

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

FV-Nr. 01|F21857N, Projekt-Laufzeit 01.10.2021- 30.06.2024

FE 1: Universität Duisburg-Essen, IVG, Nanopartikel-Prozesstechnik

Prof. Dr.-Ing. Frank Schmidt, M. Schroers, S. Azimi Boulali

FE 2: Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.

Dr.-Ing. U. Sager, U. Schneiderwind,
E. Däuber, Prof. Dr.-Ing. C. Asbach

FE 3: Max-Planck-Institut für Kohlenforschung

Dr. rer. nat. Wolfgang Schmidt

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

- **Begrüßung**
- **Hinweis auf die Compliance Regeln, Protokollangelegenheiten**
- **Ziele des aktuellen Projektes**
- **Ergebnisse der einzelnen Forschungseinrichtungen**
- **Diskussion**

- Die AiF macht auf das europäische und nationale Kartellrecht aufmerksam, das untersagt, im Rahmen von Verbandstreffen wettbewerbsrelevante Themen wie Preise oder Preiselemente zu diskutieren oder sensible Unternehmensdaten auszutauschen. Ebenso ist untersagt, Verhaltensweisen im Wettbewerb abzustimmen bzw. entsprechende Beschlüsse oder Vereinbarungen zu treffen.
- Verstöße gegen das Kartellrecht können mit hohen Bußgeldern geahndet werden, die der Verband, seine Mitgliedsunternehmen und u.U. auch Mitarbeiter persönlich zu tragen haben. Von daher ist die Beachtung des Kartellrechts unerlässlich.
- Diese Regeln gelten während aller Veranstaltungen, einschließlich der Veranstaltungspausen.



VOC (volatile organic compounds)

Gasfilter II: unpolare VOC: Limonen, α -Pinen, Referenz: Toluol

Gasfilter III: polare VOC

- Acetaldehyd (wasserlöslich)
- Isovaleraldehyd (nicht wasserlöslich)
- Formaldehyd (wasserlöslich)
- Aceton (wasserlöslich)
- Isopropanol (wasserlöslich)

=> Validierung adsorptiver Filter und Medien (DIN EN ISO 10121)

- ❖ **AP1 – Untersuchung der Unterschiede bei der Adsorption polarer und unpolarer Prüfsubstanzen an Adsorbentien unterschiedlicher Struktur und Oberflächenchemie vor dem Hintergrund der DIN EN ISO 10121**
 - Adsorption einzelner polarer Adsorptive im Vergleich zu unpolaren Prüfsubstanzen an Adsorbentien mit verschiedenen Eigenschaften
 - Adsorption von Gemischen aus zwei Adsorptiven unterschiedlicher Polarität und Wasserlöslichkeit an Adsorbentien mit verschiedenen Eigenschaften
 - Berechnung von Durchbruchkurven

- ❖ **AP2 – Evaluierung der ISO 10121-3 zur Filterklassifizierung**
 - Durchführung von Filterklassifizierungen gemäß ISO 10121-3
 - Durchführung der Klassifizierung gemäß ISO 10121-3 an Filtermedien
 - Test der Klassierung mit weiteren Substanzen in Bezug auf die VOC
 - Erstellung eines Leitfadens zur Anwendung der ISO 10121-3

- ❖ **AP3 – Charakterisierung und Modifikation von Adsorbentien**

Eigenschaft	Toluol	Aceton	Isopropanol
Summenformel	C ₇ H ₈	C ₃ H ₆ O	C ₃ H ₈ O
Molare Masse [g mol ⁻¹]	92,14	58,08	60,1
Schmelzpunkt [°C]	-95	-95	-88
Siedepunkt [°C]	111	56	82
Dichte bei 20 °C [g cm ⁻³]	0,87	0,91	0,78 (15 °C)
Dampfdruck bei 20 °C [hPa]	29,1	246	42,6 (25 °C)
Löslichkeit bei 25°C [mg l ⁻¹]	520 (20 °C)	Mischbar mit Wasser	Mischbar mit Wasser

23 °C, 50-90 % r. F.
90 – 40 – 9 ppm

- 2 kommerzielle Aktivkohlen, Xerogele + Modifikationen der Porenstruktur und Oberflächenchemie pro Aktivkohle
- Modifikation 1: behandelt mit Wasserstoffperoxid (H₂O₂), neue Randbedingungen
- Modifikation 2: behandelt mit Salpetersäure (HNO₃), neue Randbedingungen
- **Modifikation 3: Behandlung bei hohen Temperaturen unter Schutzgas**
- Einfluss der Feuchte, Adsorbenseigenschaften und Wechselwirkung der unterschiedlichen Polaritäten

➤ **Aktivkohle 1 (MB)**

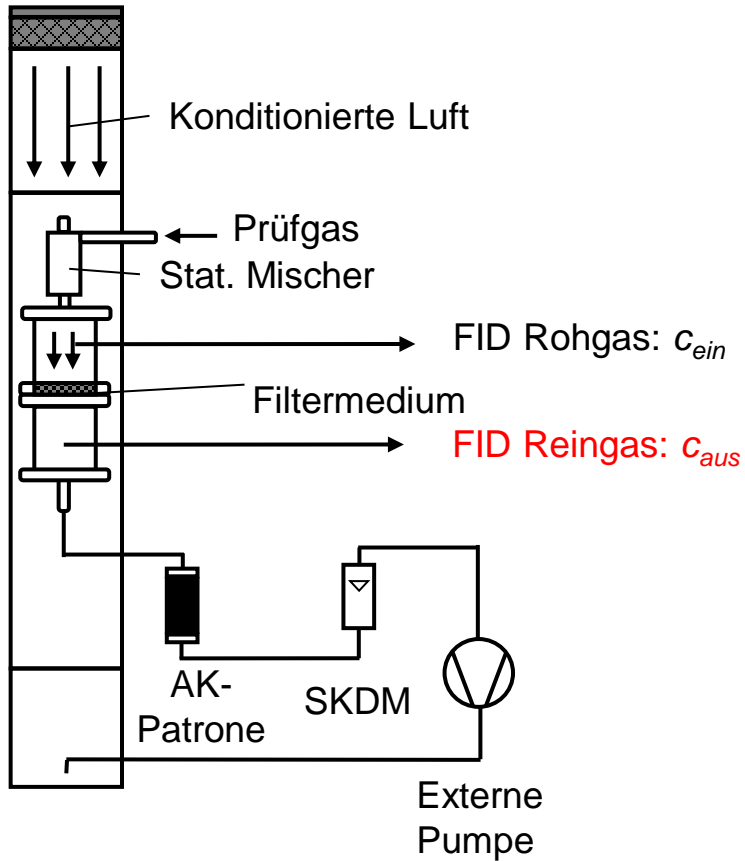
- Konzentration: 9ppm, 40ppm, 90ppm
- rel. Feuchte: 50%, 90%
- Testsubstanz: Toluol, Isopropanol, Aceton
- Einzelversuche bei trockener Luft mit 90ppm

Temperatur: 23 °C
Anströmgeschwindigkeit: 0,055 m/s

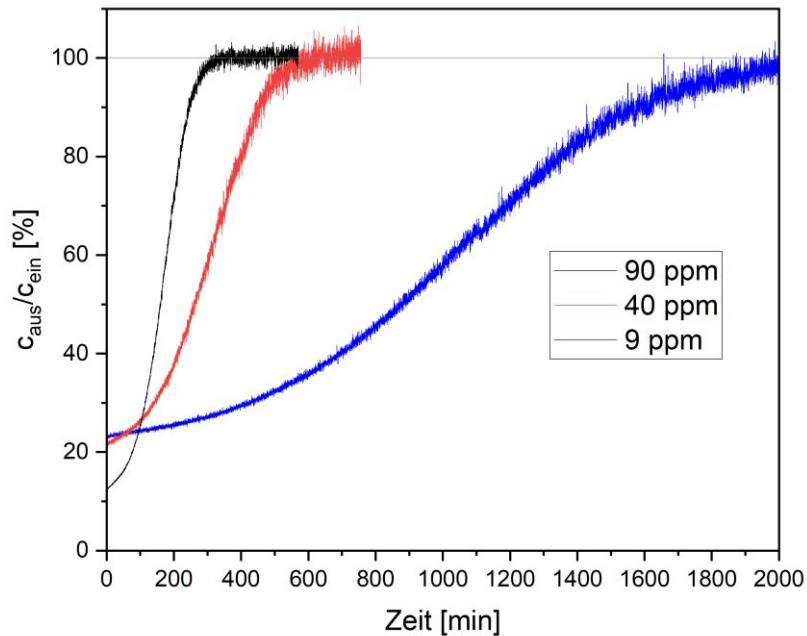
➤ **Aktivkohle 2 (MD)**

- Konzentration: 9ppm, 40ppm, 90ppm
- rel. Feuchte: 50%, 90%
- Testsubstanz: Toluol, Isopropanol, Aceton
- Einzelversuche bei trockener Luft mit 90ppm

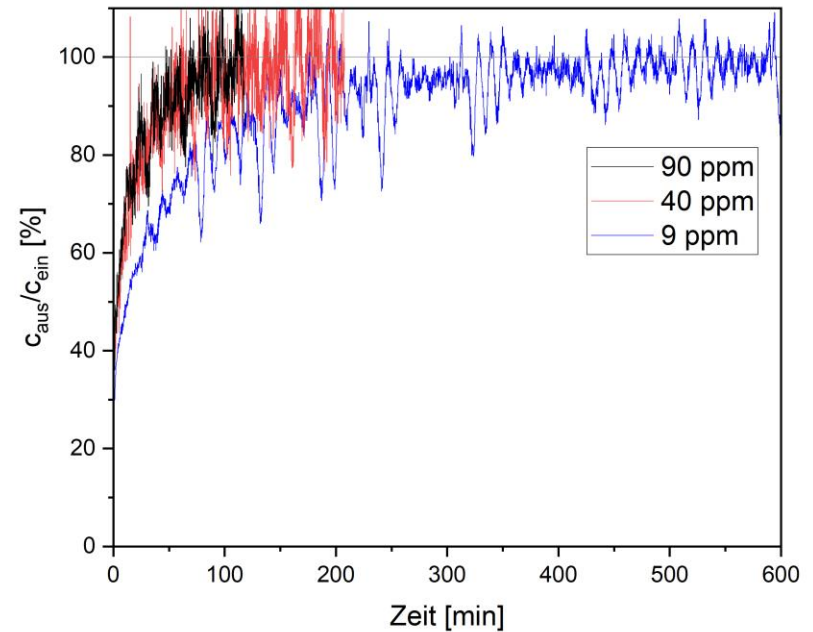
Temperatur: 23 °C
Anströmgeschwindigkeit: 0,25 m/s



50 % r.F.

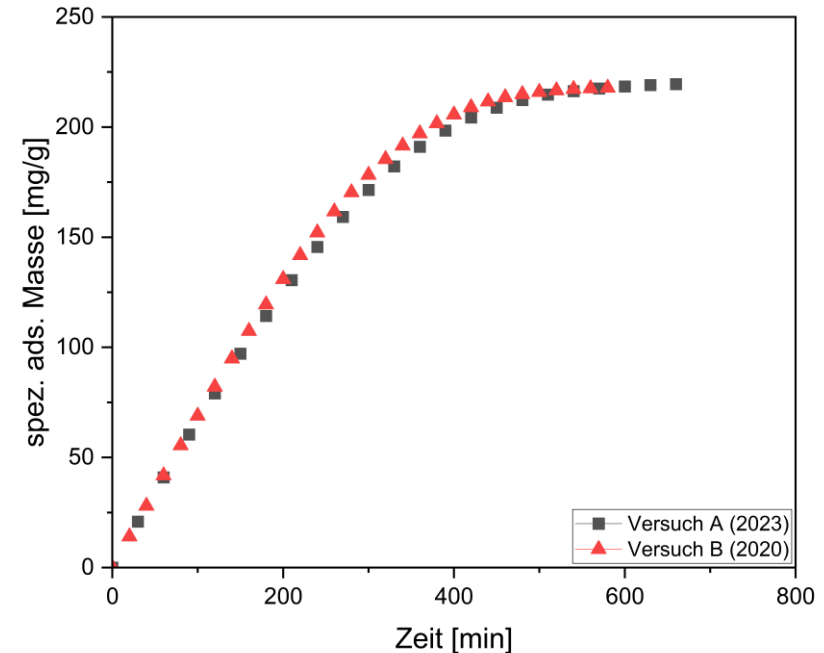
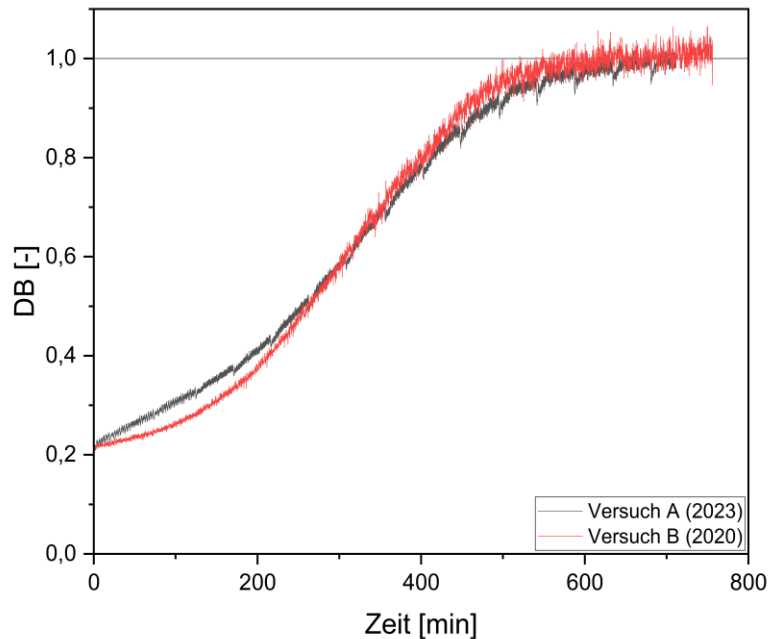


90 % r.F.



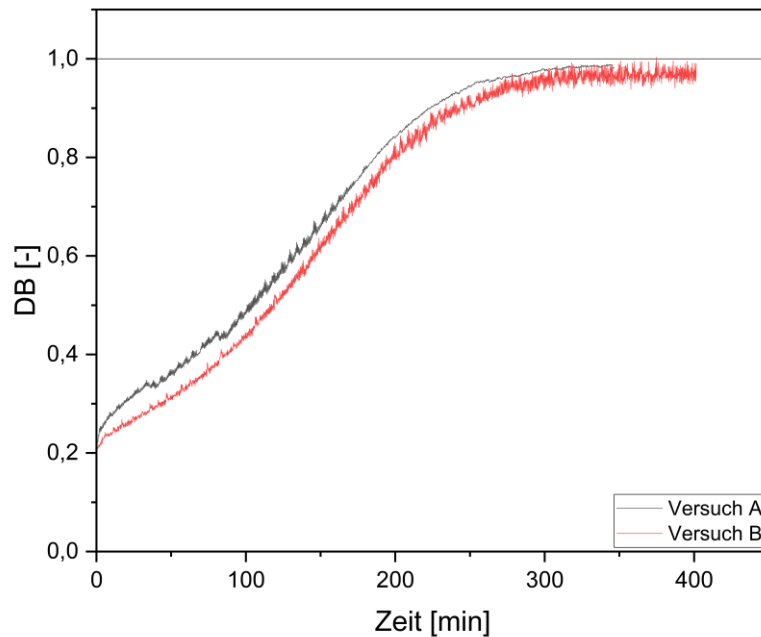
- Verschlechterung der Adsorptionsleistung bei hoher Feuchte bei unpolaren Adsorptiven

50 % r.F. (MD)
40 ppm Toluol

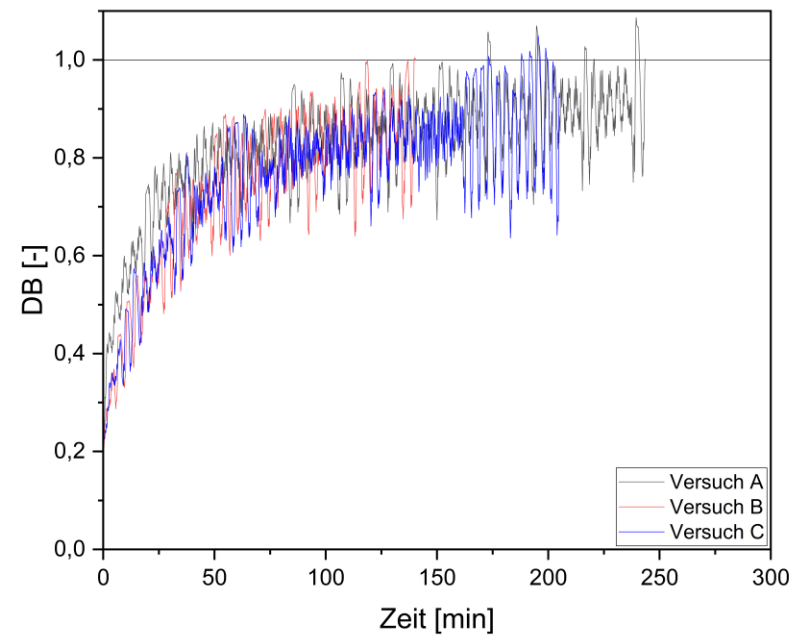


- Hohe Reproduzierbarkeit der Messungen
- Einzelmessungen bei überwiegend akzeptablen Schwankungen der Feuchte

90 ppm, 50 % r.F. (MD)

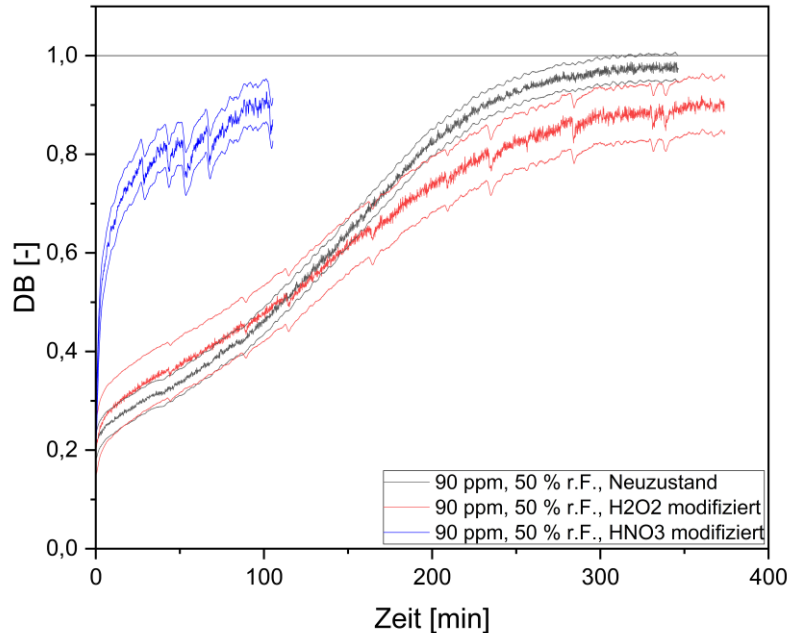


90 ppm, 90 % r.F. (MD)

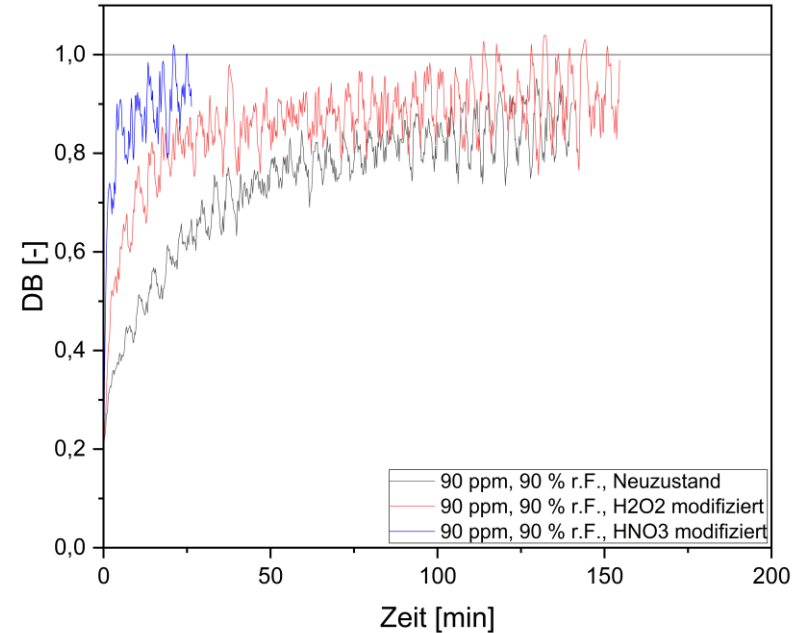


➤ Auch bei Nutzung eines FID's hohe Reproduzierbarkeit

90 ppm, 50 % r.F. (MD)

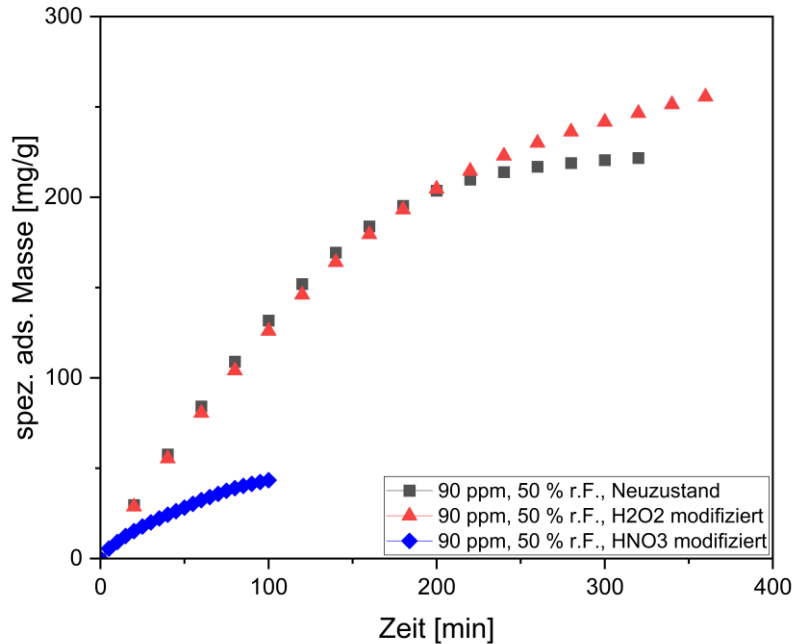


90 ppm, 90 % r.F. (MD)

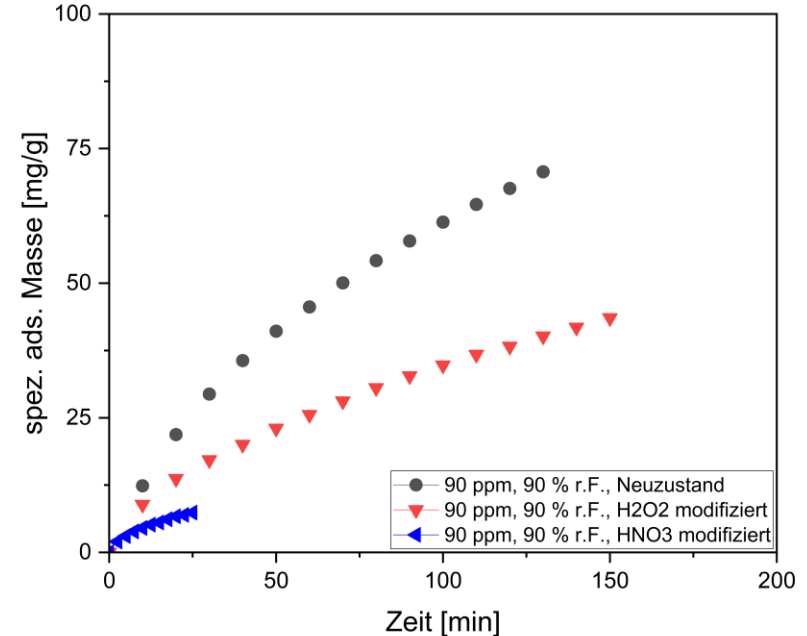


- Keine Änderung bzw. Verschlechterung der Adsorptionsleistung bei den Modifikationen
- Verschlechterung der Adsorptionsleistung bei hoher Feuchte bei unpolaren Adsorptiven

90 ppm, 50 % r.F. (MD)

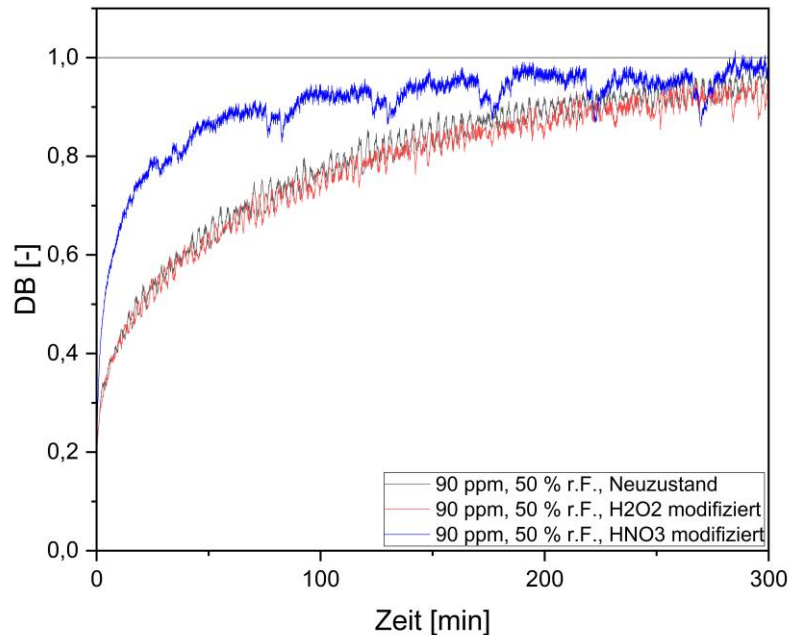


90 ppm, 90 % r.F. (MD)

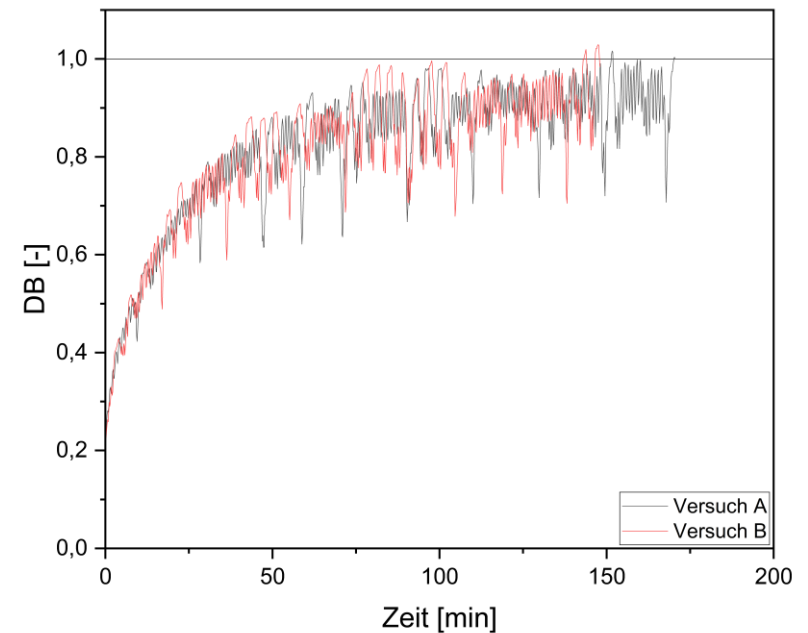


- Verschlechterung der Adsorptionsleistung bei hoher Feuchte bei unpolaren Adsorptiven

90 ppm, 50 % r.F. (MD)

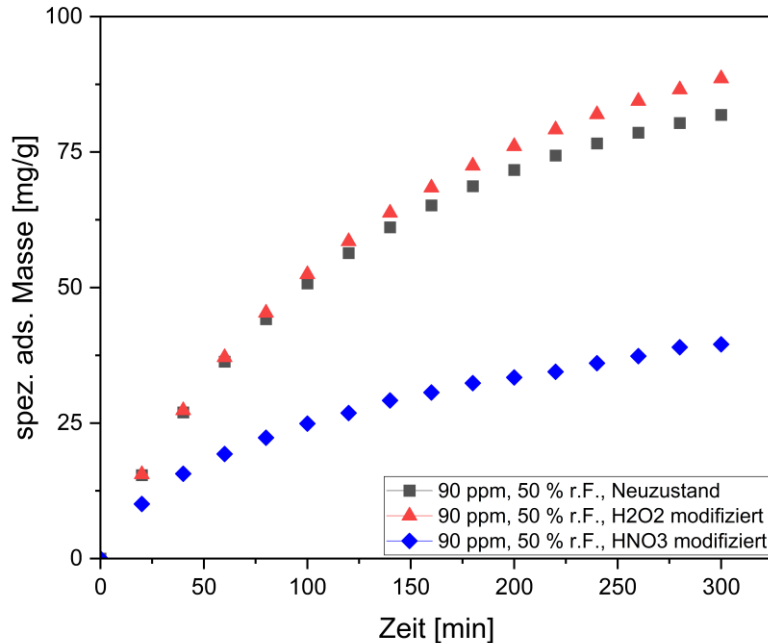


90 ppm, 90 % r.F. (MD Neuzustand)

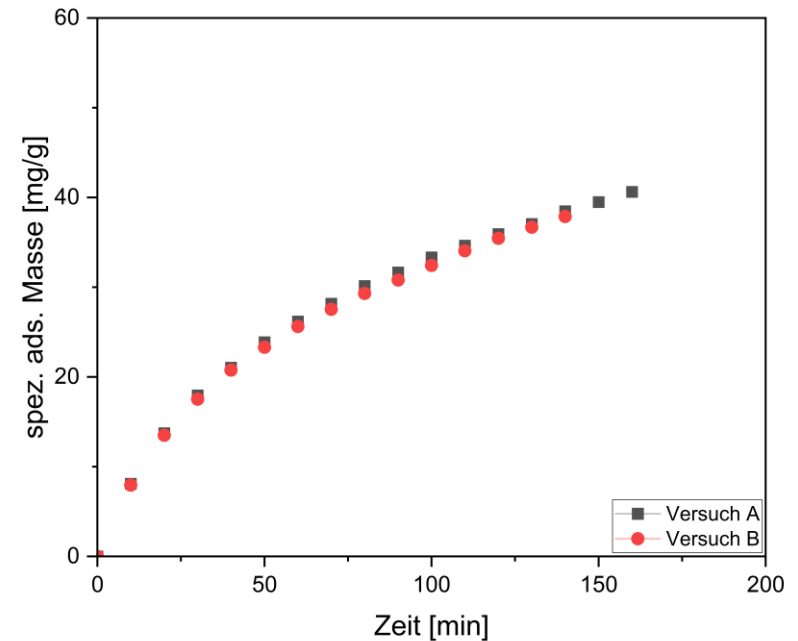


- Direkter Vergleich zeigt keinen Einfluss (H_2O_2) bzw. Verschlechterung (HNO_3) der Adsorptionseigenschaften durch Modifikation

90 ppm, 50 % r.F. (MD)

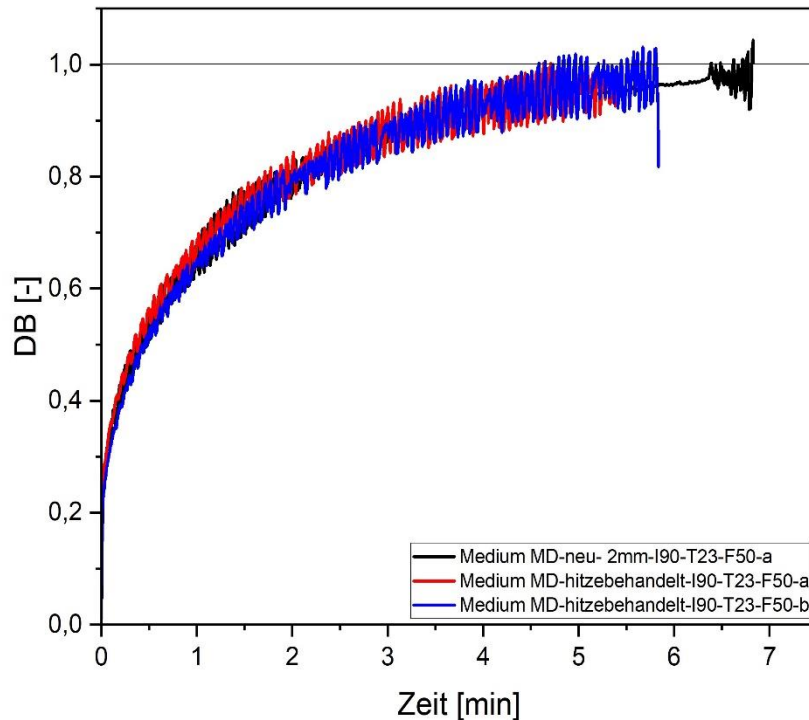


90 ppm, 90 % r.F. (MD Neuzustand)

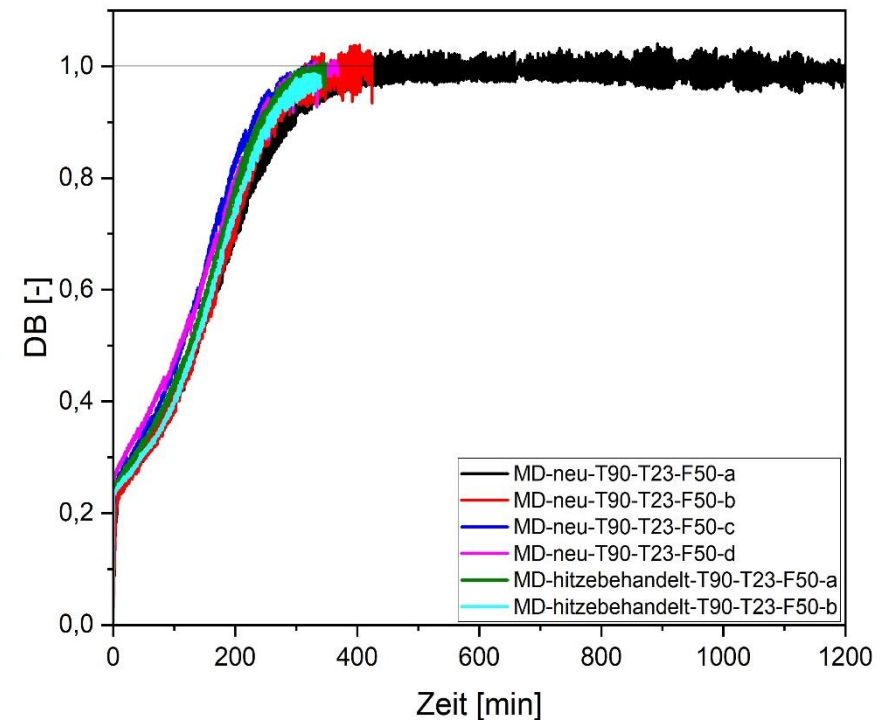


➤ Dies kann man auch anhand der adsorbierten Massen erkennen

IPA: 90 ppm, 50 % r.F. (MD)

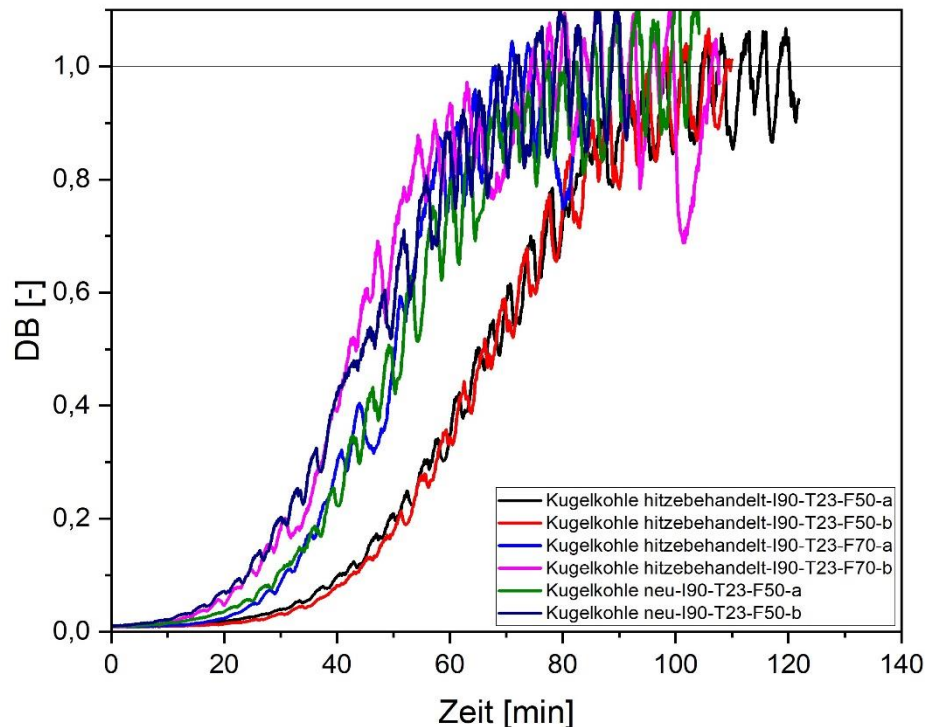


Toluol: 90 ppm, 90 % r.F. (MD)

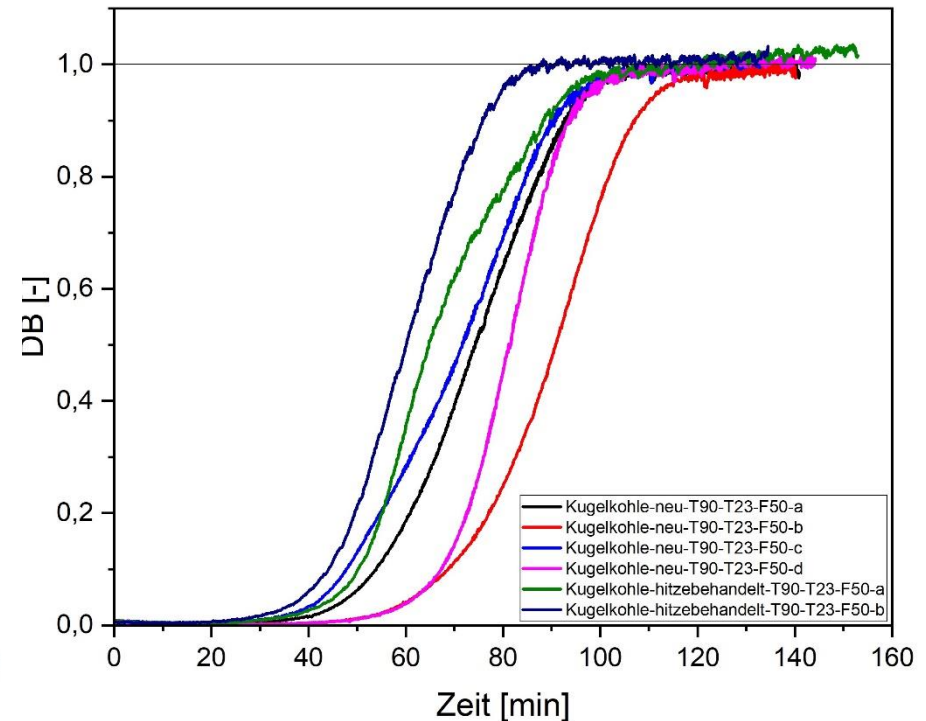


- Bei Medium MD ist weder bei IPA noch bei Toluol eine Veränderung der Adsorptionseigenschaften durch die Hitzebehandlung zu erkennen

IPA: 90 ppm, 50 % r.F. (MD)

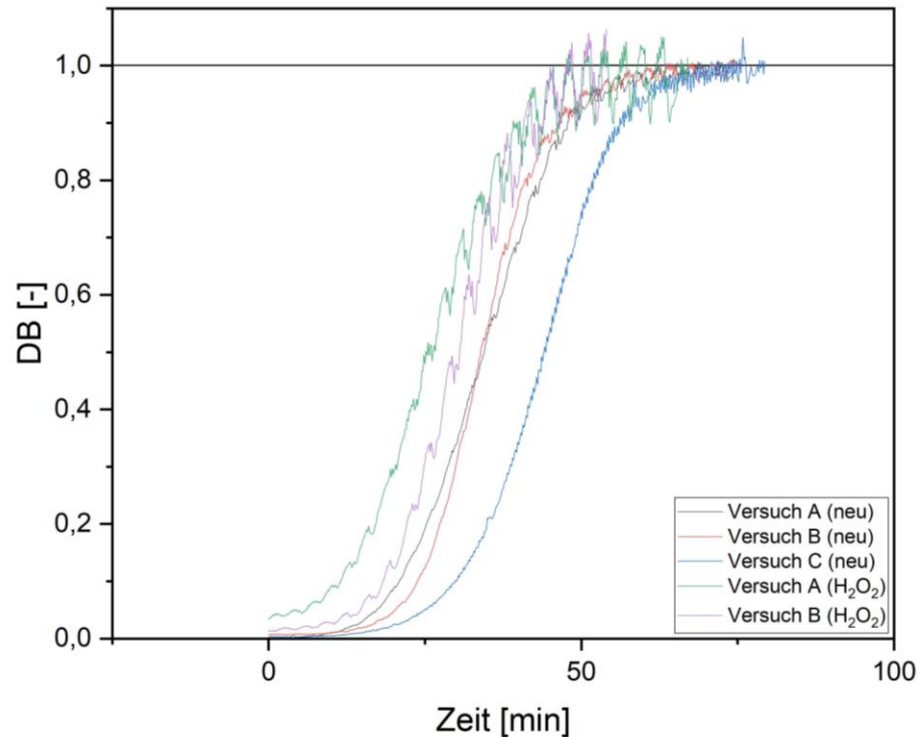


Toluol: 90 ppm, 90 % r.F. (MD)



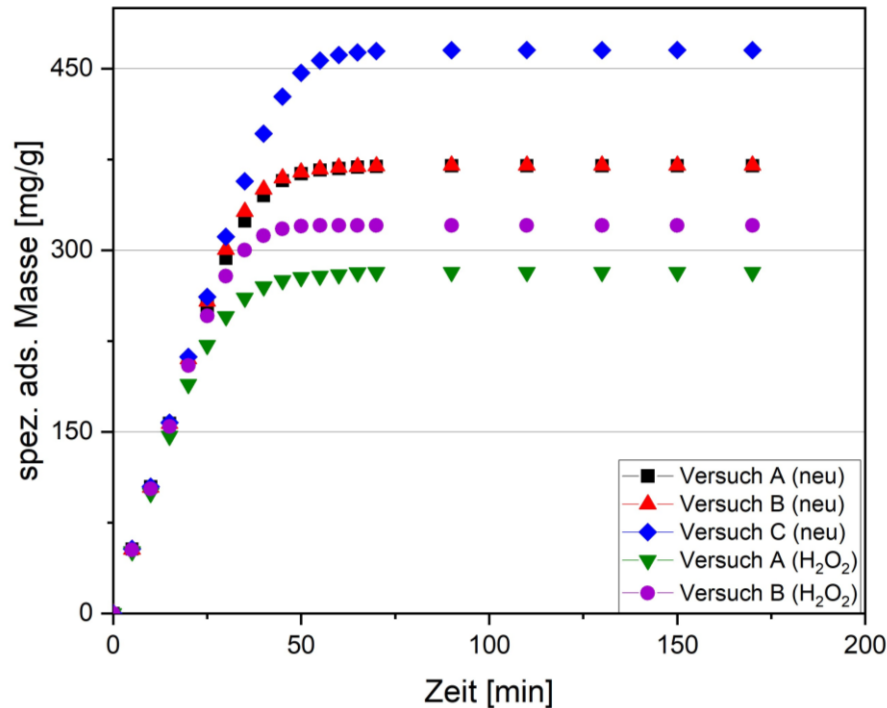
- Bei der Kugelkohle ist durch die Hitzebehandlung bei IPA eine leichte Verbesserung der Adsorptionseigenschaften zu erkennen
- Bei Toluol verschlechtert sich die Adsorptionseigenschaft geringfügig

90 ppm, 50 % r.F. (Xerogel)



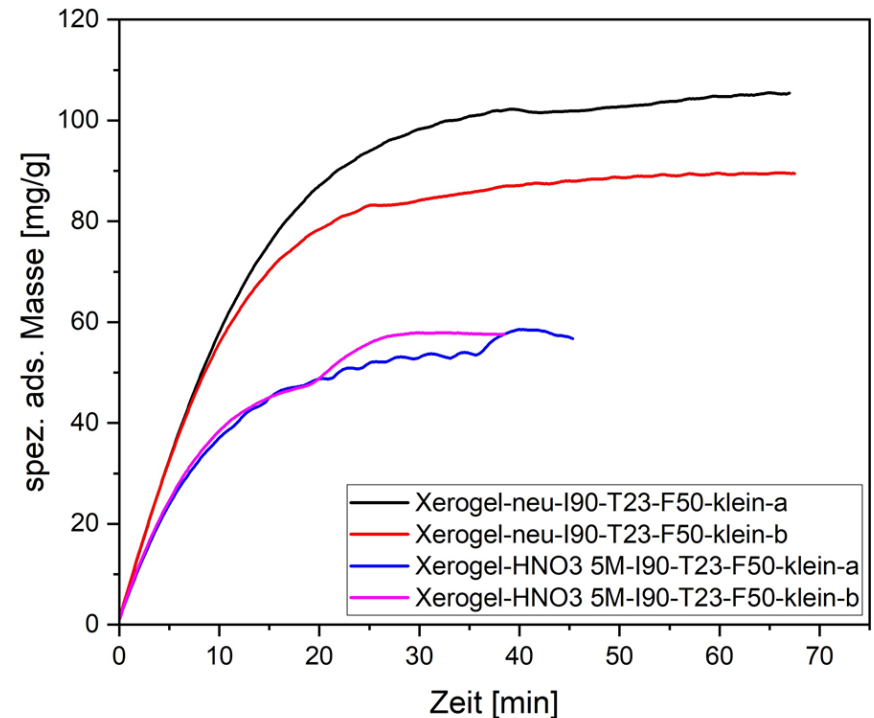
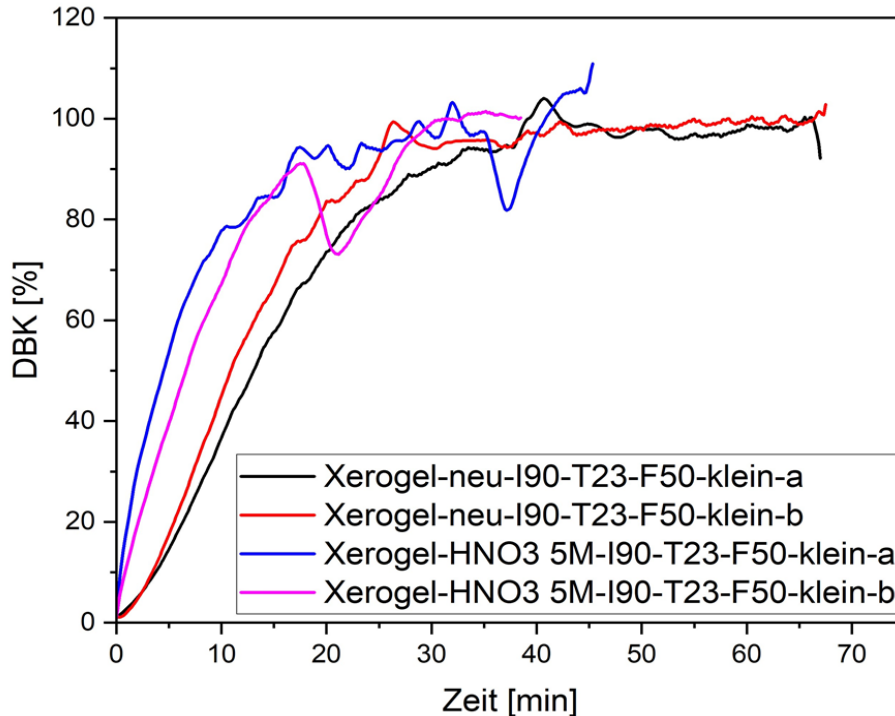
- leichte Verschlechterung der Adsorptionsleistung durch die Modifikation bei unpolaren Adsorptiven

90 ppm, 50 % r.F. (Xerogel)



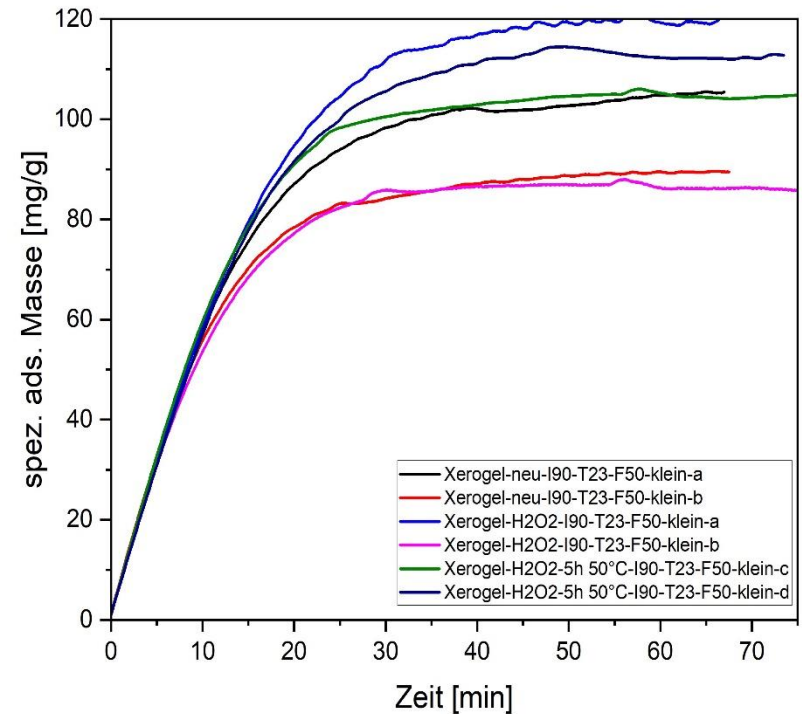
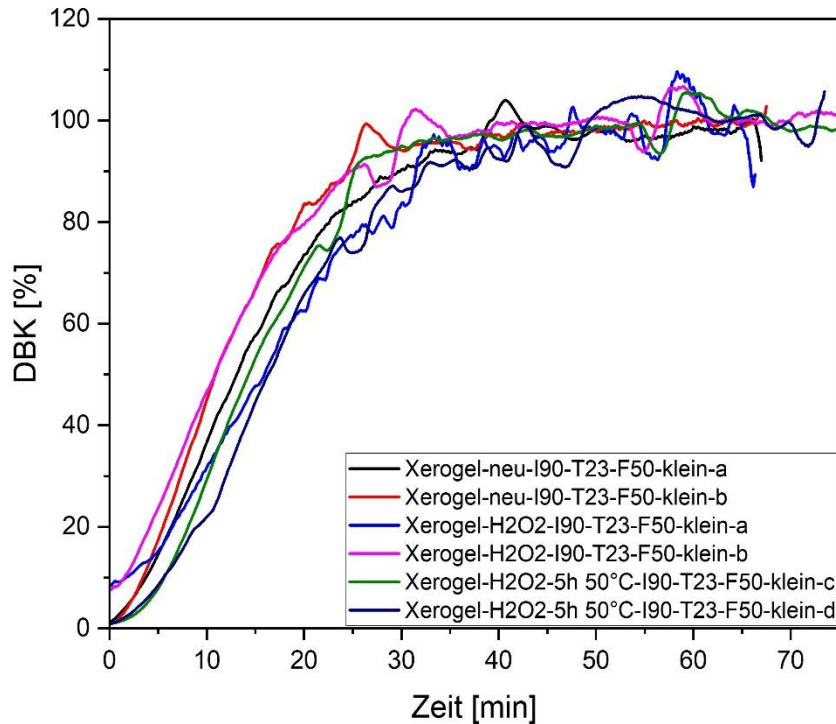
➤ Dies kann man auch anhand der adsorbierten Massen erkennen

90 ppm, 50% r.F. (Xerogel)



- Auch durch die angepasste Modifikation mit HNO₃ ergibt sich bei der Adsorption von IPA eine Verschlechterung der Adsorptionseigenschaften

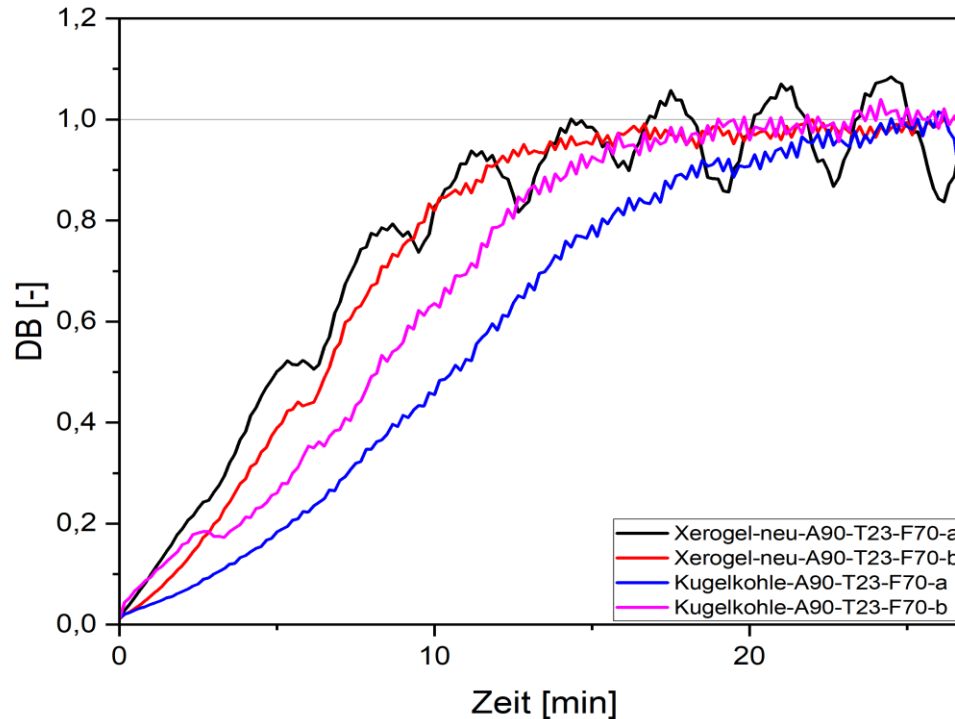
90 ppm, 50% r.F. (Xerogel)



- Beide Modifikationsvarianten mit H₂O₂ ergeben bei der Adsorption von IPA keine Verbesserung der Adsorptionseigenschaften

Vergleich der DBK vom Xerogel und einer Kugelkohle bei Aceton

90 ppm, 70% r.F. (Aceton)



- Im Vergleich mit einer handelsüblichen Kugelkohle ist das Adsorptionsvermögen des Xerogels etwas geringer

- ❖ **AP1 – Untersuchung der Unterschiede bei der Adsorption polarer und unpolarer Prüfsubstanzen an Adsorbentien unterschiedlicher Struktur und Oberflächenchemie vor dem Hintergrund der DIN EN ISO 10121**
 - Adsorption einzelner polarer Adsorptive im Vergleich zu unpolaren Prüfsubstanzen an Adsorbentien mit verschiedenen Eigenschaften
 - Adsorption von Gemischen aus zwei Adsorptiven unterschiedlicher Polarität und Wasserlöslichkeit an Adsorbentien mit verschiedenen Eigenschaften
 - Berechnung von Durchbruchkurven

- ❖ **AP2 – Evaluierung der ISO 10121-3 zur Filterklassifizierung**
 - Durchführung von Filterklassifizierungen gemäß ISO 10121-3
 - Durchführung der Klassifizierung gemäß ISO 10121-3 an Filtermedien
 - **Test der Klassierung mit weiteren Substanzen in Bezug auf die VOC**
 - Erstellung eines Leitfadens zur Anwendung der ISO 10121-3

- ❖ **AP3 – Charakterisierung und Modifikation von Adsorbentien**



AiF-Forschungsvereinigung
„Energie- und Umwelttechnik“

2017

Innovationsreport Industrielle Gemeinschaftsforschung

IGF Forschungsvorhabensnummer: 18516 N

**Evaluierung und Optimierung
praxisorientierter Prüfprozeduren
für adsorptive Filtermedien und
Einrichtungen zur Reinigung der
Gasphase für die allgemeine
Raumlüftung**

Laufzeit: 01.12.2014 – 30.11.2017

Beteiligte Forschungsstelle(n):

1. Universität Duisburg-Essen
Lehrstuhl für Nanopartikel-Prozess-technologie
2. Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V.
Bereich Luftreinhaltung & Prozessaerosole

Institut für Energie- und
Umwelttechnik e. V.
Bliersheimer Straße 58 - 60
47229 Duisburg

Bereich Industrielle
Gemeinschaftsforschung
www.iuta.de/igf

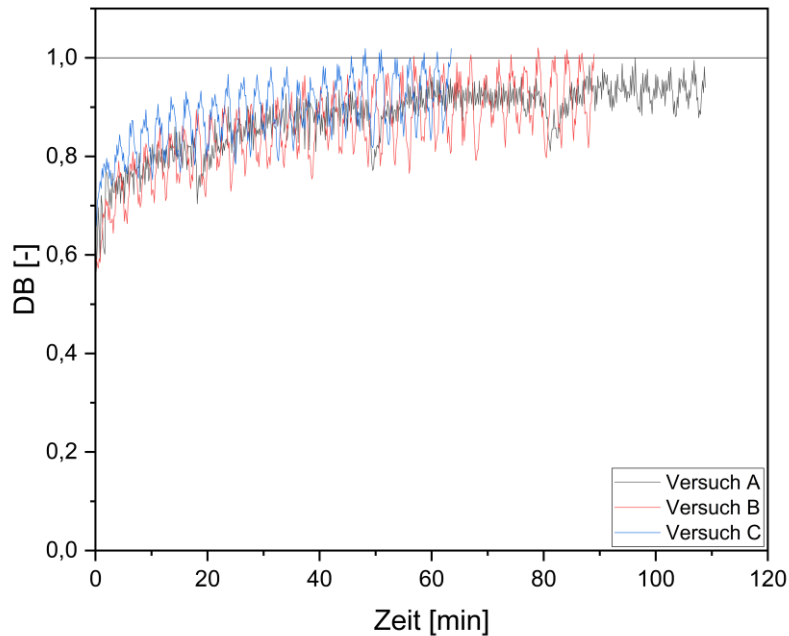
Versuchsbedingungen:

- Anströmgeschwindigkeit Schüttung: 26 cm/s
- Anströmgeschwindigkeit V-Zelle: 15,5 cm/s
- Anströmgeschwindigkeit Taschenfilter: 15 cm/s
- Konzentration: 9 ppm, 50% rel. Feuchte

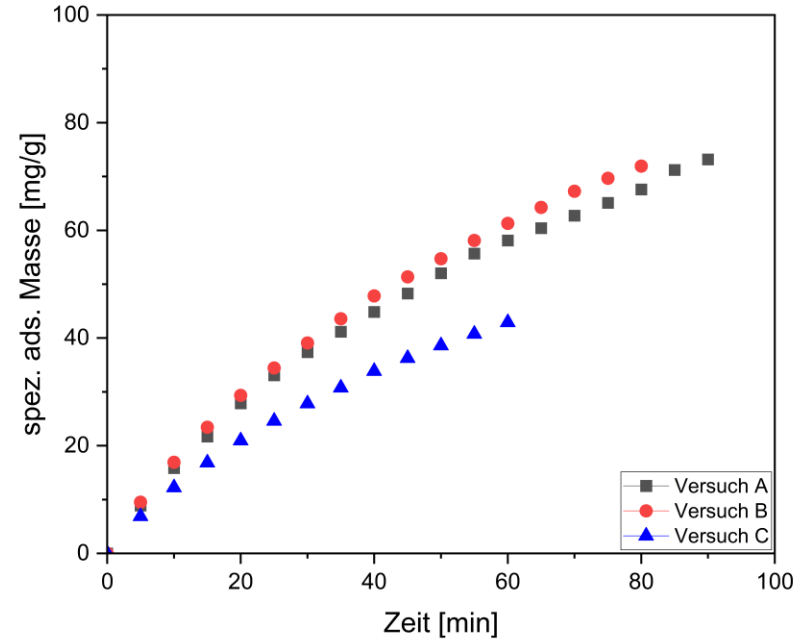
Auswertung:

1. Bestimmung der DBK und des Anfangsdurchbruch
2. Normgerechte (DIN EN ISO 10121-3) Auftragung der Abscheideeffizienz in Prozent als Funktion der zudosierten Molmenge bzw. Masse bezogen auf die Anströmfläche der GAPCD (610 mm x 610 mm)
 - Beurteilung des Filters

9 ppm, 50 % r.F.

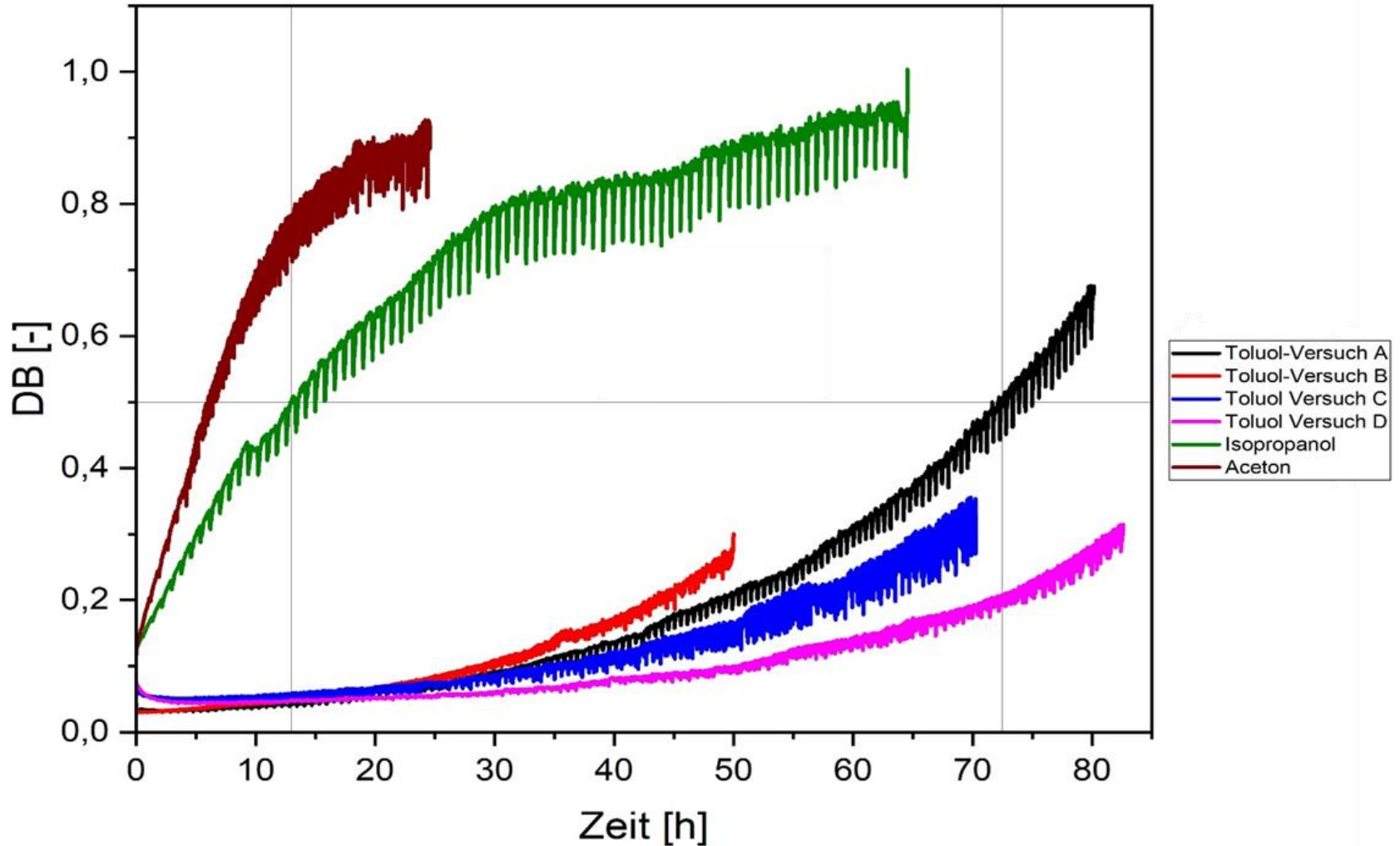


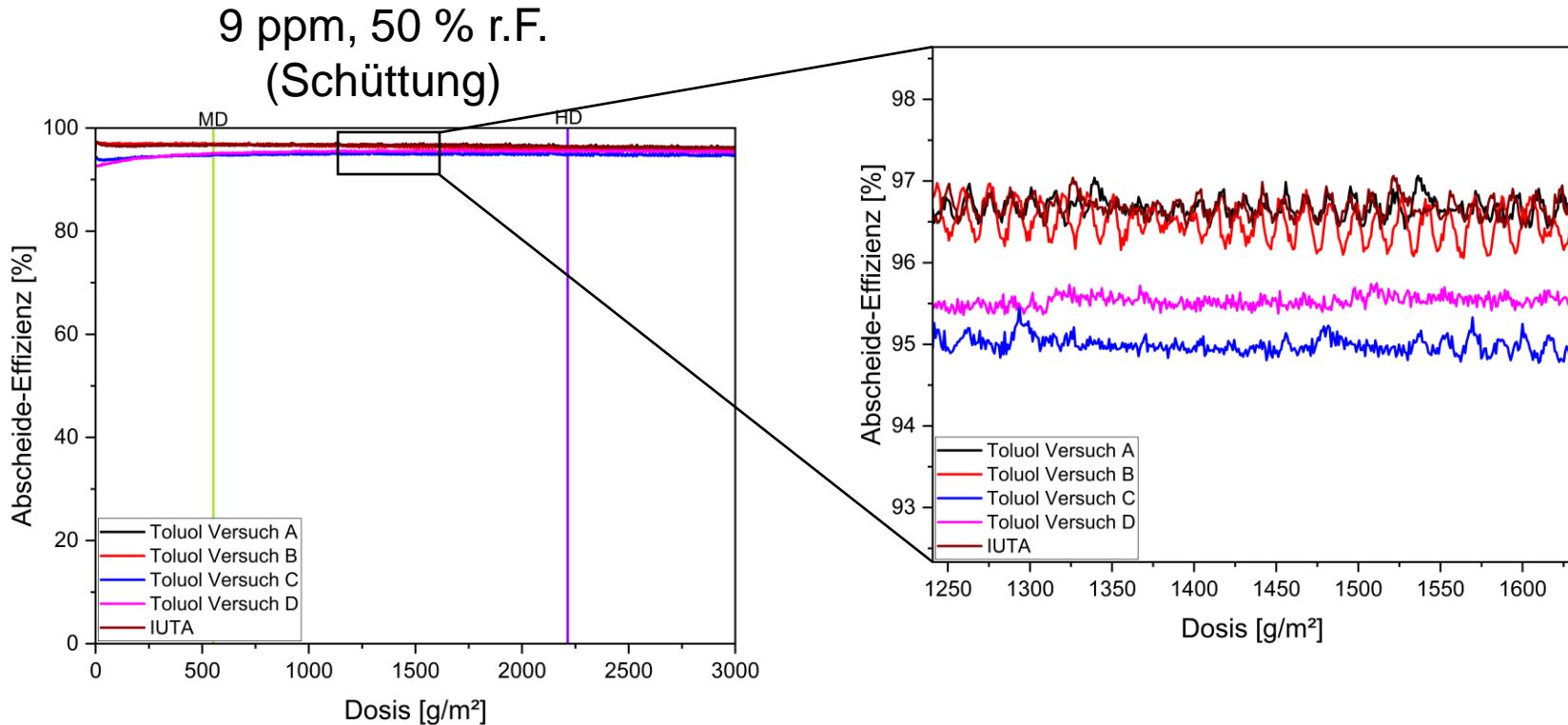
9 ppm, 50 % r.F.



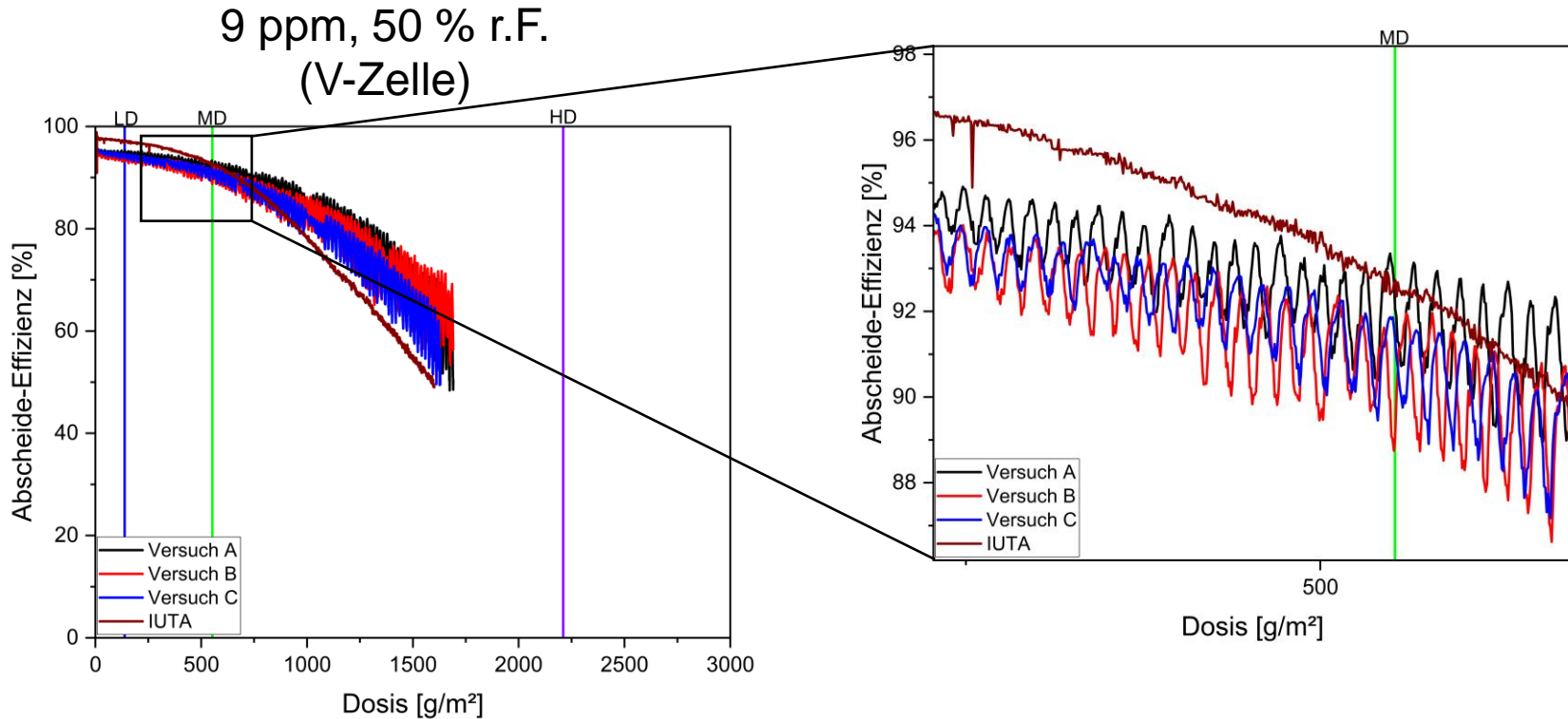
➤ Aufgrund der geringen AK-Masse ($\sim 51 \text{ g/m}^2$) => sehr schneller Durchbruch

Medium MT (Schüttung)





- Schüttung zeigt ähnliche Ergebnisse wie das IUTA
- Genauere Ansicht zeigt Schwankungen in den Einzelmessungen (HD95 bzw. HD90)



- V-Zelle zeigt ebenfalls ähnliche Ergebnisse wie das IUTA
- Test des Filtermediums und Filterelements resultieren beide in Filterklasse MD90

Versuche mit (modifizierten) Aktivkohlen

- Aktivkohle (MD), AAF-Material (MB) und Kugelkohle
- verschiedene Modifikationen von MD mit HNO₃ bzw. mit H₂O₂
- Konzentration: 90ppm, T= 23°C, rel. Feuchte: 50%, 90%
- Testsubstanz: Toluol, Isopropanol, Aceton, (Acetaldehyd, Formaldehyd)
- bei steigender rel. Feuchte sinkt die Adsorptionsleistung der untersuchten Aktivkohlen (MD und MB) bei allen Testsubstanzen außer Formaldehyd
- Die verschiedenen Modifikationen mit Wasserstoffperoxid (H₂O₂) zeigen keine relevante Veränderung der Adsorptionsleistung im Vergleich zum unbehandelten Zustand (MD)
- Bei Modifikation mit Salpetersäure (HNO₃) zeigt sich eine Verschlechterung der Adsorptionsleistung (MD)
- Eine Hitzebehandlung hat bei der Aktivkohle keinen Einfluss auf die Adsorptionseigenschaften, bei Kugelkohle sieht man bei IPA eine leichte Verbesserung im Vergleich zum Neuzustand

Versuche mit (modifizierten) Xerogelen

- **Konzentration: 90ppm, T= 23°C, rel. Feuchte: 50%, 70%, 90%**
- **Testsubstanz: Toluol, Isopropanol, Aceton**
- **verschiedene Modifikationen mit HNO₃ bzw. mit H₂O₂**
- **Das Adsorptionsvermögen des Xerogels im Neuzustand ist bei IPA und Aceton weitestgehend unabhängig von der rel. Feuchte**
- **Im Vergleich mit einer kommerziell hergestellten Kugelmohle ist das Adsorptionsvermögen des Xerogels für polare VOCs geringer**
- **Die vorgenommenen Modifikationen verändern das Adsorptionsverhalten des Xerogels gegenüber polaren VOCs nicht**

Versuche gemäß ISO 10121-3

- Versuche mit **Toluol, IPA und Aceton** an Filtermedien und Schüttungen (gemäß ISO 10121-3)
 - Gute Übereinstimmung der Ergebnisse der Filtermedientests mit den Tests der ganzen Filterelemente
 - Gründe für die Streuung bei den Medientests müssten eventuell näher untersucht werden
 - Mögliche Ursachen:
 - Inhomogenitäten im Filter- / Materialverlauf
 - Randgängigkeit im Adsorber

Das IGF-Vorhaben 01|F21857N der Forschungsvereinigung Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. wurde 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:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages