

17.12.2020

4. Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses, online

“Verbesserung der Drainageeigenschaften von Koaleszenzfiltermedien durch gemusterte Funktionalisierung (VEDKOF)” - IGF-Projekt-Nr. 19918 N

Laufzeit: 01.01.2018 – 31.12.2020

IUTA – Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.

Deutsches Textilforschungszentrum Nord - West – DTNW gGmbH

## Ziel:

Verbesserung des Drainageverhaltens

→ Reduktion des Druckverlustes

→ geringer Energieverbrauch

bei Erhalt oder Verbesserung der Filtrationseigenschaften.

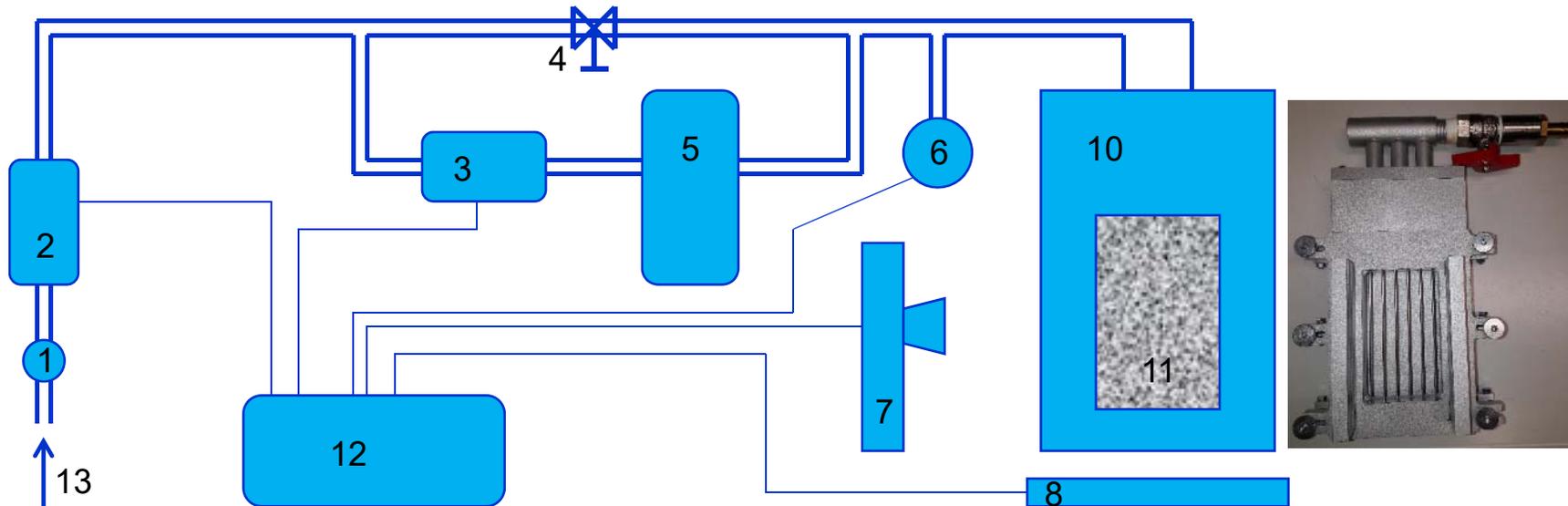
## Ansatz:

- Beeinflussung der Drainage durch oberflächliche Modifizierung der Benetzbarkeit des Filtermediums
- Verwendung von Masken mit variierender Geometrie
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Maskengeometrien auf
  - Öltransport
  - Differenzdruckverlauf
  - Abscheideverhalten

## Übersicht – Zusammenfassung letzte PA-Sitzung

- 1. Deutliche Reduktion des Druckverlusts wurde gezeigt**
  - Ursache der Druckverlustreduktion? Ist es ein Oberflächen oder ein Tiefeneffekt?
  - Welchen Einfluss hat der Binder?
  - Haltbarkeit des Effekts?
- 2. Untersuchung des Abscheideverhaltens deuten auf eine Verbesserung hin**
  - Bisherige Untersuchungen zur Partikelabscheidung deuten auf eine Verbesserung durch die Modifikation hin. Diese wurden aber mit einer störanfälligen Methode erhoben:
    - Lässt sich der Befund mit einem andern Partikelmessgerät bestätigen?
- 3. Wasserbasierte Fluorreagenzien wurden für die Modifikation eingesetzt**

# Flachmedienprüfstand



**1: Druckminderer**

**2: MFC 1**

**3: MFC 2**

**4: Drossel**

**5: Tröpfchengenerator**

**6: Druckmessdose**

**7: Kamera**

**8: Waage**

**10: Filterhalter**

**11: Prüfling (Filtermedium)**

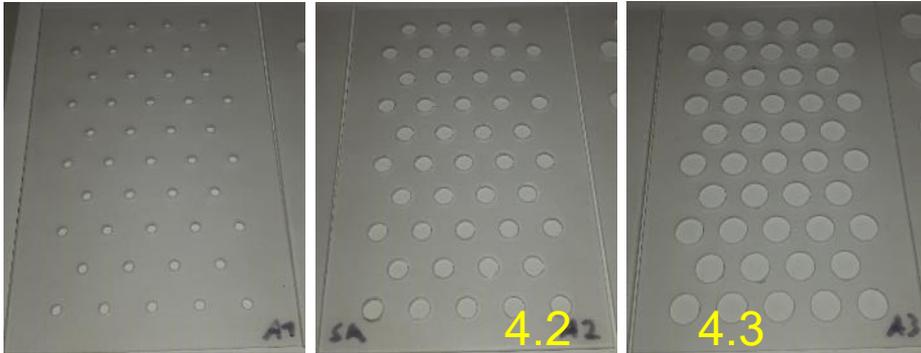
**12: Rechner**

**13: Druckluftversorgung**

**Ursache der Druckverlustreduktion? Ist es ein Oberflächen oder ein Tiefeneffekt?**

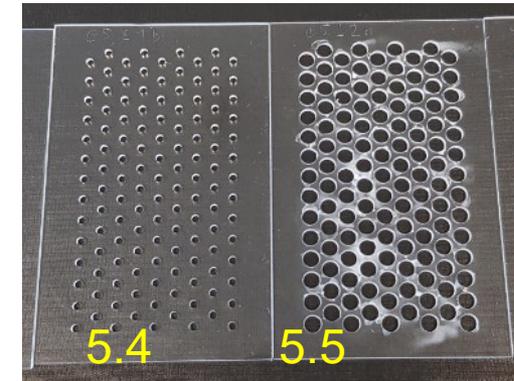
**Ergebnisse der manuellen Medienmodifizierung**

## Generation 4



- 1. Gleiche Anzahl von Bohrungen**
  - 45 Bohrungen
- 2. Variation des Durchmessers der Bohrungen**
  - Radius = 1,25 mm, 2,5 mm, 3,75 mm, 5 mm
- 3. Variation der Verhältnisses phob zu phil**
  - Theoretisch: 0,038, 0,173, 0,496, 1,433

## Generation 5

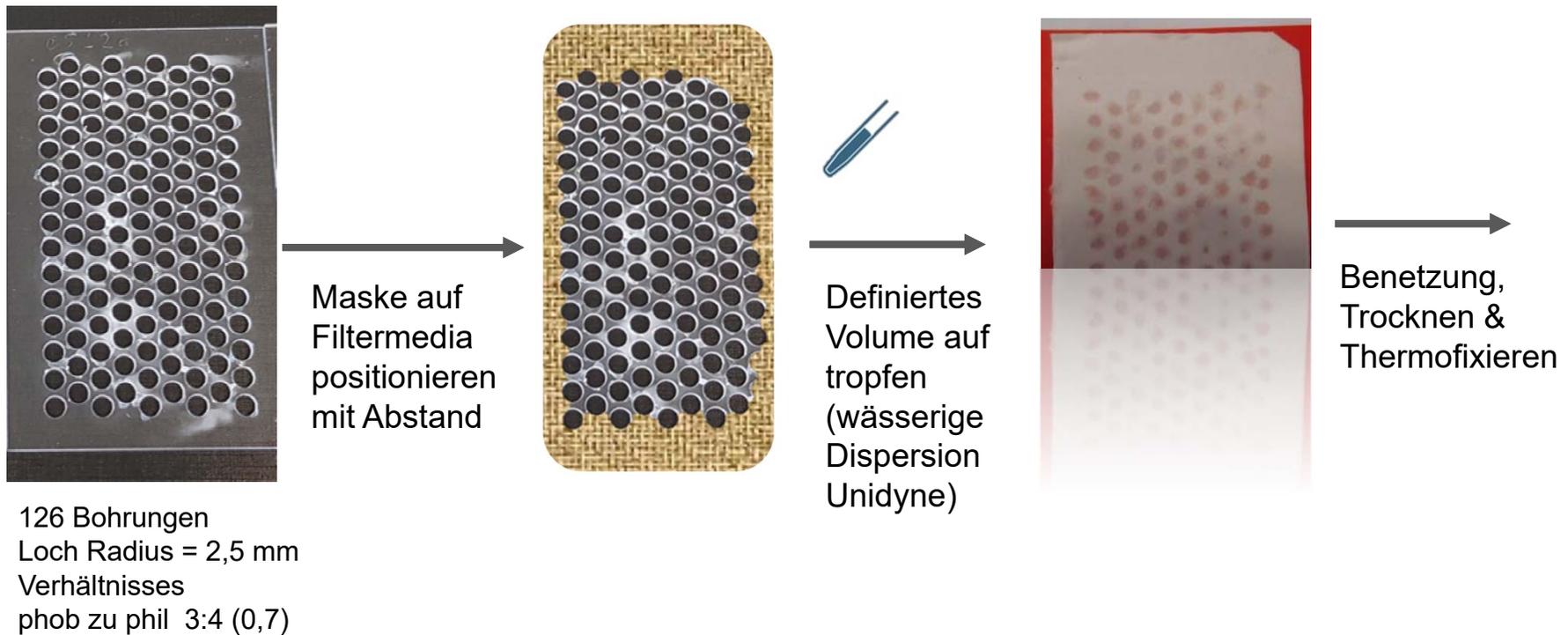


- 1. Gleiche Anzahl von Bohrungen**
  - 126 Bohrungen
- 2. Variation des Durchmessers der Bohrungen**
  - Radius = 1,25 mm, 2,5 mm
- 3. Variation der Verhältnisses phob zu phil**
  - theoretisch: 0,115, 0,702

# Modifizierungsverfahren

Manuele Musterung mit Hilfe eine Schablone (Maske G5)

Thermische olophobe Ausrüstung mit Unidyne 9031

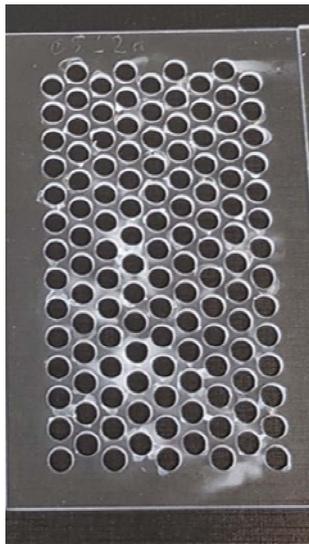


# Modifizierungsverfahren

Thermische Ausrüstung mit **Unidyne 9031 (G-Media)**

## Optimierungsbedarf:

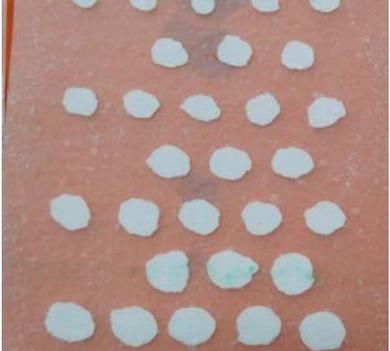
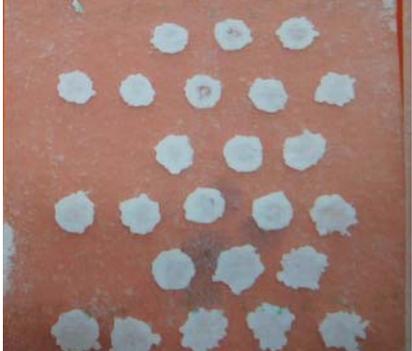
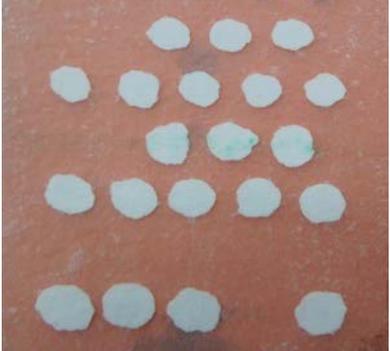
- Auftragungsverfahren (Digitaldruck)
- Konzentration der aktiven Komponente
- Aufgetragenes Volumen
- Dimensionen des Musters (Maske)



126 Bohrungen  
Loch Radius = 2,5 mm  
Verhältnisses  
phob zu phil 3:4 (0,7)



## Mit Öl-Benetzte Proben

V, $\mu\text{L}$	10 g/l	40 g/l
6		
10		
15		
20		

## Thermische Ausrüstung mit Unidyne 9031 (G-Media)

### Optimierungsbedarf:

- Faser/Media Benetzungseigenschaften
- Penetrationstiefe

Tropfenvolumen = 25 $\mu$ L auf G-Media



Durchdringung der Ausrüstung bis zur **Rückseite** bei 15 $\mu$ L Tropfvolumen erst ab 20 g/L Unidyne



- Der (hydrophobe ) Binder in Medium G stört die Penetration der wässrigen Unidyne-Lösungen. Die Abb. links (G) zeigt, dass ein Öl-Tropfen auf der nicht behandelten Seite (oleophil) sofort einsinkt - unabhängig von der Unidyne-Konzentration.



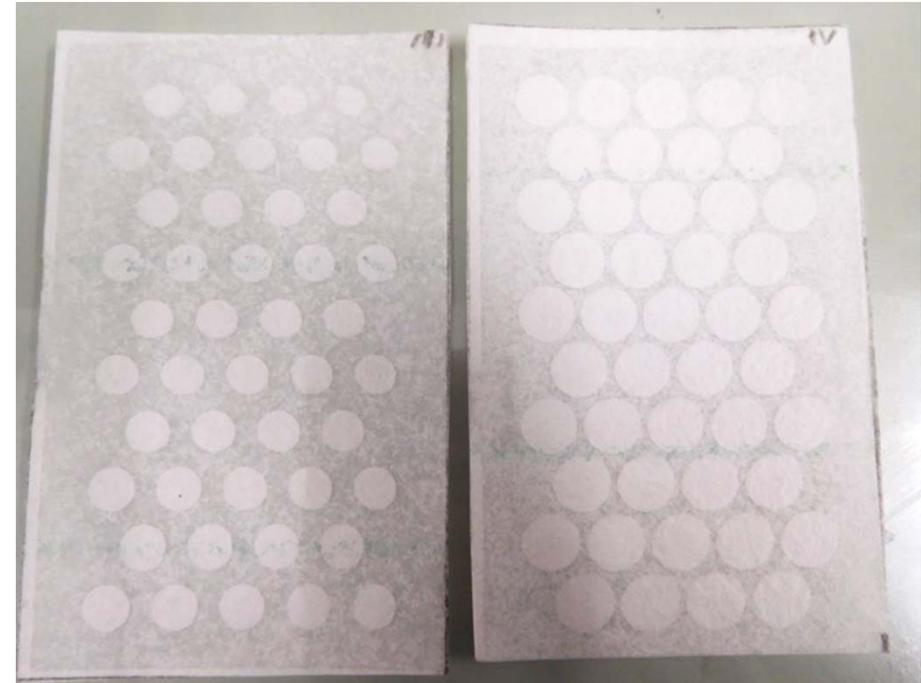
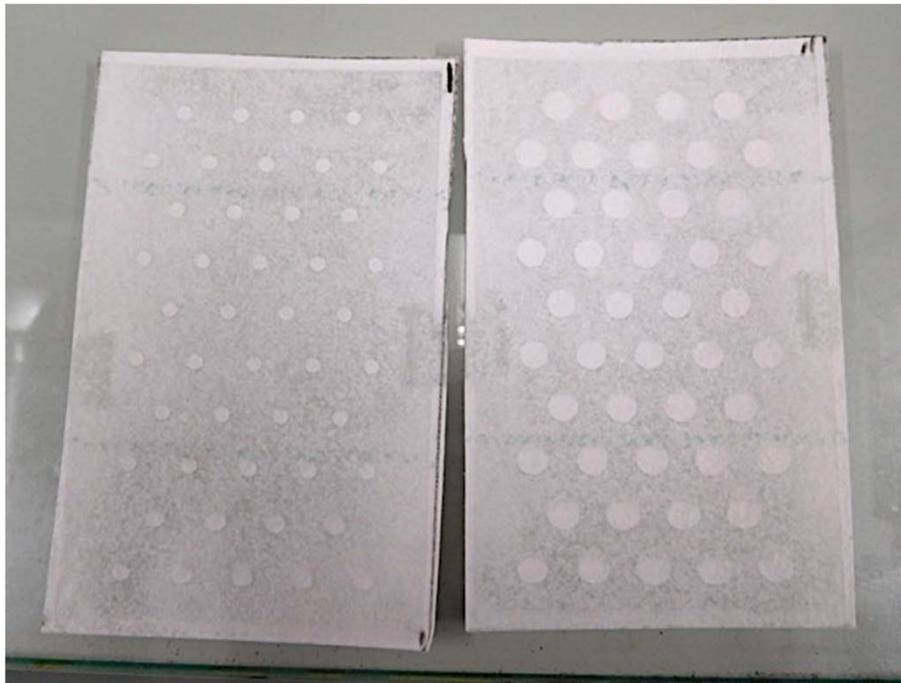
- Auf binderfreien Glasfasermedien benetzt die Unidyne-Lösung das Fasermaterial bis auf die Rückseite. Bei binderfreien Glasfaser-Material sieht man beim einfachen Öl-Test auch kaum einen Unterschied zgl. der verwendeten Konzentrationen.

# Modifizierungsverfahren



## Vergleich mit alternative Ausrüstung aus organisches Lösungsmittel (G-Media)

- Medium G Abströmseite (Längsseite = Drainagerichtung)
- AHDF 5wt.% in Petrolether 40/60
- Probe benetzt / abgetupft
- direkte Bestrahlung nach Herstellung: 5' UV-Breit unter N<sub>2</sub> in 10cm Abstand
- Reinigung mit IPA (Ultraschall)



Deutlich schärfere Grenzen zwischen phile und phobe Bereichen

# Übersicht erzielte Differenzdrücke – manuell modifiziertes Medium G

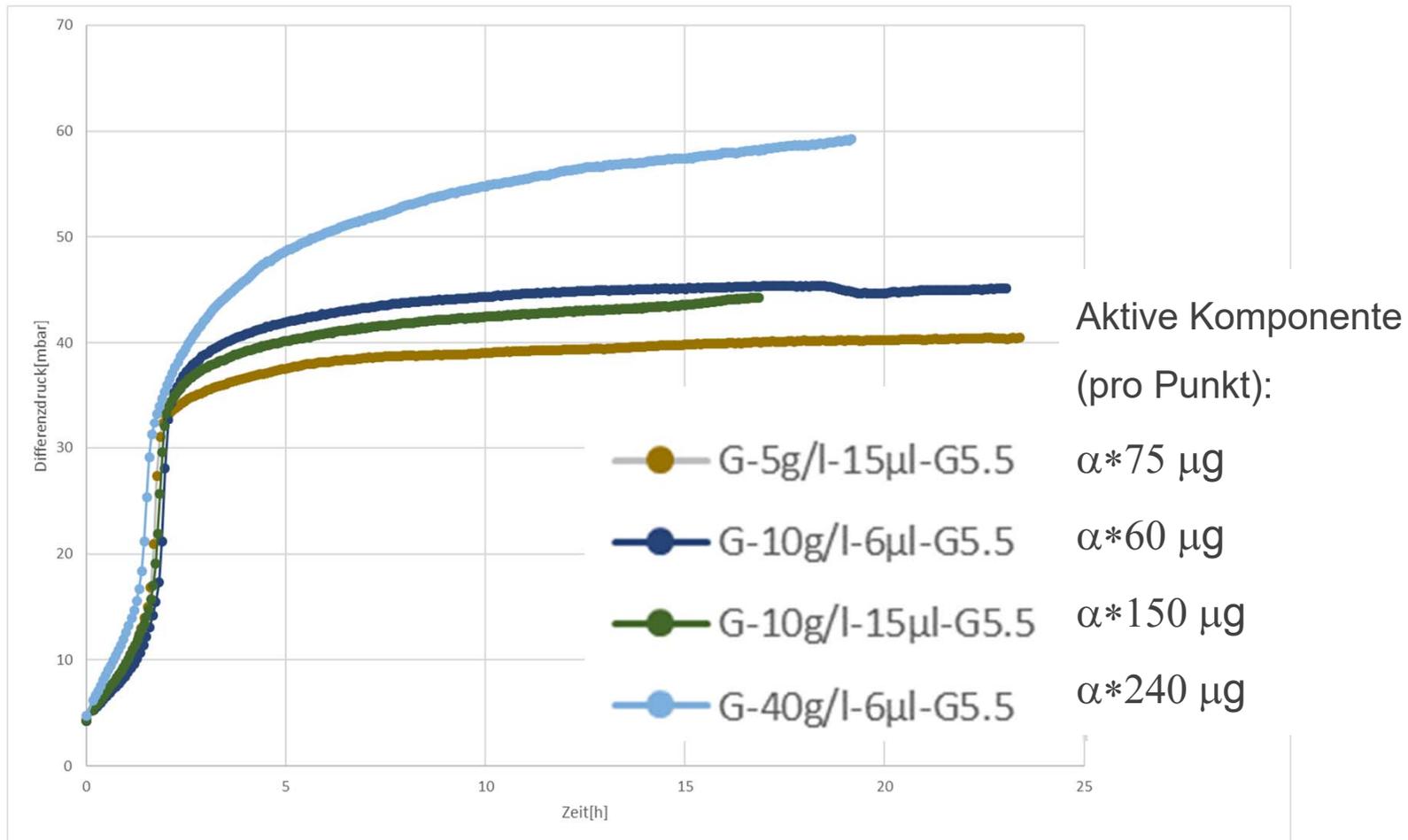


Unidyne 9031, manuelle Auftragung, Masken Generation 4+5

Konzentration[g/l]	Auftragsmenge[ $\mu$ l]	Maske	Trockendifferenzdruck (0h)	Differenzdruck in Sättigung (6h)	Differenzdruck in Sättigung (12h)
5	15	G4.2	4,3	51,7	52,3
5	15	G5.5	4,3	38,2	39,3
5	20	G4.3	4,4	51,5	52,3
10	6	G5.5	4,3	42,7	44,8
10	15	G4.3	4,5	49	50,1
10	15	G5.5	4,3	40,9	42,9
20	6	G4.3	4,5	51,8	54
20	15	G4.3	4,4	49,2	52,7
40	6	G4.3	4,5	52,9	55,5
40	6	G5.5	4,8	50,4	56,3
40	10	G4.2	4,6	51,8	55,4
40	15	G4.3	4,9	54,6	57,6

**Feinere Muster (Generation 5) führt zu einer stärkeren delta p Reduktion**

# Differenzdruckkurven: Unidyne 9031, manuelle Auftragung, Masken Generation 5

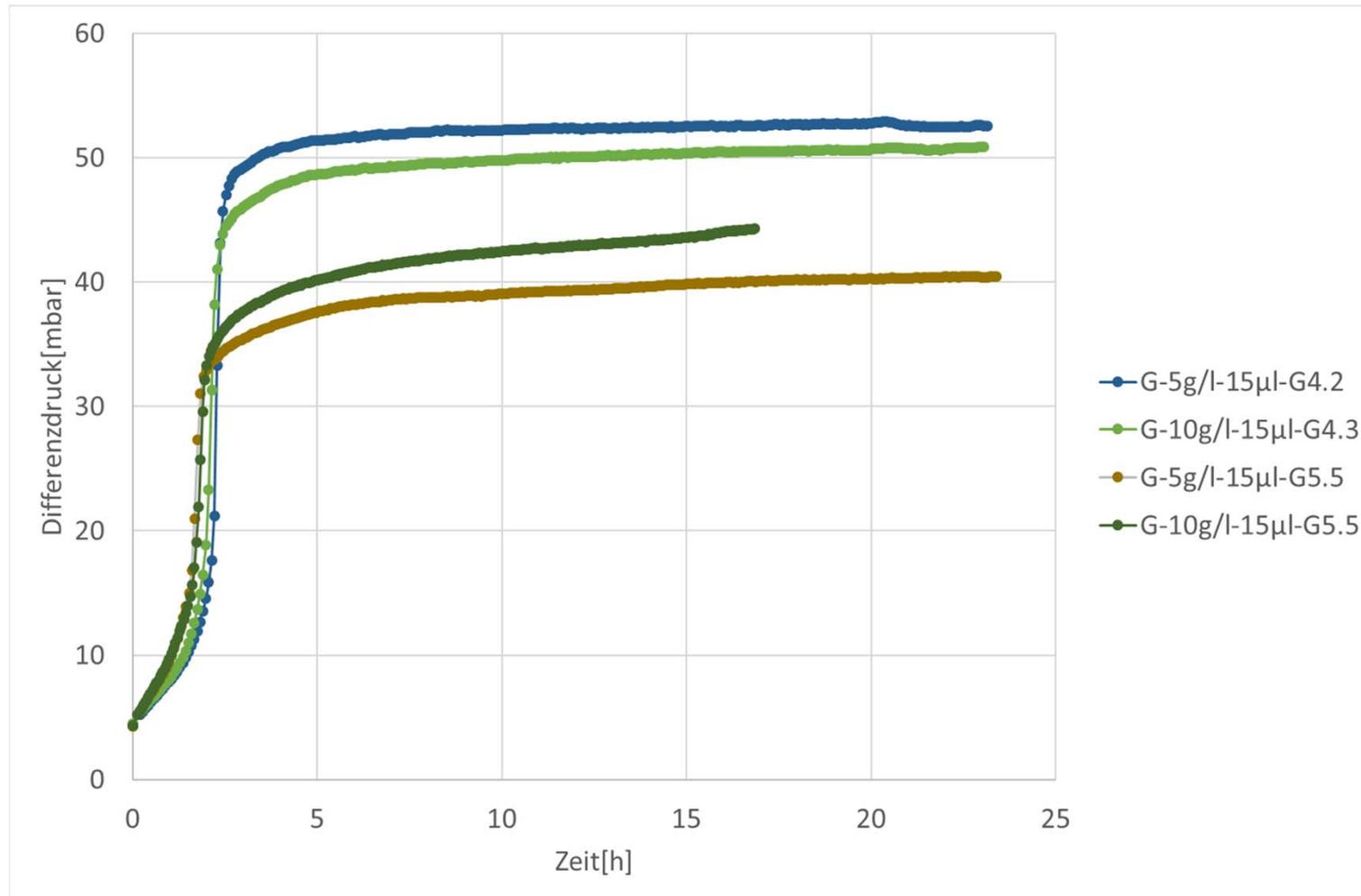


Die Konzentration der Unidyne-Lösung wirkt sich stärker auf die Kurve aus als die Auftragsmenge. Die Konzentration der Lösung 40 g/l ist kontraproduktiv.

# Differenzdruckkurven: Einfluss der Maskenparameter bei konstantem Auftragsvolumen

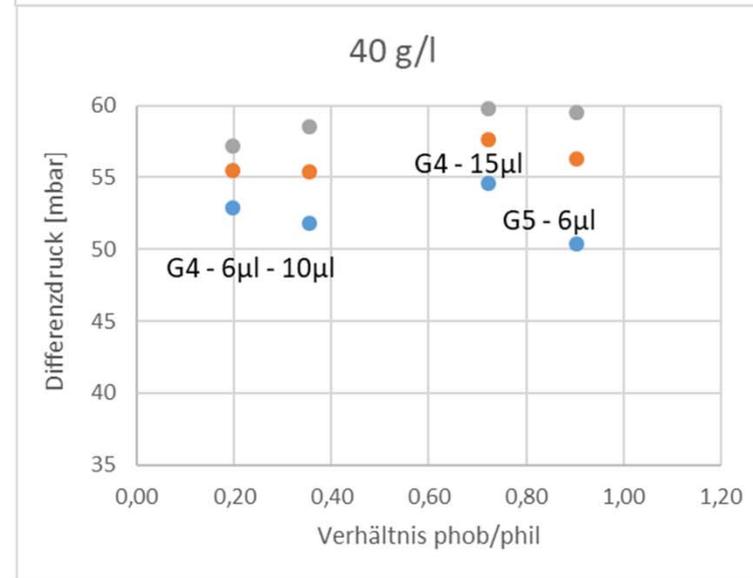
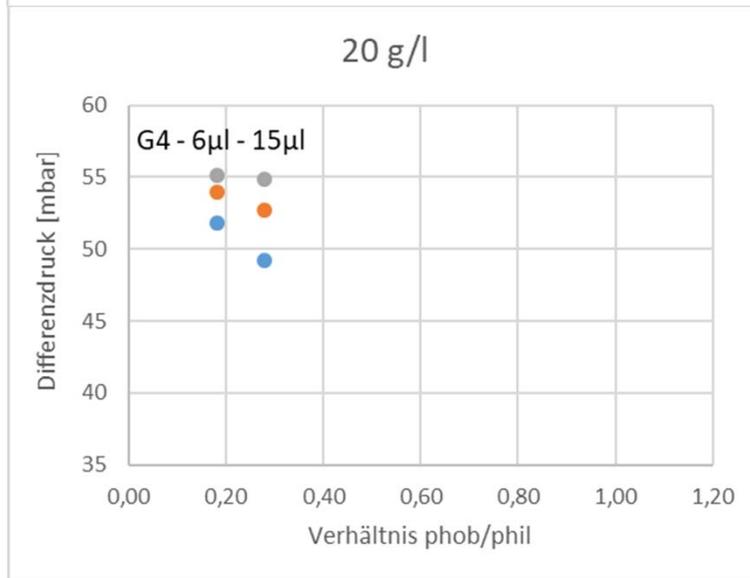
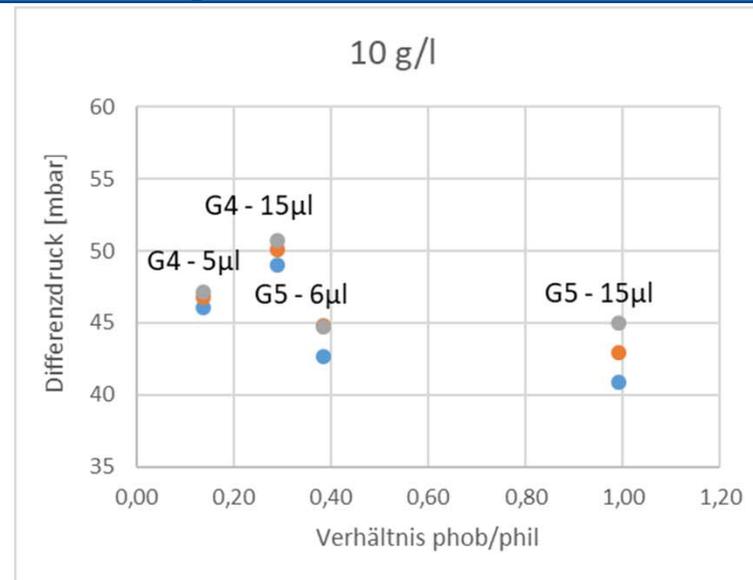
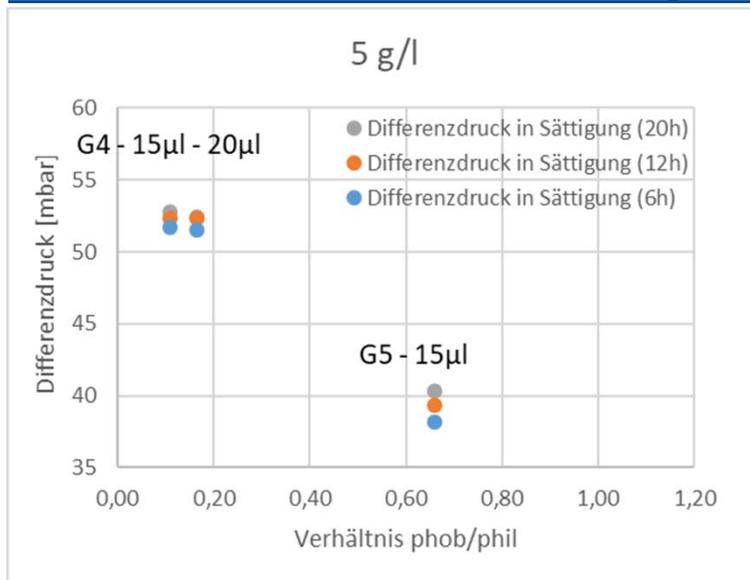


Unidyne 9031, manuelle Auftragung, Masken Generation 4+5: 15µl Auftrag



**Die Masken mit feinerer Struktur führen zu einer höheren delta p Reduktion.**

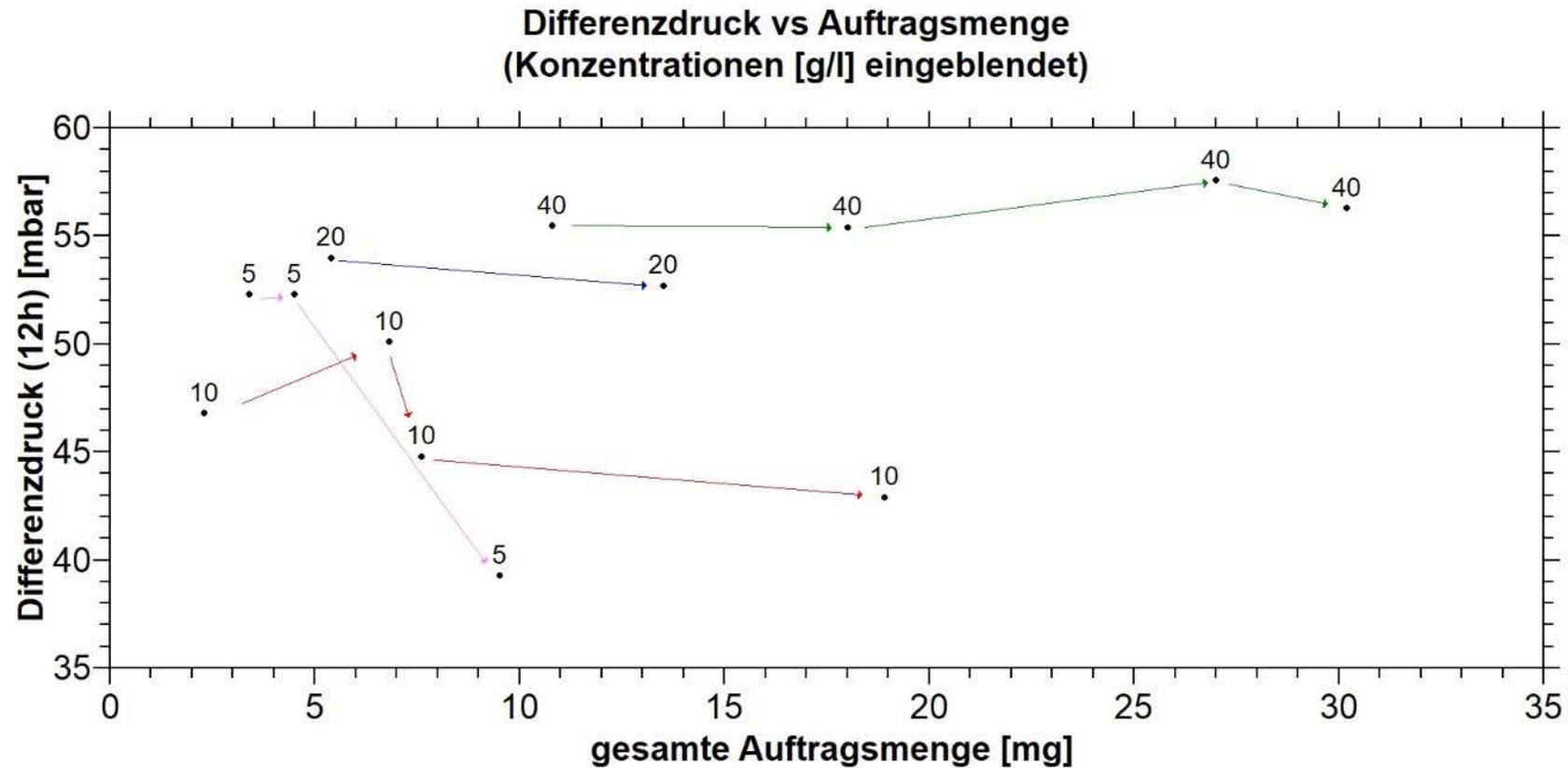
# Differenzdruck in Abhängigkeit des Verhältnisses oleophob/oleophil



# Einfluss der Auftragsmenge auf delta p



(Punktanzahl multipliziert mit Auftragsmenge)



**Mehr aktive Komponente führt nicht unbedingt zu besseren Ergebnissen → Optimierungsbedarf bzgl. des Auftragsverfahrens und Musters**

# **Einfluss des Binders?**

## **Spezielle Medien von BinNova**

SR20191218A1-5 (hydrophil, ohne Binder)	→BNA1
SR20191218B1-5 (hydrophil, mit Binder)	→BNB1
SR20191218C1-5 (oleophob, ohne Binder)	→BNC1
SR20191218D1-5 ( teilweise oleophob, mit Binder)	→BND1

## Zusatzinfos von Binnova:

- die Materialien, die mit hydrophil bezeichnet sind, sind oleophil.
- Einige Materialien besitzen keinen Binder, diese sind relativ einfach zu zerstören. Diese Materialien bitte mit „Samthandschuhen“ anfassen.
- ... es gibt bei den Mustern keine bevorzugte Abströmseite.

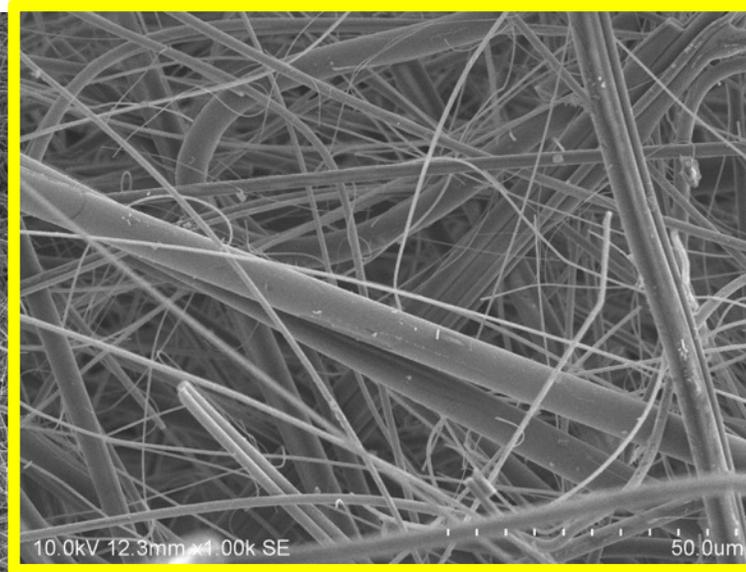
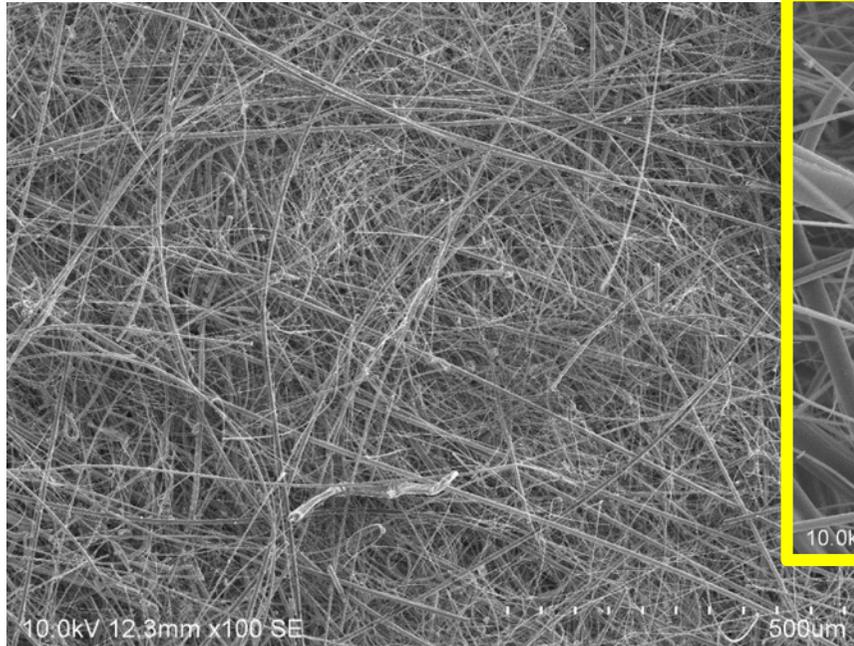
Luftdurchlässigkeit sollte auf 120 l/m<sup>2</sup> s eingestellt werden → 100-140 l/m<sup>2</sup> s

---

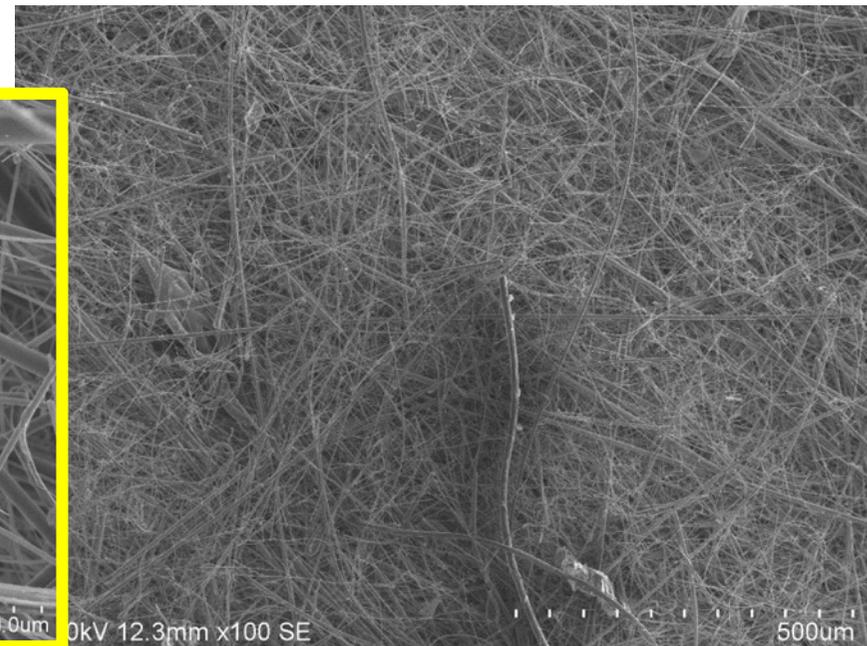
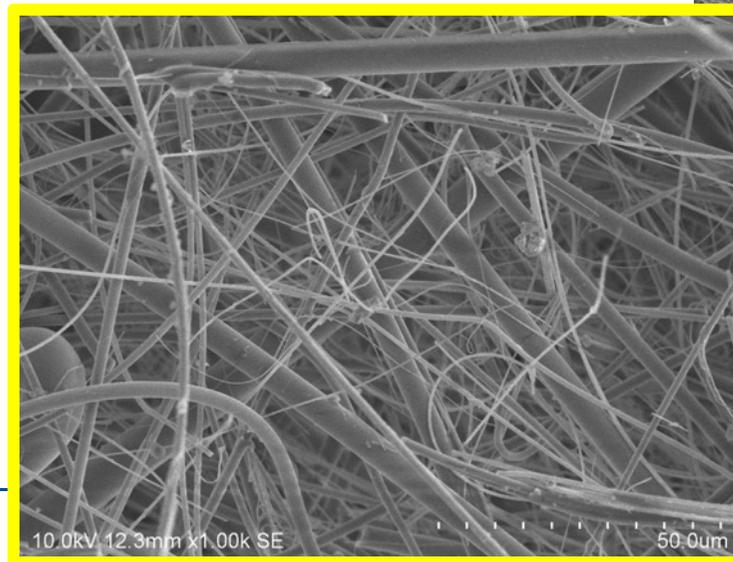
# Binnova Medien REM - Aufnahmen



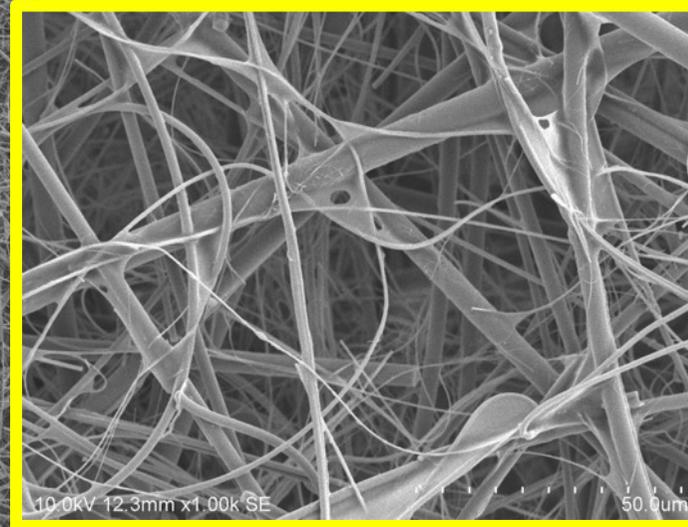
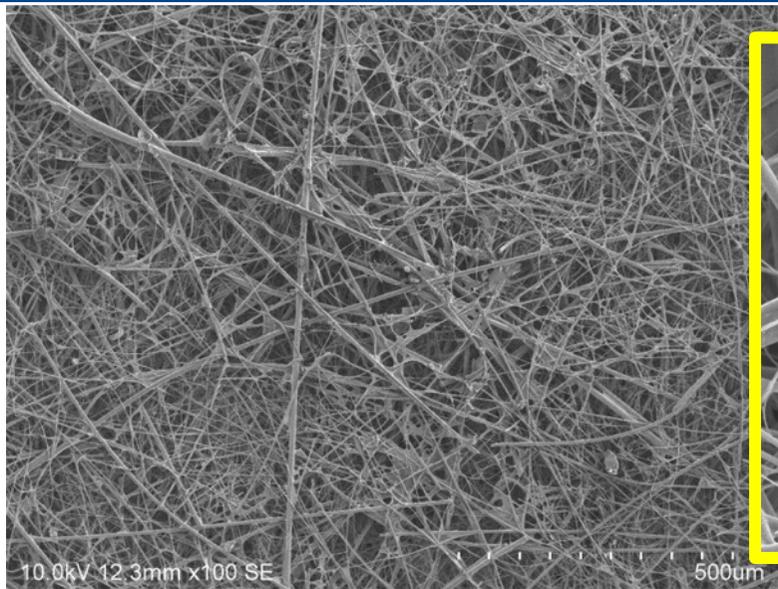
BNA1 - An



BNA1 - Ab

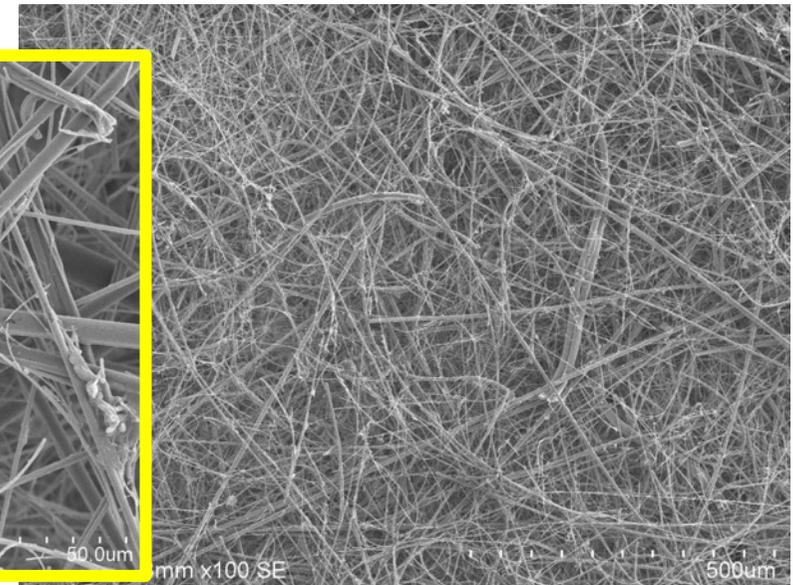
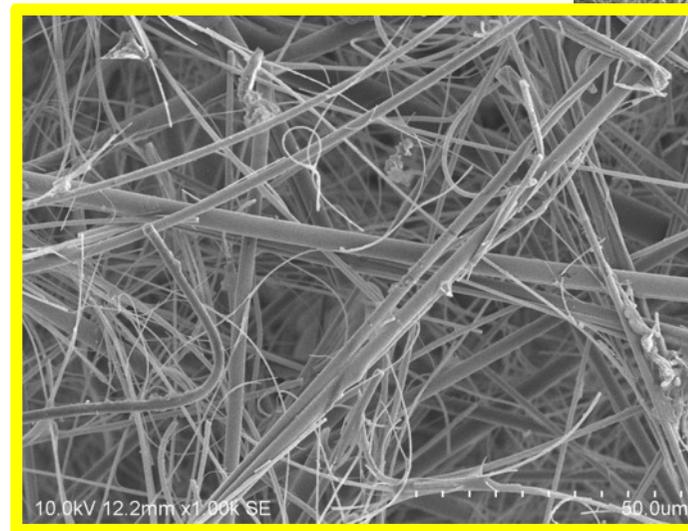


# Binnova Medien REM - Aufnahmen



BNB1 - An

BNB1 - Ab



Thermische Ausrüstung mit Unidyne 9031 (G-Media)

## Filtrationsversuche – Auswahl der optimale Bedingungen

Konzentration[g/l]	Auftragsmenge[ $\mu$ l]	Maske	Trockendifferenzdruck (0h)	Differenzdruck in Sättigung (6h)	Differenzdruck in Sättigung (12h)
5	15	G4.2	4,3	51,7	52,3
5	15	G5.5	4,3	38,2	39,3
5	20	G4.3	4,4	51,5	52,3
10	6	G5.5	4,3	42,7	44,8
10	15	G4.3	4,5	49	50,1
10	15	G5.5	4,3	40,9	42,9
20	6	G4.3	4,5	51,8	54
20	15	G4.3	4,4	49,2	52,7
40	6	G4.3	4,5	52,9	55,5
40	6	G5.5	4,8	50,4	56,3
40	10	G4.2	4,6	51,8	55,4
40	15	G4.3	4,9	54,6	57,6

BNA1 (oleophil ohne Binder)

BNB1 (oleophil mit Binder)

**Maske:** G5-5

**Methode:** manuelle Auftragung 10 g/l - 6  $\mu$ l

## Versuchsparameter:

**Q= 4 Nm<sup>3</sup>/h**

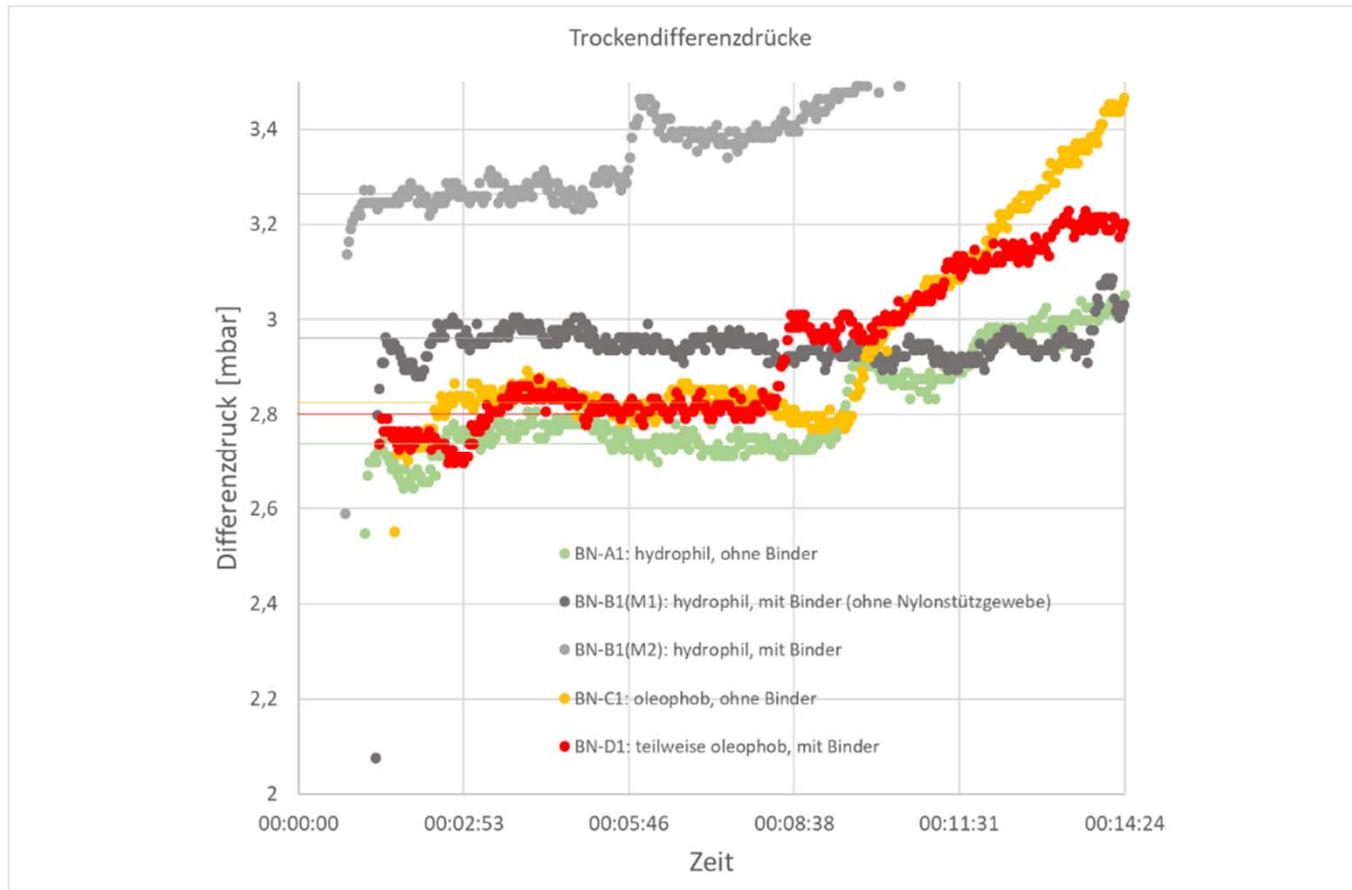
## Aerosolgenerator ATM210:

**Ölmassenstrom: 0,8 bis 1 g/h**

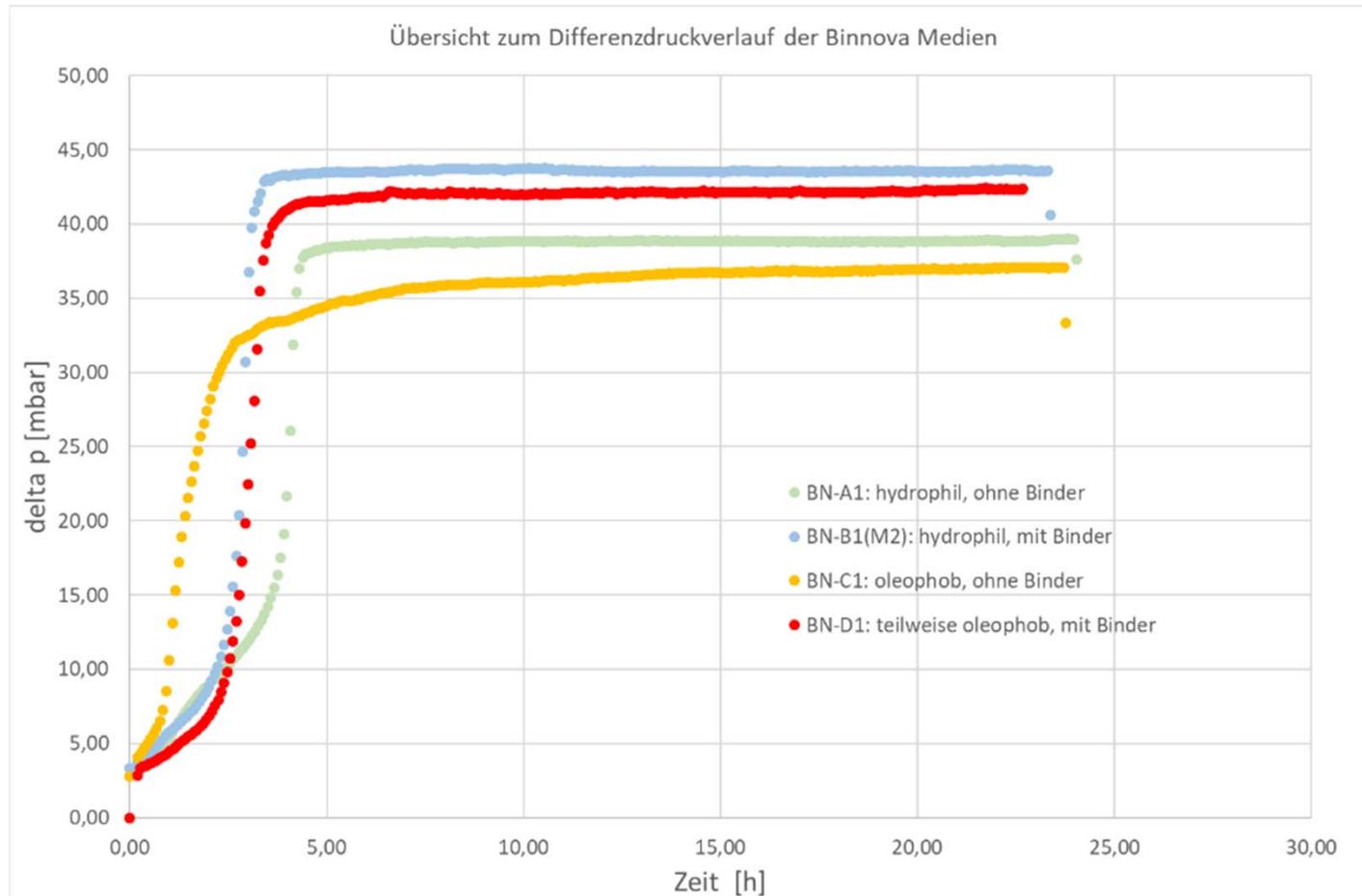
**→ Ölkonzentration: 200 – 250 mg/m<sup>3</sup>**

**Gefundener Drainage Ölmassenstrom: 0,7- 0,8 g/h**

**→ Abscheidung am Filter ca. 75-80%**



- Die innere Struktur des Filters BN-B1 scheint durch den Binder verändert worden zu sein.
- Die anderen drei Filter (A1, C1, D1) sind vergleichbar



→ Medien mit Binder erreichen einen höheren Sättigungsdifferenzdruck

→ Oleophobe Medien erreichen ein niedrigeres Niveau als der oleophile Gegenpart

# Modifiziertes Medium BNA1 – o. Binder



BNA1:

Start der  
Beladung



Im Betrieb, in  
Sättigung



Ende, ohne Volumenstrom

# Modifiziertes Medium BNB1 – m. Binder



BNB1:

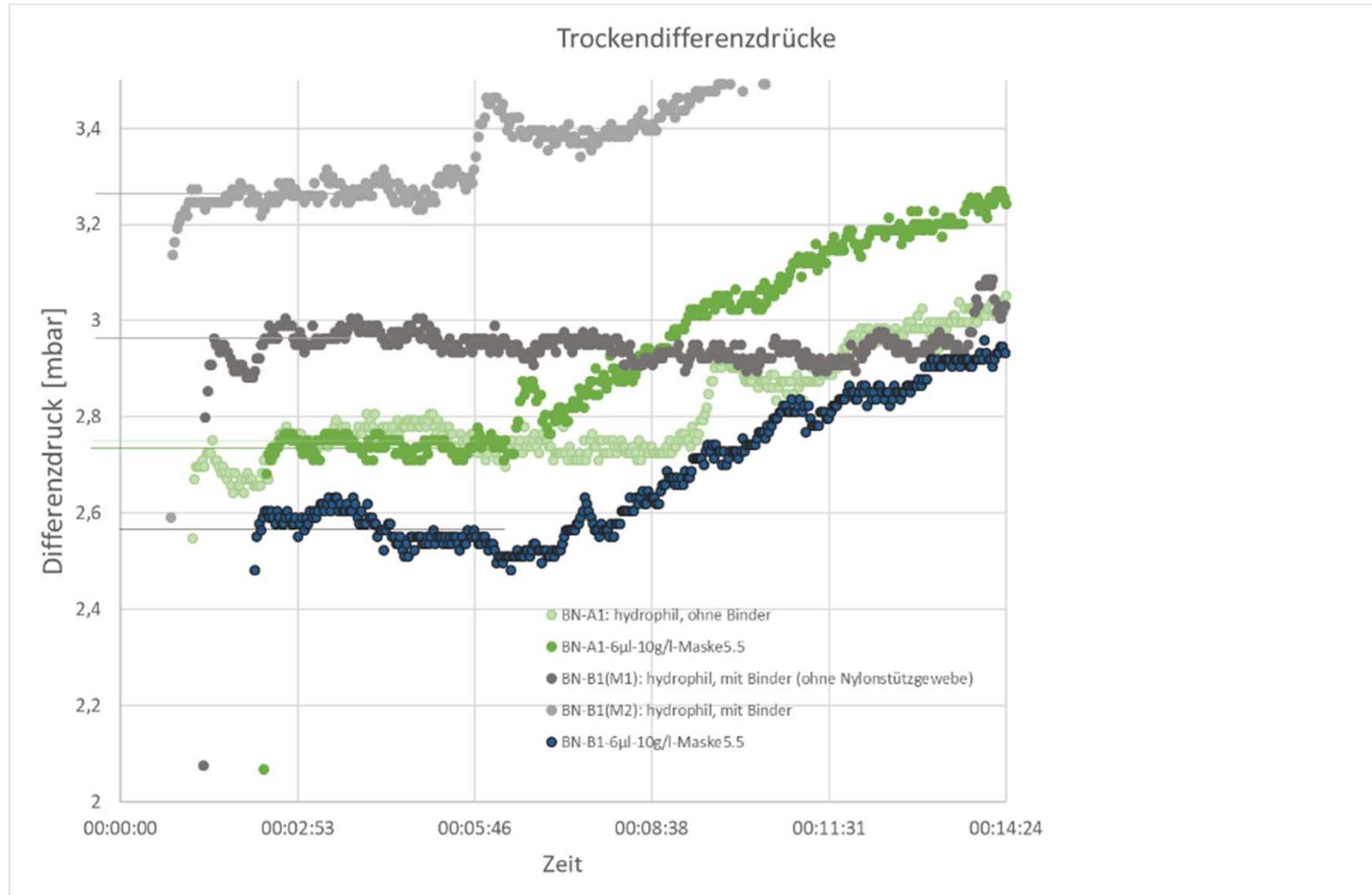
Start der  
Beladung



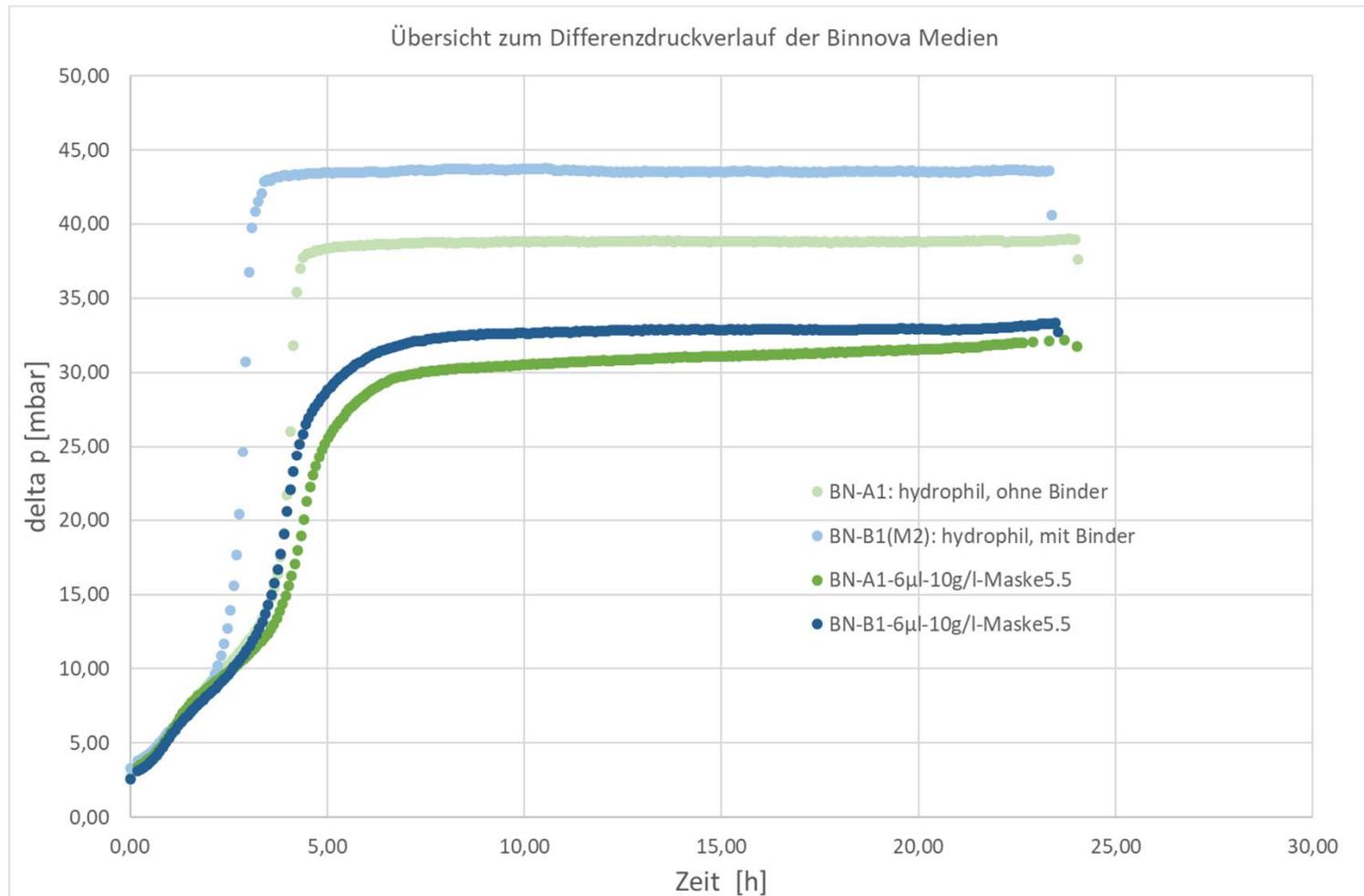
Im Betrieb, in  
Sättigung



Ende, ohne Volumenstrom



# Änderung der Differenzdruckverläufe nach Modifizierung



➔ Deutliche Verbesserung von delta p

# Sättigung der Medien nach Beladung

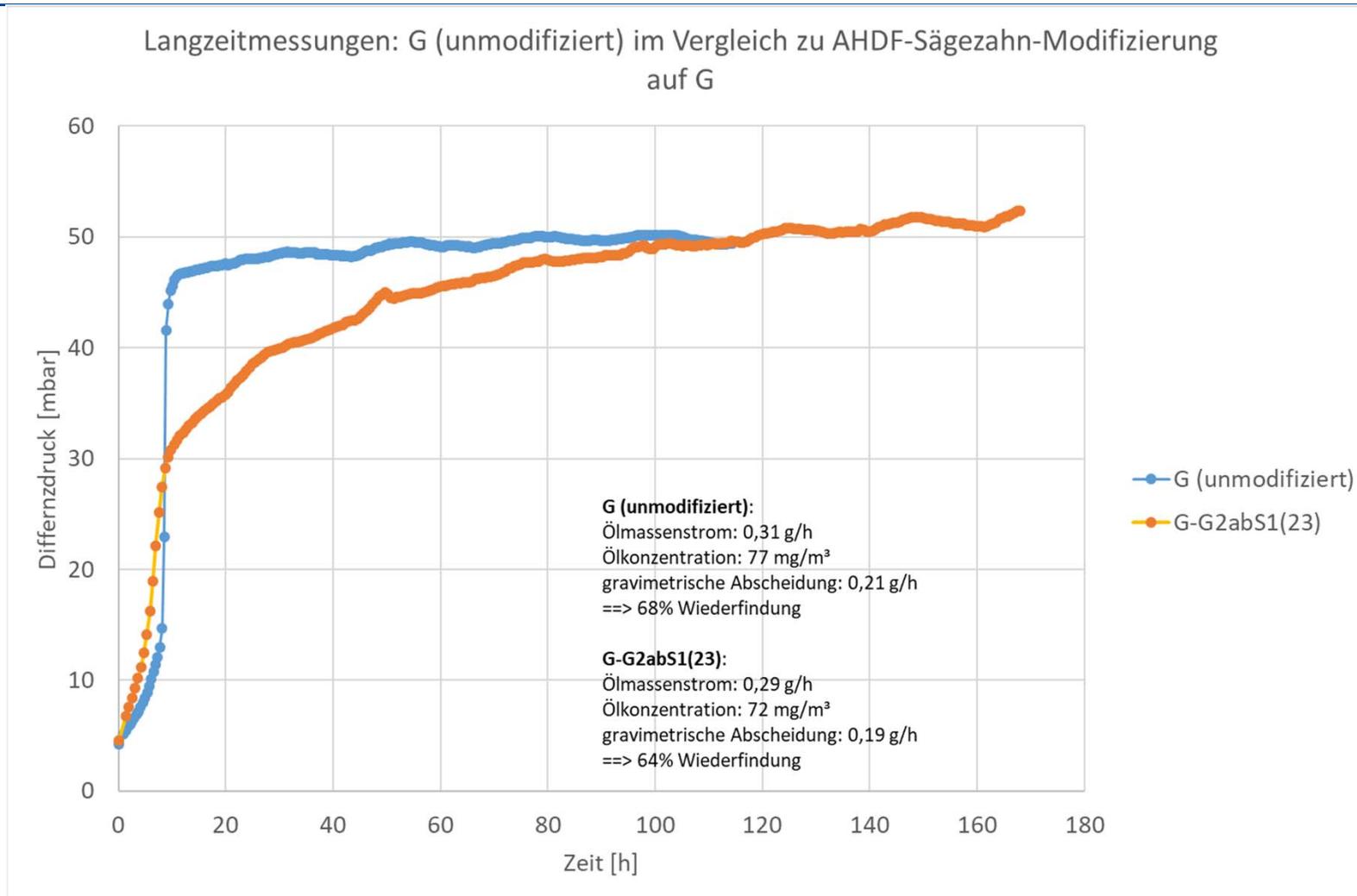


	Mediendicke [mm]	Öl-Massenfluss (abgetropft) [g/h]	Öl-Massenfluss [g/h]	Masse (Filter ) Start [g]	Masse (Filter ) Ende [g]	Öl-Masse [g]	Sättigung
BNA1	0,75	0,94	0,751	0,68	3,67	2,99	58%
BNB1-Wdh1	0,7	0,99	0,765	0,71	2,95	2,24	47%
BNC1	0,7	0,97	0,774	0,73	2,21	1,48	31%
BND1	0,75	0,97	0,764	0,71	3,04	2,33	46%
BNA1-mod	0,75	0,93	0,701	0,61	3,58	2,97	58%
BNB1-mod	0,7	0,88	0,695	0,62	3,25	2,63	55%

# Haltbarkeit des Effekts?

## Tests mit längerer Dauer

# Messung über 160 h

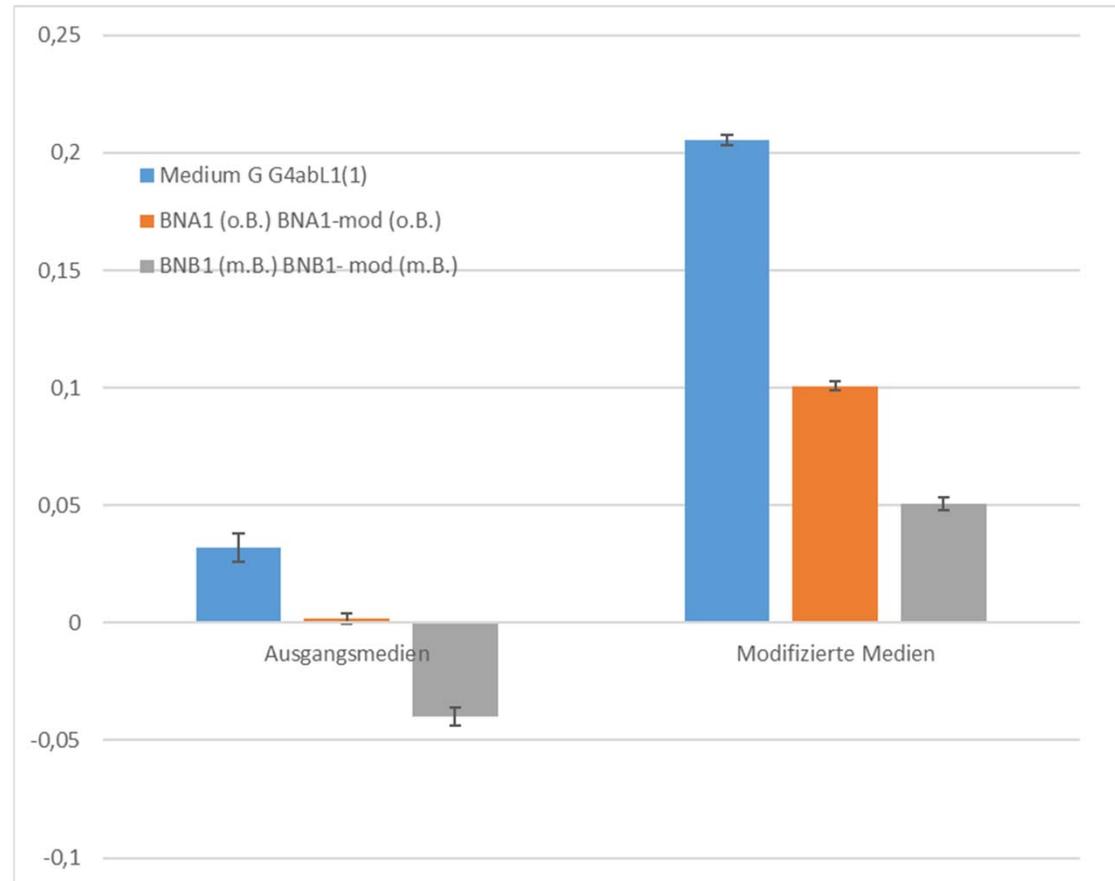


**Nach ca. 110 Stunden Betrieb wird das gleiche Niveau erreicht.**

# Änderung der Steigung der Differenzdruckkurven durch die Modifikation



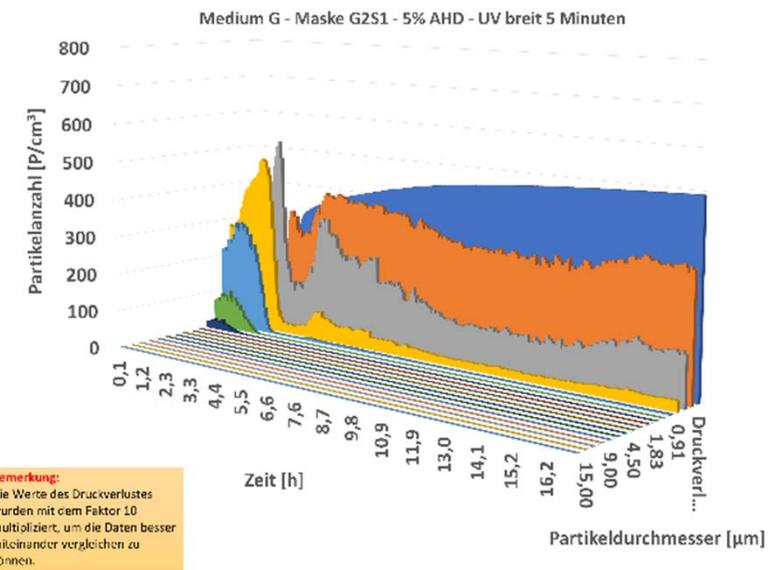
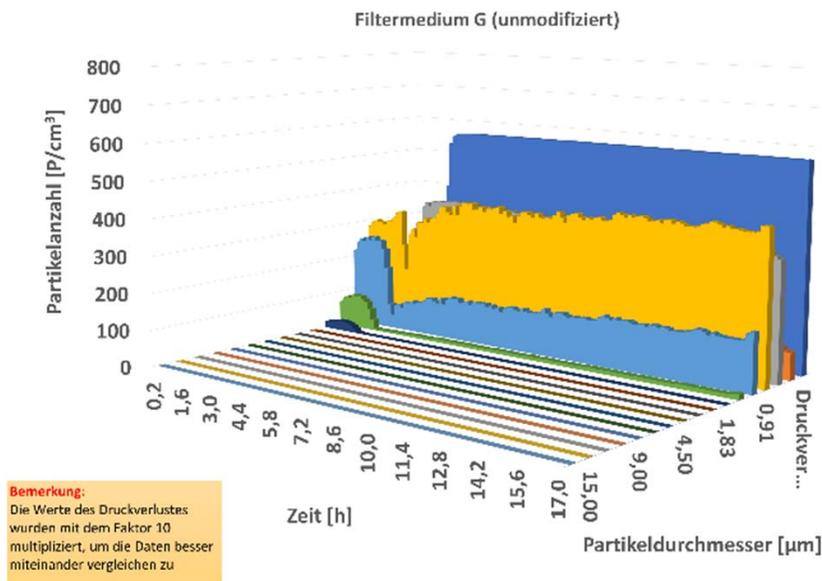
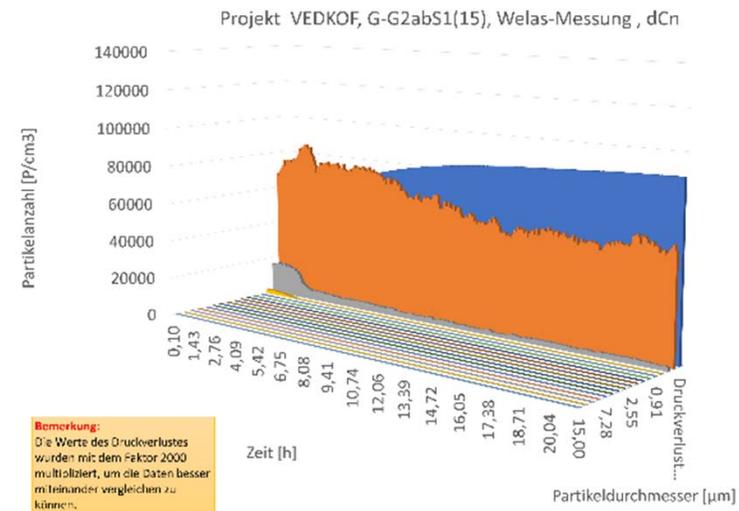
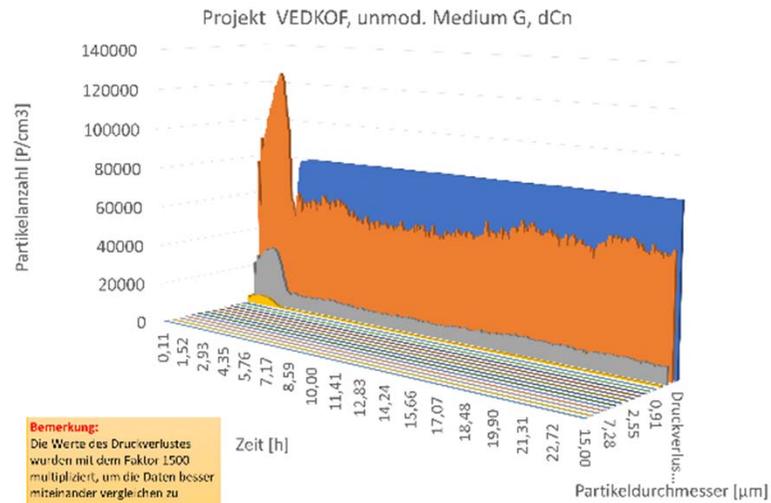
Bestimmt  
bei 12h  
durch  
Anfitten der  
Kurve



**Höhere Steigung bei den modifizierten Medien, aber durch Optimierung des Medienmaterials und des Musters beeinflussbar → Optimierung sollte zu höheren Effekten führen**

## Abscheidung?

# Partikelabscheidung: Welas 2000H im Vergleich zu Alphasense OPCII



- **Der Differenzdruck in Sättigung konnte erfolgreich durch die gemusterte Modifizierung der Oberflächenstruktur herabgesetzt werden.**
  - Die Geometrie der Modifizierung hat im untersuchten Größenbereich einen Einfluss, dieser hat aber eher eine untergeordnete Rolle.
  - Eine nur im Bereich des Drainagefilms angebrachte Modifizierung scheint die besten Ergebnisse zu zeigen.
  - Der Effekt ist sowohl bei AHDF- wie auch bei Unidyne-Modifizierung vorhanden
  - Der Effekt wurde an Beispielen von Filtermedien verschiedener Hersteller bestätigt
- **Die Partikelabscheidung wird beeinflusst.**
  - Die Beeinflussung der Partikelabscheidung in der Sättigungsphase lässt sich aufgrund Messbedingungen nicht eindeutig bestimmen.
  - Grobe Messungen deuten auf einen positiven Effekt hin.

# Vertiefung des Themas in einem neuen Projekt:

---



## Prüfstand:

- Verbesserung der Messapparatur, um auch die Partikelabscheidung untersuchen zu können
- Überlegung zur Erweiterung des Messapparatur im Hinblick auf die Untersuchung von Mischaerosolen

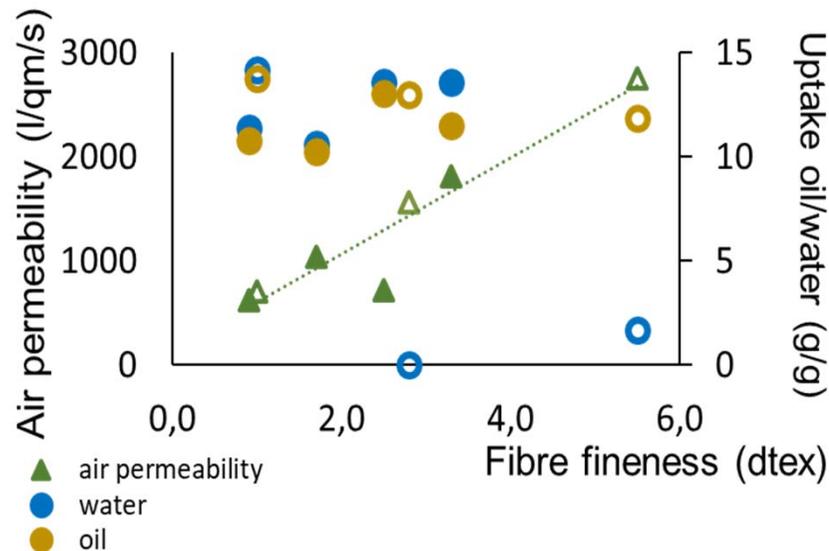
## Konfektionierung der Filtermedia

- Beschleunigte Drainage durch integrierte Drainageschicht: Schmelzspinnvlies mit ausgeprägter Faserorientierung in Drainagerichtung
- Erreichung bessere Effizienz durch Optimierung der Media-Architektur: Versuchen an gezielt dessiniert Medien aus synthetischen Fasern (Einfluss von dtex, Dichte, Faserausrichtung)

## Optimierung der Beschichtung und Verfahren

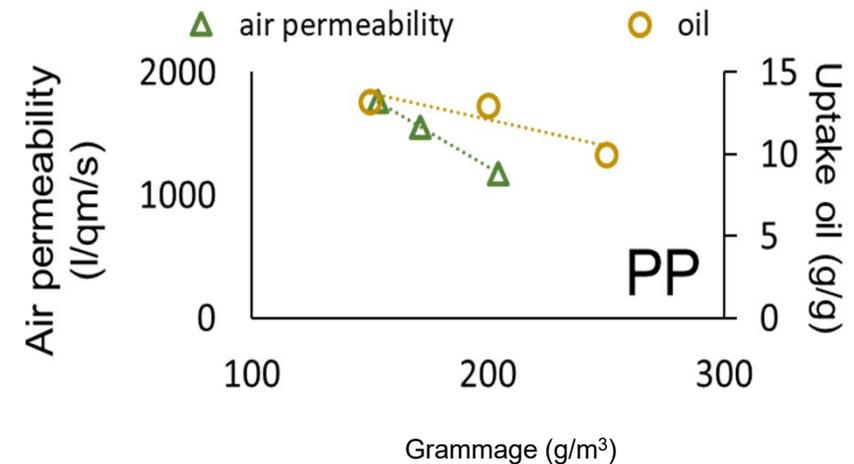
- Optimierung der Beschichtung ohne Einsatz von Fluoro-Chemie
- Erzeugung von Mustern mit unterschiedlichen Oliophilie-Graden (Einfluss der lokalen Oberflächenenergie)
- Präzisionsverfahren: Digital Druck
- Modifizierungstiefe, Feinheit des Musters (unbeantwortete Fragestellungen)

## Faserfeinheit



Vliesstoff mit variierender Faserfeinheit 0,9 - 5,5 dtex und konstanter Flächenmasse/Dicke.

## Flächenmasse



Vliesstoff mit variierender Flächenmasse 150 - 250 g/m<sup>3</sup> und konstanter Dicke.

- **Luftdurchlässigkeit steigt mit Faserfeinheit, Öl-Aufnahme unabhängig von Faserfeinheit (Porengröße >> Faserdurchmesser)**
- **Luftdurchlässigkeit und Öl-Aufnahme sinken mit steigender Faserdichte.**

# Danksagung



Vielen Dank an Kollegen und Projektpartner:

IUTA: Wolfgang Mölter-Siemens, Kiarash Varzandeh, David Habryka, Anna Caspari

DTNW: Beate Gebert, Larisa Tsarkova



Ministerium für Innovation,  
Wissenschaft und Forschung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



IGF-Projekt-Nr. 19918 N

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!  
Schöne Feiertage!

