

Die Elbe in den Betrieb holen

Aufbereitung von Flusswasser für die Kesselspeisung schont teures Trinkwasser

Für die Erzeugung von Prozesswasser greifen viele Unternehmen auf hochwertige Brunnen- oder Trinkwasservorräte zurück. Doch strengere Umweltauflagen schränken den Bezug dieser Vorräte stetig ein und erhöhen die Kosten. Die Norddeutsche Affinerie investierte deshalb in moderne Membrantechnologie, um Kesselspeisewasser aus Flusswasser kostengünstig zu erzeugen. Das Verfahren basiert auf der Ultrafiltration mit nachgeschalteter Umkehrosmose.



Jürgen Müller und Thomas Lauer,
KCS Osmota

1: Kernstück der Wasseraufbereitungsanlage: zwei baugleiche Blöcke für die Ultrafiltration

Bei der Norddeutschen Affinerie in Hamburg werden für die Erzeugung von Kupfer und Schwefelsäure verschiedene Qualitäten an Prozesswasser, zum Beispiel Kesselspeisewasser zur Dampferzeugung, benötigt. Nach VGB-Richtlinien muss das Wasser für den Betrieb der modernisierten Dampfkessel bestimmte Parameter einhalten, beispielsweise wird eine Leitfähigkeit unter $0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ gefordert. Um den Bedarf von jährlich $350\,000 \text{ m}^3$ zu decken, wurde das Wasser bisher mit konventioneller Ionenaustauschertechnik aus Stadtwasser erzeugt. Im Rahmen eines umfangreichen Programms zur Energie- und Kosteneinsparung sollte

damit aber Schluss sein. Ziel war es, das kostenintensive Stadtwasser durch günstigeres Flusswasser zu ersetzen.

Nach intensiver Prüfung aller am Markt verfügbaren Technologien für die Wasseraufbereitung fiel die Entscheidung zu Gunsten eines kombinierten Membranverfahrens aus. Lediglich die Restentsalzung sollte weiterhin mit der vorhandenen Ionenaustauschertechnik erfolgen. Die wirtschaftliche und betriebssichere Arbeitsweise bei sehr hoher Produktqualität der Membrane waren wesentliche Entscheidungsgründe. Der Auftrag wurde im März 2002 vergeben und der Probetrieb bereits Anfang September

2002 mit voller Kapazität aufgenommen. Einen Monat später erfolgte die offizielle Inbetriebsetzung.

Ionenaustauscher in neue Technik integrieren

Die neue Wasseraufbereitungsanlage basiert auf den Prozessschritten Vorfiltration, Ultrafiltration, Umkehrosmose und Ionenaustausch. Die Vorfiltration und die Ultrafiltration haben die Aufgabe, möglichst alle ungelösten Inhaltsstoffe des Flusswassers zu entfernen. Sie dienen damit als Vorbehandlung des Rohwassers für die Umkehrosmose, die

anschließend nahezu alle gelösten Inhaltsstoffe aus dem Wasser eliminiert. Mit den bereits vorhandenen Kationen- und Anionenaustauschern werden die Restsalze entfernt, um die geforderte Leitfähigkeit des Prozesswassers zu erreichen.

mit einer Trenngrenze von 100 µm installiert. Es arbeitet mit einer Effizienz von 99 %. Über einen Wärmeübertrager, der mit vorhandenem Kondensat gespeist wird, gelangt das vorbehandelte Flusswasser in den Vorlagebehälter der Ultrafiltration. Mit dem

2: Rückhalteraten der Ultrafiltration

Parameter	Zulauf	Permeat	Rückhalt
Abfiltrierbare Feststoffe (mg/l)	10 bis 50	-	> 99 %
Trübung (NTU)	1 bis 50	< 0,1	> 99 %
Eisen, gesamt (mg/l)	0,3 bis 1,5	< 0,05	83 bis 96 %

Die große Bandbreite der Inhaltsstoffe sowie der Tidenhub der Elbe stellen hohe Anforderungen an die Betriebssicherheit der Anlage. Auch an die schwankenden Belastungen im Flusswasser muss sich die Anlage flexibel anpassen. So liegt die Belastung mit abfiltrierbaren Stoffen an manchen Tagen unter 10, an anderen über 70 mg/l.

Deshalb wird das Flusswasser zuerst grob sandfiltriert. Da die Sandfilter die Feststoffbelastung jedoch nur unwesentlich reduzieren, wurde ein zusätzliches Vorfiltersystem

Wärmeübertrager wird in den Übergangs- und Wintermonaten die Arbeitstemperatur des Flusswassers erhöht, um das Leistungsverhalten der Anlage zu verbessern.

Im Doppelpack filtrieren

Die zentrale Einheit der Wasseraufbereitungsanlage stellt die Ultrafiltration (Bild 1) dar. Diese besteht aus zwei baugleichen Blöcken, die getrennt voneinander betrieben werden. Um auftretende Spitzenlasten abzuf puffern, kann die Anlagenleistung im Bereich von 24 bis 36 m³/h variiert werden. Die vertikal eingebauten Hohlfasermodule der Ultrafiltration werden im Cross-Flow-Verfahren betrieben. Die Sedimentation von Wasserinhaltsstoffen im Modul wird damit wirksam unterbunden. Die eingesetzten Module bestehen aus äußerst hydrophilen Polymeren, so dass es auch bei extremen Schmutzfrachten des Flusswassers nur zu geringer Belagbildung und damit geringen Leistungsschwankungen kommt.

Je Straße werden mehrere Module parallel betrieben, und es stehen weitere freie Plätze für eine eventuelle Anlagenerweiterung zur Verfügung. Je nach Schmutzfracht des Rohwassers erfolgt eine Rückspülung der Ultrafiltrationsmodule mit Permeat. Dabei wird der Filtrationsfluss kurzzeitig ausgesetzt. Um die Bildung von biologischen Belägen auf der Membran des Ultrafiltrationsmoduls zu unterbinden, werden in regelmäßigen Zeitabschnitten der Rückspülung geringe Mengen oxidierende Substanzen zugesetzt. Nach der Rückspülung schaltet die Anlage wieder automatisch in den Filtrationsprozess zurück, um eine konstant hohe Anlagenleistung und Verfügbarkeit zu gewährleisten. Die Ultrafiltration erzeugt nahezu unabhängig von der Qualität des Flusswassers dauerhaft ein Permeat mit Trübungen unter

KOMPAKT

Flusswasser statt Trinkwasser

Mit der Wasseraufbereitungsanlage konnten gleich mehrere Ziele auf einmal realisiert werden. In bare Münze zählt sich vor allem aus, dass bei der Kesselspeisewasserezeugung pro Jahr über 350 000 m³ Trinkwasser eingespart werden. Da die Anlage vollautomatisch läuft, reduzieren sich die Tätigkeiten des Bedienpersonals auf das Nachfüllen der Dosierchemikalien sowie die Vor-Ort-Überprüfung der Anlage. Auch der Reinigungsaufwand fällt durch die vorgeschaltete Ultrafiltrationsanlage geringer aus. Der Betrieb der Umkehrosroseanlage wird stabilisiert und die Verfügbarkeit erhöht. Zusätzlich verlängert die Vorentsalzung mittels Umkehrosrose wiederum die Standzeit der IOT-Anlage um den Faktor 20 bis 30.



3: Die Spiralwickелеlemente der Umkehrosmoseeinheit halten bereits bei niedrigen Arbeitsdrücken große Mengen Salz zurück

0,1 NTU. Neben den Feststoffbelastungen werden ebenso kolloidale Stoffe wie Kieselsäure und ungelöste Bestandteile, zum Beispiel Eisen oder Mangan, zuverlässig abgetrennt (Bild 2), wodurch die nachgeschaltete Umkehrosmoseanlage im Vergleich zu konventionellen Wasseraufbereitungsanlagen deutlich entlastet wird. Dies belegen unter anderem die bisher vorliegenden Betriebsdaten, wie Druckverlustkurven und Reinigungsintervalle. Bezogen auf den Feedstrom beträgt die Ausbeute der Anlage etwa 90 %, bei geringen Trübungen werden mehr als 95 % erreicht. Auf Grund der niedrigen transmembranen Drücke von 0,2 bis 0,5 bar liegt der spezifische Energieverbrauch pro Kubikmeter

UF-Permeat unter 0,3 kWh. Neben den Chemikalien für die Rückspülung fallen bei halb- bis vierteljährlichen Membranreinigungen nur geringe Mengen an Reinigungslösung an.

Langfristige Trends ablesen

Die nachgeschaltete Umkehrosmose besteht wiederum aus zwei Blöcken mit einer Anlagenleistung von je 15 bis 23 m³/h Permeat, bezogen auf eine Ausbeute von durchschnittlich 75 %. Je nach Salzgehalt und Temperatur im Flusswasser werden Arbeitsdrücke im Bereich von 8 bis 12 bar benötigt. Auf Grund der stark wechselnden Salzfrachten der Elbe mussten bei der Auslegung der

Anlage entsprechende Reserven eingeplant werden.

Die Anlage (Bild 3) besteht aus parallel und in Reihe geschalteten Spiralwickелеlementen, die bereits bei niedrigen Arbeitsdrücken über einen sehr hohen Salzurückhalt verfügen. Die Zulaufleitfähigkeit wird bei normalen Bedingungen um den Faktor 95 bis 99 reduziert. Somit wird bei einer Leitfähigkeit des Permeats aus der Ultrafiltration von 600 µS/cm im Permeat der Umkehrosmose ein Wert von weniger als 10 µS/cm erreicht. Typische Rückhalteraten sind in Bild 4 dargestellt. Durch die optimal ausgeführte Strömung innerhalb der Anlage sind die periodischen Reinigungsintervalle auf Zeiträume von drei bis sechs Monate eingestellt. Die Reinigung erfolgt dabei über die integrierte CIP-Station.

Das erzeugte UO-Permeat wird in einen 60-m³-Stapelbehälter geführt, von dem es über die Pumpstation zu den bereits bestehenden Ionenaustauscheranlagen gefördert wird. Hier erfolgt die Restentsalzung des Permeats. Mit dem Rieselentgaser werden flüchtige Inhaltsstoffe wie Kohlendioxid entfernt. Die Gesamtanlage wird mittels SPS gesteuert und überwacht und kann ebenso über das installierte Telemetriesystem fernüberwacht werden. Mit dem Visualisierungssystem wird der Prozess bildlich dargestellt, um langfristige Trends abzulesen.



4: Rückhalteraten der Umkehrosmose

Parameter	Zulauf	Permeat	Rückhalt
Leitfähigkeit (µS/cm)	400 bis 800	5 bis 10	97 bis 99 %
Calcium (mg/l)	45 bis 92	< 0,2	99,5 bis 99,8 %
Magnesium (mg/l)	8 bis 15	< 0,05	99,4 bis 99,7 %
Natrium (mg/l)	20 bis 60	< 1,5	92,5 bis 97,5 %
Chlorid (mg/l)	90 bis 120	< 2,0	93,3 bis 96,3 %
Sulfat (mg/l)	70 bis 130	< 0,5	98,3 bis 99,6 %
Nitrat (mg/l)	7 bis 20	< 0,1	98,6 bis 99,5 %
SiO ₂ (mg/l)	15 bis 20	< 0,5	96,7 bis 97,5 %

ACHEMA Halle 4.2 B12