

24. Wasserhygienetage Bad Elster

Die Wasserversorgung in der Umwelt

03.-05. Februar 2016

***Intelligente Verfahrenskombinationen zur
Vor- und Kreislaufaufbereitung in
Solewässern am Beispiel Bad Elster***

Referent:

Prof. Dr. Klaus Hagen

Grünbaumerstr. 12

95326 Kulmbach

Tel. 09221-65958

E-Mail: klaushagen.fww@t-online.de

Gliederung

- **Bohrung Rohsole**
- **Problemstellung**
- **Konzepterstellung Füllwasser**
- **Laborversuche zur Absicherung**
- **Voraufbereitung**
- **Ultrafiltration allgemein**
- **Kreislaufaufbereitung**
- **Spülabwasseraufbereitung**
- **Zusammenfassung**

Bohrung Rohsole

- Probebohrungen begannen 2008 und wurden bis 2013 fortgesetzt**
- Probenahmetiefen: von 500 – 1.100 m**
- endgültige Bohrung beendet in 01/2016**



Bild Bohrung

Fotoquelle: Sächsische Staatsbäder GmbH + Fotograf



Bild Solebrunnenhaus

Fotoquelle: Sächsische Staatsbäder GmbH + Fotograf

Problemstellung

- Leitfähigkeit $\leq 150.000 \mu\text{S}/\text{cm}$
- Ammonium $\leq 80 \text{ mg/l}$ (Soll lt. DIN 19643: 0,5 mg/l)
- Eisen $\leq 30 \text{ mg/l}$ (Soll lt. DIN 19643: 0,1 mg/l)
- Mangan $\leq 1 \text{ mg/l}$ (Soll lt. DIN 19643: 0,05 mg/l)
- Chlorid $\leq 50.000 \text{ mg/l}$
- Sulfat $\leq 85.000 \text{ mg/l}$
- Bromid $\leq 150 \text{ mg/l}$
- Hydrogenkarbonat $\leq 18.000 \text{ mg/l}$
- DOC $\leq 5 \text{ mg/l}$
- Trübung $\leq 50 \text{ FNU}$

Konzepterstellung Voraufbereitung der Rohsole zu Füllwasser

- Oxidation
- Sedimentation
- Pulveraktivkohledosierung
- Mehrschichtfilter I
- KMnO_4 -Dosierung
- Mehrschichtfilter II

Laborversuche

Es wurden insgesamt 5 Versuchsreihen mit dem auf der letzten Folie gezeigten Verfahrenskonzept zur Absicherung durchgeführt, wo unter anderem auch am Ende der Aufbereitung

- AOX**
- THM**
- gebundenes Chlor**

**bestimmt wurden;
die Rohwässer waren jeweils unterschiedlich**

Voraufbereitung

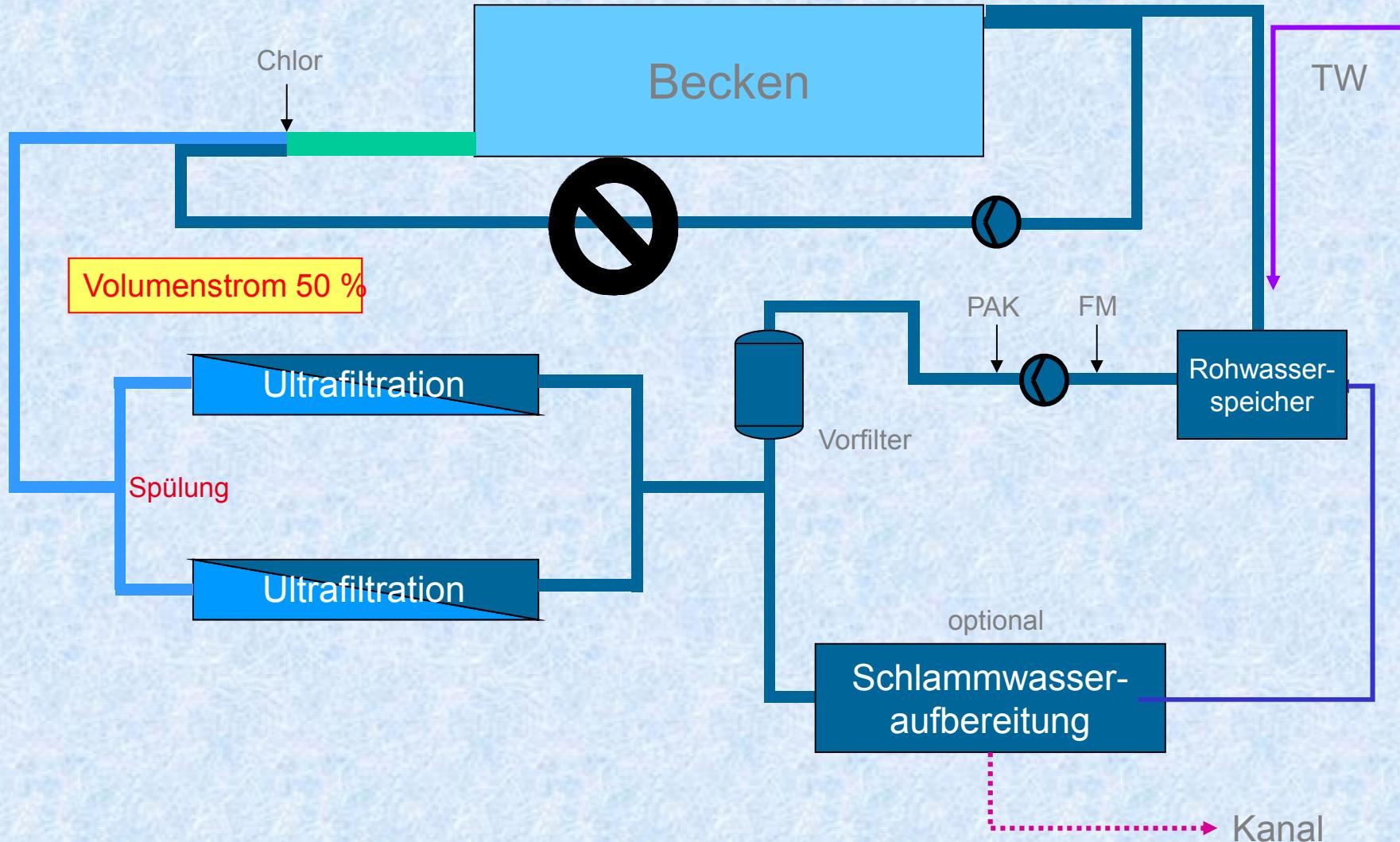
Typische Ablaufwerte

- Ammonium $\leq 0,1$ mg/l
- Eisen $\leq 0,02$ mg/l
- Mangan $\leq 0,02$ mg/l
- geb. Chlor $\leq 0,05$ mg/l
- Trübung $\leq 0,1$ FNU



**Bild Voraufbereitung
(Kompaktheit)**

Beckenwasseraufbereitung mit Ultrafiltration



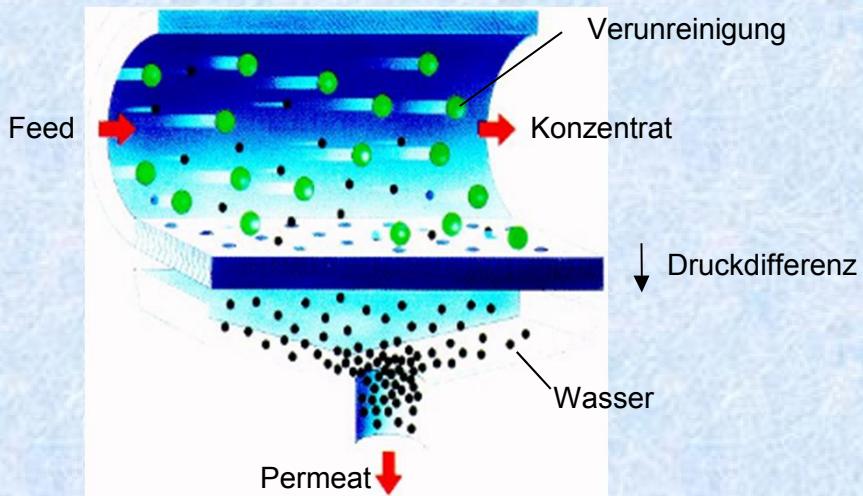
Membranverfahren

Wirkungsweise

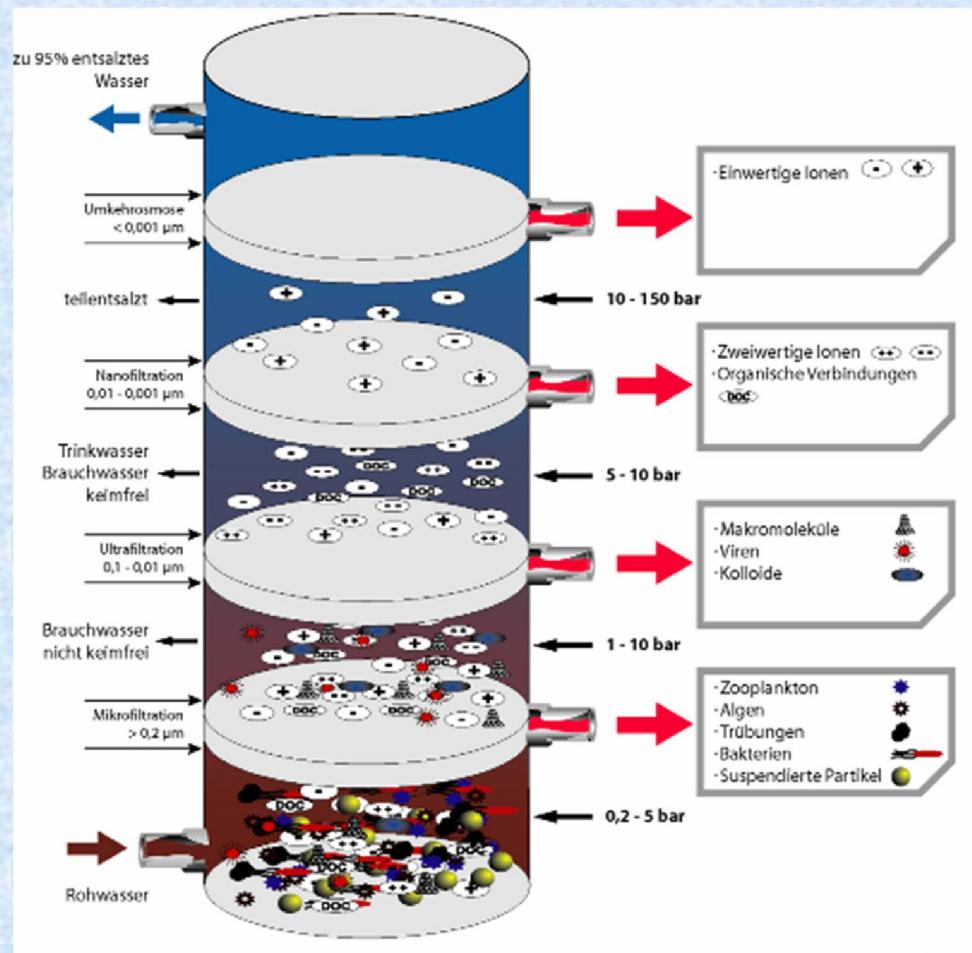
- Eine Membran stellt eine Barriere zwischen zwei flüssigen Fraktionen dar
- Die Membran ist nur für einen Teil der Inhaltsstoffe bzw. das Lösungsmittel permeabel
- Durch aufbringen einer treibenden Kraft werden Fraktionen über die Membran transportiert bis sich ein Gleichgewicht einstellt
- Im allgemeinen arbeiten die Membranverfahren mit Überströmung parallel zur Membran um abgelagerte Verunreinigungen abzutransportieren

Triebkräfte

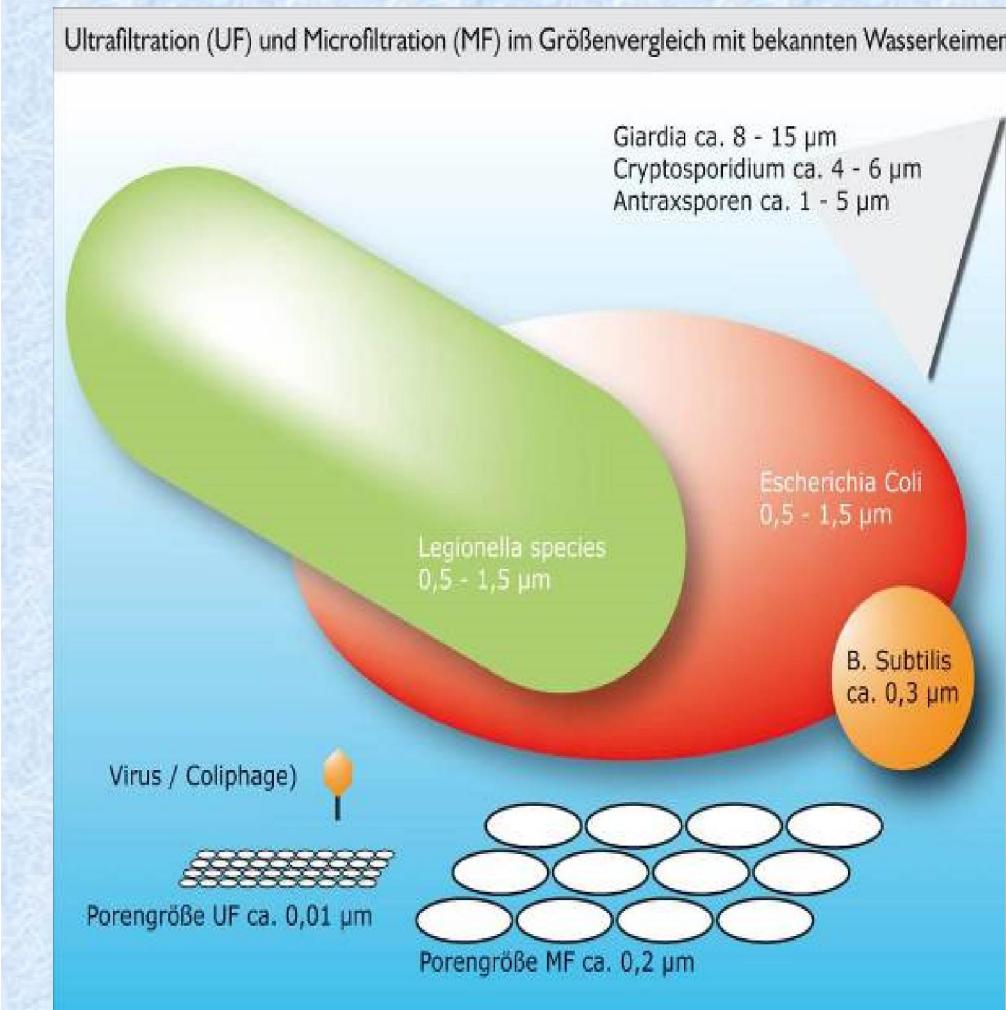
- Transmembranes Druckgefälle (MF, UF, NF, RO)
- Elektromagnetisches Feld (ED)



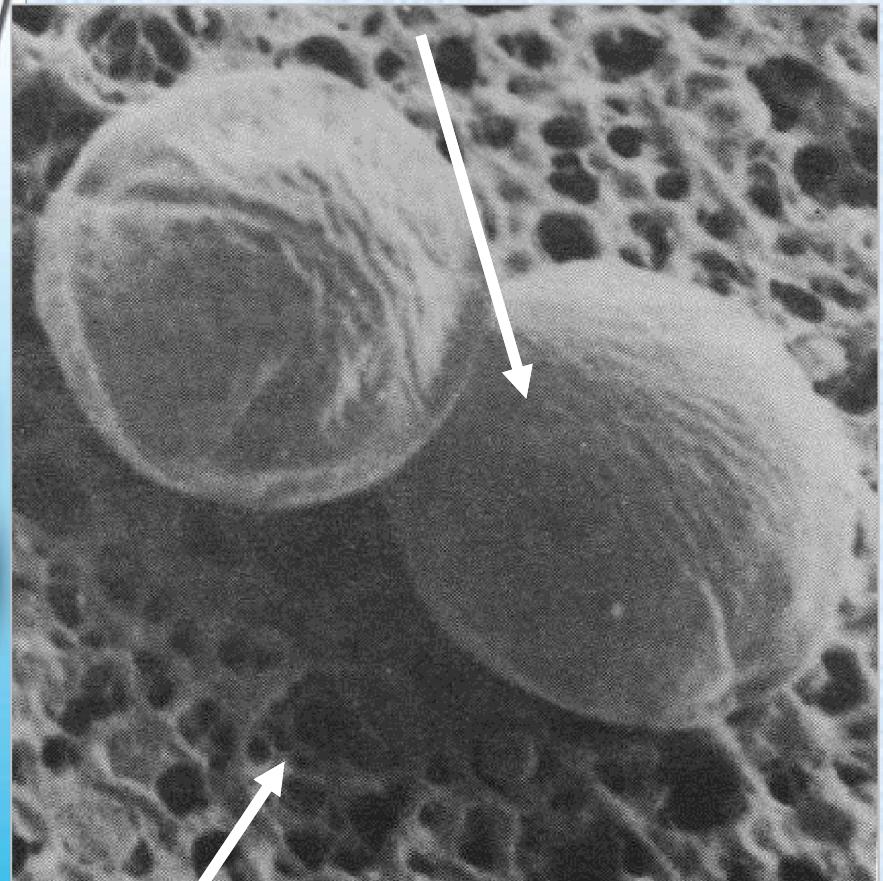
Membranverfahren und Partikelgrößen



Membranverfahren und Partikelgrößen

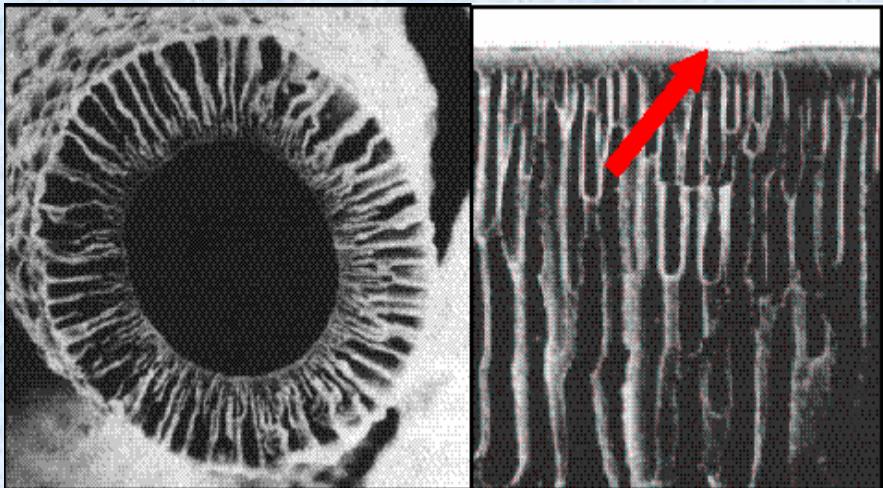


Cryptosporidium:
4 - 6 µm



Membrane Porengröße
ca. 0,01 µm

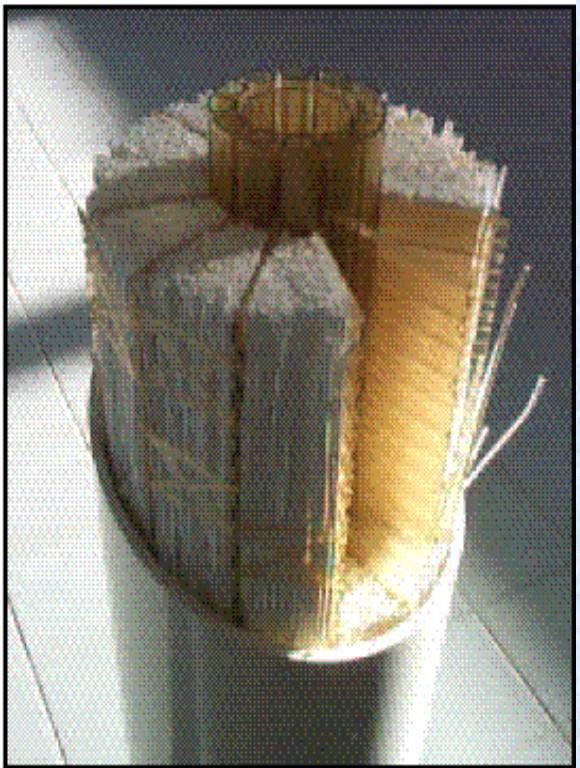
Kapillarmembran



Asymmetrische Composit-Membran

- Innen: aktive Filtrationsschicht aus PES (roter Pfeil)
- Außen: breite, poröse Stützschicht aus Kunststoff

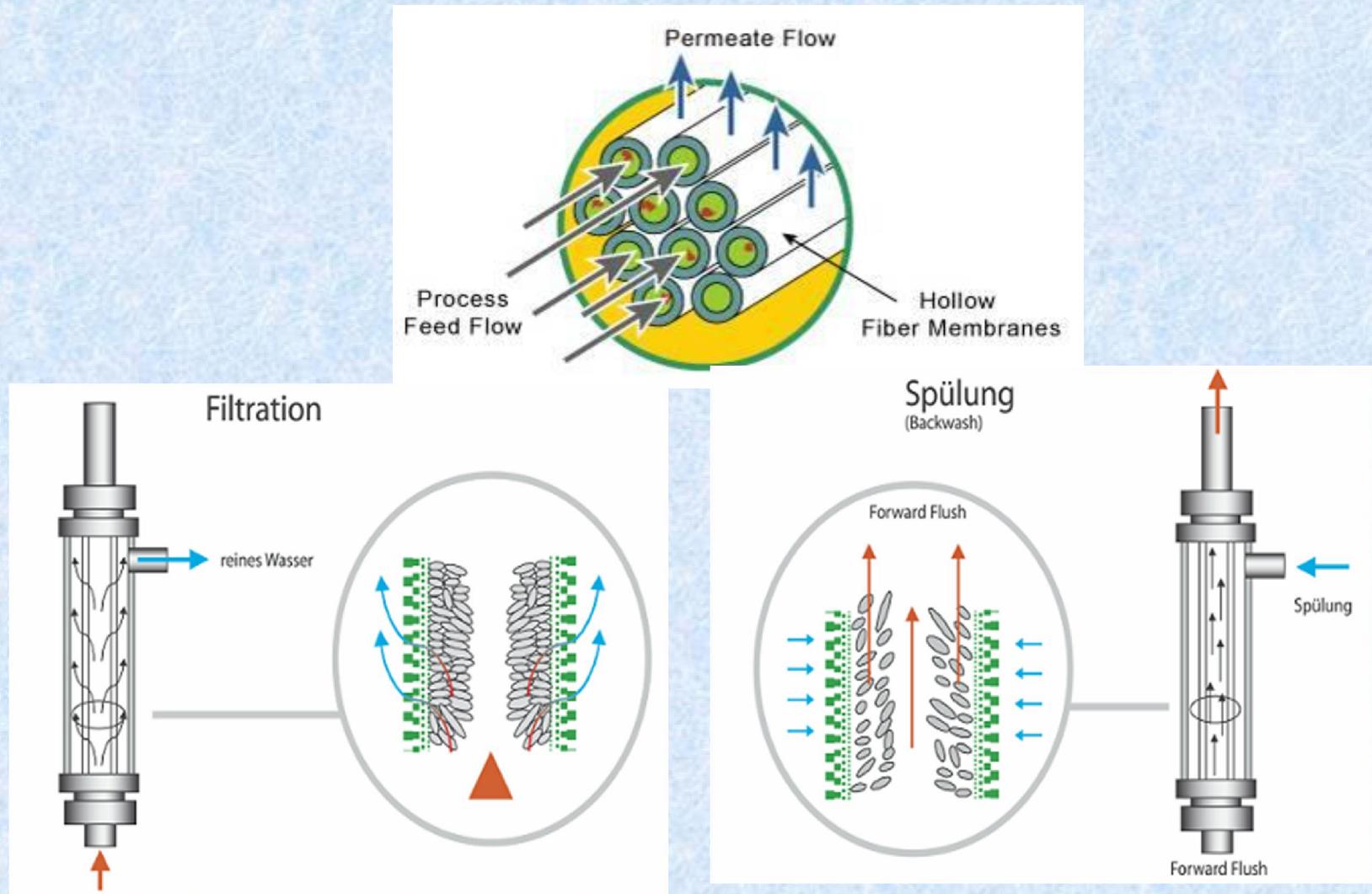
Kapillarmembran



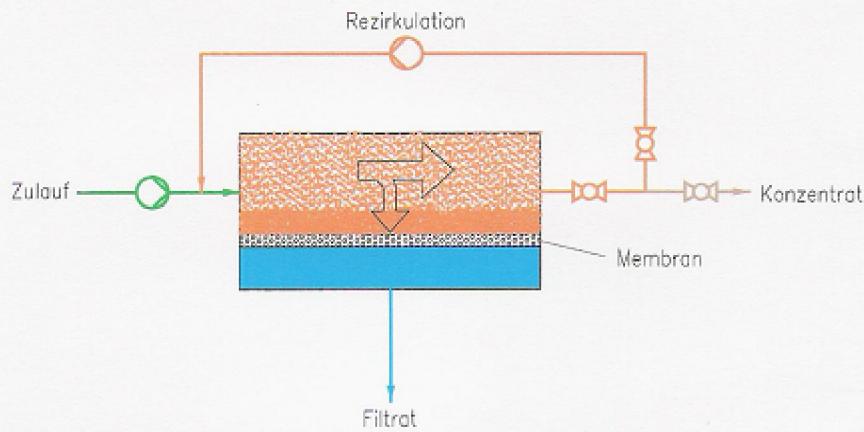
Membran-Modul

ca. 10.000 Kapillarmembranen
werden in einem Membranmodul
zusammengefasst und an den
Enden in einen Harzblock
eingegossen

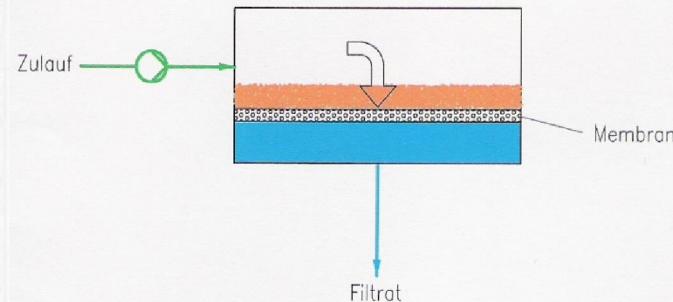
Betriebsweise Filtration und Spülung



Crossflow



Dead-End



- ✓ Ein Teilstrom wird rezirkuliert
- ✓ Hoher Energieverbrauch und apparativer Aufwand durch zusätzliche Rezirkulationspumpe

- ✓ Das gesamte Zulaufwasser wird durch die Membrane gepresst
- ✓ Geringer Energieverbrauch

Konventionelle Filtertechnik

- ✓ Min. Raumhöhe 4,0 m
- ✓ Großer Platzbedarf
- ✓ Technikraum erforderlich
- ✓ Große Einbringöffnung erforderlich
- ✓ Kein garantierter Keimrückhalt

Ultrafiltration

- ✓ Raumhöhe ca. 2,0 m
- ✓ Geringerer Platzbedarf (bis zu 50 % weniger)
- ✓ Aufstellung im Beckenumgang möglich
- ✓ Türbreite 80 cm ausreichend
- ✓ Absolut keimfreies Wasser

Konventionelle Filtertechnik

- ✓ Filterverkeimungen möglich
- ✓ Spülung außerhalb der Badezeit
- ✓ Spülwasserbevorratung (ca. $6 \text{ m}^3/\text{m}^2$)
- ✓ Großer Aufbereitungsvolumenstrom
- ✓ Große Kanalleitung oder Speicher
- ✓ Ca. 150 Partikel/ml

Ultrafiltration

- ✓ Filterverkeimung unmöglich
- ✓ Spülung während des Betriebes
- ✓ Kein Vorrat, Spülung aus laufenden Filtrat (kleiner 1 m^3)
- ✓ Nur 50 % des DIN-Volumenstroms
- ✓ Kleine Kanalleitung < DN 125
- ✓ Ca. 1 Partikel/ml im Filtrat
- ✓ Problemloser Ersatz von Altanlagen

Kreislaufaufbereitung

- generell: Einsatz der Ultrafiltration
- Hohlfasermodule ID 0,9 mm, In-Out-Betrieb
- Dead-End Betrieb
- Flux (abh. vom Beckentyp) 100 – 120 l /m²xh
- Spülflux: 300 l/m²xh
- chem. Reinigung mit Säure, Lauge, Chlorbleichlauge
in Abhängigkeit von der Notwendigkeit (üblicherweise
1x/Woche)
- übliche Filtrationszeit (abh. von Beckenbelastung) 1-3 h
- Dosierung von FeCl₃ als Flockungsmittel vor UF
- Dosierung von Pulveraktivkohle (PAK) vor UF
- erfolgreicher Betrieb seit Sept. 2015

Beschreibung der Einzelbecken

1. Salzsee

- Salzgehalt: 15 – 18 %**
- Volumen: 102 m³**
- Fläche: 127 m²**
- Umwälzvolumenstrom 44 m³/h**

- Beckenwerte**
 - Redox 750 – 800 mV**
 - pH ca. 7,5**
 - freies Chlor 0,45 mg/l**
 - geb. Chlor \leq 0,2 mg/l**
 - Trübung 0,1 – 0,2 FNU**



Bild Salzsee

Fotoquelle: Sächsische Staatsbäder GmbH + Fotograf

Beschreibung der Einzelbecken

2. Floating Pool

- Salzgehalt: 10 %**
- Volumen: 75 m³**
- Fläche: 68 m²**
- Umwälzvolumenstrom: 32 m³/h**

- Beckenwerte**
 - Redox 800 mV**
 - pH ca. 7,5**
 - freies Chlor 0,45 mg/l**
 - geb. Chlor ≤ 0,2 mg/l**
 - Trübung 0,1 – 0,2 FNU**



Bild Floating Pool

Bildquelle: Sächsische Staatsbäder GmbH + Fotograf

Beschreibung der Einzelbecken

3. Wohlfühlbecken

- Salzgehalt: 6 %**
- Volumen: 230 m³**
- Fläche: 170 m²**
- Umwälzvolumenstrom: 72 m³/h**

- Beckenwerte**
 - Redox 800 mV**
 - pH ca. 7,5**
 - freies Chlor 0,45 mg/l**
 - geb. Chlor ≤ 0,2 mg/l**
 - Trübung 0,1 – 0,2 FNU**



Bild Wohlfühlbecken

Bildquelle: Sächsische Staatsbäder GmbH + Fotograf



Bild Außenansicht

Bildquelle: Sächsische Staatsbäder GmbH + Fotograf

Mikrobiologie

Generell waren die mikrobiologischen Parameter

- im Ablauf UF
- in allen Becken

zu jeder Zeit in Ordnung

Transmembrane Drücke

Diese liegen ca. bei 0,2 – 0,3 bar

Permeabilität

ca. 300 l/m²x h xbar

Spülabwasseraufbereitung

Zur Einsparung von Frischsole (es stehen pro Tag nach jeweiliger Verdünnung ca. 10 m³ zur Verfügung bei durchschnittlich 300 – 400 Besuchern/d) werden die Spülabwässer der 1. UF-Stufe in einer 2. UF-Stufe aufbereitet und zur Spülung der 1. UF-Stufe verwendet;

Modultyp:

**Hohlfasermodul, ID 1,5 mm, In-Out-Betrieb,
Dead-End-Betrieb**



Bild: UF Kreisläufe

Zusammenfassung

Die Rohsole in Bad Elster enthält als Problemstoffe vor allem Ammonium, Eisen sowie Bromid.

Deshalb wurde eine mehrstufige Voraufbereitung mit den Hauptschritten

- Oxidation
- Sedimentation
- 2-stufige Mehrschichtfiltration gewählt.

Die Kreislaufaufbereitung für die verschiedenen Becken wird ausschließlich mit Ultrafiltration durchgeführt. Es handelt sich um Hohlfasermodule (In-Out-Betrieb) mit einem Innendurchmesser von 0,9 mm, die im Dead-End-Modus betrieben werden und einwandfreie Werte in mikrobiologischer und chemisch-physikalischer Hinsicht erzielen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Referent:
Prof. Dr. Klaus Hagen
Grünbaumerstr. 12
95326 Kulmbach
Tel. 09221 - 65958
E-Mail: klaushagen.fww@t-online.de