



WIEDERVERWENDUNG VON INDUSTRIELLEM ABWASSER

# GRUNDFOS LÖSUNGEN FÜR DIE BRAUCHWASSERWIEDER- VERWENDUNG

VON APPLICATION MANAGER MARCO WITTE UND  
PABLO ANDRES TOJO, GRUNDFOS WATER TREATMENT GMBH



**EINFACHE  
INTEGRATION**



**OPTIMIERTE  
PROZESSE**



**GERINGERE  
BETRIEBSKOSTEN**

## GRUNDFOS ISOLUTIONS



PUMP



CLOUD



SERVICES

## Einführung:

Wasser ist so lebensnotwendig, dass es einfach als gegeben vorausgesetzt wird. In modernen Industriegesellschaften wird sauberes Trinkwasser aus dem Wasserhahn als selbstverständlich angesehen. Der Hintergrund ist natürlich viel komplizierter.

Die Menschheit wird sich in steigendem Maße bewusst, dass Frischwasser eine Seltenheit und der Wasseraufbereitungsprozess für uns alle von lebenswichtiger Notwendigkeit ist. Der Wasserverbrauch in der Industrie trägt stark zur globalen Wassersituation bei und daher legt Grundfos einen besonderen Schwerpunkt darauf.

## Zweck:

Dieses Whitepaper bietet eine Einführung in das Thema der Wiederverwendung von industriellen Abwässern und eine Beschreibung der Prozesse in diesem speziellen Bereich der Wasseraufbereitung. Außerdem werden Angebote und Zukunftsvisionen von Grundfos dargestellt.

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	1
Hintergrund .....	2
Wiederverwendungsprozess .....	2
Abwassertransport .....	2
Biologische Klärstufe.....	2
Abwasserabfluss.....	3
Physikalisch-chemische Aufbereitung.....	3
Konzernataufbereitung .....	3
Steuerungssysteme .....	3
Wasserwiederverwendung nach Grundfos-Art:.....	4
Herausforderungen.....	4
Dosierung von Chemikalien bei der Vorbehandlung und Rückspülung .....	5
Ein Blick in die Zukunft: .....	6
Ergebnis:.....	7

## Hintergrund

In industriellen Märkten spielt Wasser eine wichtige Rolle als Lösungsmittel, Kühlflüssigkeit, Wasch- und Reinigungsflüssigkeit usw. Immer wenn wir Wasser nutzen, ändern wir seinen Inhalt und damit die Wasserqualität. In vielen Ländern muss Wasser nach der Nutzung aufbereitet werden, um eine Kontaminierung des Wasserkreislaufs durch industrielle Substanzen zu vermeiden. Abbildung 1 zeigt einen allgemeinen Kreislauf der Wassernutzung und -aufbereitung.

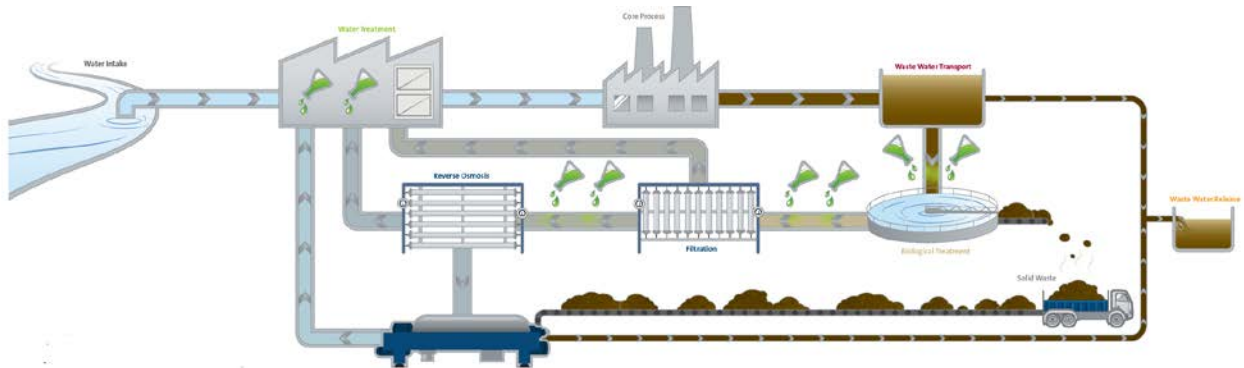


Abbildung 1: Brauchwasserkreislauf

Viele Unternehmen beschäftigen sich mit der Wiederverwendung von Abwasser, um den Wasserverbrauch und die Wasserverschmutzung zu senken. Per Definition bedeutet Wiederverwendung, dass bereits genutztes Wasser auf eine Qualität aufbereitet wird, die es ermöglicht, das Wasser einer anderen Nutzung zuzuführen, z. B. in Kühl-, Wasch- oder Reinigungsprozessen, oder sogar auf eine Qualität, die eine Nutzung im Kernprozess der jeweiligen Branche ermöglicht. Abhängig von der Industriebranche variieren die Verschmutzung und die Aufbereitungsschritte. In Abbildung 2 ist ein typischer Wasserwiederverwendungsprozess dargestellt.

## Wiederverwendungsprozess

Der Prozess besteht im Allgemeinen aus den folgenden Stufen:



Abbildung 2: Typischer Wasserwiederverwendungsprozess

### Abwassertransport

Nach den verschiedenen Nutzungen in industriellen Anlagen oder Prozessen wird das Wasser zur Aufbereitungsanlage transportiert. Abhängig von der Wasserchemie und dem Partikelgehalt werden verschiedene bei Grundfos verfügbare Förderpumpen verwendet. Außerdem müssen abhängig von der Wasserqualität verschiedene Materialien

gewählt werden. Bei einem hohen Chloridgehalt sollte zum Beispiel rostfreier Stahl verwendet werden.

### Biologische Klärstufe

Wie in städtischen Abwasseraufbereitungsanlagen spielt auch in der Industrie die biologische Aufbereitung mit Bakterien eine wichtige Rolle bei der Aufbereitung von Abwasser. In diesem Schritt

werden der Stickstoffgehalt, der biologische Sauerstoffbedarf (BSD) und der chemische Sauerstoffbedarf (CSD) aufbereitet, um die Konzentration der N- und P-Werte zu senken. Manchmal wird dieser Schritt mit einem physikalischen Schritt kombiniert, um die Partikel aus dem Wasser abzuscheiden. So werden beispielsweise Membranbioreaktoren eingesetzt, wenn ein Teil des Wassers nicht wiederverwendet, sondern in die Umgebung abgelassen wird.

### **Abwasserausleitung**

Wie oben beschrieben kann nach diesem Schritt ein Teil des Abwassers gemäß örtlicher Bestimmungen in einen Vorfluter eingeleitet werden. Sehr oft wird es in einen Fluss oder in ein anderes Oberflächenwasser eingeleitet. In einigen Bereichen erfolgt in diesem Teil des Prozesses ein Desinfektionsschritt gemäß den örtlichen Gesetzen und Bestimmungen.

### **Chemische und physikalische Aufbereitung**

Ist eine detailliertere Aufbereitung nötig, folgt als nächster Schritt eine chemische oder physikalische Aufbereitung. In diesem Schritt wird das Wasser in Bezug auf den pH-Wert aufbereitet und es werden alle Partikel entfernt, um das Wasser für den letzten Schritt vorzubereiten: die Konzentrataufbereitung.

### **Konzentrataufbereitung**

Die Konzentrataufbereitung ist bis zum Schluss ein schwieriger Wasseraufbereitungsprozess. Ein hoher Energiebedarf und hohe Ionenkonzentrationen sind die beiden

Haupt Herausforderungen. Hinzu kommt noch die relativ kleine Wassermenge. Dieser Schritt erfolgt häufig über einen Kristallisationsschritt oder eine Umkehrosmose (RO) mit bis zu drei Stufen. Herausforderungen bei der RO sind der hohe Druck und die Wasserchemie, was den Membranen, aber auch anderen Komponenten wie Rohre, Ventile und Pumpen viel abverlangen kann.

### **Steuerungssysteme**

Über den gesamten Prozess werden verschiedene Mess- und Steuerfunktionen, die zuverlässige Ergebnisse liefern, benötigt. Normalerweise werden hydraulische Parameter wie Temperatur, Strömung und Druck oder chemische Parameter, einschließlich pH-Wert, Trübung, Leitfähigkeit und organisch gebundener Gesamtkohlenstoff (TOC), online gemessen. BOD COD, Phosphat- und Stickstoffparameter sind die wichtigsten Parameter aus den Abwasserregulierungen.

Für alle Aufbereitungsanwendungen ist die Gesamtprozesssteuerung wichtig. Normalerweise sammelt eine SPS alle gemessenen Signale aus den verschiedenen Prozessschritten und steuert den Prozess, um den Aufbereitungserfolg sicherzustellen. Meistens wird eine Standarddatenkommunikation verwendet, z. B. über Profibus und Ethernet. Heutzutage könnte eine fortschrittliche Prozesssteueranlage Cloud-Lösungen und automatisierte Fernverwaltung einschließen. Abbildung 3 zeigt eine direkte Verknüpfung vom Prozessschritt zur erforderlichen Pumpenlösung.

# GRUNDFOS PRODUCTS IN INDUSTRIAL WATER REUSE

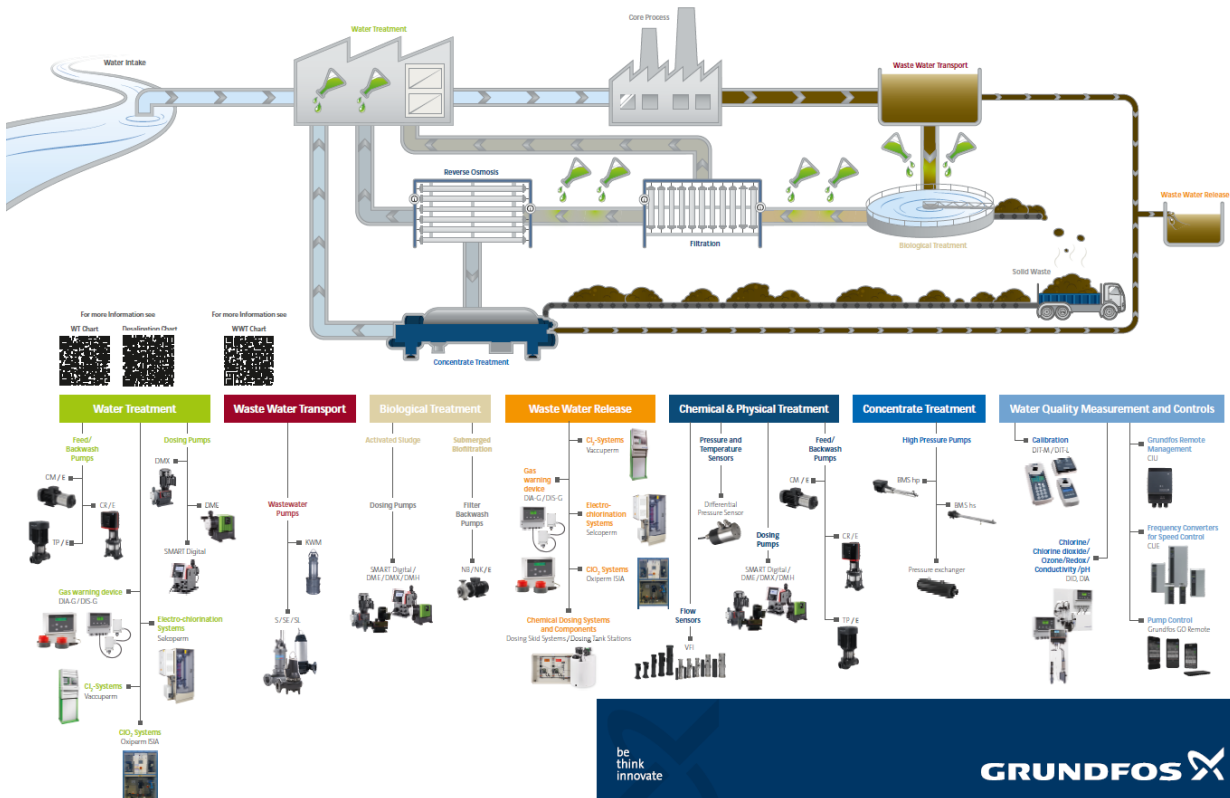


Abbildung 3: Verknüpfung vom Prozess zur Pumpe und der Pumpenanlage

## Grundfos iSOLUTIONS in der Wiederverwendung von Abwässern:

Wie oben beschrieben ist die chemische und physikalische Aufbereitung im Wiederverwendungsprozess von Abwässern wichtig. Sehr häufig steht die Partikelentfernung im Zentrum des Prozesses, da eine sachgemäße Vorfiltration für einen nachhaltigen und zuverlässigen Betrieb der nachfolgenden Prozessschritte wesentlich ist.

Grundfos kann eine Reihe von Pumpen und Pumpenanlagen liefern, die Ihre Ultrafiltrationsanlage (UF) nicht nur bezüglich Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit auf den neuesten Stand bringen, sondern sie auch für einen steigenden Wasserwiederverwendungsbedarf zukunftsfähig machen.

Das folgende Kapitel beschreibt, was Grundfos insbesondere mit Grundfos iSOLUTIONS anbieten kann.

### Herausforderungen

Die wichtigsten Herausforderungen bei der Ultrafiltrationsanwendung sind:

- Schwankende Rohwassereigenschaften (z. B. Stärke der Trübung)
- Schwankender Bedarf an sauberem Wasser

Diese Herausforderungen können mithilfe einer modernen Konfiguration gemeistert werden, die einen reibungslosen und zuverlässigen Betrieb garantiert. Dies erfordert ein System mit einfach integrierbaren Komponenten, das schnell zuverlässige Informationen über die Wasserqualität liefert. Änderungen des Förderstroms müssen flexibel gehandhabt werden. Gleichzeitig muss der Prozess energieeffizient und wirtschaftlich sein und darf keine umweltschädlichen Auswirkungen haben.

Die Pumpenanlage muss die Variabilität in den Wasserversorgungsanforderungen einer UF-Anlage berücksichtigen. Obwohl es sich hierbei um Aggregate mit „festem Förderstrom“ handelt, sind größere Variationen kein Problem. Derartige Schwankungen werden durch jahreszeitlich bedingte Unterschiede, Schwankungen im Prozess oder sogar Einschränkungen bei der Wasserversorgung hervorgerufen. Der richtige Antrieb für eine Pumpe hilft, den Förderstrom ohne Energieverschwendung zu regeln (z. B. durch ein Drosselventil). Zudem ermöglicht der Antrieb eine einfache Konstantdruckregelung des Membransystems unabhängig von Veränderungen der Wasserversorgung oder des Enddrucks (Schwankungen).

Die grundlegenden Affinitätsgesetze für Pumpen und Motoren besagen, dass eine Reduzierung der Motordrehzahl zu einer kubischen Verringerung des Energieverbrauchs führt. Endverbraucher setzen häufig ein Drosselventil ein, um den Förderstrom bei Pumpen mit fester Drehzahl zu reduzieren. Dies hat einen hohen Energieverbrauch und hohe Kosten zur Folge – ein Problem, das durch bei der Auslegung überdimensionierte Pumpen zunimmt.

Außerdem führt die Drosselung zu einer niedrigeren Wirkungsgradkennlinie, sodass die Stromaufnahme der Pumpe erhöht wird und die Pumpe weniger effizient arbeitet. Ein Antrieb ermöglicht es Ihnen, die Leistung präzise an den Förderstrom- und Druckbedarf anzupassen. Dadurch lassen sich hohe Energieeinsparungen und bessere Wirkungsgrade erzielen.

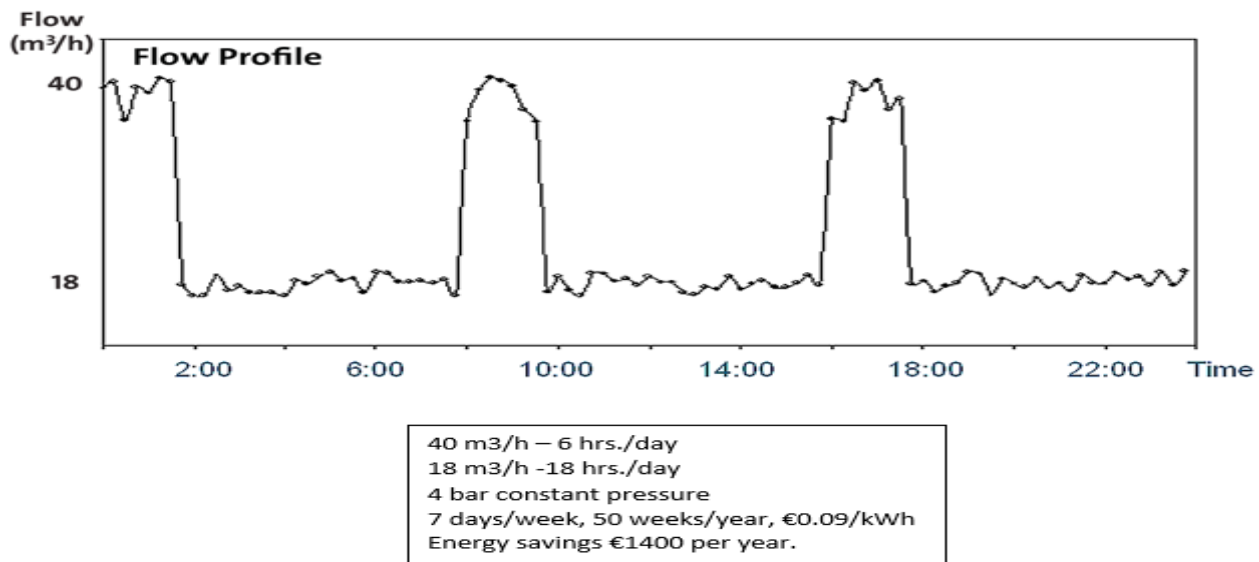


Abbildung 1: Strömungsprofil einer Pumpe in einem Ultrafiltrationssystem

#### Beispiel:

Eine 7,5-kW-CR-Pumpe mit fester Drehzahl, die einen Durchfluss von 40 m<sup>3</sup>/h in einer Anlage mit 4 bar liefern soll, wird manchmal durch ein Drosselventil geregelt. Das steigert den Druck (auf fast 7 bar) und bewegt die Leistung sowohl auf der Volumenstrom- als auch auf der Wirkungsgradkennlinie nach unten. Eine CR-Pumpe benötigt in dieser Anwendung 5,5 kW.

Durch Verwendung einer Antriebsart, die die Volumenstromanforderungen erfüllt, wird der exakte Druck- und Durchflussbedarf eingehalten. Der Strombedarf fällt auf 3 kW, was zu Energieeinsparungen von 1.400 € pro Jahr führt.

Eine Lösung mit Pumpe und Antrieb kann die Anzahl der verschiedenen Pumpenauslegungen für die Handhabung der unterschiedlichen RO-/UF-Anlagengrößen dramatisch reduzieren. Diese Standardisierung auf weniger Pumpenbaugrößen, jeweils mit größerer Strömungsflexibilität, unterstützt Anlagenhersteller bei der Verringerung der Komplexität und der Kosten und vereinfacht den Auslegungsaufwand. Sie kann auch einem Anwender mit mehreren Anlagen oder Straßen helfen, da sie zusätzliche Einsparungen bei Wartungs- und Ersatzteilkosten bietet.

Einige Anlagenhersteller versenden Membrananlagen in andere Länder mit anderen Spannungsversorgungen. Ein Antrieb kann mit 50 oder 60 Hz arbeiten und trotzdem einen Standardpumpenmotor antreiben. Dies kann die Komplexität und die Kosten unterschiedlicher Spannungsvarianten für Membransysteme in Nordamerika oder anderen Exportnationen verringern.

Darüber hinaus sorgt eine smarte Druckerhöhungsanlage für ein sanfteres Zu- und Abschalten des Durchflusses. Dadurch wird verhindert, dass hohe Kräfte auf die Membranen einwirken, die unter Umständen den Membranverschleiß beschleunigen können. Alle Membranen verschmutzen mit der Zeit und müssen gereinigt werden. Je mehr die Membranen verstopfen, desto mehr Druck ist erforderlich, um das Wasser bei gleichbleibendem Förderstrom aufzubereiten. In Anlagen mit unregelmäßigen Pumpen, wird ohne Antrieb allmählich immer weniger Permeat geliefert, bis der Durchfluss unter den Auslegungswert sinkt. Eine innovative Kombination aus Pumpe und Antrieb kann Druckverluste mühelos ausgleichen und die Reinigungsintervalle verlängern, ohne dass der Durchfluss an produziertem Wasser herabgesetzt wird. Voraussetzung dabei ist, dass die Anforderungen an die Wasserqualität weiterhin eingehalten werden.

Die richtige Auswahl von Pumpe und Antrieb kann dem Anwender dabei helfen, zukünftige Aufrüstungen besser voranzuplanen. Dies könnte zum Beispiel neue Membranen für niedrigere Drücke oder Änderungen im Prozessablauf einschließen. Durch diese Flexibilität werden Nachrüstungen günstiger, sodass der Anwender auch in Zukunft neue umweltfreundliche Lösungen oder solche mit besserer Leistung für sich nutzen kann.

Neuere Pumpenlösungen enthalten Motoren mit integriertem Frequenzumrichter. Diese sind optimal auf die Hydraulik abgestimmt, fertig montiert und alle Komponenten arbeiten reibungslos miteinander. Das ermöglicht den Einsatz von Pumpen mit kleineren Motoren und optimierter Leistung und sichert den Pumpenschutz. Anwender sollten auf Antriebe achten, die speziell für Pumpen entwickelt wurden. Viele Antriebe auf dem Markt sind auf allgemeine Motoranforderungen abgestimmt. Ein für ein bestimmtes Pumpenmodell ausgelegter und angepasster Antrieb kann die Installation und Einrichtung vereinfachen und die Effizienz steigern. [1]

## Dosierung von Chemikalien bei der Vorbehandlung und Rückspülung

Ultrafiltration erfordert extrem genaue Dosierungen der chemischen Zusätze. Innovative, digitale Dosierpumpen wie die in von Grundfos gelieferten Anlagen, können die benötigten Chemikalienmengen mit hoher Präzision liefern.

[Quelle: „Wie gut ist die Grundfos SMART Digital DDA FCM wirklich?“ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf - Institut für Lebensmitteltechnologie]

Im nachstehenden Diagramm (Abbildung 4) lässt sich erkennen, dass die Schrittmotortechnologie eine nahezu ununterbrochene Dosierzugabe gewährleistet – selbst bei kleinen Dosiermengen.

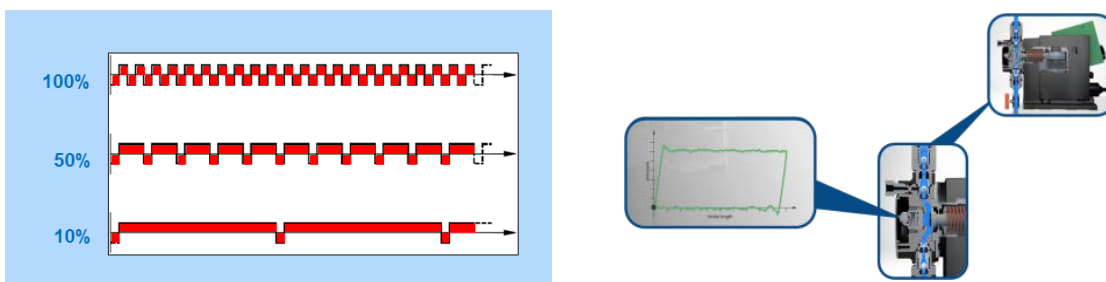


Abbildung 4: Dosierüberwachung über das Hublängen-/Druckdiagramm

Dank der integrierten Volumenstrommessung vergleicht die Dosierpumpe den aktuellen Dosiervolumenstrom mit dem Sollwert und passt ihre Dosiermenge an.

Zusätzlich kann die SMART Digital dank des modularen Designs in verschiedene Einbausituationen integriert werden. Die übersichtliche Menüstruktur mit dem Klartextmenü liefert alle erforderlichen Informationen zum Pumpenzustand und vereinfacht die tägliche Arbeit des Bedienpersonals.

Bei der Integration in die Anlage stellt die Kommunikation mit der Pumpe daher kein Problem mehr dar. Dank der E-Box haben wir eine anschlussfertige Pumpenlösung, die auf verschiedenste Weisen mit der Gesamt-SPS kommunizieren kann. [2]

## Ein Blick in die Zukunft:

Digitalisierung, vernetzte Systeme, Big Data und autonome Produktion sind überall auf der Welt Thema in den Aufsichtsräten. In der Wasseraufbereitungsindustrie wird die vierte industrielle Revolution auch die Art und Weise beeinflussen, wie wir in der Zukunft Wasser aufbereiten und Daten nutzen. Dieses Kapitel beschreibt die Möglichkeiten vernetzter Systeme und die innovative Nutzung von Daten und Algorithmen zur Darstellung der Daten aus RO-Anlagen und zur Optimierung der Antiscalant-Nutzung in RO-Anlagen.

Smart RO arbeitet auf der Analyse der Daten von in einer RO-Anlage vorhandenen Standardsensoren (Druck, Temperatur und Leitfähigkeit). Die Sensoren überwachen den Betrieb und reagieren auf Änderungen in der Membranleistung. Die Sensordaten können an die Dosierpumpe oder einen Cloud-Server übertragen und dort gespeichert werden. Beide Orte sind für die (lokale und historische) Datenspeicherung nutzbar. Smart RO besitzt zwei Haupteigenschaften: 1) Echtzeit-Datenverarbeitung und Visualisierung und 2) digitale Intelligenz mit Entscheidungsfindung für die AS-Dosierung. Für die Smart RO-Implementierung wird eine fortschrittlichere Version einer Smart Digital Dosierpumpe genutzt. [3]

Erste Ergebnisse aus Feld- und Pilottests (Abbildung 2) haben zufriedenstellende Ergebnisse gezeigt. Tests mit realen Kundenanlagen laufen gegenwärtig.

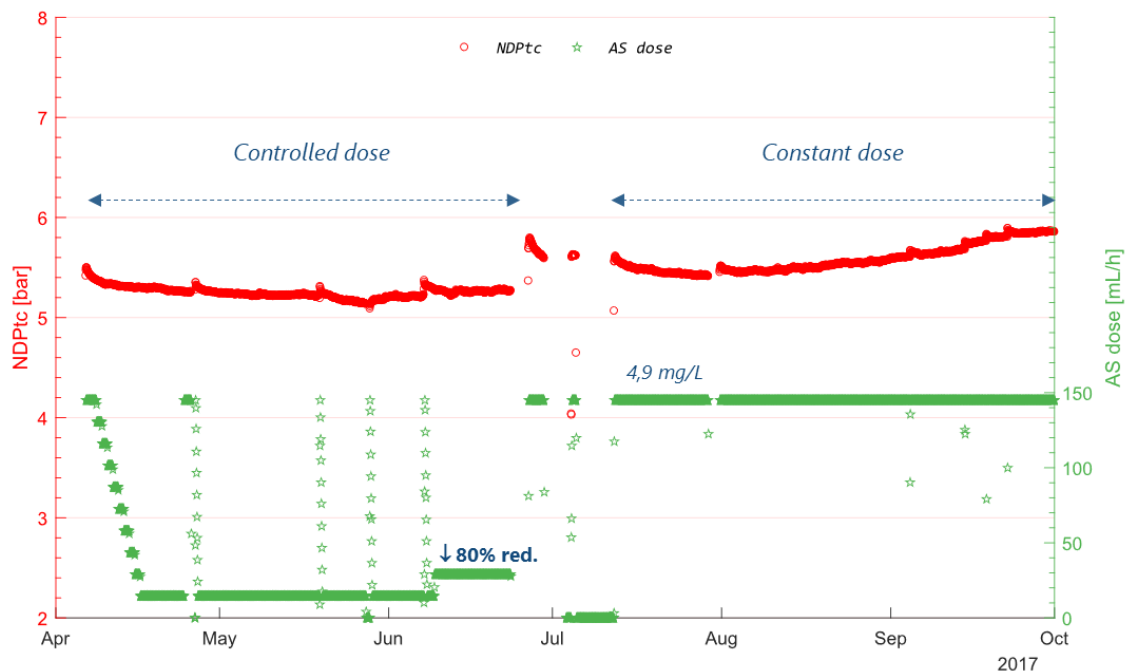


Abbildung 2: Vergleich zwischen Systemen mit Smart RO (gesteuerte Dosierung) und ohne Smart RO (konstante Dosierung)

## Ergebnis:

Dieses Whitepaper ist als Einführung in die Vielzahl der Elemente gedacht, aus denen sich der Wiederverwendungsprozess von Abwasser zusammensetzt. Wir hoffen, dass es einige Ihrer Fragen beantwortet hat, aber es gibt offensichtlich weiteren Lernbedarf. Die Wassernutzung variiert von einer Industrie zur anderen und es gibt eine Reihe verschiedener Anwendungen innerhalb der

Wasseraufbereitung und Wiederverwendung von industriellen Abwässern, für die Grundfos weitere optimierte Lösungen entwickeln wird, die intelligente Pumpen und Pumplösungen nutzbar machen.

Mit steigender Wasserknappheit wird die Notwendigkeit der Wasserrückgewinnung immer wichtiger. Wasseraufbereitungsprozesse werden ihren Beitrag zu einer sicheren und stabilen Zukunft des gesamten Planeten leisten.

Quellen:

[1] See in Harland: Einsatz von drehzahlregelten Pumpenlösungen in der Membranfiltration

[2] „Wie gut ist Grundfos SMART Digital DDA FCM wirklich? Vergleichende Untersuchungen zur Dosiergenauigkeit der SMART Digital DDA 7.5-16 und der DMI 3-10“ Hochschule Weihenstephan-Triesdorf - Institut für Lebensmitteltechnologie

[3] Optimization of RO Systems through Digitalization, Connectivity and SMART Algorithms; Marco Witte, Dr. Carsten Persner, Victor Augusto Yangali-Quintanilla, MSc, PhD,