











## **Grundlagen der Tiefenfiltration**


### **Schulungsunterlagen / Präsentation zur Geschichte, Theorie, Herstellung, Charakterisierung und Anwendung der Tiefenfiltration**

**Erstellt im Auftrag der Europäischen Fachvereinigung Tiefenfiltration e.V. durch**  
Dr. Maximilian Freund, Wiss. Mitarbeiter am Institut für Oenologie der Hochschule Geisenheim / D  
Dr. Jürgen Ebert, Dozent am Institut für Chemie und Biotechnologie der Zürcher Hochschule für  
Angewandte Wissenschaften Wädenswil / CH



# Inhaltsverzeichnis

- Vorwort
- Geschichte der Filtration  7
- Grundlagen der Filtration  15
  - Definition  15
  - Abscheidemechanismen  18
  - Filtrationsprozess  26
- Tiefenfiltration  27
  - Charakteristische Eigenschaften  27
  - Filtermaterialien und deren Eigenschaften  29
  - Herstellung von Tiefenfilterschichten  35
  - Einsatzkriterien und rechtliche Rahmenbedingungen  44

 Maus-Klick auf den Pfeil springt zur entsprechenden Seite



Maus-Klick auf das EFT e.V.-Logo springt zurück ins Inhaltsverzeichnis

# Inhaltsverzeichnis

• Charakterisierung von Tiefenfilterschichten	➔	51
• Filtrationskorridore	➔	51
• Dicke, Flächengewicht	➔	56
• Trockengehalt, Glührückstand	➔	56
• Wasserwert, Permeabilität	➔	57
• Bakterienrückhalterate	➔	62
• Oberflächenladung, Farbstoffadsorption, Zetapotential	➔	65
• Chemische Beständigkeit	➔	70
• Einsatzgebiete / Anwendung	➔	72
• Filtrationssysteme / Bauformen	➔	83
• Entsorgung von Tiefenfilterschichten	➔	106
• Weiterführende Literatur	➔	107
• Quellennachweis	➔	108
• Danksagung	➔	110

# Vorwort



- Die **Europäische Fachvereinigung Tiefenfiltration (EFT) e.V.** mit Sitz in Bad Kreuznach D, (VR 1616)
  - fördert die gemeinsamen Interessen Ihrer Mitglieder
  - trägt durch übergeordnete Aktivitäten zum nachhaltigen Nutzen der Anwender von Tiefenfiltern bei
  - legt anwendungsgerechte Regeln, Reinheitsdefinitionen und sonstige Spezifikationen von Tiefenfiltern fest, mit dem Ziel ihrer Integration in die relevanten nationalen und internationalen Empfehlungen, Verordnungen und Gesetze
  - arbeitet bei Angelegenheiten mit, bei denen ein gemeinsames Vorgehen effektiver und ökonomischer ist, bspw. die Vertretung gemeinsamer Interessen der Mitglieder gegenüber Behörden, gesetzgebenden Körperschaften im nationalen und internationalen Bereich, insbesondere auch bei Anhörungsverfahren
  - repräsentiert die gemeinsamen Interessen der Mitglieder in der Öffentlichkeit, bei Behörden und Verbänden

(Quelle: Auszug aus der Satzung des EFT e.V. - Stand 07.04.2012)

# Vorwort



- Die **Europäische Fachvereinigung Tiefenfiltration (EFT) e.V.** mit Sitz in Bad Kreuznach D, (VR 1616)
  - ist in ihren Entschlüssen frei und an keine Weisungen gebunden
  - darf sich wirtschaftlich nicht betätigen und auch keine Aufgaben eines Kartells übernehmen
  - verfolgt keine politischen Ziele
  
  - erarbeitet allgemein anerkannte Untersuchungsmethoden „EFT – Analysevorschriften“
  - setzt REACH in der Filtrationsindustrie um
  - legt die Haltbarkeit von Filtermitteln fest
  - führte Untersuchungen im Rahmen der Asbest- und Kieselgur-diskussion durch
  - verabschiedet Deklarationsstandards und Kennzeichnungspflichten

(Quelle: Präsentation des EFT e.V. - Stand 01.05.2013)

# Vorwort



- Die **Europäische Fachvereinigung Tiefenfiltration (EFT) e.V.** wird durch einen wissenschaftlichen Beirat bestehend aus Vertretern von verschiedenen internationalen Hochschulen, welche durch ihre Leistungen und Kompetenzen Bezug zur Tiefenfiltration haben, unterstützt.
- Im Sinne des Vereinszweckes „Öffentlichkeitsarbeit“ und „Förderung der Anwendung von Tiefenfiltern“ wurde die nun vorliegende Präsentation „Grundlagen der Tiefenfiltration“ durch die Mitglieder des EFT e.V. in Zusammenarbeit mit dem wissenschaftlichen Beirat erstellt.

Diese Unterlagen dürfen teilweise oder ganz mit entsprechendem Quellenhinweis zu Schulungszwecken in Papierform und elektronischer Form vervielfältigt und weiterverteilt werden.

Wir würden uns freuen, wenn diese Schulungsunterlagen rege genutzt werden und zu einem tieferen Verständnis und einer effizienteren Anwendung der Tiefenfiltration beitragen.

Reiner Gaub

Dr. Cristian Rusch

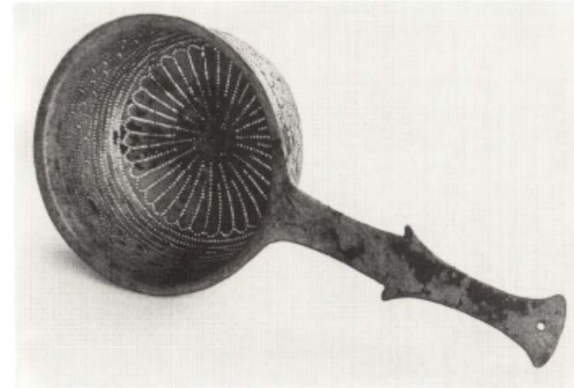
Bad Kreuznach, den 25.01.2017

Vorsitzender des EFT e.V. Stellv. Vorsitzender des EFT e.V.

# Geschichte der Filtration



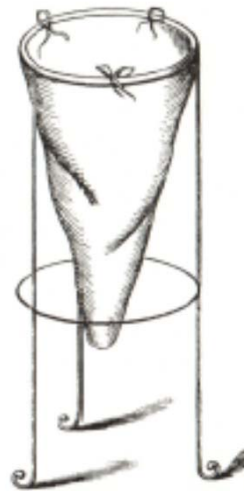
Tuchsieb, ägyptische Zubereitung gekochten Mostes



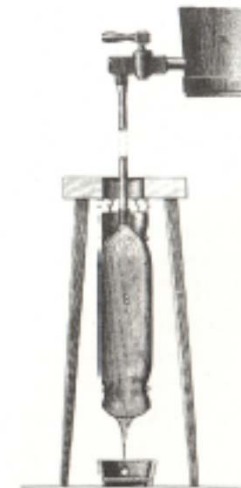
Römisches Weinsieb (*colum*)



Sackfilter um 1505



Spitzbeutel um 1900



Sackfilter zum Abtrennen von Hefe um 1900

Troost, 1986

# Geschichte der Filtration

- in der Antike Tuch- und Sackfilter bei Ägyptern, Griechen und Arabern
- 350 v. Chr. Aristoteles rät das Meeressalzwasser durch Filtration in porösen Tonkrügen in Süßwasser zu verwandeln
- Römer benutzten neben Sackfiltern (*saccus vinarius*) auch Siebe mit Sand, Reisig, Wolle, Papier als Filterhilfsmittel
- 77 n. Chr.: Plinius empfahl die Filtration von Trinkwasser über Wolle
- 1720: Die ersten Asbest-Filterpapiere wurden hergestellt.
- Bis zum 19. Jahrhundert gab es keine weitreichende Weiterentwicklung von Tuch- und Sackfiltern; Klärung wurde durch Klärschönungen und mehrmaliges Abstechen verbessert
- 1828: Inbetriebnahme des ersten Industriefilters in England
- 1847: erste Anschwemmfiltration in Deutschland
- 1855: Entwicklung der ersten synthetischen Membran aus Nitrocellulose durch Fick

Troost, 1986; Kretz, 2007

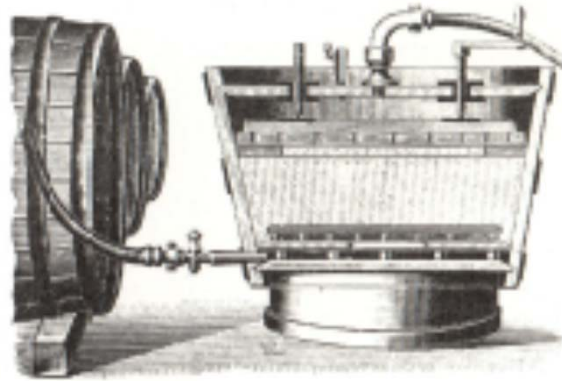
# Geschichte der Filtration

- 1891: Asbest erweist sich wegen der hohen Adsorptionskraft als geeignetes Filtermittel. Holländer-Filter mit Asbest-Cellulose-Gemischen
- 1914: erste Sterilfiltration in Deutschland durch Herrn Seitz
- 1916 erfand Richard Zsigmondy gemeinsam mit Wilhelm Bachmann den Membranfilter und Ultrafeinfilter. Sie dienen als Basis für die industrielle Fertigung der Sartorius Separations- und Filtertechnik
- 1916: Filterschichten aus Asbest Cellulose Gemischen durch Firma Geo & Theobald Seitz in Bad Kreuznach
- 1963: Loeb und Sourirajan stellen für die Entsalzung von Meerwasser die erste asymmetrische Umkehrosomemembran aus Celluloseacetat her. Diese Membranen sind jedoch mechanisch, chemisch sowie thermisch wenig resistent.
- 1977: Präsentation der ersten asbestfreien Filterschicht an der Interbrau. Ersatz von Asbest durch Kieselgur, Perlite und andere an-/ organische Filterhilfsmittel
- 1985: Alle Hersteller schwenken auf komplett asbestfreie Schichten um
- 1989/90: Offizielles Asbestverbot wegen der bekannten Auswirkungen auf die Gesundheit.

# Geschichte der Filtration



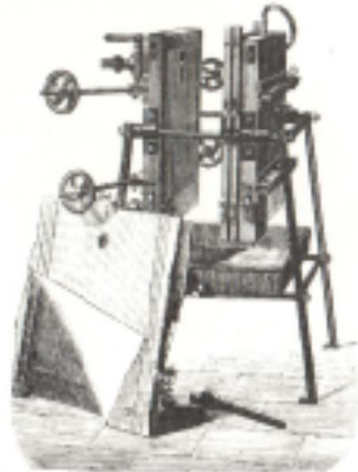
Holländer-Sackfilter um 1870



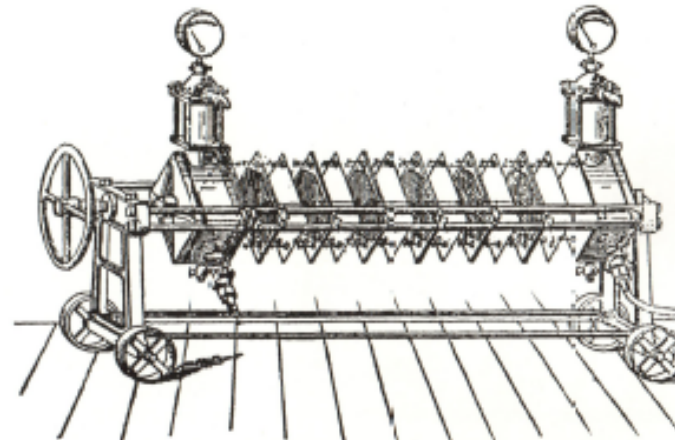
Cellulosefilter um 1860



Massenfilter (Cellulose) um 1900



Tuchfilter um 1890



Patent-Universal-Schnellfilter – Filterschichten aus Papier 1888

Troost, 1986

# Geschichte der Filtration



Fig. 269: Filter, System „Holland“



Fig. 270: Filterbeutel



Fig. 271: Filterkohle

Berdelle-Hilge, 1987

# Geschichte der Filtration

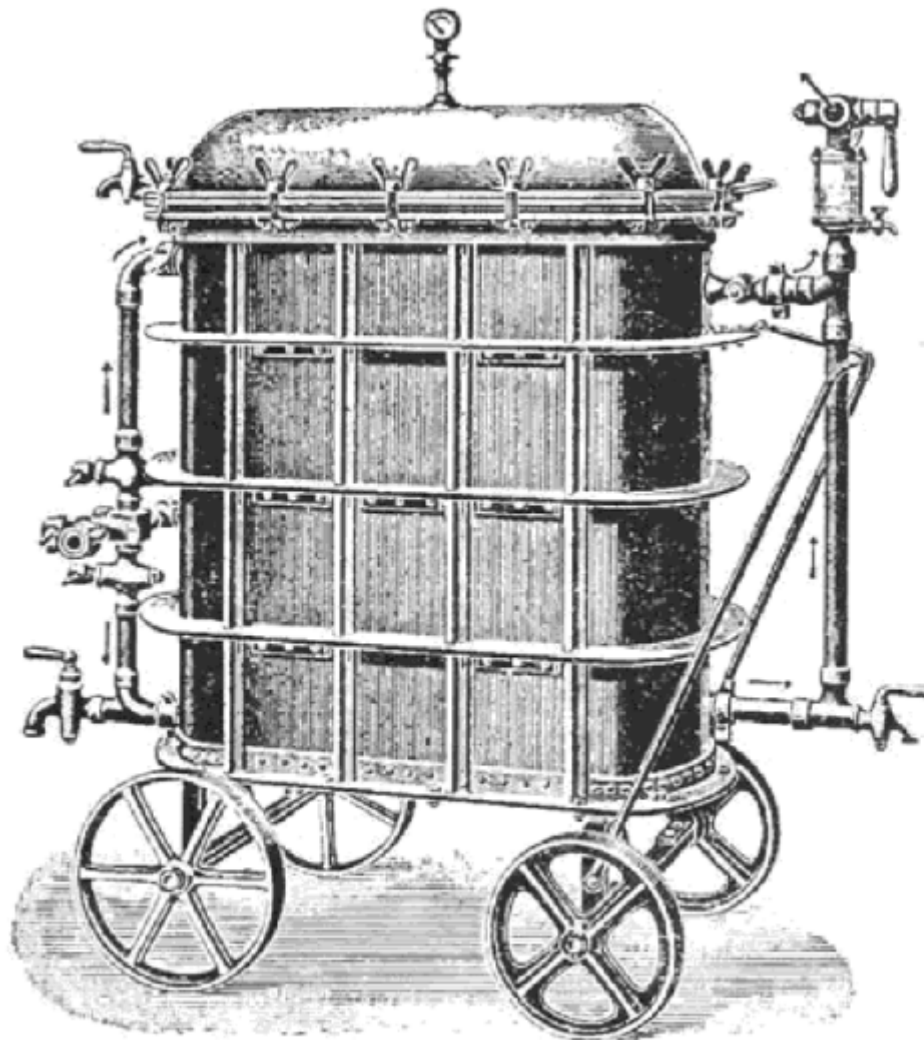


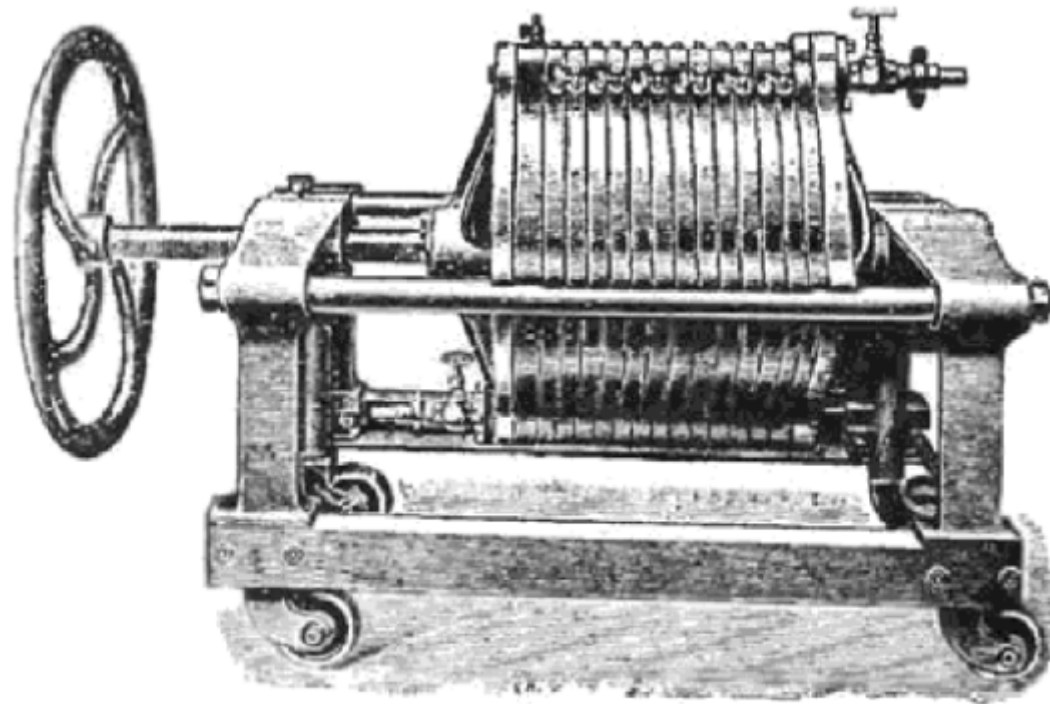
Fig. 280: Asbest-Rahmenfilter



Fig. 281: Asbest

Berdelle-Hilge, 1987

# Geschichte der Filtration



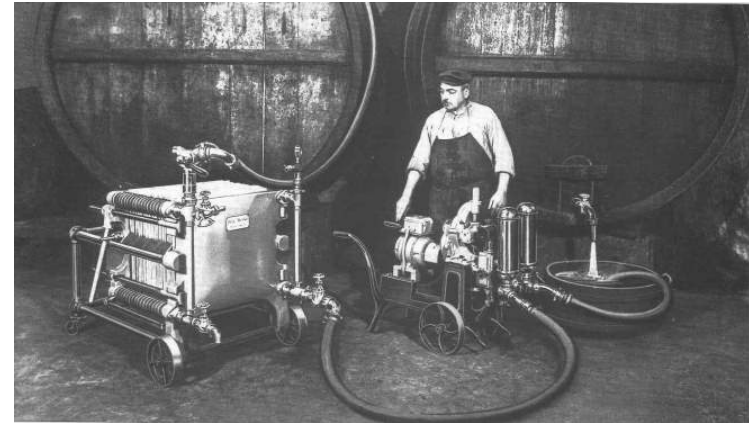
**Fig. 284: Entkeimungsfilter**

Berdelle-Hilge, 1987

# Geschichte der Filtration



Filterpresse von 1896



Schichtenfilter von 1935



Schichtenfilter mit CIP

Filtrox, 2007; Seitz o.J.

# Definitionen

**Filtration:** Mechanisches Trennverfahren von dispergierten Feststoffen aus Suspensionen bzw. von Stäuben oder Aerosolen aus Gasen.  
**(lat. „filtrum“ = Filz)** Merkmal der Filtration ist die Verwendung eines porösen Filtermediums mit definierten Porengrößen.  
Bei der Mikrofiltration liegen diese zwischen ca. 0.1 und 10 Mikrometern (mit flexiblen Grenzen).

**Tiefenfiltration:** Abtrennung von Partikeln und Mikroorganismen im inneren Porengefüge eines Filtermediums

**Oberflächenfiltration:** Abtrennung von Partikeln und Mikroorganismen an der Oberfläche des Filtermediums aufgrund ihrer Größe

**Kuchenfiltration:** abgeschiedene Partikel bzw. zudosierte Filterhilfsmittel lagern sich auf der Oberfläche des Filterelements ab und bilden einen Filterkuchen; dieser Kuchen besitzt eine Filterwirkung, erhöht gleichzeitig den Durchflusswiderstand

**Anschwemmfiltration:** Kuchenfiltration mit Hilfe von Filterhilfsmitteln

**Klärfiltration:** Gewinnung des Filtrats aus der Trübe

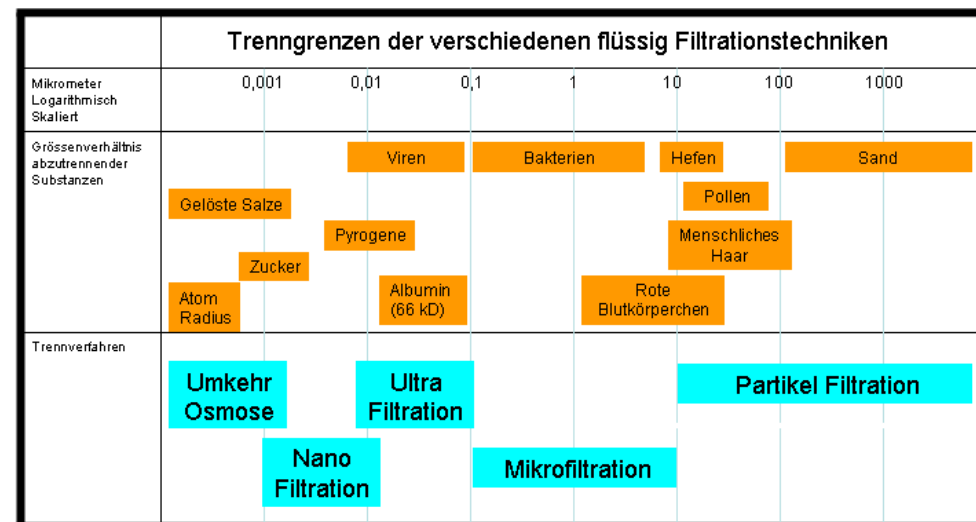
**Rückstandsfiltration:** Gewinnung des Feststoffs aus der Trübe

**Scheidefiltration:** Gewinnung des Filtrats und des Feststoffs aus der Trübe

# Definitionen

**Filterpresse:** Filterpressen sind diskontinuierlich arbeitende Druckfilter zur Fest-Flüssig-Trennung von Suspensionen.  
Rahmenfilterpresse, Kammerfilterpresse, Membranfilterpresse und Schichtenfilter unterscheiden sich in der Gestaltung der Filterplatten und verwendeten Filtermedien, nicht aber im Filtrationsprinzip.

**Filtrationsbereiche:** Partikelfiltration  
Mikrofiltration  
Ultrafiltration  
Nanofiltration  
Umkehrosmose



**Filtrationskorridore bei Tiefenfiltern: (Mikrofiltration)** Grobfiltration  
Klärfiltration  
Feinfiltration  
Keimreduzierende Filtration  
Entkeimende (Steril-) Filtration

# Definitionen

**Entkeimende (Steril-) Filtration:** Im Zusammenhang mit Tiefenfiltern versteht man unter dem Begriff der Sterilfiltration eine Behandlung durch Filtration mit dem Ziel ein Endprodukt zu erhalten, das frei von Kontaminationen ist, welche den Konsumenten eventuell schädigen können. Sterilfiltration im Kontext von Tiefenfiltermaterialien bedeutet nicht „frei von allen Mikroorganismen und Viren“

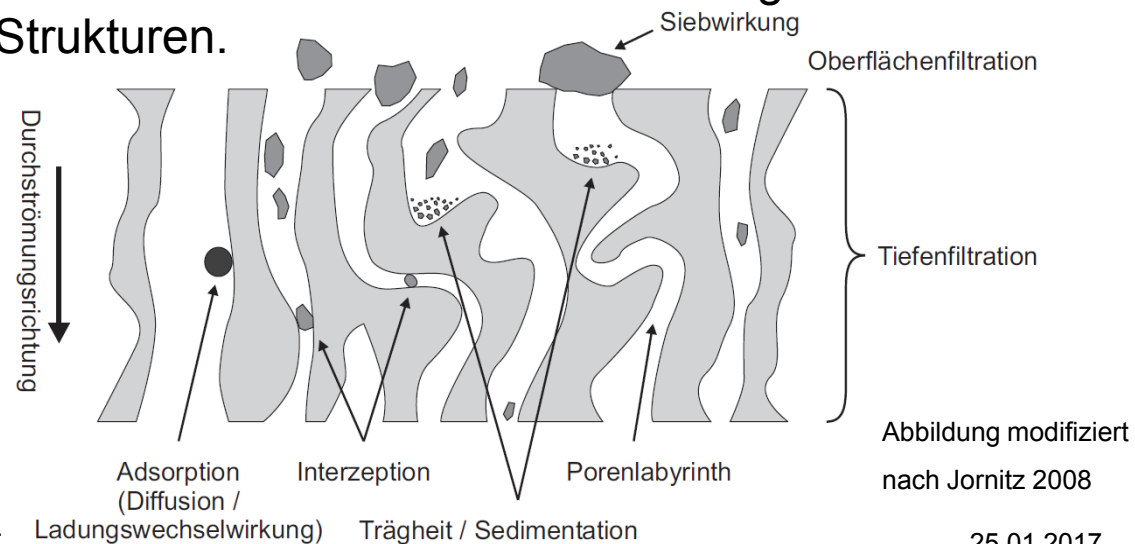
**absolute Rückhaltung:** Die absolute Rückhaltung beschreibt die Trenngrenze bzw. Partikelgrösse, die von einem Filtermedium nahezu vollständig (>99,98%) abgetrennt wird.  
Absolute Abscheideraten sind die mit einem Filter assoziierten Werte, die die Grösse des kleinsten, vollständig zurückgehaltenen Partikels (hart und kugelförmig) unter festgelegten Testbedingungen bezeichnen.

**nominale Rückhaltung:** Die nominale Rückhaltung beschreibt die Trenngrenze bzw. Partikelgrösse, die von einem Filtermedium weitgehend abgetrennt werden soll.  
Nominale Abscheideraten sind beliebige Werte und bezeichnen eine Partikelgrösse, die nach Angaben des Filterherstellers zu einem bestimmten Prozentsatz (meistens Gewicht) vom Filter entfernt wird.  
Nominale Abscheideraten sind bei jedem Hersteller anders definiert.

# Abscheidemechanismen

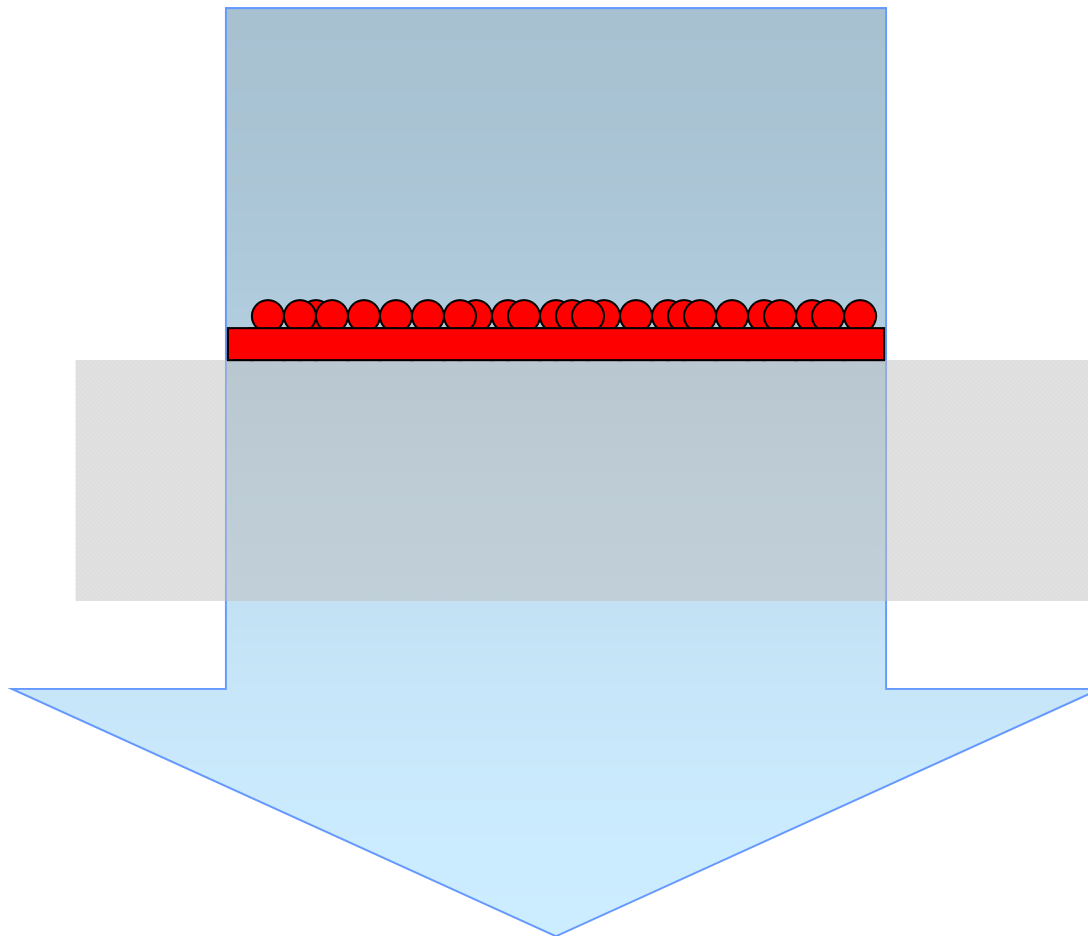
## Tiefenfiltration

- Die Filtrationseigenschaften von Tiefenfiltern basieren auf drei Effekten, der **Siebfiltration** an der Oberfläche, der **Tiefenfiltration** innerhalb des Filtermediums und den **Adsorptionsphänomenen** durch elektrokinetische Eigenschaften an der inneren Oberfläche.
- Dabei können auch Teilchen zurückgehalten werden, die wesentlich kleiner sind als die Poren des Filtermediums. So halten Sandfilter zur Reinigung von Trinkwasser sogar Kolloide zurück, obwohl die Sandkörner um mehrere Größenordnungen grösser sind.
- Der Vorteil der Tiefenfiltration ist die hohe Trubaufnahmefähigkeit der Filtermedien in ihren inneren Strukturen.



# Abscheidemechanismen

## Siebwirkung / Oberflächenfiltration

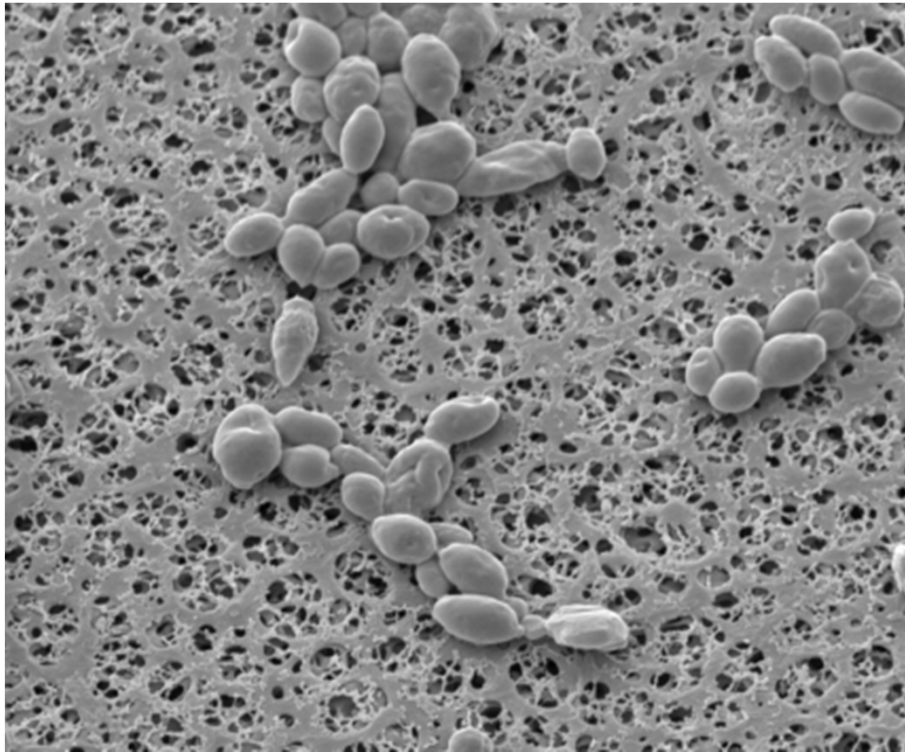


- Abtrennung von Partikeln inkl. Mikroorganismen an der Oberfläche des Filtermediums aufgrund ihrer Grösse.
- Porendurchmesser des Filtermediums bestimmt die Maximalgrösse der Partikel.
- Bei Membranen ist die Oberflächenfiltration alleiniger Mechanismus
- Bei Tiefenfiltern ist die Oberflächenfiltration kombiniert mit Sedimentation, Interzeption und Adsorption

Eaton, 2012

# Abscheidemechanismen

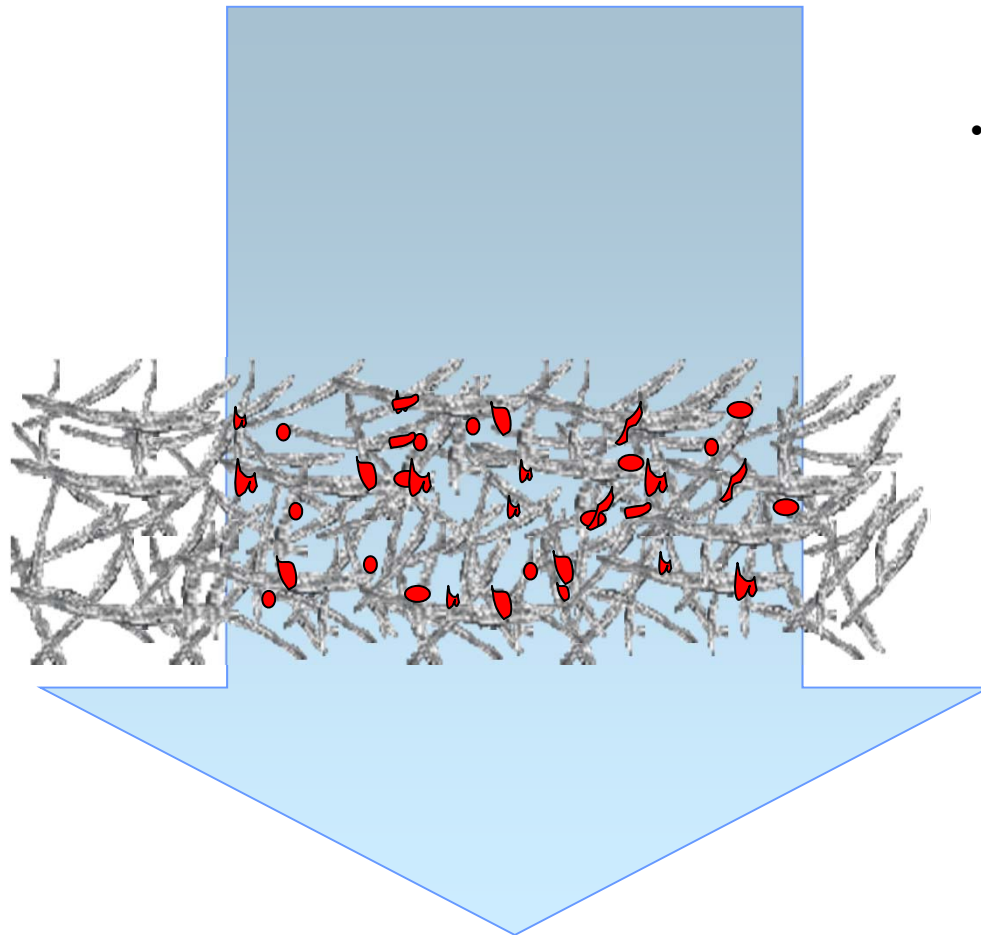
## Siebwirkung / Oberflächenfiltration



- Abtrennung von Partikeln inkl. Mikroorganismen an der Oberfläche des Filtermediums aufgrund ihrer Grösse.
- Bei Membranen geringes Trubaufnahmevermögen
- Bei Membranen mit definierten Porengrössen meist absolute Rückhaltung
- Bei Membranen geringe Leistung

# Abscheidemechanismen

## Tiefenwirkung

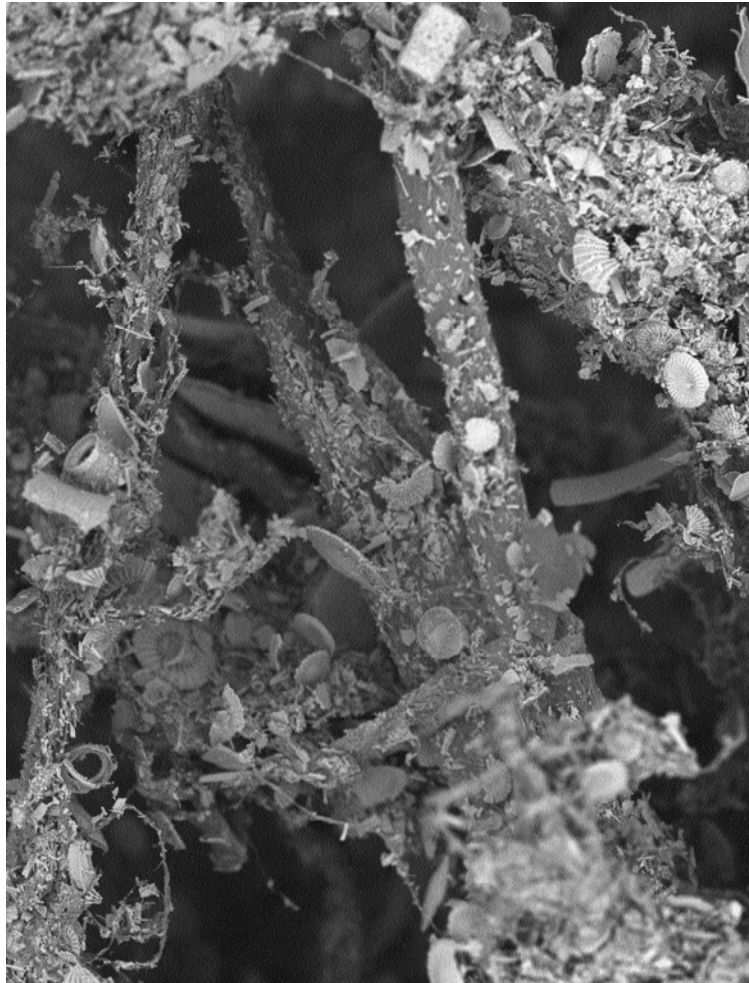


Eaton, 2012

- Filtermatrix besteht aus einem dreidimensionalen Netzwerk von Fasern mit relativ ungerichteter Struktur.
- Abtrennung von Partikeln bzw. Mikroorganismen im inneren Porengefüge des Filtermediums durch
  - Siebwirkung/Interzeption im inneren des Netzwerks durch Verengung der Poren
  - Trägheit/Sedimentation von kleineren Partikeln in einer Pore durch quer stehende Filterfasern. Durch die geringe Strömungsgeschwindigkeit können sich die Partikel innerhalb der Poren absetzen
  - Adsorption von Partikeln aufgrund des elektrokinetischen Potentials (Zeta-potential) der Bestandteile des Filtermediums und der abzutrennenden Partikel

# Abscheidemechanismen

## Tiefenwirkung

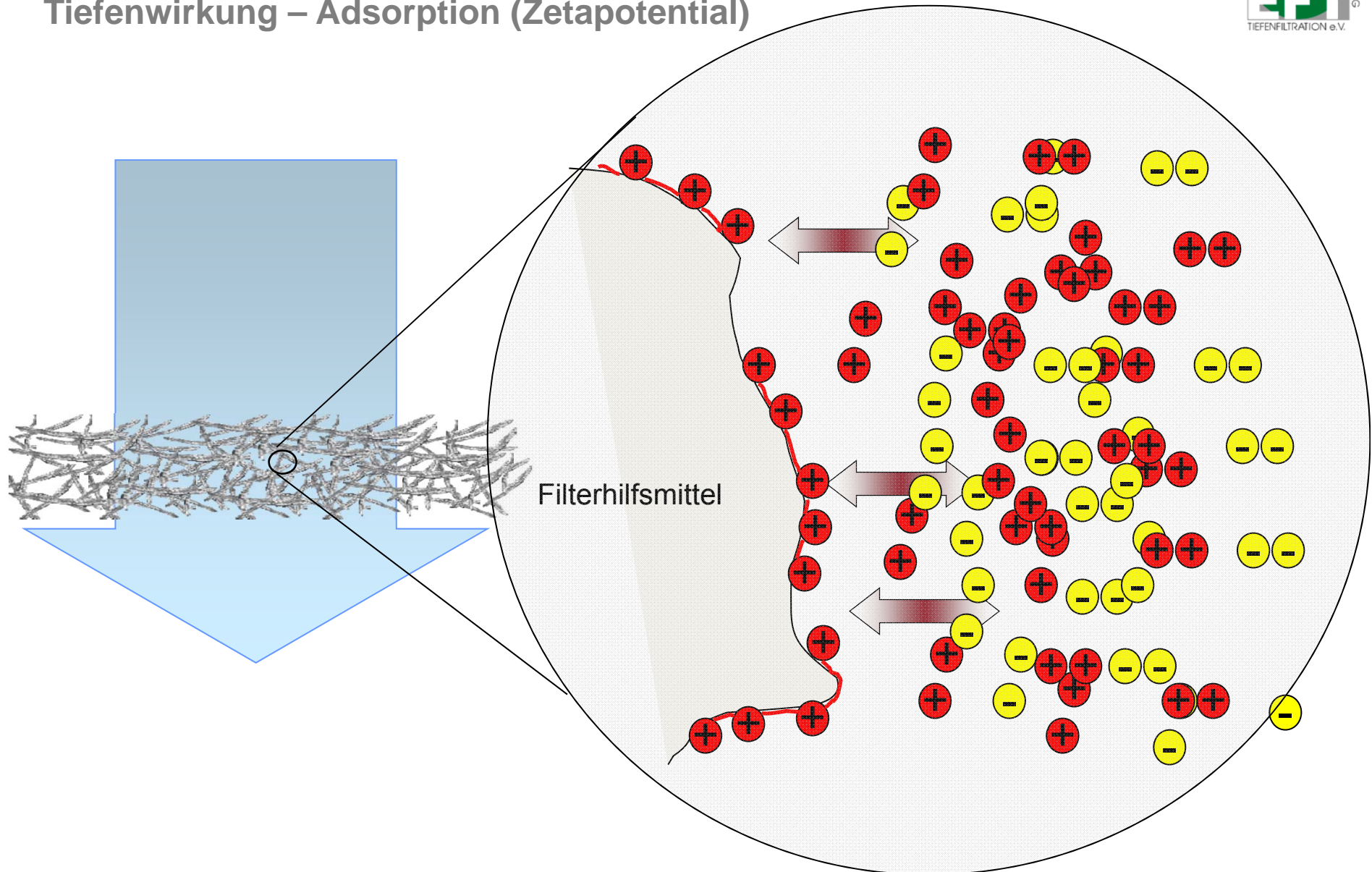


Tiefenfilterschicht, 1020x vergrößert

- Hohes Trubaufnahmevermögen
  - Die Trubkapazität der inneren dreidimensionalen Struktur beträgt bis zu 4 kg/m<sup>2</sup> Fläche.
- Nominale Rückhaltung beeinflusst durch
  - Faserdurchmesser, Faserlänge
  - Mahlung
  - Packungsdichte der Fasern
  - Filterdicke
  - Zusammensetzung
- Hohe Filterleistung
- Bei hohen Differenzdrücken und Druckstößen (Pulsationen), z.B. durch die Pumpe, kann es zu Partikeldurchbrüchen kommen.

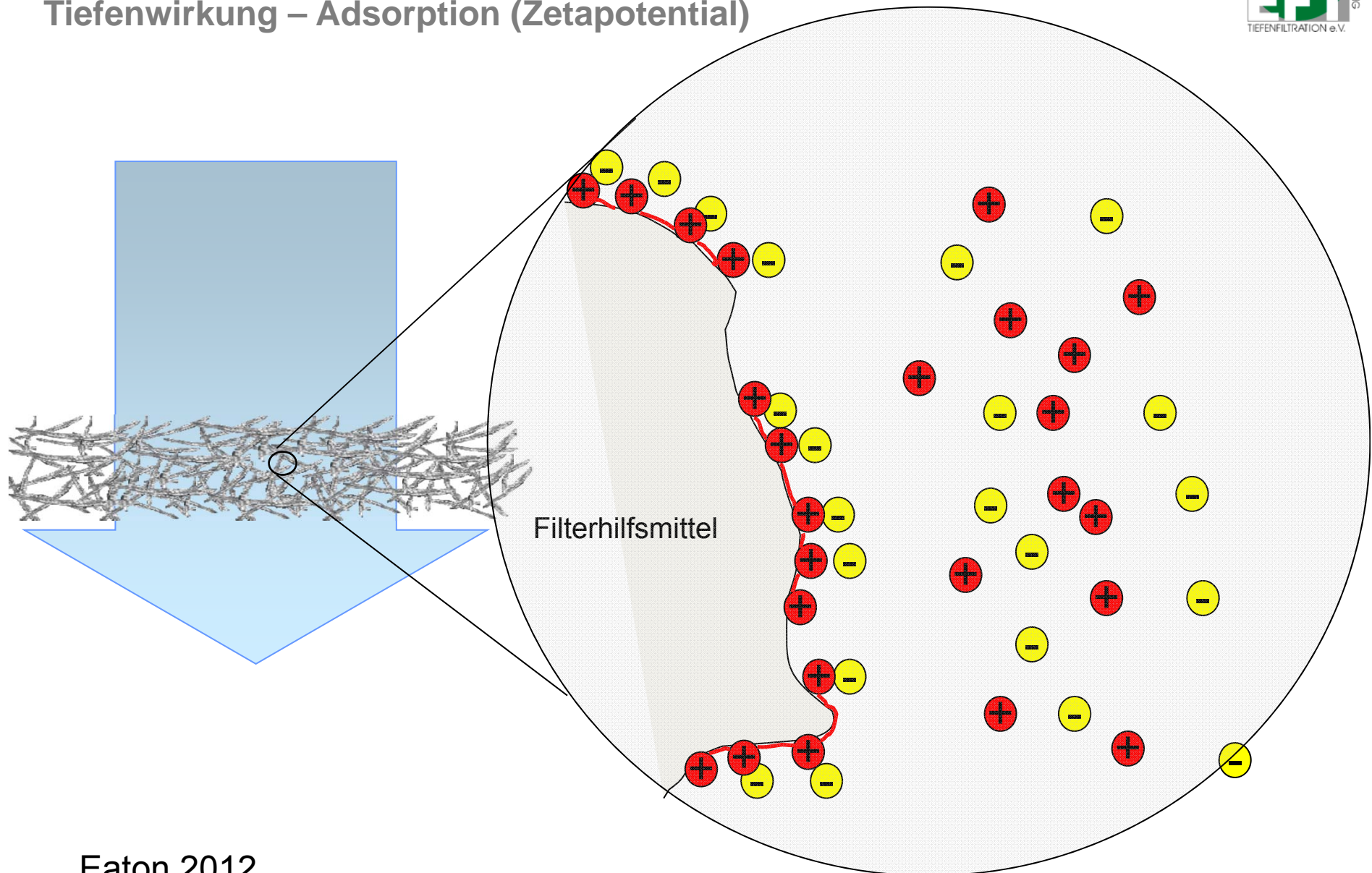
# Abscheidemechanismen

## Tiefenwirkung – Adsorption (Zetapotential)



# Abscheidemechanismen

## Tiefenwirkung – Adsorption (Zetapotential)



Eaton, 2012

# Rückhalterate

## Absolut versus Nominal

### Absolutfilter

- absolute Rückhalterate
- +/- definierte Porengrösse
- Oberflächenfiltration
  - „Polzeifilter“
  - Membranfilter
- kann gemessen werden
  - Logarithmic Reduction Value (LRV)
  - $\beta$ -Ratio, prozentuale Rückhalterate

$$\beta_x = \frac{\text{Anzahl Teilchen } \geq x \text{ vor Filter}}{\text{Anzahl Teilchen } \geq x \text{ nach Filter}}$$

$$\% \text{ Filtereffizienz} = \frac{\beta_x - 1}{\beta_x} \times 100$$

### Nominalfilter

- relative Rückhalterate
- keine feste Porengrösse
- Partikel unterschiedlicher Grösse können zurückgehalten werden
- Tiefenfiltration

Beispiel:

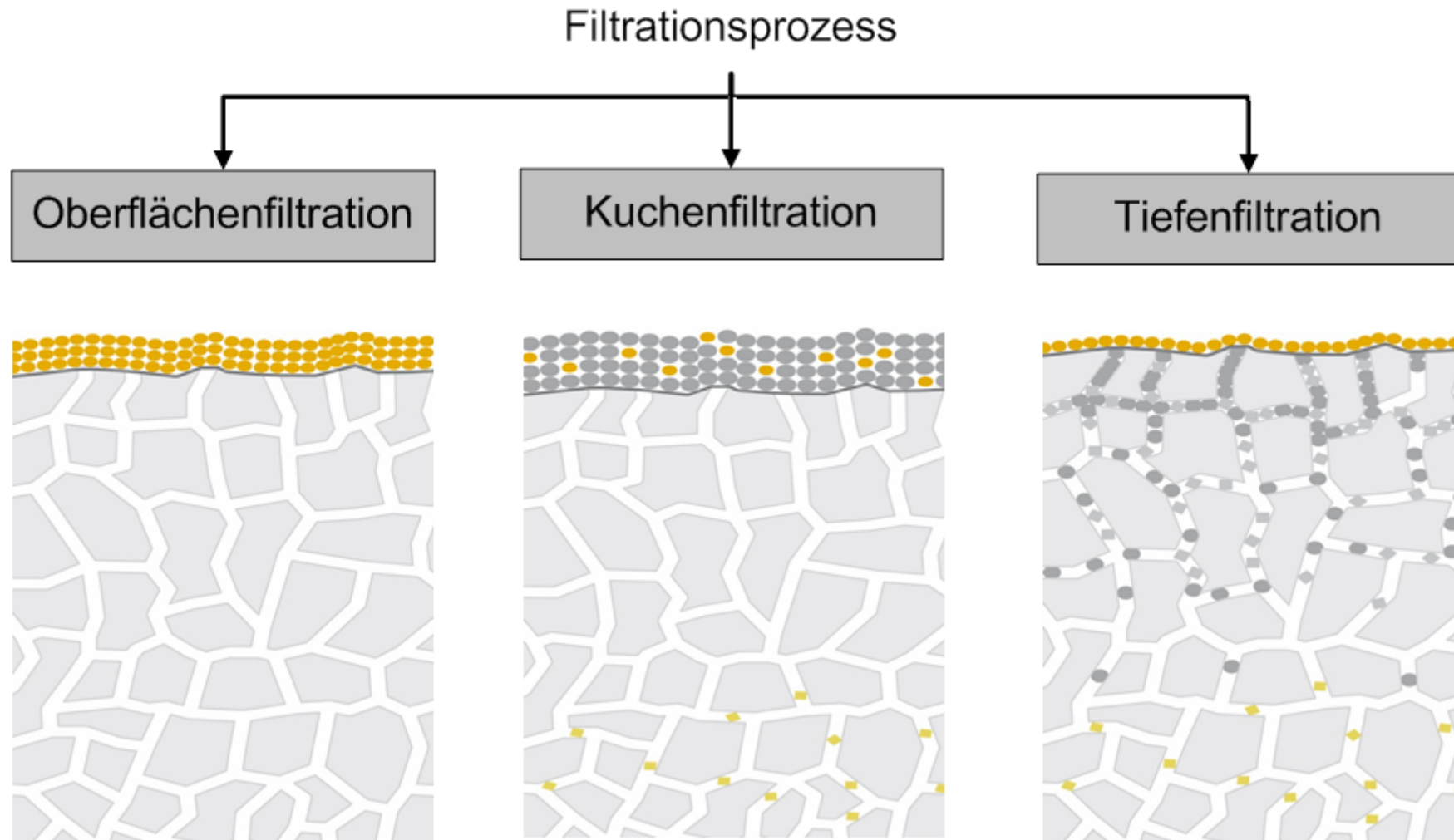
vor Filter			nach Filter	
$\mu\text{m}$	g		$\mu\text{m}$	g
1 - 5	10		1 - 5	10
5 - 10	20	→ Filter →	5 - 10	18
10 - 20	40		10 - 20	5
> 20	30		> 20	0
	100			33

67% der Teilchen grösser/gleich 1  $\mu\text{m}$  wurden entfernt

**Die effektive Abscheidungsleistung von Filterschichten hängt von den Prozessbedingungen ab. Tiefenfilter sind in der Regel nominal, da die Porengrösse variiert.**

# Grundlagen der Filtration

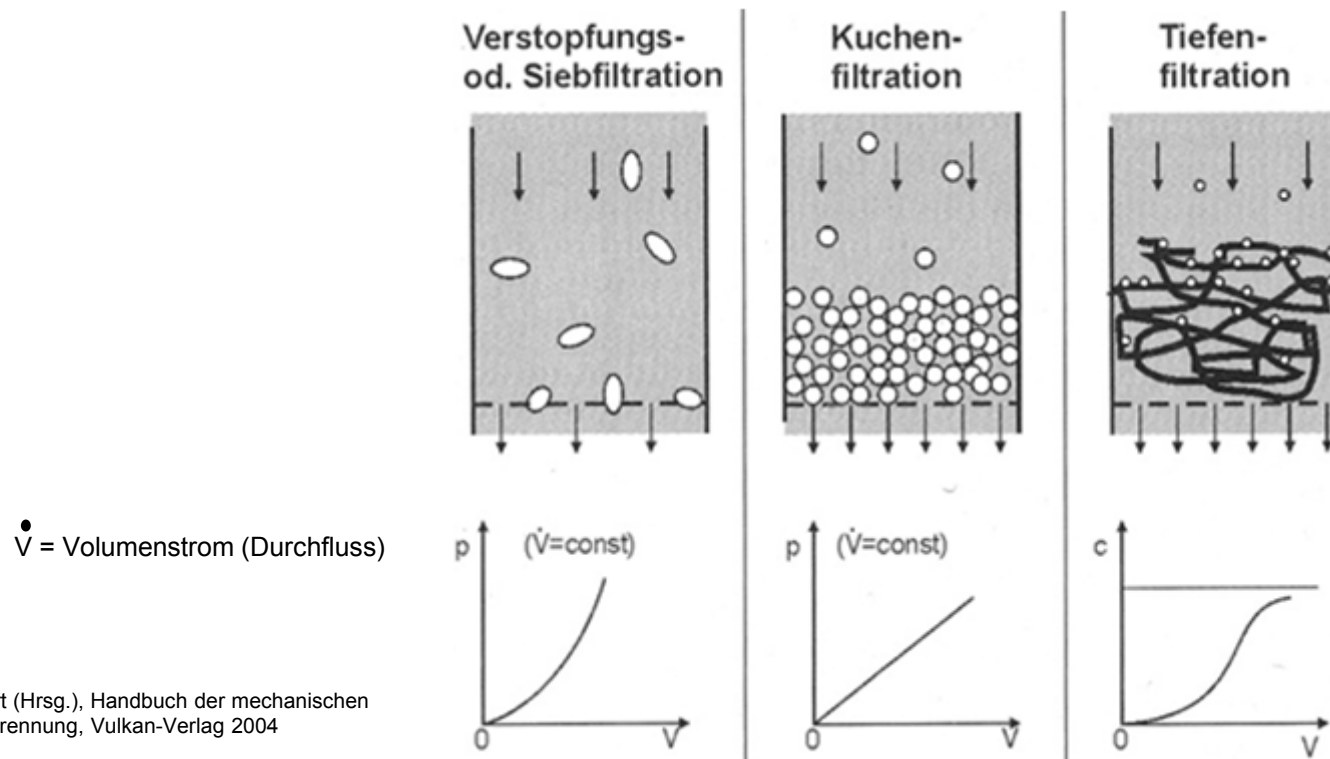
## Filtrationsprozess



Filtrox, 2016

# Charakteristische Eigenschaften Elementarvorgänge bei Tiefenfiltration

- Bei der Filtration unterscheidet man grundsätzlich zwischen der Oberflächenfiltration (der Feststoff sammelt sich auf der Oberfläche des Filtermediums) und der Tiefenfiltration (der Feststoff wird im Filtermedium angereichert). Die treibende Kraft einer Filtration ist stets eine Druckdifferenz. Sie kann durch Unter- oder Überdruck erzeugt werden.



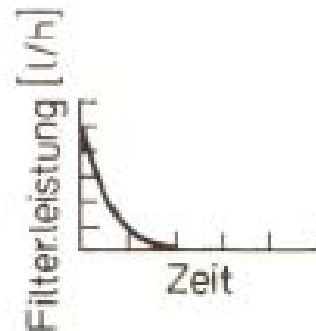
Quelle:  
Klaus Luckert (Hrsg.), Handbuch der mechanischen  
Fest-Flüssigtrennung, Vulkan-Verlag 2004

# Charakteristische Eigenschaften Elementarvorgänge bei Tiefenfiltration

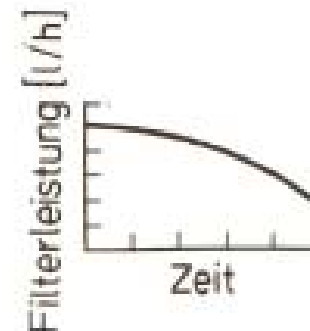
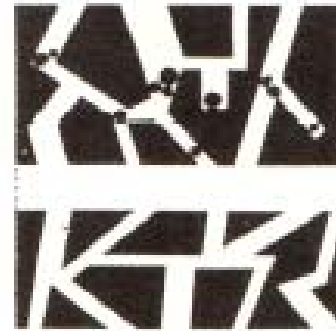
**Siebwirkung**



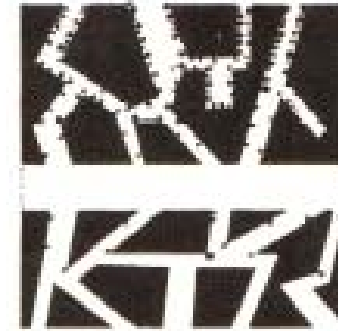
**Siebwirkung,  
Sedimentation**



**Sedimentation**



**Adsorption**

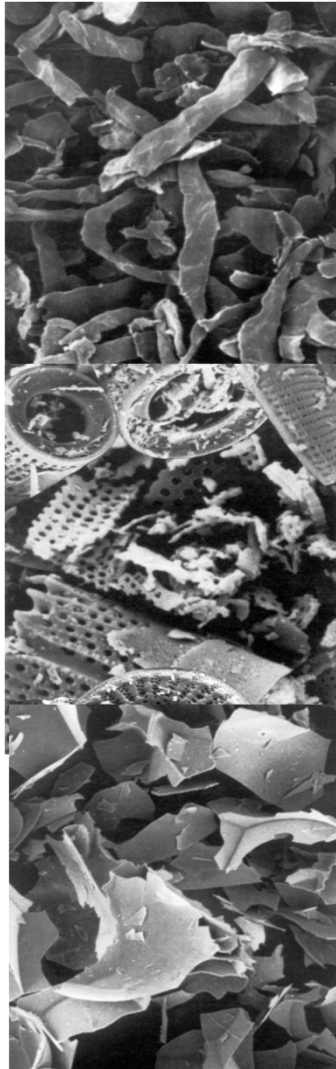


Neradt, 1970

$P = \text{const.}$

# Filtermaterialien und deren Eigenschaften

## Hauptbestandteile von Tiefenfilterschichten



- fein fibrillierte Cellulosefasern
  - grosse innere Oberfläche
  - bilden dreidimensionale Matrix
  - festigend, stabilisierend
  - möglicher Papiergeschmack
- Kieselgur
  - vergrössern die Oberfläche
  - hohe Klärschärfe
  - chemisch inert
- Perlite
  - voluminöse Porenstruktur
  - geringeres Raumgewicht als Cellulose und Kieselgur
  - chemisch inert

# Filtermaterialien und deren Eigenschaften

## Hauptbestandteile von Tiefenfilterschichten

- Weitere
  - Nassfestmittel (Kationisierungsmittel)
    - Erhöhung der Nassreissfestigkeit
    - Zusätzliche positive Ladung -> adsorptive Wirkung
  - immobilisierte Aktivkohle
    - hohe Adsorptionsfunktionalität von Farb, Geschmacks- und Geruchskomponenten
  - synthetische Fasern (synthetic wood pulp, HDPE)
    - hohe chemische Stabilität
    - hydrophob
    - tiefe FarbadSORPTION
  - anorganische Filterhilfsmittel (Zeolith, Bleicherde)

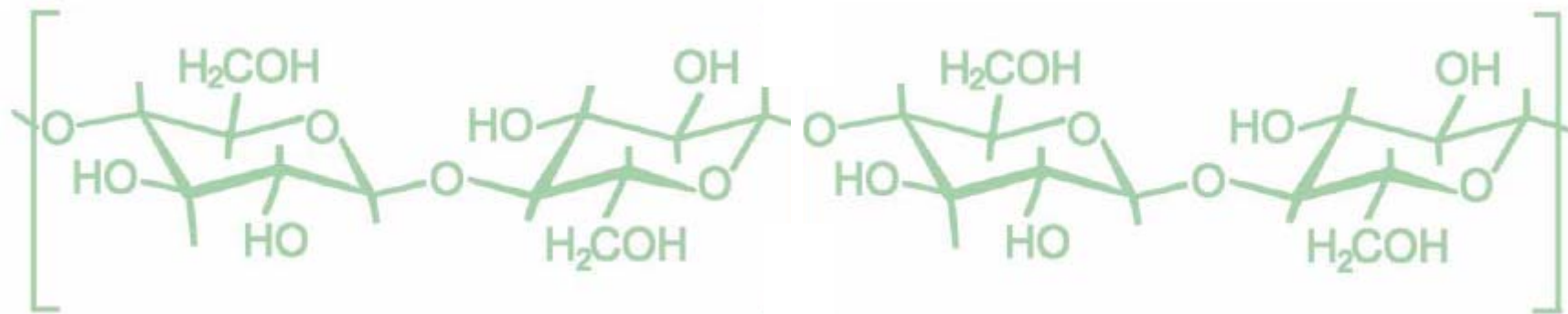


Filtrox, 2016

# Filtermaterialien und deren Eigenschaften

## Cellulose

- Cellulose ist das häufigste Polysaccharid, besteht aus einem unverzweigten Glucose-Polymer und ist Hauptbestandteil von pflanzlichen Zellwänden. Seine Struktur ist faserförmig.



- Cellulose wird aus Holz gewonnen, indem es zuerst gemahlen und anschliessend das Lignin und die Hemicellulose chemisch zersetzt wird, um die Cellulosefasern freizusetzen.  
Für die Herstellung von Tiefenfilterschichten wird die Cellulose mit verschiedenen Verfahren unterschiedlich fein gemahlen/fibrilliert. Dadurch können Filterschichten mit unterschiedlichen Filtrationsraten hergestellt werden.

# Filtermaterialien und deren Eigenschaften

## Kieselgur

- Kieselgur wird auch Kieselmehl, Diatomit oder Diatomeenerde genannt.
- „Gu(h)r“ ist ein niederdeutscher Volksausdruck mit der Bedeutung „feuchte, aus dem Gestein ausgärende Masse“.
- Kieselgur ist eine weissliche, pulverförmige Substanz, die hauptsächlich aus den Siliciumdioxidschalen fossiler Kieselalgen (Diatomeen) besteht.
- Die Schalen bestehen zum grössten Teil aus amorphem (nicht-kristallinem) Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) und weisen eine sehr poröse Struktur auf. Ein Milliliter reine Kieselgur enthält etwa eine Milliarde Diatomeenschalen und deren Bruchstücke.
- Dieses pulverförmige Filtermaterial wird bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts verwendet. Kieselgur zeichnet sich durch eine hohe Porosität und somit durch eine hohe Filtrationsfläche (20-25  $\text{m}^2/\text{g}$ ) aus. 1 kg benetzte Kieselgur nimmt ein Volumen von ungefähr 3 Litern ein.
- Kieselgur muss an einem trockenen und geruchsfreien Ort gelagert werden, da es leicht Gerüche fixieren kann, welche sich anschliessend während der Filtration auf das Filtrat übertragen würden.

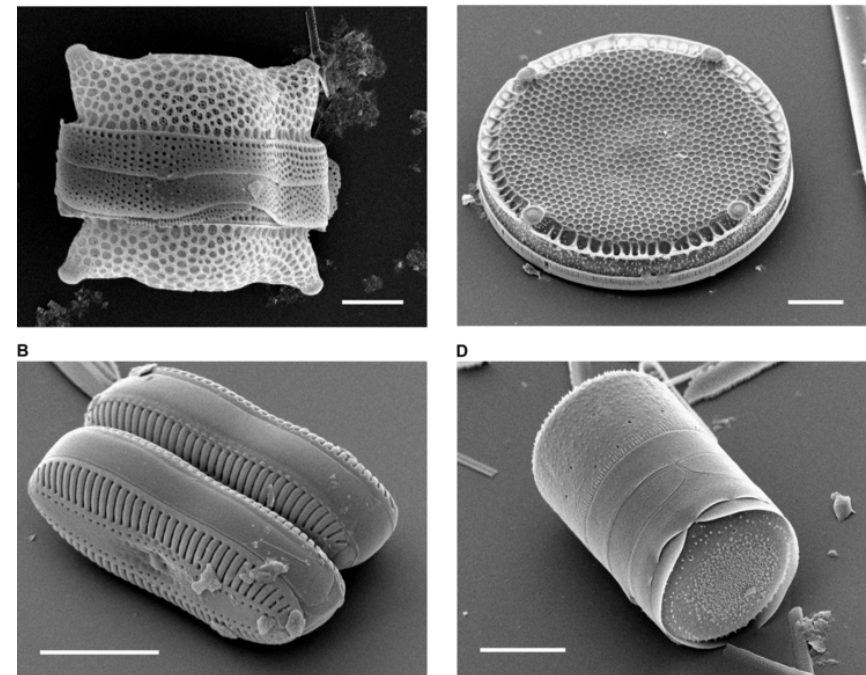
# Filtermaterialien und deren Eigenschaften

## Kieselgur



Süßwasser-Diatomeen  
(fresh water) aus Mexico  
5000x vergrößert

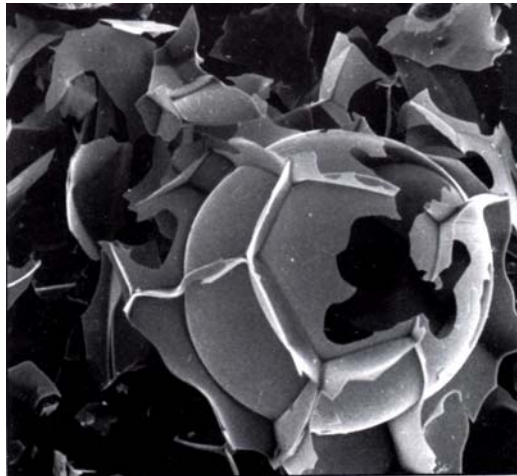
verschiedene Diatomeenstrukturen  
(fresh and marine water)



# Filtermaterialien und deren Eigenschaften

## Perlite

- Perlite sind vulkanischen Ursprungs und werden durch Glühen bei ca. 800 °C bis 1000 °C auf das fünfzehn- bis zwanzigfache seines Ursprungsvolumens aufgebläht.
- Perlit ist ein Aluminium-Silikat und enthält 2-5% Wasser sowie eingeschlossene Gase. Wie die Kieselgur ist Perlit pulverförmig, hart und abrasiv.
- Fein gemahlen findet Perlite Anwendung als Filterhilfsmittel, als Füllstoff und Isoliermaterial in der Bauindustrie und als Schleifmittel in Spezialzahnpasten.



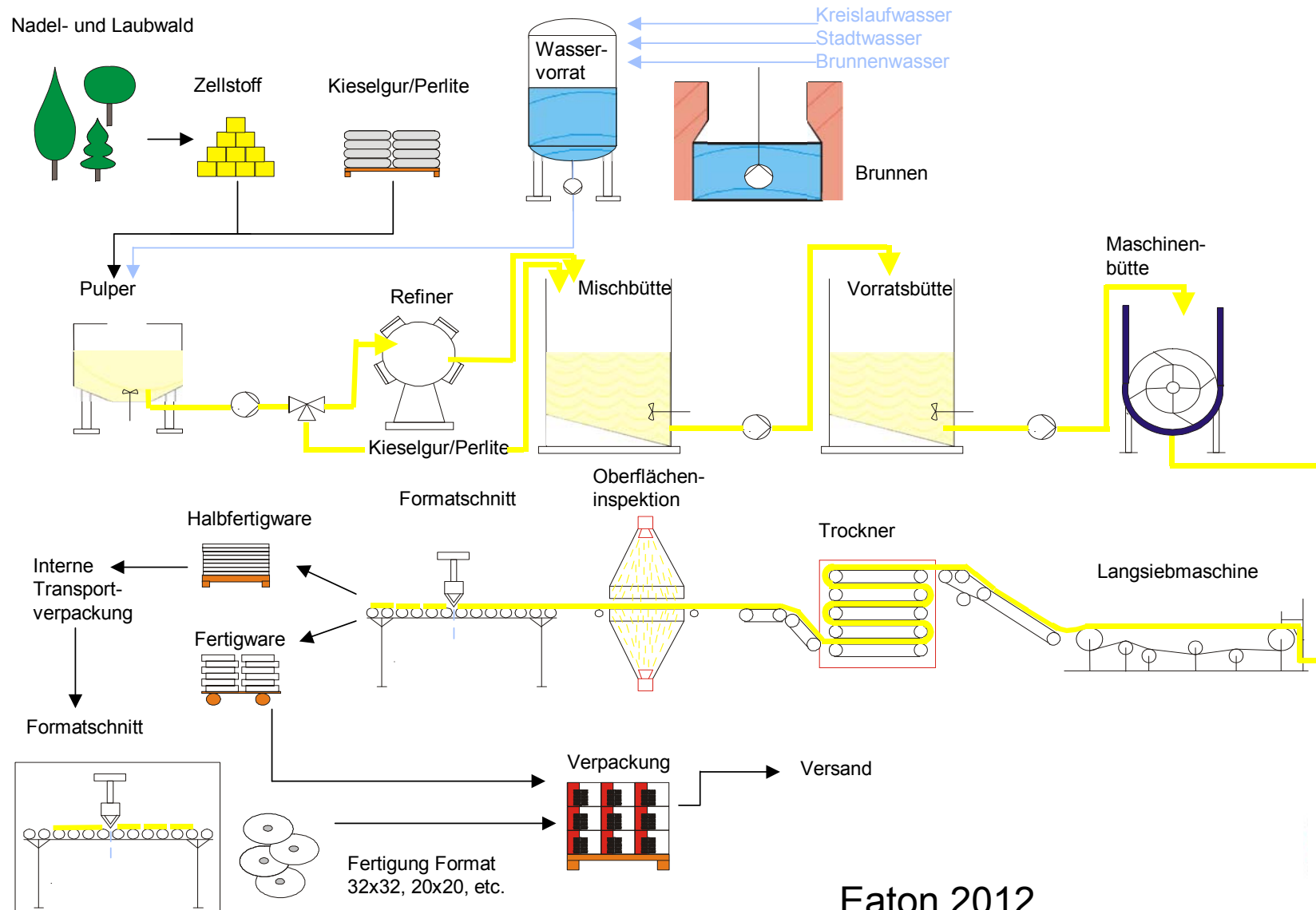
expandiertes ungemahlenes Perlit



expandiertes gemahlenes Perlit

# Tiefenfiltration

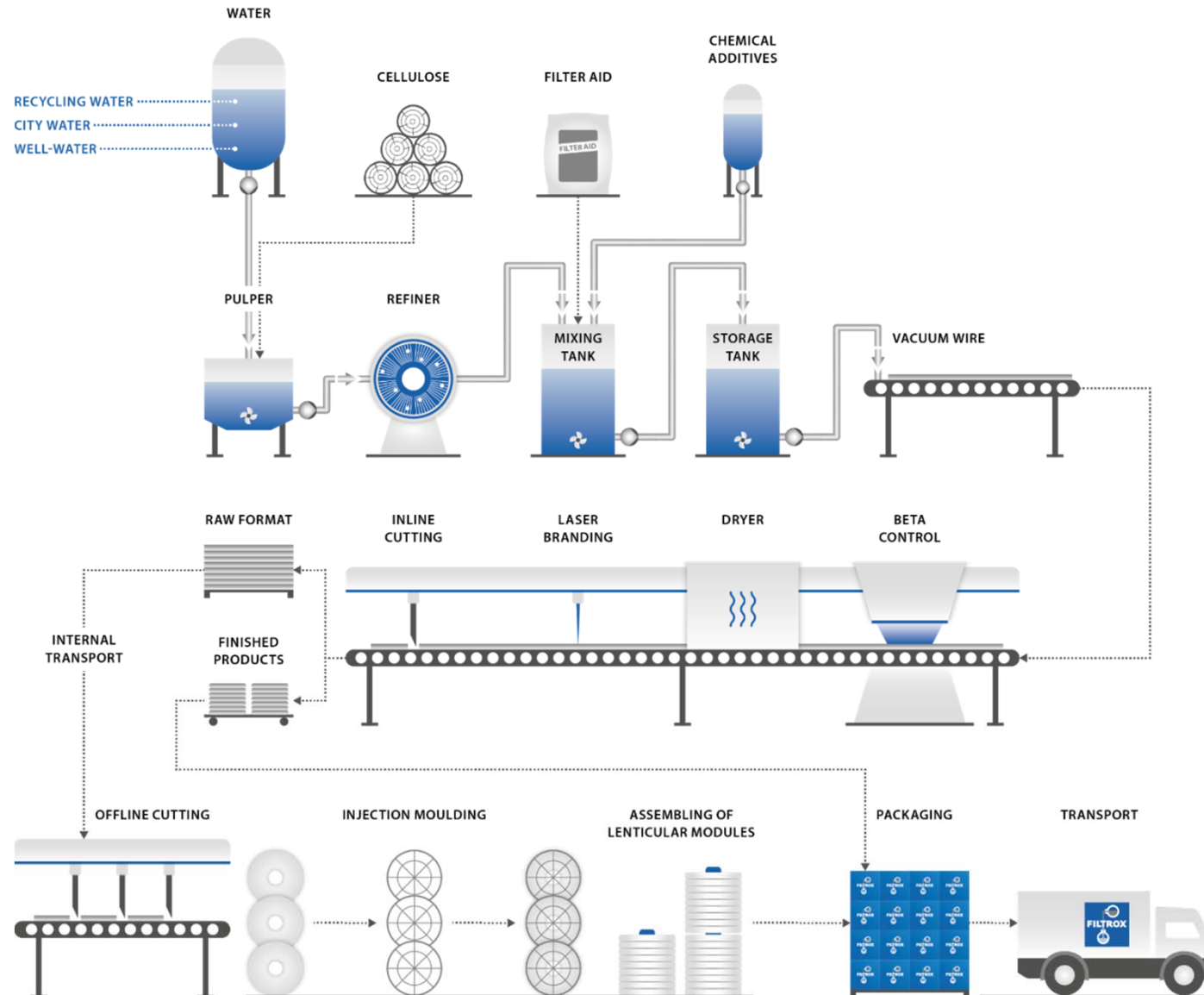
## Herstellung von Tiefenfilterschichten



Eaton, 2012

# Tiefenfiltration

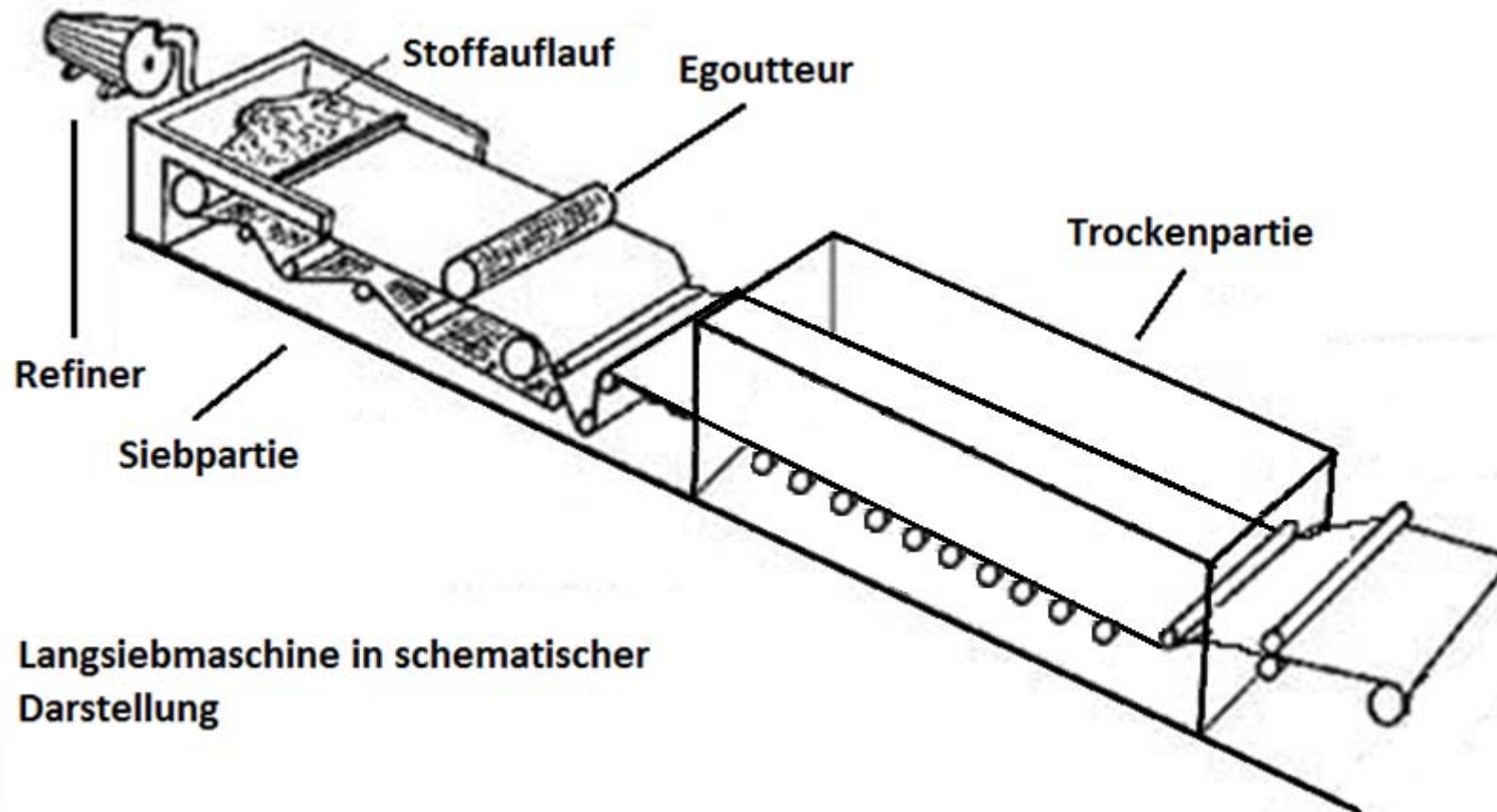
## Herstellung von Tiefenfilterschichten



Filtrox, 2016

# Tiefenfiltration

## Herstellung von Tiefenfilterschichten



# Tiefenfiltration

## Herstellung von Tiefenfilterschichten

- Verschiedene Cellulose-Mischungen werden im Pulper zu einem Brei suspendiert und anschliessend im Refiner gemahlen.  
Der Mahlgrad der Cellulose beeinflusst massgeblich die Eigenschaften.



Pulper mit Celluloseballen

# Tiefenfiltration

## Herstellung von Tiefenfilterschichten

- Die Mischung aus gemahlener Cellulose, Kieselgur/Perlite und Nassfestmittel wird im Stoffauflauf auf die Siebpartie gebracht und anschliessend entwässert.



# Tiefenfiltration

## Herstellung von Tiefenfilterschichten

- Die Trocknung der Tiefenfilterschichten erfolgt auf einem umlaufenden Metallsieb im Ofen oder zwischen beheizten Metallzylindern/-walzen bei Temperaturen zwischen 270°C und 120°C.
- Das Zuschneiden der verschiedenen Formate erfolgt mit einem Hochdruck-Wasserstrahl oder mit Stanzmaschinen.



# Tiefenfiltration

## Herstellung von Tiefenfilterschichten

- Alle in der Industrie üblichen Masse sind verfügbar: rechteckig, quadratisch, rund, mit/ohne Löcher, gefaltete Doppelschichten bis 1215 x 2425 mm



# Tiefenfiltration

## Herstellung von Tiefenfilterschichten

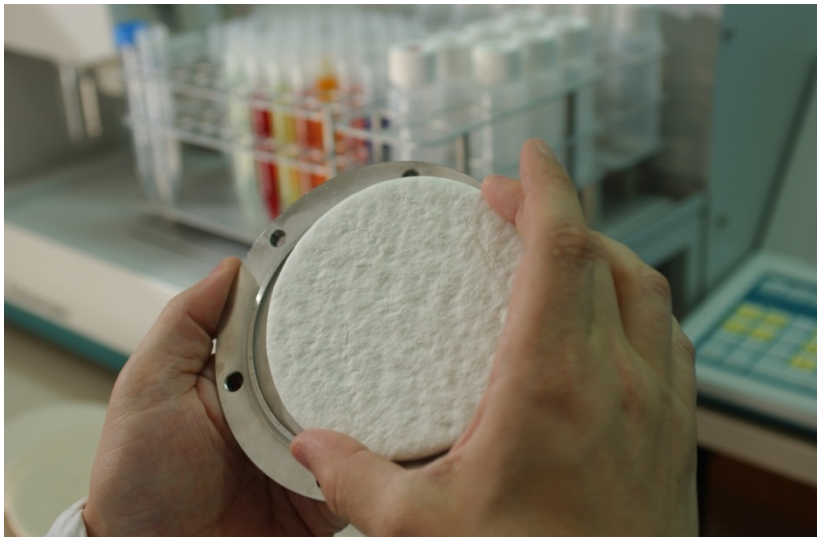
- Nach dem Schneiden werden die Schichten in Folie eingeschweisst und in Kartons verpackt.



# Tiefenfiltration

## Herstellung von Tiefenfilterschichten

- Qualitätskontrolle und Analysen nach
  - internationalen Standards und gesetzlichen Vorgaben
  - Methoden des “Arbeitskreis Technik / Analytik der Europäischen Fachvereinigung Tiefenfiltration e.V.”
  - internen Standards der Hersteller



# Tiefenfiltration

## Einsatzkriterien und rechtliche Rahmenbedingungen

### EU

- Verordnung (EG) Nr. 1935/2004 über Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen
- Verordnung (EG) 11/2010/EG für Kunststoffkomponenten

### Deutschland

- Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuches (LFBG)
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)
  - BfR-Empfehlungen zu Materialien für den Lebensmittelkontakt
  - XXXVI. Papiere, Kartons und Pappen für den Lebensmittelkontakt
  - XXXVI/1. Koch- und Heißfilterpapiere und Filterschichten

### United States of America

- Food and Drug Administration (FDA) (United States of America)
  - 21 CFR - 176.170 (Papier und Pappen im Kontakt mit feuchten und fettenden Lebensmitteln)
  - 21 CFR - 176.180 (Papier und Pappen im Kontakt mit trockenen Lebensmitteln)
  - 21 CFR - 177.2260 (kunstharzgebundene Filter)
  - 21 CFR - 177.1520 (Olefinpolymere)

# Tiefenfiltration

## Einsatzkriterien und rechtliche Rahmenbedingungen

### **OIV (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin)**

- International Oenological Codex, 2016 Issue
- International Code of Oenological Practices, 2016 Issue

### **FCC 7 (Food Chemical Codex)**

### **JSFA 8 (Japanese Food Sanitation Act, Specifications and Standards for Food Additives)**

### **Kosher-Certification**

### **Halal-Certification**

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Übersicht



- Charakterisierung von Tiefenfilterschichten
  - Technische Datenblätter / Spezifikationen
  - Abscheiderate (Filtrationskorridore)
  - Dicke, Flächengewicht
  - Trockengehalt, Glührückstand
  - Wasserwert, Permeabilität
  - Bakterienrückhalterate
  - Oberflächenladung, Farbstoffadsorption, Zetapotential
  - Chemische Beständigkeit

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Technische Infos der Hersteller



### • Filtrix Steril-Tiefenfilterschichten

#### Technical Information

## Filter Sheets



Version 2013-02-22

Product: FIBRAFIX **AF ST 130**

Composition: These filter sheets are manufactured of specially selected raw materials such as purified and bleached cellulose and inorganic natural filter aids. Polyamidoamine is used as wet strength agent

Application: This filter grade is mostly used in beverage industries, **for sterilizing filtration.**  
 Example: Sterilizing filtration of wine, beer, cosmetics, organic liquids.

Physical Properties:			<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
Water value at 100 kPa		l/m <sup>2</sup> *min	43	52
Weight		g/m <sup>2</sup>	1350	1550
Thickness		mm	3.7	3.9
Density		g/cm <sup>3</sup>	0.35	0.42
Ash content		%	47.5	52.5

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Technische Infos der Hersteller



### • Filtrix Steril-Tiefenfilterschicht

#### Technical Information

## Filter Sheets



Version 2013-02-22

Product: FIBRAFIX **AF ST 130**

Composition: These filter sheets are manufactured of specially selected raw materials such as purified and bleached cellulose and inorganic natural filter aids. Polyamidoamine is used as wet strength agent

Application: This filter grade is mostly used in beverage industries, for sterilizing filtration.  
Example: Sterilizing filtration of wine, beer, cosmetics, organic liquids.

Physical Properties: Heavy metals content referring to recommendation XXXVI/1 of BfR (German Food and Feed Code): <50 ppm

Microbiological Retention:	Bacterial Challenge*:	1.0 E+8 /cm <sup>2</sup>
	Bacterial Retention*:	>7 LRV
	Bacteria type*:	Serratia marcescens

\* not applicable if sheet is not sterile filtering or germ reducing grade.

Analysis are made according to the methods of "Arbeitskreis Technik / Analytik der Europäischen Fachvereinigung Tiefenfiltration e.V. (E.F.T.)" as well as to our internal standards.

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Technische Infos der Hersteller

- Eaton BECOPAD-Tiefenfilterschichten



Powering Business Worldwide

### Physikalische Kennwerte

Diese Angaben dienen der Orientierung bei der Auswahl des BECOPAD-Tiefenfiltermediums:

Typen- bezeichnung	Nomineller Abscheide- bereich  µm	Dicke  mm	Glührück- stand  %	Berstfestig- keit nass  kPa	Wasserdurch- fluss  Δ p = 100 kPa* l/m <sup>2</sup> /min
BECOPAD 115 C	0,1 – 0,2	4,1	< 1	> 150	26
BECOPAD 120	0,1 – 0,3	3,9	< 1	> 150	55
BECOPAD 170	0,2 – 0,4	3,9	< 1	> 150	80
BECOPAD 220	0,3 – 0,5	3,9	< 1	> 150	100
BECOPAD 270	0,5 – 0,7	3,9	< 1	> 150	135
BECOPAD 350	0,7 – 1,0	3,9	< 1	> 150	160

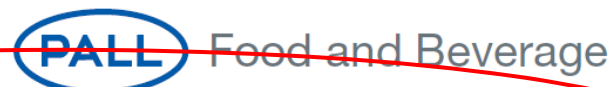
# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Technische Infos der Hersteller

- **Pall Standard-Tiefenfilterschichten**

### Hauptbestandteile

Zellulose, Kieselgur, Perlite



### Beschreibung

Filterfeinheit	Flächengewicht g/m <sup>2</sup>	Dicke mm	Glührückstand %	Wasserdurchlässigkeit <sup>2</sup> l/m <sup>2</sup> /min (gal/ft <sup>2</sup> /min)
EKS	1400	3,7	58	29 (0,7)
EK 1	1450	3,8	51	41 (1)
EK	1400	3,8	46	68 (1,7)
KS 50	1350	3,7	46	93 (2,3)
KS 80	1350	3,7	46	113 (2,8)
K 100	1350	3,7	46	146 (3,6)
K 150	1350	3,9	46	185 (4,6)
K 200	1350	3,9	46	213 (5,2)
K 250	1250	4,0	46	510 (12,5)
K 300	1250	4,2	46	785 (19,3)
K 700	1250	4,1	46	925 (22,8)
K 800	1250	4,1	46	1275 (31,4)
K 900	1200	4,3	46	1700 (41,8)

Die Werte wurden nach internen Verfahren sowie den Methoden der Technischen/Analytischen Arbeitsgruppe der Europäischen Fachvereinigung Tiefenfiltration e.V. ermittelt.

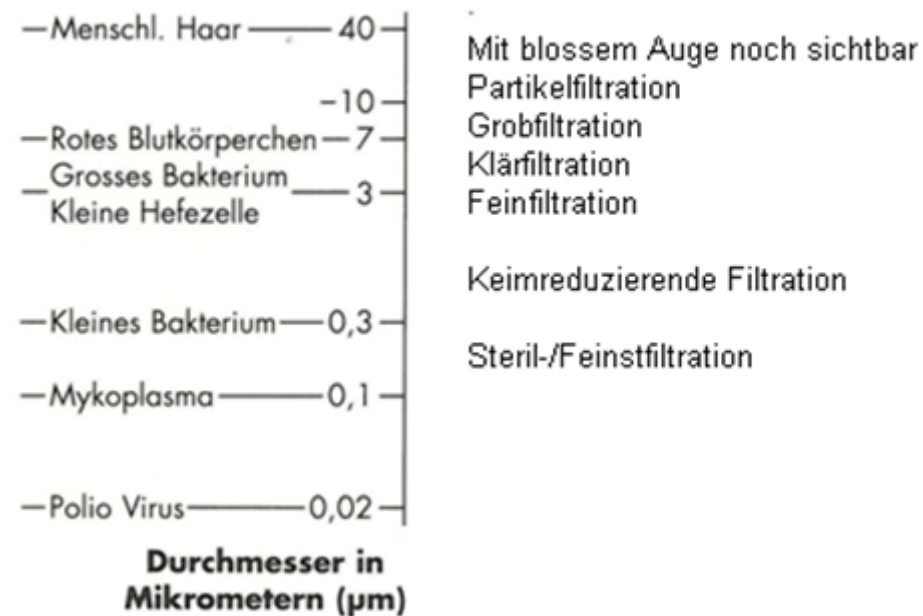
# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Filtrationskorridore

### Filtrationskorridore bei Tiefenfiltern: (Mikrofiltration)

Grobfiltration  
 Klärfiltration  
 Feinfiltration  
 Keimreduzierende Filtration  
 Entkeimende (Steril-) Filtration

### Einordnung / Typische Partikelgrößen



# Tiefenfiltration

## Filtrationskorridore

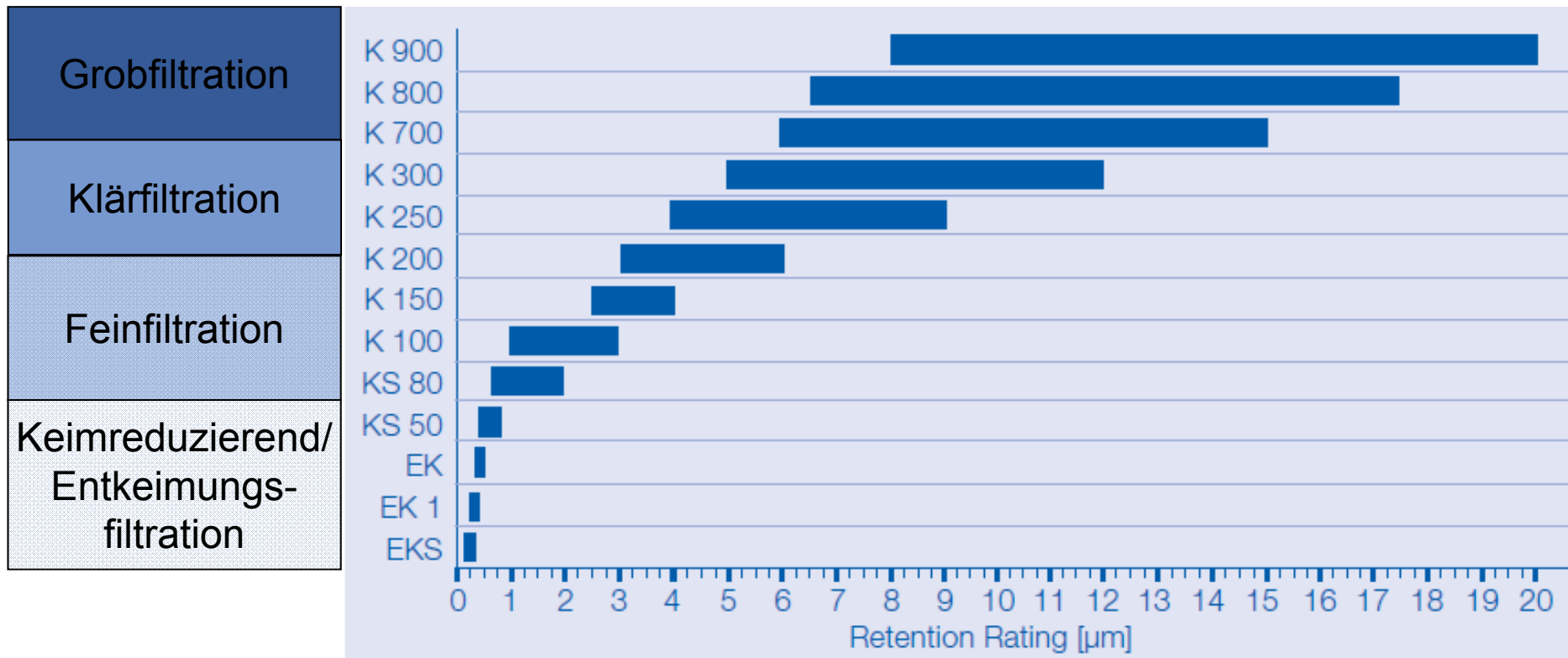
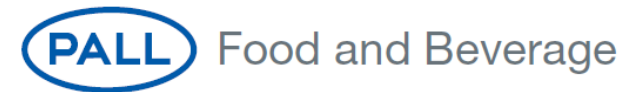
- Grobfiltration
  - Klärfiltration
  - Feinfiltration
- dient der Reduktion von Partikeln aus einer Flüssigkeit

- Keimreduzierende Filtration
  - Entkeimende (Steril-) Filtration
- dient vorwiegend der Eliminierung von Mikroorganismen aus einer Flüssigkeit, es werden aber auch kolloidale Strukturen erfasst

Filtrox, 1987

# Tiefenfiltration


## Filtrationskorridore



nominale Abscheiderate [µm]

# Tiefenfiltration

## Filtrationskorridore

Standard version	Hochleistungs-version*	Abscheide-rate (µm)	
FILTRODUR®		Trägerschicht	
AF 6		35 – 15	Grobfiltration
AF 9		30 – 10	
AF 15		20 – 8.0	
AF 20	AF 21H	15 – 6.0	Klärfiltration
AF 30	AF 31H (U3)	12 – 5.0	
AF 40	AF 41H	9.0 – 4.0	
AF 50		6.0 – 3.0	
AF 70	AF 71H	3.0 – 1.5	Feinfiltration
AF 100	AF 101H	1.5 – 0.6	keimreduzierende Filtration
AF ST 110		0.8 – 0.5	Sterilfiltration (keimentfernende Filtration)
AF ST 130		0.6 – 0.4	
AF ST 140		0.4 – 0.2	
AF ST 150		0.2 – 0.04	

# Tiefenfiltration

## Filtrationskorridore

### Grobfiltration und Klärfiltration

- BECO KD 3, K 2, K 1
- BECOPAD 580, 550, P 550, 450, P 450



### Feinfiltration und Keimreduzierende Filtration

- BECO SD 30, KDS 15, KDS 12, KD 10, KD 7, KD 5
- BECOPAD 350, P 350, 270, P 270

### Keimreduzierende und Entkeimende Filtration

- BECO Steril S 100, Steril S 80, Steril 60, Steril 40
- BECOPAD 220, P 220, 170, P 170, 120, P 120

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Dicke, Flächengewicht, Aschegehalt, Glührückstand

- Die **Dicke** von Tiefenfilterschichten liegt im Bereich von 3.2 bis 4.6 mm.
- Das **Flächengewicht** von Tiefenfilterschichten liegt üblicherweise im Bereich zwischen 0.8 und 1.6 kg/m<sup>2</sup>.
- Der **Glührückstand** ist der anorganische Rückstand, der nach der vollständigen Verbrennung der Probe zurückbleibt.
  - Zur Bestimmung des Glührückstandes wird die getrocknete Probe vorverascht und anschliessend im Muffelofen bei 850°C geglüht.
  - Der Glührückstand gibt Auskunft über das Verhältnis zwischen den organischen Bestandteilen (Cellulose, Kunststoffe, Aktivkohle) und den anorganischen Bestandteilen (Kieselgur, Perlite) in einer Tiefenfilterschicht.

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Wasserwert, Permeabilität

- Messprinzip: Es wird die Zeit gemessen, die eine definierte Menge Wasser braucht, um bei konstantem Prüfdruck einen vorher gebildeten Filterkuchen zu durchströmen.
- Auf verschiedenen Datenblättern oder auch älteren Publikationen wird als Masseinheit für die Durchlässigkeit noch „Darcy“ bzw. „mDarcy“ verwendet:  $1 \text{ Darcy} = 10^{-12} \text{ m}^2$ .
- 1 Darcy = Die Durchlässigkeit eines porösen Filterkuchens mit  $1 \text{ cm}^2$  Filterfläche und  $1 \text{ cm}$  Höhe, durch den in  $1 \text{ s}$   $1 \text{ ml}$  einer Flüssigkeit mit der Viskosität  $1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$  bei einem Druck von  $\Delta p = 1 \text{ bar}$  fließt.



# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Wasserwert, Permeabilität

Der französische Ingenieur Darcy hat als erster eine Gleichung formuliert, mit der man die Strömung durch ein poröses Material beschreiben kann. Er betrachtete dazu die Strömung des Grundwassers durch den Boden. Die Beobachtungen lassen sich aber auch auf die Strömung einer Flüssigkeit durch einen Filterkuchen anwenden.

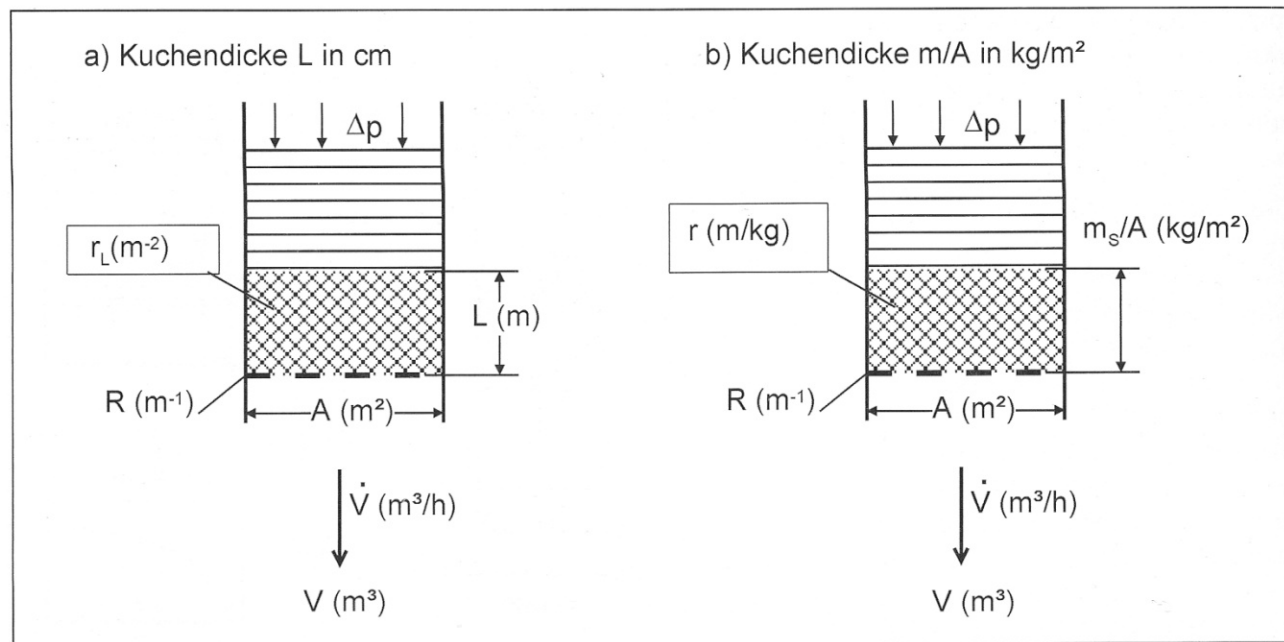


Bild 8.7: Zur Berechnung des Filterwiderstandes kann man den Druckabfall auf die Dicke des Filterkuchens oder auf seine Masse beziehen. Man erhält zwei unterschiedliche Definitionen des Filterwiderstandes,  $r_L$  und  $r$ .

Quelle:  
Klaus Luckert (Hrsg.), Handbuch  
der mechanischen  
Fest-Flüssigtrennung,  
Vulkan-Verlag 2004

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Wasserwert, Permeabilität

- Die Strömung durch enge Poren ist laminar und der Druckabfall  $\Delta p$  im Filterkuchen ist deshalb proportional zu folgenden Faktoren:

- Der auf die Fläche bezogene Durchsatz  $\dot{V}/A$  [(m<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>]
- Die Kuchendicke oder durchströmte Länge  $L$  [m]
- Die dynamische Viskosität der Flüssigkeit  $\eta_l$  [Pa s]
- Der spezifische Filterwiderstand  $r_L$  [m<sup>-2</sup>]

- Der Kehrwert des Filterwiderstandes  $1/r_L$  ist die **Permeabilität**  $K$  [m<sup>2</sup>].

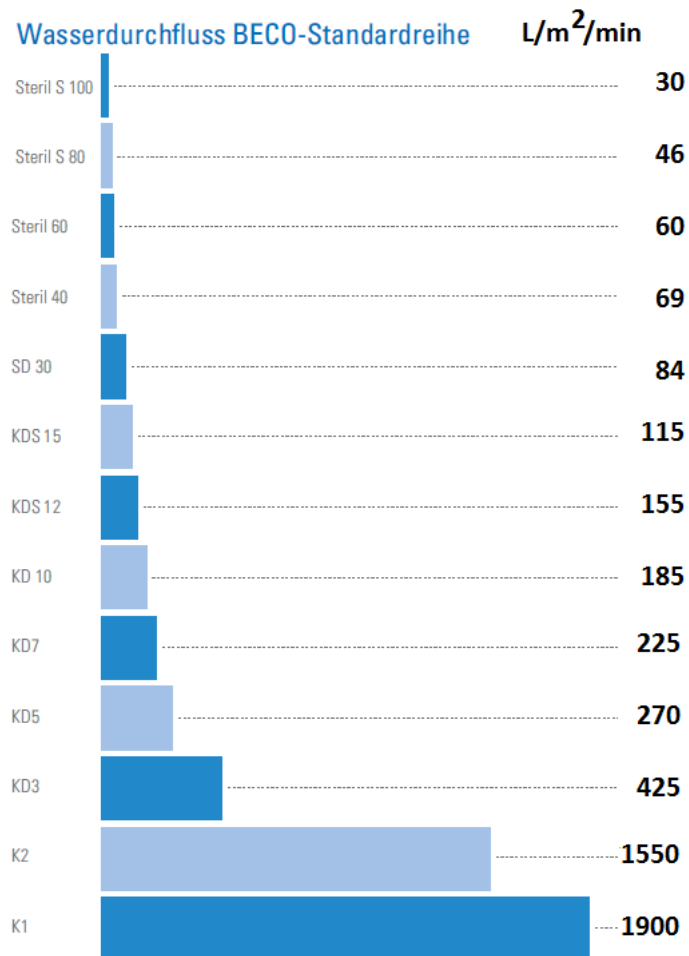
- Somit ergibt sich folgende Gleichung: 
$$\Delta p = \left( \frac{\dot{V}}{A} \right) \cdot L \cdot \eta_l \cdot r_L$$

- Auf verschiedenen Datenblättern oder auch älteren Publikationen wird als Masseinheit für die Durchlässigkeit noch „Darcy“ bzw. „mDarcy“ verwendet:  
1 Darcy = 10<sup>-12</sup> m<sup>2</sup>.

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Wasserdurchfluss, Wasserdurchlässigkeit, Durchflusszahl DZ

- Im Gegensatz zu Filterhilfsmitteln wird bei Tiefenfilterschichten die **Wasserdurchlässigkeit** in L/m<sup>2</sup>/min bei den Bedingungen  $\Delta p=100$  kPa (1 bar) und Wassertemperatur 20 °C angegeben.

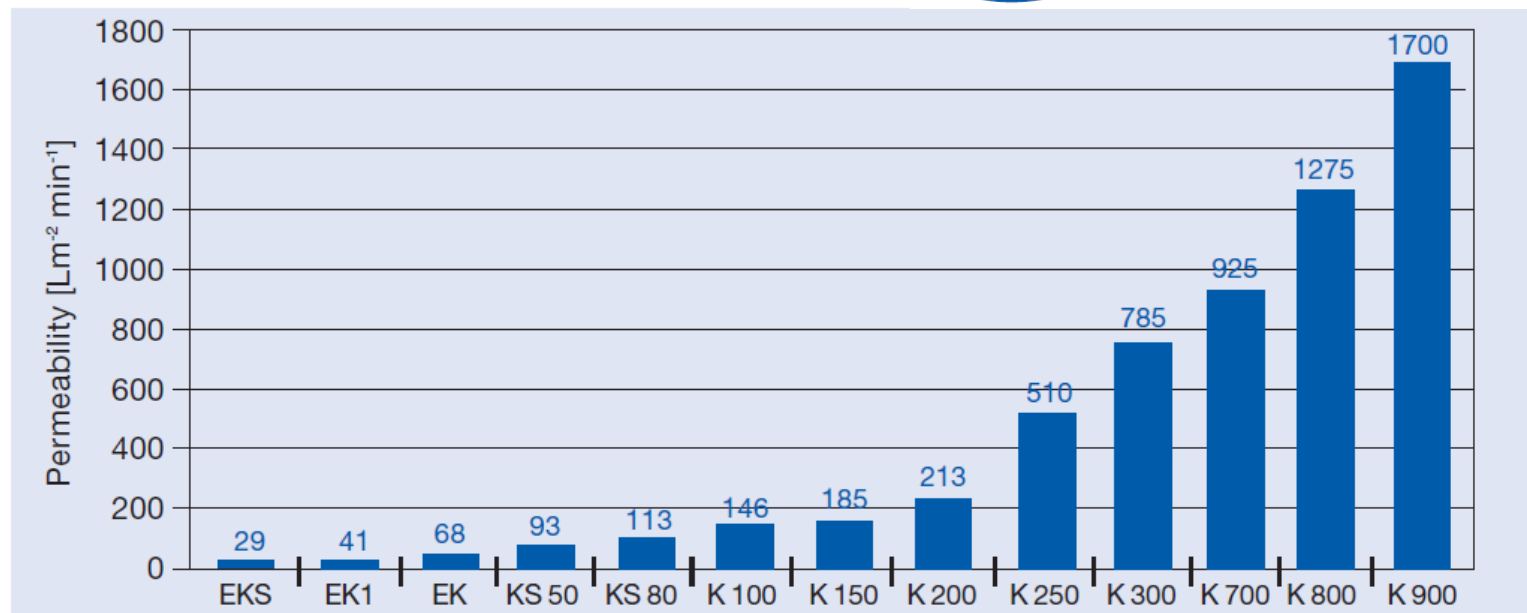
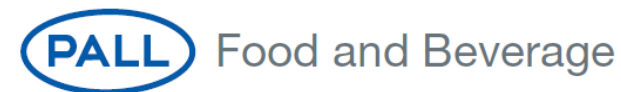


Sheet type		Water equivalent* [l/m <sup>2</sup> min] $\Delta p = 1$ bar
Standard	High performance (increased capacity)	
FILTRODUR®		>2500
AF 6		2800–3600
AF 9		1500–2100
AF 15		960–1240
AF 20		560–700
	AF 21H	690–865
AF 30		350–400
	AF 31H	280–360
AF 40		240–280
	AF 41H	240–300
AF 50		200–240
AF 70		160–200
	AF 71H	170–210
AF 100		115–145
	AF 101H	98–121
AF ST 110		68–80
AF ST 130		42–52
AF ST 140		26–34

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Wasserdurchfluss, Wasserdurchlässigkeit, Durchflusszahl DZ

- Im Gegensatz zu Filterhilfsmitteln wird bei Tiefenfilterschichten die **Wasserdurchlässigkeit** in  $L/m^2/min$  bei den Bedingungen  $\Delta p=100$  kPa (1 bar) und Wassertemperatur  $20$  °C angegeben.

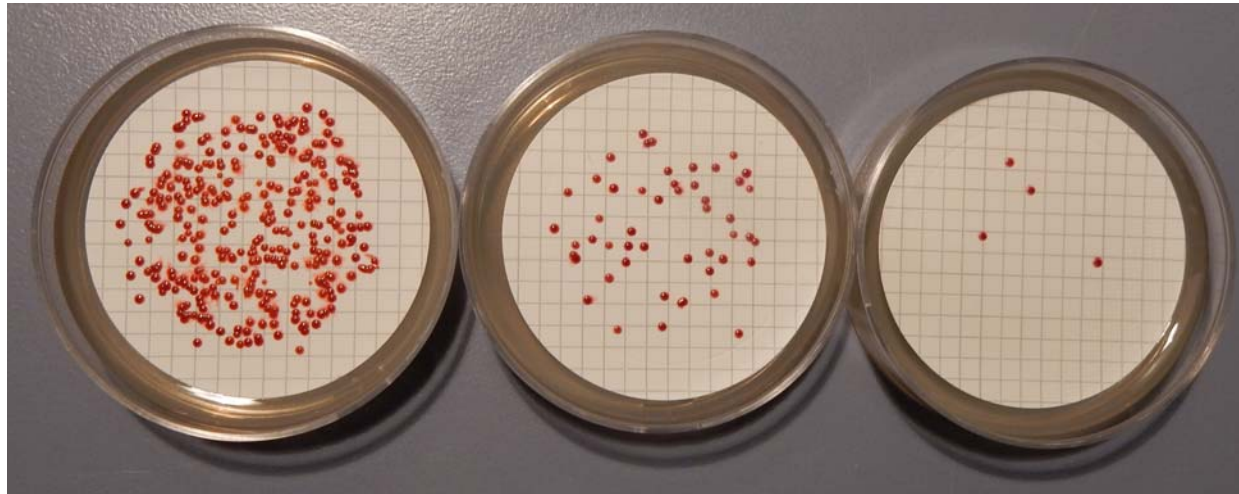


$\Delta p = 100$  kPa (1 bar),  $T = 20$ °C, medium  $H_2O$  [measurement figure for EKS - K 200 with extrapolation for measurement data at a  $\Delta p = 20$  kPa (0.2 bar)]

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Bakterienrückhalterate

- Das **Bakterienrückhaltevermögen** von Tiefenfilterschichten wird aus dem Unterschied der Keimdichte des Unfiltrats und der Keimdichte des Filtrates berechnet
- Je nach Schichttyp kommen verschiedene Bakterienarten oder Hefen zum Einsatz:
  - *Serratia marcescens* ATCC 14756
  - *Brevundimonas diminuta* ATCC 19146
  - *Saccharomyces cerevisiae* DSM 1333



Ergebnisse von unterschiedlichen Keimbelastungstests mit *Serratia marcescens*

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Logarithm Reduction Value (LRV)

- **Logarithmischer Reduktionwert (LRV)** der im Unfiltrat vorhandenen Keimbelastung
- Verhältnis Anzahl der Kolonien bildenden Einheiten (KbE) im Unfiltrat zu der Anzahl der KbE nach der Filtration im Filtrat

$$\text{LRV} = \log \frac{\text{KbE in Unfiltrat}}{\text{KbE in Filtrat}}$$

- LRV 7 bedeutet, das  $10^7$  KbE entfernt werden können, z.B.
  - Reduktion von  $10^7$  KbE auf  $10^0$  KbE oder
  - Reduktion von  $10^9$  KbE auf  $10^2$  KbE
- LRV >6 definieren einige Hersteller als Sterilfiltration

Eaton,2012

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Logarithm Reduction Value (LRV)

- **Logarithmischer Reduktionwert (LRV)** der im Unfiltrat vorhandenen Keimbelastung



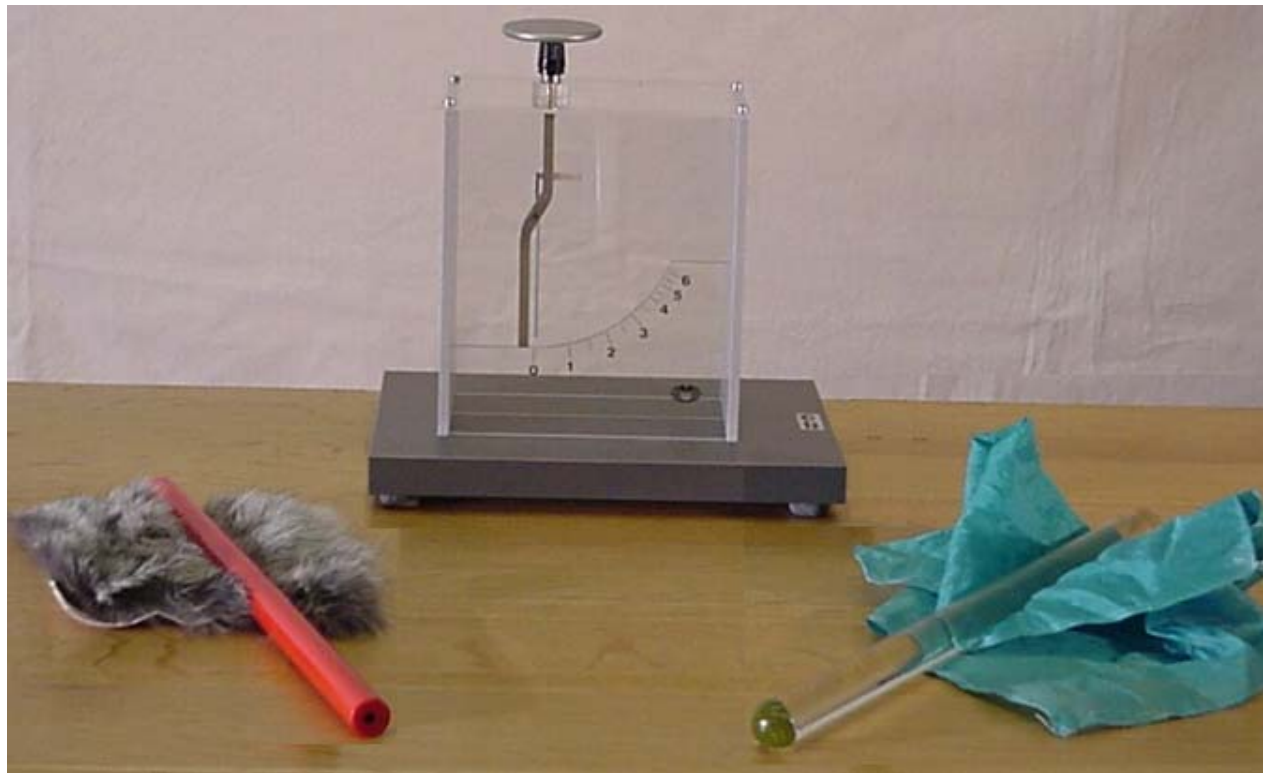
### Bacterial log reduction value (LRV)

Type	Test pathogen	Load	LRV
AF 100 / AF 101H	Reduction of pathogen quantity in filtrate		
AF ST 110	<i>Serratia marcescens</i>	$1.0 \times 10^7/\text{cm}^2$	>5
AF ST 130	<i>Serratia marcescens</i>	$1.0 \times 10^8/\text{cm}^2$	>7
AF ST 140	<i>Serratia marcescens</i>	$1.0 \times 10^9/\text{cm}^2$	>8
AF ST 145Z	<i>Serratia marcescens</i>	$1.0 \times 10^9/\text{cm}^2$	>8
AF ST 150	<i>Brevundimonas diminuta</i>	$1.0 \times 10^9/\text{cm}^2$	>8
Test germs	<i>Serratia marcescens</i> : ATCC 14756 <i>Brevundimonas diminuta</i> : ATCC 19146		

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Zetapotential / Oberflächenladung

- Ein PVC-Stab wird mit einem Katzenfell gerieben. Elektrische Ladungen werden dadurch getrennt. Der PVC-Stab ist negativ geladen.
- Im zweiten Versuch wird ein Glasstab mit einem Seidentuch gerieben. Der Glasstab ist positiv geladen. Zum Nachweis dient ein Elektroskop.



# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Zetapotential / Oberflächenladung

- Die **Oberflächenladung** - in der Regel quantifiziert als **Zetapotential** - ist ein weiterer Parameter für die Charakterisierung von Mineralien, Filterhilfsmitteln oder Tiefenfilterschichten.

- Helmholtz-Smoluchowski Gleichung :

$$\zeta = \frac{U_s \cdot \chi_l}{\Delta p} \cdot \frac{\eta_l}{\epsilon_w \cdot \epsilon_0}$$

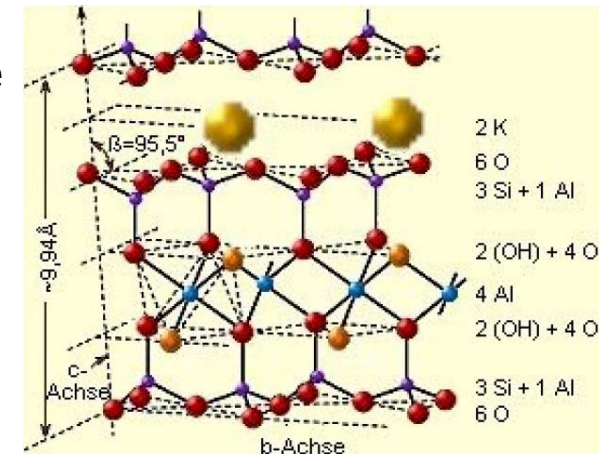
$U_s$ : Strömungspotential	[mV]
$\eta_l$ : Viskosität der Flüssigkeit	[Pa·s]
$\Delta p$ : Druckdifferenz in der Messzelle	[Pa]
$\epsilon_w$ : Dielektrizitätszahl von Wasser	[-]
$\epsilon_0$ : Dielektrizitätskonstante im Vakuum	[F·m <sup>-1</sup> ]
$\chi_l$ : Spezifische Leitfähigkeit	[S·m <sup>-1</sup> ]



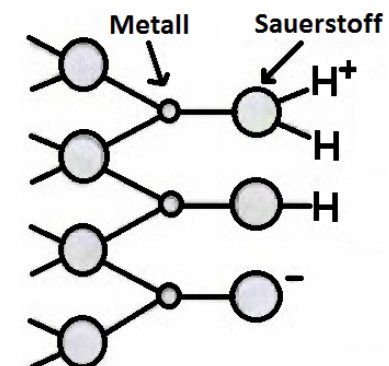
# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Zetapotential / Oberflächenladung

- **Permanente** Ladung: Es gibt verschiedene Mineralien, die aus Silicaten bestehen. Insbesondere die Dreischichtminerale Illit, Vermiculit und Smectit (Verwitterungsprodukte von Glimmer) weisen eine hohe negative Oberflächenladung auf. Aufgrund des isomorphen Ersatzes von  $\text{Si}^{4+}$  durch  $\text{Al}^{3+}$  in den Tetraederschichten, erhält die Oberfläche eine negative Ladung, welche durch die Adsorption von Kationen kompensiert wird.



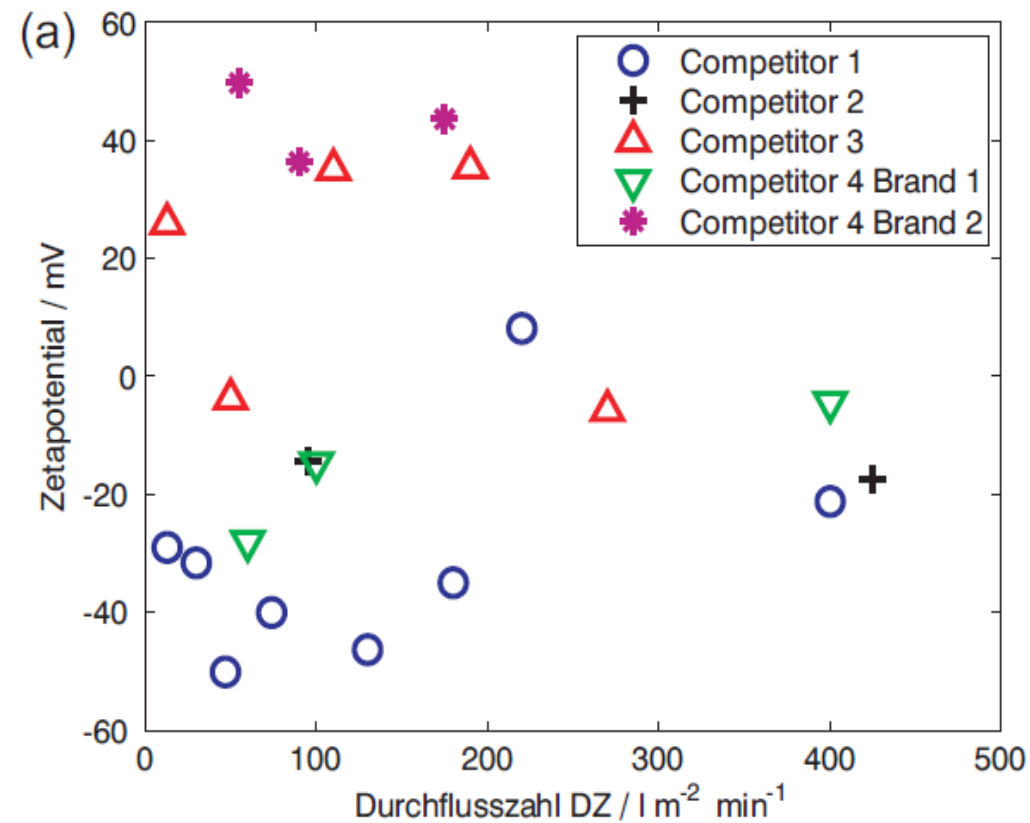
- **Variable** Ladung: diese Oberflächenladung ist veränderlich, denn die variable Ladung verändert sich entsprechend des vorliegenden pH-Werts
- Die im Mineral vorkommenden funktionellen Gruppen  $\text{AlOH}$  und  $\text{FeOH}$  spalten bei hohem pH-Wert ein Proton ab, sie werden somit negativ geladen und erhöhen das Kationen-Adsorptionsvermögen.
- Bei sehr niedrigem pH-Wert nehmen sie jedoch ein Proton auf, ihre Ladung wird dann positiv, was dazu führt, dass nun auch Anionen adsorbiert werden können.



# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Zetapotential / Oberflächenladung

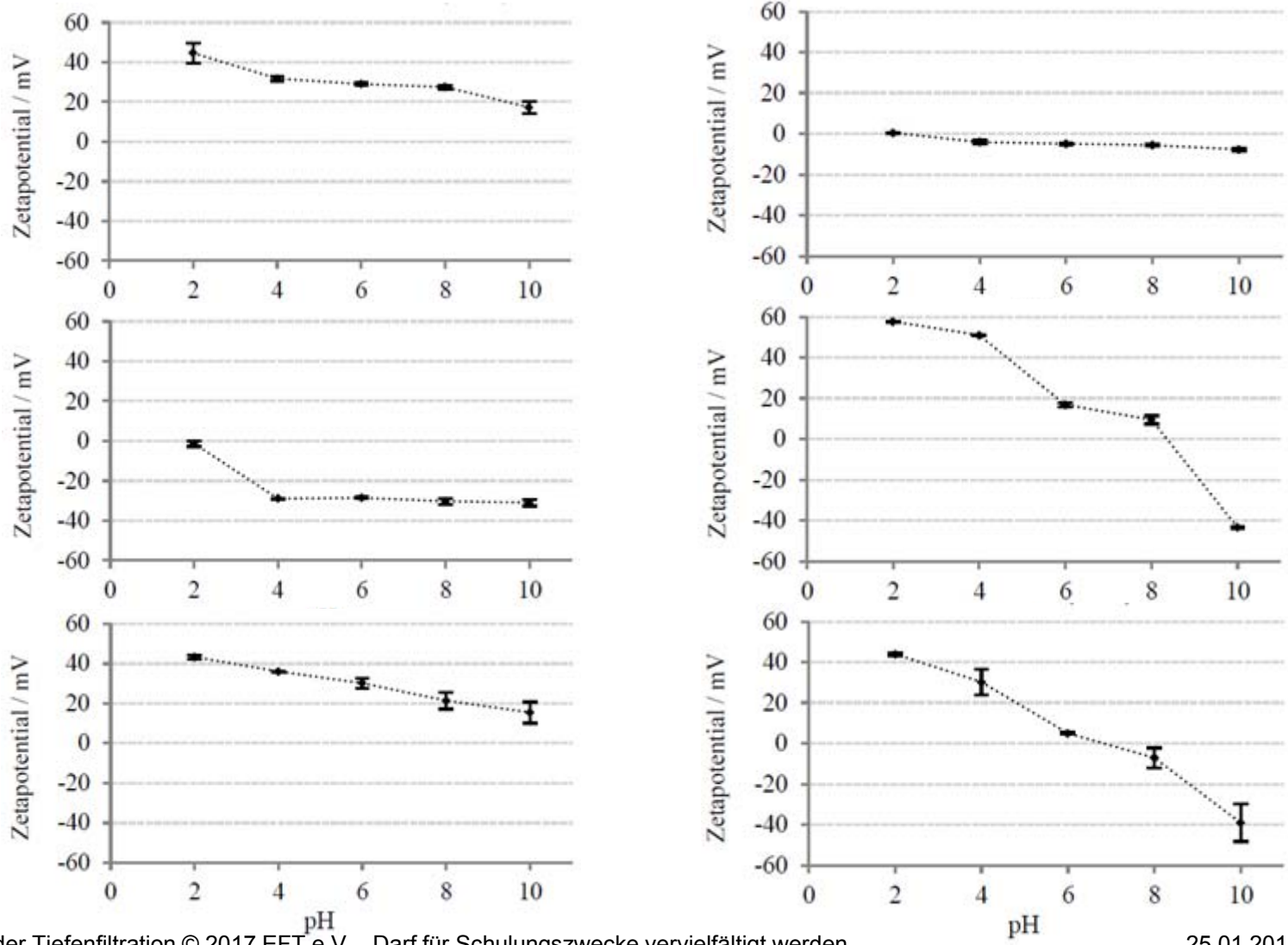
- **Zetapotential** von verschiedenen Filterschichten in Abhängigkeit von der Durchflusszahl.



# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Zetapotential / Oberflächenladung

- **Zetapotential** von verschiedenen Filterschichten in Abhängigkeit vom pH-Wert



# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Chemische Beständigkeit

Chemische Beständigkeit der BECO-Tiefenfilterschichten gegenüber verschiedenen Lösungsmitteln bei einer Kontaktzeit von 3 Stunden bei 20 °C. Diese Angaben sind nur Richtwerte und dienen ausschließlich der Orientierung.

Lösungsmittel	Mechanische Beständigkeit	Aussehen des Lösungsmittels	Lösungsmittel	Mechanische Beständigkeit	Aussehen des Lösungsmittels	Lösungsmittel	Mechanische Beständigkeit	Aussehen des Lösungsmittels
Wässrige Lösungen:						Organische Lösungsmittel:		
Zuckerlösung, 10%	b	kV	Salzsäure 1%	b	kV	Methanol	b	kV
mit 1% freiem Chlor	b	kV	3%	b	kV	Ethanol	b	kV
mit 1% Wasserstoffperoxid	b	kV	5%	b	kV	Isobopanol	b	kV
mit 30% Formaldehyd	b	kV	10%	b	kV	Toluol	b	kV
mit 10% Ethanol	b	kV	Salpetersäure 1%	b	kV	Xylol	b	kV
mit 40% Ethanol	b	kV	3%	b	kV	Aceton	b	kV
mit 98% Ethanol	b	kV	5%	b	kV	Ethylmethylketon	b	kV
Natronlauge 1%	b	kV	10%	b	kV	n-Hexan	b	kV
2%	b	kV	Schwefelsäure 1%	b	kV	Dioxan	b	kV
4%	b	0	3%	b	kV	Cyclohexan	b	kV
Ammoniaklösung, 1%	b	kV	5%	b	kV	Tetrachlorethylen	b	kV
3%	b	kV	10%	b	kV	Ethylenglykol	b	kV
5%	b	kV	Essigsäure 1%	b	kV	Dimethylsulfid	b	kV
			3%	b	kV	N, N-Dimethylformamid	b	kV
			5%	b	kV			
			10%	b	0			

*b = beständig*

*kV = keine Veränderung*

*0 = leichte Opaleszenz*

# Charakterisierung von Tiefenfilterschichten

## Chemische Beständigkeit

### Chemical resistance

Substance	Concentration [%]	Resistance T = 20 °C	Resistance T = 80 °C
NaOH	1	r	r
	2	r	lr
HCl	5	r	lr
HNO <sub>3</sub>	5	r	lr
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10	r	lr
Acetic acid	Conc.	r	r
Citric acid	10	r	r
Peracetic acid	0.1	r	r
Butanol	80	r	r
Ethanol	80	r	r

r = resistant; lr = limitation in resistance

Please contact FILTROX directly for other chemicals.

# Einsatzgebiete

## Allgemein

Ziel der Tiefenfiltration ist das

- Entfernen von unerwünschten
  - Trubstoffen und/oder
  - Mikroorganismen
- aus Flüssigkeiten
- mit dem Ziel der
  - Haltbarmachung des Produkts
  - optischen Verbesserung des Produkts
- in den Anwendungsbereichen
  - Farben, Tinten, Kleber, Prozesswasser, Biodiesel, hochviskose Flüssigkeiten, Getränke, Chemikalien, Kosmetika, Extrakte, Enzyme, Gelatine, Zuckerlösungen, etc.



Filtrox, 2016; Eaton, 2012; Pall, 2007

# Einsatzgebiete

## Lebensmittel und Getränken



### Bier

- Partikelentfernung
- Polierfiltration
- Endfiltration (Bakterienentfernung)



### Spirituosen

- Partikelentfernung
- Entfernung von Kältetrübungen
- Abfüllfiltration



### Wein und Sekt

- Partikelentfernung
- Klärfiltration
- Filtration nach Stabilisierung
- Vorfiltration vor dem Einsatz von Endfiltern



### Fruchtsaft

- Partikelentfernung
- Klärfiltration
- Filtration nach Stabilisierung
- Vorfiltration vor dem Einsatz von Endfiltern
- Entfernung von *Alicyclobacillus Acidoterrestris*



### Zucker und Gelatine

- Partikelentfernung
- Polierfiltration
- Endfiltration (Bakterienentfernung)



### Wasser

- Partikelentfernung
- Kolloidentfernung

Eaton, Filtrox, Pall 2016

# Einsatzgebiete

## Life Sciences



### Pharmazeutik

- API
- Naturheilmittel
- Vaccine
- Filtration von therapeutischen Proteinen
- Separation von Filterhilfsmitteln und Adsorbentien



### Biotechnologie

- Klärfiltration von Fermenterbrühen
- Zellabtrennung nach der Fermentation
- Schutz von Chromatographiesäulen
- Vorfilter für nachfolgende Membranfiltration
- DNA- und Virusentfernung

Eaton, Filtrox, Pall, 2016



### Aromen & Duftstoffe

- Feinklärung der Extrakte

### Kosmetik

- Entfernung von Mikropartikeln aus Kosmetik-Grundstoffen



### Chemie

Entfernung von Mikropartikeln aus

- Ölen und Schmierstoffen
- Lacken
- Pestiziden
- Kühlmitteln

# Einsatzgebiete

## Servicemedien

### Servicemedien

- **Spülwasser**
  - Partikelentfernung
  - Kalkablagerungen
  - Endfiltration (Entkeimung)
- **Dampf**
  - Rost
  - Partikelentfernung
  - Kalkablagerungen
- **Reinigungslösung**
  - Partikelentfernung
- **Gase (Druckluft, Stickstoff, Kohlensäure)**
  - Partikelentfernung
  - Endfiltration (Entkeimung)

Begerow, 2008

# Einsatzgebiete in Lebensmitteln und Getränken

## Anwendung von Tiefenfilterschichten



### Handhabung, Filtervorbereitung

- Tiefenfilterschichten werden in Schichtenfiltern eingesetzt. Die Schichten müssen bei der Bestückung des Filters benetzt und bei industriellen Anwendungen und in der Getränkeindustrie vor der ersten Filtration mit 50 l/m<sup>2</sup> sauberem Wasser bei 1,25facher Anströmgeschwindigkeit vorgespült werden, falls dies nicht schon nach der Sterilisation erfolgt ist. In der Regel entspricht dies je nach Anwendungsfall einer Spülzeit von 10 – 20 Minuten. Den gesamten Filter bei maximalem Betriebsdruck auf Dichtheit prüfen.
- Durch das Vorspülen kann ein leichter Papiergeschmack im Filtrat zu Beginn der Filtration eliminiert werden.
- Hochprozentige alkoholische Lösungen und chemische Produkte, die keine Vorspülung mit Wasser zulassen, sollten 10 – 20 Minuten im Kreislauf gefahren werden. Die Spüllösung ist anschliessend zu verwerfen.

Eaton; Filtrox; Pall, o.J.

# Einsatzgebiete in Lebensmitteln und Getränken

## Anwendung von Tiefenfilterschichten

### **Sterilisationsbedingungen**

- Die Schichten können mit heissem Wasser (85°C) oder Inline-Sattdampf (125°C bis max. 134°C) sterilisiert werden.

### **Differenzdruck**

- Üblicherweise ist die Filtration zu beenden, wenn ein Differenzdruck von 300 kPa/3 bar erreicht ist.
- Für Anwendungen zur Abtrennung von Mikroorganismen sollte aus Sicherheitsgründen ein Differenzdruck von 150 kPa/1,5 bar nicht überschritten werden.

### **Regeneration**

- Bei gewissen Anwendungen ist es möglich, den Filter zu regenerieren. Beachten Sie hierzu bitte die speziellen Anweisungen der Hersteller.

Eaton; Filtrox; Pall, o.J.

# Einsatzgebiete in Lebensmitteln und Getränken

## Anforderungsprofil

- Verwendung hochwertiger Rohstoffe mit niedrigem Fremdionengehalt
- geringe Farbretenion
- gute Regenerierbarkeit
- gutes Abdichten im Filter
- Keimrückhaltung
- hohe mechanische Stabilität
- kein Kleben
- keine Geruchs- und Geschmacksabgabe
- optisch blankes Endprodukt
- Filtrat frei von sichtbaren Partikeln
- spezielle Produktinhaltsstoffe durch Filtration so weit zu reduzieren, dass sie später unter definierten Bedingungen nicht vom gelösten in den ungelösten Zustand übergehen können und als partikuläre Trübung in der gefüllten Flasche auftreten
- Erhaltung der wertgebenden Inhaltsstoffe
- selektive Filtration

Eaton,2012; Pall, o. J.

# Einsatzgebiete in Lebensmitteln und Getränken

## Einflussgrößen auf Filtrationseffekt und Filterstandzeit

- Eingesetztes Filtermedium
- Quantitative Trubbelastung (Vorfiltration)
- Art der filtrationshemmenden Inhaltsstoffe
  - $\beta$ -Glucane insbesondere als  $\beta$ -Glucan-Gel-Struktur (Verbindungen von  $\beta$ -Glucan mit Proteinen u.a.)
  - Eiweissstoffe
  - Polyphenole
  - Kultur-, Fremdhefen, schleimbildende Bakterien
- Anströmgeschwindigkeit, bzw. Filterfläche
- Druckstösse
- Temperatur (Viskosität, Löslichkeit)
- regelmässige Regeneration/Reinigung des Filtermediums

Eaton,2012

# Einsatzgebiete in Lebensmitteln und Getränken

## Einflussgrößen auf Filtrationseffekt und Filterstandzeit

- Korrekte Entlüftung
- maximale Fließgeschwindigkeit -> abhängig von Anwendung; generelle Empfehlungen:
  - Grob-/Klärfiltration 700-1000 L/m<sup>2</sup>h = 120-160 L/h pro 40x40cm Schicht
  - Feinfiltration max. 700 L/m<sup>2</sup>h = 120 L/h pro 40x40cm Schicht
  - Sterilfiltration 350-450 L/m<sup>2</sup>h = 56-72 L/h pro 40x40cm Schicht
- maximaler Differenzdruck ( $\Delta p$ ; Unterschied zwischen Eingangs- und Ausgangsdruck)
  - Grob-/Klärfiltration bis max. 3 bar -> je feiner die Schicht, desto geringer der Differenzdruck
  - Sterilfiltration bis max. 1,5 bar
- gleichmäßige Durchströmung
  - konstante Fließgeschwindigkeit
  - kein «stop and go»

Filtrox, 2016

# Einsatzgebiete in Lebensmitteln und Getränken

## Einflussgrößen auf Filtrationseffekt und Filterstandzeit

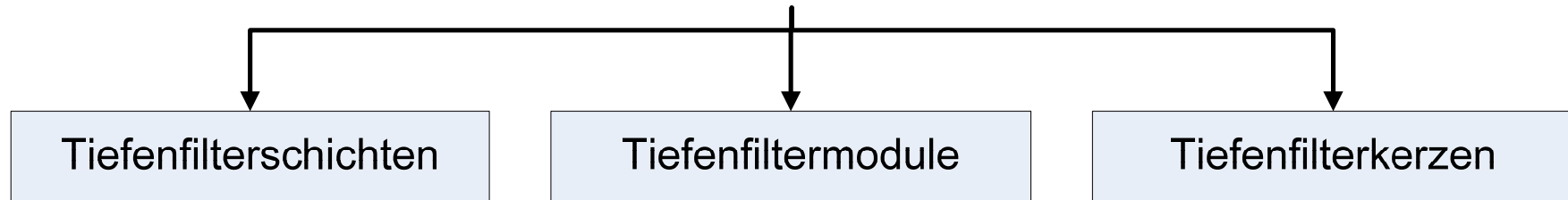
- Wein- und Fruchtsaft
  - Klärfiltration ca. 700-850 l/m<sup>2</sup>/h bis max. 3 bar Druckdifferenz
  - Entkeimungsfiltration ca. 300-450 l/m<sup>2</sup>/h bis max. 1,5 bar Druckdifferenz
- Zuckersirup bei 55-65°C
  - Klärfiltration ca. 1000 l/m<sup>2</sup>/h
  - Entkeimungsfiltration ca. 400 l/m<sup>2</sup>/h
- Wasser
  - Klärfiltration ca. 1400 l/m<sup>2</sup>/h
  - Entkeimungsfiltration ca. 500 l/m<sup>2</sup>/h
- Luft
  - Entkeimungsfiltration ca. 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h

Schenk, o. J; .

# Tiefenfiltration

## Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise

### Bauformen Tiefenfiltern



Pall, 2011; Eaton, 2015

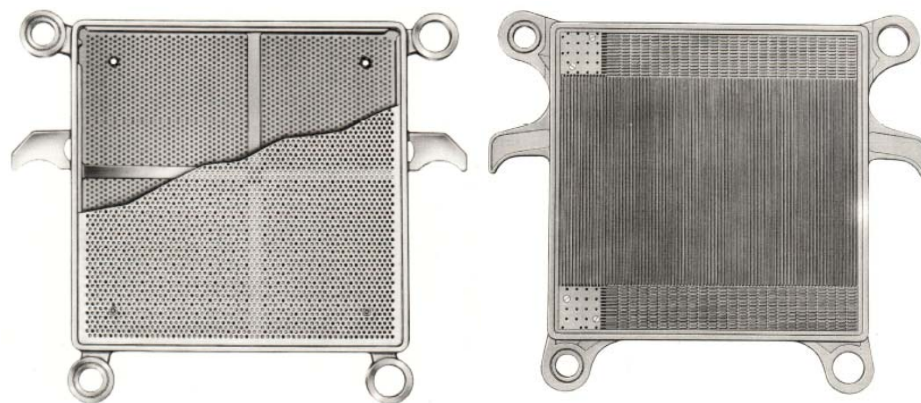
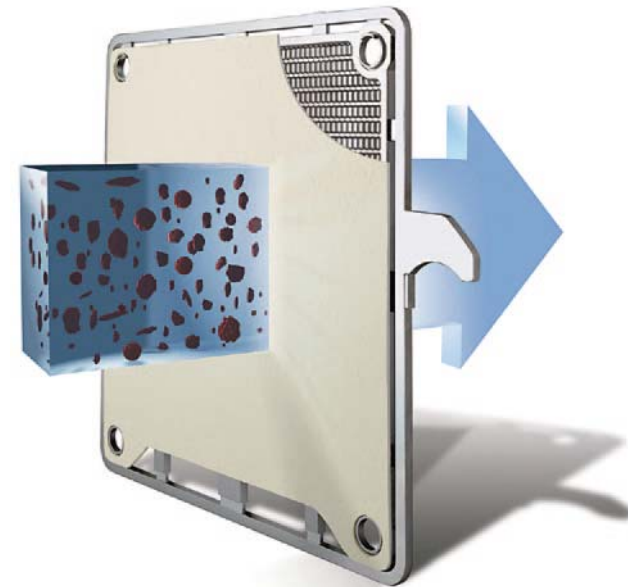
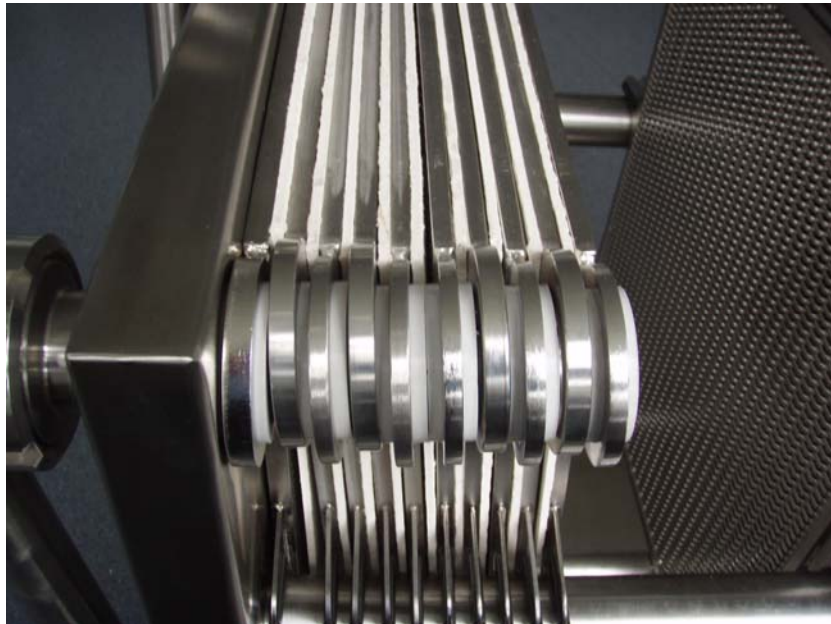
# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise

## Tiefenfilterschichten - Prinzip

- Bei der Schichtenfiltration durchläuft das Unfiltrat (die zu filtrierende Flüssigkeit / Suspension) flache Filterschichten, welche aus Cellulosefasern mit/ohne Zusatz von Kieselgur, Perlit und gelegentlich Polymere aufgebaut sind und das Medium durch Sieb- und Tiefenwirkung klären.
- Für einen möglichst kontinuierlichen Filtrationseffekt ist die Porenstruktur asymmetrisch aufgebaut: auf der Unfiltratseite der Filterschichten sind die Poren am größten, auf der Filtratseite am feinsten.

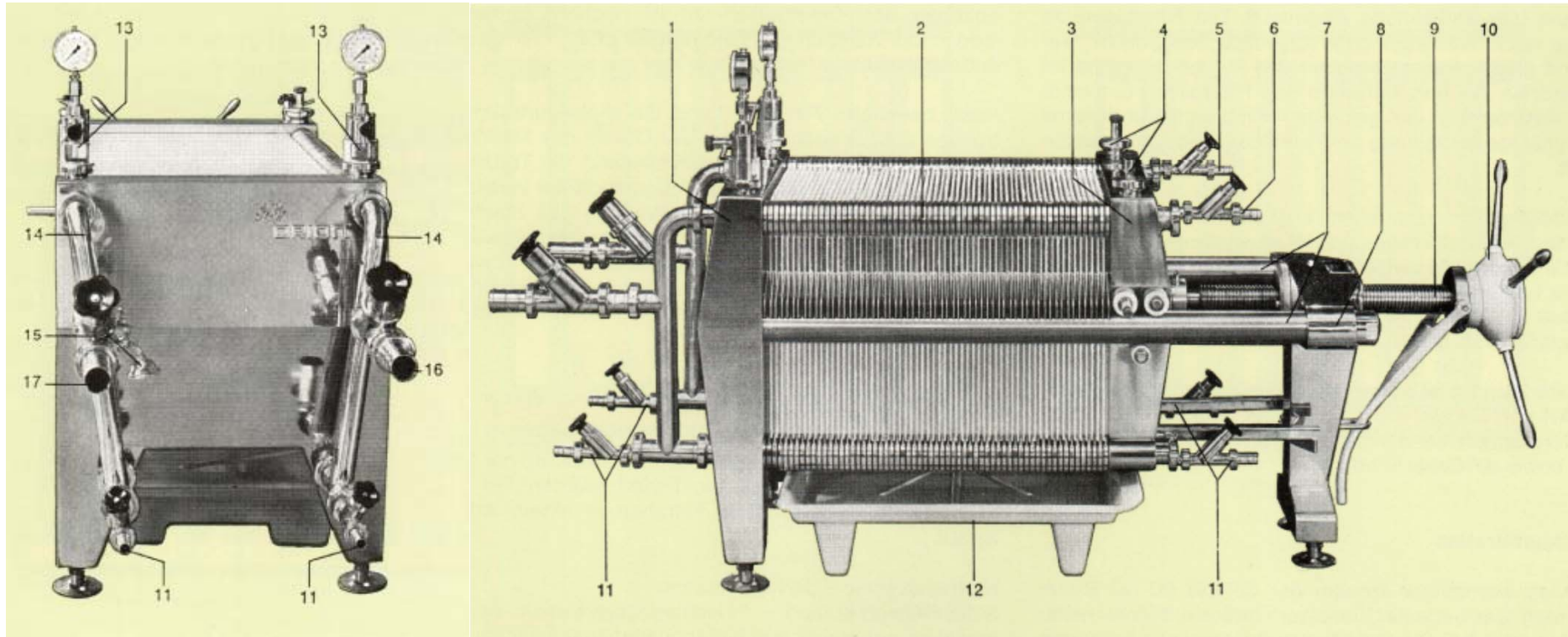
Kretz,2007

# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise Tiefenfilterschichten



Schenk, o. J.; Seitz, o. J.; , Schneider, 2015

# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise Tiefenfilterschichten

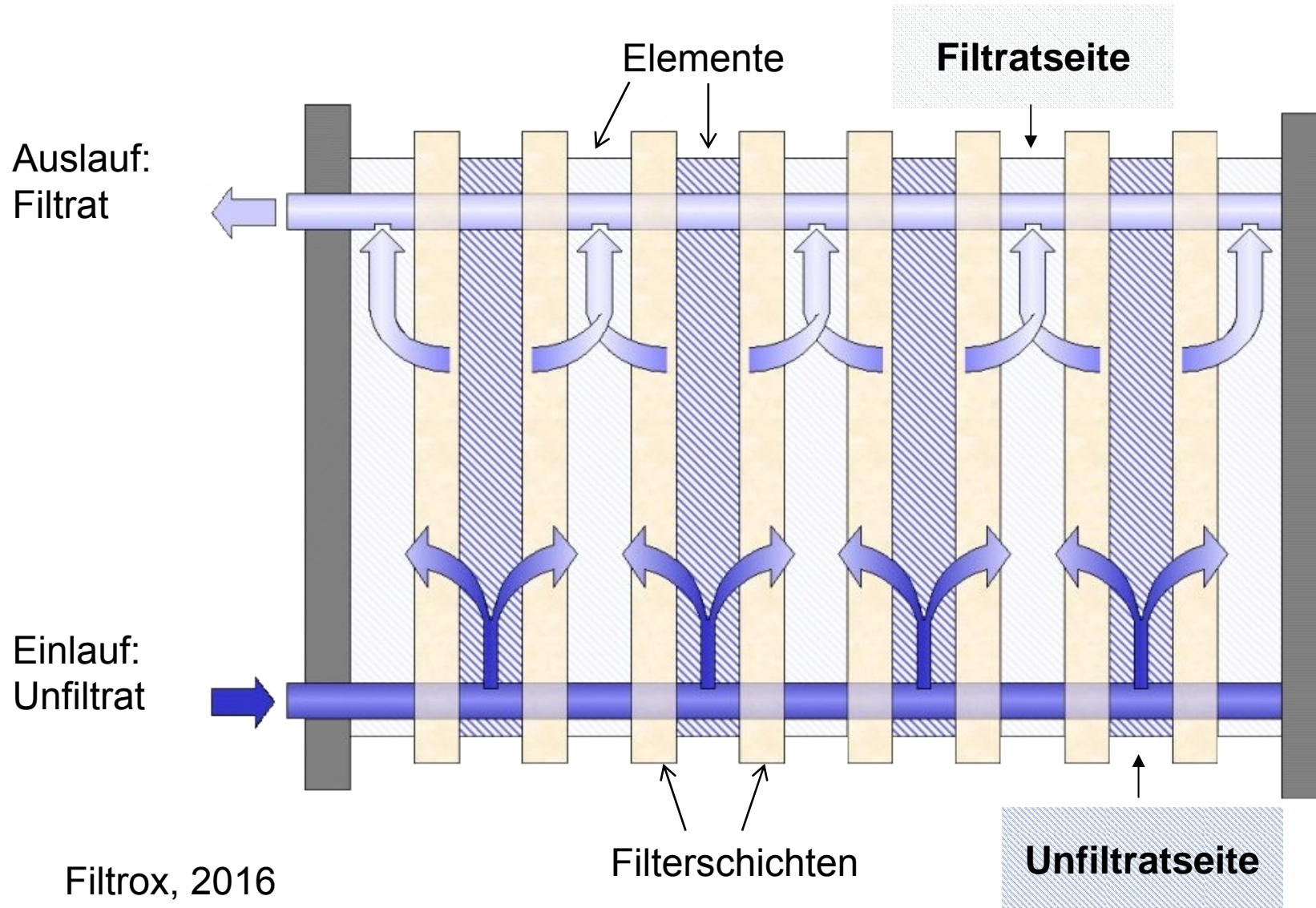


- |   |   |    |                    |    |  |
|---|---|----|--------------------|----|--|
| 1 | Armaturendeckel                         | 7  | Tragstange         | 13 | Schaugläser mit Entlüftung und Manometer |
| 2 | Filterpaket                             | 8  | Filtertraverse     | 14 | Steigleitung                             |
| 3 | Beweglicher Filterdeckel                | 9  | Anpressspindel     | 15 | Probenahmeventil                         |
| 4 | Entlüftungsventil                       | 10 | Schaltrandrad      | 16 | Zulauf (Filtereingang)                   |
| 5 | Entlüftungsventil (auch Dampfanschluss) | 11 | Entleerungsventile | 17 | Ablauf (Filterausgang)                   |
| 6 | Entlüftungsventil (auch Druckanschluss) | 12 | Auffangwanne       |    |  |

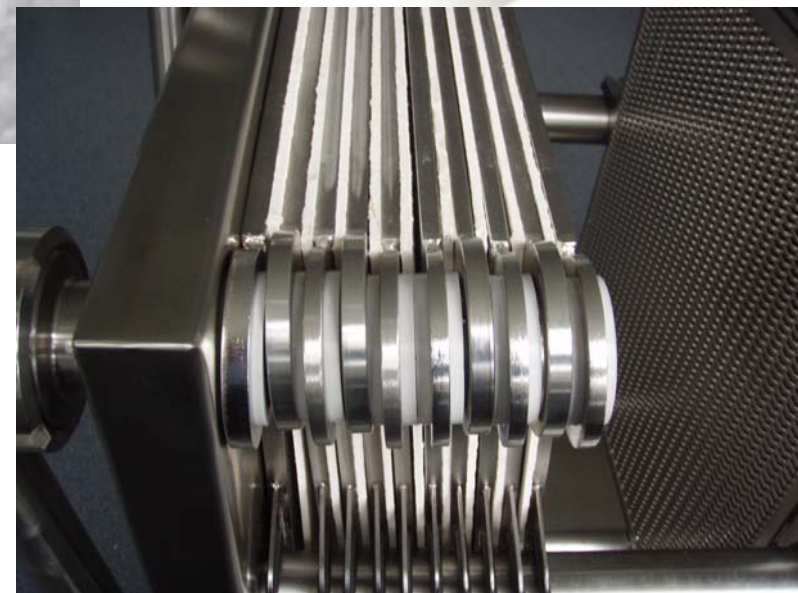
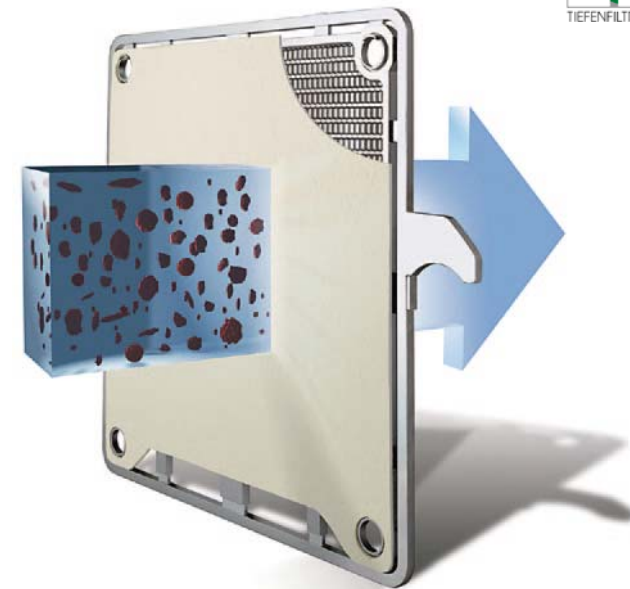
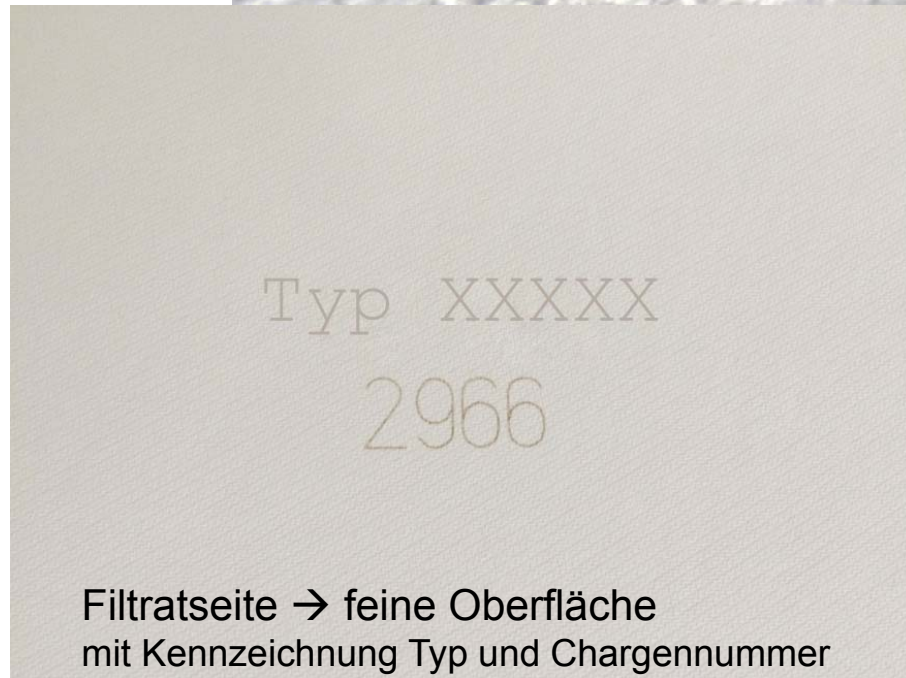
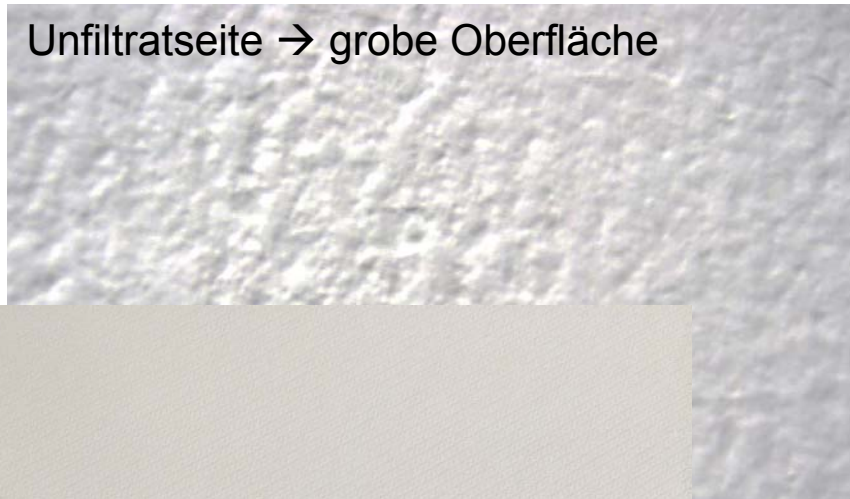
**Seitz, o. J.**

# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise

## Tiefenfilterschichten



# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise Tiefenfilterschichten



Filtrox, 2016; Schneider, 2015

# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise

## Tiefenfiltermodule - Prinzip

- Tiefenfiltermodule sind eine Weiterentwicklung der Schichtenfiltration, in dem die Tiefenfilterschichten als runde Scheiben in ein Kunststoffgerüst eingebettet werden. Durch diese Bauweise können diese als Modul in einem Gehäuse untergebracht werden und eine geschlossene Filtration ist möglich.

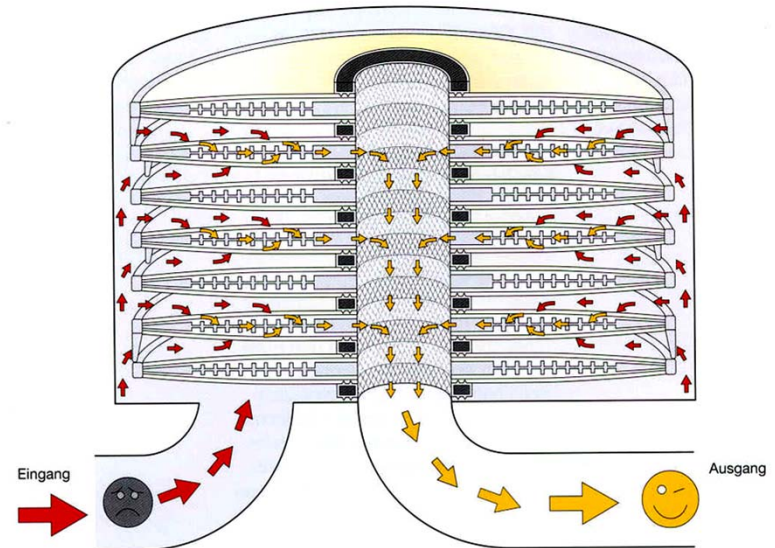
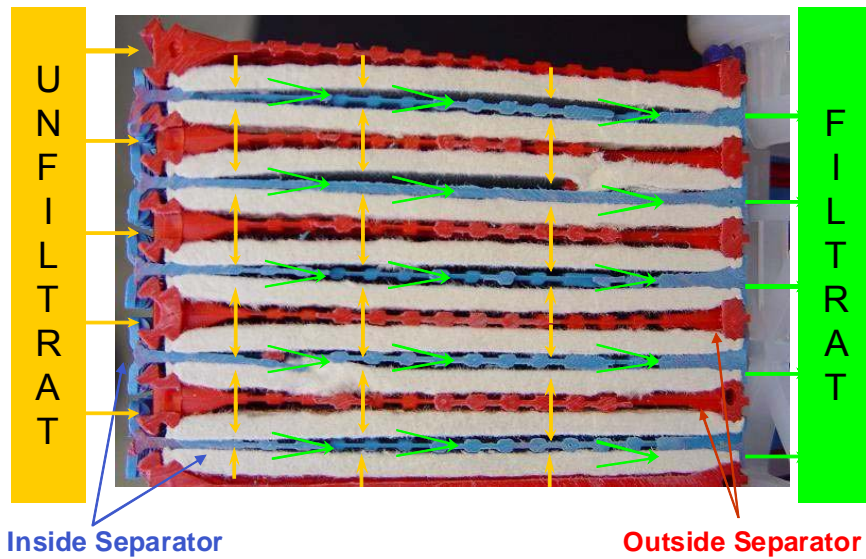
Ein Modul besteht aus mehreren überlagerten, linsenförmigen Filterschichten, wobei das Medium im Innern über einen zentralen Kanal abgeleitet wird. Zusätzlich dient dieser Kanal als Stütze und verhindert, dass die Module durch das Eigengewicht zerquetscht werden.



Filtrox, 2008

# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise

## Tiefenfiltermodule - Fließschema



Pall, 2011; Eaton, 2012

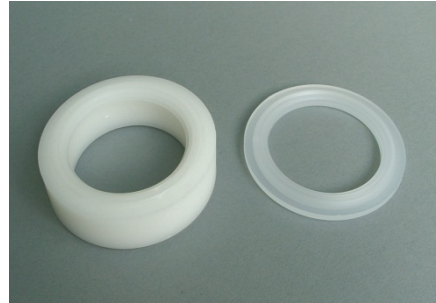
# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise

## Tiefenfiltermodule - Bauelemente



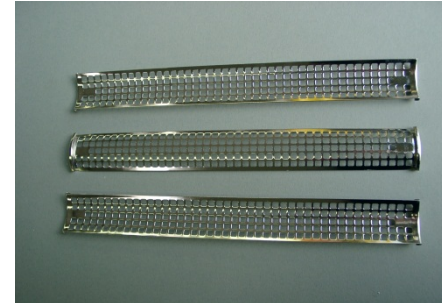
Filterzelle

+



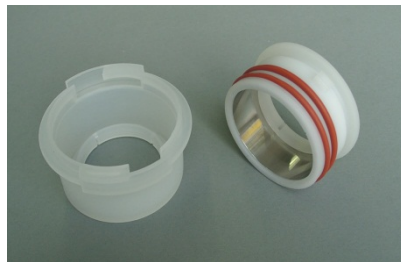
Zwischenringe

+



dreigeteilte Edelstahl-  
segmenthülse oder  
einteilige Kunststoffhülse

+



Doppel O Ring-  
Adapter

(



Flachadapter

)

=



Eaton, 2012

# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise

## Tiefenfiltermodule - Bauelemente



Eaton, 2012; Pall, o. J.; Filtrix, 2016

# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise

## Tiefenfiltermodule - Spezialitäten



**FILTRODISC™ PLUS<sup>2</sup>**  
BACKFLUSHABLE LENTICULAR MODULE



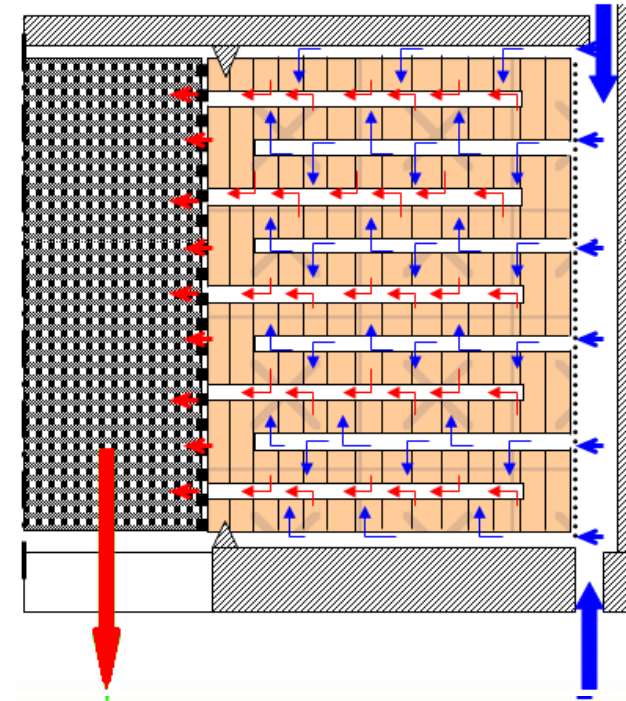
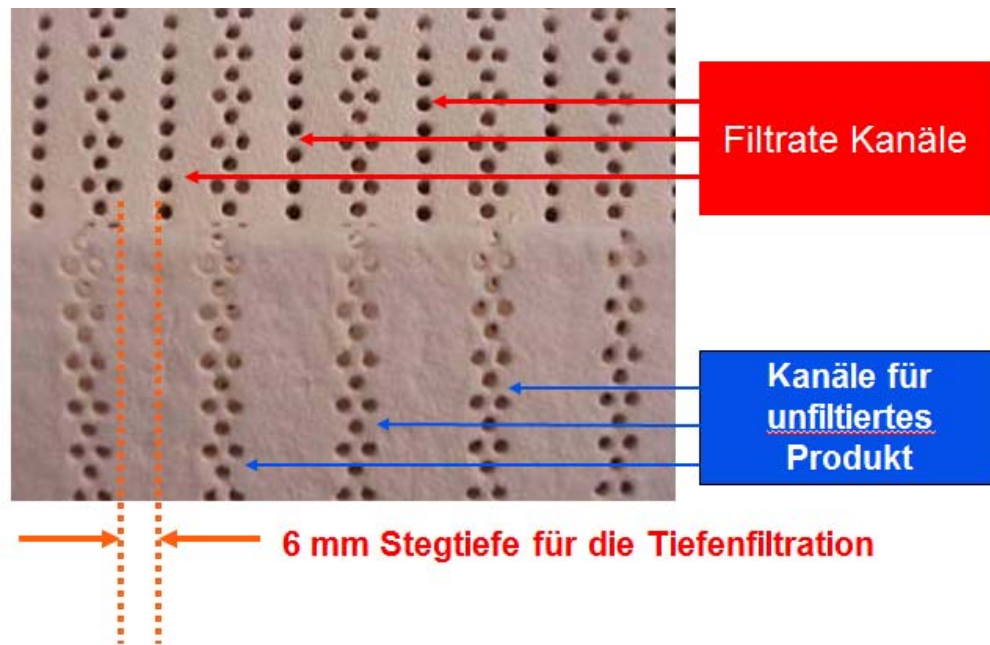
**CARBOFIL™ PLUS**  
LENTICULAR MODULE WITH EXTRA CARBON CAPACITY

Filtrox, 2016

# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise

## Tiefenfiltermodule - Spezialitäten

- **Edge Flow System**  
Filterschichten mit spezieller Prägung werden um eine Kunststoff Kernhülle gewickelt.



Pall, 2007

Suprapak™

# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise

## Tiefenfiltermodule - Eigenschaften

- sterilisierbar
- platzsparende Anordnung
- Regenerierbar,  
je nach Herstellung in oder gegen Fliessrichtung (Rückspülung)
- gute Durchflussleistung
- guter Ertrag
- geeignet für grosse Filtrationsmengen
- Differenzdruck nicht grösser 2 bar  
(Zusammenquetschen der Module)

# Bauformen, Gerätschaften, Arbeitsweise Tiefenfiltermodule

## Vorteile

- geschlossenes System (Hygiene)
- keine Tropfverluste
- Druckentleerung der Gehäuse beim Produktwechsel
- kaum Produktvermischung
- geringerer Platzbedarf
- geringere Rüstzeiten
- leichtere Handhabung

## Einsatzgebiete

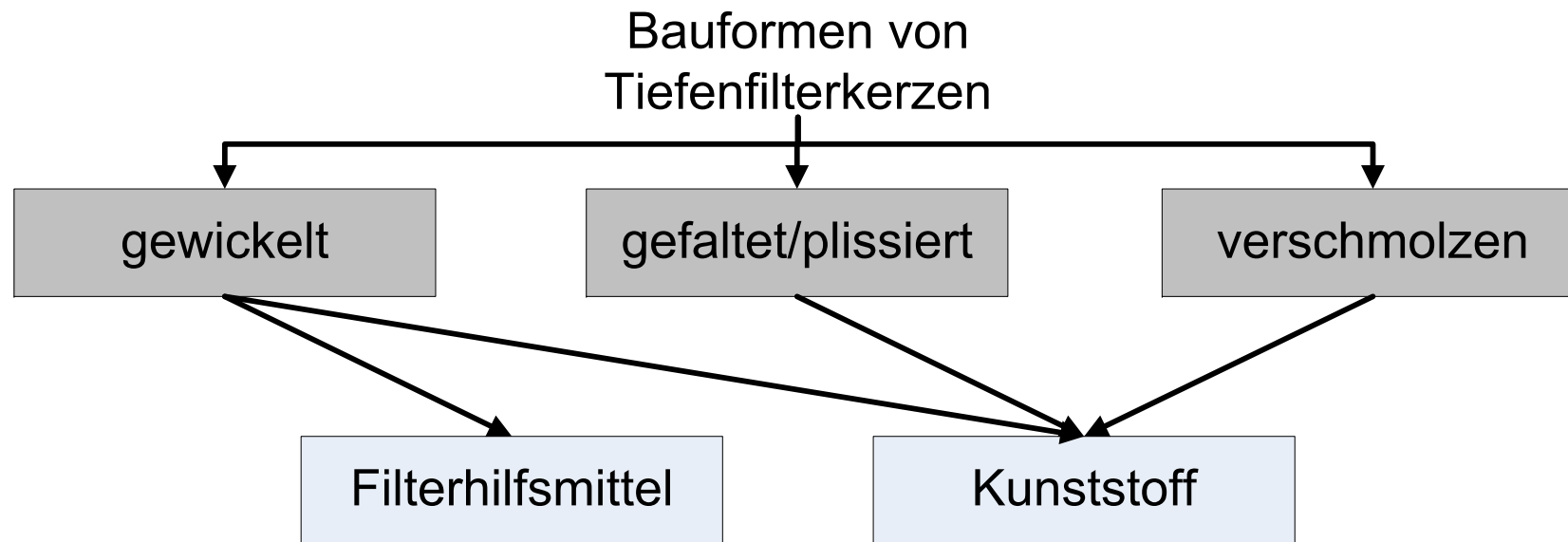
- Allgemein
- Schwerpunkt als Vorfilter vor Entkeimungsfiltration



Pall, o. J.

# Bauformen und Gerätschaften

## Tiefenfilterkerzen - Bauformen



# Bauformen und Gerätschaften

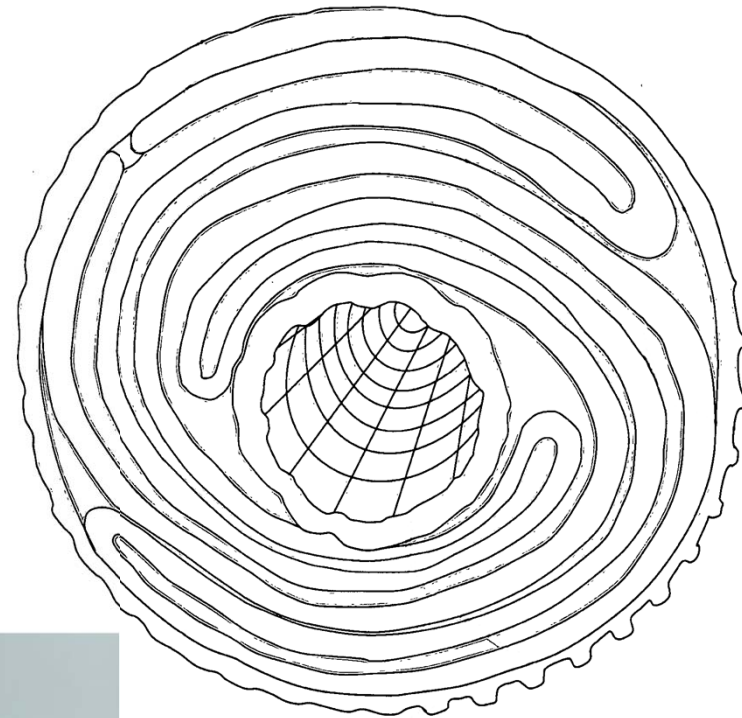
## Tiefenfilterkerzen - Bauformen

- gewickelte Tiefenfilterkerzen
  - aus Filterhilfsmitteln
  - aus Kunststoffvliesen
    - Polypropylen (PP)
    - Nylon (PA)
    - Polyester (PE)
- Gefaltete/plissierte Tiefenfilterkerzen
  - aus Kunststoffvliesen
- verschmolzene Tiefenfilterkerzen
  - aus Kunststoffvliesen



# Bauformen und Gerätschaften

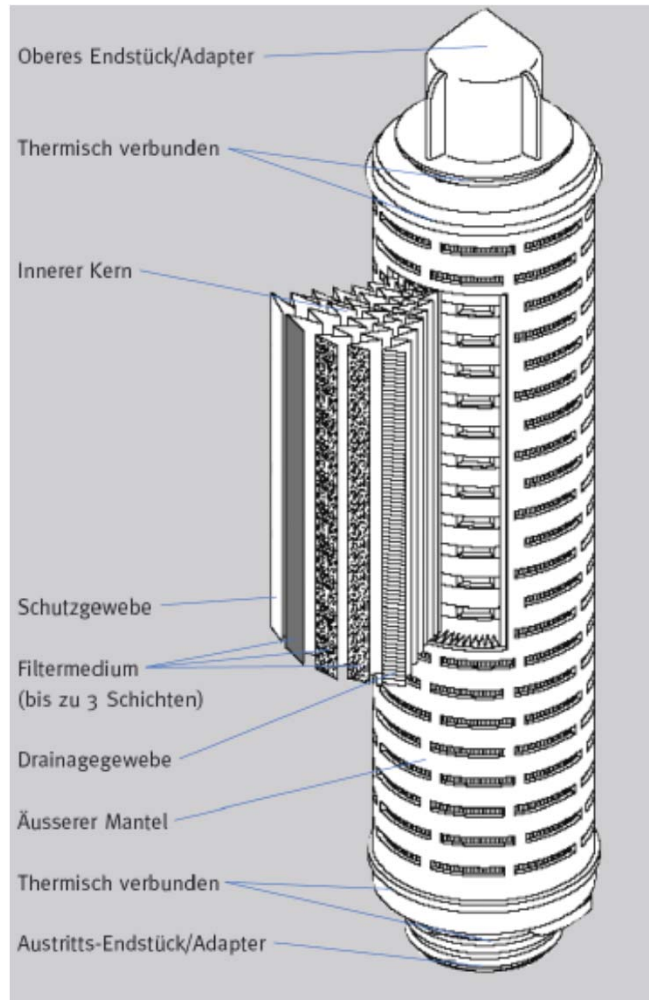
## Tiefenfilterkerzen – gewickeltes Material



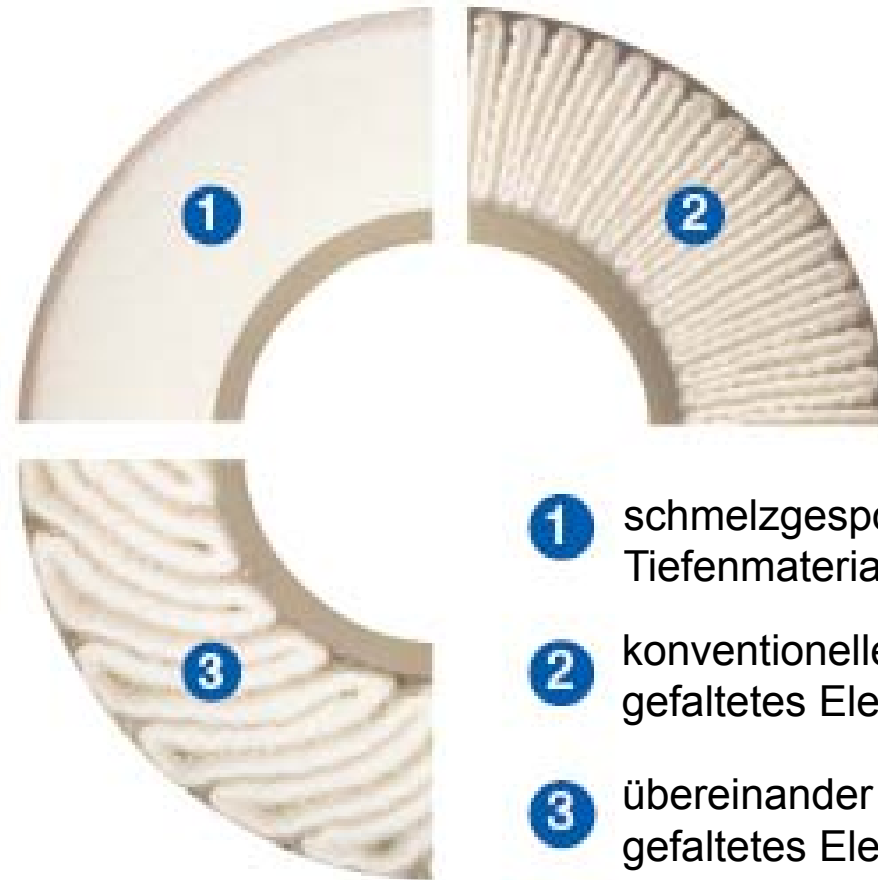
Eaton, 2015

# Bauformen und Gerätschaften

## Tiefenfilterkerzen – geschmolzenes und gefaltetes Material



swissfilter, o. J.



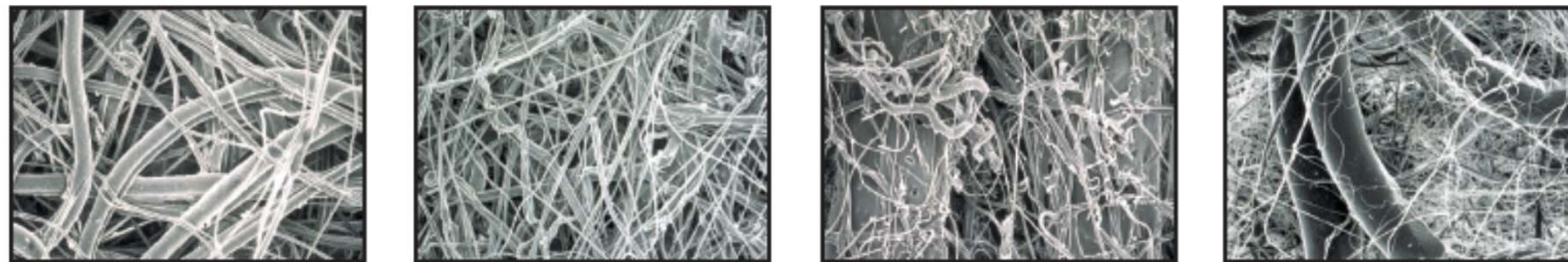
- 1 schmelzgesponnenes Tiefenmaterial
- 2 konventionelles gefaltetes Element
- 3 übereinander gefaltetes Element

Pall, 2014

# Bauformen und Gerätschaften

## Tiefenfilterkerzen – Porengrößenabstufung bei Kunststoffmaterial

### Mikroskopische Aufnahme (75 x ) einer Tiefenfilterkerze aus Polypropylen

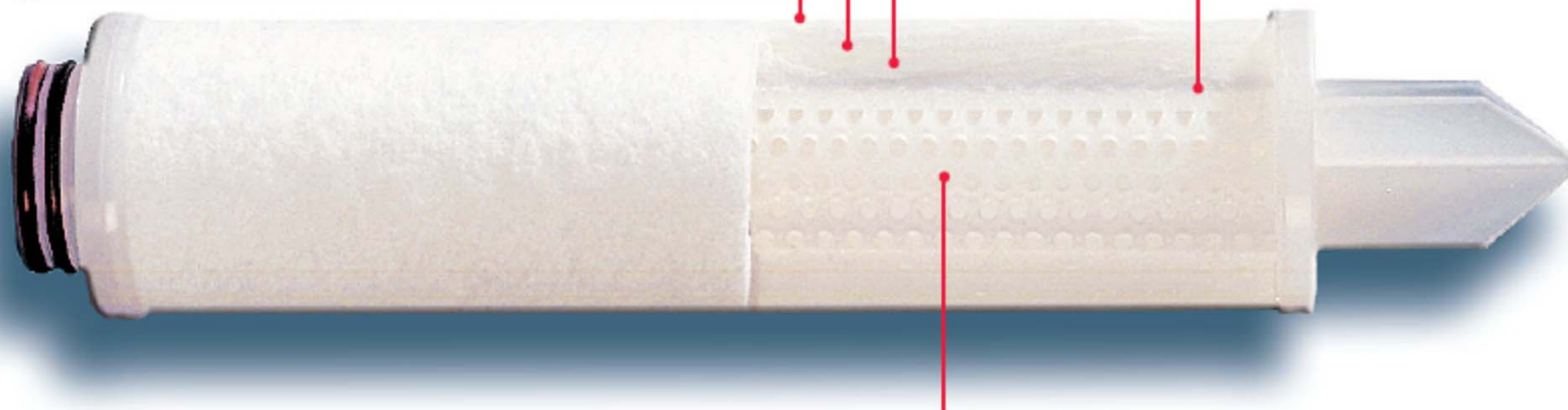


äußere  
Vorfilterzone

mittlere  
Vorfilterzone

mittlere  
Vorfilterzone

Endfilterzone



Gehäusekörper in Abhängigkeit der Bauform

Pall, 2014

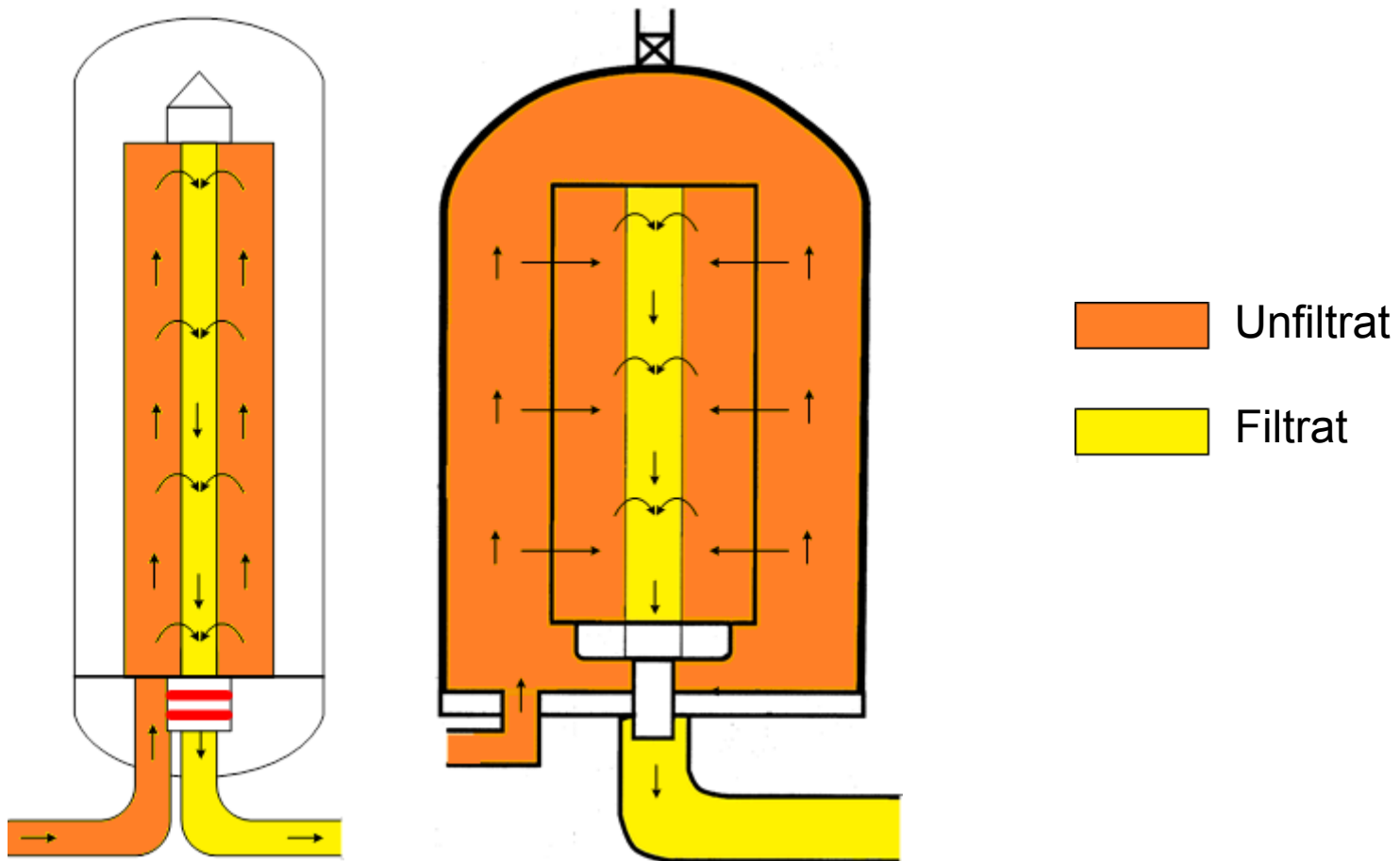
# Bauformen und Gerätschaften

## Tiefenfilterkerzen – Prinzip

- Die Filtration mit Tiefenfilterkerzen hat zum Ziel, in einem Filtrationsgang möglichst viele Partikel verschiedenster Grösse zurückzuhalten.
  - Dies wird bei den **Kunststoffmaterialien** erreicht, indem der Porendurchmesser der aufeinanderfolgenden Filtrationsschichten der Filterkerze von aussen nach innen kontinuierlich abnimmt. Durch diesen asymmetrischen Aufbau werden die grössten Teilchen an der Oberfläche und die feinsten Teilchen in der Tiefe der Filterkerze zurückgehalten. Trennmechanismus ist somit die Sieb Wirkung.
  - Bei Tiefenfilterkerzen ist der Aufbau denen der klassischen Schichten identisch, so dass hier neben der Sieb- auch die Tiefenwirkung in Form der Sedimentation und Adsorption genutzt wird.
  - Filtrationsrichtung in Abhängigkeit der Porengrössenstruktur
    - meist von aussen nach innen

# Bauformen und Gerätschaften

## Tiefenfilterkerzen - Fließschema



# Bauformen und Gerätschaften Tiefenfilterkerzen – Bauelemente



# Bauformen und Gerätschaften

## Tiefenfilterkerzen – Eigenschaften

- lange Standzeiten
- hohe Schmutzaufnahmekapazität
- breites Filtrationsspektrum
- Schutz von nach geschalteten Filtersystemen (Membranfiltersysteme) geringere Differenzdruck
- gute Rückspülbarkeit
- sterilisierbar
- geringe Kosten
- nur nominelle Rückhalteraten
- Partikeldurchbrüche bei hohen Differenzdrücken und Pulsationen
- je nach Klärungsgrad kann mit einer 30"-Tiefenfilterkerze eine Leistung von 500 bis 900l/h erzielt werden

Kretz,2007

# Bauformen und Gerätschaften

## Tiefenfilterkerzen

### Vorteile

- geschlossenes System (Hygiene)
- keine Tropfverluste
- Druckentleerung der Gehäuse beim Produktwechsel
- kaum Produktvermischung
- geringerer Platzbedarf
- geringere Rüstzeiten
- leichtere Handhabung

### Einsatzgebiete

- Allgemein
- Schwerpunkt als Vorfilter vor Endkeimungsfiltration
- Filtration von Servicemedien



# Entsorgung von Tiefenfilterschichten

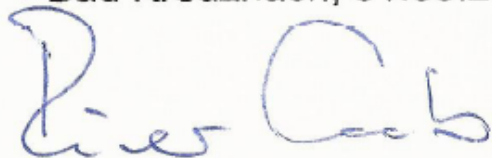
## Stellungnahme zur Entsorgung von Filterschichten

Die Europäische Fachvereinigung Tiefenfiltration (EFT) bestätigt hiermit, dass es sich bei gebrauchten Standard-Tiefenfilterschichten, welche von Ihren Mitgliedern produziert wurden, nicht um kontrollpflichtigen Abfall oder um Sonderabfall handelt. Gebrauchte Tiefenfilterschichten sind biologisch abbaubar gemäss DIN EN ISO 13432 oder können unter Berücksichtigung der geltenden örtlichen Vorschriften mit dem normalen Siedlungsabfall thermisch oder in Deponien entsorgt werden. Dies gilt, solange die Tiefenfilterschichten während des Filtrationsprozesses nicht in Kontakt mit toxischen Substanzen gekommen sind.

Diese Stellungnahme gilt auch für in Tiefenfiltermodulen oder anderen Produkten verwendete Filterschichten.

Der EFT empfiehlt seinen Mitgliedern, diese Sachverhalte auf den entsprechenden Sicherheitsdatenblättern und technischen Informationen produktspezifisch zu deklarieren.

Bad Kreuznach, 31.05.2015



Reiner Gaub  
Chairman / Vorsitzender



Dr. Cristian Rusch  
Vice-Chairman / Vizevorsitzender

## Weiterführende Literatur

### **Handbuch der mechanischen Fest-Flüssigtrennung**

- Klaus Luckert (Hrsg.), Vulkan-Verlag 2004

### **Filtration and Purification in the Biopharmaceutical Industry**

- Maik W. Jornitz, Theodore H. Meltzer (editors), Drugs and the Pharmaceutical Sciences Vol. 174, informa healthcare, 2008

### **Technologie des Weines**

- Jochen Hamatschek, Ulmer-Verlag, 2015

## Quellenverzeichnis

### **Firmeninfos (Eaton/Begerow, Filtrox, Pall/Seitz Schenk)**

- Eaton Technologies GmbH, Begerow Product Line, An den Nahewiesen 24  
D-55450 Langenlonsheim
- Filtrox AG, Moosmühlestrasse 6, CH-900 St.Gallen
- Pall GmbH - Food & Beverage, Planiger Strasse 137, D-55543 Bad Kreuznach

### **Kretz, 2007**

- Einführung in die Filtrationstechnik,  
Interaktives Lernprogramm für Lehrlinge, Studenten und Berufsleute  
Realisation: Thomas Kretz, Dipl. Ing. Oenologe, Version 2.1, Stand Mai 2007  
Keller Fluid Pro AG, *CH-8049 Zürich*

### **Troost, 1986**

- Gerhard Troost, "Zur Geschichte der Weinfiltration". In: Schriften zur  
Weingeschichte Nr. 79. Wiesbaden: GGW 1986.

### **Troost, 1988**

- Gerhard Troost, Handbuch "Technologie des Weines", 6. Auflage 1988

# Quellenverzeichnis

## **Berdelle-Hilge 1987**

- Die Verfahrenstechniken im 19. Jahrhundert, Philipp Hilge GmbH, Bodenheim/Rh.

## **Hofbauer 2016**

- Handbuch der praktischen Kellerwirtschaft, Otto Hofbauer Verlag der Wissenschaften GmbH & Co. KG

## **Filtrox 2007**

- Filtrox Specials, MTA: Stainless Steel Filter Equipment for Depth Filter Media, Photo Gallery 1/2007

## **Jornitz 2008**

- Maik W. Jornitz, Theodore H. Meltzer (editors), Filtration and Purification in the Biopharmaceutical Industry Drugs and the Pharmaceutical Sciences Vol. 174, informa healthcare, 2008

# Danksagung

## **EFT e.V. und seinen Mitgliedern**

vertreten durch:

Reiner Gaub, Pall GmbH / Pall Filtersystems GmbH

Dr. Cristian Rusch, Filtrox AG / Carlson Filtration Ltd.

Hans-J. Vogt, Eaton Technologies GmbH / E. Begeerow GmbH & Co.

## **Hochschule Geisenheim, Institut für Oenologie**

Frau Prof. Dr. Monika Christmann

## **Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Chemie und Biotechnologie**

Herr Prof. Dr. Christian Hinderling