



Unsere Projektseite:
<http://groengasproject.eu>

Möglichkeiten und Grenzen beim Einsatz von Membranverfahren zur Aufbereitung von Gülle und Gärprodukten aus Biogas-Anlagen

Dr. Thomas Peters

Unterstützt durch / Mede mogelijk
gemaakt door:



INTERREG - Grenzregionen gestalten Europa
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung der Europäischen Union

INTERREG - Grensregio's bouwen aan Europa
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling van de Europese Unie



Gliederung

- 1. Probleme durch Gülle und Gärprodukte**
- 2. Problemlösungen durch Verfahrenstechnik**
- 3. Membranverfahren und Modul-Technik**
- 4. Reinigung von Deponie-Sickerwasser**
- 5. Aufbereitung von Gülle mit Membranverfahren**
- 6. Aufbereitung von Gärprodukt mit Membranverfahren**
- 7. Aufbereitung von Gülle und Gärprodukten mit M.**
- 8. Ausblick**

Probleme durch Gülle und Gärprodukte aus Biogas-Anlagen

- ▶ örtlich begrenzte **hohe Bestandsdichten**
- ▶ zunehmender **Mangel an Ausbringflächen** führt zu höheren **Kosten (Lagerung)** und anspruchsvoller **Logistik**
- ▶ Anfall zusätzlicher **Nährstoff-haltiger Flüssigkeitsmengen** wenn Landwirtschaftsbetriebe zur **Absicherung der Wirtschaftlichkeit** Ställe vergrößern oder eine **Biogas-Anlage** installieren (wollen)

⇒ **Fehlender Flächennachweis**

Aufgabenstellungen bei der Aufbereitung von Gülle und Gärprodukt

Volumenreduzierung ?

Abtrennung der ungelösten Inhaltsstoffe ?

Abtrennung der gelösten Inhaltsstoffe ?

Selektive Abtrennung einzelner Fraktionen ?

Verwertung der Inhaltsstoffe ?

Problemlösungen durch Verfahrenstechnik

Einsatz anderweitig bewährter Aufbereitungs-Verfahren

Ziel:
Verwertung der Komponenten von Gülle und Gärprodukte
statt

**Ausbringung (bei mangelnden Ausbringflächen
zunehmend als Entsorgung eingestuft)**

Lösungs: "technologischer Flächennachweis"

Problemlösungen durch Verfahrenstechnik

Verfahren	Inhaltstoffe	abfiltrierbare Feststoffe	CSB	Ammonium	AOX	Schwermetalle	Eisen, Mangan	Salze	PAK	LHKW	Bakterien	Viren	bleibende Reststoffe
1.1	Biologischer Abbau	0	0	+	0	-	0	-	-	0	-	-	Schlamm
1.2	Chemische Oxidation	-	+	0	+	-	0	-	+	+	+	+	Abluft
2.1	Adsorption	0	0	-	+	0	-	-	+	+	-	-	Beladene A-Kohle
2.2	Eindampfung	+	+	+(1)	0	+	+	+	0	-	-	-	Reststoffe, Abluft
2.3	Elektrodialyse	-	-	0	-	+	+	+	-	-	-	-	Restwasser
2.4	Flockung/Fällung	0	0	+(3)	0	+	+	-(4)	-	-	-	-	Schlamm
2.5	Flotation (MBF)	+	0	-	+	+(5)	+	-	+	-	0	0	Schlamm
2.6	Ionen-Austausch	-	-	0	0	+	+	+	-	-	-	-	Konzentrat
2.7	Strippung	-	-	+(2)	0	-	-	-	0	+	-	-	Abluft
2.8	Filtration	+	-	-	-	0	+	-	-	-	-	-	Schlamm
2.9	Mikrofiltration	+	-	-	-	0	+	-	-	-	+	0	Restwasser
2.10	Ultrafiltration	+	0	-	-	0	+	-	-	-	+	+	Restwasser
2.11	Nanofiltration	+	+	0	0	+	+	0	0	-	+	+	Restwasser
2.12	Umkehrosmose	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Restwasser

Verfahren

Inhaltstoffe

Reststoffe

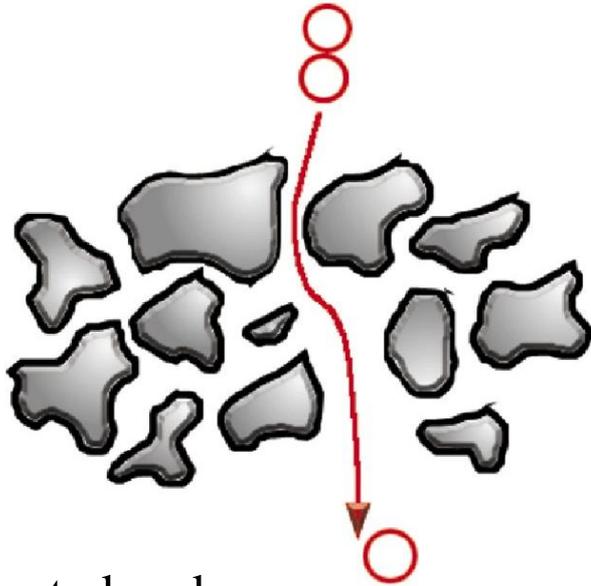
+ = geeignet **-** = ungeeignet **0** = teilweise geeignet

1.1 - 1.2 = Zerstörung der Inhaltstoffe 2.1 - 2.11 = Konzentration oder selektive Trennung von Inhaltstoffen

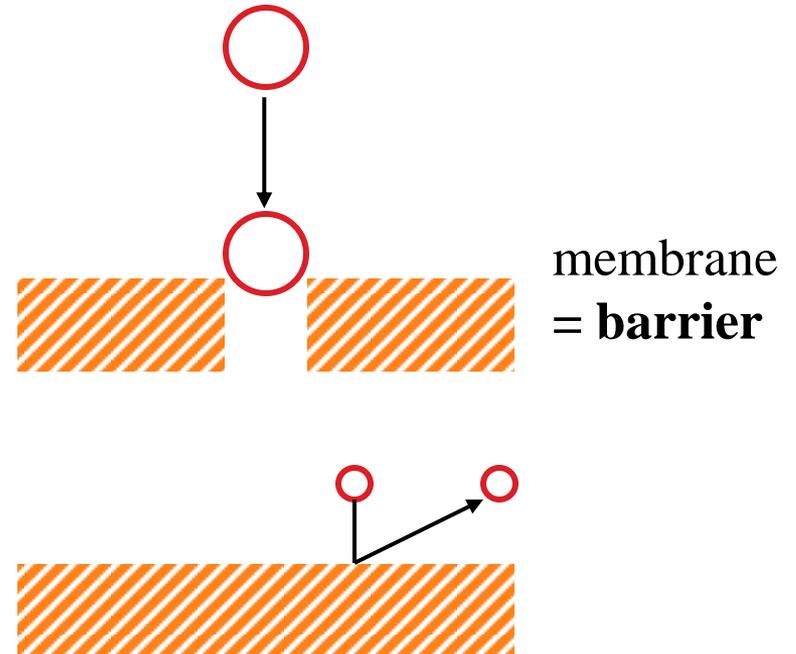
(1) bei alkalischer Fahrweise
 (2) bei saurer Fahrweise
 (3) MAP-Fällung, sonst "-"

(4) für Sulfat "+"
 (5) nach Fällung/Flockung

Unterschied zwischen konventionellen Prozessen und Membran-Prozessen



- activated carbon
 - filtration
 - precipitation/flocculation
 - biology
- = **porous**



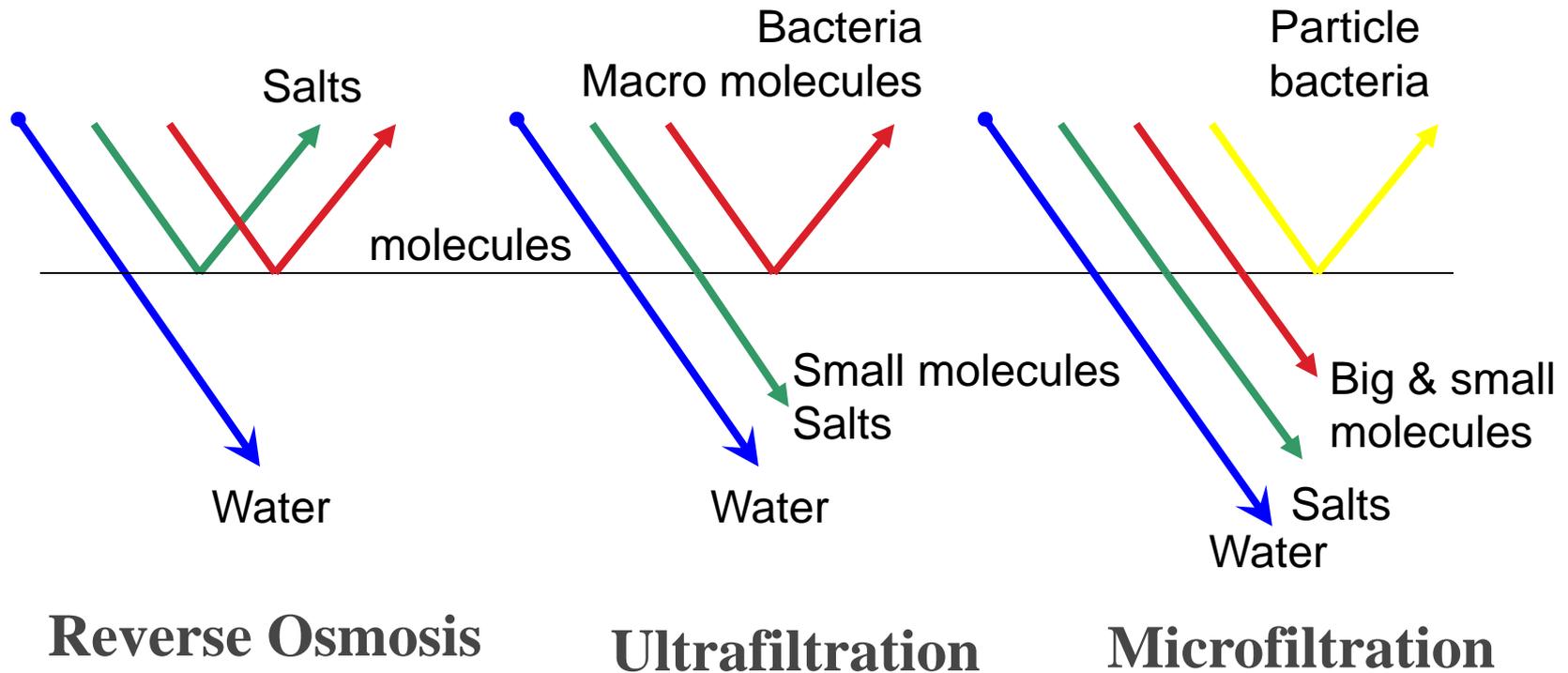
operating safety
=> process control
with parameters like electric conductivity,
turbidity

Membranverfahren und Modul-Technik

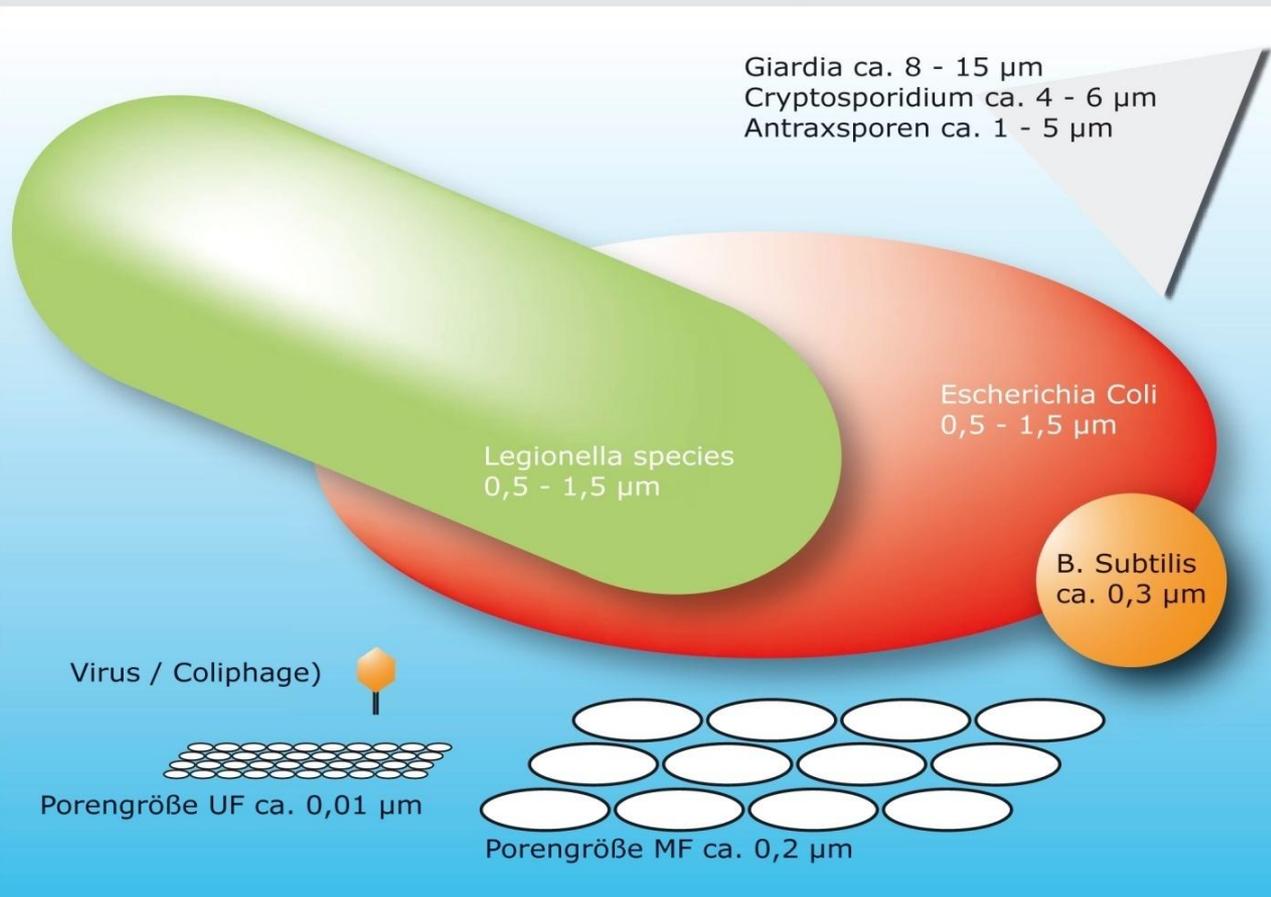
Membranverfahren und deren Einsatzbereiche

Abtrennbare Wasserinhaltsstoffe	Trenngrenze	Verfahren [Membran-Typ]	Betriebsdruck kPa [bar]
Partikel < 1µm	0,1 - 1 µm	Mikrofiltration (MF) [Poren-Membranen]	50- 300 [0,5 - 3]
Kolloide, Makromoleküle Molmasse > 2.000 g/mol	2.000 - 200.000 g/mol	Ultrafiltration (UF) [Poren-Membranen]	50 - 100 [0,5 - 10]
gelöste organische Moleküle, mehrwertige anorganische Ionen	> 200 g/mol Rückhaltung für MgSO ₄ > 90 %	Nanofiltration (NF) [Lösungs-Diffusions-Membranen mit eingebauten ionogenen Gruppen]	500 - 4.000 [5 - 40]
organische Moleküle und alle Ionen	< 200 g/mol Rückhaltung für NaCl > 95 %	Umkehrosmose (RO) (Hochdruck-RO (HD-RO) [Lösungs-Diffusions-Membranen]	500 - 7.000 [5 - 70] (bis 12.000) [bis 120]

membrane processes

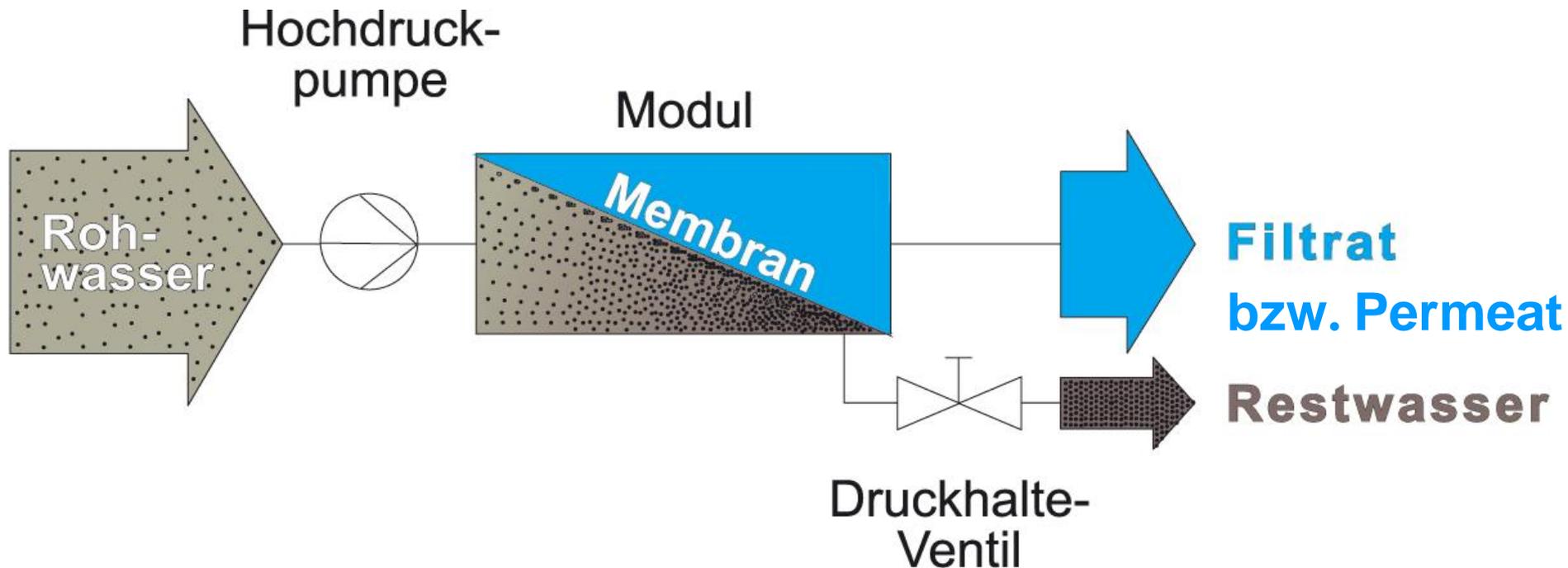


Ultrafiltration (UF) und Microfiltration (MF) im Größenvergleich mit bekannten Wasserkeimen



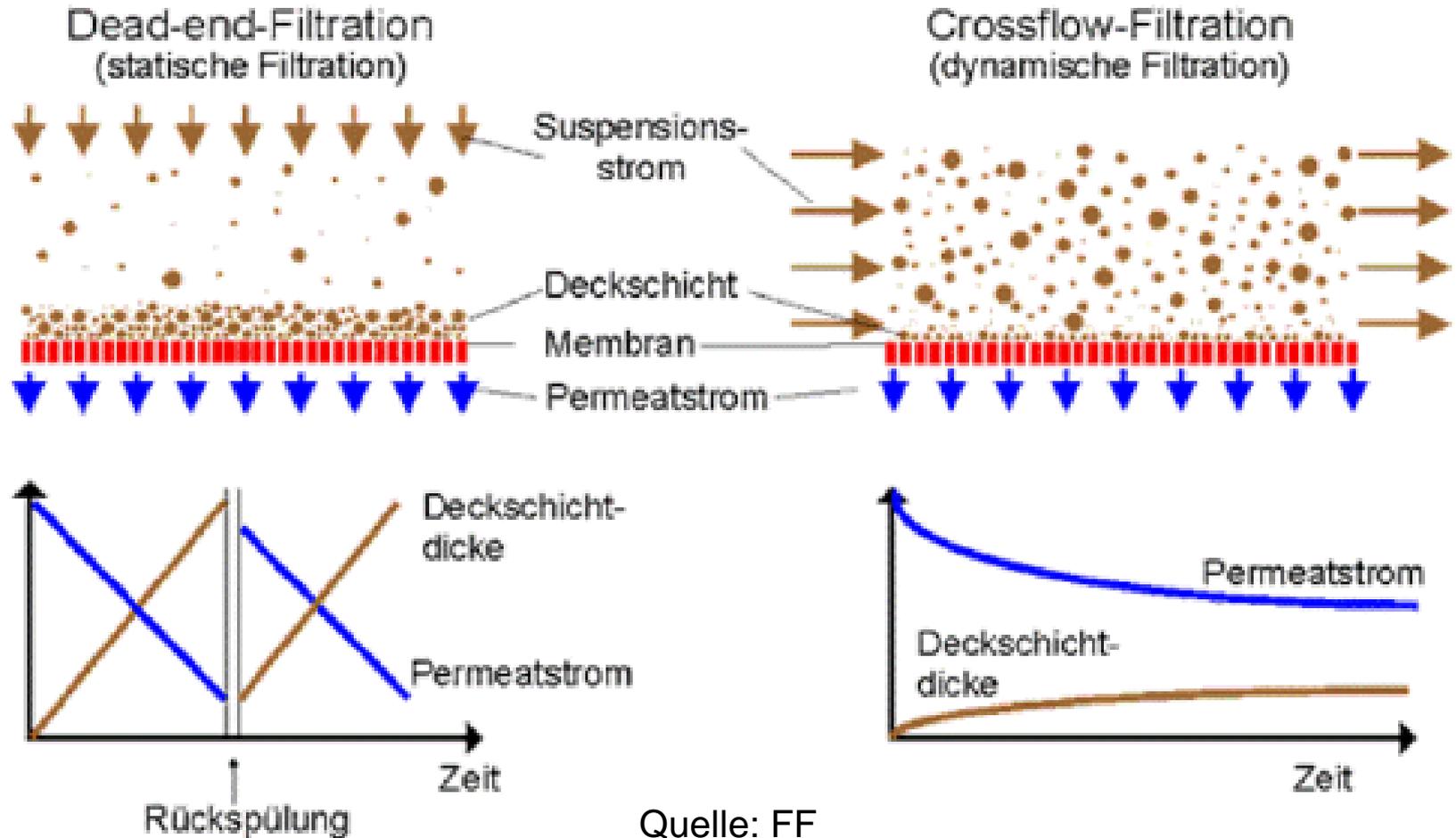
Quelle:
W.E.T.

Wasser-Management mit Membranverfahren



Schematische Darstellung des Grundprinzips von Membranverfahren

Dead-End und Crossflow-Betrieb



Hochdruck-Pumpen und Modul-Racks der RO-Anlage für Meerwasser-Entsalzung in Al Jubail / Saudi Arabien Permeat-Produktion ca. 98.000 m³/d (20 MIGD), 15-straßig



Fakten + Erfolge als Basis für Vertrauen in die Membran-Technik

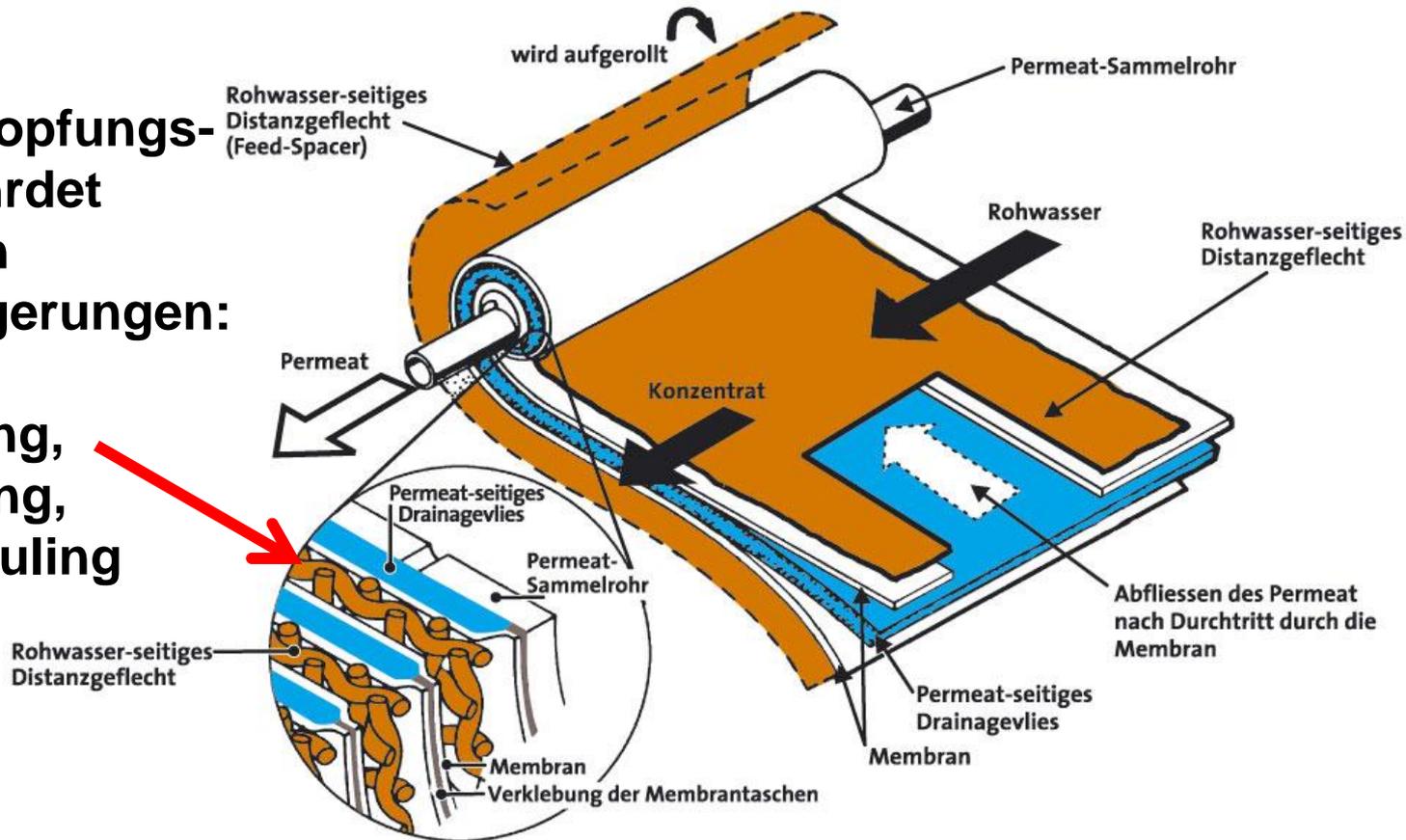
!

Quelle: Image-Broschüre PREUSSAG/Thiel bei Inbetriebnahme 2000

konventionelles Spiralwickel-Element

**Verstopfungs-
gefährdet
durch
Ablagerungen:**

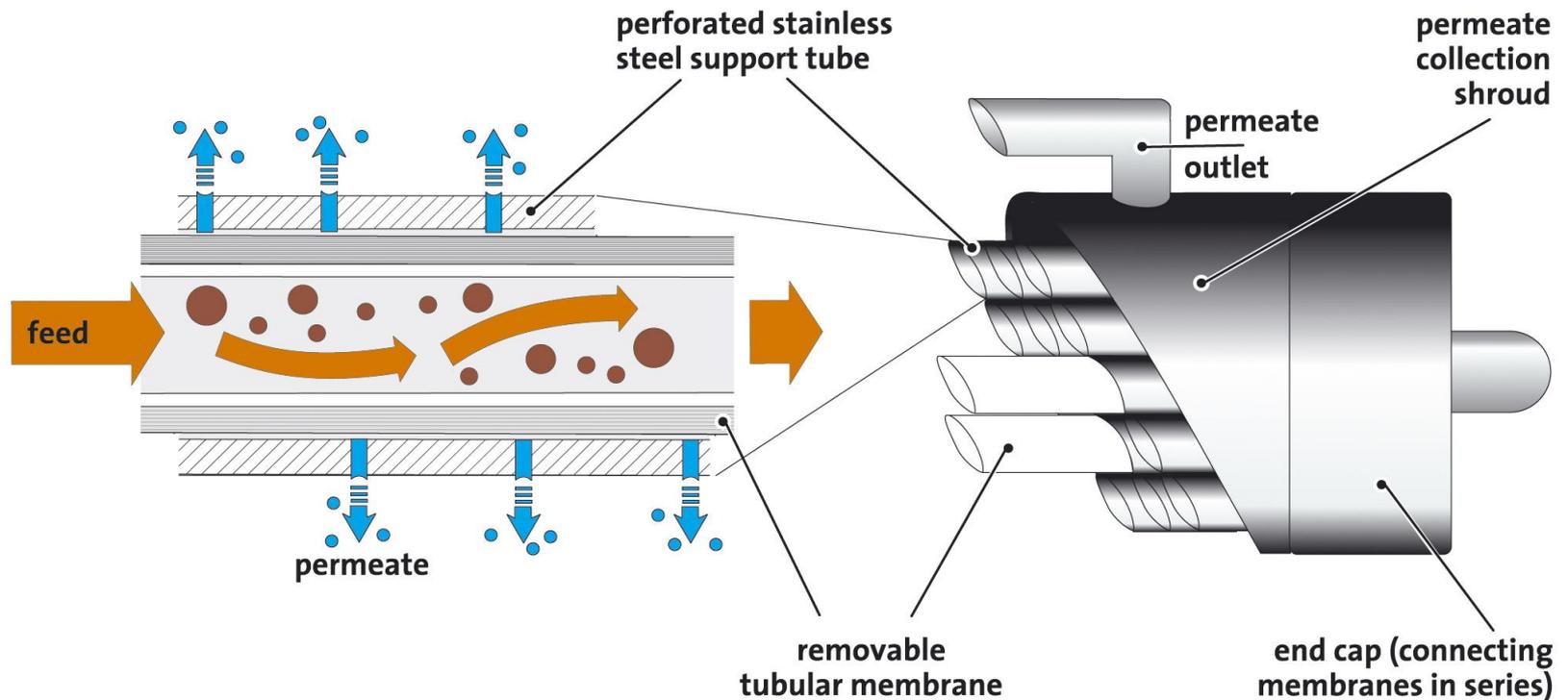
**Scaling,
Fouling,
Biofouling**



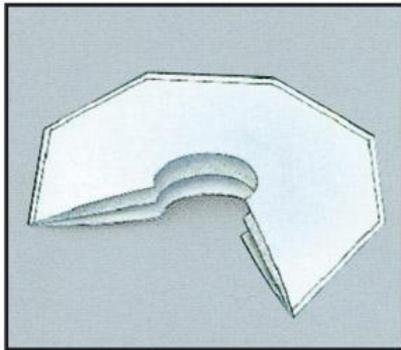
Reinigung von Deponie-Sickerwasser mit Offenkanal-Modul

- Beispiel für belastete Flüssigkeit

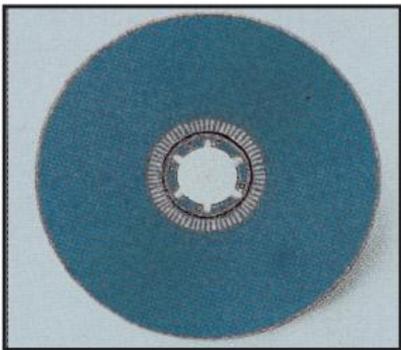
Rohr-Modul



Scheiben-Rohr-Modul DT (Disc-Tube) mit Offenkanal-Technik



membrane cushion

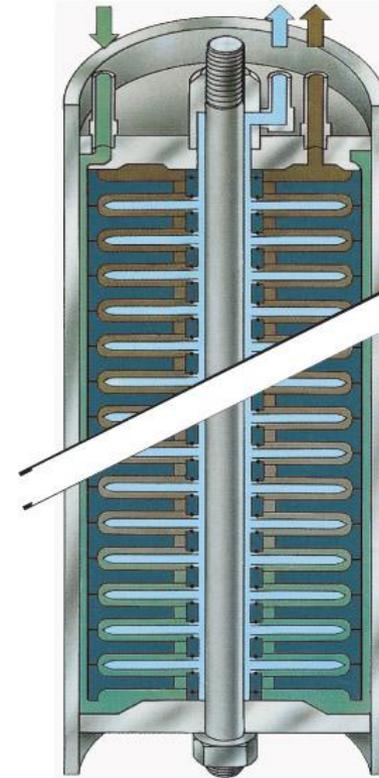


hydraulic disc



membrane element stack

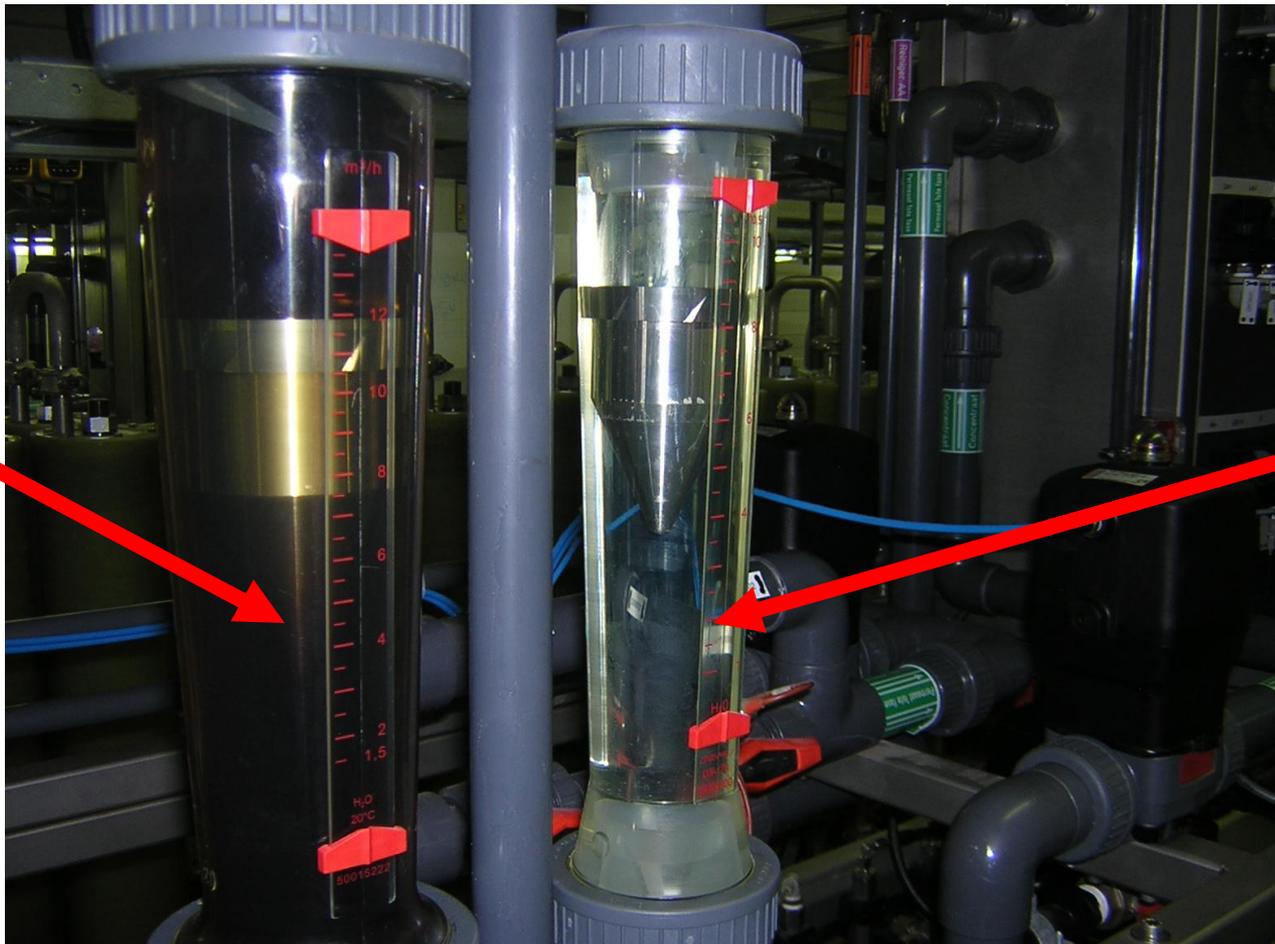
raw water permeate retentate



Quelle: Archiv DPC

„vor“ - „nach“ der Reinigung mit Umkehrosmose-Membranen

Deponie-
Sicker-
wasser



Permeat

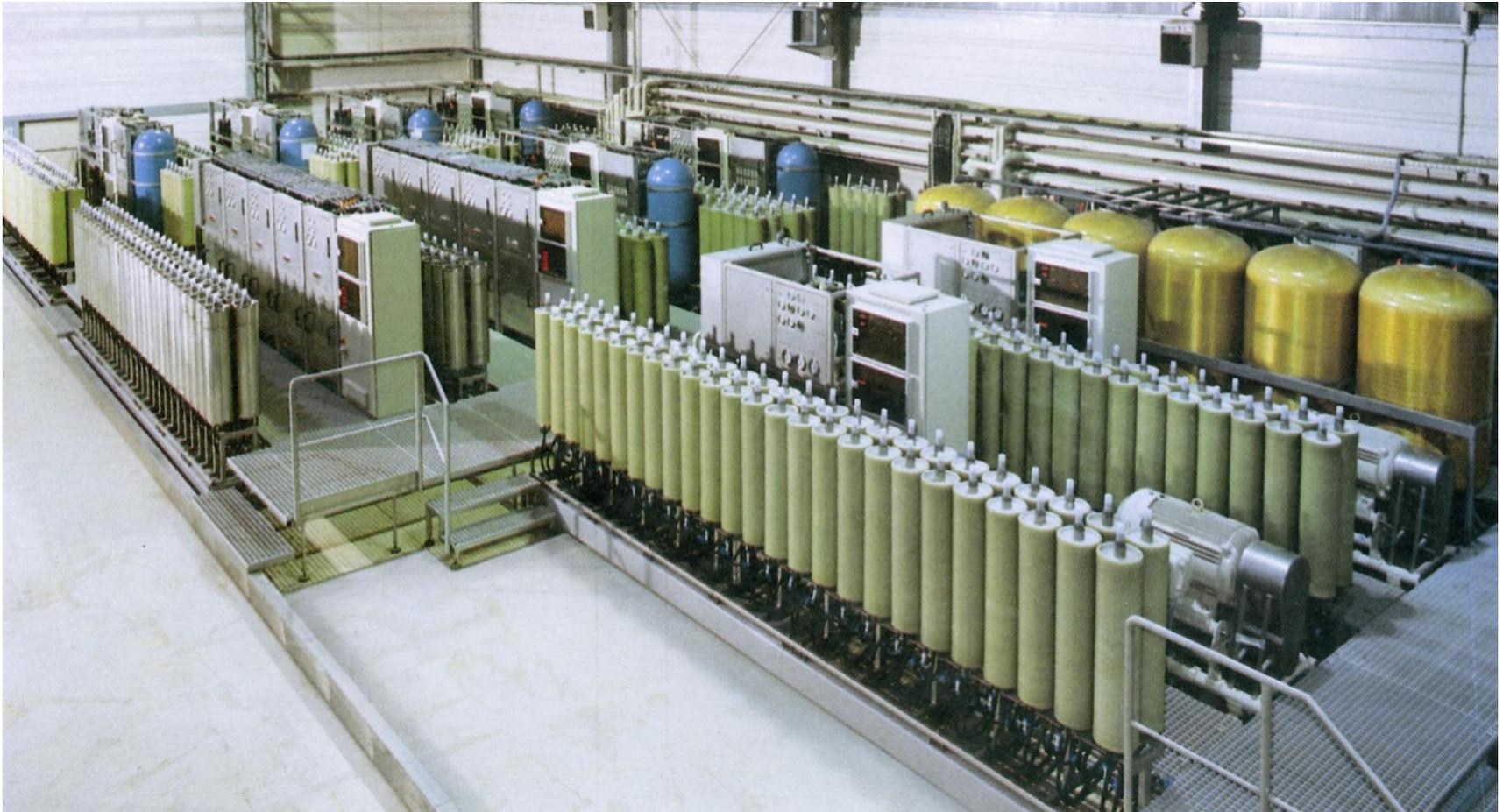
Beispiel für die Reinigung von Deponie-Sickerwasse mit Umkehrosmose

PARAMETER	leachate	permeate I	permeate II	rejection in%
pH-value	7.7	6.8	6.6	
el. conduct.*	17,250	382	20	99.9
COD in mgO ₂ /l	1,797	< 15	< 15	> 99.2
ammonium mg/l	366	9.8	0.66	99.9
chloride mg/l	2,830	48.4	1.9	99.9
sodium mg/l	4,180	55.9	2.5	99.9
heavy metals #	0.25	< 0.005	< 0.005	> 98

← z. B.:
 Trinkwasser
 500 bis
 1.000 µS/cm

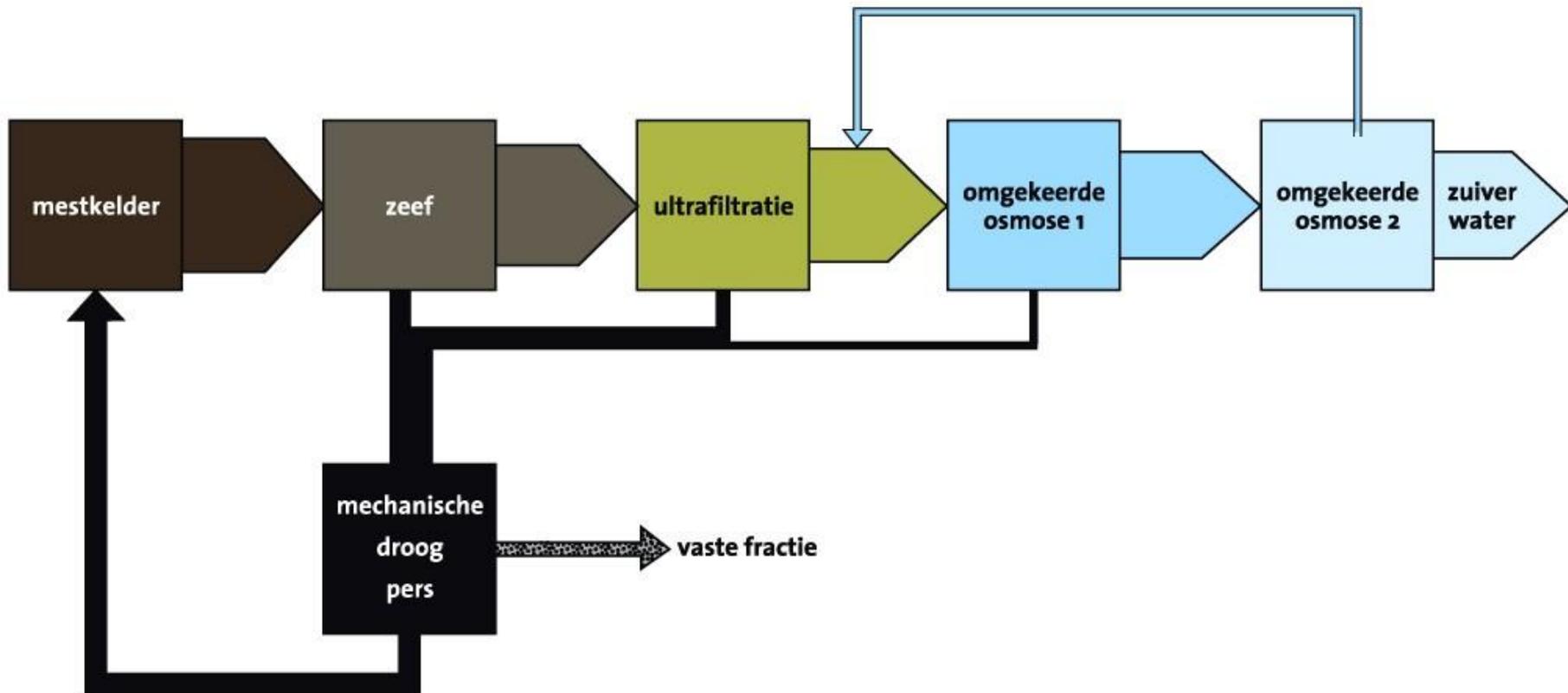
* = µS/cm # = mg/l

**Mehrstufige Anlage zur Reinigung von Deponie-Sickerwasser
auf der Deponie Ihlenberg (ehemals Schönberg)
Reinigungsleistung 1.200 m³/d, Inbetriebnahme 1993**



Aufbereitung von Gülle mit Membranverfahren

Verfahrensfließbild einer Anlage zur Aufbereitung von Gülle Anlagen-Realisierung in 2000

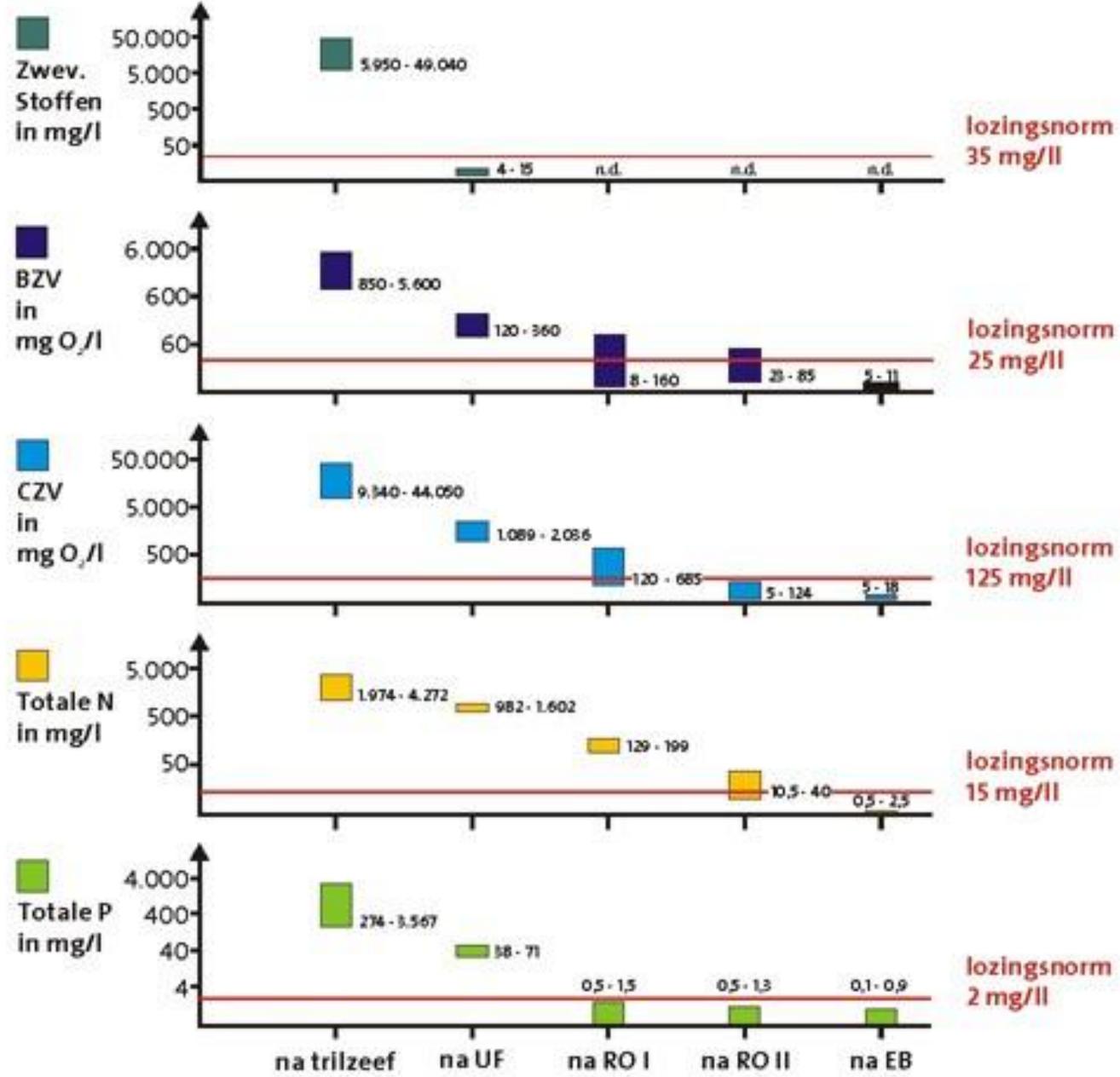


Quelle: Peters / GEMA-PUR 2000



= Grenzwert

Analysen-
Ergebnisse
in logarith-
mischer
Darstellung



UF = ultrafiltratie EB = eindbehandeling
RO = omgekeerde osmose n.d. = niet detecteerbaar

Quelle:
GEMA-PUR

Aufbereitung

von

Gärprodukt mit Membranverfahren

Analysenergebnisse aus orientierendem Grundsatzversuch AREM (Auszüge aus Prüfberichten des LUFA/Bonn von September 2002)

Probentyp:	Restnährlösung aus Biomasse	Restnährlösung aus Gülle
Parameter:	CSB	CSB
Einheit:	mg O ₂ /L	mg O ₂ /L
Restnährlösung unbehandelt:	7.801	64.474
Klarlauf MBF:	1.812	13.468
Filtrat UF:	762	2.386
Permeat RO:	76	70

Quelle:
IG HLW

Parameter	Einheit	Feed	Klarlauf MBF	Filtrat UF	Permeat RO
CSB	mg O2/L	58.523	13.468	2.736	70
BSB5	mg O2/L	12.000	2.842	1.750	< 50
elektr. Leitf.	μS/cm	51.400	14.800	15.600	1.510
PH-Wert		7,99	8,19	8,31	9,37
Phosphor P	mg/L	800	200	45	0,28
Calcium Ca	mg/L	1.100	300	27	0,29
Magnesium Mg	mg/L	500	100	6,4	0,04
Kalium K	mg/L	4.100	1.500	13,8	126
Natrium Na	mg/L	900	300	320	26,9
Ammonium-N	mg/L	45.786	9.607	10.524	1.944
Nitrat-N	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chlorid Cl	mg/L	945	263	293	29,4
Sulfat So4	mg/L	1.050	237	72,1	< 10

Gärprodukt aus der Fermentation von Gülle

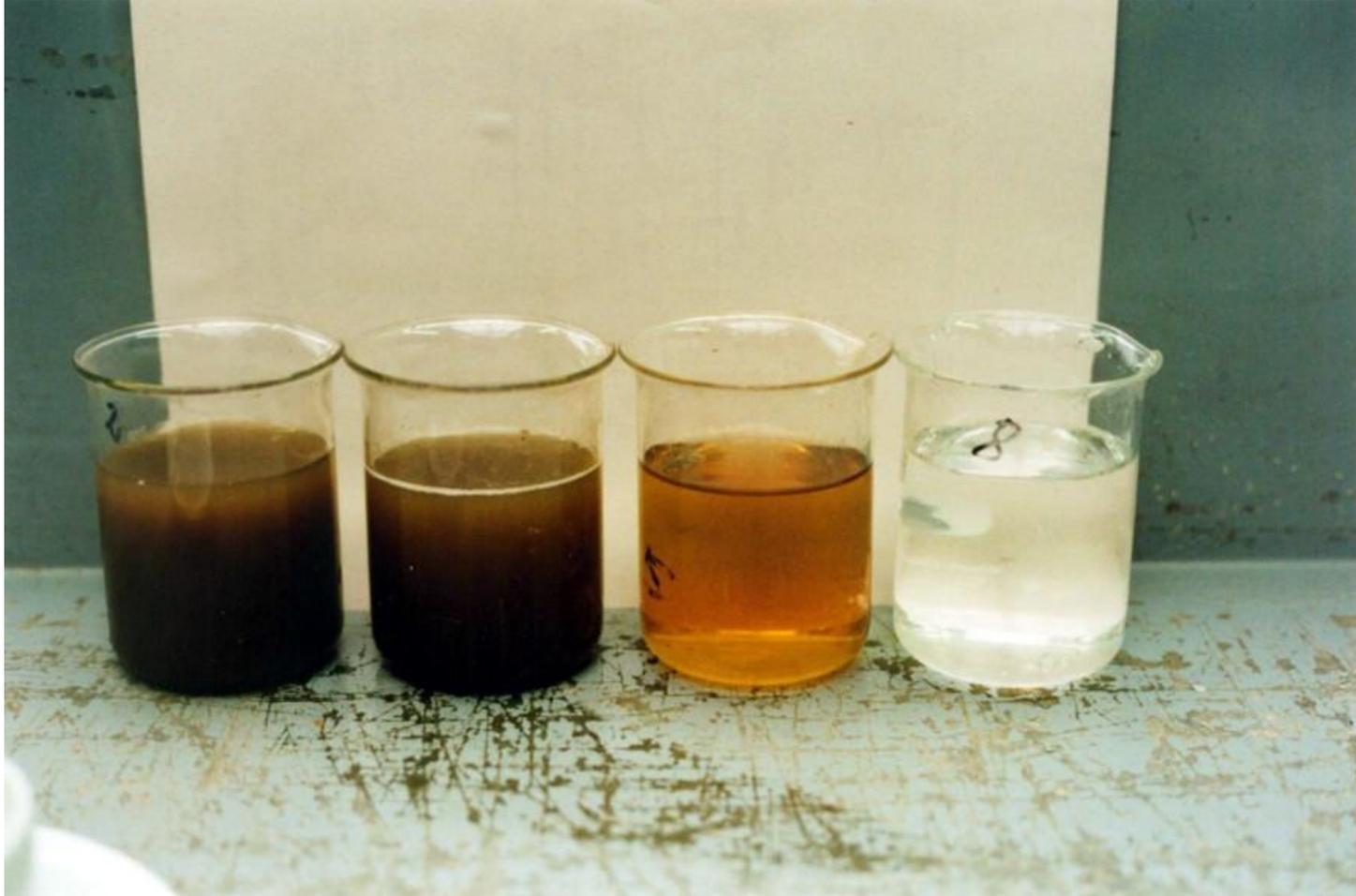
- > Klarlauf der MBF
- > Filtrat der Ultrafiltration
- > Permeat der Umkehrosmose



Quelle;
IG HLW

Gärprodukt aus der Fermentation von Getreide

- > Klarlauf der MBF > Filtrat der Ultrafiltration
- > Permeat der Umkehrosmose

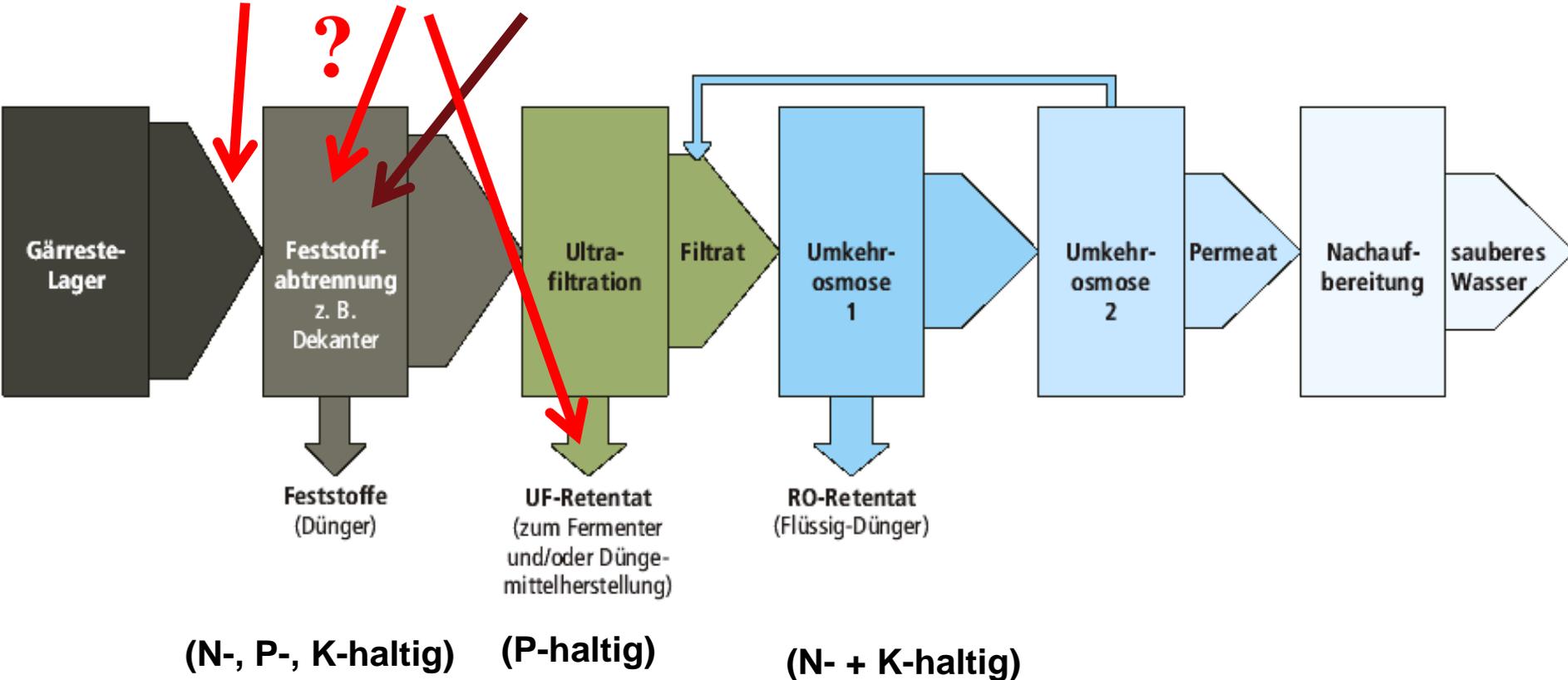


Quelle:
IG HLW

Aufbereitung von Gülle und Gärprodukt mit Membranverfahren

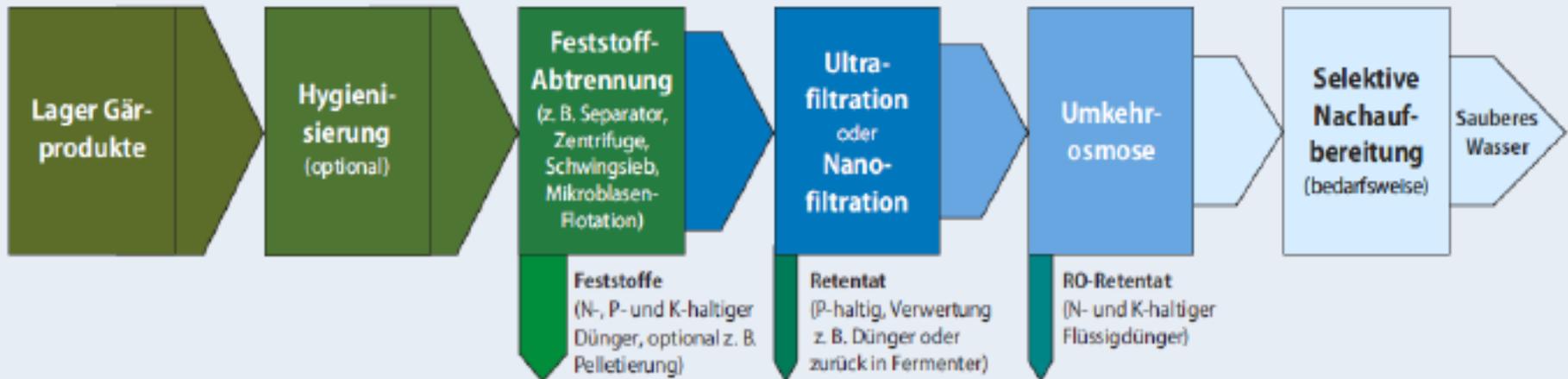
Komplett-Verwertung von Gärprodukten

Hygienisierung **Mikroblasen-Flotation**



Quelle: Peters/WAT-membratec

Zukunfts-Aufgaben für Auvegg GmbH



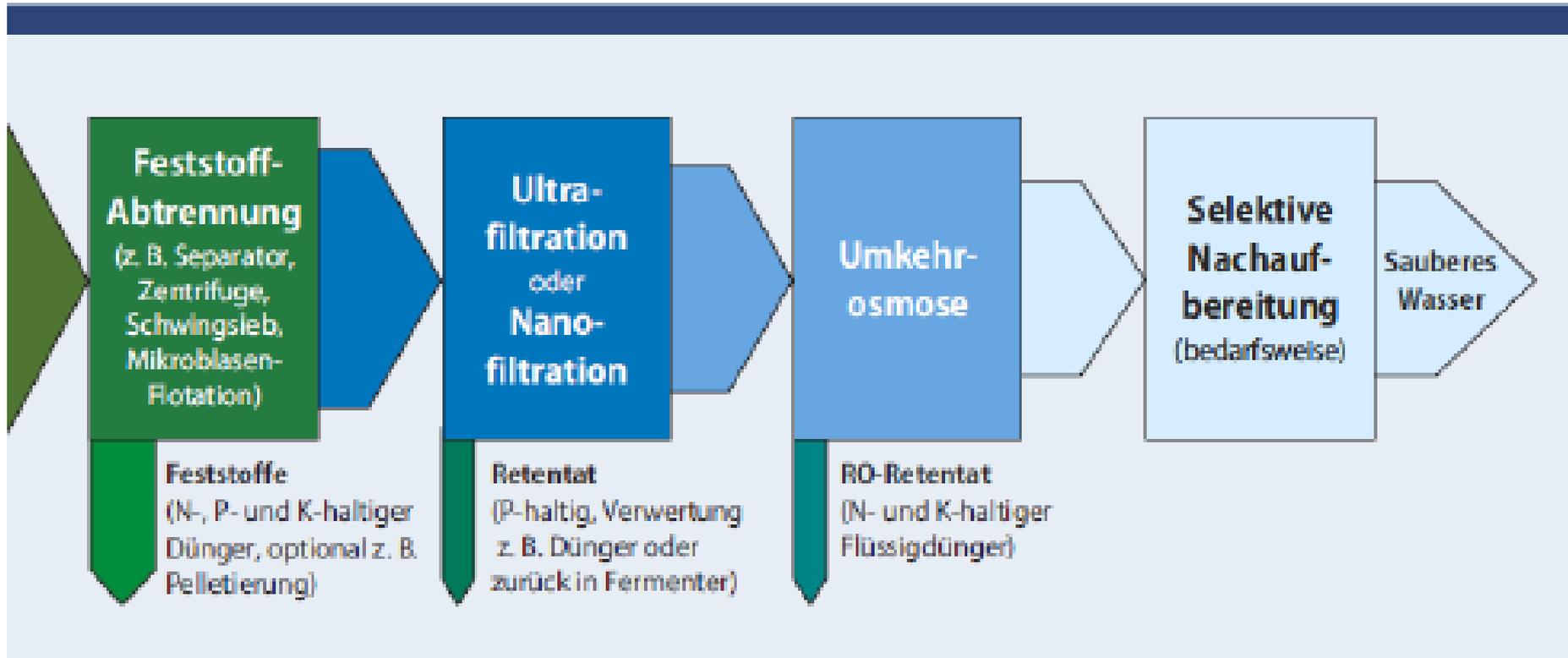
Trocknung ?

Eindampfung ?

Gefrierverfahren ?

Quelle: Peters, Wilmes 2013

Beispiel: Auvegg GmbH

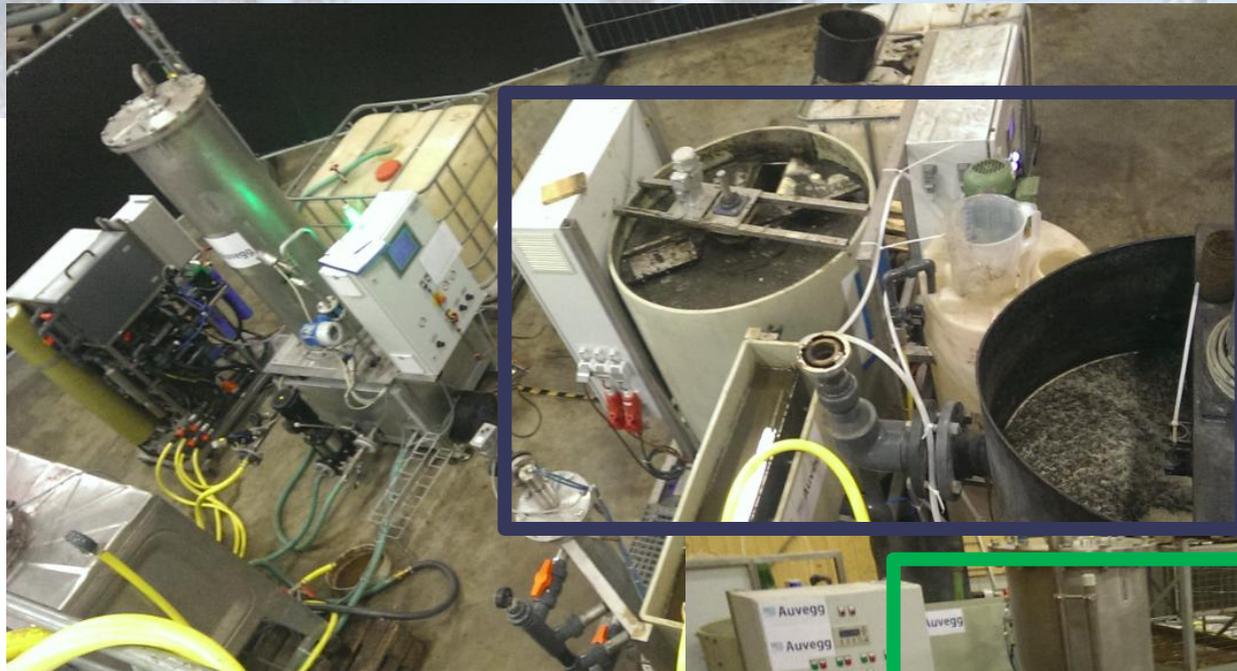


Quelle: Peters, Wilmes 2013

Technik von Auvegg - Demonstrations-Anlage in Reken



Auvegg-Demonstrationsanlage Reken - Gesamtaufbau



Mikroblasenflotation

Ultrafiltration

Umkehrosmose



Auvegg-Demonstrationsanlage Reken - Trenn-Ergebnisse



Zusammenfassung

Durch die Aufbereitung von Gülle und Gärprodukt mit bewährten Trennverfahren, z. B.:

Abtrennung der Grobstoffe durch z. B.

Dekanter

Abtrennung von Schwebstoffen optional durch z. B.

Micro-Blasen-Flotation

Abtrennung von Feinststoffen, Kolloiden durch

Ultrafiltration

Abtrennung von gelösten Stoffe durch

Umkehrosmose

Aufbereitung der Reststoffe durch

Eindampfung, HTC

ist eine Reduzierung des Volumens möglich durch

**Auftrennung in: Wasser (einleitfähig, wiederverwendbar) +
nährstoffhaltige Flüssigkeiten (Flüssig-Dünger) +
nährstoffhaltige Feststoffe (Dünger), Biokohle**

Ausblick

Die Aufteilung von Gülle und Gärprodukt in Teilströme

- ▶ mit unterschiedlichen Konzentrationen für die Inhaltsstoffe (Fraktionierung)

führt zu: > flüssigen und > festen Nährstoffen

für eine unterschiedliche Nutzung in der landwirtschaftlichen und gartenbaulichen

Wertschöpfungskette

!!! Wertstoff-Produktion statt "Entsorgung" !!!

Neu: Prozess-Sicherheit bei der Reinigung von Flüssigkeiten
Analogie zum Deponie-Sickerwasser > **Oberflächenwasser**

**absolute Funktions-Sicherheit
durch Zwei-Barrieren-System:**

- 1. Umkehrosmose-Membrane als definierte Barriere**
- 2. Messung der elektrischen Leitfähigkeit zur verlässlichen, robusten Überwachung der
Einhaltung der **Grenzwerte**
im einzuleitendem gereinigtem Wasser**

Fazit

**Membranverfahren sind eine verlässliche
und nachhaltige Lösung
für die Aufbereitung der von Feststoffen
weitestgehend befreiten Flüssigkeit bei
Gärprodukten, Gülle und Oberflächenwasser**

**Voraussetzung: Einsatz Problem-adaptierter
Membran-Elemente und Membran-Module**



Unsere Projektseite:
<http://groengasproject.eu>

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

Unterstützt durch / Mede mogelijk gemaakt door:

