



Nachhaltige Symbiose: so kombiniert man die Vorteile von Eindampfung und Membranfiltration

Webinar am 23.09.2021

Sascha Herz

“Symbiose ist das Zusammenwirken zweier Systeme zum beiderseitigen Vorteil”

Kombination von Eindampftechnik und Membranfiltration als Erfolgsrezept für nachhaltiges Wirtschaften



Plattenverdampfer-Anlagen

– Anwendungen



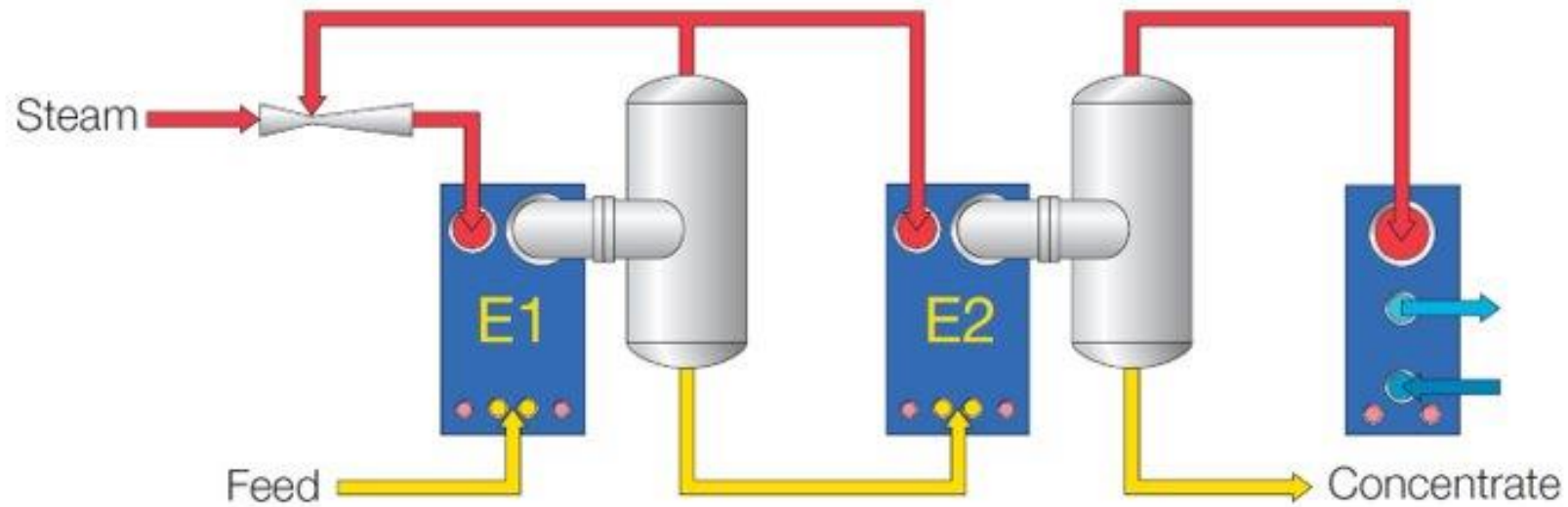
Eindampfanlagen finden sich heute in nahezu allen Industriezweigen wieder:

- Zucker, Stärke, Süßungsmittel
- Pflanzliche & tierische Proteine
- Fermentationsprodukte
- Getränkeherstellung
- Instant-Produkte
- Süßwaren
- Abwasserbehandlung



Plattenverdampfer-Anlagen

– Funktionsweise



Plattenverdampfer-Anlagen

– Energiequellen



Mehrstufig mittels
Frischdampf



Thermische
Brüdenverdichtung



Abwärme von
Trocknern



Mechanische
Brüdenverdichtung

Spezifische Energieverbräuche sehr abhängig vom Anlagenkonzept und gewählter Energiequelle

Cross-Flow Membranfiltration

– Anwendungen



Wesentliche Membranprozesse:

- Konzentrieren
- Purifikation
- Klärung
- Recycling
- Extraktion
- Abwasseraufbereitung
- Fraktionierung



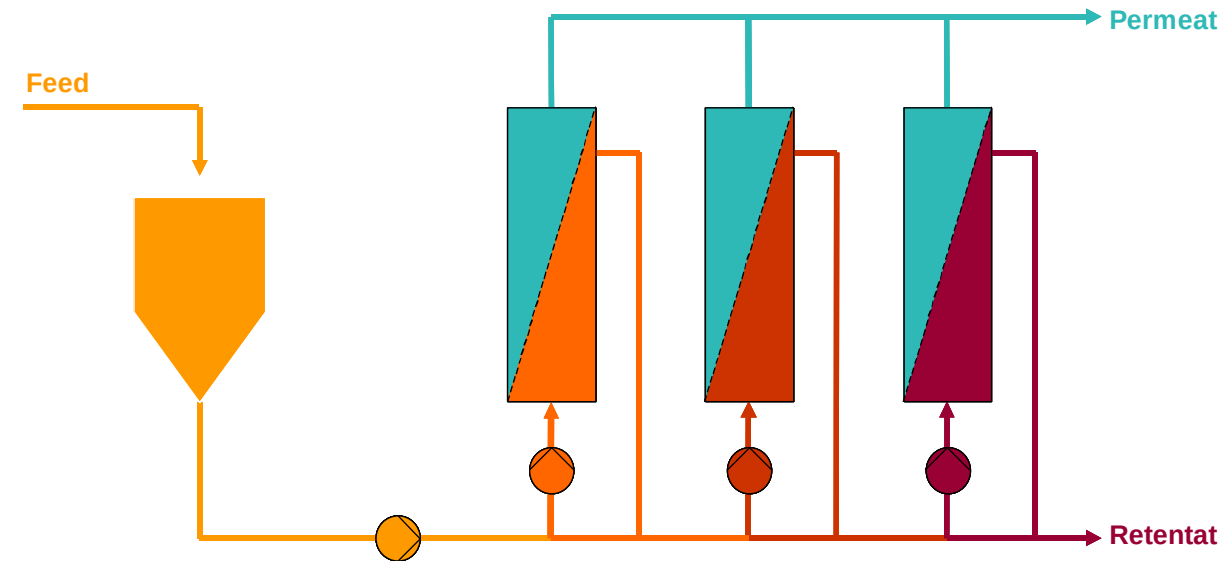
Cross-Flow Membranfiltration

– Funktionsweise



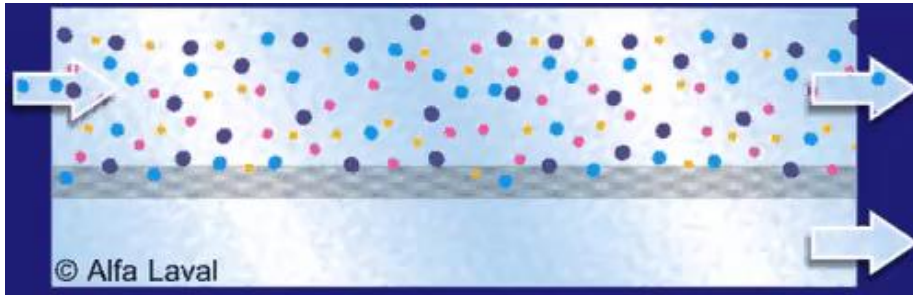
Cross-Flow Membranfiltration

- Ständige Überströmung (Querstrom) der Membran, KEINE Dead-End Filtration
- Kontinuierlicher Betrieb
- Ein oder mehrere Loops mit eigener Rezirkulation
- Möglichkeit der Diafiltration (z.B. Waschung)



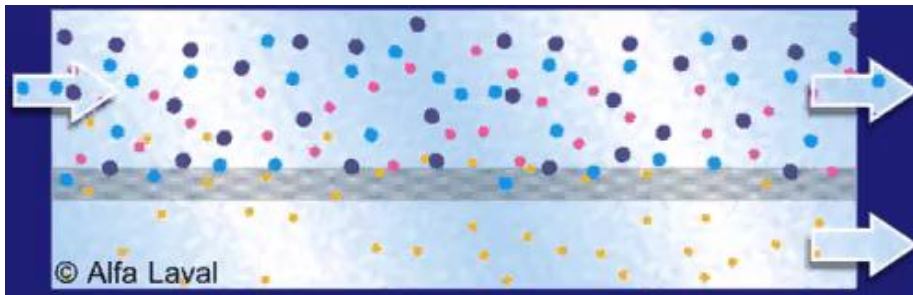
Cross-Flow Membranfiltration

– Funktionsweise



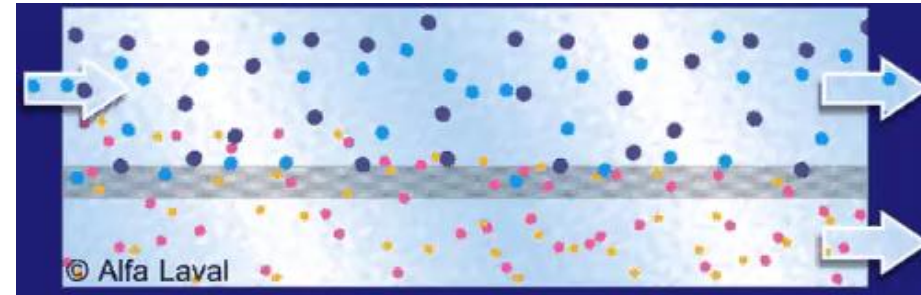
Umkehrosmose (RO)

- Nur durchlässig für Wasser
- NaCl-Rückhalt > 96-99%



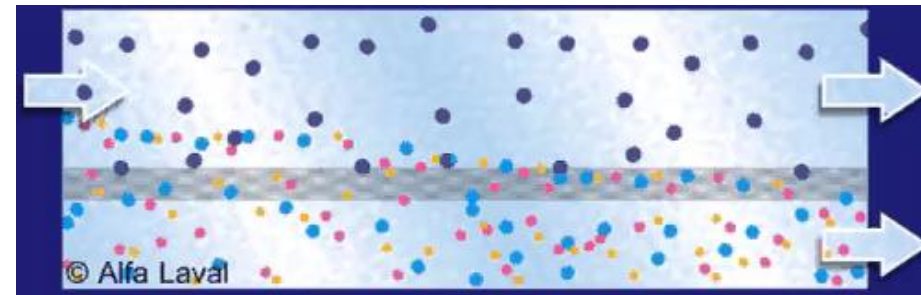
Nanofiltration (NF)

- Durchlässig für einwertige Ionen
- MgSO_4 -Rückhalt > 99%



Ultrafiltration (UF)

- Durchlässig für Salze, Zucker, organische Säuren und Peptide



Mikrofiltration (MF)

- Porengröße 0.1 – 1.5µm
- Rückhalt nur von Schwebstoffen + Bakterien

Aufgabenstellung

- Aufkonzentration von 22,5t/h Pflanzenextrakt von 9%TS auf 60%TS

Zielstellung und Herausforderungen

- Möglichst niedriger Energiebedarf
- Das Produkt reagiert sensible auf thermische Belastung
- Das Produkt neigt bei niedrigen Konzentrationen zur Schaumbildung



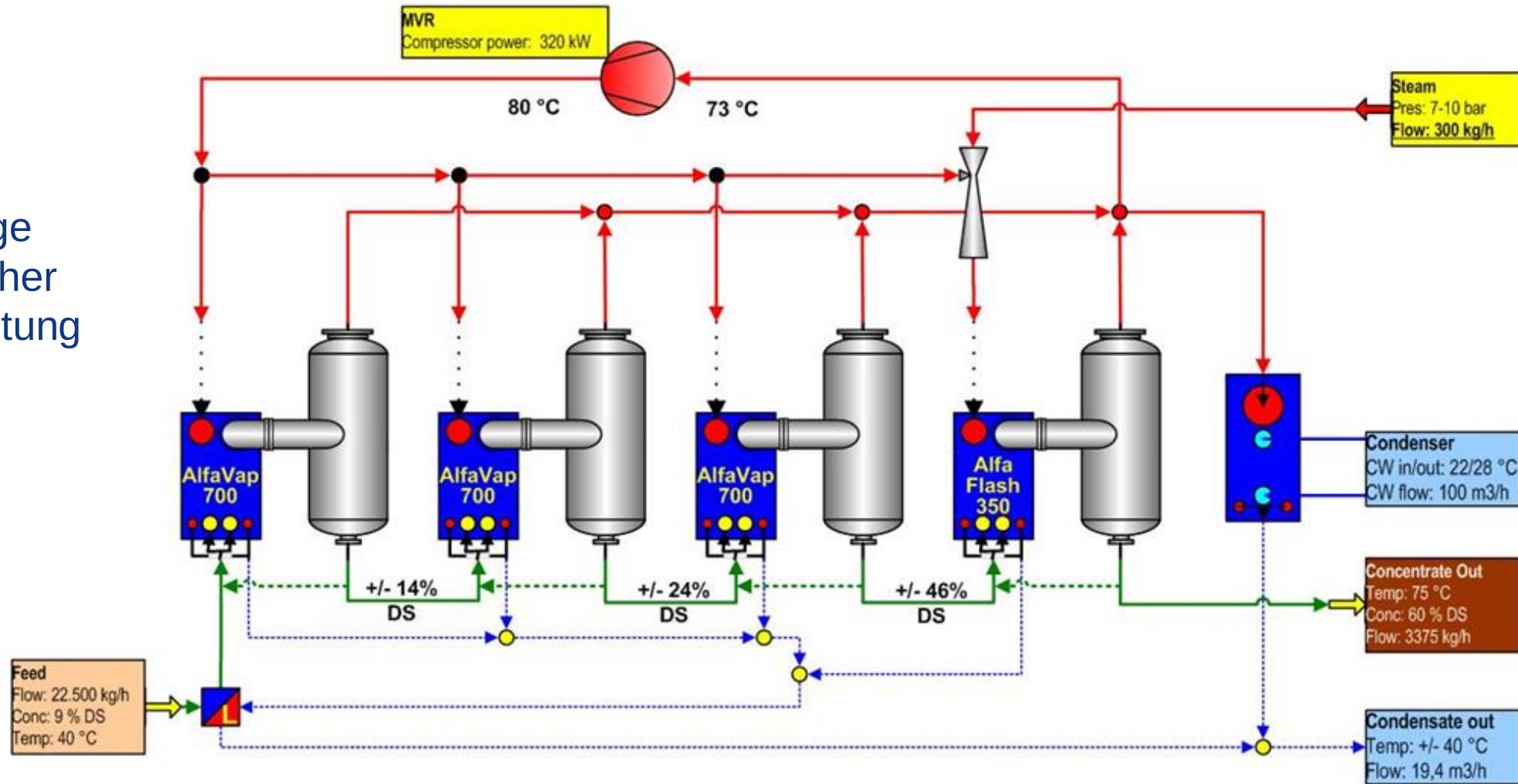
Fallstudie

– Umkehrosmose und Eindampfer als kombinierter Konzentrationsprozess



Variante 1

- 4-stufige Eindampfanlage mit mechanischer Brüdenverdichtung



Fallstudie

– Umkehrosmose und Eindampfer als kombinierter Konzentrationsprozess



Variante 1

- 1400m² Fläche
 - große Kontaktfläche kann zu thermischer Belastung des Produktes führen
- Große Zirkulationsmenge erhöht Schaumneigung in Stufe 1 bei niedrigen Konzentrationen

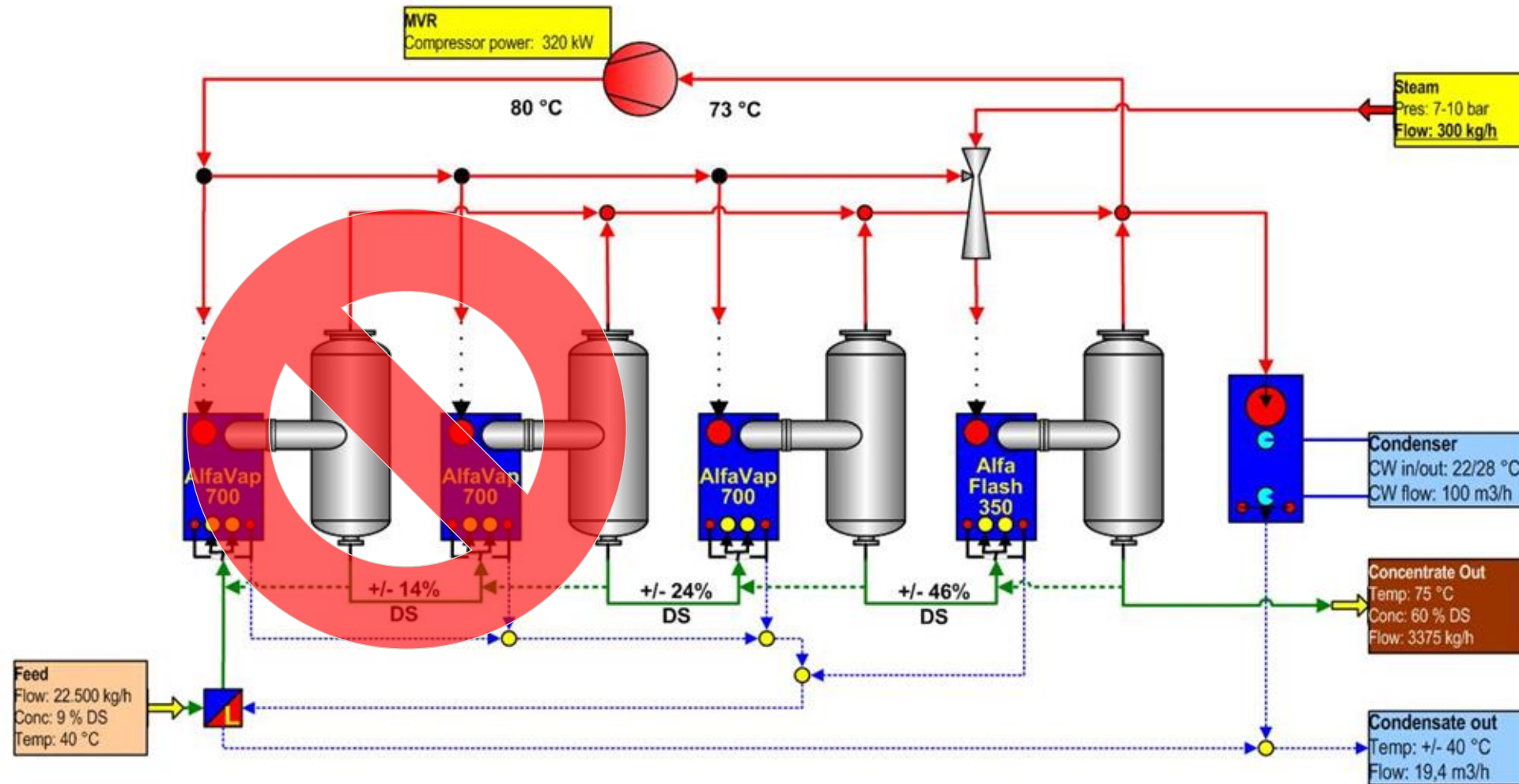
Betriebskosten bei 6.000h p.a.			
Strom	380kW	0,20 € / kWh	456.000 €
Dampf	300kg/h	35,00 € / t	63.000 €
Dichtungswechsel	alle 5 Jahre	35.000 €	7.000 €
Total			526.000 €
Je 1.000kg Konzentrat			25,00 €

Fallstudie

– Umkehrosmose und Eindampfer als kombinierter Konzentrationsprozess



Variante 2



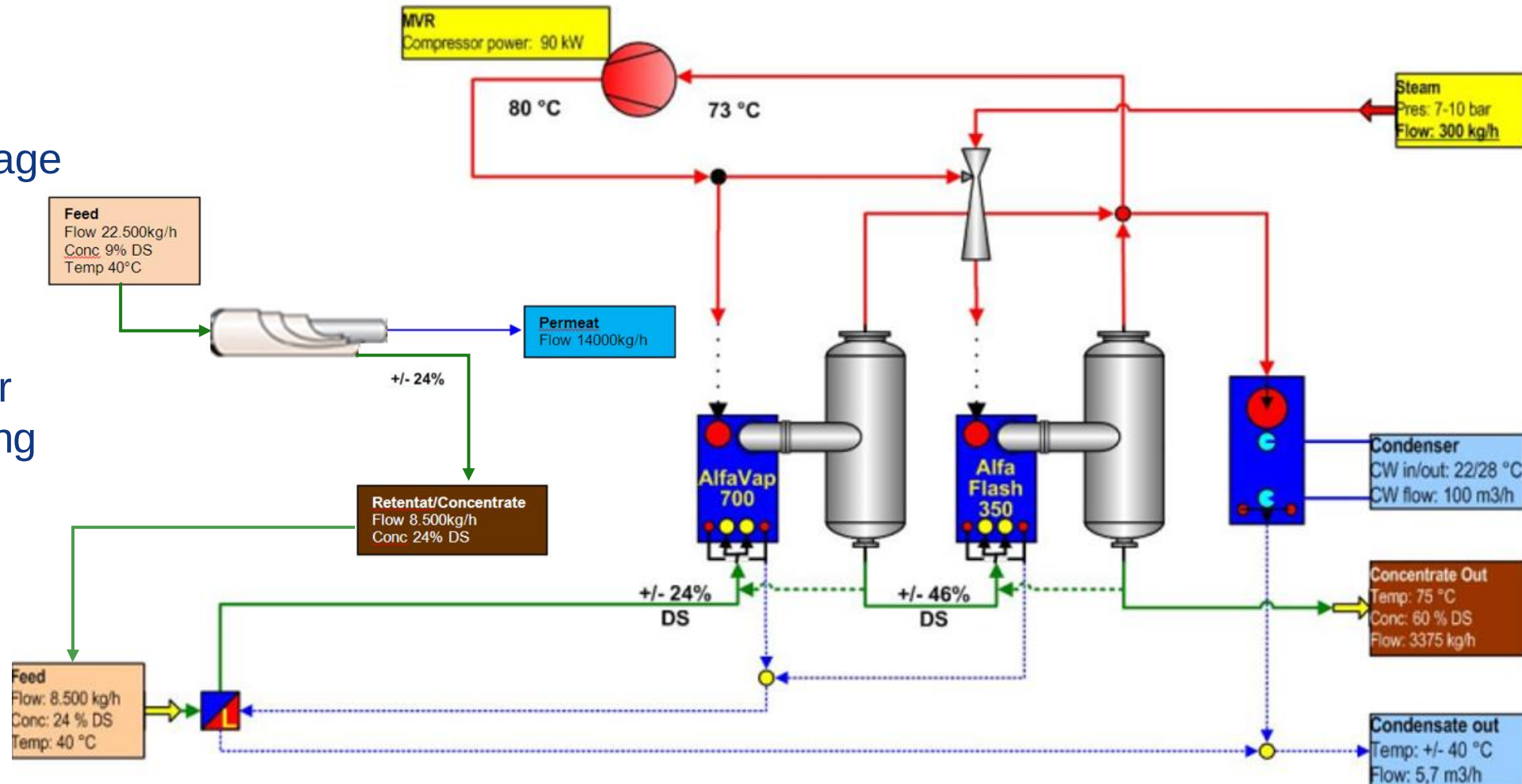
Fallstudie



– Umkehrosmose und Eindampfer als kombinierter Konzentrationsprozess

Variante 2

- 1-stufige RO-Anlage
- +
- 2-stufige Eindampfanlage mit mechanischer Brüdenverdichtung



Variante 2

Konzept:

- “Vorkonzentration” auf ca. 24%TS mittels RO
- Ersatz von Stufe 1 und 2 durch eine Umkehrosmose
- 1.100m² Fläche: (550m² Membran + 550m² Verdampfer)
 - Verringerung der Kontaktfläche um ca. 20%
 - deutliche Reduzierung der thermischen Belastung des Produktes
- keine Schaumproblem bei niedrigen Konzentrationen, da Umkehrosmose unter Druck arbeitet

Fallstudie

– Umkehrosmose und Eindampfer als kombinierter Konzentrationsprozess



Variante 2

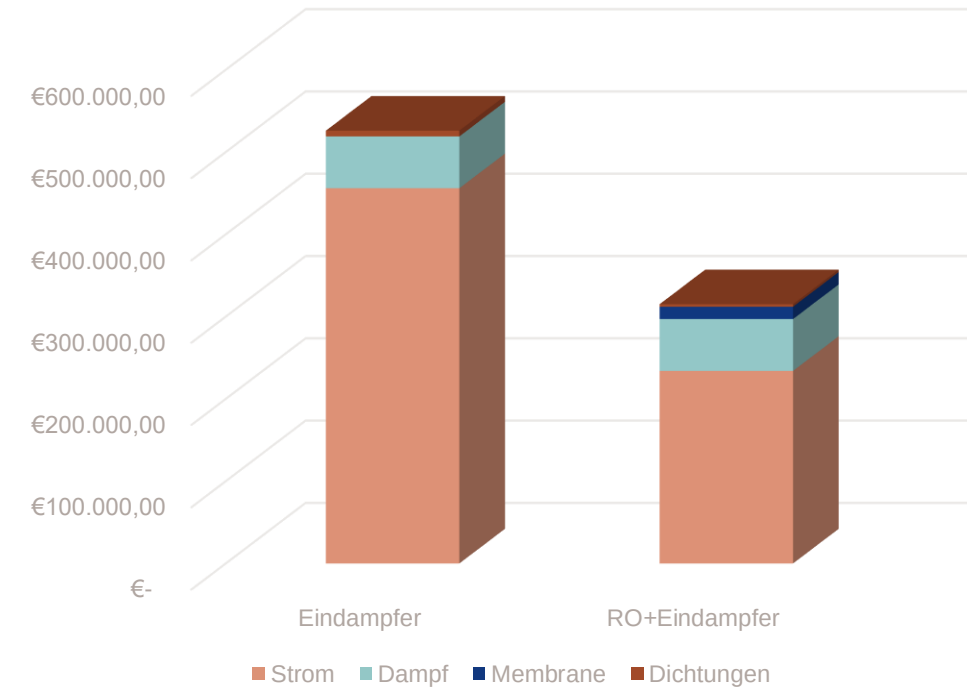
Betriebskosten bei 6.000h p.a.			
Umkehrosmose			
Strom	70kW	0,20 € / kWh	84.000 €
Membranwechsel	Alle 2 Jahre	30.000 €	15.000 €
Eindampfanlage			
Strom	125kW	0,20 € / kWh	150.000 €
Dampf	300kg/h	35,00 € / t	63.000 €
Dichtungswechsel	alle 5 Jahre	15.000 €	3.000 €
Total			315.000 €
Je 1.000kg Konzentrat			15,00 €

Kombinierter Prozess

- 50% Einsparung el. Energie
- Deutlich kleinere produktberührte Oberfläche
- Reduzierung der thermischen Belastung des Produktes
- Vermeidung von Schaumproblemen
- Einsatz zweier Anlagen und Technologien

Einsparpotential:

- 200.000 €/a
- 1,1Mio kWh
- 400t CO₂



Eindampfung + Membranfiltration

– Umkehrosmose zur Kondensataufbereitung



Problemstellung

- In vielen Anwendungsfällen hat das Kondensat der Eindampfung einen hohen CSB-Gehalt
 - Hefe / Hefewaschung / Vinasse
 - Zucker / Zuckersirup (Dextrose, Fruktose, ...)
 - Destillation, Schlempe
 - ...
- Der hohe CSB-Gehalt ist problematisch für die Einleitung in die Abwasseraufbereitung



Baker's yeast

Vinasse and wash water concentration process



Sugar beet

Thin juice concentration process



Sugar cane

Juice concentration process



Corn starch and sweeteners (corn or wheat based)

Sugar syrup concentration process (dextrose, fructose etc)



Distilleries

Thin stillage concentration process

... and many other industries!

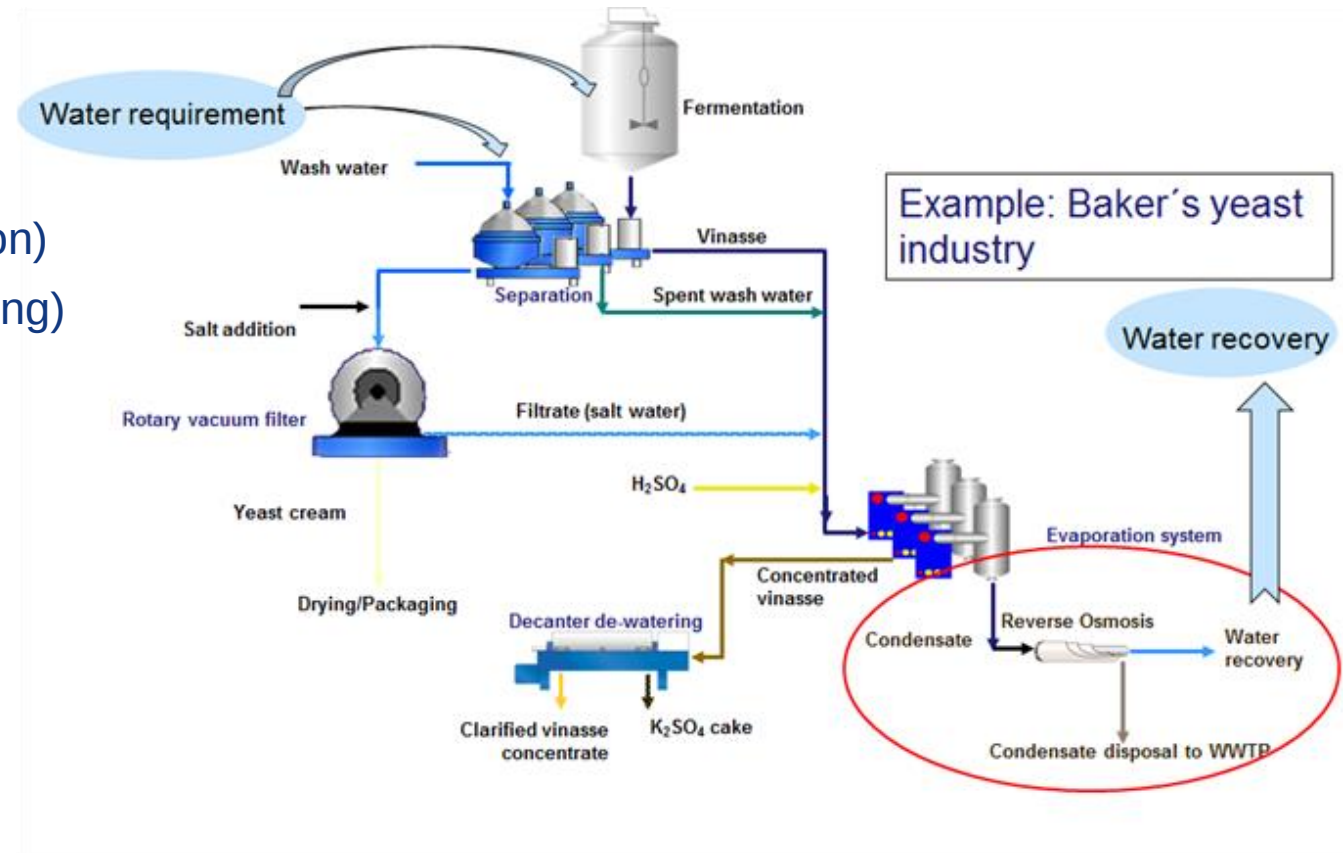
Eindampfung + Membranfiltration

– Umkehrosmose zur Kondensataufbereitung



Umkehrosmose / Nanofiltration

- Kondensataufbereitung zur
 - Rückführung in den Prozess (z.B. Fermentation)
 - Verwendung als Diafiltrationswasser (Waschung)
 - Bereitstellung als Stapelwasser für CIP
 - Rückführung als Kesselspeisewasser
- Reduzierung der Abwasserfracht
- Reduzierung des Frischwasserbedarfs



Eindampfung + Membranfiltration

– Umkehrosmose zur Kondensataufbereitung



Betriebsdaten der RO zur Kondensataufbereitung

Spez. Stromverbrauch	1.5-3 kW/m ³ of permeate
Wasser-Recycling	~ 95%
CSB / BSB Reduktion	> 90%

Ausgewählte Rückhaltwerte RO-Membran RO98pHt

Parameter	MW (Da)	Rückhalt (%)
Essigsäure	60	99
Milchsäure	90	>99
Zucker	180-340	>99
Salze	58	99

Eindampfung + Membranfiltration

– Umkehrosmose zur Kondensataufbereitung



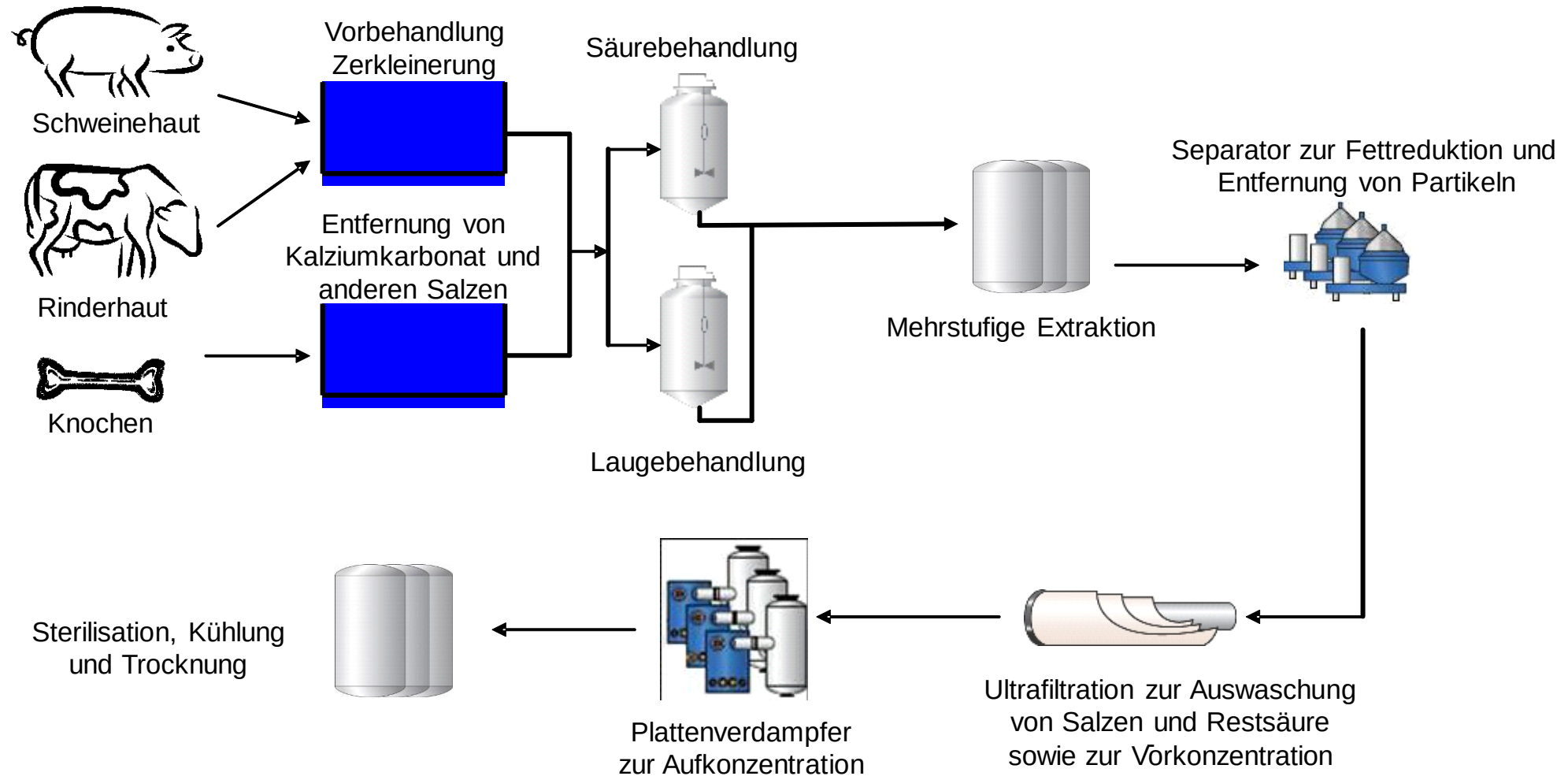
Vorteile der Kondensataufbereitung mit AL-Membranfiltration

- ~90% Kondensat-Rückgewinnung
- Reduzierung der Gesamtkosten der Wassernutzung
- Reduzierung der Abwasser- und Einleitungsgebühren
- Hohe und effiziente Schadstoffreduktion (90-95% CSB)
- Möglichkeit der Produkt- oder Aromarückgewinnung
- Niedrige Energiekosten: ca. 1,5-3 kWh/m³ Permeat



Eindampfung + Membranfiltration

- Herstellung von Gelatine



Eindampfung + Membranfiltration

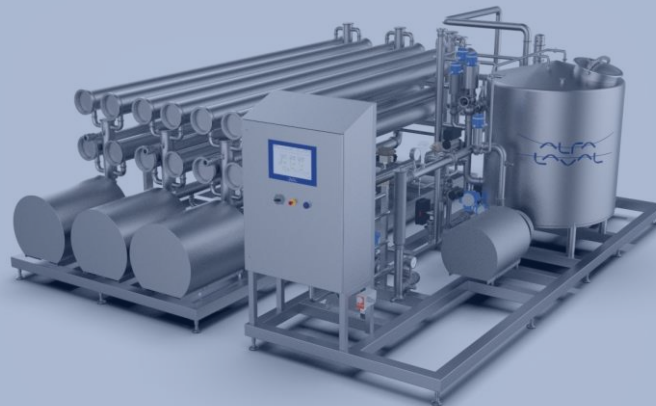
– Herstellung von Gelatine



Separation
In: 20t/h - 4%TS
Out: 20t/h - 4%TS



Ultrafiltration
In: 20t/h - 4%TS
Out: 7t/h - 12%TS



Eindampfung
In: 7t/h - 12%TS
Out: 3t/h - 30%TS



- Cut-Off Konzentration kann optimiert werden
- Geringerer Energieverbrauch in Ultrafiltration
- Erhöhung von 12% auf 14% reduziert die Eindampfleistung schon um 20%

Trocknung
In: 3t/h - 30%TS



Eindampfung + Membranfiltration

– Herstellung von Gelatine



Vorteile der Kombination von Ultrafiltration und Eindampfung

- Ultrafiltration
 - Vorkonzentration
 - Niedriger Energieverbrauch, ca. 5kW/t Permeat
 - Waschung der Gelatine
 - Entfernung von Salzen und Restsäuren
- Eindampfung
 - Aufkonzentration
 - Handling von hochviskoser Gelatine
 - Höherer Energieverbrauch, ca. 20kW/t Kondensat
- Energieoptimierung durch möglichst hohe Übergangskonzentration



Diskusison

– Möglichkeiten und Restriktionen



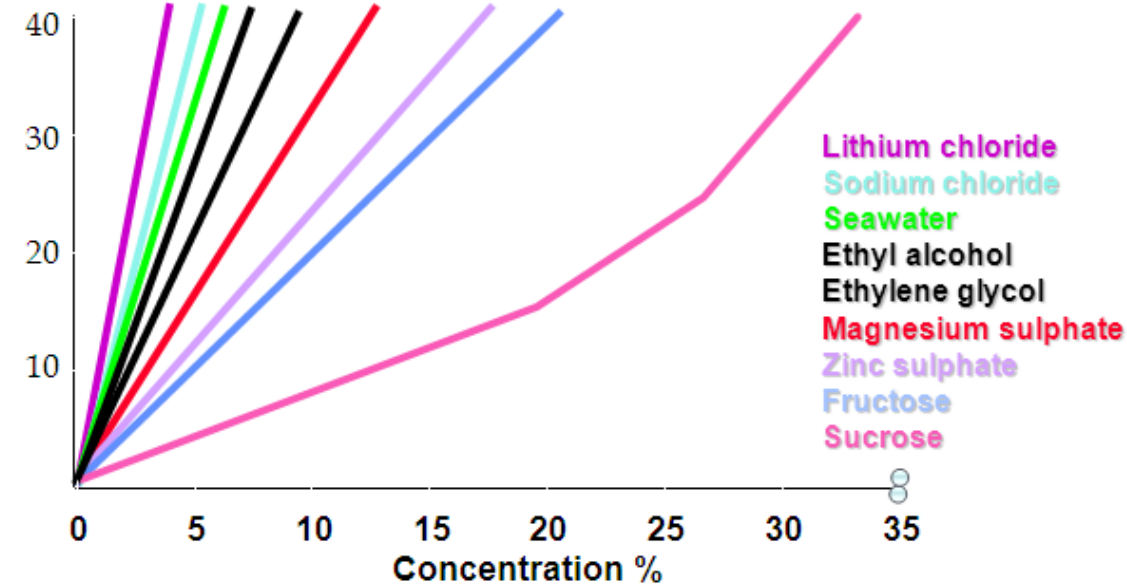
Membranfiltration:

- Überwindung osmotischer Druck
Limitierung im Anlagenbau (Druckstufe)
- Viskositäten (<50cP)
- + Niedriger Energiebedarf
- + Neben Aufkonzentration auch Waschung, Fraktionierung, etc. möglich
- + Kaum Wärmeeintrag

Eindampfung

- Höherer Energiebedarf
- Größere Bauhöhe als Membran-Anlage
- + “if you can pump it, we can evaporate it”:
Konzentration auch hochviskoser Produkte
- + Robuste und flexible Technologie

Osmotic pressure



Die Kombination von Eindampfung und Membranfiltration

- Erhöht die Anlagenkomplexität
- Bietet technologische Vorteile (Schaumbildung)
- Kann die Produktqualität verbessern (Wärmeeintrag)
- Optimiert den CO₂ Footprint durch geringeren Energieverbrauch
- Reduziert die Betriebs- und Stückkosten
- Bietet einen nachhaltigen Ansatz zur Prozessflexibilisierung oder Kapazitätserweiterung

Beide Technologien ergänzen sich gut und können in Kombination ihre jeweiligen Vorteile ausspielen





