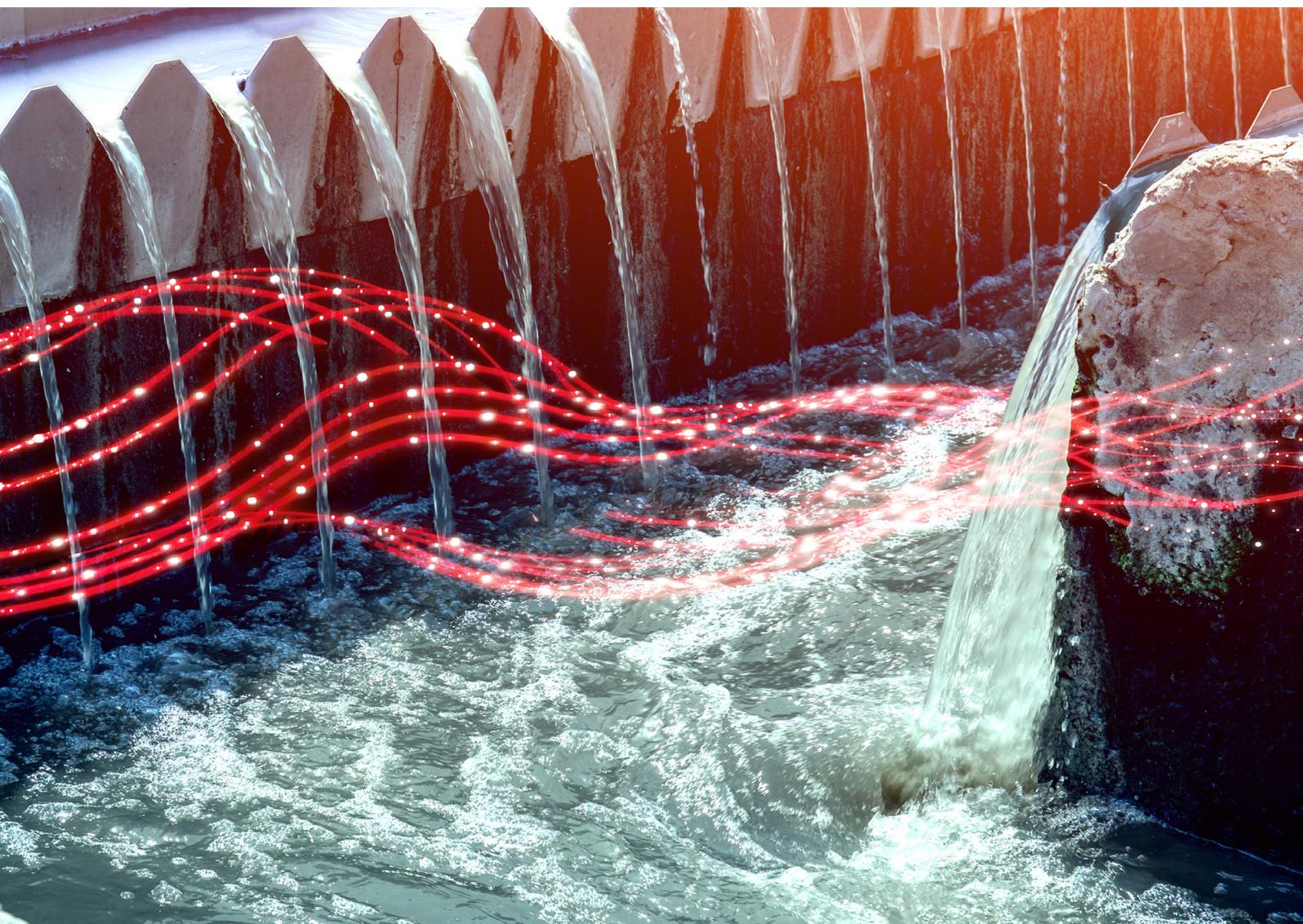

WHITE PAPER

Energieeffizienz als Herausforderung bei Wasserversorgern und Abwasserbetrieben



Steigender Wasserbedarf erfordert mehr Energieeffizienz

Durch den Klimawandel und die wachsende Weltbevölkerung nimmt auch der Wasserbedarf weiter zu. Menschen brauchen sauberes Wasser zum Trinken, zum Kochen und zum Waschen. Industriebetriebe benötigen es für Kühl- und sonstige Prozesse. Die Landwirtschaft allein verbraucht rund 70 Prozent des weltweit verfügbaren Frischwassers.¹ Dieses Whitepaper beschäftigt sich mit der Frage, wie sich der Energieeinsatz in der Wasserbranche senken und die Energieeffizienz verbessern lässt.



Die Wasser- und Abwasserindustrie muss erhebliche Mengen an Energie für die Gewinnung und Bereitstellung von sauberem Wasser und zur Behandlung des anfallenden Abwassers aufbringen. Geschätzte 3,5 bis 4 Prozent des weltweiten Verbrauchs an elektrischer Energie entfallen auf diese beiden Branchen.² Berechnungen zu Folge ließe sich der Energieverbrauch im Wassersektor bis 2040 jedoch um 15 Prozent reduzieren, wenn geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Energierückgewinnung ergriffen werden.³

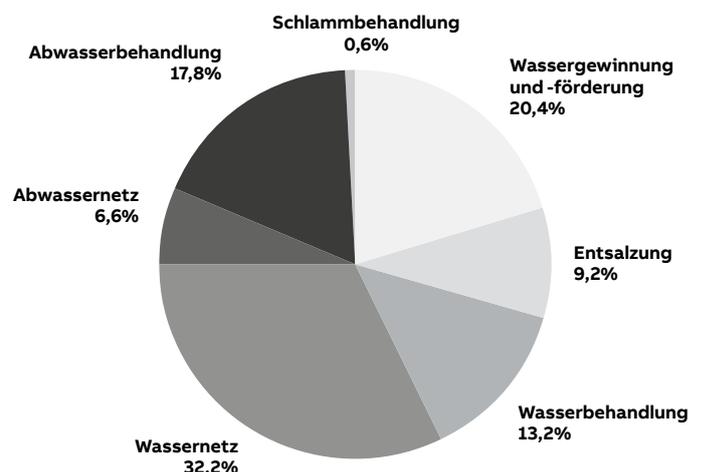
4 Prozent des weltweiten Energieverbrauchs gehen auf das Konto von Unternehmen der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Das entspricht nahezu dem Gesamtenergieverbrauch von Australien.²

Unternehmen der Wasser- und Abwasserbranche suchen verstärkt nach Möglichkeiten, ihre Energieeffizienz zu verbessern. Dieser Trend wird durch neue Gesetze zur Nachhaltigkeit noch verstärkt. Der europäische Green Deal beispielsweise macht europäischen Unternehmen Vorgaben zur Senkung ihrer Emissionen, zur Minderung ihres Energieverbrauchs und zur Vermeidung von Wasserverschmutzung. Eine wichtige Rolle spielt auch der Druck auf die Wassergebühren. Hohe

Im Durchschnitt entfallen 45 Prozent der Kosten für die Wassergewinnung auf die Energie.⁴

Energie- und Instandhaltungskosten sorgen dafür, dass die Produktions- und Betriebskosten mit steigender Tendenz zum Hauptkostentreiber werden. Der hohe Energieverbrauch und die hohen Energiekosten werden im Wesentlichen durch mechanische Verfahren der Wasserdurchflussregelung und überdimensionierte Pumpen und Motoren verursacht. Die verschiedenen Prozesse des Wasser- und Abwasserkreislaufs verbrauchen unterschiedlich viel Energie. Welche dieser Prozesse vorrangig zur Anwendung kommen, hängt dabei von der Region und der Topografie ab. Es müssen zum Beispiel nicht überall auf der Welt die gleichen Abwassermengen behandelt werden. Deshalb sind Wasserverteilnetze weltweit immer noch die größten Energieverbraucher, auch wenn bei der Abwasserbehandlung der Energiebedarf je Kubikmeter höher ist.⁵

Energieverbrauch Wasser-/Klärwerke weltweit nach Prozessen⁵



Energieverbrauch der Branche auf einen Blick

Die energieintensivsten Prozesse in allen Phasen der Wasser- und Abwasseraufbereitung.

Trinkwasser

In Wasseraufbereitungsanlagen wird Wasser gepumpt und behandelt, um es trinkbar zu machen. Geschätzte 80 bis 85 Prozent des Energieverbrauchs der Wasseraufbereitung entfallen auf die Wasserförderung, bei der überwiegend Kreiselpumpen zum Einsatz kommen.⁶ Wie viel Energie für die Aufbereitung benötigt wird, hängt vom Standort, von der Wasserquelle und vom Grad der Verunreinigung des Wassers ab.

Auch der Bedarf an Energie für die Wassergewinnung, die Beförderung zu Aufbereitungsanlagen und die anschließende Verteilung des aufbereiteten Wassers an die Kunden ist stark ortsabhängig. Wasserquellen und Stauseen können viele Kilometer von den Endkunden entfernt sein. In manchen Fällen wird das Wasser über mehr als 1000 km befördert, beispielsweise beim Süd-Nord-Wasserumleitungsprojekt in China oder dem staatlichen Wassermanagementprojekt im US-Bundesstaat Kalifornien (California State Water Project). Da die Zahl der Verbraucher weltweit in den Städten am höchsten ist, entfallen rund 70 Prozent des für die Wasserversorgung und -aufbereitung genutzten Stroms auf die Versorgung der Menschen in städtischen Gebieten.⁷

Bewässerung

Die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen verbraucht etwa 70 Prozent des weltweiten Vorrats an Frischwasser. Damit ist sie der größte Frischwasserverbraucher der Welt.⁸ Bei der Bewässerung verschlingen die Pumpen zum Heben von Grundwasser oder zur Förderung von Oberflächenwasser die meiste Energie. Überall in der Welt kommen sowohl Elektro- als auch Dieselpumpen bei Bewässerungsanwendungen zum Einsatz.

Abwasser

Die Abwasseraufbereitung umfasst eine Reihe von energieintensiven Prozessen. Bei modernen Abwasseraufbereitungsanlagen mit der umfassendsten Wasserreinigung durchläuft das Abwasser drei Behandlungsstufen: In Stufe 1 werden Feststoffe herausgefiltert, in Stufe 2 wird das Wasser von organischen Schmutzstoffen befreit, und in Stufe 3 werden Nitrate, Phosphate und alle noch verbleibenden Schwebstoffe entfernt. Bei der Stufe 4 werden Spurenstoffe, beispielsweise Rückstände von Arzneimitteln beseitigt.

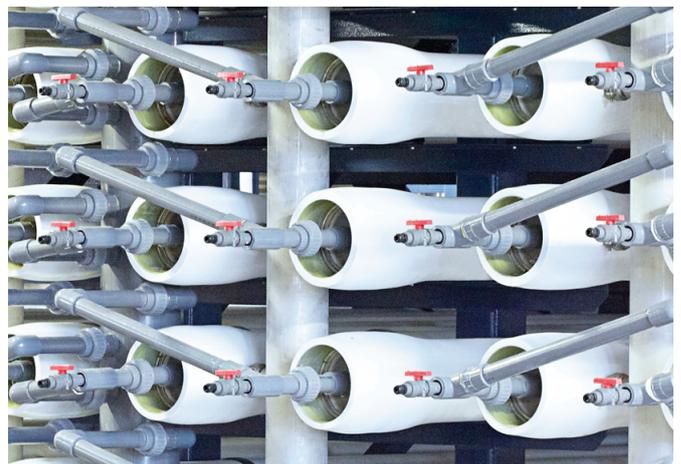
In der Regel werden etwa 50 % der für die Abwasserbehandlung eingesetzten Energie bei der Zweitbehandlung verbraucht.⁹ Einer der energieintensivsten Prozesse dieser Stufe ist die Belebung während der biologischen Reinigung. Auch die Pumpen, die überall in der Anlage zur Abwassersammlung und für sonstige Prozesse eingesetzt werden, verbrauchen viel Energie. Auf die Belebung und die Förderung des Abwassers zusammen können mehr als 60 Prozent des Energieverbrauchs eines Klärwerks entfallen.¹⁰

Schlammbehandlung

Aufgrund des hohen Feststoffgehalts erfordert das Pumpen des Klärschlammes große Mengen an Energie. Am energieintensivsten sind dabei Prozesse wie die Klärschlammmentwässerung und die Schlammeindickung mit Hilfe von Zentrifugen.

Entsalzung

Die Entsalzung ist einer der energieintensivsten Bereiche der Wasser- und Abwasserbranche. Obwohl weniger als 1 Prozent des weltweiten Frischwassers auf diese Weise gewonnen wird, entfallen rund 5 Prozent des Stromverbrauchs im Wassersektor auf die Entsalzung.¹¹ Die meiste Energie wird dabei für die Pumpprozesse benötigt, beispielsweise um Meerwasser zur Anlage zu pumpen, oder wenn bei der Meerwasserentsalzung im Umkehrosmoseverfahren Hochdruckpumpen das Wasser durch eine semipermeable Membran pressen müssen. Die für den Betrieb dieser Hochdruckpumpen erforderliche Energie macht rund 25 bis 40 Prozent der Gesamtkosten des entsalzten Wassers aus.¹²



Möglichkeiten zur Energieeinsparung

Wasser- und Klärwerke können durch den Einsatz verschiedener Technologien ihre Energieeffizienz verbessern. Zu den wichtigsten zählen Frequenzumrichter (FUs) und Motor-Upgrades auf höhere Effizienzklassen.

Da Pumpsysteme in den Wasser- und Abwasserprozessen überall zum Einsatz kommen, bieten sie ein gutes Energieeinsparungspotenzial. Durch die Umrüstung auf eine neue Pumpentechnologie lassen sich schätzungsweise 3 bis 7 Prozent an Energie einsparen, während sich der Energieverbrauch durch den Einsatz von hocheffizienten drehzahlregelten Motoren um rund 25 bis 30 Prozent senken lässt.¹³

Pumpensysteme mit Frequenzumrichtern und hocheffizienten Motoren optimieren

Mit Motor-Upgrades auf höhere Effizienzklassen lässt sich die Gesamteffizienz von Wasser- und Abwasseranwendungen verbessern. Heutige Motoren haben oft die Effizienzkategorie IE3, IE2 oder sogar nur IE1. Asynchronmotoren sind bis zur Effizienzkategorie IE4 verfügbar, Synchronreluktanzmotoren wie die SynRM von ABB sogar mit Effizienzkategorie IE5. Da jede IE-Kategorie 20 Prozent weniger Energieverluste bedeutet, ist klar, dass sich mit einem Upgrade Energie und Kosten sparen lassen.

Frequenzumrichter und Motoren kommen in der Wasser- und Abwasserbranche in den verschiedensten Anwendungen zum Einsatz, beispielsweise bei der Trinkwassergewinnung, der Entsalzung, der Abwasseraufbereitung und der Klärschlammbehandlung. Sie werden auch für Pumpsysteme zur Bewässerung benötigt, um das Wasser aus Brunnen und Fließgewässern zu pumpen und über Sprinkler und andere

$$\frac{Q_n}{Q_x} = \frac{N_n}{N_x}$$

$$\frac{H_n}{H_x} = \left(\frac{N_n}{N_x}\right)^2$$

$$\frac{P_n}{P_x} = \left(\frac{N_n}{N_x}\right)^3$$

Die Affinitätsgesetze besagen:

Der Förderstrom [Q] ist proportional zur Pumpendrehzahl [N]

Die Förderhöhe [H] ist proportional zum Quadrat der Pumpendrehzahl [N]

Die Leistung ist der Förderstrom multipliziert mit der Förderhöhe
Eine Verringerung der Drehzahl um 50 % ergibt: 50 % Förderstrom, 25 % Förderhöhe und 12,5 % Leistung

Systeme auf den Feldern zu verteilen. Hier lassen sich durch Antriebspakete erhebliche Energieeinsparungen erzielen.

Mit Hilfe der Affinitätsgesetze für Pumpen und Lüfter lassen sich Energieverbrauch und Einsparpotenzial der betreffenden Anwendungen berechnen. Wasser- und Abwasseranwendungen erfordern zum Beispiel im Allgemeinen eine Durchflussregelung. Wird der Durchfluss durch Einsatz eines FU-geregelten Antriebs um 20 Prozent verringert, dann werden nur 51 Prozent der Nennleistung entnommen. Bei Verwendung einer mechanischen Durchflussregelung und einem bei voller Drehzahl laufenden Motor ist die Leistungsaufnahme sehr viel höher.

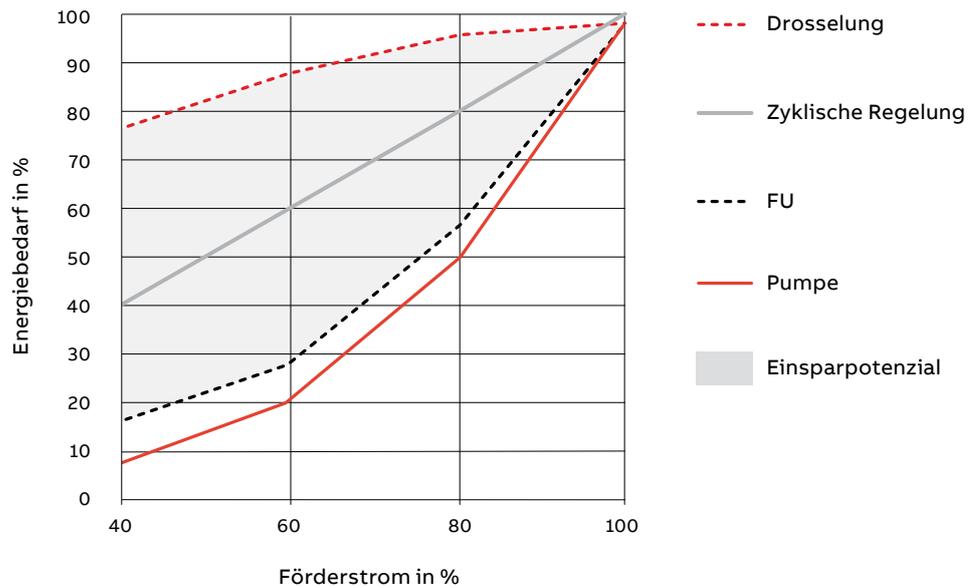
Durch den Einsatz von Frequenzumrichtern in Kombination mit hocheffizienten Motoren lässt sich der Energieverbrauch bei Trinkwasser-, Entsalzungs- und Abwasserprozessen um rund 25 bis 30 % senken.¹⁴



Wasserdurchflussregelung durch Regelung der Motor- und Pumpendrehzahl

Beispiele für die Leistungsaufnahme bei verschiedenen Regelungsverfahren.

Anm.: Ein Förderstrom von 0 % nicht möglich, da bei Pumpen ein Mindestförderstrom vorliegen muss.



Auch bestehende Motoren von Pumpsystemen können mit Frequenzumrichtern kombiniert werden, um die Energieeffizienz zu verbessern. In der Regel sinkt der Verbrauch eines bestehenden Pumpen-, Lüfter- oder Kompressormotors durch Kombination mit einem Frequenzumrichter um 25 Prozent.¹⁵

Energieeffizienz

Digitale Lösungen zur Energieoptimierung sind eine weitere Möglichkeit, um den Energieverbrauch zu senken. So ließen sich beispielsweise durch die Optimierung der Regelung von Pumpsystemen in Kläranlagen geschätzte 10 bis 20 Prozent an Energie einsparen.¹⁶

Die Energieoptimierung kann kontinuierlich erfolgen, zum Beispiel durch die Ausstattung von Motoren und Pumpen mit Sensoren, oder auch durch Optimierung der kompletten Systemarchitektur eines Wasser- oder Klärwerks. Die Daten vernetzter Anlagen, kombiniert mit Servicekompetenz, können zur Fernüberwachung und zur Optimierung von Pumpeffizienz und Pumpleistung genutzt werden. Auch mit Frequenzumrichtern lässt sich der Energieverbrauch unkompliziert und ohne zusätzliches Gerät optimieren. Der ABB-Frequenzumrichter ACQ580 für Wasser- und Abwasseranwendungen verfügt zum Beispiel über eine integrierte Energie-Optimierung und über integrierte Pumpenfunktionen. Damit sorgt er automatisch für ein maximales Drehmoment pro Ampere und reduziert so den Energiebedarf. Frequenzumrichter können auch Funktionalitäten zur Überwachung der Energieeffizienz und zur Messung von Energie-, Emissions- und Kosteneinsparungen bieten.



Energierückgewinnung

In Klärwerken kann Energie auch als Wärme oder als elektrische Energie durch Biogas aus Klärschlamm zurückgewonnen werden. Diese Energie kann dann genutzt werden, um den Gesamtenergiebedarf der Anlage zu senken. Derzeit werden weltweit etwa 4 Prozent des Strombedarfs im kommunalen Abwasserbereich aus Klärschlamm erzeugt.¹⁷ Bei voller Ausschöpfung ihres Rückgewinnungspotenzials könnte die Branche bis 2040 jedoch geschätzte mindestens 55 Prozent ihres Energiebedarfs durch Energierückgewinnung decken.³

ANWENDUNGSBEISPIEL



Erfolgreicher Start des weltweit größten Pumpenbewässerungsprojekts KLIS

Das indische Kaleshwaram Lift Irrigation System (KLIS) ist das größte mehrstufige Bewässerungsprojekt der Welt. Zur Bewässerung des Trockengebiets Telangana in Südindien werden hier jährlich 5,5 Milliarden m³ Wasser gehoben. KLIS besteht aus einer Reihe von unter- und oberirdischen Pumpstationen und erstreckt sich über 300 Kilometer. Das Wasser wird aus dem Fluss Godavari oder aus Stauseen gehoben, in Kanäle und/oder entferntere Stauseen geleitet und dann zu den nächsten Stationen gepumpt. ABB hat dafür 37 Motoren (40 und 43 MW), 15 lastgeführte Wechselrichtermodule (LCI) sowie weitere elektrische Systeme zur Regelung und für den Betrieb der Pumpen und zum effizienten Heben der erforderlichen enormen Wassermengen geliefert. Die LCI-Antriebslösung von ABB sorgt für einen geringeren Einschaltstrom und mindert damit die elektrische Belastung des Systems. Die ABB-Mittelspannungsschaltanlage gewährleistet zusätzlichen Schutz, Stabilität und Kontrolle. Seit dem Start von KLIS im Jahr 2019 konnten die Bauern in Telangana dank der verbesserten Bewässerung bei Reis und Mais bereits Rekorderten einfahren.

ANWENDUNGSBEISPIEL



Saneago sorgt für geringeren Energieverbrauch bei der Trinkwasserförderung

Saneago versorgt die über 5,7 Millionen Einwohner des brasilianischen Bundesstaats Goiás mit Trinkwasser. Einer der größten Kostenfaktoren des Unternehmens sind die Energiekosten der Wasserförderung. Bei einer energetischen Bewertung durch ein Partnerunternehmen konnten mehrere Bereiche mit eindeutigem Verbesserungspotenzial ermittelt werden. ABB hat in diesem Rahmen 15 hocheffiziente Motoren und 15 Frequenzumrichter sowie smarte Sensoren und Tools zur Fernüberwachung des Anlagenzustands für vier Zulaufpumpstationen geliefert. Zu der ABB-Lösung gehörten auch ACQ580 Frequenzumrichter für Wasseranwendungen mit intelligenter Multipumpenfunktion. Mit dieser Funktion lassen sich mehrere Pumpen gleichzeitig steuern, so dass Förderleistung und Druck an den aktuellen Bedarf angepasst werden können. Mit Hilfe der Lösungen von ABB konnte Saneago seinen Energieverbrauch um 25 Prozent senken.

ANWENDUNGSBEISPIEL



KMEDP verringert Energiebedarf bei der Entsalzung

Bis zum Jahr 2060 soll die Meerwasserentsalzung bis zu 30 Prozent des Wasserbedarfs in Singapur decken. Die neue duale Entsalzungsanlage Keppel Marina East Desalination Plant (KMEDP) nutzt fortschrittliche ABB-Technologie, um 7 Prozent des täglichen Wasserbedarfs des Inselstaats zu decken. Die Anlage ist die erste Einrichtung dieser Art in Singapur, in der sowohl Meerwasser als auch Niederschlagswasser aus dem nahegelegenen Marina-Staudamm entsalzt werden kann. Da die Entsalzung ein energieintensiver Prozess ist, wird die KMEDP mit einer Reihe von Spitzentechnologien von ABB betrieben, um maximale Effizienz zu gewährleisten. Dazu zählen neben Automatisierungs- und Leitsystemen auch Messgeräte und Wasseranalytoren. Diese Systeme steuern und überwachen energieeffiziente Motoren, Frequenzumrichter und Schaltanlagen, die ebenfalls von ABB geliefert wurden. Kombiniert mit einer Optimierung der Prozesse könnte diese Technologie den Stromverbrauch der Anlage um bis zu 40 Prozent senken.

ANWENDUNGSBEISPIEL



SynRM-Antriebspakete senken Energieverbrauch des Rückschlammumpwerks

Das Klärwerk Bocholt in Nordrhein-Westfalen hat in vier ABB-Antriebspakete aus Synchronreluktanzmotoren und Frequenzumrichtern für das Rückschlammumpwerk II investiert. Zuvor waren in dem Pumpwerk sechs Pumpen im Einsatz. Durch die Verwendung von Synchronreluktanzmotoren und die verbesserte Laufradgeometrie der Pumpen konnte jedoch sowohl die elektrische als auch die mechanische Effizienz verbessert werden. Deshalb werden nicht nur weniger Pumpen benötigt, die neuen Pumpen kommen auch mit einer geringeren Antriebsleistung aus. Und weil die Motoren drehzahl geregelt sind, kann der Rückschlammförderstrom an die hydraulische Belastung der Kläranlage angepasst werden, was weitere Energie spart. In Verbindung mit Modernisierungsmaßnahmen konnte das Klärwerk Bocholt seinen Energieverbrauch so um 40 Prozent senken.

Zusammenfassung

Wie vorstehend beschrieben, kommen in der Wasser- und Abwasserbranche zahlreiche energieintensive Prozesse zum tragen. Da an fast jedem dieser Prozesse Pumpen beteiligt sind, bietet sich die Optimierung der Pumpsysteme als ein effektiver Weg an, um die Energieeffizienz zu verbessern und die Betriebskosten zu senken. Die Effizienz von Pumpsystemen lässt sich hervorragend durch drehzahlgeregelte Motoren verbessern, die selbst bei Teillast hocheffizient sind und nur die Menge an Energie verbrauchen, die für die Anwendung erforderlich ist. In Kombination mit Energieoptimierung und Energierückgewinnung bieten verbesserte Antriebsspakete den Unternehmen der Wasserver- und Abwasserentsorgung realistische Möglichkeiten, um Energie und Geld zu sparen.

- (1) ABB-Broschüre für die Bewässerungsbranche, Effiziente Wasserverteilung und -einsparung für eine nachhaltige Zukunft (EN), Seite 2, <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AXD50000483655&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- (2) World Energy Outlook 2018 der IEA, Seite 122, https://iea.blob.core.windows.net/assets/77ecf96c-5f4b-4d0d-9d93-d81b938217cb/World_Energy_Outlook_2018.pdf
- (3) Nexus Wasser-Energie, World Energy Outlook, Sonderbericht 2016, Seite 6, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (4) Nexus Wasser-Energie, World Energy Outlook, Sonderbericht 2016, Seite 30, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (5) GWI WaterData Webseminar
- (6) Nexus Wasser-Energie, World Energy Outlook, Sonderbericht 2016, Seite 33, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (7) ABB-Broschüre für die Wasserbranche, Bereitstellung von sauberem und sicherem Trinkwasser (EN), Seite 2, https://library.e.abb.com/public/37a912f8291c4647abee3e3e05078d52/Cleanwater_brochure_3AXD50000483624_REVB_EN.pdf
- (8) Nexus Wasser-Energie, World Energy Outlook, Sonderbericht 2016, Seite 11, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (9) Nexus Wasser-Energie, World Energy Outlook, Sonderbericht 2016, Seite 35, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (10) ABB-Broschüre für die Abwasserbranche, Unterstützung einer sicheren und nachhaltigen Abwasserbehandlung (EN), Seite 2, <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AXD50000421060&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- (11) Nexus Wasser-Energie, World Energy Outlook, Sonderbericht 2016, Seite 30-31, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>
- (12) U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Chapter 7 Desalination, Powering the Blue Economy: Exploring Opportunities for Marine Renewable Energy in Maritime Markets, April 2019, Seite 90 <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/09/f66/73355-v2.pdf>
- (13) Hilfsprogramm der Weltbank für das Energiesektormanagement, Technischer Bericht 001/12, Kasten 2.1, Seite 13, https://www.esmap.org/sites/default/files/esmap-files/FINAL_EECI-WWU_TR001-12_Resize.pdf
- (14) Ein Beispiel für die betreffenden Kalkulationen findet sich in „Program Insights: Variable frequency drives,” Consortium for Energy Efficiency, 2019, <https://www.cee1.org/content/variable-frequency-drives>.
- (15) Laut technischer Spezifikation IEC TS 60034-30-2 (2016).
- (16) „Enhancing the Energy Efficiency of Wastewater Treatment Plants through Co-digestion and Fuel Cell Systems” in Frontiers in environmental science, 30. Oktober 2017, Seite 2. Frontiers | Enhancing the Energy Efficiency of Wastewater Treatment Plants through Co-digestion and Fuel Cell Systems | Environmental Science (frontiersin.org)
- (17) Nexus Wasser-Energie, World Energy Outlook, Sonderbericht 2016, Seite 34, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e4a7e1a5-b6ed-4f36-911f-b011e49aab9/WorldEnergyOutlook2016ExcerptWaterEnergyNexus.pdf>



Weitere Informationen erhalten Sie von Ihrer
ABB-Vertretung oder im Internet:

new.abb.com/drives/de