

# Ultrafiltration

## Verfahren zur Herstellung von Kesselspeisewasser

**Die Erzeugung von Energie in Kraftwerken ist mit der ausreichenden Bereitstellung von Wasser, sei es als Kühl- oder als Kesselspeisewasser, verbunden. Dabei wird der Wasserbedarf im Kraftwerksbereich überwiegend aus Flüssen und Seen gedeckt. Um das Wasser jedoch einsetzen zu können, muss es entsprechend den technischen Anforderungen (VGB-Richtlinien) aufbereitet werden.**

■ Dipl.-Ing. Werner Rupprich<sup>1</sup>,  
Dipl.-Ing. Thomas Müllrick<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nadir Filtration GmbH, 65174 Wiesbaden,

<sup>2</sup> Energie Sachsen Brandenburg AG, 03048 Cottbus

Ein weitverbreitetes Aufbereitungsverfahren für die Erzeugung von Kesselspeisewasser aus Oberflächenwasser besteht in der Vorbehandlung durch Fällung, Flockung, Sedimentation und der Nachbehandlung mit Umkehrosmose und/oder Ionenaustausch. Aufgrund der aufwendigen Verfahrenstechnik, der Verwendung von Chemikalien und den Schwankungen der Wasserqualität nach der Vorbehandlung ist man zunehmend auf der Suche nach wirtschaftlichen Vorbehandlungsverfahren, die chemikalienfrei arbeiten und unabhängig von der Rohwasserqualität gleichbleibend hohe Wasserqualitäten für die Nachbehandlung gewährleisten. Das Membranverfahren der Ultrafiltration erfüllt diese Anforderungen. Nachfolgend sollen erste Betriebserfahrungen der envia (Energie Sachsen-Brandenburg AG) in Guben die Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit dieser Technik zeigen.

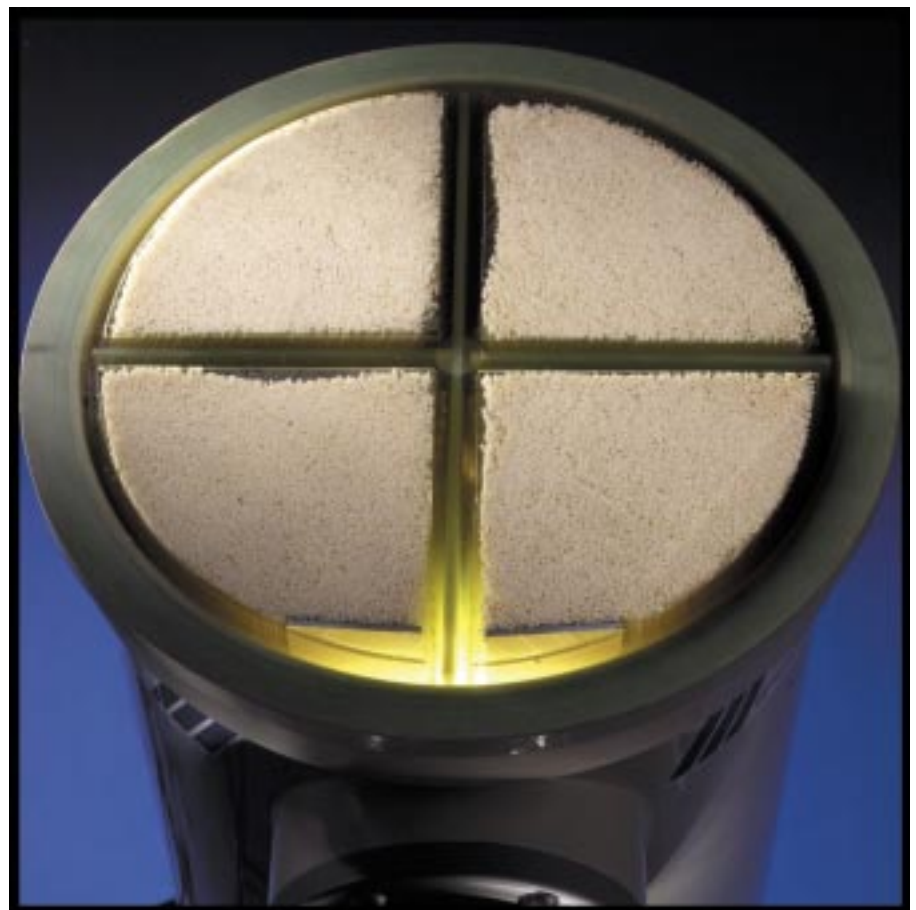
### Aufgabenstellung

Am Industriestandort Guben betreibt die envia eine Wasseraufbereitungsanlage zur Versorgung des Heizwerkes am Standort mit Brauch- und Kesselspeisewasser sowie weiterer Industriekunden mit Deionat. In der Vergangenheit wurde das für den Betrieb des Heizwerkes benötigte Kesselspeisewasser aus der Neiße konventionell mittels Fällung, Flockung, Sedimentation mit nachgeschalteten Ionentauschern hergestellt.

Im Rahmen einer Modernisierung der Wasseraufbereitungsanlage sollte die konventionelle Vorbehandlung durch ein

Verfahren ersetzt werden, das ein trübstoff-, kolloid-, bakterien- und virenfrees Wasser unabhängig von der Rohwasserqualität der Neiße liefert. Der Einsatz von Chemikalien sollte so gering wie möglich gehalten werden. Weitere Vorbedingungen waren ein geringer Platzbedarf vor Ort und ein gewünschter hoher Automatisierungsgrad, da die Anlage in 24 h BOB betrieben werden muss. Die

Bild 1: Stirnseite des Hohlfasermoduls





<b>Modultyp</b>	Molpure®-FW50; FUC1582
<b>Membranfläche</b>	50 m <sup>2</sup>
<b>Hohlfaserdurchmesser</b>	0,8 mm
<b>Überströmung</b>	8-12 m <sup>3</sup> /h*Modul
<b>Trenngrenze</b>	150 kDa
<b>Betriebsdruck, Filtration</b>	0,2 – 0,6 bar
<b>Rückspülfrequenz</b>	alle 45 min für 30 s
<b>Vorfiltration</b>	100 – 200 µm
<b>Filtratleistung</b>	4 – 7 m <sup>3</sup> /h und Modul

**Tabelle 1: Eigenschaften des Hohl-fasermoduls Molpure®-FW50;FUC1582**

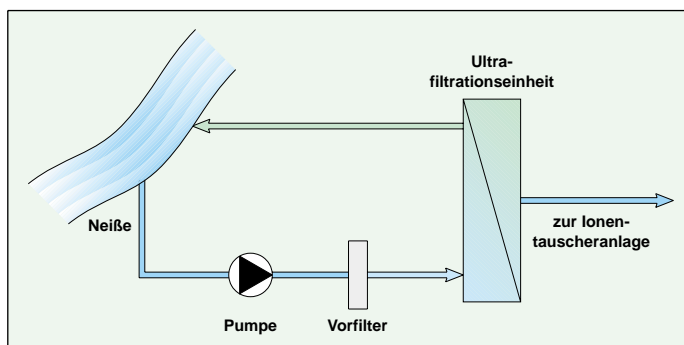
beschränken musste. Um eine Genehmigung durch die Behörde für die Rückführung des Konzentrats der Ultrafiltrationsstufe in die Neiße zu erhalten, durfte die Ausbeute, bezogen auf die Einspeisemenge, maximal 75 % betragen. Die Reinigung der Ultrafiltrationsanlage sollte so selten wie möglich erfolgen. Es dürfen dabei nur Reinigungsmittel eingesetzt werden, die eine geringe Umweltbelastung darstellen, sprich biologisch abbaubar und damit einfach nachzubehandeln sind.

## Anlagenrealisierung

Im Januar 2001 wurde der Bau der Ultrafiltrationsanlage vergeben. Aufgrund der anspruchsvollen Vorgaben des Betreibers, der für die Vorbehandlung der Ultrafiltrationsstufe nur einen mechanischen Vorfilter zuließ und die Verwendung von Fällungs- und Flockungsmittel als Vorbehandlung für die Ultrafiltration ausschloss, kam der richtigen Auswahl des Hohlfasermoduls eine zentrale Bedeutung zu. Wegen der bekannt ausgeprägten Neigung der handelsüblichen Polyethersulfon- und Polysulfonhohlfasermembran zu Belagsbildung und damit zu Leistungsverlusten stand von Beginn an fest, dass infolge des hohen Potentials der Neiße an Biofouling dieser Membrantyp nicht in Betracht kommen konnte. Ebenso war es wegen der zeitweise sehr hohen Trübstofffracht der Neiße nicht möglich, Module einzusetzen, die liegend oder im Dead-End-Verfahren betrieben werden. Aus diesen Gründen griff man auf ein Produkt der Firma Daicem Membrane Systems aus Japan zurück, das exklusiv über die Nadir Filtration GmbH in Wiesbaden vertrieben und seit Jahren erfolgreich in vergleichbaren Anwendungen in Japan betrieben wird.

Dieses Hohlfasermodul ist auf Cellulose-Tri-Acetat-Basis aufgebaut und besitzt bei einem Hohlfaserdurchmesser von 0,8 mm eine Membranfläche von 50 m<sup>2</sup> und zeichnet sich wegen seiner geringen Neigung zur Belagsbildung durch eine konstant hohe Filtrationsleistung aus. Durch den senkrechten Betrieb und ein ausgeklügeltes Verfahren aus Filtration und Rückspülung können die im Membranmodul konzentrierten Feststoffe sicher ausgespült werden und damit die Leistung über lange Zeiträume konstant hoch gehalten werden. Der Betrieb der Module erfolgt im „Cross-Slow“-Verfah-

**Bild 2: Schematischer Aufbau der Ultrafiltrationsanlage**



vorhandenen Ionentauscherstraßen und weitere Nachbehandlungsstufen sollten jedoch weiter betrieben werden können. Die Leistung der neuen Aufbereitungsanlage sollte unabhängig von der Wasserqualität der Neiße durchschnittlich 30 m<sup>3</sup>/h, jedoch mindestens 25 m<sup>3</sup>/h betragen.

Die Entscheidung fiel zugunsten des Verfahrens der Ultrafiltration, die alle Anforderungen im vollen Umfang erfüllt.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Flusswasser der Neiße je nach Jahreszeit Trübungen von bis zu 200 NTU (Tabelle 2) und mehr aufweisen kann und die Wassertemperatur zwischen 4 °C und 20 °C beträgt.

Der Betrieb der Ultrafiltration und die Sicherstellung der Minimalleistung sollten ohne Konditionierung des Rohwassers mit Fällungs-Flockungsmitteln erfolgen, so dass sich die Vorbehandlung auf einen rein mechanischen rückspülbaren Filter

### NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

Die NTU, auch Nephelometrische Trübungseinheit genannt, sind eine internationale Standardeinheit für die Trübung von Wasser. Die Trübung ist ein wichtiger Parameter in verschiedenen Normen, die die Qualität von Trinkwasser festlegen. Dabei gilt: 1 NTU = 1 FNU (Formazin Nephelometric Unit). Es wird eingeteilt in:

- NTU < 5 : klares Wasser,
- 5 < NTU < 30 : leicht trübes Wasser
- NTU > 50 : trübes Wasser.

**Tabelle 2: Erläuterungen NTU**

ren, das mit seiner geringen Strömungsgeschwindigkeit von 0,1 bis 0,2 m/s den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb des Moduls vereint.

Bedingt durch die Polymereigenschaften des Cellulose-Tri-Acetats (CTA) kann das Modul sehr einfach mit biologisch abbaubaren Reinigern gereinigt werden.

Für die geforderte Filtratleistung von durchschnittlich 30 m<sup>3</sup>/h bei einer Minimaleistung von 25 m<sup>3</sup>/h wurde unter Berücksichtigung von im Kraftwerksbetrieb notwendigen Sicherheitsreserven die Anlage auf 10 Module ausgelegt. Das entspricht einer Membranfläche von 500 m<sup>2</sup>. Die Module sind in der Anlage derart angeordnet, das jedes Modul einzeln zu- und abgeschaltet werden kann und so eine optimale Anpassung an den aktuellen Wasserbedarf des Kraftwerks gewährleistet ist. Die Module werden nach den oben genannten Bedingungen betrieben. Auf eine Vorbehandlung des Neiße-Wassers wird vollständig verzichtet. Lediglich im Zulauf der Ultrafiltration befindet sich ein rückspülbarer, automatischer Spaltfilter mit einer Feinheit von 200 µm.

### Betriebserfahrungen der ersten 12 Monate

Die Inbetriebnahme der Anlage erfolgte im April 2001. Nach acht Wochen, im Juni des gleichen Jahres, ging die Anlage in den Dauerbetrieb. Die Anlage läuft seither zuverlässig und produziert, unabhängig von der Rohwasserschwankung der Neiße, ein qualitativ hochwertiges Permeat frei von Trübung und Kolloiden. Die Vorfiltration von 200 µm ist ausreichend für den zuverlässigen Betrieb der Module und der Anlage. Der Betrieb aller zehn Module ist nur in Hochwasserperioden, wenn die Trübungen der Neiße bis auf über 200 NTU ansteigen, erforderlich und stellt dann eine Leistung von 30 m<sup>3</sup>/h sicher. In den sonstigen Betriebszeiten außerhalb der Hochwasserperioden werden bei geringerer Trübung von ca. 10 NTU für eine Leistung von 25 m<sup>3</sup>/h lediglich fünf Module benötigt.

Die Rückspülung mit Permeat, welches teilweise mit geringen Mengen (5 bis 10 ppm) freiem Chlor versetzt wird, unterbindet zuverlässig die Entstehung von leistungssenkenden Belägen auf der Membran. Die geringe Dosierung bringt zudem keinerlei Abwasserprobleme mit sich.

Seit der Inbetriebnahme der Anlage wurden die Module fünfmal mit einer 0,5 %igen Zitronensäurelösung gereinigt. Durch diese seltenen Reinigungsintervalle ist die Verfügbarkeit der Anlage hoch.

Als besonders benutzerfreundlich erweist sich, dass die Anlage sehr flexibel zu betreiben ist und durch die Möglichkeit der Zu- und Abschaltung von Modulen die Leistung der Anlage individuell den Bedürfnissen des Wasserbedarfes angepasst werden kann.

Die Wirtschaftlichkeit der Anlage ist, wegen des geringen Platzbedarfs, des hohen Automatisierungsgrads und der damit verbundenen niedrigen Personalkosten sowie der fehlenden Kosten für Fällungsschemikalien und Entsorgung der Schlämme deutlich höher als bei konventionellen Anlagen. In der Praxis liegt das Einsparpotential beim spezifischen Wasserpreis durch eine Ultrafiltration unter Berücksichtigung der Betriebs- und Kapitalkosten bei bis zu 20 %.

### Fazit

Der Betrieb der Ultrafiltration zur Oberflächenwasseraufbereitung in der Wasseraufbereitungsanlage des Industriestandorts Guben zeigt, dass mit dieser Technik eine zugleich betriebssichere, wirtschaftliche und ökologisch sinnvolle Alternative zur konventionellen Wasseraufbereitung zur Verfügung steht. Würde man das Permeat der Ultrafiltration mit einer Umkehrosmose nachbehandeln, so erreichte man wegen der Bakterienfreiheit und dem extrem geringen Gehalt an verblockungsfördernden Inhaltsstoffen dort deutlich längere Reinigungsintervalle und konstantere Permeatleistungen. Somit ist auch bei nachgeschalteter Umkehrosmose der Einsatz der Ultrafiltration sinnvoll.

In Zukunft wird konventionelle Aufbereitung von Kesselspeisewasser zunehmend durch die Membrantechnik ersetzt werden. Neben der Ultrafiltration kommt das seit Jahren bewährte Verfahren der Umkehrosmose insbesondere bei Neuanlagen vermehrt zum Einsatz, da diese die Größe der Ionenaustauschanlagen und den Chemikalienbedarf drastisch reduziert. Dadurch lassen sich die Betriebskosten weiter senken und Anlagen realisieren, deren Betriebs- und Investitionskosten im Vergleich zu konventionellen Anlagen bis zu 30 % niedriger sind.



Bild 3: Ultrafiltrationsanlage des Heizwerkes der envia in Guben