

# Polymermembran zur Entwässerung von Ethanol

Expertengespräch Ethanol  
Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, den 16.12.2009

**Meik Wusterhausen**

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH  
Institut für Polymerforschung  
Max-Planck-Straße 1  
21502 Geesthacht

- DBU-Projekt
- Grundlagen und Stand der Technik
- Hybridprozess
- Membranentwicklung
- Membranmodul
- Verfahrensmodellierung
- Anlagenrealisierung

# Hochtemperaturdampfpermeation für die Entwässerung von Bioethanol und anderen organischen Flüssigkeiten

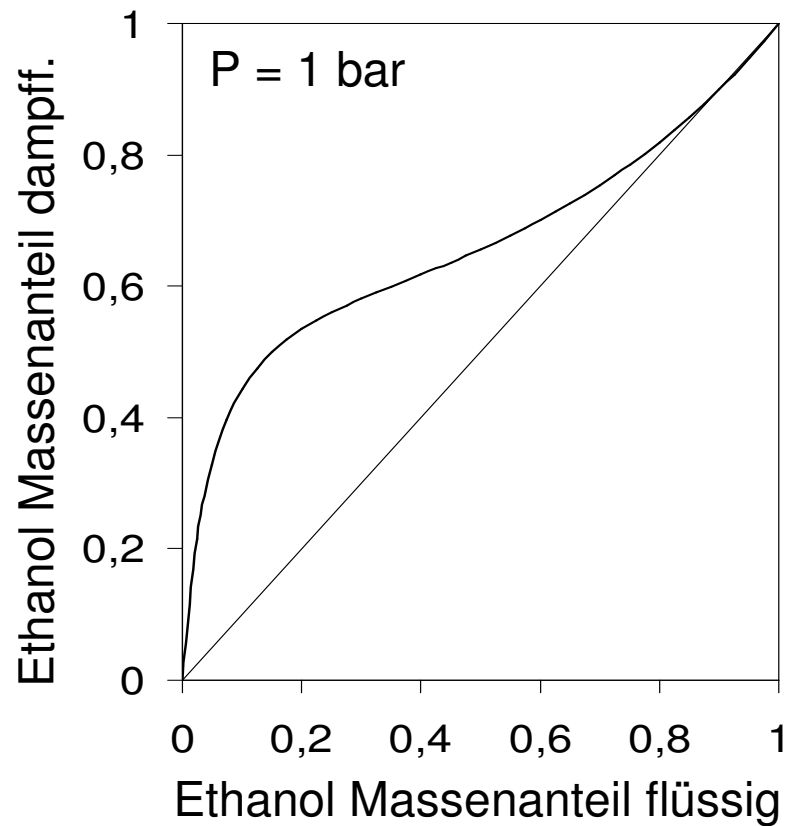
**Vorhaben AZ 25277-31**

## Effiziente Entwässerung organischer Lösungsmittel

- Effektive und stabile Membran
- Zuverlässige und reproduzierbare Membranherstellung
- Effizientes Moduldesign
- Skalierbares Moduldesign für kleine und mittlere Anlagengrößen
- Angepasste und ökonomisch sinnvolle Prozesssimulation
- Optimierte Prozessparameter

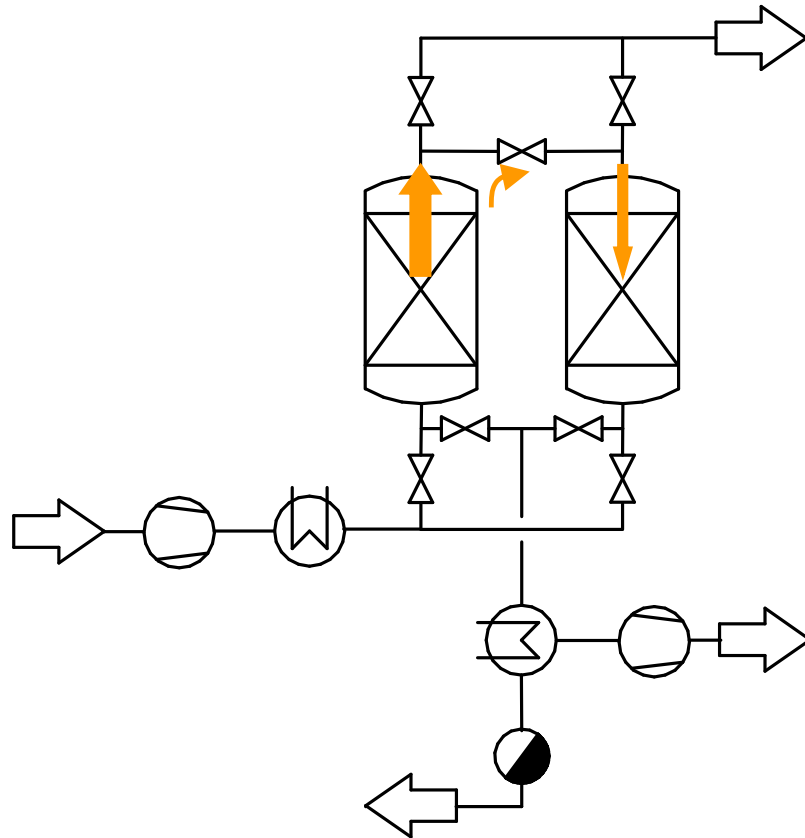
Bio-Alkohole sind zukünftige Schlüssel-Energieträger

## Azeotrop im Lösungsmittel-Wasser-Gemisch

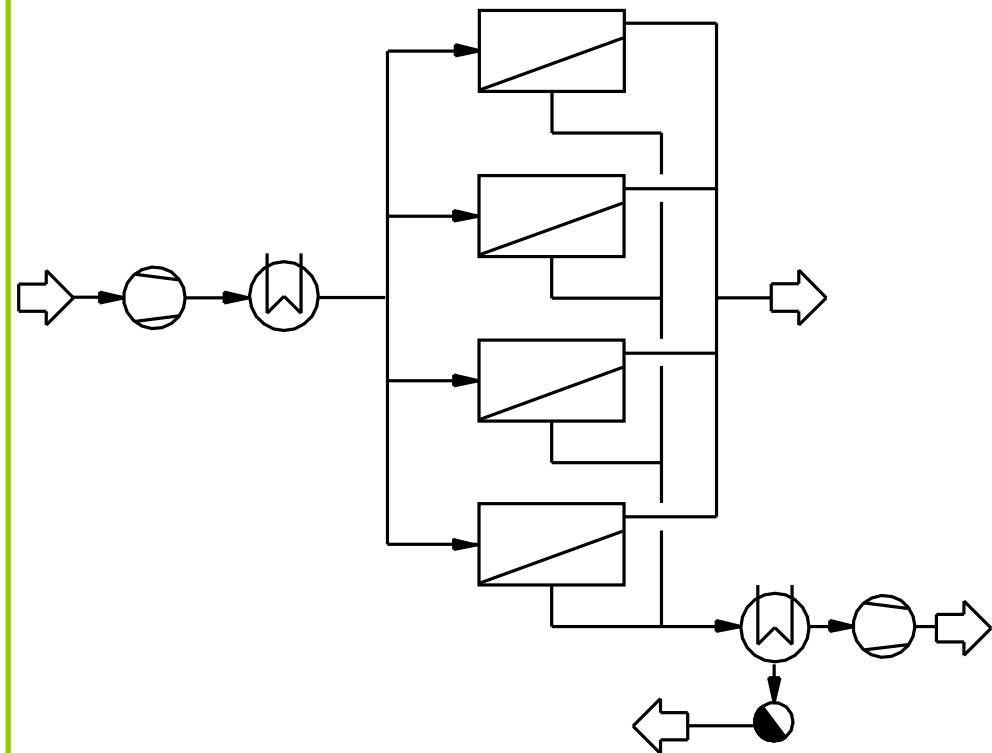


- Stand der Technik :**
- Azeotrop Rektifikation
  - Extraktiv Rektifikation
  - Druckwechsel-Rektifikation
  - **Pervaporation**
  - **Druckwechsel-Adsorption**

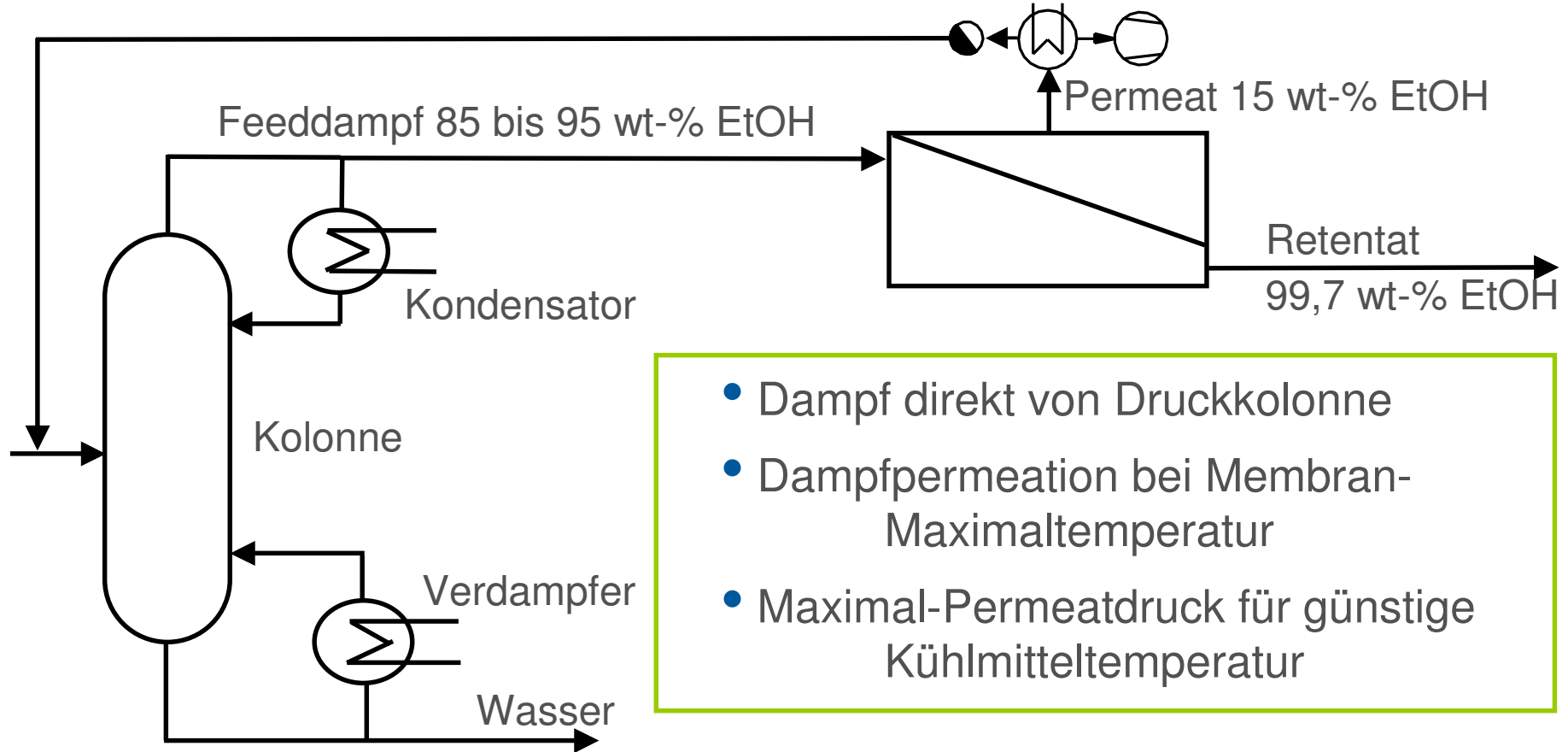
## Druckwechsel-Adsorption



## Dampfpermeation



# Hybridprozess



- Dampf direkt von Druckkolonne
- Dampfpermeation bei Membran-Maximaltemperatur
- Maximal-Permeatdruck für günstige Kühlmitteltemperatur

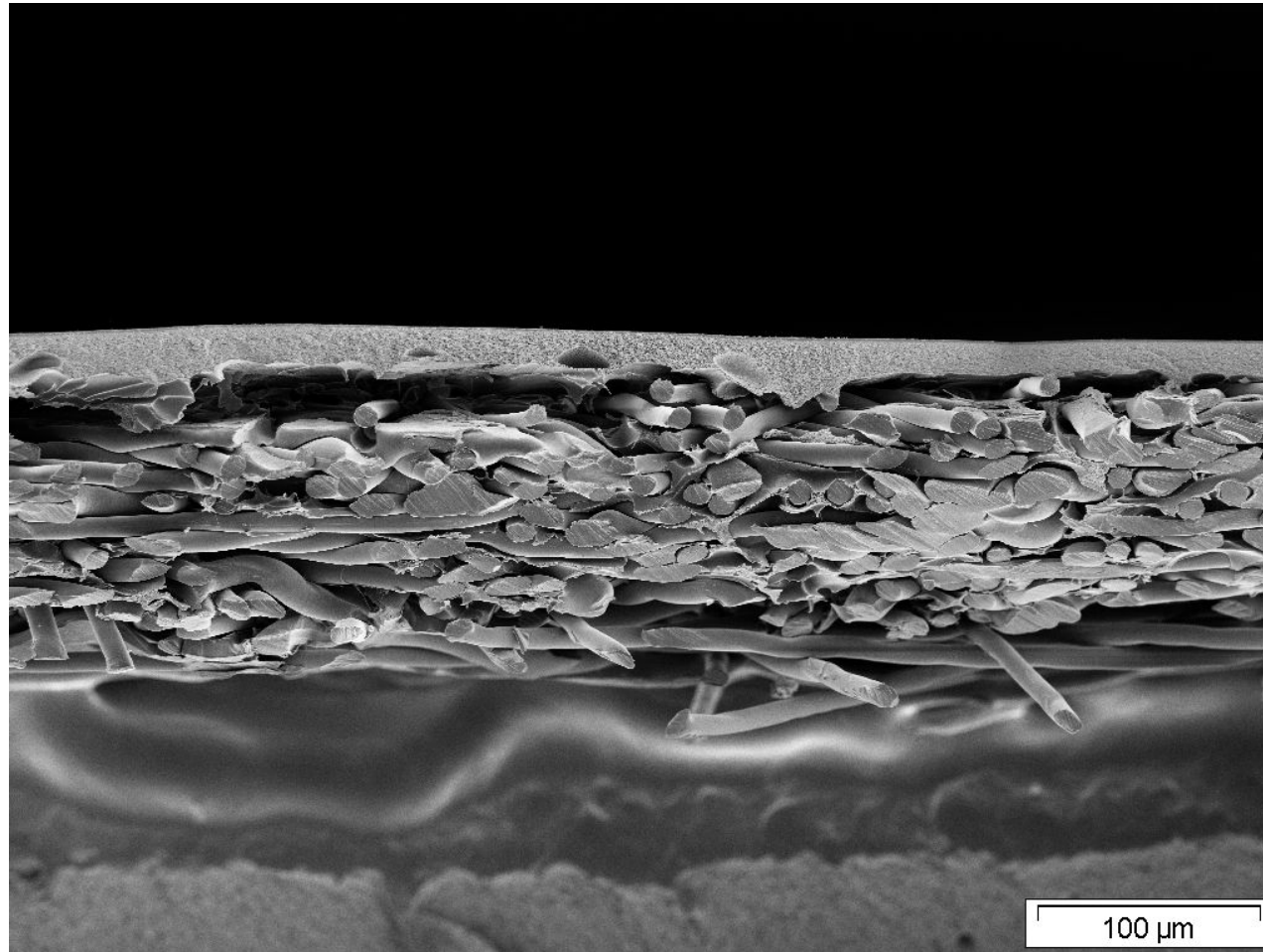
Hybridprozess theoretisch effizienter als  
Stand der Technik

## Hydrophile Kompositmembran

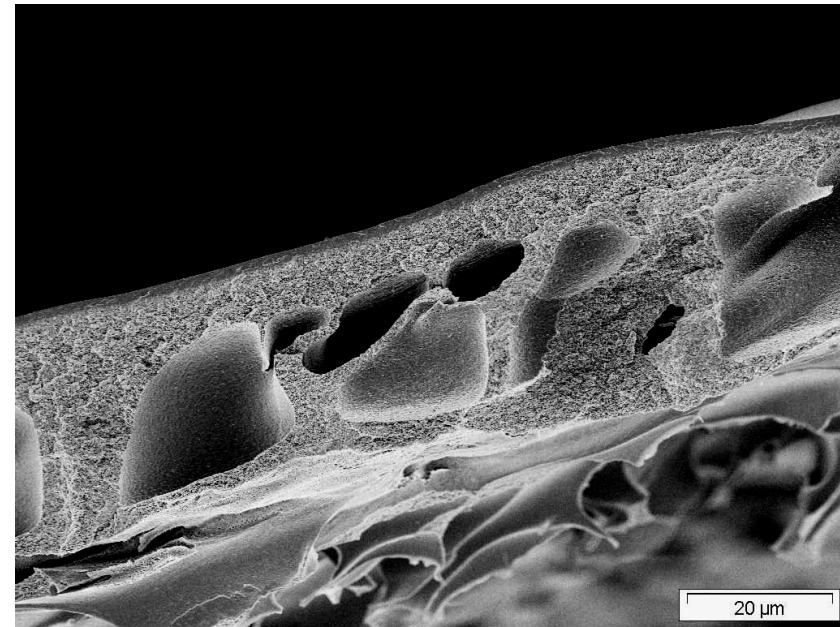
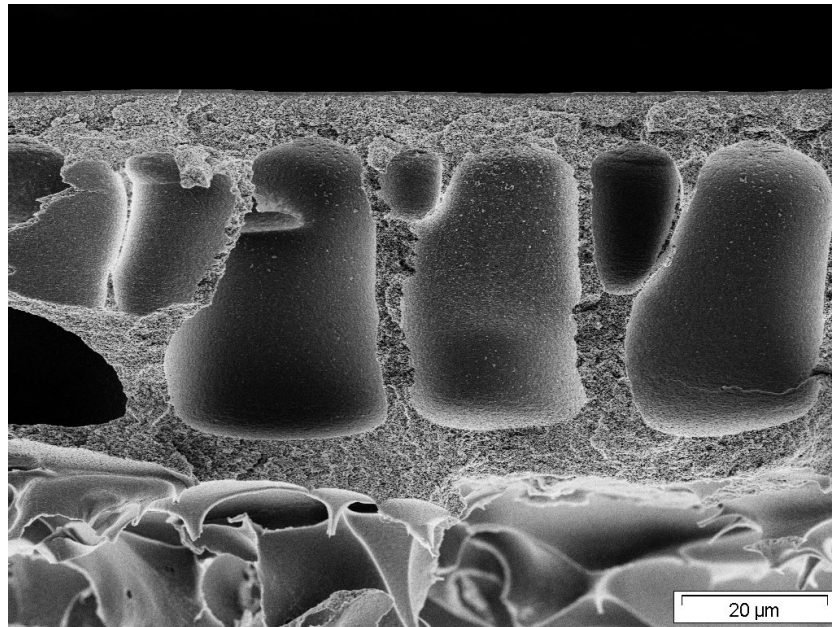
- |                         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 1. <b>Trägervlies</b>   | Polyphenylensulfid (PPS)              |
| 2. <b>Trägerschicht</b> | Polyacrylnitril (PAN)                 |
| 3. <b>Trennschicht</b>  | Polyvinylalkohol/Titanoxid (PVA/TiOx) |
| 4. <b>Schutzschicht</b> | Polydimethylsiloxan (PDMS)            |



# Membranentwicklung



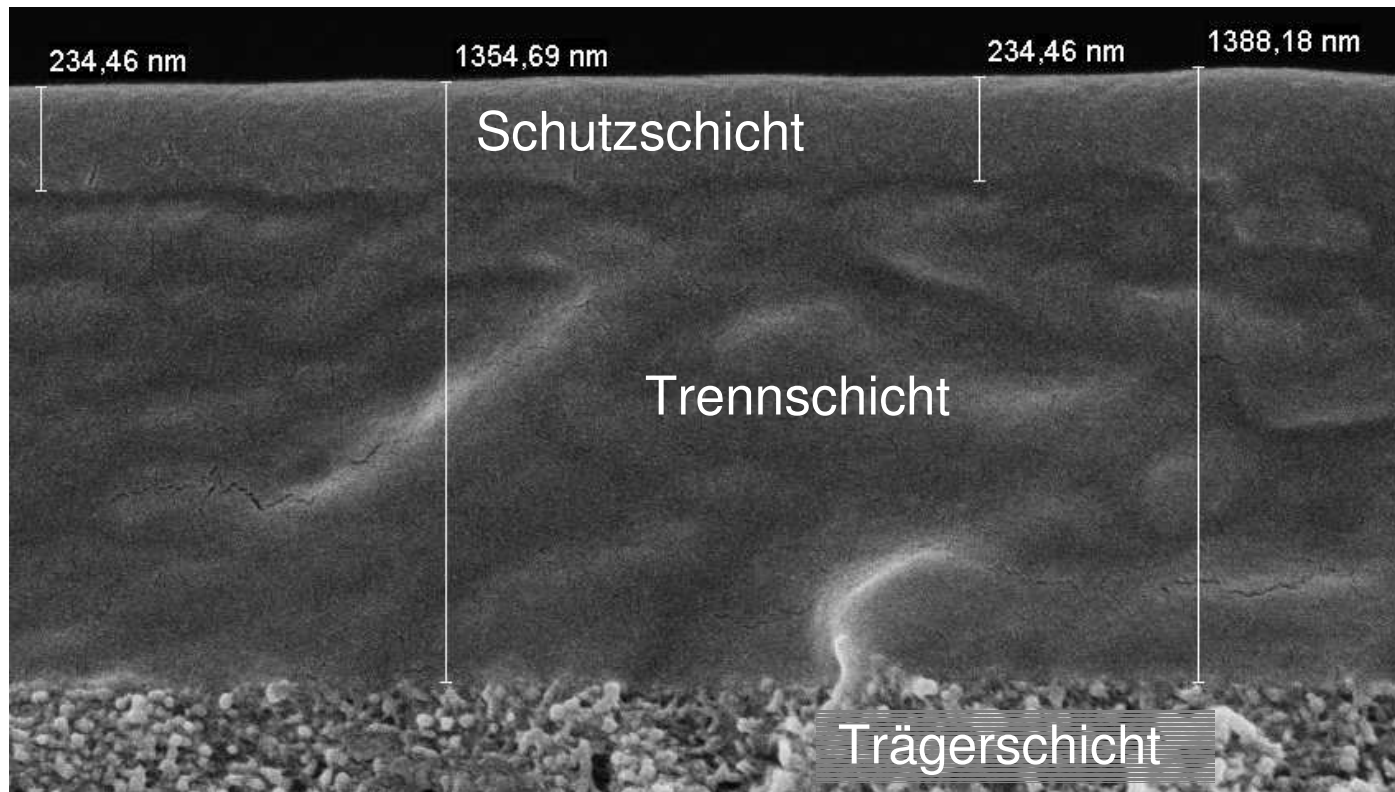
## Trägerschicht



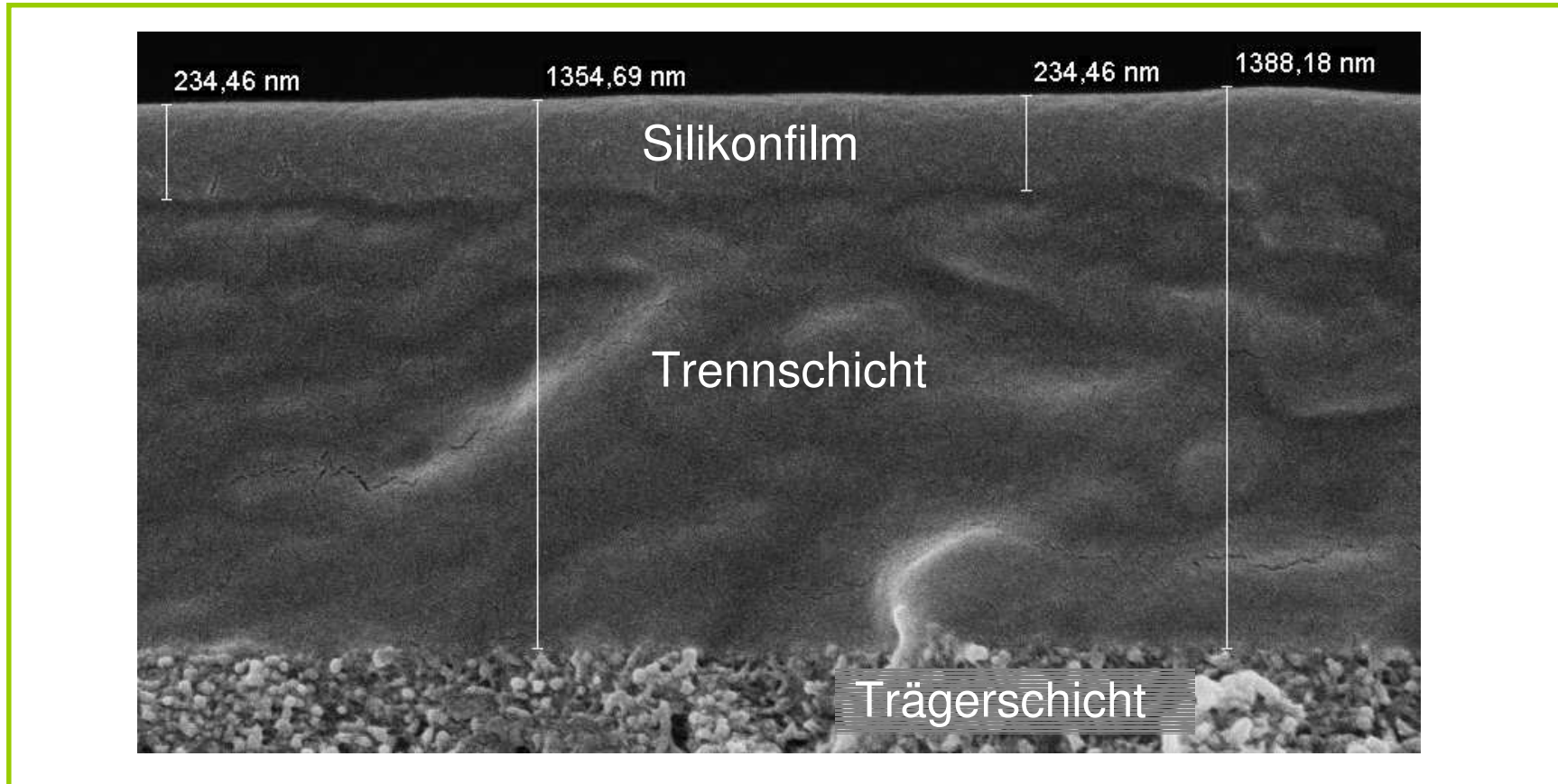
Feed Wasser Massenanteil ab 20% lässt die Trägerschicht bei 120 °C und 4 bar kollabieren

# Membranentwicklung

Mehrfach aufgetragene Trennschicht führt zu höherer Stabilität, weniger Fehlstellen und verbesserter Trennschärfe

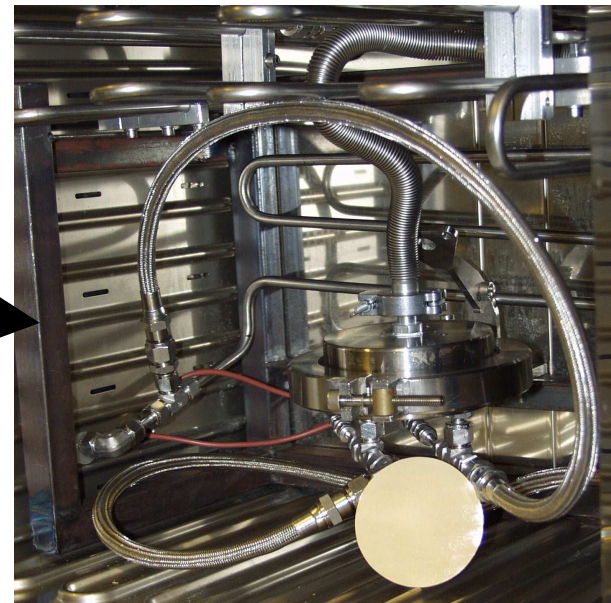
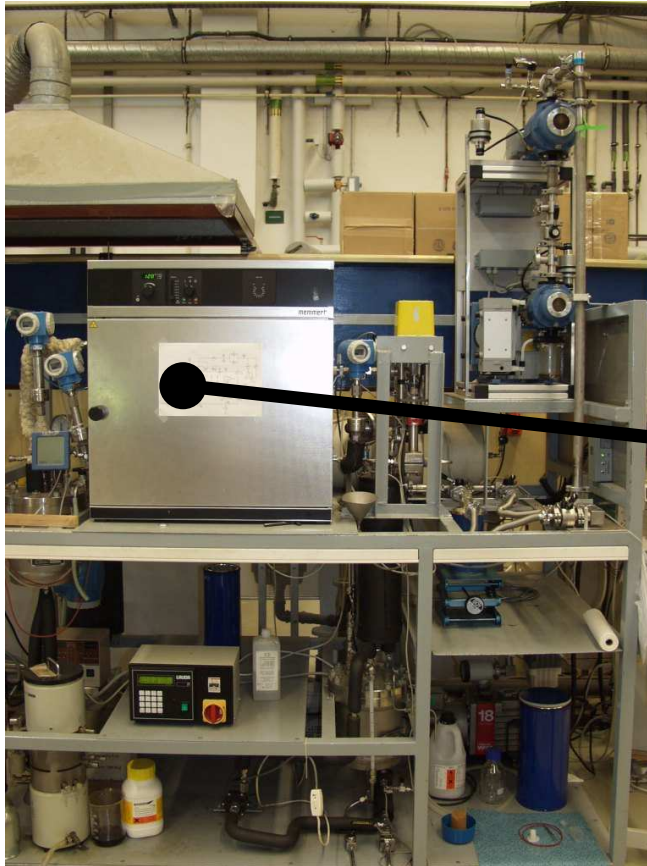


# Membranentwicklung

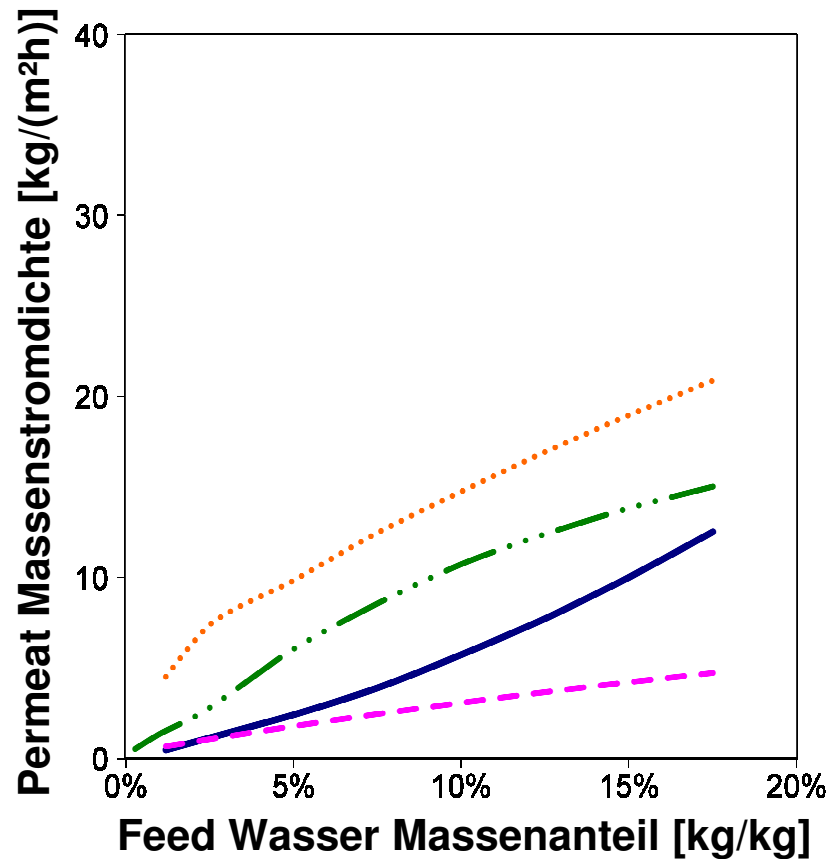


Silikonfilm schützt vor mechanischen Belastungen und gewährleistet Fehlstellenfreiheit

## Dampfpermeation Laboranlage



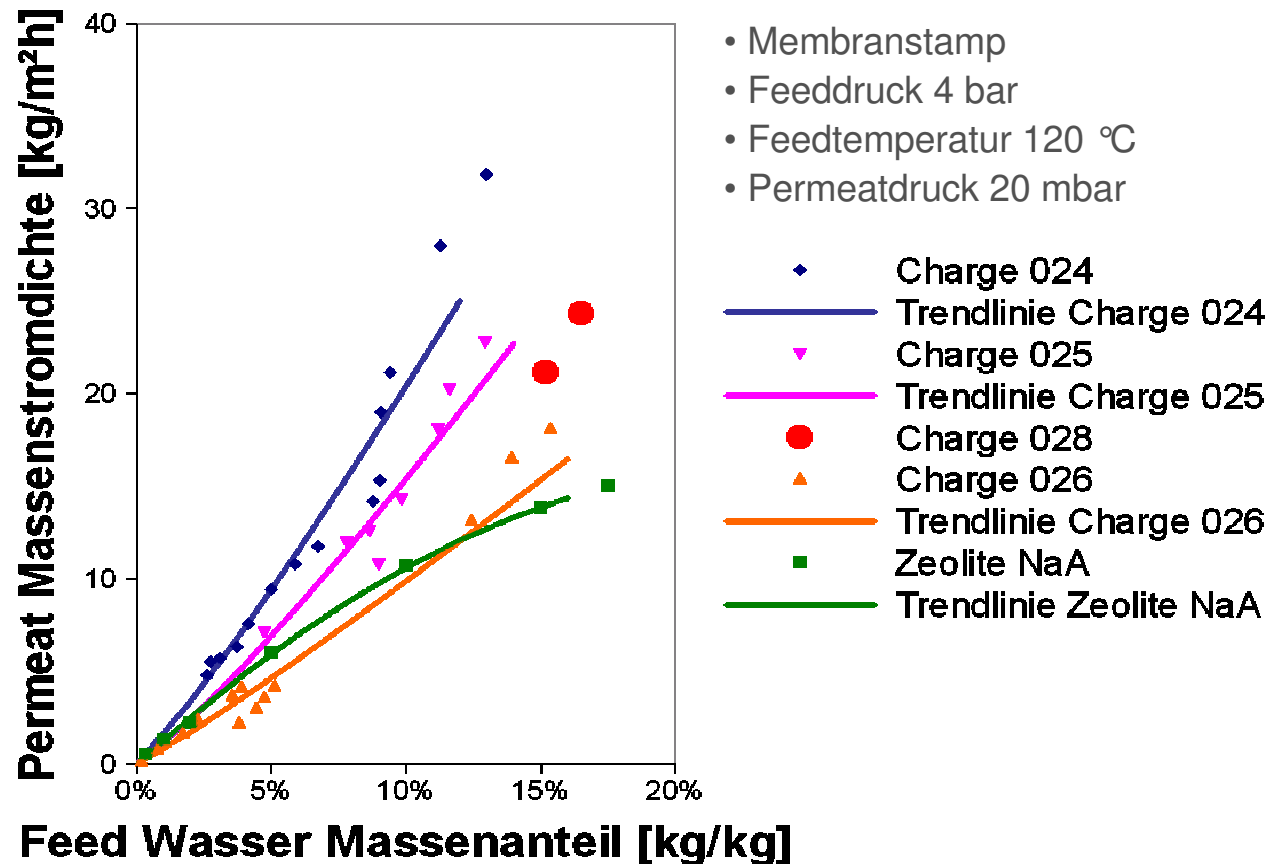
## Charakterisierung der Ausgangsmembran



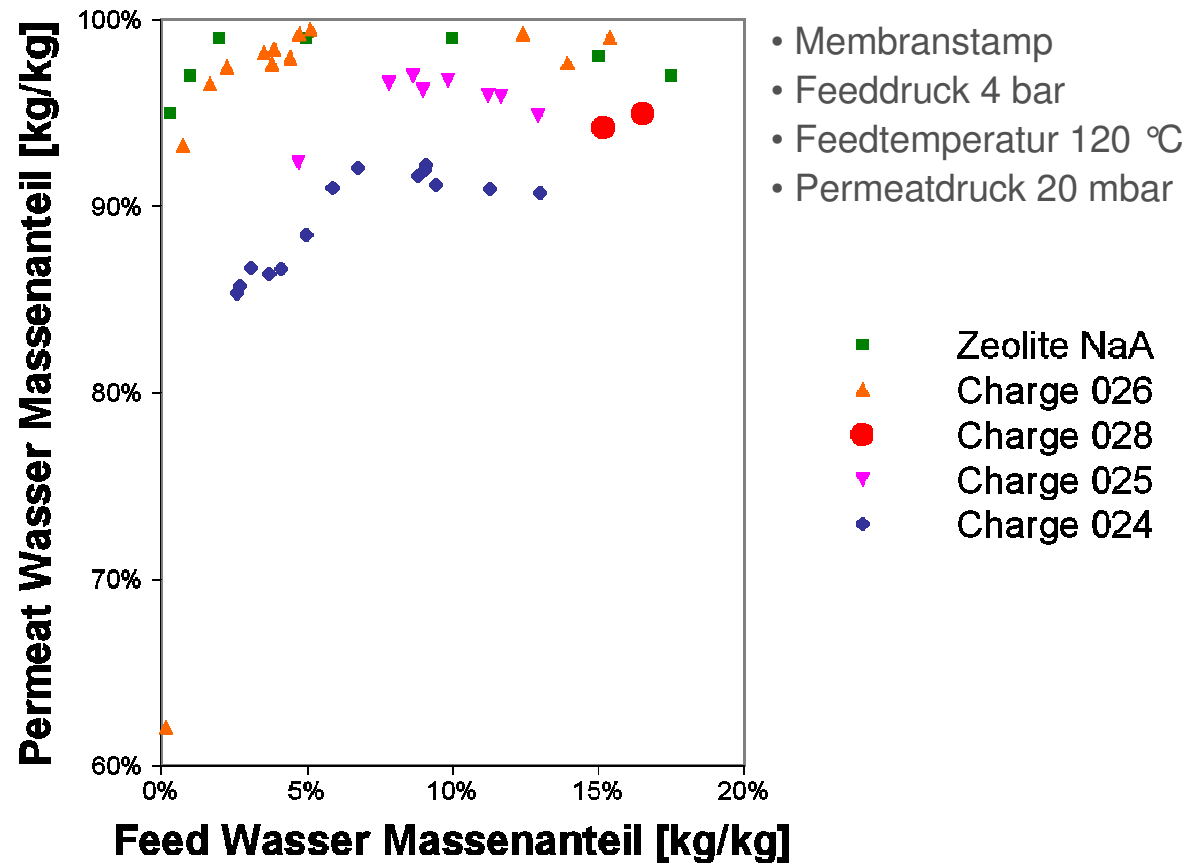
- Unterschiedliche Membran-Geometrien
- Feeddruck 4 bar
- Feedtemperatur 120 °C
- Permeatdruck 20 mbar

- GKSS membrane (2004)
- Silica (Rautenbach, 2004)
- - - Polyimid (Kreis, 2002)
- · - Zeolite NaA (Richter et al., 2006)

## Charakterisierung der aktuellen Membran

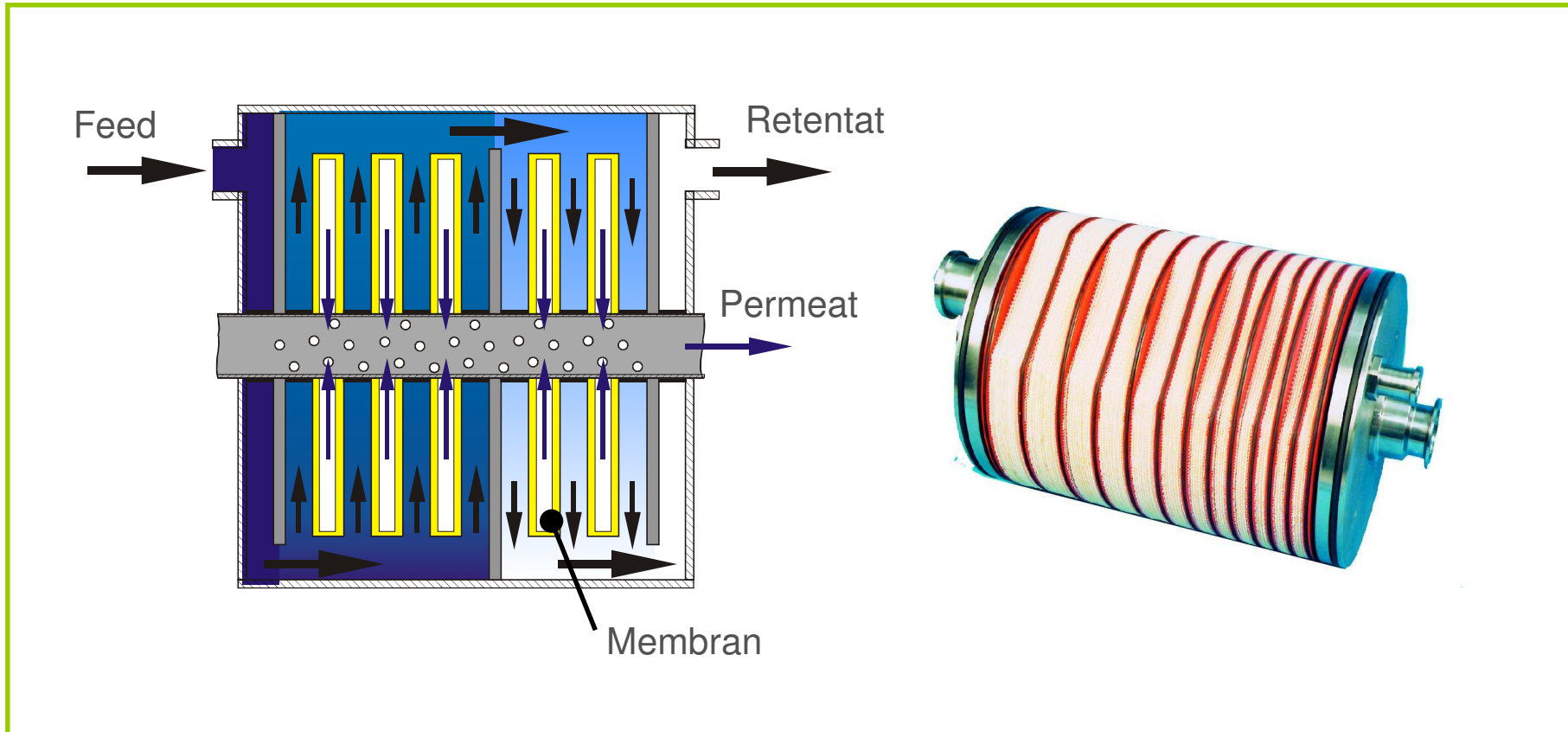


## Charakterisierung der aktuellen Membran

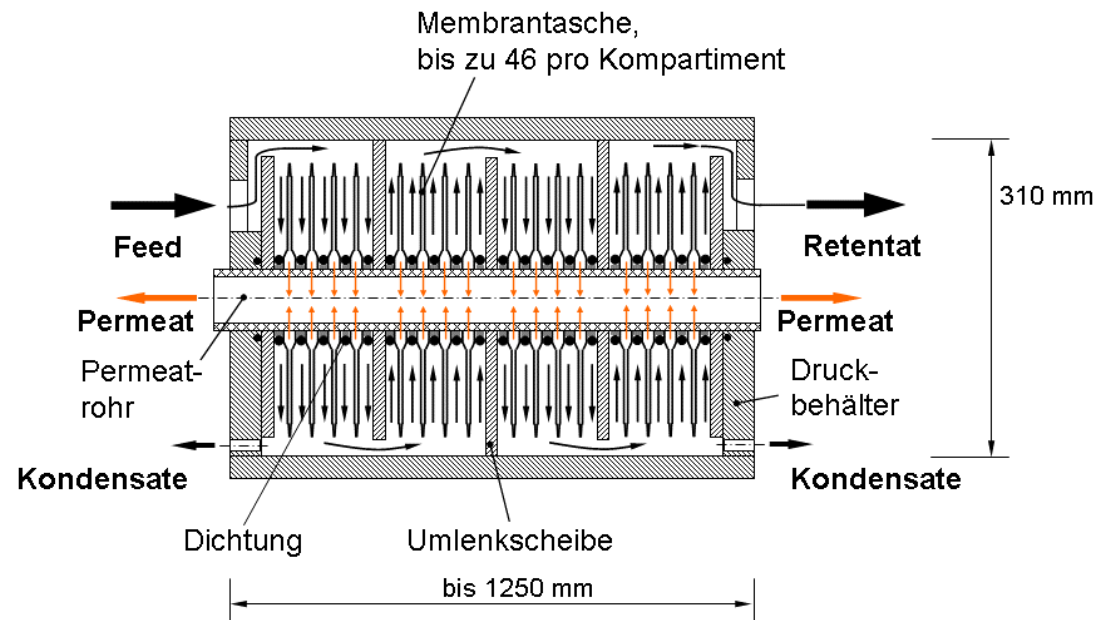




## Taschenmembranmodul

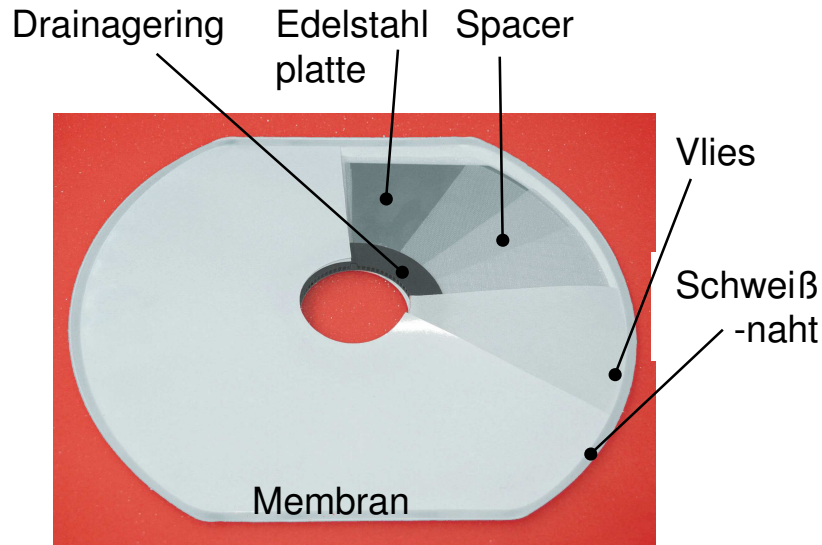


## Taschenmembranmodul

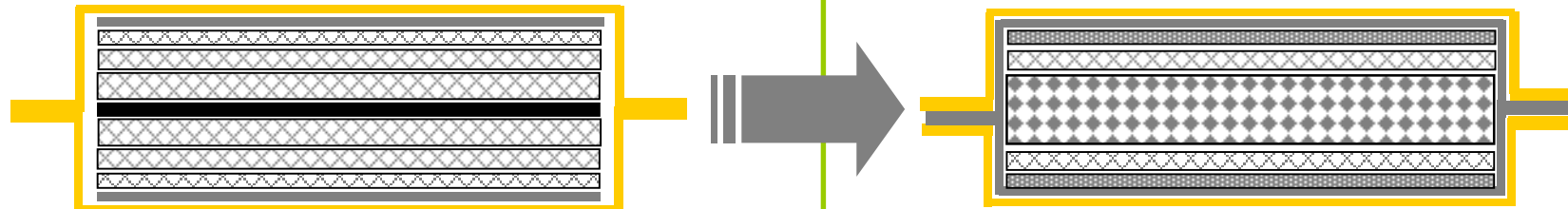
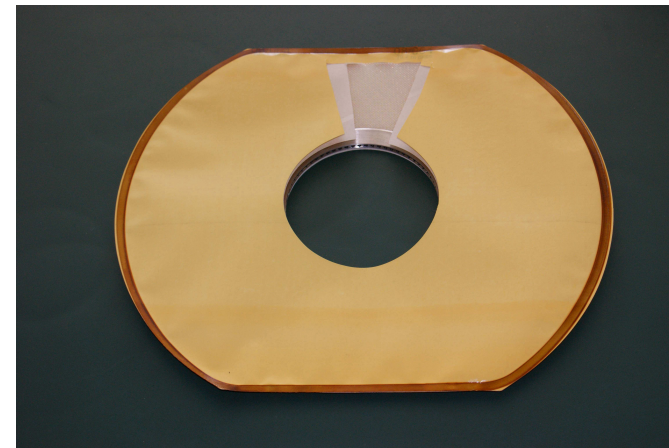


GKSS Modul mit hoher Packungsdichte und kurzen Permeatwegen

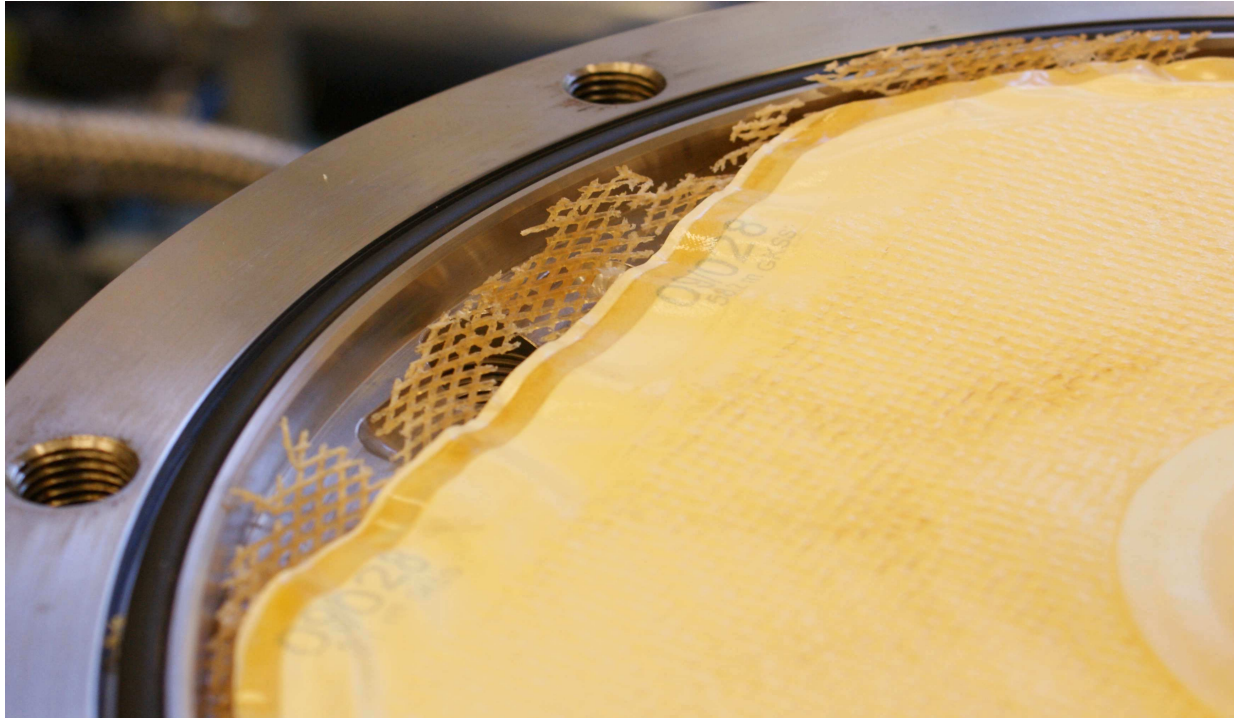
## Permeat-Spacer



### Optimierte Konfektionierung



## Feed-Spacer

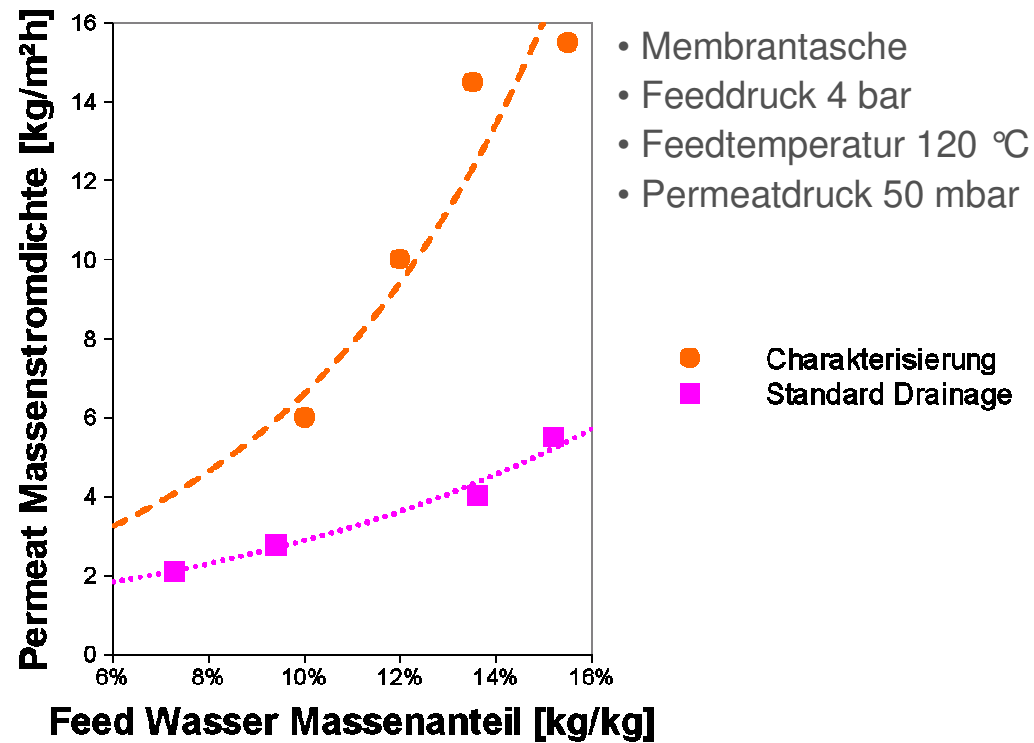


Polyamid Feed-Spacer hydrolysiert

## Dampfpermeation Pilotanlage



## Versuchsergebnisse mit Pilotanlage



Einbußen nicht erklärbar mit Modul-Wirkungsgrad

## Optimierung des Membrantaschenmoduls



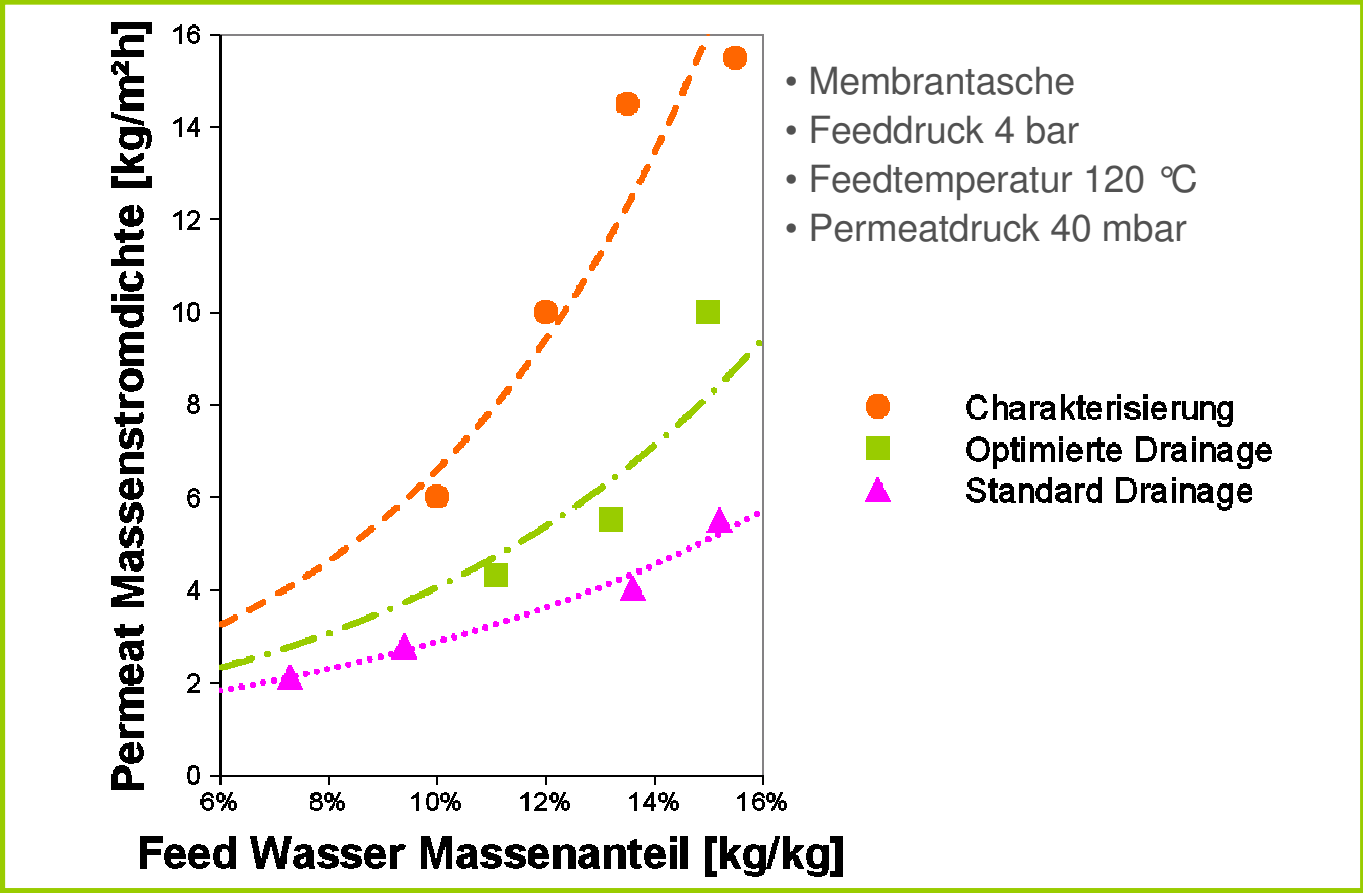
Erweiterter Durchmesser der Permeatdrainage

## Optimierung des Membrantaschenmoduls

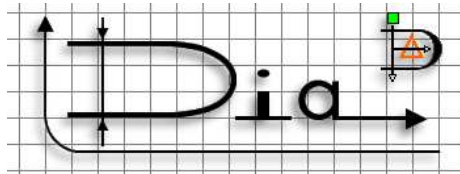
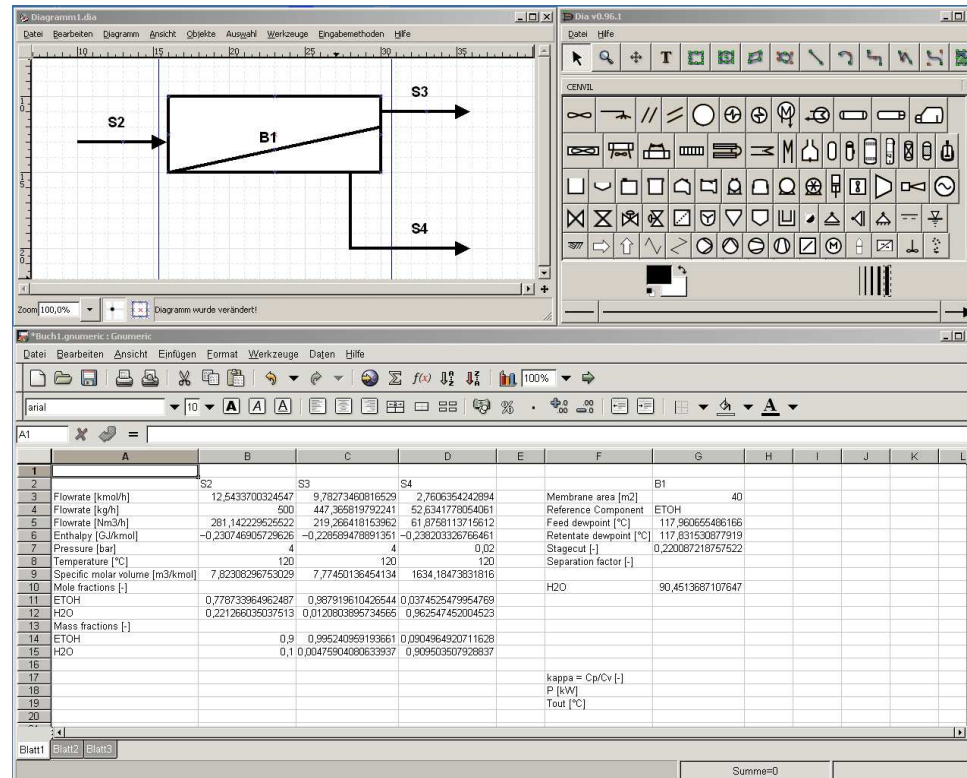




## Experimente mit optimierter Permeatdrainage



## Angepasste und ökonomisch sinnvolle Alternative

The screenshot shows the Dia software interface. The top window displays a process flow diagram with a unit labeled 'B1' and streams S2, S3, and S4. The bottom window shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2		S2	S3	S4			B1					
3	Flowrate [kmol/h]	12,5433700324547	9,78273460816529	2,7606354242894		Membrane area [m <sup>2</sup> ]	40					
4	Flowrate [kg/h]	500	447,365819792241	52,6341778054061		Reference Component	ETOH					
5	Flowrate [Nm <sup>3</sup> /h]	281,142229525522	219,266418153962	61,8758113715612		Feed dewpoint [°C]	117,960655486166					
6	Enthalpy [GJ/kmol]	-0,230746905729626	-0,228599478891351	-0,238203326766461		Retentate dewpoint [°C]	117,831530877919					
7	Pressure [bar]	4	4	4	0,02	Stagecut [-]	0,220087218757522					
8	Temperature [°C]	120	120	120		Separation factor [-]						
9	Specific molar volume [m <sup>3</sup> /kmol]	7,82306296753029	7,77460136454134	1634,18473831816								
10	Mole fractions [-]					H2O	90,4513687107647					
11	ETOH	0,778733964962487	0,987919610426544	0,0374525479954769								
12	H2O	0,221266035037513	0,0120803895734565	0,962547452004523								
13	Mass fractions [-]											
14	ETOH	0,9	0,995240959193651	0,0904964920711628								
15	H2O	0,1	0,00475904080633937	0,909503507928837								
16						kappa = Cp/Cv [-]						
17						P [kW]						
18						Tout [°C]						
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57												
58												
59												
60												
61												
62												
63												
64												
65												
66												
67												
68												
69												
70												
71												
72												
73												
74												
75												
76												
77												
78												
79												
80												
81												
82												
83												
84												
85												
86												
87												
88												
89												
90												
91												
92												
93												
94												
95												
96												
97												
98												
99												
100												

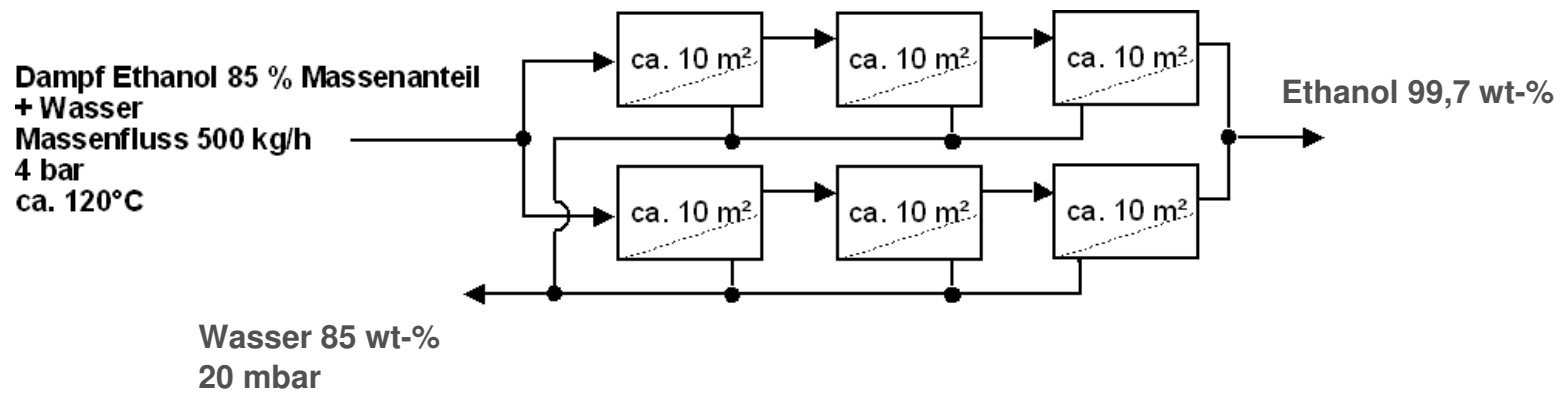
Excel



Calc



## Simulation mit Membranparametern der Pilotanlage



§ Herstellung der Membran und des Membranmoduls

- GMT Membrantechnik GmbH 

§ Einsatz des Membranmoduls in projektierten Anlagen

- Kühni AG 

- Iludest GmbH 

- Dalian Puricle Products Co. Ltd.



Dalian Puricle Products Co., Ltd.

- Sterling SIHI GmbH



§ Interesse aus industrieller und akademischer Forschung