

03. November 2022

2. PA-Sitzung

Die Prüfung von Adsorptionsfiltern gegenüber polaren VOC und Bewertung des Leistungsvermögens gegenüber Schadgasen nach ISO 10121-3

FV-Nr. 21857 N, Laufzeit 01.10.2021-30.06.2024

U. Sager, U. Schneiderwind, E. Däuber, C. Asbach

An-Institut der

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

AP1 - Adsorptionsverhalten polarer Adsorptive

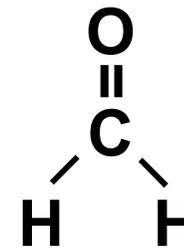
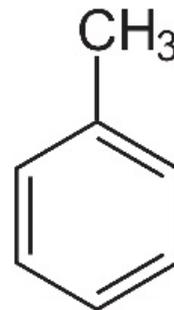
- Untersuchung des Adsorptionsverhaltens von Formaldehyd, Acetaldehyd, Hexanal und Isovaleraldehyd an bekannten Sorbentien/Modifikationen bei verschiedener Luftfeuchte bei verschiedenen Rohgasvolumenanteilen

AP2 - Evaluierung des Entwurfs für Teil 3 der ISO 10121

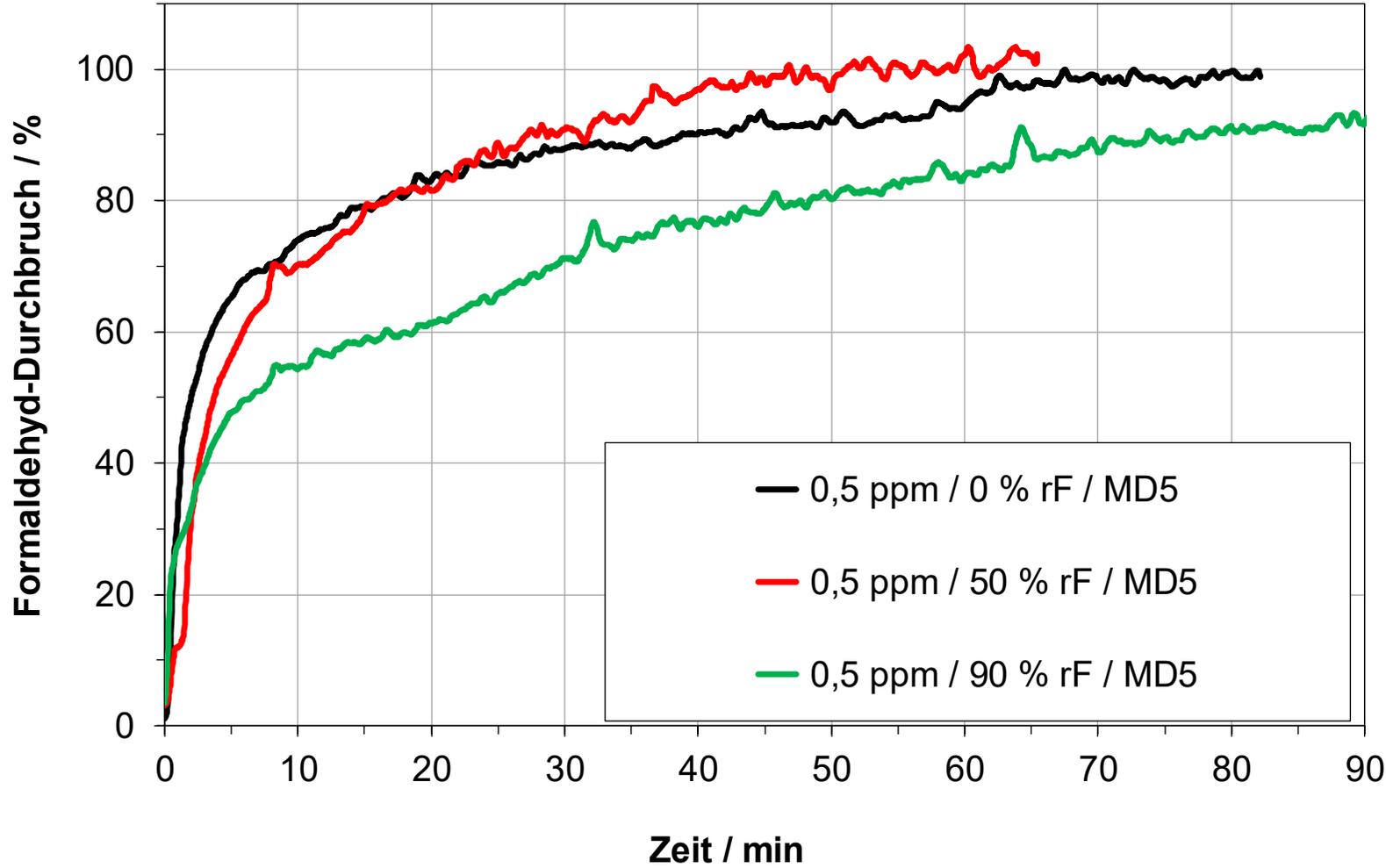
- Durchführung der beschriebenen Methode zur Klassifizierung von Adsorptionsfiltern für Raumluftanwendungen

Eigenschaft	Toluol	Formaldehyd
Summenformel	C_7H_8	CH_2O
Molare Masse [g mol ⁻¹]	92,14	30,03
Schmelzpunkt [°C]	-95	-117
Siedepunkt [°C]	111	-19
Dampfdruck# [hPa]	29,1	4300-4400
Löslichkeit# [mg l ⁻¹]	520	leicht löslich

bei 20 °C

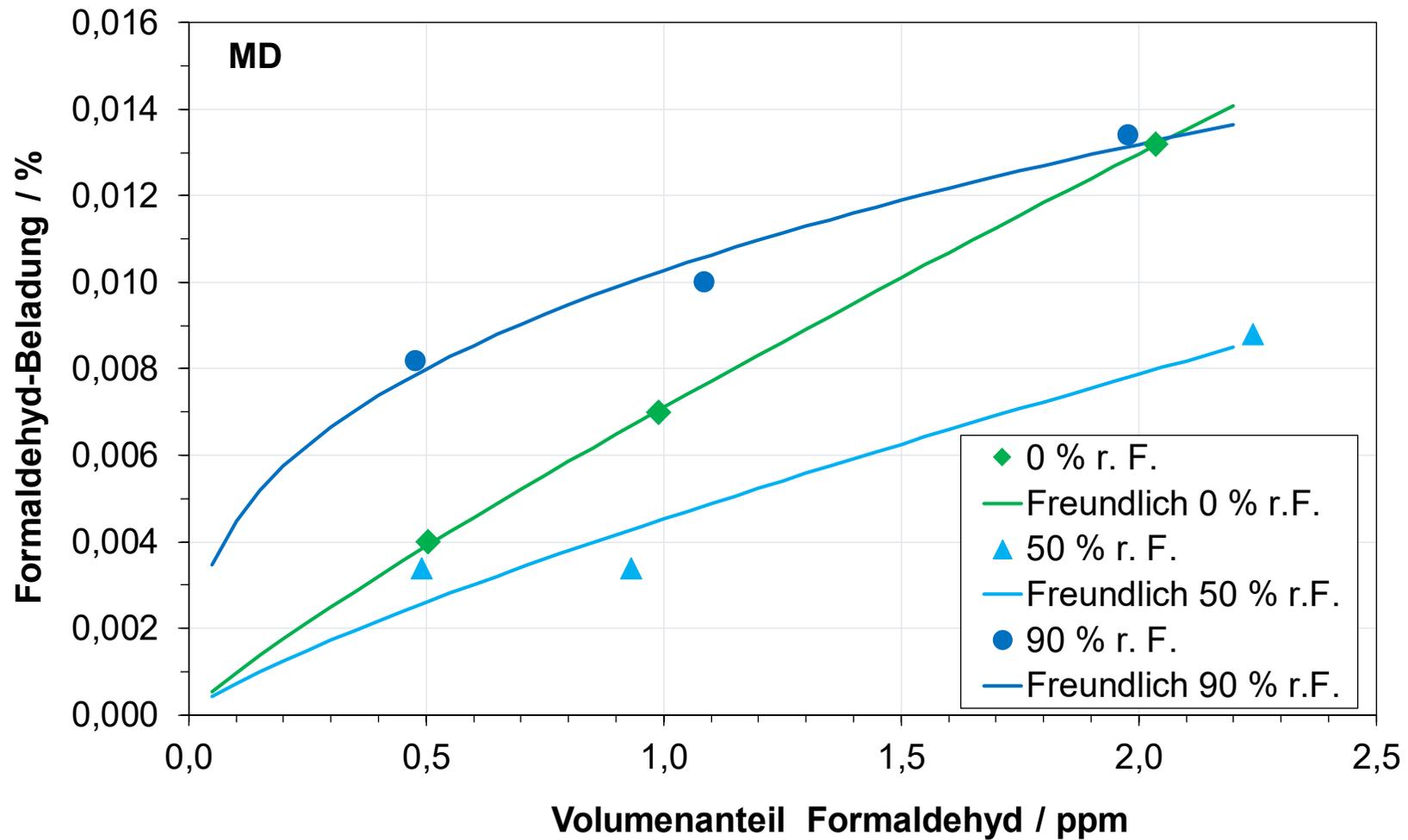


AP1 - Feuchteeinfluss auf Formaldehyd-Durchbruch



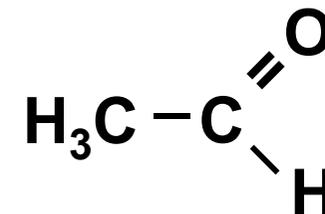
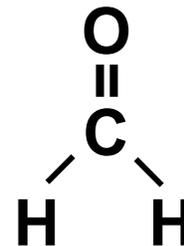
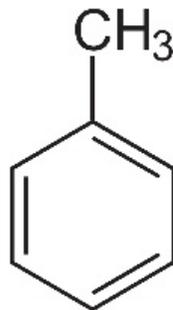
MD, $c_1=0,5$ ppm, 23 °C, 50 % r. F., 0,25 m/s, Aktivkohlepellets, 5 g Sorbens

AP1 - Adsorptionsgleichgewicht Formaldehyd / 23 °C

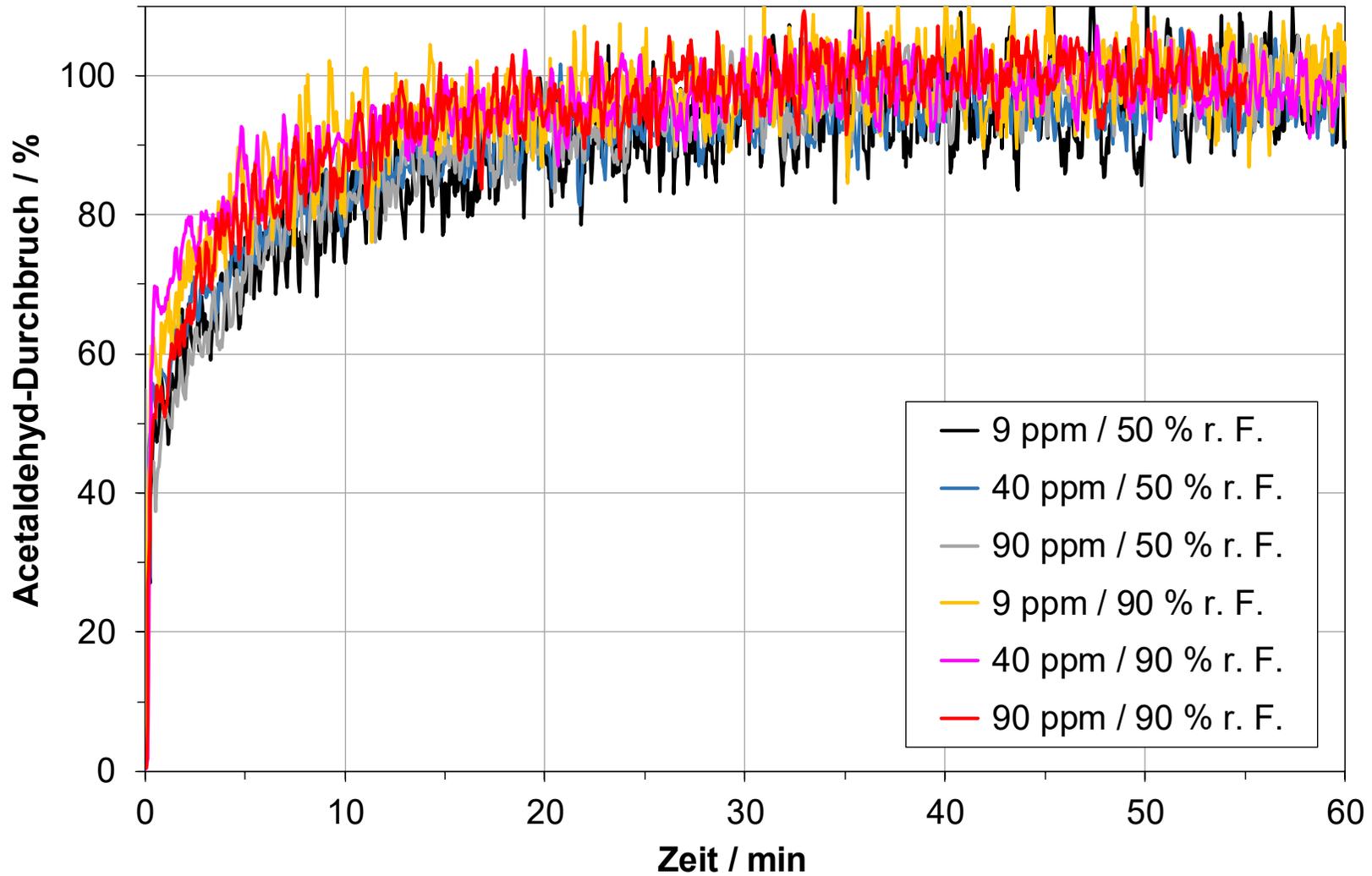


Eigenschaft	Toluol	Formaldehyd	Acetaldehyd
Summenformel	C_7H_8	CH_2O	C_2H_4O
Molare Masse [g mol ⁻¹]	92,14	30,03	44,1
Schmelzpunkt [°C]	-95	-117	-123
Siedepunkt [°C]	111	-19	20
Dampfdruck [#] [hPa]	29,1	4300-4400	1006
Löslichkeit [#] [mg l ⁻¹]	520	leicht löslich	mischbar mit Wasser

[#] bei 20 °C

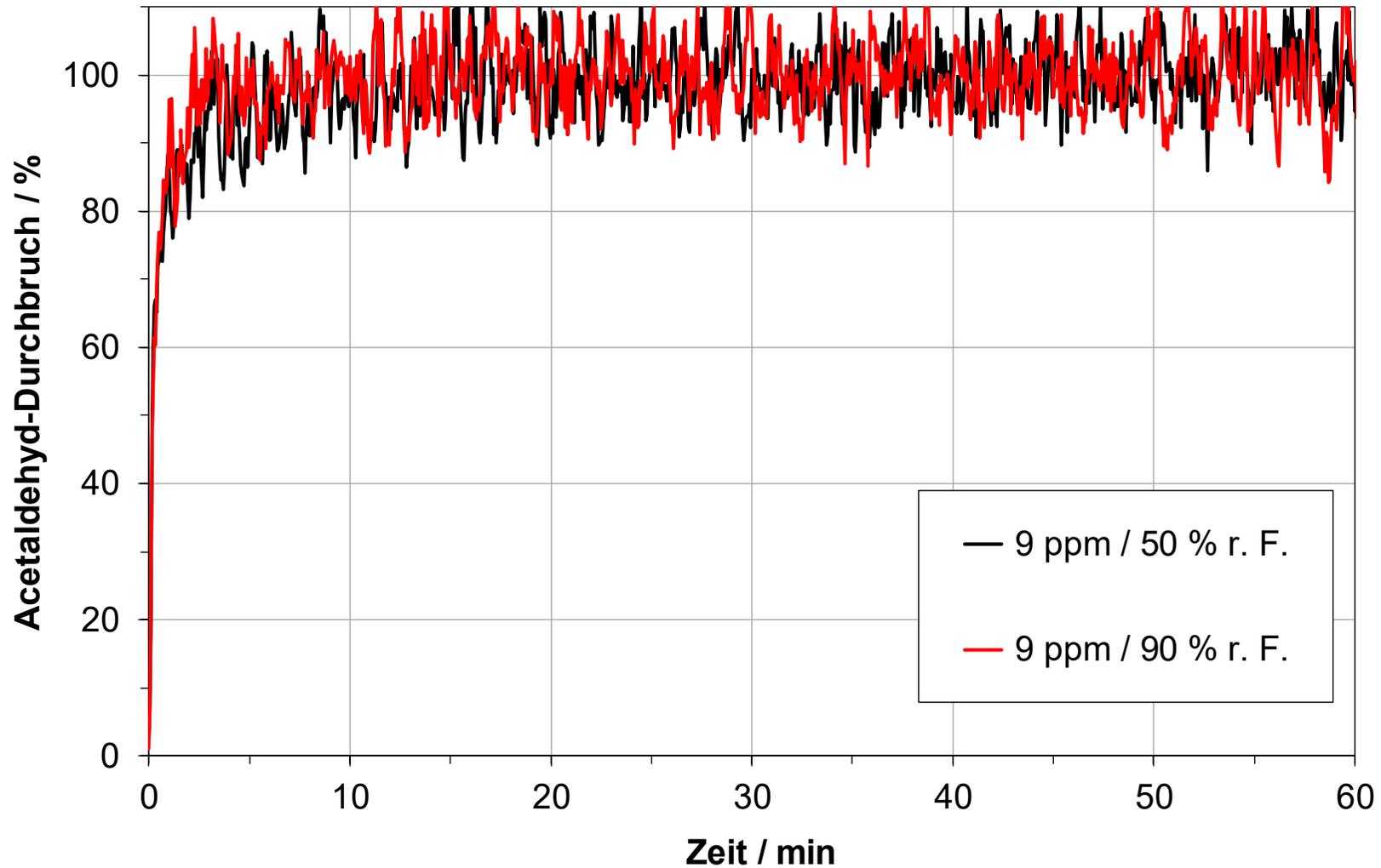


AP1 - Durchbruchversuche mit Acetaldehyd - MD



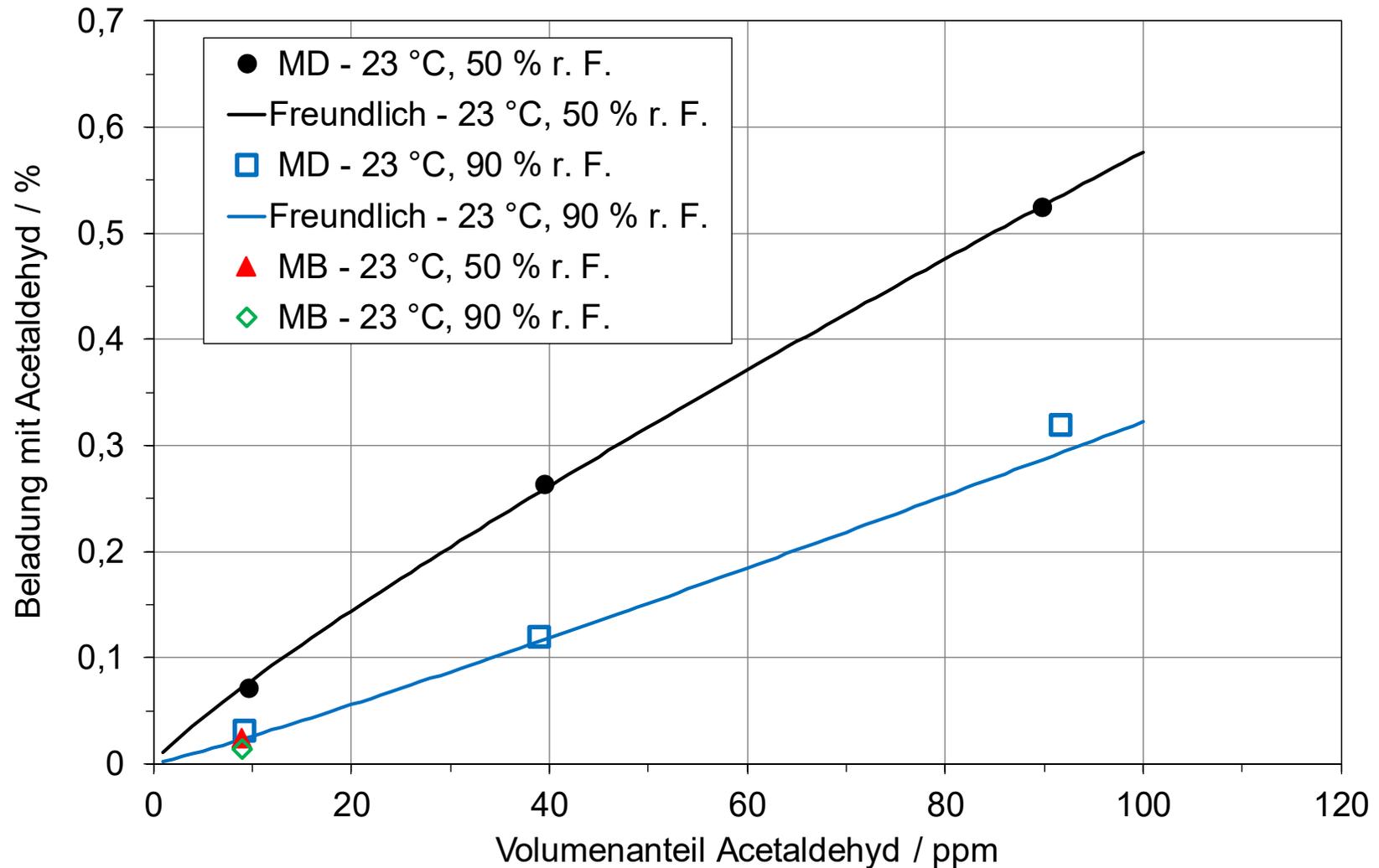
23 °C, 50 % r. F., 0,25 m/s, Aktivkohlepellets, 5 g Sorbens

AP1 - Durchbruchversuche mit Acetaldehyd - MB



23 °C, 50 % r. F., 0,055 m/s, Doppellage flauschiges Flachfiltermedium, 2,2 g Sorbens

AP1 - Adsorptionsgleichgewichte Acetaldehyd / 23 °C

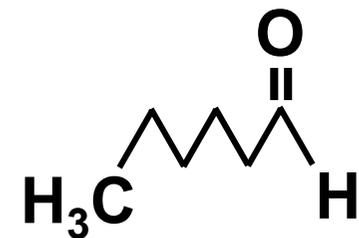
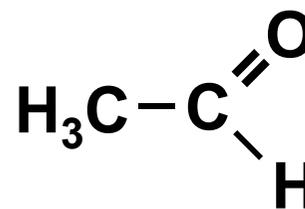
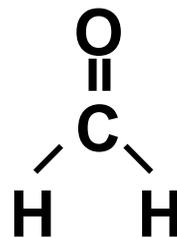
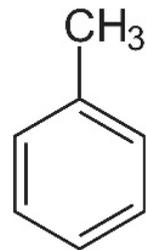


AP1 - Adsorptiv Hexanal

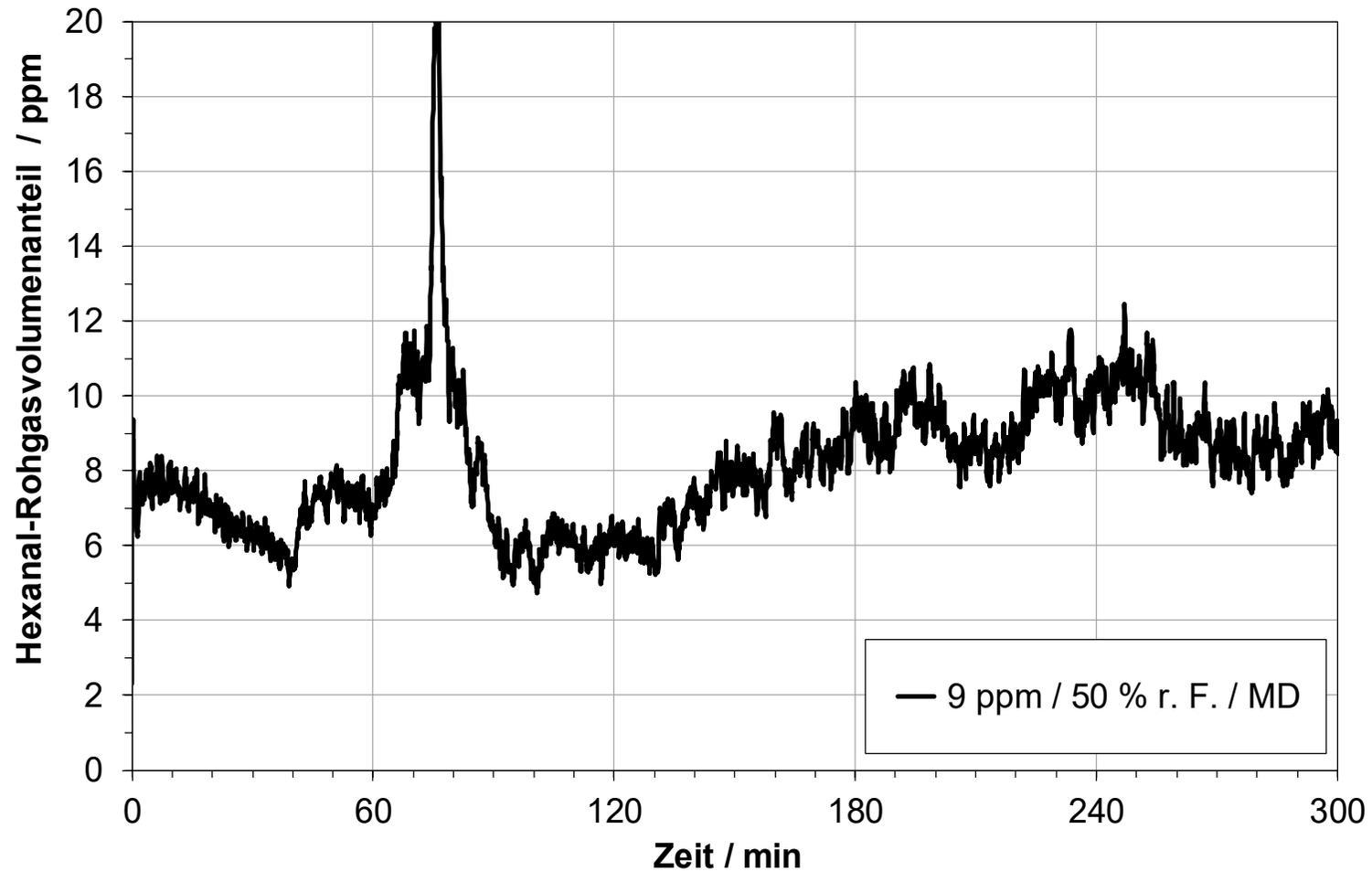


Eigenschaft	Toluol	Formaldehyd	Acetaldehyd	Hexanal
Summenformel	C_7H_8	CH_2O	C_2H_4O	$C_6H_{12}O$
Molare Masse [g mol ⁻¹]	92,14	30,03	44,1	100,16
Schmelzpunkt [°C]	-95	-117	-123	-56
Siedepunkt [°C]	111	-19	20	129
Dampfdruck# [hPa]	29,1	4300-4400	1006	12
Löslichkeit# [mg l ⁻¹]	520	leicht löslich	mischbar mit Wasser	6000

bei 20 °C

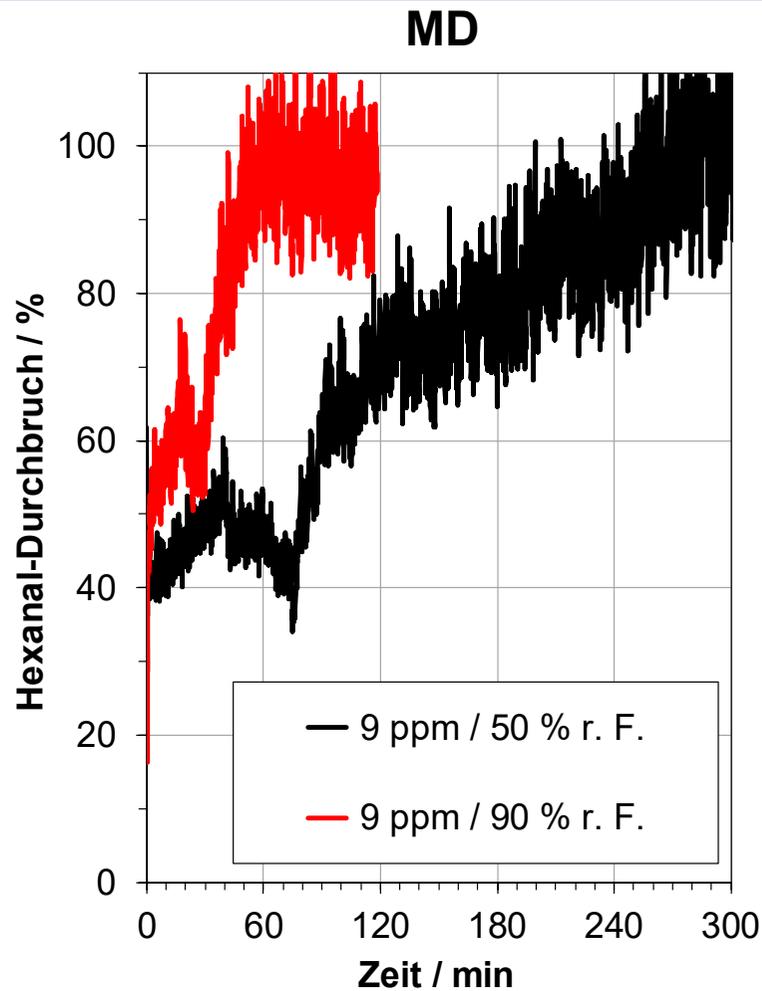


AP1 - Dosierung von Hexanal

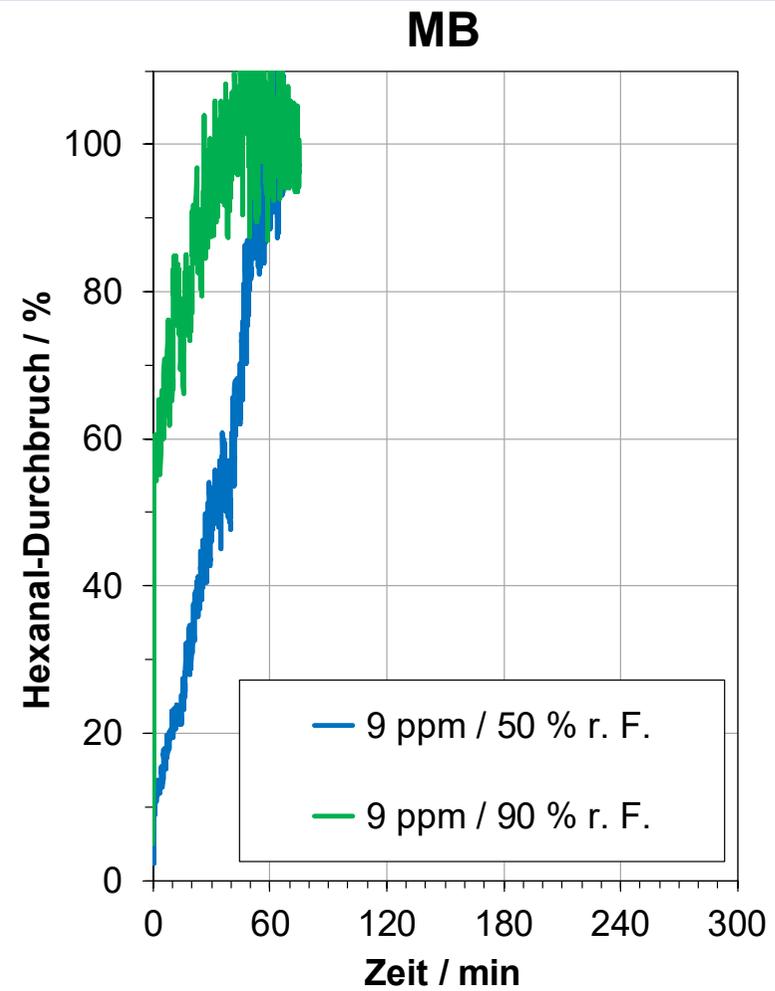


MD, 23 °C, 50 % r. F., 0,25 m/s, Aktivkohlepellets, 5 g Sorbens

AP1 - Durchbruchversuche mit Hexanal

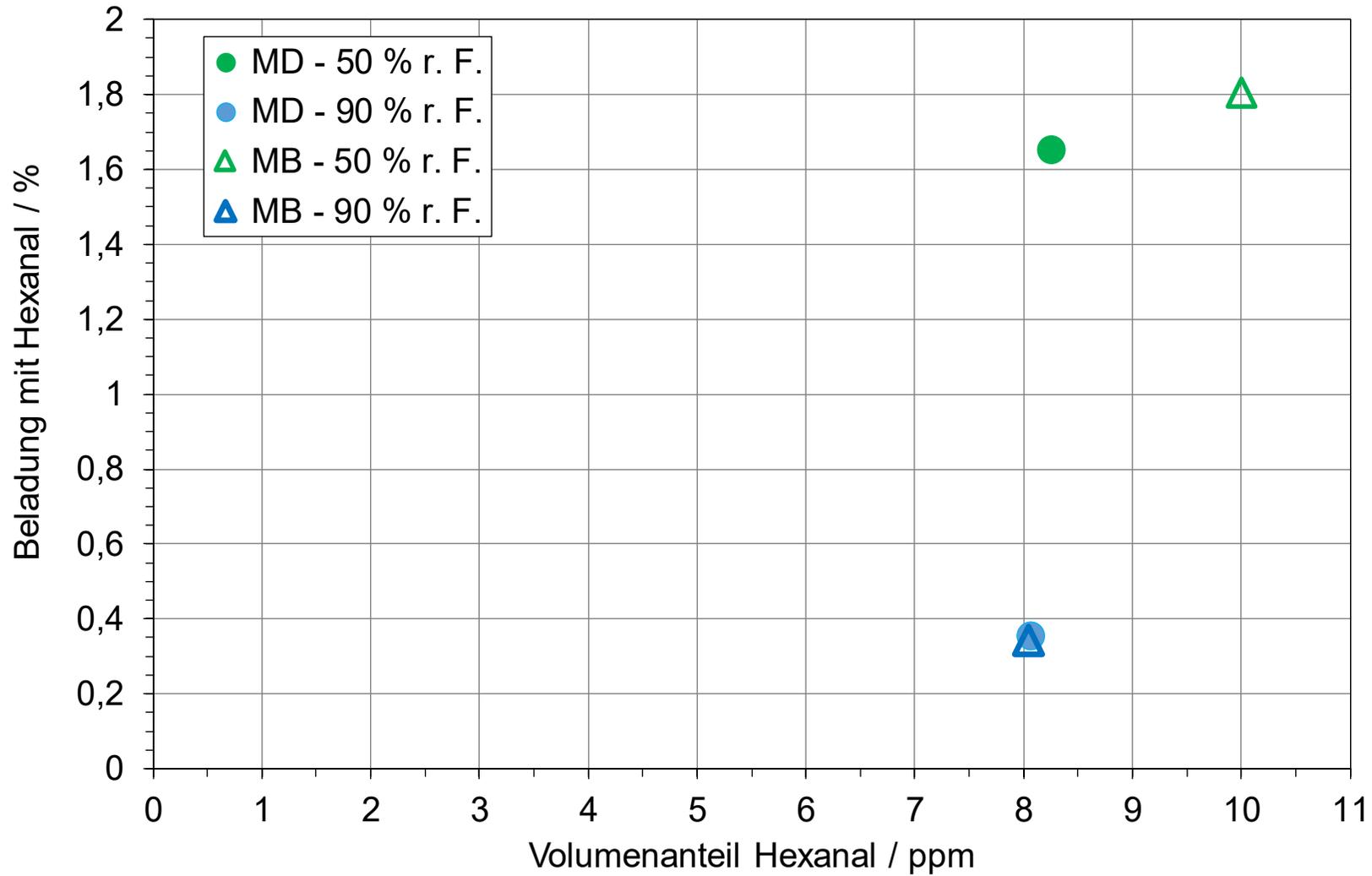


23 °C, 50 % r. F., 0,25 m/s,
Aktivkohlepellets,
5 g Sorbens



23 °C, 50 % r. F., 0,055 m/s,
Doppellage flauschiges Flachfiltermedium,
2,2 g Sorbens

AP1 - Adsorptionsgleichgewicht Hexanal

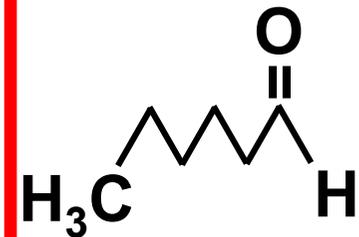
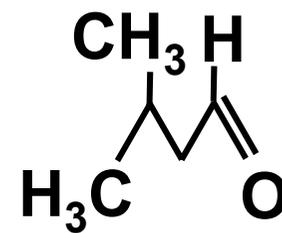
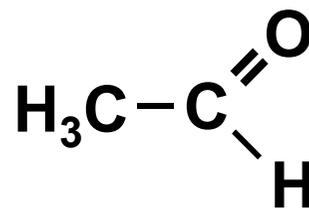
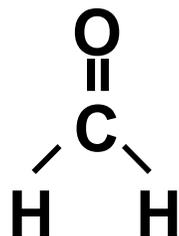


AP1 - Adsorptiv Isovaleraldehyd

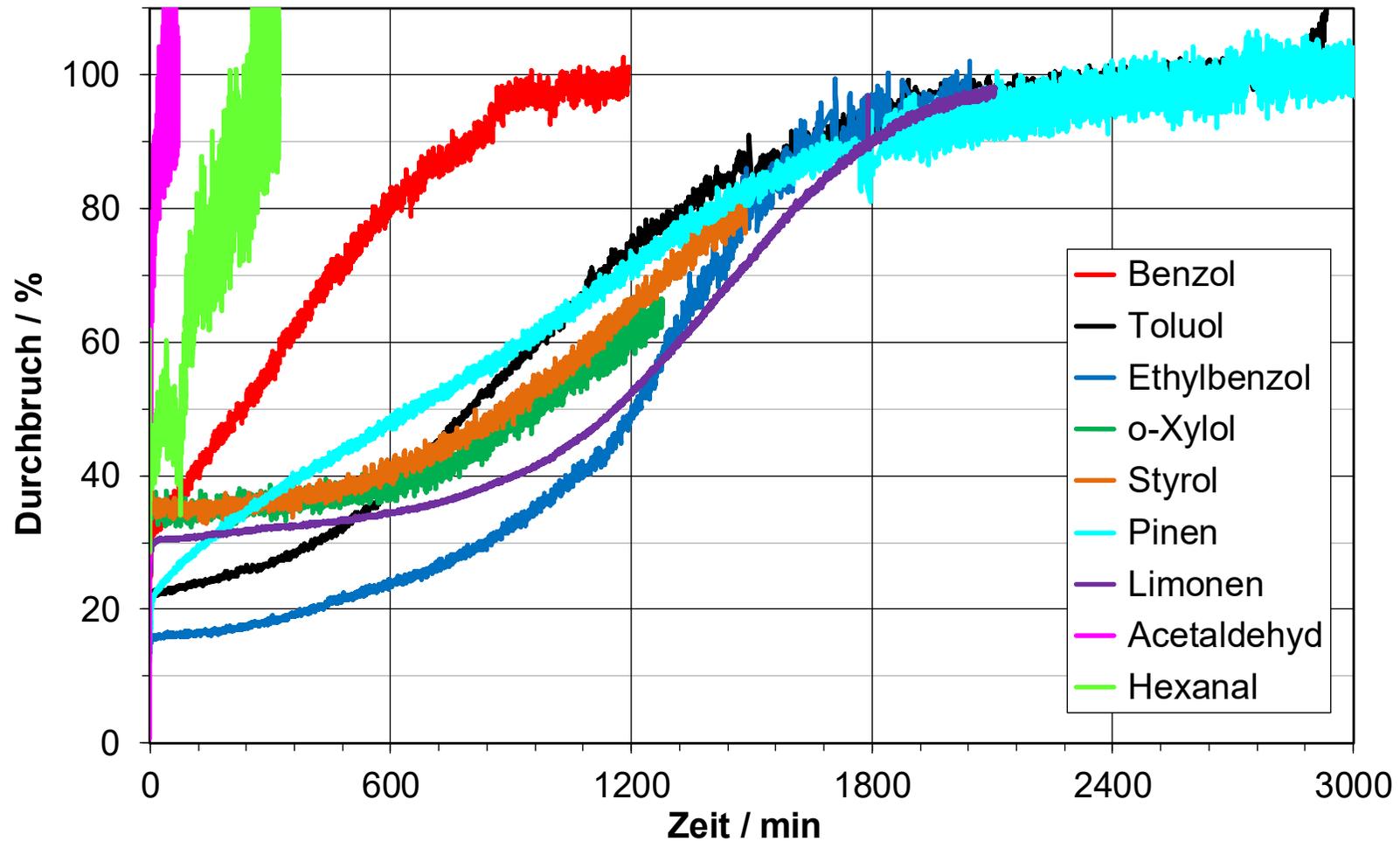


Eigenschaft	Formaldehyd	Acetaldehyd	Isovaleraldehyd	Hexanal
Summenformel	CH ₂ O	C ₂ H ₄ O	C ₅ H ₁₀ O	C ₆ H ₁₂ O
Molare Masse [g mol ⁻¹]	30,03	44,1	86,13	100,16
Schmelzpunkt [°C]	-117	-123	-51	-56
Siedepunkt [°C]	-19	20	92	129
Dampfdruck [#] [hPa]	4300-4400	1006	61	12
Löslichkeit [#] [mg l ⁻¹]	leicht löslich	mischbar mit Wasser	2000	6000

[#] bei 20 °C

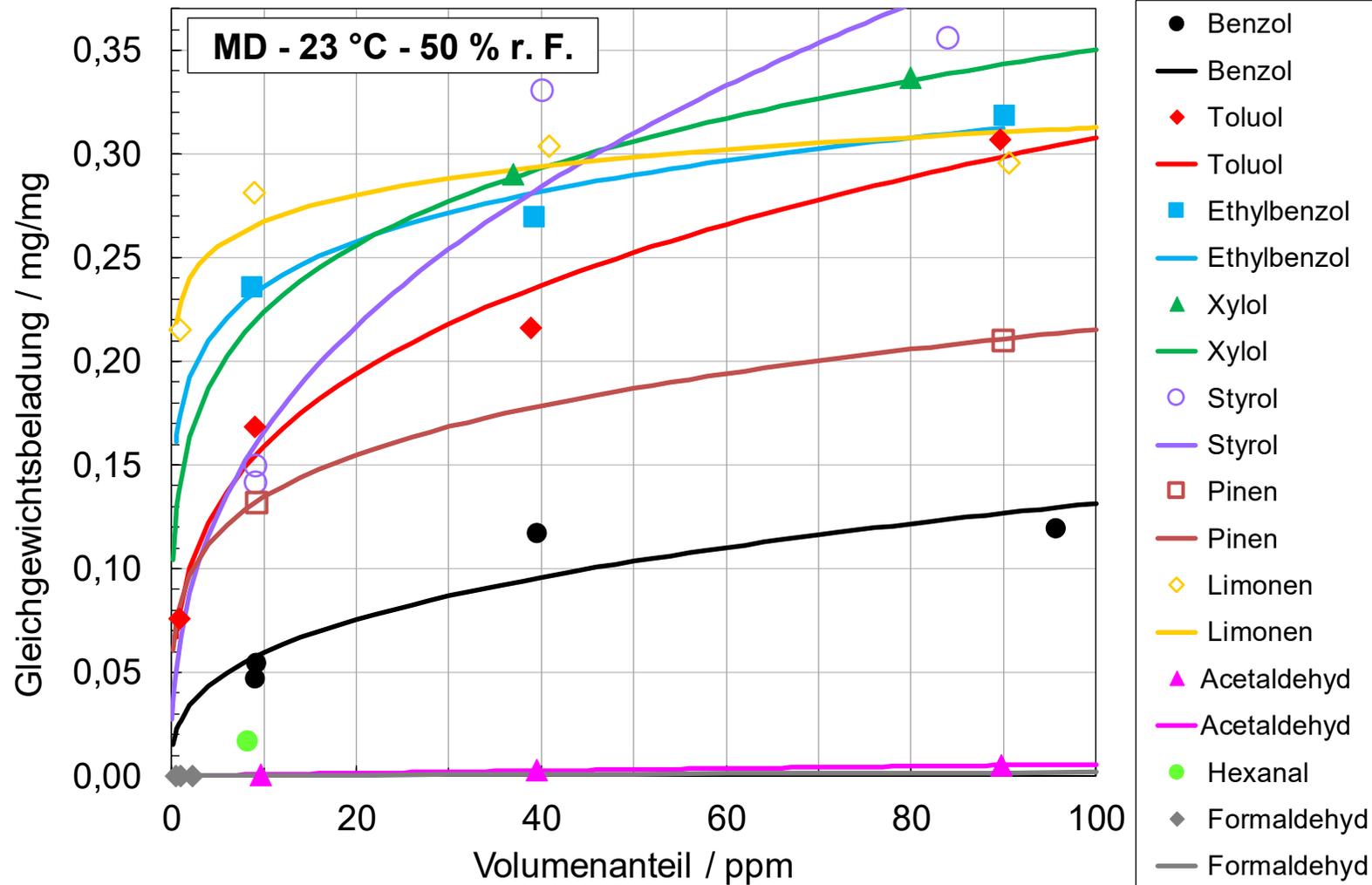


Vergleich Durchbruch - polare und unpolare Substanzen - MD



MD, c_1 jeweils 9 ppm, 23 °C, 50 % r. F., 0,25 m/s, Aktivkohlepellets, 5 g Sorbens

Vergleich Gleichgewicht - polare und unpolare Substanzen - MD



Zusammenfassung

- Kapazitäten von MD und MB für Formaldehyd, Acetaldehyd und Hexanal geringer als für untersuchte unpolare Substanzen
- Rangfolge der Kapazitäten Hexanal > Acetaldehyd > Formaldehyd
- Einfluss der Luftfeuchte:
 - bei Hexanal und Acetaldehyd: negativer Einfluss durch hohe Feuchte
 - bei Formaldehyd: positiver Einfluss durch hohe Feuchte

Ausblick

- Versuchswiederholungen mit Formaldehyd an MB und MD
- Versuche mit Acetaldehyd mit Rohgasvolumenanteilen < 9 ppm an MB und MD
- Versuche mit Isovaleraldehyd an MB und MD
- Versuche mit Form-, Acet- und Isovaleraldehyd an Sorbensmodifikationen
- Anpassung weiterer Isothermengleichungen an Isothermenwerte
- Korrelation der charakteristischen Eigenschaften von Adsorptiven und Sorbentien mit der Adsorptionskapazität

- DIN EN ISO 10121-3, Entwurf 2021-08 bei Beuth-Verlag erhältlich
- Inhalt: Klassifizierungssystem für adsorptive Raumlufffilter

- Ziel: einfache Bewertung von adsorptiven Raumlufffiltern auch für Nutzer ohne Fachkenntnisse

- Klassifizierungssystem bzgl. der Abscheidung von Toluol, SO₂, NO₂ und O₃:
 1. Anfangsreinigungsleistung E₁
 2. Leistungsbeanspruchungsgrad (leicht, mittel, schwer)
 3. integrierte Reinigungsleistung E_Σ für den jeweiligen Beanspruchungsgrad

Anfangsreinigungsleistung E_1

Die Effizienz des Filters, wenn die Prüfsubstanzen mit geringen Konzentrationen dosiert werden:

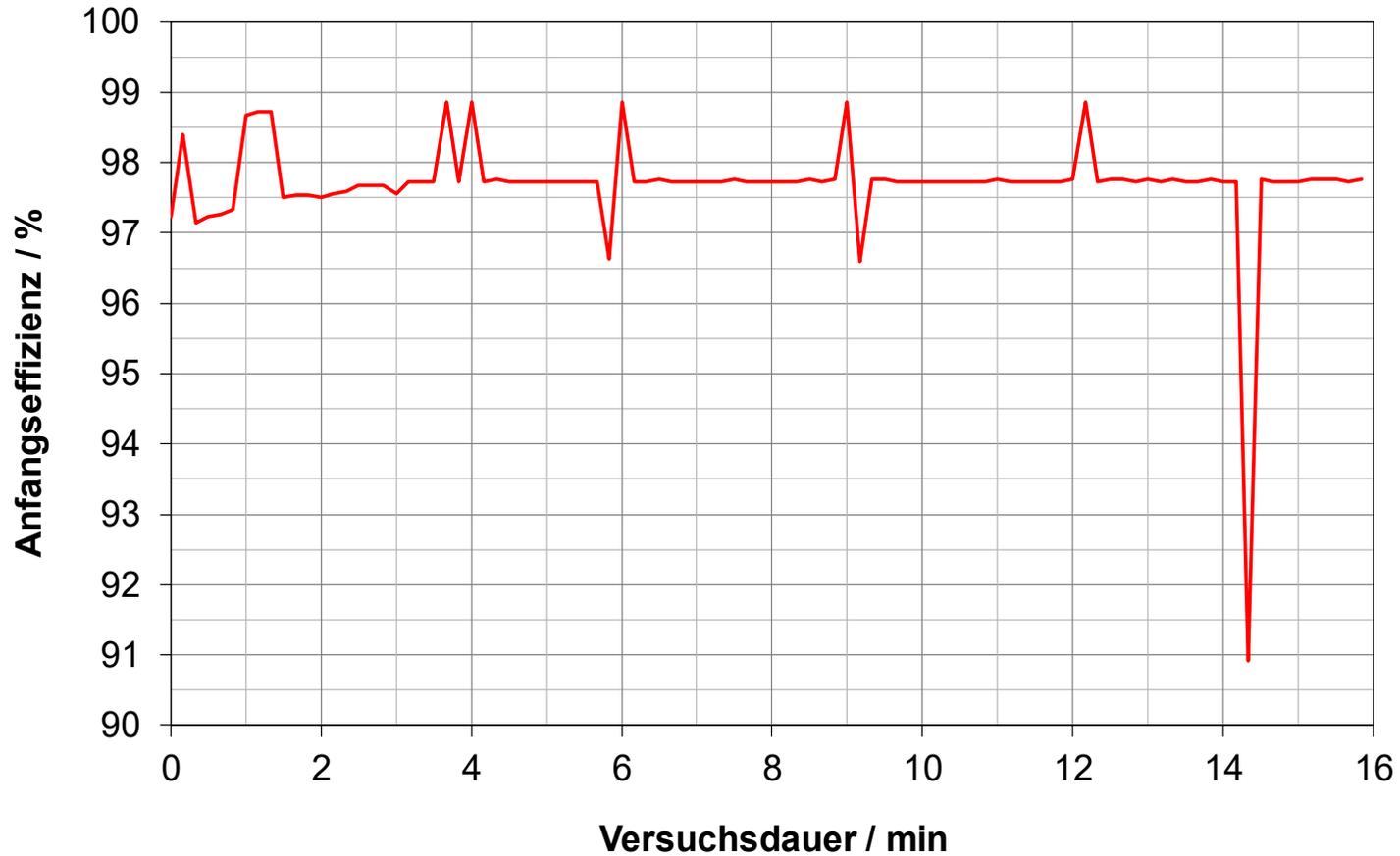
Toluol	SO ₂	NO ₂	O ₃
900 ppb	450 ppb	450 ppb	150 ppb

 kurzer Durchbruchversuch mit jeweiliger Substanz und Konzentration

AP2 - Anfangsreinigungsleistung - Beispiel



Beispiel: Anfangsreinigungsleistung E_1 einer V-Zelle für Toluol



Anfangseffizienz 97,7 %

AP2 - Leistungsbeanspruchungsgrad



Leistungsbeanspruchungsgrad (leicht LD, mittel MD, schwer HD)

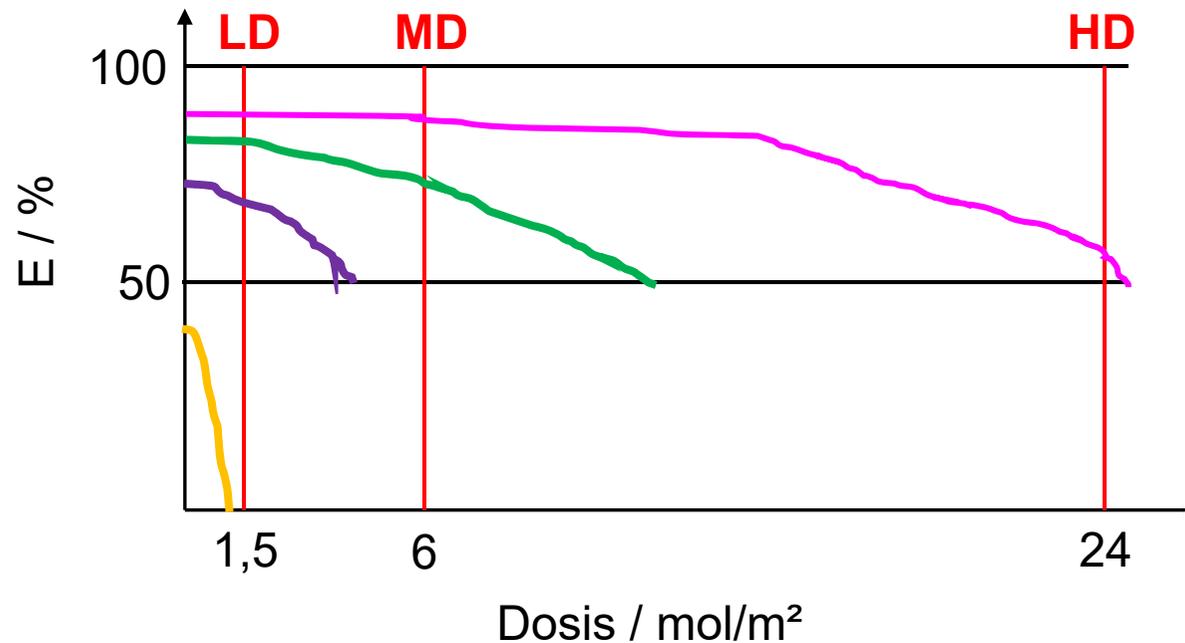
Als Ergebnis eines Durchbruchtests mit:

Toluol	SO ₂	NO ₂	O ₃
9 ppm	9 ppm	9 ppm	3 ppm

wird die Effizienz aufgetragen in Abhängigkeit von

der Dosis = der flächenspezifischen dosierten Prüfgasmenge.

Die Norm gibt für die Leistungsbeanspruchungsgrade Grenzen für Dosiswerte vor.



AP2 - Leistungsbeanspruchungsgrad



Vorteil der Dosis-Angabe in mol/m²: für alle Testsubstanzen gleich

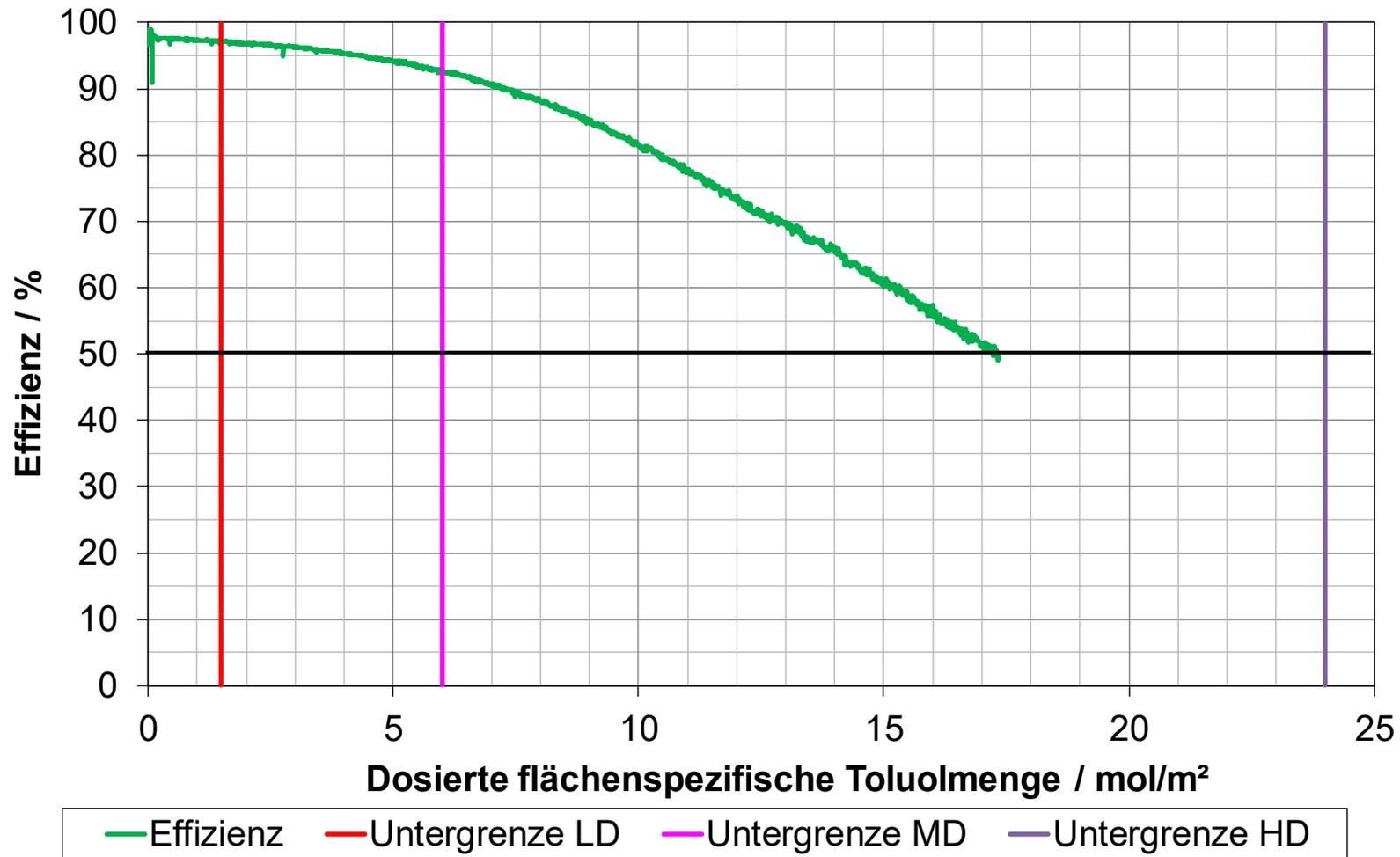
MD-Grenzwert 6 mol/m² entspricht 553 g/m² Toluol
384 g/m² SO₂
276 g/m² NO₂

Versuchsdauer bis Dosis-Grenzwerte erreicht sind

für Filter mit Einbauquerschnitt von 600 mm x 600 mm / $\dot{V}_N = 3.400 \text{ m}^3/\text{h}$

LD 26 min - MD 1,7 h - HD 7 h

Beispiel: Beanspruchungsgrad einer V-Zelle für Toluol



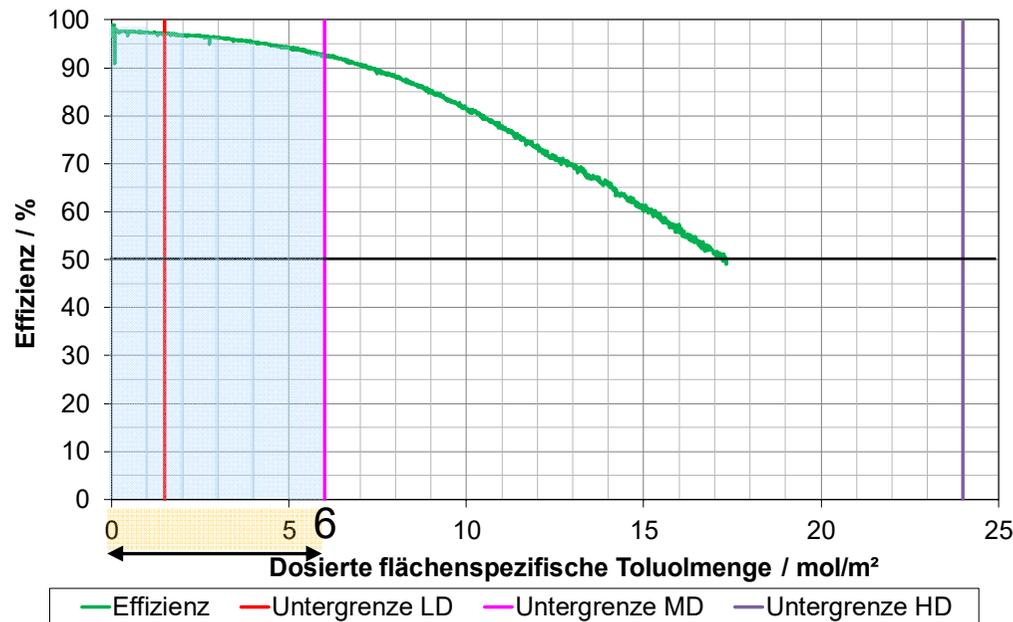
Filter hat für Toluol den Beanspruchungsgrad MD

AP2 - Integrierte Reinigungsleistung



Integrierte Reinigungsleistung E_{Σ} für den jeweiligen Beanspruchungsgrad

$$E_{\Sigma} = \frac{\sum_{E_0}^{E_{tD}} E_C f_C dDN}{\sum_{E_0}^{E_{tD}} D_N}$$



Filter hat für Toluol eine integrierte Reinigungsleistung von 96 %

Zusammenfassung

- Evaluierung der ISO 10121-3 wurde mit Testsubstanz Toluol an V-Zellen begonnen

Ausblick

- Evaluierung von Filtern des gleichen Typs mit den anderen Prüfsubstanzen Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Ozon

- Evaluierung weiterer Filtertypen

Danksagung



Das IGF-Vorhaben 21857 N der Forschungsvereinigung Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

