

# Pflege eines Entfettungsbades mittels Membranfiltration

## Einleitung

Wir stellen in diesem Script die Anlagenlösung zur Pflege von Entfettungsbädern dar.



Dabei wird kurz die Problematik beschrieben und die Behandlung durch Membrantechnik aufgezeigt.

Im Weiteren wird ein Anlagenkonzept beschrieben.

## Inhaltsverzeichnis

1. Metallverarbeitende Industrie
  - 1.1 Chemische Emulsionstrennung
  - 1.2 Mechanische Emulsionstrennung
    - 1.2.1 Membranfiltration
    - 1.2.2 Prozessbeschreibung der Cross – Flow – Filtration
    - 1.2.3 Beschreibung einer Ultrafiltrationsanlage

2. Beispiel des Betriebes einer Entfettungsanlage
  - 2.1 Anlagenauslegung (Basisdaten)
  - 2.2 Membranauswahl
  
3. Detailierung einer Membrananlage zur Standzeit-verlängerung
  - 3.1 Basisgerät
  - 3.2 Erweiterung
    - 3.2.1 Temperaturüberwachung
    - 3.2.2 Entleerungspumpe
    - 3.2.3 Signalausgang u. Sammelstörung
  - 3.3 Reinigungseinheit
  
4. Fotos der Membrananlage
  
5. Kontakt

# 1. Metallverarbeitende Industrie

Die metallverarbeitende Industrie hat in Deutschland und Europa schon historisch eine besondere Bedeutung. Bekanntermaßen fallen bei den verschiedenen Fertigungsprozessen unterschiedliche Arten von Abwässern an. Tonnen von mit Wasser gemischten Kühlschmierstoffen müssen jedes Jahr entsorgt werden. Durch die stetige Modernisierung der Betriebe und die steigende Leistungsfähigkeit der Werkzeugmaschinen haben sich die Inhaltsstoffe der Kühlschmiermittel geändert. Hinzu kommen die Anforderungen aus den Bereichen Umwelt- und Arbeitsschutz. Die Anbieter dieser Stoffe müssen auf die verschiedenen und geänderten Kundenwünsche und Anforderungen flexibel reagieren.

Neuere Kühlschmierstoffe verzichten auf Zink-, Nitrit- und Chlorverbindungen, auf nicht abbaubare Tenside und Diethanolamine. Moderne Kühlschmiermittel beinhalten anionaktive Emulgatoren auf der Basis von Fettsäuren und Fettalkoholen.

Diese Stoffe liegen in der Praxis später in einem Öl-Wassergemisch – einer Emulsion – vor. Eine Emulsion ist ein disperses System, bei dem zwei nicht mischbare Flüssigkeiten eine optische Einheit ergeben. Dabei liegt die eine Flüssigkeit (disperse Phase: Öl/Fette usw.) als kleinste Tröpfchen in einer anderen Flüssigkeit (Dispersionsmittel: Wasser) vor. Durch grenzflächenaktive Substanzen (Tenside) werden die Emulsionen stabilisiert. Dabei lagert sich ihr lipophiler „Arm“ an die Öltröpfchen an und ihr hydrophiler Teil sorgt für die elektrischen Abstoßmechanismen der Emulsion.

Eingesetzte Stoffe wie nichtionisierte Emulgatoren bilden eine stabile Hülle um die dispergierten Ölteilchen und verhindern somit das Koagulieren. Leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe, Alkohole und Glykole dienen als Lösungsvermittler.

Die Problematik der Öl-/Wasseremulsionen für Umwelt und Gewässer sind in der Öffentlichkeit bekannt und bedürfen keiner ausführlichen Betrachtung. Die Notwendigkeit der Aufbereitung dieser Abwässer gilt somit als gegeben.

Der Gesetzgeber hat zusätzlich Richtlinien und Grenzwerte formuliert, die bei der Einleitung (sowohl von Direkteinleitern als auch von Indirekteinleitern) zwingend eingehalten werden müssen.

Die komplexen Abwasserinhaltsstoffe setzen sich aus organischen od. anorganischen, biologisch abbaubaren od. nicht abbaubaren, kolloidalen und emulgierten Stoffen zusammen. Durch die geänderten Bedingungen werden neue Anforderungen an bestehende und neu zu entwickelnde Verfahren in der Aufbereitungstechnik gestellt.

Die Emulsionstrennung soll die stabilisierende Wirkung der Emulgatoren aufheben und die ungelösten und gelösten Stoffe vom Wasser trennen. Die meisten Abwässer werden mit Hilfe von chemischen oder mechanisch/physikalischen Verfahren aufbereitet. Beide Verfahren haben sich erfolgreich durchgesetzt und stellen heute den Stand der Technik dar. Eine Emulsionstrennung kann also durch thermische oder mechanische Energiezufuhr oder/und durch chemische oder physikalische Reaktionen herbeigeführt werden.

In der Praxis findet jedoch das mechanische Verfahren der Membrantechnologie eine breite Anwendung. Diese bietet hohe Betriebssicherheit und niedrige Betriebskosten.

Im Wesentlichen unterscheidet man zwei Verfahren die hier erläutert werden sollen:

## **1.1 Chemische Emulsionstrennung:**

Durch den Einsatz von anorganischen Reaktionschemikalien (z. B. Eisen- u. Aluminiumsalzen) kann die grenzschichtaktive Wirkung eines Emulgators, also seine Ladung, neutralisiert werden. Dadurch wird eine Koagulation hervorgerufen. Das Hydroxid flockt aus und es kommt zur Anlagerung der Öle und Fette an die Chemikalien. Diesen Prozess nennt man Adsorptionskoagulation.

In neuerer Zeit hat die Anwendung von organischen Spaltnitteln eine breite Zustimmung gefunden. Diese Spaltnittel sind synthetische, hochpolymere Stoffe, welche eine Neutralisation der Ladungen an der

Oberfläche der Ölteilchen bewirken. Durch die eingesetzten Polymere kommt es zu einer Vernetzung der emulgierten Öl- und Fetttropfchen und dadurch zu einem zusätzlichen Auftrieb. Es findet eine Phasentrennung statt.

## **1.2 Mechanische Emulsionstrennung:**

Durch die Zufuhr mechanischer und thermischer Energie werden dispergierte Teilchen bis zu einer Überschreitung der Stabilitätsgrenze stetig zerschlagen, wodurch ein Umkehrprozess eingeleitet wird. Es kommt zur Überwindung des gegenseitigen Abstoßverhaltens und damit zur Koagulation der Teilchen. Die Emulsion zerfällt.

Als mechanisches Verfahren hat sich vor allem die Membrantechnologie (Mikro-/Ultrafiltration) durchgesetzt. Sie zählt heute mit zu den wirtschaftlichsten und betriebssichersten Aufbereitungsarten von Emulsionen.

### **1.2.1 Membranfiltration**

Die Mikro-/Ultrafiltration ist ein rein physikalisches Separationsverfahren, bei dem im molekularen Bereich mithilfe von Membranen eine Abtrennung von gelösten, dispergierten oder kolloidalen Substanzen aus vorwiegend wässrigen Medien erfolgt. Die Membranfiltration nutzt das aus der Natur geläufige physikalische Prinzip des Molekültransports durch eine semipermeable Membran aufgrund einer Druckdifferenz (Transmembrandruck). Hierbei werden Moleküle oder Partikel aufgrund von Größe, Gewicht oder Struktur an der Membran zurückgehalten. Die zu trennende Lösung strömt mit einer bestimmten Geschwindigkeit bei einem bestimmten Druck über die Membran (Cross – Flow – Prinzip).

Die größeren Moleküle (z.B. Öle, Fette, Polymere) werden an der Membran zurückgehalten, während kleinere Moleküle (z. B. Salze und Wasser) die Membran passieren können. Den zurückgehaltenen Teilstrom bezeichnet man als Retentat, den durch die Membran hindurchtretenden Teilstrom als Permeat (Filtrat).

### **1.2.2 Prozessbeschreibung der Cross – Flow – Filtration**

Das Verfahren unterscheidet sich von den traditionellen Filterverfahren dadurch, dass die abzuscheidende Phase sich nicht an der Oberfläche sammelt und den bekannten Filterkuchen bildet, sondern die Konzentration in der Flüssigkeit selbst erfolgt.

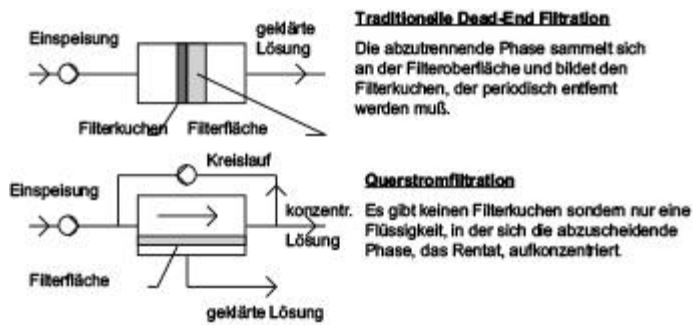


Abb. 1: Vergleich zwischen Querstrom- und Frontfiltration

Die abzutrennende Phase, im vorliegenden Fall das emulgierte Öl und eventuell vorhandene Feststoffe, werden in einem geschlossenen Kreislauf bis zur gewünschten Konzentration aufgebaut. Der hauptsächlichste Vorteil der Querstromfiltration ist die Umwandlung eines traditionell diskontinuierlichen Filterprozesses in einen kontinuierlichen Prozess, der automatisch ohne Überwachung ablaufen kann.

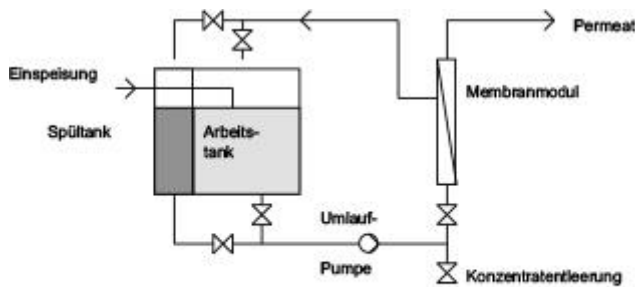


Abb. 2: Prinzipschema einer Querstromfiltrationsanlage

## 1.2.3 Beschreibung einer Ultrafiltrationsanlage

Die zu behandelnde Flüssigkeit wird mittels einer Speisepumpe über ein Steigrohr in die Vorlage (Tank) gepumpt. Diese ist als Beruhigungsstrecke gedacht und am Boden mit der benachbarten Koaleszenzkammer hydraulisch verbunden. In den Kammern trennt sich das freie Öl von der Lösung und kann durch höhenverstellbare Trichter über einen Entleerungshahn abgezogen werden. Die vorgereinigte Lösung gelangt durch Schwerkraft teils in die Rückleitung zum Feed-Tank und teils in den Arbeitstank zur Querstromfiltration. Die Querstromfiltration läuft in einem Kreislauf ab, bestehend aus Kreislaufpumpe, Membranmodul und Arbeitstank. Die im Kreislauf fahrende Flüssigkeit reichert sich wegen des an den Membranen abgezogenen Permeats fortlaufend mit der abzutrennenden Phase (Ölemulsion und / oder Feststoffe) an. Nach Erreichen einer entsprechenden Endkonzentration muss deshalb der Arbeitstank periodisch geleert werden. Die Kreislaufpumpe ist so ausgelegt, dass in der Membran eine ausreichende Längsgeschwindigkeit erreicht wird. Diese hohe Geschwindigkeit erzeugt erhebliche Scherkräfte, die die Bildung eines Filterkuchens auf der Membranoberfläche verhindern und damit hohe Permeatdurchsätze über einen langen Zeitraum gewährleisten.

Der Teil der Flüssigkeit, der die Membranwand durchquert hat, stellt das geklärte, von Emulsionen befreite Permeat dar. Dieses Permeat kann entweder erneut dem Fertigungsprozess oder mit niedrigen Gehalten an Kohlenwasserstoffen der weiteren Abwasserbehandlung zugeführt werden. Neben den drei schon genannten Tanks ist die Anlage mit einem vierten, dem Spültank ausgerüstet. Trotz der hohen Axialgeschwindigkeit durch die Module und der ölabweisenden Natur des Polymers belegt sich die Membranoberfläche nach und nach und eine Regenerierung wird erforderlich. Jedoch ergibt sich diese Notwendigkeit bei einem gut gewählten Porenspektrum der Membran erst nach einer verhältnismäßig langen Betriebsdauer (eine Woche bis mehrere Monate!).

Die Membran wird dann mit einem speziellen Reinigungsmittel regeneriert, das an Stelle der zu behandelnden Lösung mit derselben Kreislaufpumpe über die Module und den Spültank im Kreislauf gefahren wird. Dazu wird der Arbeitstank aus dem Kreislauf genommen und der Spültank zugeschaltet. Nach erfolgter Reinigung ist die Anlage wieder betriebsbereit.

## **2. Beispiel des Betriebes einer Entfettungsanlage**

Die Firma Schaeffler AG (ehemals FAG) mit Standorten in Wuppertal und Schweinfurt ist Hersteller von Lagern für unterschiedliche Anwendungen. Bei der Oberflächenbehandlung der verschiedenen Lagerteile müssen die Oberflächen immer wieder entfettet werden, damit diese weiter bearbeitet werden können. Dabei setzt man entweder Spritzsysteme oder Tauchsysteme ein. Bei beiden Systemen wird eine wässrige Lösung verwendet, die durch Netzmittel unterstützt wird.

Durch die Entfettung der Oberflächen gelangen Fette, Partikel und Öle in das Bad. Das Bad erschöpft sich dadurch und kann nach einer gewissen Standzeit (abhängig vom Badvolumen, den Durchlaufzeiten sowie der Größe der zu reinigenden Oberfläche) keine Fette/Öle mehr aufnehmen. Dann muss das Bad gereinigt werden.

Um eine Erschöpfung zu vermeiden muss man die Verunreinigungen permanent vom Bad abtrennen. Dazu nutzt man Membransysteme, die neben dem Bad platziert werden.

Bei der Firma Schaeffler AG wurden sowohl in Wuppertal als auch in Schweinfurt entsprechende Systeme erfolgreich etabliert. Die Systeme wurden vorher vor Ort jeweils über mehrere Monate pilotiert.

## 2.1 Anlagenauslegung (Basisdaten)

### Ausgangsdaten:

pH – Wert: 2 – 12

Temperatur: max. 60 °C

Betriebsdauer: 6 Tage / 20 h/d

Angenommener Flux: 60 – 100 l/[m<sup>2</sup>h]

Membranfläche: 2,0 m<sup>2</sup>

Membranfläche/Modul: 1,0 m<sup>2</sup>

Anzahl der Module: 2 Stück

Stränge: 1 Stück

Eintrittsdruck: 1,2 – 2,0 bar

## 2.2 Membranauswahl

Typ: INNOVEST Rohrmodul

Membranwerkstoff: PVDF

Trenngrenze: 150 kD

Erwarteter Permatfluss: 80-100 l/[m<sup>2</sup>h]\*

\*(Ist vom Medium und dessen Inhaltstoffen abhängig und kann daher nicht definitiv vorab bestimmt werden)

Die verwendete Membran ist hydrophobe Ultrafiltrationsmembran mit einer Ausschlussgröße von 150 kD. Somit werden auch Kleinstpartikel abgetrennt. Die Wandstärke der Membran beträgt 0,5 mm und ist aufgrund des Backings sehr robust. Von der Bauform handelt es sich um ein Rohrmodul, bei dem jedes Membranröhrchen einen Innendurchmesser von 5,2 mm hat. Daher ist das Modul sehr widerstandsfähig gegen Verblockung durch Feststoffe.

## 3. Detailierung einer Membrananlage zur Standzeitverlängerung

### 3.1 Basisgerät

### **Wesentliche Bestandteile:**

- stabile Polypropylenkonstruktion aufgebaut auf hubwagenfähigem Palettenrahmen
- PP – Arbeitstank ca. 500 l Nutzvolumen mit Trichterboden und 2" PP Sicherheits-Bodenablassventil, sowie zwei Bajonett-Klappdeckeln mit Be- und Entlüftungsventil
- Niveauekontrolle mit keramischem Drucksensor
- PVDF-Turbine mit Hall Sensor zur berührungslosen Messung der Filterleistung
- 2 Membranfilter-Module mit insgesamt 2 m<sup>2</sup> Filterfläche
- Mikroprozessorsteuerung mit vierzeiligem LCD Display.
- Steuerung der automatischen, periodischen Rückspülung der Module
- Manuelle Auslösung von Rückspülungen
- Einstellung der Rückspülzeiten
- Trockenlaufschutz der Prozesspumpe
- Nachspeiseautomatik
- Einstellung des Arbeitsniveaus im Arbeitsbehälter
- Leistungsanzeige der Filterleistung als Mittelwert
- Diverse Fehlerprüfungen und Fehleranzeigen in Klartext
- Rückspülbehälter aus Borsilikat-Glas zur leichten optischen Qualitätskontrolle des Permeats
- Prozesspumpe mit VA Pumpenkopf und SiC/SiC/Viton-Gleitringsdichtung
- Selbstsaugende Speisepumpe (Pumpenkopf Edelstahl und Noryl Laufrad / Diffusor)
- diverse Manometer zur einfachen Überwachung der Anlage
- Druckregler zur Begrenzung und Einstellung des Rückspüldrucks
- Absperr- und Ablassventile zum bedienungsarmen Betrieb der Anlage

## **3.2 Erweiterung**

### **3.2.1 Temperaturüberwachung**

#### **Zur Abschaltung der Rückspülung oder der Gesamtanlage.**

- Thermostatfühler intern einstellbar auf Grenztemperatur
- Schutzrohr aus Edelstahl
- Softwaremodul zur Auswertung und Steuerung von Rückspülung oder Anlage
- Anschlussgewindemuffe für Tauchrohr / Schutzrohr im Arbeitsbehälter
- Temperaturüberwachung fertig eingebaut und verdrahtet (bei Erstausrüstung; Montage bei Nachrüstung nach Aufwand)



## 3.2.2 Entleerungspumpe

Entleerungspumpe zur manuellen oder programmiert gesteuerten (Teil-) Entleerung der Mikrofiltrationsanlage, wenn der Abwasserbehälter mit der Mikrofiltrationsanlage in gleicher Ebene oder höher aufgestellt werden soll.

Steht der Abwasserbehälter niedriger als die Oberkante der Membrananlageanlage ist auf eine entsprechende Verlegung des Abwasserrohres zu achten, damit der Arbeitsbehälter nicht leerläuft.

Die Pumpeneinheit besteht aus:

- VA Pumpe mit Freistromrad und SiC/SiC-Gleitringdichtung
- PP- Sockel mit Pumpe fertig montiert
- Anschluss saugseitig an Mikrofiltrationsanlage
- Pumpe fertig angeschlossen und montiert (bei Erstausrüstung; Montage bei Nachrüstungen nach Aufwand)

## 3.2.3 Signalausgang u. Sammelstörung

Das Signal Sammelstörung wird bei Auftreten von überwachten Ereignissen an der Mikrofiltrationsanlage gesetzt, wenn das Ereignis ein Eingreifen des Bedienungspersonals erfordert.

Die Mitteilung wird am Display der Mikroprozessorsteuerung angezeigt.

- Erweiterung der Mikroprozessorsteuerung mit zusätzlichem Ausgang
- Softwaremodul zur Auswertung und Verknüpfung der überwachten Zustände und Erzeugung der Sammelstörung
- Installation und Verdrahtung innerhalb der MFA (bei Erstausrüstung; Montage bei Nachrüstung nach Aufwand)

## 3.3 Reinigungseinheit

Anschlussfertige Reinigungseinheit bestehend aus:

- Chemikalienfester Behälter aus PP mit ca. 70 l Vollvolumen mit diversen Anschlüssen und Schraubdeckel
- Eingebaute Beheizung VA mit Thermostatregelung

- Chemikalienfeste, magnetgekoppelte Kreiselpumpe zum Befüllen des Moduls /der Module mit PVDF Pumpenkopf
- Elektropneumatisches Membran-Absperrventil für optimale Ausnutzung der Reinigungsflüssigkeit
- Separater Trockenlaufschutz für Kreiselpumpe und Heizung
- Geräteschutzschalter für Kreiselpumpe und Heizung
- Druckluft-Membran-Entleerungspumpe zur Modulentleerung in der Mikrofiltrationsanlage und Restentleerung des Behälters der Reinigungseinheit mit einzelnen Absperrhähnen
- Anschlusssatz zur Mikrofiltrationsanlage
- Schlauchsatz und Fittings zum Anschluss der Reinigungseinheit an die Mikrofiltration

## 4. Fotos der Membrananlage

Membrananlage zur Standzeitverlängerung von Entfettungsbädern



Membrananlage zur Standzeitverlängerung von Entfettungsbädern

