	-0,75	2,88 2,25	-0,58	3,38 3,50	-0,25
Standard- abweichung	2,05 1,73	1,48	1,90 1,13	1,51	1,90 2,00	1,86
VB 90%	1,06 1,16	0,77	0,98 0,76	0,78	0,98 1,34	0,97

Tabelle 7.3 RVG12_001/002 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2
Ist-Wert	7,5	11,5
1	10	11
2	7,5	10
3	9,5	13,5
4	7	10,5
5	7	8,5
6	6	10,5
7	8	11,5
8	11	9,5
9	5,5	9,5
10	6	10
11	4	9
12	8	11

Tabelle 7.4 RVG12_001/002 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

	5085-13 I		5085-13 II		5085-08/12	
	PI	H	PI	H	PI	H
T in °C	22,0				22,5	
rF in %	51				50	
1	7	-1	2	1	1	1
2	1	1	0,5	0	2,5	-1
3	5	-3	2	-1	3	-2
4	3	-1	2,5	0	1,5	-1
5	2	-1	5	-1	1	0
6	0,5	0	2,5	1	5	0
7	4,5	0	1,5	0	3,5	-1
8	1,5	2	3,5	1	2	-1
9	2,5	0	0,5	-1	6	1
10	1,5	0	1	1	2,5	-3
11	2	-2	4	-2	6	-1
12	3	-1	5	-1	2	1
Mittelwert	2,79 2,63	-0,50	2,50 1,94	-0,17	3,00 3,25	-0,58
Standard- abweichung	1,88 1,60	1,31	1,58 1,47	1,03	1,78 1,54	1,24
VB 90%	0,97 1,07	0,68	0,82 0,99	0,53	0,92 1,03	0,64

Tabelle 7.5 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_001/002 und gesamt

Tag Probennummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_001/002	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_001/002	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt
Tag 3 5085-13 I	3,04	5,21	2,50	5,18
Tag 7 5085-13 I	2,79	4,64	2,63	4,54
Tag 3 5085-13 II	2,88	5,21	2,25	5,18
Tag 7 5085-13 II	2,50	4,64	1,94	4,54
Tag 3 5085-08/12	3,38	5,21	3,50	5,18
Tag 7 5085-08/12	3,00	4,64	3,25	4,54

7.2 RVG12_003

Tabelle 7.6 RVG12_003 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	6	3	12	9
1	9	6	9	8
2	6	5	10	10
3	9	6	12	9
4	13	9	12	9
5	6	6	12	9
6	6	3	15	12
7	7,5	0	12	9
8	8	3	10	11
9	9	6	10	8
10	12	3	12	6
11	8	3	12	9

Tabelle 7.7 RVG12_003 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

5085-10/11		
	PI	H
T in °C	23 °C ± 1 °C	
rF in %	50 % ± 5 %	
1	3	-2
2	4	-1
3	3	4
4	6	-2
5	3	-2
6	1	0
7	3	-1
8	5	-2
9	3	-1
10	3	0
11	3	2
12		-2
13		0
14		-1
15		-2
Mittelwert	3,36 3,60	-0,67
Standardabweichung	1,29 0,89	1,72
VB 90%	0,70 0,85	0,78

Tabelle 7.8 RVG12_003 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	9	3	12	6
1	12	8	12	10
2	10	7	13	8
3	9	6	12	6
4	6	3	15	9
5	7	3	10	6
6	7,5	3	10	6
7	12	6	12	9
8	3	3	12	6
9	7	5	11	8
10	9	3	9	6
11	9	4,5	12	6

Tabelle 7.9 RVG12_003 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

5085-10/11		
	PI	H
T in °C	23 °C ± 1 °C	
rF in %	50 % ± 5 %	
1	3	0
2	4	2
3	3	4
4	0	0
5	3	0
6	3	3
7	3	-1
8	2	0
9	2	0
10	5	0
11	3	0
12		0
13		0
14		0
15		0
Mittelwert	2,82 3,13	0,53
Standard- abweichung	1,25 0,99	1,36
VB 90%	0,68 0,66	0,62

Tabelle 7.10 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_003 und gesamt

Tag Probennummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_003	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_003	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt
Tag 3	3,36	5,21	3,60	5,18
Tag 7	2,82	4,64	3,13	4,54

7.3 RVG12_005

Tabelle 7.11 RVG12_005 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	11	3	0	8
1	12	2	0	8
2	4	6	3	10
3	7	3	2	9
4	3	3	0	6
5	10	3	0	8
6	10	6	2	6
7	9	0	0	6
8	10	5	2	6
9	7	2	2	4
10	5	4	0	11
11	8	4	5	5
12	8	2	0	5

Tabelle 7.12 RVG12_005 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

5085-10/11		
	PI	H
T in °C		
rF in %		
1	1	2
2	4	-1
3	8	0
4	10	-2
5	2	-2
6	4	1
7	5	0
8	9	0
9	1	-1
10	4	-1
11	4	1
12	5	0
Mittelwert	4,75 5,57	-0,25
Standard- abweichung	2,93 3,51	1,22
VB 90%	1,52 2,57	0,63

Tabelle 7.13 RVG12_005 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	6	9	11	3
1	4	3	8	3
2	3	9	11	0
3	5	9	7	2
4	5	0	8	4
5	10	10	12	6
6	3	10	7	-
7	1	8	4	5
8	7	2	5	2
9	4	9	11	1
10	9	10	3	6
11	2	4	2	3
12	1	10	8	0

Tabelle 7.14 RVG12_005 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

		5085-10/11	
		PI	H
T in °C	rF in %		
1		9	-2
2		3	-2
3		2	1
4		6	2
5		5	0
6		3	0
7		5	0
8		2	-1
9		6	1
10		4	0
11		2	0
12		5	2
Mittelwert		4,33 4,00	0,08
Standard- abweichung		2,10 2,83	1,31
VB 90%		1,09 12,63	0,68

Tabelle 7.15 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_005 und gesamt

Tag Probennummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_008	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_008	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt
Tag 3	4,75	5,21	5,57	5,18
Tag 7	4,33	4,64	4,00	4,54

7.4 RVG12_006

Tabelle 7.16 RVG12_006a Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	4	6	15	10
1	11	8	5	5
2	5	7	12	8
3	3	6	12	8
4	3	5	10	4
5	4	7	14	3
6	1	8	14	10
7	7	6	10	16
8	4	3	13	8
9	5	7	13	2
10	X*	X*	X*	X*
11	X*	X*	X*	X*

X* steht für abweichende Aceton-Test-Konzentrationen in der Kalibrierung | Abweichungen der ermittelten Werte von der Test-Konzentration >2 pi sind ebenfalls rot markiert

Tabelle 7.17 RVG12_006a Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

	5085-09 I	
	PI	H
T in °C	22,1	
rF in %	52,8	
1	11	-4
2	10	-2
3	7	1
4	6	-1
5	2	0
6	5	-2
7	6	0
8	12	-2
9	6	-1
10	2	0
11	5	-1
Mittelwert	6,55 6,29	-1,09
Standard- abweichung	3,30 3,77	1,38
VB 90%	1,80 2,77	0,75

Tabelle 7.18 RVG12_006a Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	6	10	14	5
1	2	8	11	2
2	7	10	12	4
3	4	12	6	7
4	7	4	11	4
5	5	8	11	5
6	4	10	14	6
7	5	8	14	6
8	X*	X*	X*	X*

X* steht für abweichende Aceton-Test-Konzentrationen in der Kalibrierung | Abweichungen der ermittelten Werte von der Test-Konzentration >2 pi sind ebenfalls rot markiert

Tabelle 7.19 RVG12_006a Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

5085-09 I			
	PI	H	
T in °C	23		
rF in %	51,1		
1	5	-2	
2	10	-2	
3	5	-1	
4	8	0	
5	9	-3	
6	4	-2	
7	4	0	
8	4	-1	
Mittelwert	6,13 6,00	-1,38	
Standard-abweichung	2,47 2,76	1,06	
VB 90%	1,66 2,27	0,71	

Tabelle 7.20 RVG12_006b Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	6	3	9	12
1	5	2	5	5
2	6	3	7	11
3	4	4	9	10
4	7	4	10	11
5	8	4	5	13
6	5	6	10	11
7	4	4	10	14
8	9	3	11	12
9	7	2	8	13
10	7	5	10	13
11	X*	X*	X*	X*
12	X*	X*	X*	X*

X* steht für abweichende Aceton-Test-Konzentrationen in der Kalibrierung | Abweichungen der ermittelten Werte von der Test-Konzentration >2 pi sind ebenfalls rot markiert

Tabelle 7.21 RVG12_006b Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

5085-09			
	PI		H
T in °C			
rF in %			
1	8		-2
2	9		-1
3	3		-2
4	11		-2
5	4		-2
6	5		-1
7	3		1
8	2		-1
9	5		0
10	3		0
11	1		0
12	4		-1
Mittelwert	4,83 4,55		-0,92
Standardabweichung	3,01 2,98		1,00
VB 90%	1,56 1,63		0,52

Tabelle 7.22 RVG12_006b Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	9	1	4	5
1	8	2	5	8
2	11	3	5	8
3	7	4	3	7
4	5,5	2	5	5
5	7	2	5	8
6	8	2	7	6
7	9	3	5	6
8	X*	X*	X*	X*

X* steht für abweichende Aceton-Test-Konzentrationen in der Kalibrierung | Abweichungen der ermittelten Werte von der Test-Konzentration >2 pi sind ebenfalls rot markiert

Tabelle 7.23 RVG12_006b Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

5085-09		
	PI	H
T in °C	22,05	
rF in %	50,35	
1	8	-3
2	5	-1
3	3	-1
4	6	0
5	7	-3
6	4	-2
7	3	-1
8	5	-2
9*	5	0
Mittelwert	5,11	-1,44
Standard- abweichung	1,69	1,13
VB 90%	1,05	0,70

* Prüfer nicht in Acetonprüfung aufgeführt

Tabelle 7.24 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_006 und gesamt

Tag Probennummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_006	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_006	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt
Tag 3 5085-09 I	6,55	5,21	5,57	5,18
Tag 7 5085-09 I	6,13	4,64	4,67	4,54
Tag 3 5085-09 II	4,75	5,21	5,57	5,18
Tag 7 5085-09 II	4,33	4,64	4,67	4,54

7.5 RVG12_008

Tabelle 7.25 RVG12_008 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2
	6	12
1	3	12
2	6	12
3	3	9
4	8	10
5	6	9
6	3	9
7	3	12
8	6	9

Tabelle 7.26 RVG12_008 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

Prüfer	5085-07		H
	PI		
T in °C			
rF in %			
1	12		1
2	10		2
3	3		1
4	3		-1
5	9		-1
6	3		-2
7	12		-2
8	6		-2
Mittelwert	7,25	6,50	-0,50
Standardabweichung	3,99	4,95	1,60
VB 90%	2,67	22,10	1,07

Tabelle 7.27 RVG12_008 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2
	6	12
1	5	9
2	9	12
3	2	6
4	3	15
5	6	12
6	6	12
7	3	12
8	6	9

Tabelle 7.28 RVG12_008 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

Prüfer	5085-07	H
T in °C	PI	
rF in %		
1	3	-1
2	15	-1
3	9	-1
4	6	-1
5	3	-2
6	9	0
7	6	1
8	6	-1
Mittelwert	7,13 6,00	-0,75
Standardabweichung	3,91 4,24	0,89
VB 90%	2,62 18,94	0,59

Tabelle 7.29 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_008 und gesamt

Tag Probennummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_008	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_008	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt
Tag 3 5085-07	7,25	5,21	6,50	5,18
Tag 7 5085-07	7,13	4,64	6,00	4,54

7.6 RVG12_009

Tabelle 7.30 RVG12_009 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	3	9	12	6
1	3	12	12	6
2	3	6	12	6
3	4	6	12	9
4	4	12	12	6
5	3	9	9	6
6	4	7	9	7
7	4	6	8	6
8	2	6	8	6
9	2	7	8	6

Tabelle 7.31 RVG12_009 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

	5085-24		5085-24	
	PI	H	PI	H
T in °C	21,2		21,2	
rF in %	40,4		40,4	
1	6	-1	3	-1
2	3	1	6	2
3	5	-2	7	-1
4	4	-1	2	-1
5	3	0	3	0
6	5	-1	3	-1
7	6	-2	5	-2
8	3	-1	3	-1
9	2	2	3	1
Mittelwert	4,11 3,83	-0,56	3,89 3,33	-0,44
Standard- abweichung	1,45 2,76	1,33	1,69 1,37	1,24
VB 90%	0,90 2,27	0,83	1,05 1,12	0,77

Tabelle 7.32 RVG12_009 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	3	9	6	12
1	2	9	6	12
2	5	10	9	12
3	4	9	6	12
4	3	9	6	9
5	3	7	6	8
6	3	6	5	9
7	2	8	5	9
8	4	6	5	10
9	5	7	5	8

Tabelle 7.33 RVG12_009 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

	5085-24		5085-24	
	PI	H	PI	H
T in °C	19,5		19,5	
rF in %	39,1		39,1	
1	3	0	3	0
2	6	0	3	0
3	3	-1	3	-1
4	5	-1	4	-1
5	2	-1	3	-1
6	3	1	5	1
7	2	-1	2	-1
8	4	-1	3	-1
9	3	1	3	1
Mittelwert	3,44 3,50	-0,33	3,22 3,00	-0,33
Standard- abweichung	1,33 1,41	0,87	0,83 0,53	0,87
VB 90%	0,83 0,95	0,54	0,52 0,36	0,54

Tabelle 7.34 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_009 und gesamt

Tag Probennummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_009	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_009	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt
Tag 3 5085-24 I	4,11	5,21	3,83	5,18
Tag 7 5085-24 I	3,44	4,64	3,50	4,54
Tag 3 5085-24 II	3,89	5,21	3,33	5,18
Tag 7 5085-24 II	3,22	4,64	3,00	4,54

7.7 RVG12_010

Tabelle 7.35 RVG12_010 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2
Ist-Wert	3	9
1	5	7
2	4	10
3	3	10
4	4	11
5	4	10
6	4	10
7	3	8
8	5	9

Tabelle 7.36 RVG12_010 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

	5085-24		5085-24	
	PI	H	PI	H
T in °C	23		23	
rF in %	50		50	
1	2	-1	1	0
2	7	-1	4	-3
3	5	-2,5	6	-0,5
4	5	-1	3	-3
5	2	-2	3	-2
6	5	-1,5	6	-2,5
7	8	-1,5	6	-1
8	2,5	-2	2	1
9		-2		0
10		-1		-2
11		-1		-2
12		1		1
13		-2		-1
14		-0,5		-1
Mittelwert	4,56	-1,29	3,88	-1,14
Standard- abweichung	2,26	0,87	1,96	1,34
VB 90%	1,51	0,41	1,31	0,63

Tabelle 7.37 RVG12_010 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2
Ist-Wert	6	10
1	4	9
2	7	10
3	7	11
4	7	10
5	8	9
6	6	9
7	5	10
8	8	10
9	6	11
10	7	9
11	6	12
12	4	10

Tabelle 7.38 RVG12_010 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

	5085-24		5085-24	
	PI	H	PI	H
T in °C	19,5		19,5	
rF in %	39,1		39,1	
1	3	0	3	0
2	6	0	3	0
3	3	-1	3	-1
4	5	-1	4	-1
5	2	-1	3	-1
6	3	1	5	1
7	2	-1	2	-1
8	4	-1	3	-1
9	3	1	3	1
10				
11				
12				
Mittelwert	4,50	-0,71	3,17	-0,42
Standard- abweichung	3,66	1,05	2,55	0,79
VB 90%	1,90	0,55	1,32	0,41

Tabelle 7.39 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_010 und gesamt

Tag Probennummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_010	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_010	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt
Tag 3 5085-19 I	4,56	5,21	4,56	5,18

Tag 7				
5085-19 I	4,50	4,64	4,50	4,54
Tag 3				
5085-19 II	3,88	5,21	3,88	5,18
Tag 7				
5085-19 II	3,17	4,64	3,17	4,54

7.8 RVG12_011

Tabelle 7.40 RVG12_011 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3
Ist-Wert	7	12	3
1	9	12	3
2	6	14	1
3	10	10	4
4	7	9	5
5	6	12	3
6	6	12	2
7	6	13	2
8	6	13	1
9	5	11	2
10	8	15	4

Tabelle 7.41 RVG12_011 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

5085-04/06		
	PI	H
T in °C	22,9	
rF in %	39,6	
1	5	3
2	4	-1
3	13	0
4	5	-3
5	12	0
6	6	-2
7	7	-1
8	8	-1
9	8	-3
10	8	-1
Mittelwert	7,60	-0,90
Standard- abweichung	2,95	1,73
VB 90%	1,71	1,00

Tabelle 7.42 RVG12_011 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	7	12	3	11
1	8	12	3	9
2	7	11	3	10
3	8	9	4	8
4	3	11	2	11
5	8	10	5	9
6	7	10	4	10
7	6	11	4	11
8	8	9	7	10

Tabelle 7.43 RVG12_011 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

5085-04/06		
	PI	H
T in °C	22	
rF in %	38,5	
1	6	3
2	10	-1
3	8	-1
4	13	-1
5	8	-1
6	11	0
7	6	-1
8	9	-3
9		0
Mittelwert	8,88 9,00	-0,56
Standard- abweichung	2,42 2,83	1,59
VB 90%	1,62 2,33	0,99

Tabelle 7.44 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_011 und gesamt

Tag Probennummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_011	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_011	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt
Tag 3 5085-04/06	7,60	5,21	7,60	5,18
Tag 7 5085-04/06	8,88	4,64	9,00	4,54

7.9 RVG12_12

Tabelle 7.45 RVG12_012 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2
Ist-Wert	4	5
1	5	7
2	4	5
3	2	6
4	3	6
5	3	4
6	3	4
7	1	2
8	5	6

Tabelle 7.46 RVG12_012 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

	5085-14	
	PI	H
T in °C	21	
rF in %	50	
1	6	-1
2	8	2
3	13	-2
4	5	0
5	4	-1
6	5	0
7	7	0
8	5	-1
Mittelwert	6,63 6,57	-0,38
Standardabweichung	2,88 3,10	1,19
VB 90%	1,93 2,28	0,80

Tabelle 7.47 RVG12_012 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2
Ist-Wert	6	3
1	1	3
2	5	3
3	1	1
4	2	1
5	3	1
6	7	4
7	5	3
8	6	4

Tabelle 7.48 RVG12_012 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

5085-14		
	PI	H
T in °C		
rF in %		
1	6	1
2	3	-1
3	4	0
4	3	-1
5	7	-1
6	8	-1
7	6	0
8	6	0
Mittelwert	5,38 5,50	-0,38
Standard- abweichung	1,85 1,73	0,74
VB 90%	1,24 2,04	0,50

Tabelle 7.49 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_012 und gesamt

Tag Proben- nummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_012	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_012	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten / trainiert RVG12_012
Tag 3 5085-14	6,63	5,21	6,57	5,18	5,00
Tag 7 5085-14	5,38	4,64	5,50	4,54	5,50

7.10 RVG12_13

Tabelle 7.50 RVG12_013 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	5	9	9	11
1	6	11	11	15
2	6	10	11	12
3	4	9	7	10
4	5	9	11	5
5	6	11	10	12
6	4	9	10	13
7	5	9	8	13
8	5	8	7	10
9	5	9	12	13
10	7	7	9	8
11	6	10	10	12
12	5	10	10	4
13	4	8	12	9
14	5	9	10	12
15	6	9	12	10
16	6	11	10	8
17	3	8	5	12
18	6	6	12	7
19	6	11	8	12
20	4	14	4	8

Tabelle 7.51 RVG12_013 Tag 3: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

	5085-22	
	PI	H
T in °C	21	
rF in %	50	
1	5	1
2	4	-1
3	7	1
4	4	0
5	8	-1
6	4	2
7	8	1
8	4	-2
9	4	-1
10	6	-2
11	5	-1
12	5	2
13	4	-1
14	5	0
15	4	1
16	7	-1
17	3	-1
18	12	-1
19	6	0
20	2	0
Mittelwert	5,35 5,17	-0,20
Standardabweichung	2,23 1,50	1,20
VB 90%	0,86 0,62	0,46

Tabelle 7.52 RVG12_013 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2	Aceton 3	Aceton 4
Ist-Wert	3	7	8	11
1	3	8	5	11
2	3	7	11	4
3	4	10	8	4
4	6	5	6	10
5	2	7	9	10
6	3	4	7	4
7	5	9	8	12
8	4	9	7	10
9	3	7	8	13
10	4	11	8	6
11	4	7	13	11
12	4	8	8	6
13	3	6	10	13
14	1	9	6	12
15	2	7	10	11
16	5	8	6	12
17	2	7	9	12
18	5	8	10	6
19	2	5	7	10
20	3	8	8	11
21	6	9	10	13

Tabelle 7.53 RVG12_013 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

5085-22		
	PI	H
T in °C		
rF in %		
1	7	2
2	5	0
3	2	2
4	3	0
5	3	-1
6	2	0
7	3	1
8	4	0
9	3	0
10	4	1
11	8	-1
12	2	0
13	3	1
14	9	2
15	3	0
16	8	0
17	5	-1
18	3	-2
19	3	2
20	4	-1
21	3	0
Mittelwert	4,14 4,35	0,24
Standard- abweichung	2,10 2,21	1,14
VB 90%	0,79 0,93	0,43

Tabelle 7.54 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_013 und gesamt

Tag Probennummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_013	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_013	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt
Tag 3 5085-22	5,35	5,21	5,17	5,18
Tag 7 5085-22	4,14	4,64	4,35	4,54

7.11 RVG12_014

Tabelle 7.55 RVG12_014 Tag 3: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2
Ist-Wert	7	13
1	4 (8)	13
2	7	13,5
3	7	13,5
4	6	15
5	3 (8)	13
6	5	12
7	9	15
8	8	13
9	8	15

Tabelle 7.56 RVG12_014 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

T in °C rF in %	5085-18		5085-23		5085-27	
	PI	H	PI	H	PI	H
1	11	0	9	0	14	-2
2	11	-1,5	7	-2	8	-1
3	7,5	-1	8	-1,5	7	-1,5
4	11	-1	6	-1,5	6,5	-1
5	11,5	-2	11	-2	10	0
6	4,5	0	7,5	-3	8	-2
7	4	-1	2	-1	6	-1
8	4	-1	2	-2	2	-1
9	6,5	-1,5	6	-1	6,5	-1
Mittelwert	7,89 6,93	-1,00	6,50 5,50	-1,56	7,56 6,29	-1,17
Standardabweichung	3,28 3,07	0,66	2,98 2,50	0,85	3,24 2,04	0,61
VB 90%	2,03 2,26	0,41	1,85 1,84	0,52	2,01 1,50	0,38

Tabelle 7.57 RVG12_014 Tag 7: Acetonprüfkonzentrationen

Prüfer	Aceton 1	Aceton 2
Ist-Wert	13	7
1	10	8
2	15	8
3	7 (13)	7
4	12	7
5	8 (12)	5,5
6	11	7
7	12	7
8	9 (13)	8
9	9 (11)	7
10	11	7
11	13	7,5

Tabelle 7.58 RVG12_014 Tag 7: Prüfergebnisse Geruchsbewertung

T in °C rF in %	5085-18		5085-23		5085-27				
	PI	H	PI	H	PI	H			
1	4	-1,5	6	-1,5	6	-1,5			
2	3	0	4	0	5	-2			
3	7	-1	6	-1	6	-1			
4	5	-0,5	3	-0,5	4	-0,5			
5	4,5	2	2,5	3	4	2			
6	2	-0,5	3	-1	4	-1			
7	3	-2	4	-3	4	-2			
8	6	-1	6	-2	5	-1			
9	1,5	0,5	5,5	-1,5	5,5	-0,5			
10	5	-1,5	9	-2	4,5	-1			
11	4	-1	7	-0,5	5,5	-1			
Mittelwert	4,09	3,67	-0,59	5,09	5,00	-0,91	4,86	4,50	-0,86
Standardabweichung	1,66	1,21	1,11	1,99	2,45	1,55	0,81	0,63	1,07
VB 90%	0,90	1,00	0,61	1,08	2,02	0,84	0,44	0,52	0,59

Tabelle 7.59 Mittelwerte: empfundene Intensitäten RVG12_014 und gesamt

Tag Probennummer	Mittelwert Rohdaten RVG12_014	Mittelwerte Rohdaten gesamt	Mittelwert bereinigte Daten RVG12_014	Mittelwerte bereinigte Daten gesamt
Tag 3 5085-18	7,89	5,21	6,93	5,18
Tag 7 5085-18	4,09	4,64	3,67	4,54
Tag 3 5085-23	6,50	5,21	5,50	5,18
Tag 7 5085-23	5,09	4,64	5,00	4,54
Tag 3 5085-27	7,56	5,21	6,29	5,18
Tag 7 5085-27	4,86	4,64	4,50	4,54
Tag 3 gesamt	7,31	5,21	6,24	5,18
Tag 7 gesamt	4,68	4,64	4,39	4,54

7.12 VOC-Analysenwerte

Tabelle 7.60 GC-MS Analysenwerte Institute RVG12_001 bis RVG12_010

	RVG12_001	RVG12_003	RVG12_005	RVG12_006	RVG12_008	RVG12_009	RVG12_010
1-Butanol*	14,5	4,9	11,4	9,8	17,3	8,5	10,5
Propylenglykol*	67,9	66,8	38,6	45,2	51,1	31,6	48,3
Hexamethylcyclotri-siloxan*	0,8	0,8	1,2	1,1	1,0	12,8	0,0
n-Butylether*	9,1	8,2	7,2	7,1	12,4	5,9	14,0
nicht identifizierte VOC	22,8	25,1	23,2	21,6	34,6	20,5	42,0
nicht identifizierte VOC	4,4	4,5	5,7	4,2	8,4	10,3	8,9
nicht identifizierte VOC	29,1	36,0	28,0	36,0	39,5	27,0	55,2
nicht identifizierte VOC	23,2	34,1	19,9	33,9	32,9	12,6	40,5
Summe nicht identifizierter VOC	79	100	77	96	115	70	147

Tabelle 7.61 GC-MS Analysenwerte Institute RVG12_011 bis RVG12_14e/f

	RVG12_011	RVG12_012	RVG12_013	RVG12_014a	RVG12_014b	RVG12_014c	RVG12_014d
1-Butanol*	17,2	15,6	15,2	12,0	14,5	5,8	11,6
Propylenglykol*	85,9	#DIV/0!	54,9	111,9	87,3	93,6	75,0
Hexamethylcyclotri-siloxan*	0,9	0,9	6,0	6,3	8,3	2,7	3,2
n-Butylether*	10,1	1,2	8,6	8,9	9,6	7,9	8,2
nicht identifizierte VOC	28,0		23,4	26,1	28,9	21,4	26,3
nicht identifizierte VOC	6,7		3,9	13,3	5,1	4,6	4,1
nicht identifizierte VOC	54,4		34,0	41,1	39,4	33,4	25,7
nicht identifizierte VOC	40,6		36,0	42,0	37,9	35,0	42,2
Summe nicht identifizierter VOC	130	0	97	122	111	94	98