

13. Dezember 2023

3. 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

Institut für Umwelt & Energie, Technik & Analytik e. V. (IUTA)

An-Institut der

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

## AP1 - Adsorptionsverhalten polarer Adsorptive

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

## AP2 - Evaluierung der ISO 10121, Teil 3

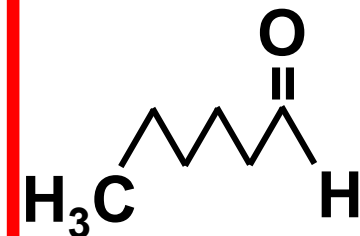
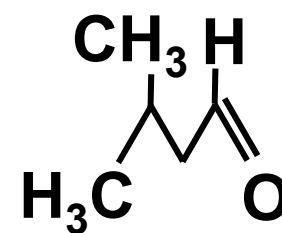
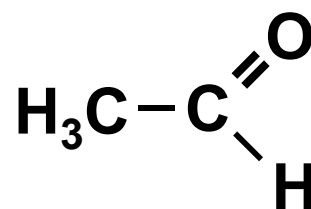
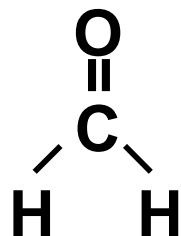
- Durchführung der beschriebenen Methode zur Klassifizierung von Adsorptionsfiltern für Raumluftanwendungen mit Toluol, Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Ozon (O<sub>3</sub>)
- erste Tests zur Klassifizierung von Medien mit SO<sub>2</sub> und NO<sub>2</sub>

# AP1 - Adsorptiv Isovaleraldehyd

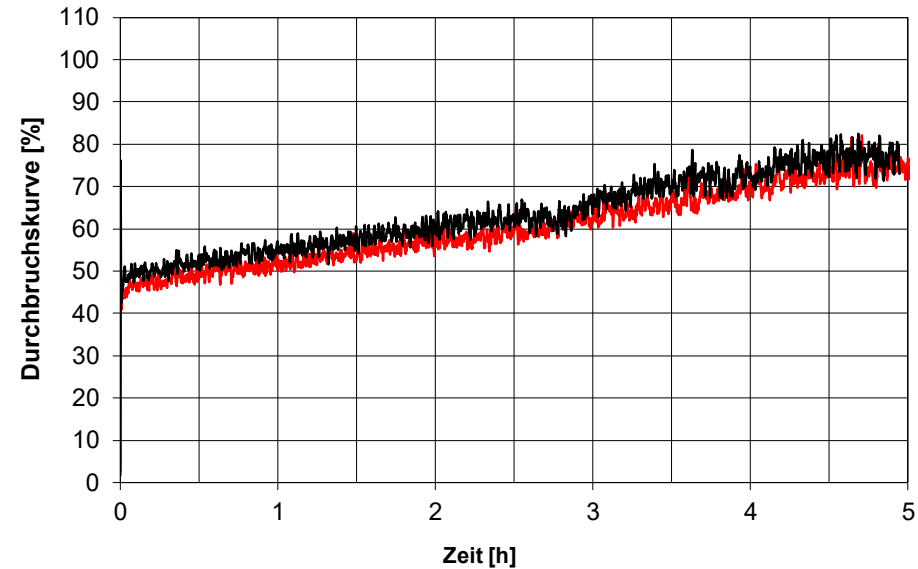
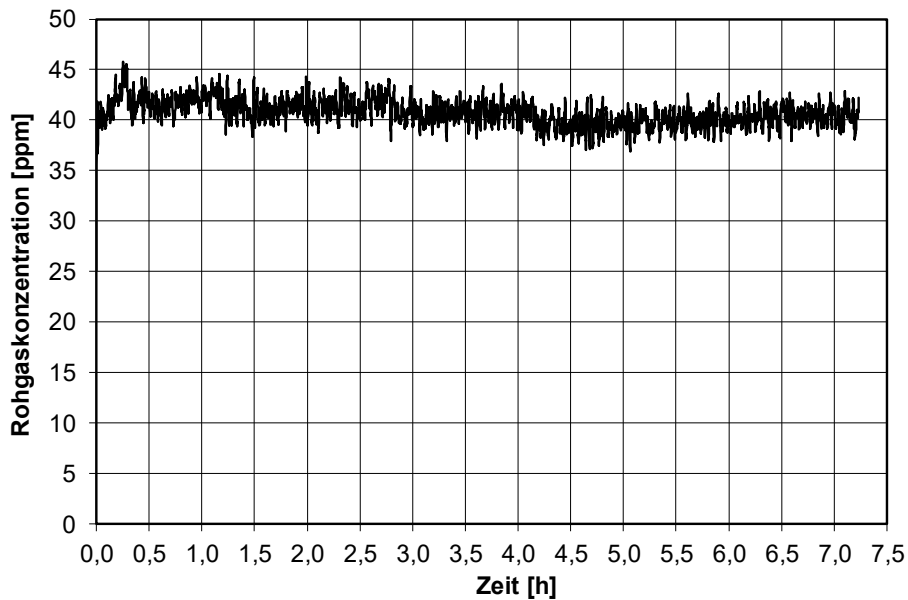
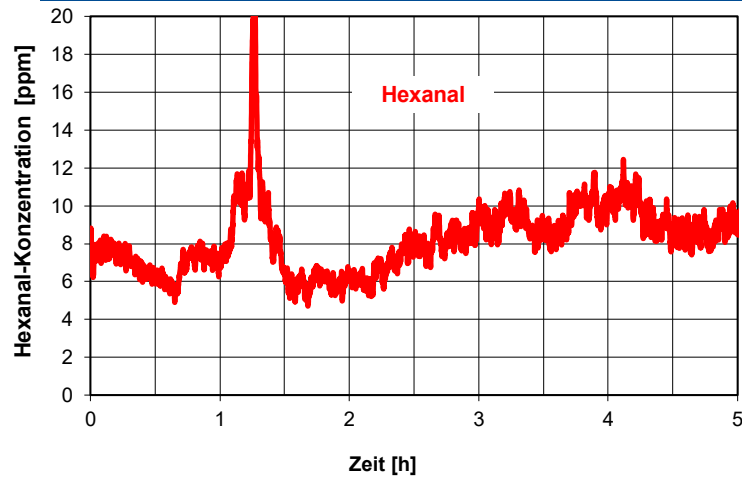


Eigenschaft	Formaldehyd	Acetaldehyd	Isovaleraldehyd	Hexanal
Summenformel	CH <sub>2</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O
Molare Masse [g mol <sup>-1</sup> ]	30,03	44,1	86,13	100,16
Schmelzpunkt [°C]	-117	-123	-51	-56
Siedepunkt [°C]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

<sup>#</sup> bei 20 °C

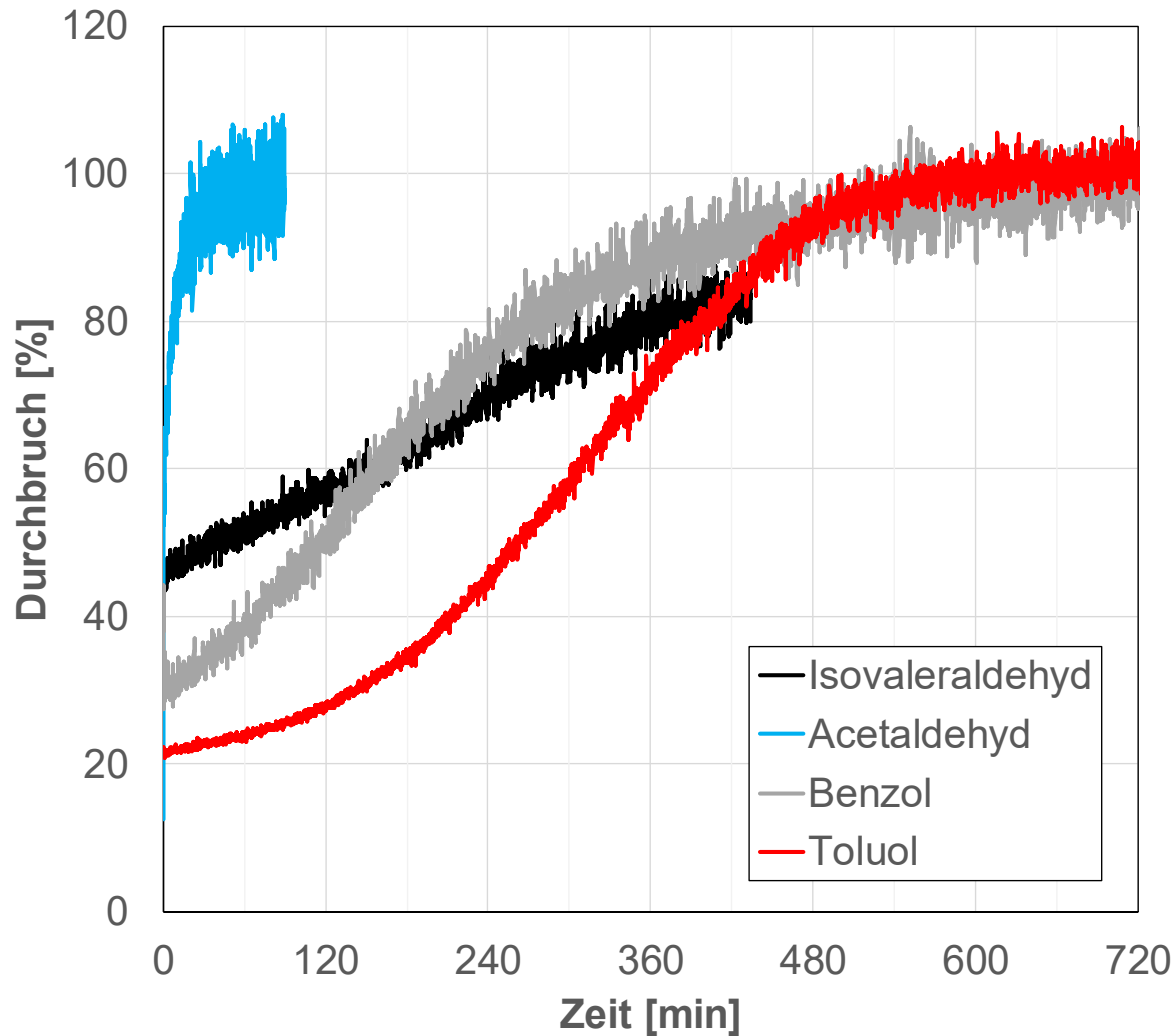


# Dosierung Isovaleraldehyd und Reproduzierbarkeit



**MD**, Dosierung von 40 ppm Isovaleraldehyd, 23 °C, 50 % r. F., 0,25 m/s, 5 g Sorbens

# Vergleich Durchbruch - polare und unpolare Substanzen - MD



MD,  $c_1$  jeweils **40 ppm**, 23 °C, 50 % r. F., 0,25 m/s, Aktivkohlepellets, 5 g Sorbens

## Zusammenfassung

- Kapazitäten von MD und MB für polare Substanzen Isopropanol, Aceton, Formaldehyd, Acetaldehyd, Hexanal, Isovaleraldehyd geringer als für untersuchte unpolare Substanzen

## Ausblick

- weitere Versuche mit polaren Adsorptiven und mit Toluol als Referenz an Sorbensmodifikationen
- Anpassung weiterer Isothermengleichungen an Isothermenwerte
- Korrelation der charakteristischen Eigenschaften von Adsorptiven und Sorbentien mit der Adsorptionskapazität

- ISO 10121-3:2022-10 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, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>**:
  1. Anfangsreinigungsleistung  $E_1$
  2. Leistungsbeanspruchungsgrad (leicht, mittel, schwer)
  3. integrierte Reinigungsleistung  $E_\Sigma$  für den jeweiligen Beanspruchungsgrad

## Anfangsreinigungsleistung $E_1$

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

Toluol	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
900 ppb	450 ppb	450 ppb	150 ppb

➔ kurzer Durchbruchversuch mit jeweiliger Substanz und Konzentration



# AP2 - Leistungsbeanspruchungsgrad



## Leistungsbeanspruchungsgrad (leicht LD, mittel MD, schwer HD)

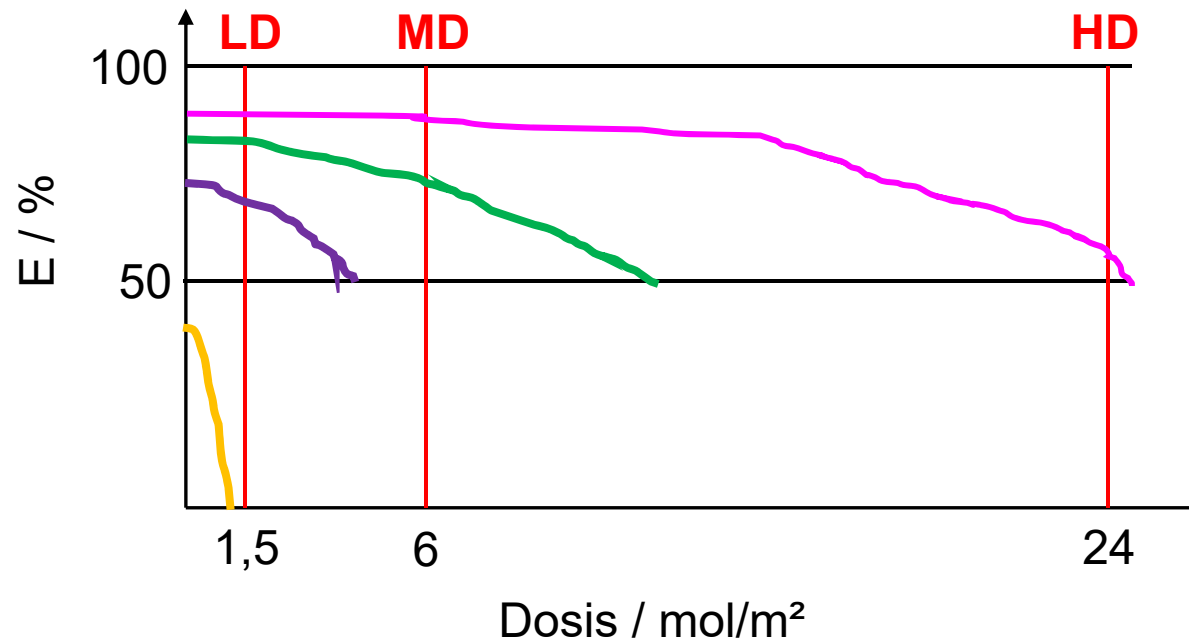
Als Ergebnis eines Durchbruchtests mit:

Toluol	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
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/m<sup>2</sup>: für alle Testsubstanzen gleich

LD-Grenzwert 1,5 mol/m<sup>2</sup> entspricht

- 138 g/m<sup>2</sup> Toluol
- 96 g/m<sup>2</sup> SO<sub>2</sub>
- 69 g/m<sup>2</sup> NO<sub>2</sub>
- 72 g/m<sup>2</sup> Ozon

MD-Grenzwert 6 mol/m<sup>2</sup> entspricht

- 553 g/m<sup>2</sup> Toluol
- 384 g/m<sup>2</sup> SO<sub>2</sub>
- 276 g/m<sup>2</sup> NO<sub>2</sub>
- 288 g/m<sup>2</sup> Ozon

HD-Grenzwert 24 mol/m<sup>2</sup> entspricht

- 2211 g/m<sup>2</sup> Toluol
- 1538 g/m<sup>2</sup> SO<sub>2</sub>
- 1104 g/m<sup>2</sup> NO<sub>2</sub>
- 1152 g/m<sup>2</sup> Ozon

Substanzen außer Ozon: Versuchsdauer bis Dosis-Grenzwerte erreicht sind  
für Filter mit Einbauquerschnitt von 610 mm x 610 mm / V<sub>N</sub> = 3.400 m<sup>3</sup>/h

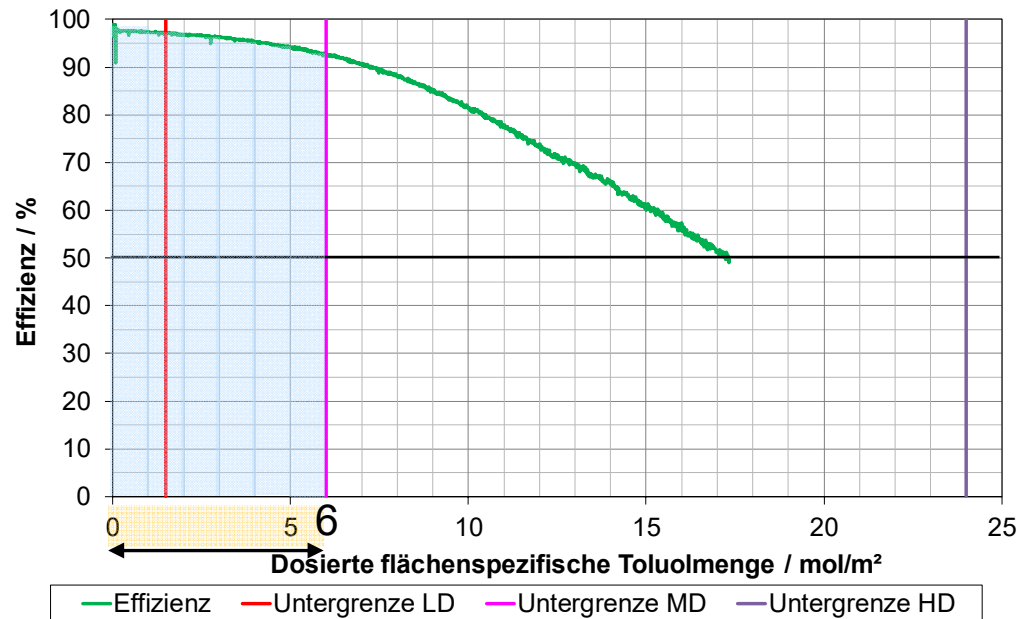
LD 26 min - MD 1,7 h - HD 7 h

# AP2 - Integrierte Reinigungsleistung



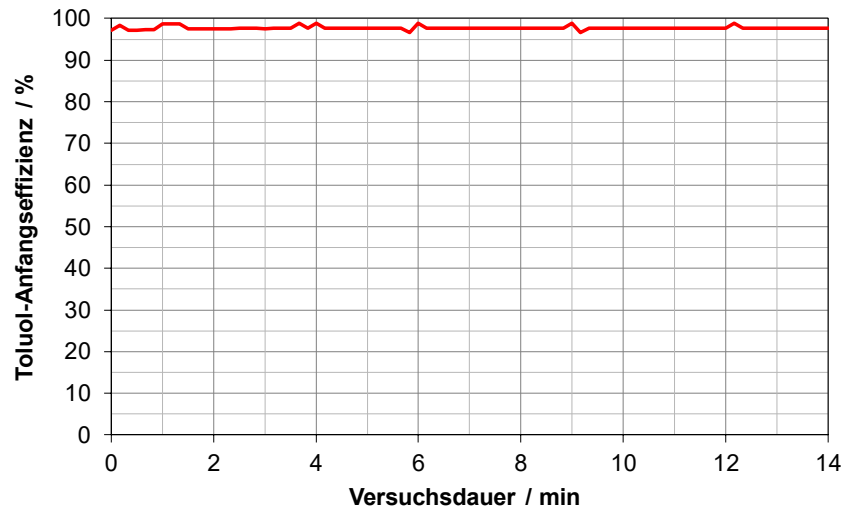
Integrierte Reinigungsleistung  $E_{\Sigma}$  für den jeweiligen Beanspruchungsgrad

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

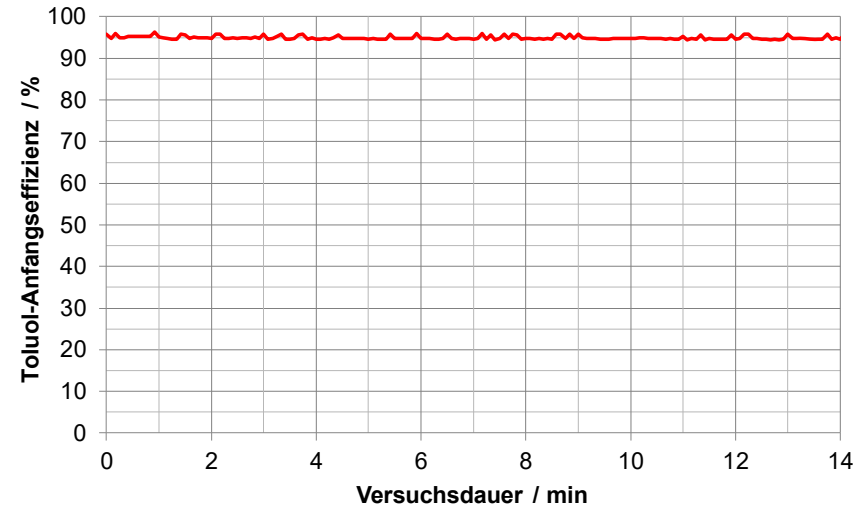


Filter hat für Toluol eine integrierte Reinigungsleistung von 96 %

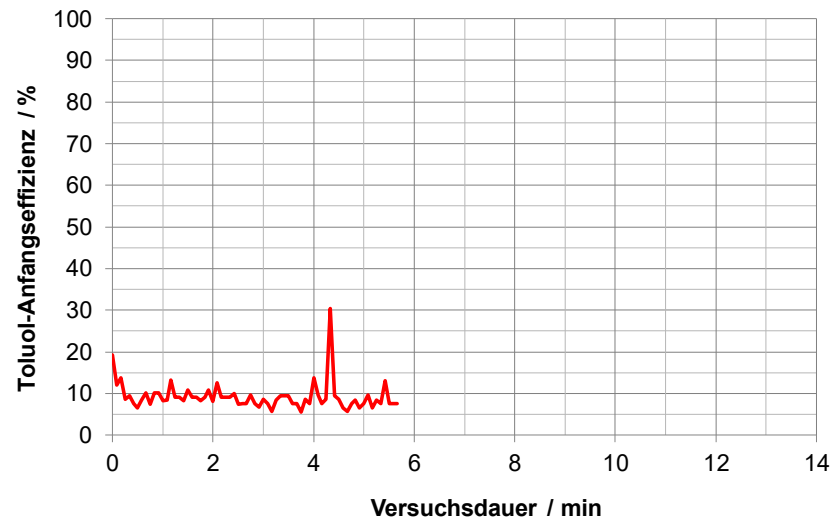
# AP2 - Anfangseffizienz - Toluol



V-Zelle: Anfangseffizienz 97,7 %



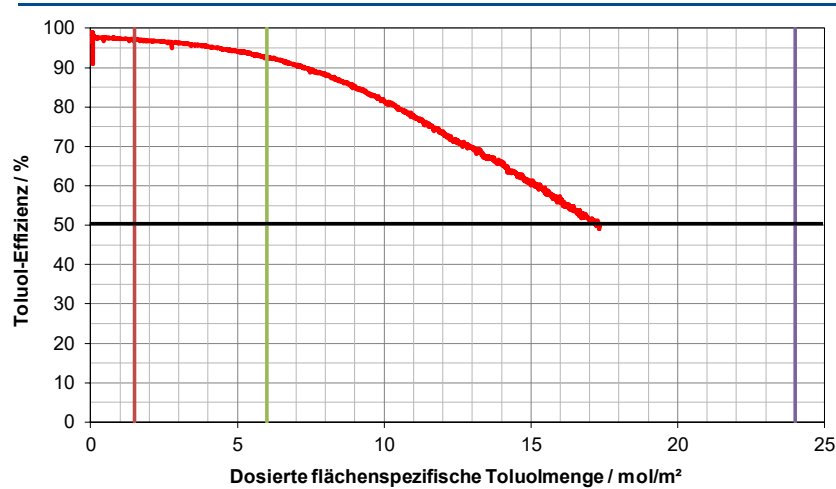
Kartuschenfilter: Anfangseffizienz 94,9 %



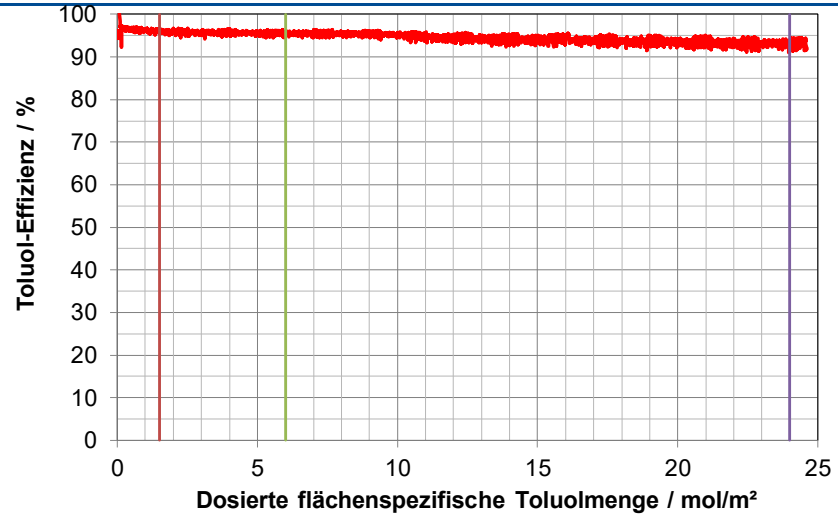
Taschenfilter: Anfangseffizienz 9,2 %

**Toluol-  
Prüfkonzentration  
Anfangseffizienz  
0,9 ppm**

# AP2 - Leistungsbeanspruchungsgrad - Toluol

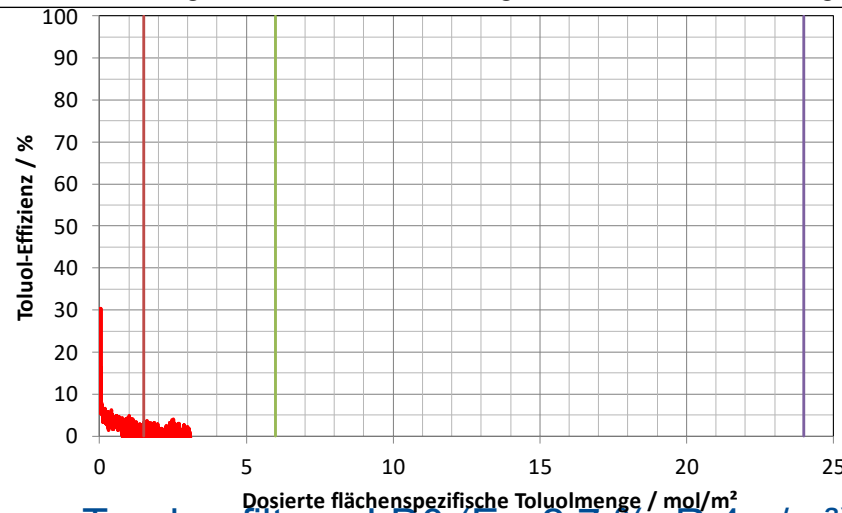


V-Zelle: MD95 ( $E_{int}$  97,1 %, R 1100 g/m<sup>2</sup>)



Kartuschenfilter: HD90 ( $E_{int}$  94,7 %, R 23100 g/m<sup>2</sup>)

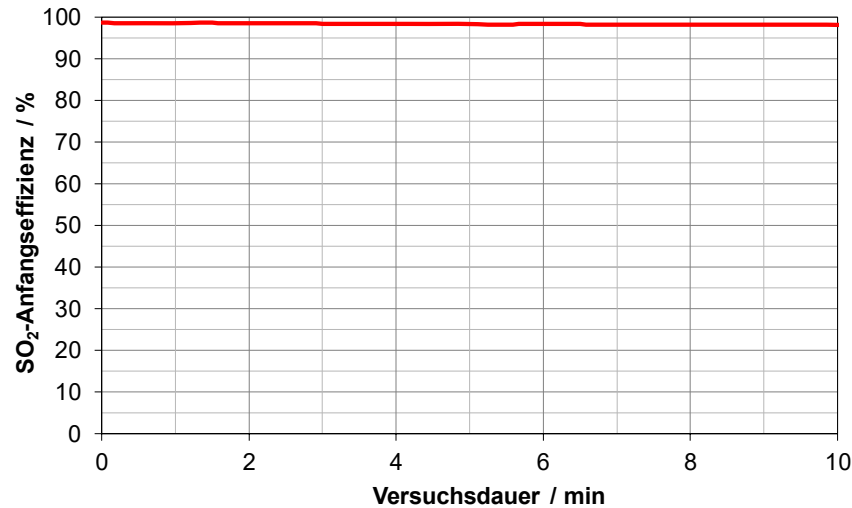
— Effizienz   
 — Untergrenze LD   
 — Untergrenze MD   
 — Untergrenze HD



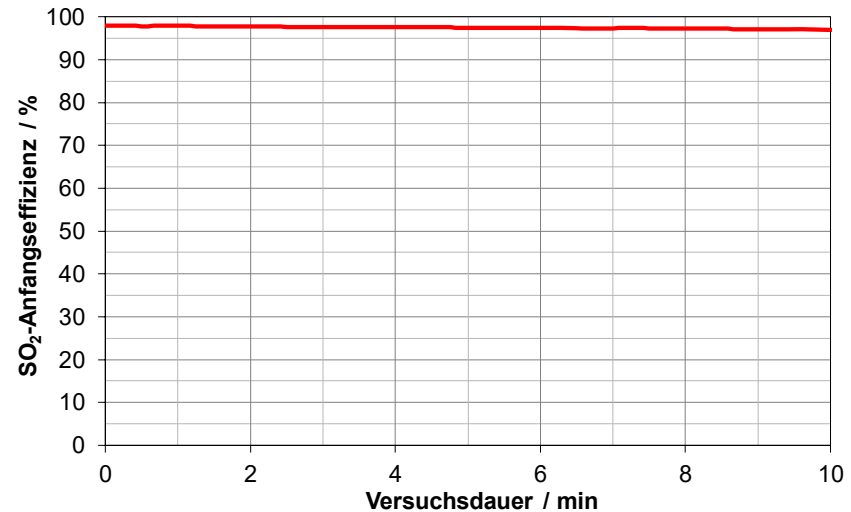
Taschenfilter: vLD0 ( $E_{int}$  2,7 %, R 4 g/m<sup>2</sup>)

**Toluol-  
Prüfkonzentration  
9 ppm**

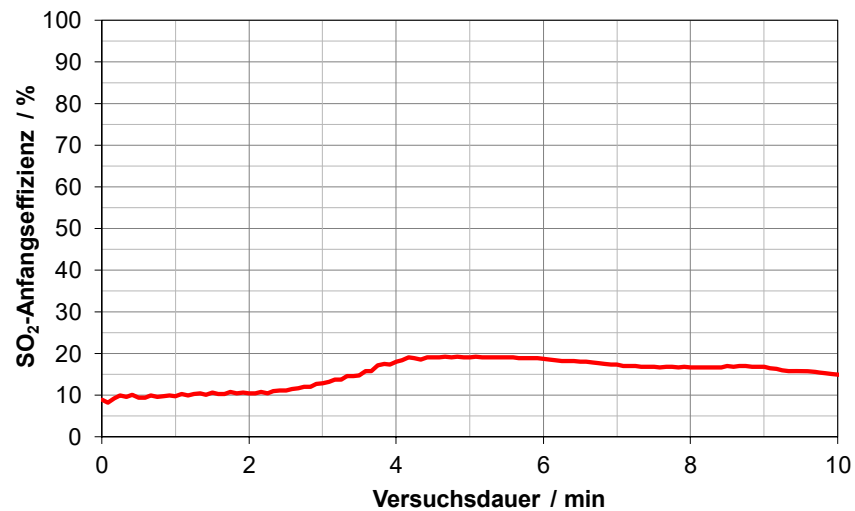
# AP2 - Anfangseffizienz - Schwefeldioxid SO<sub>2</sub>



V-Zelle: Anfangseffizienz 98,2 %



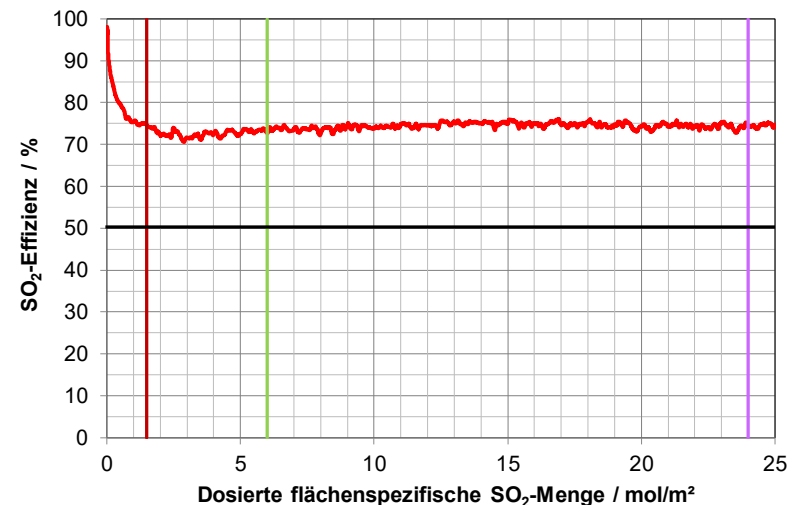
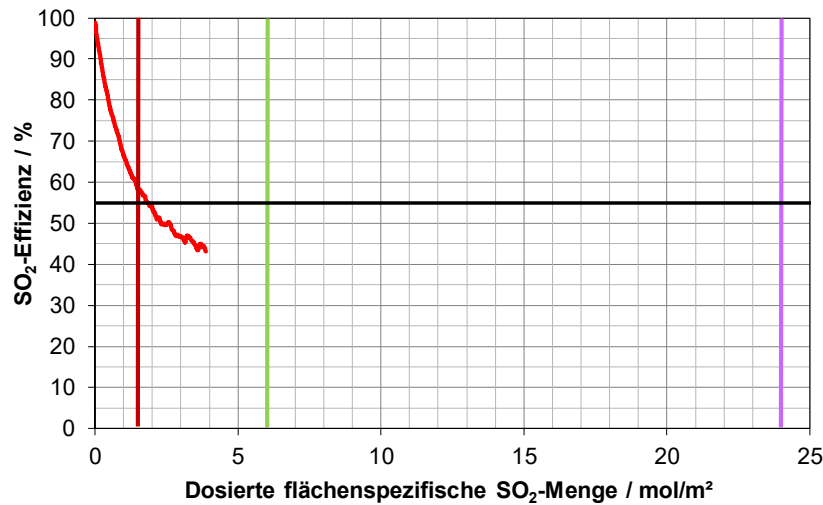
Kartuschenfilter: Anfangseffizienz 96,6 %



Taschenfilter: Anfangseffizienz 14,2 %

**SO<sub>2</sub>-  
Prüfkonzentration  
Anfangseffizienz  
0,45 ppm**

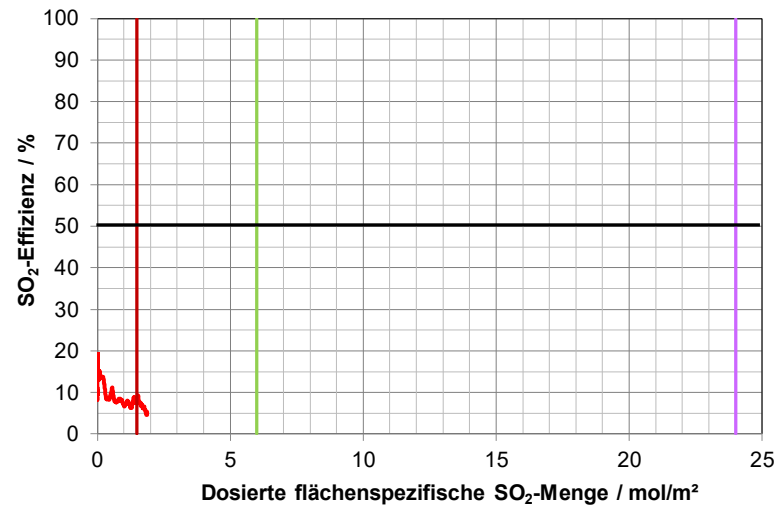
# AP2 - Leistungsbeanspruchungsgrad - SO<sub>2</sub>



V-Zelle: LD70 ( $E_{int}$  74,2 %, R 101 g/m<sup>2</sup>)

Kartuschenfilter: HD70 ( $E_{int}$  74,4 %, R 1207 g/m<sup>2</sup>)

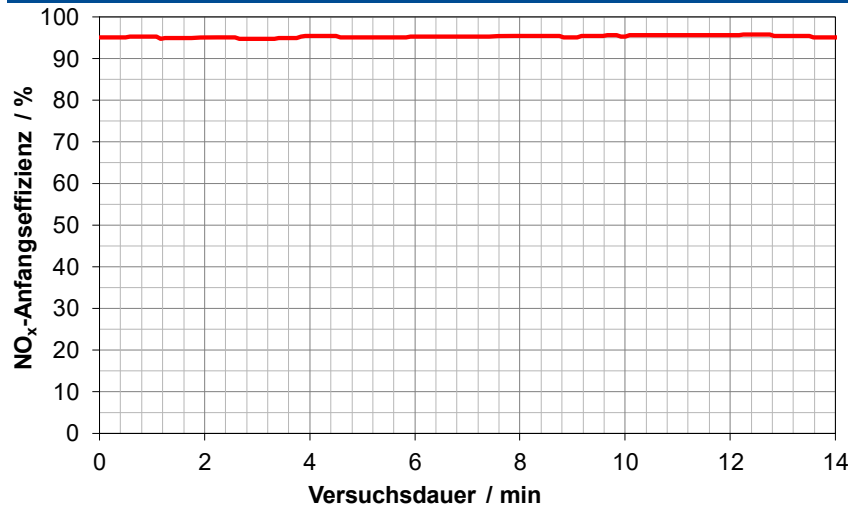
— Effizienz — Untergrenze LD — Untergrenze MD — Untergrenze HD



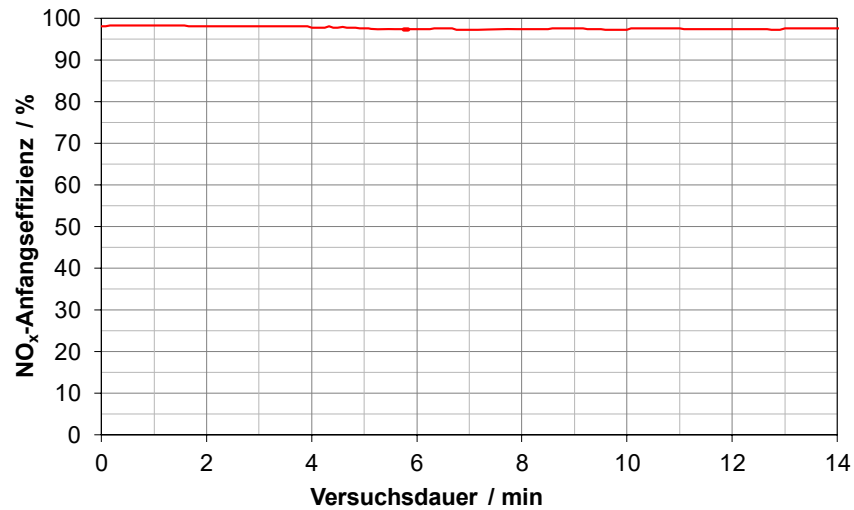
Laschenfilter: vLD5 ( $E_{int}$  9,2 %, R - g/m<sup>2</sup>)

**SO<sub>2</sub>-  
Prüfkonzentration  
9 ppm**

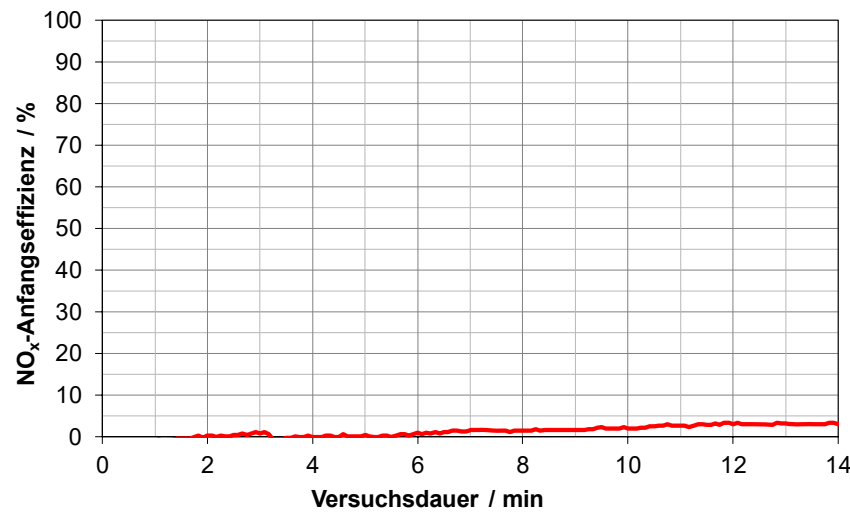
# AP2 - Anfangseffizienz - Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>



V-Zelle: Anfangseffizienz 95 %



Kartuschenfilter: Anfangseffizienz 97,6 %

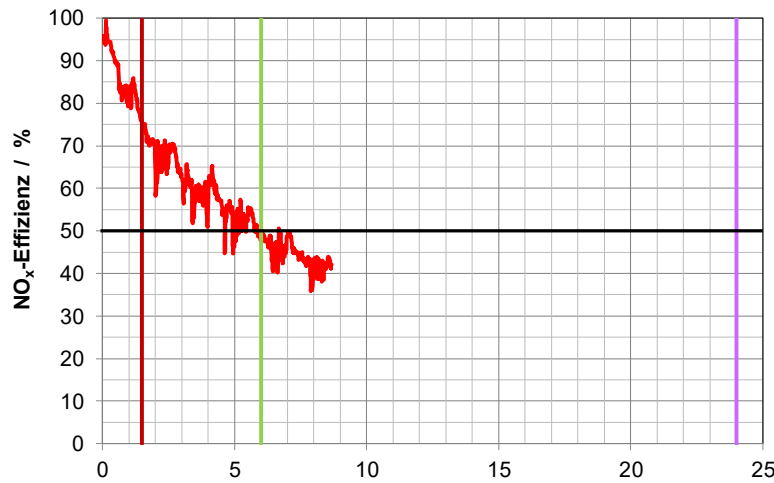


Taschenfilter: Anfangseffizienz 0,8 %

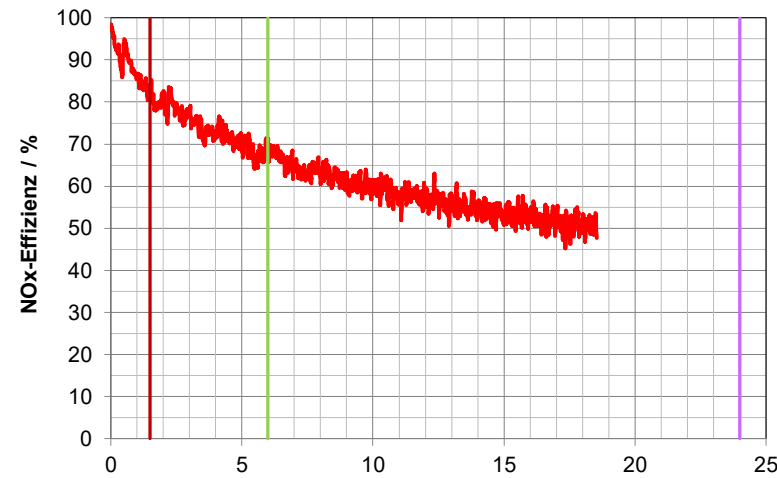
**NO<sub>2</sub>-  
Prüfkonzentration  
Anfangseffizienz  
0,45 ppm**



# AP2 - Leistungsbeanspruchungsgrad - NO<sub>2</sub>

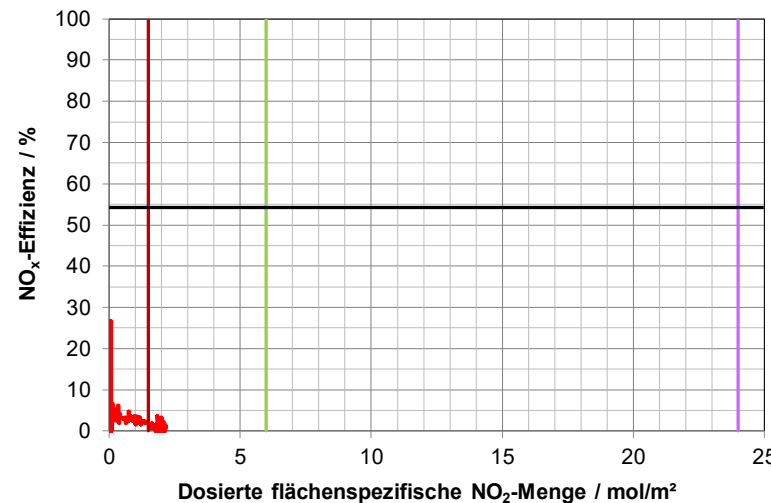


V-Zelle: LD85 ( $E_{int}$  86,2 %, R 172 g/m<sup>2</sup>)



Kartuschenfilter: MD75 ( $E_{int}$  77,6 %, R 524 g/m<sup>2</sup>)

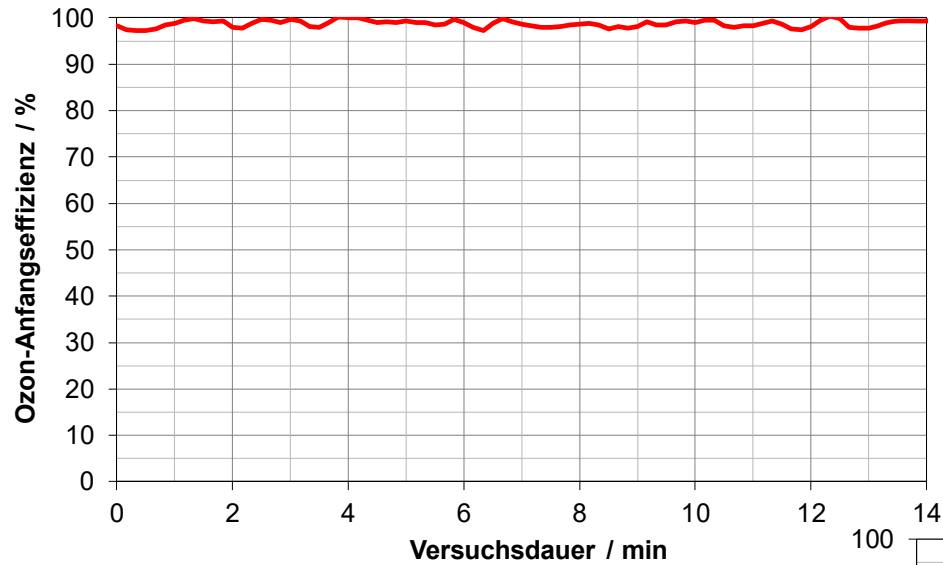
— Effizienz    — Untergrenze LD    — Untergrenze MD    — Untergrenze HD



Taschenfilter: vLD0 ( $E_{int}$  3 %, R - g/m<sup>2</sup>)

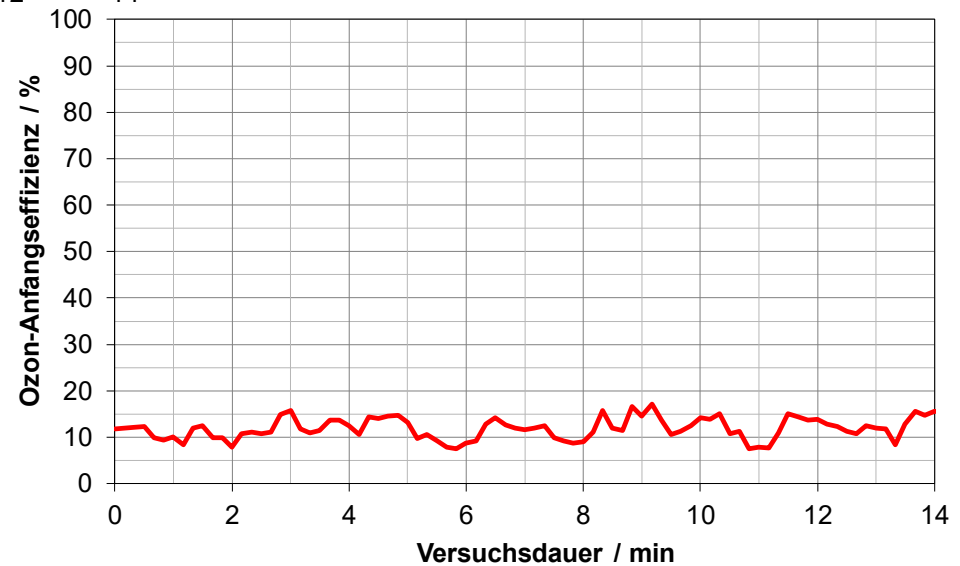
**NO<sub>2</sub>-  
Prüfkonzentration  
9 ppm**

# AP2 - Anfangseffizienz - Ozon



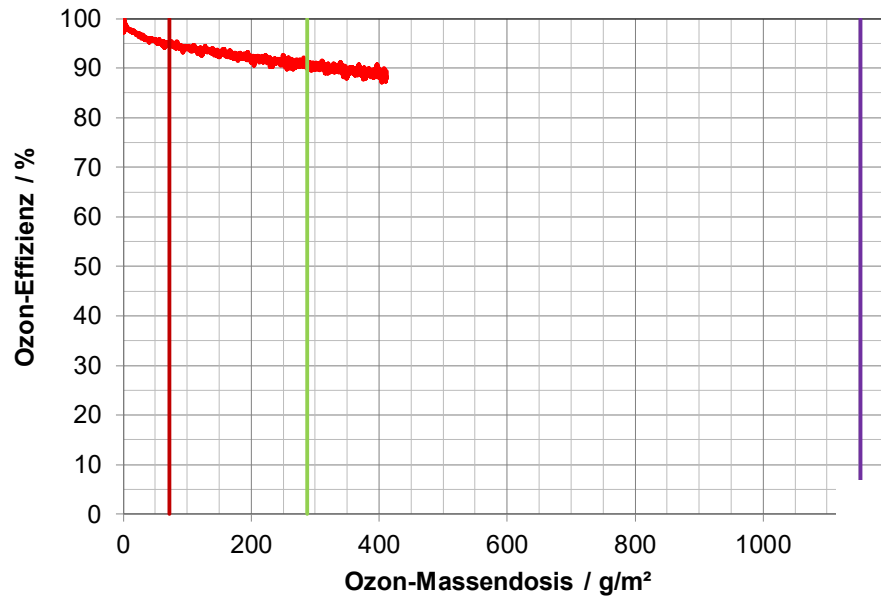
V-Zelle: Anfangseffizienz 98,5 %

**Ozon-  
Prüfkonzentration  
Anfangseffizienz  
0,15 ppm**



Taschenfilter: Anfangseffizienz 11,2 %

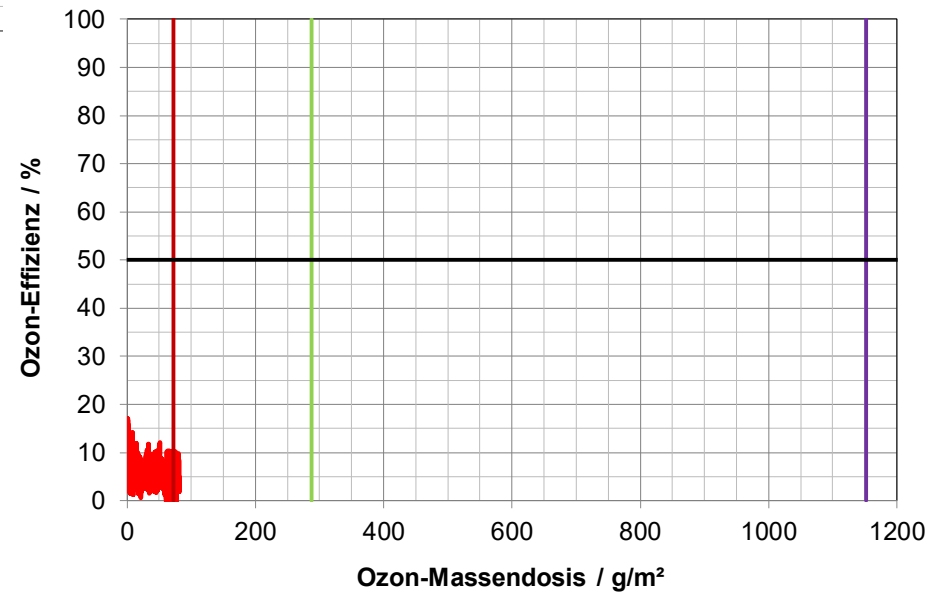
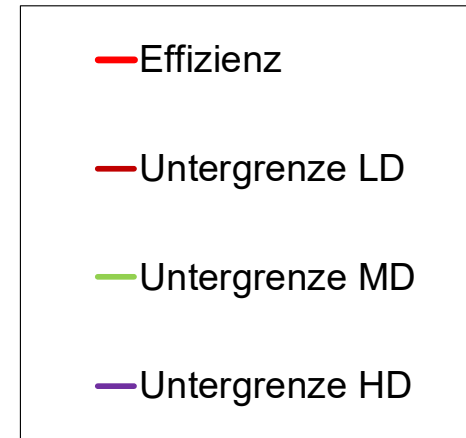
# AP2 - Leistungsbeanspruchungsgrad - Ozon



V-Zelle:

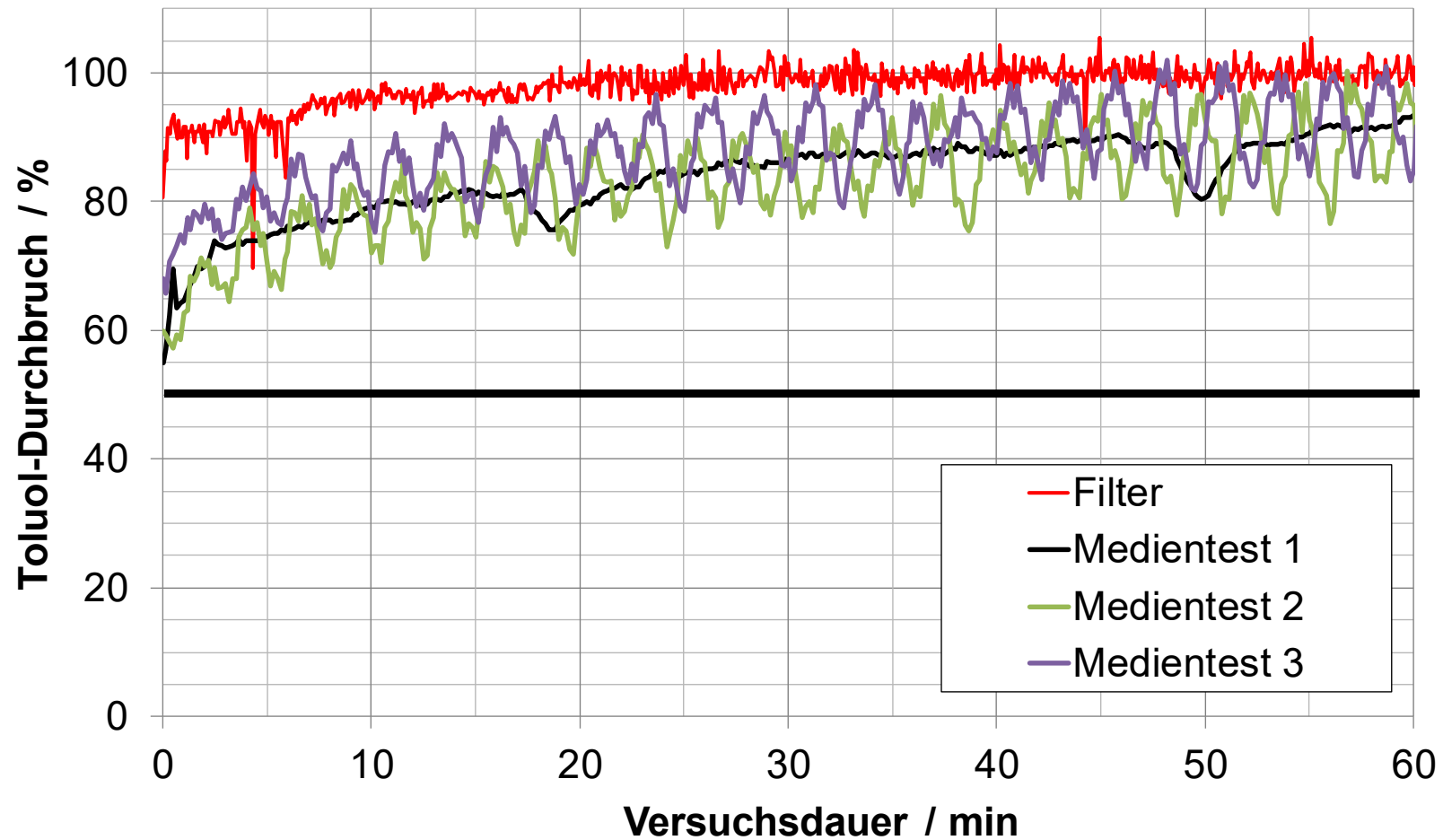
Versuch nach 8 h abgebrochen,  
E50 nicht erreicht, auf Basis der Werte  
MD90 ( $E_{int}$  93,5 %)

**Ozon-  
Prüfkonzentration  
3 ppm**



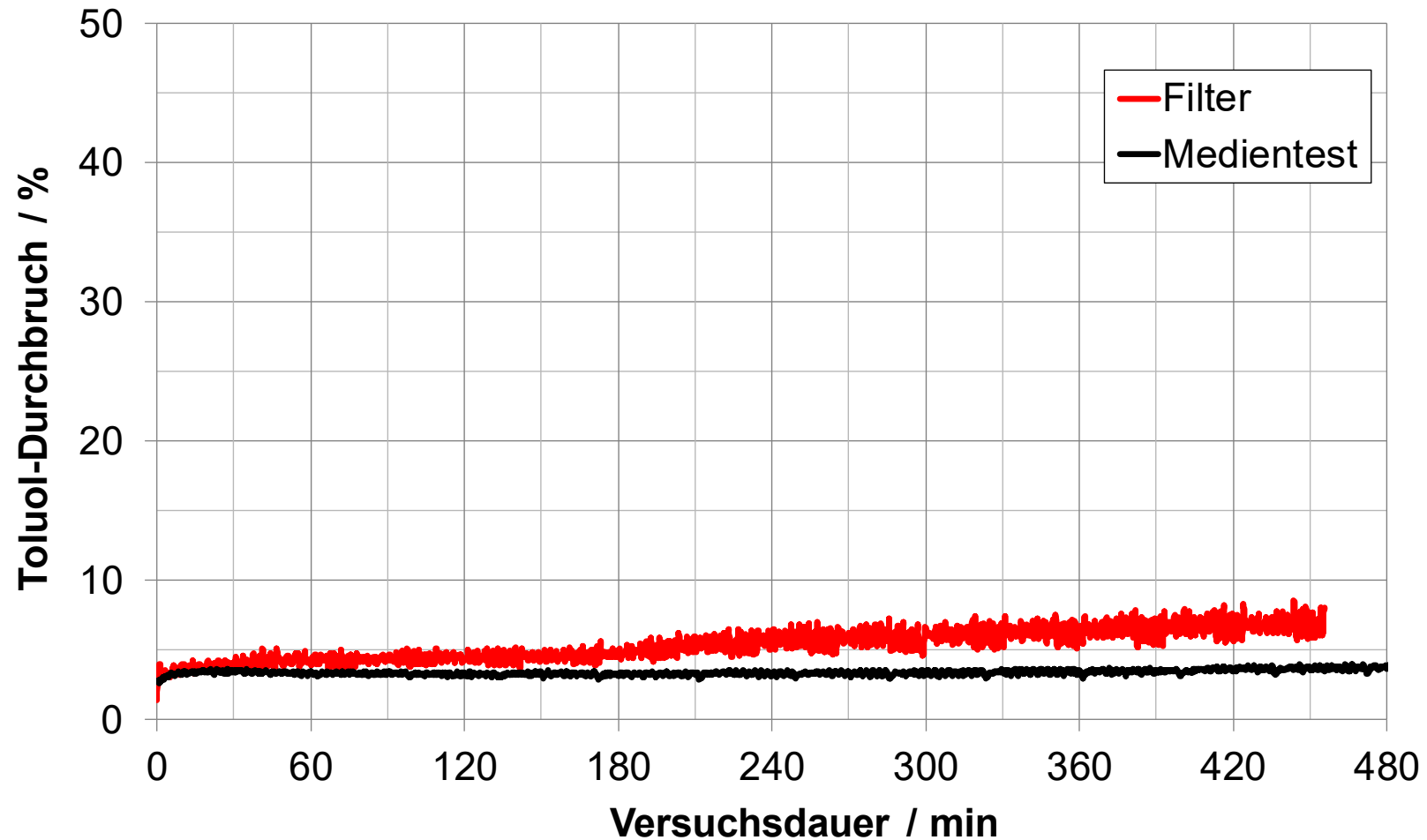
Taschenfilter: vLD5 ( $E_{int}$  6,1 %, R - g/m²)

## Beispiel Taschenfilter



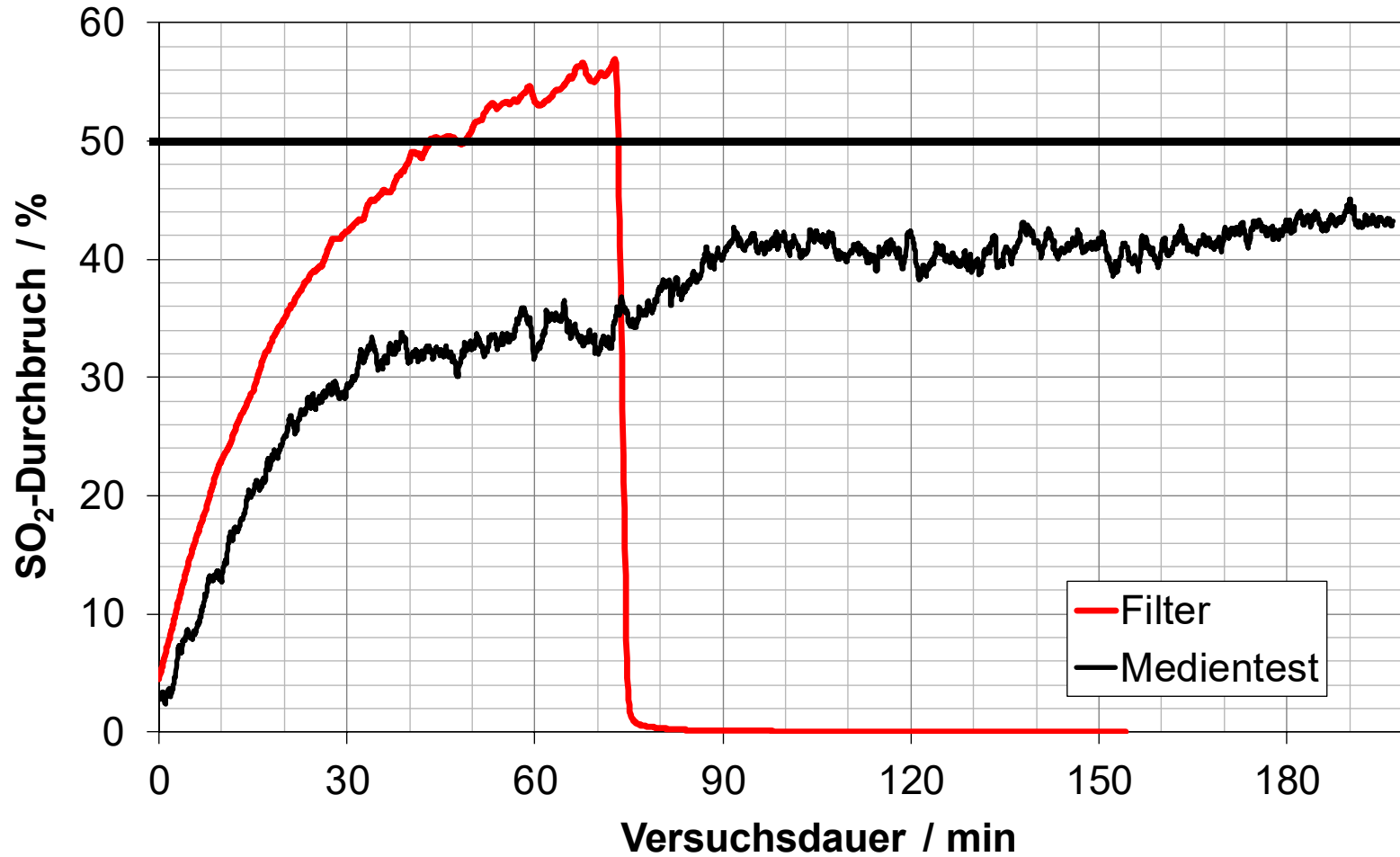
Taschenfilter: vLD0 ( $E_{int}$  2,7 %)

## Beispiel Kartuschenfilter



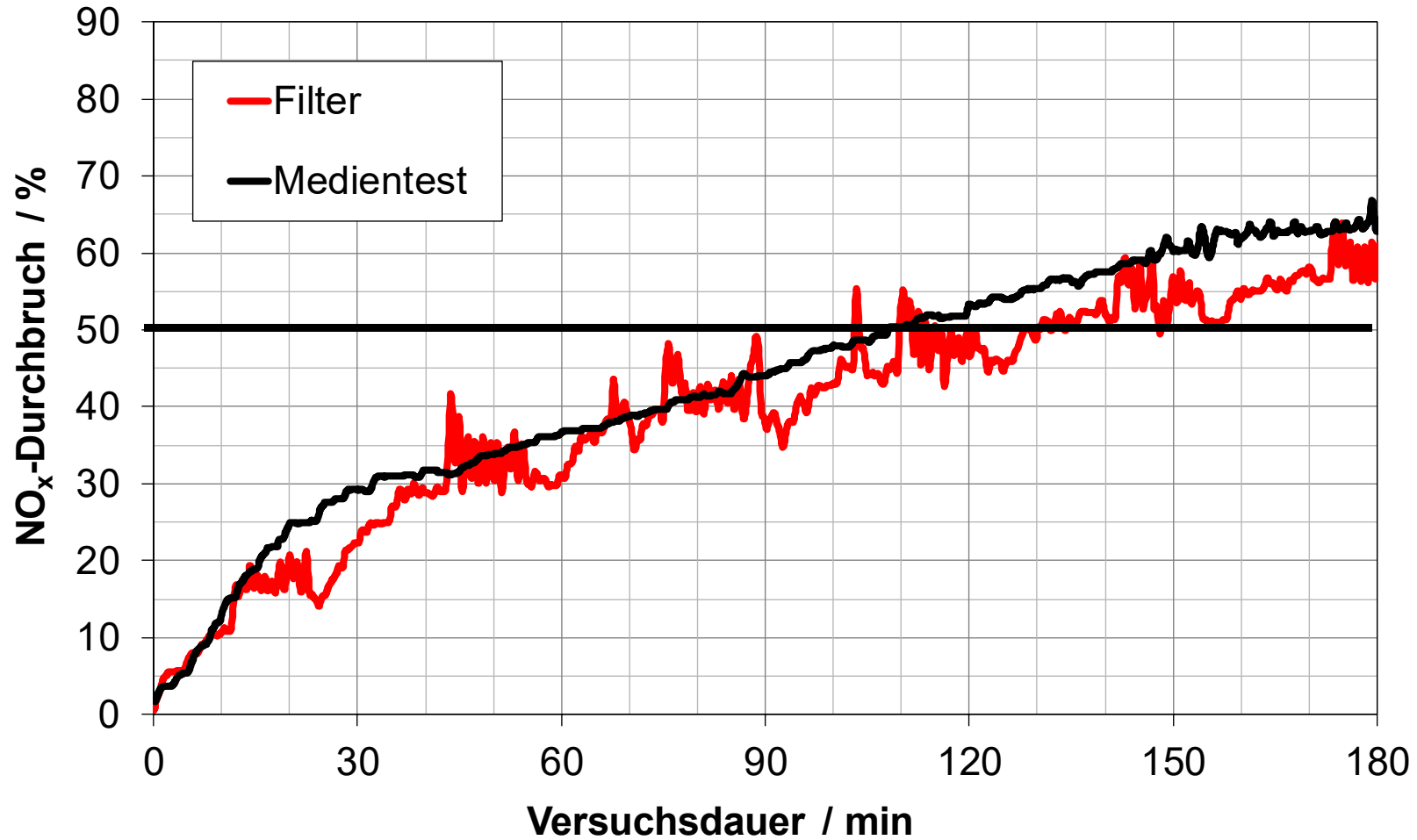
Kartuschenfilter: HD90 ( $E_{int}$  94,7 %)

## Beispiel V-Zelle



V-Zelle: LD70 ( $E_{int}$  74,2 %)

## Beispiel V-Zelle



V-Zelle: LD85 ( $E_{int}$  86,2 %)

## **Zusammenfassung**

- Evaluierung der ISO 10121-3 wurde mit allen vier Testsubstanzen Toluol an vier verschiedenen Filtertypen mit drei unterschiedlichen Bauformen durchgeführt
- erste Tests von Filtermedien in Anlehnung an ISO 10121-3 durchgeführt

## **Ausblick**

- weitere Tests von Filtermedien in Anlehnung an ISO 10121-3
- weitere Auswertung zur Vergleichbarkeit von Klassifizierungsergebnissen von Filtern und Medien
- Klassifizierungstests mit weiteren Testsubstanzen



# 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

