REGELPOOLING MIT INFRASTRUKTURANLAGEN

EIN LEUCHTTURMPROJEKT VON INFRAWATT, ALPIQ UND RYSER INGENIEURE

Eine Verschiebung von Stromlasten bei Wasserversorgungen und Kläranlagen ist sinnvoll und machbar, ohne den Betrieb zu beeinträchtigen. Dies zeigt das Leuchtturmprojekt von InfraWatt, Alpiq und Ryser Ingenieure mit detaillierten Analysen an konkreten Fallbeispielen. Nun werden erstmals Funktionstüchtigkeit und Wirtschaftlichkeit eines nationalen Regelpoolings bei einer Wasserversorgung und einer Kläranlage in der Praxis geprüft.

Ernst A. Müller, InfraWatt; Rafael Osswald, Alpiq AG*
Andreas Hurni, Ryser Ingenieure AG; Ruedi Moser, Hunziker Betatech AG
Roland Boller; Marco Käser, Abwasserverband Morgental

RÉSUMÉ

PROJET PHARE POOL DE RÉGLAGE DANS LES INSTALLATIONS DE DISTRIBUTION D'EAU ET LES STATIONS D'ÉPURATION

L'équilibre actuel entre l'offre et la demande joue, en raison de la production croissante d'énergie solaire et éolienne, un rôle clé dans les réseaux électriques futurs et la sécurité d'approvisionnement en Europe et en Suisse. On part du principe que cette problématique va encore se renforcer et que des mesures pour une adéquation temporelle des charges électriques prendront de plus en plus d'importance. Les installations de distribution d'eau, les stations d'épuration et les usines d'incinération des déchets disposent, d'après une étude d'InfraWatt, d'un potentiel important pour équilibrer les charges électriques. Afin d'en fournir une preuve pratique, InfraWatt, Alpiq et les ingénieurs de Ryser ont lancé le projet phare «Pool de réglage dans les installations d'infrastructure» avec le soutien de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). Dans plusieurs installations de distribution d'eau et stations d'épuration, des spécialistes ont montré que des transferts de charges d'une puissance de 0,5 à 2 MW sont possibles sans entraver le fonctionnement de ces installations. Des mesures sont pour la première fois mises en œuvre dans une installation de distribution d'eau et une station d'épuration et le fournisseur de pool de réglage Alpiq fournit des services systèmes au gestionnaire du réseau électrique suisse. Les expériences sont évaluées et seront rendues publiques.

MARKT UND OPTIMIERUNG

Die Förderung erneuerbarer Energien hat gesamteuropäisch zu einer vermehrten Einspeisung von erneuerbarem Strom ins Netz geführt. Diese Strommengen fallen unregelmässig und nicht planbar an. Da Stromangebot und Stromnachfrage jederzeit gleich gross sein müssen, gilt ein Lastausgleich zunehmend als eine der Schlüsseltechnologien zur Sicherstellung der Stromversorgung. Für eine marktfähige Lösung für einen solchen Lastausgleich zählen mittelfristig folgende Merkmale:

- niedrige Investitionskosten
- hoher Wirkungsgrad
- hohe Einsatzflexibilität
- geringe Wartungskosten

Aus Sicht der Energieversorgung ist der Unterschied geringfügig, ob ein System nur Energie aufnehmen und ein anderes System dafür Energie bereitstellen kann oder ob beide Eigenschaften in einer Anlage vereint sind. Es geht lediglich um eine kontrollierbare Be- und Entlastung des Stromnetzes im Falle eines kurzfristigen Überschusses oder eines kurzfristigen Bedarfs an elektrischer Energie. Alle Ansätze im Bereich von Sekunden bis zu wenigen Stunden Reaktionszeit eignen

** Kontakt: info@infrawatt.ch*

sich dazu, die Versorgungssicherheit zu erhöhen. Für einen Lastausgleich werden deshalb auch dezentrale Stromverbraucher oder Stromproduzenten gesucht, die zum Zeitpunkt eines Stromüberschusses ihren Stromverbrauch auf Anfrage rasch erhöhen oder die Stromproduktion senken können bzw. umgekehrt bei einem Strombedarf des Netzes.

Der Verein InfraWatt konnte in einer Studie, die mit Unterstützung des Bundesamtes für Energie (BFE) erstellt wurde, aufzeigen, dass die Potenziale der Kläranlagen, Wasserversorgungen und Kehrichtverbrennungsanlagen in der Schweiz für einen Lastausgleich beachtlich sind [1, 2]. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde ebenfalls mit Unterstützung des BFE ein Leuchtturmprojekt gestartet, um die Machbarkeit in der Praxis zu testen [3]. Dabei soll erstmals bei Wasserversorgungen und Kläranlagen aufgezeigt werden, ob das Regelpooling zur Stabilisierung des Schweizer Übertragungsnetzes technisch und betrieblich machbar und auch finanziell interessant ist. Im Rahmen des Leuchtturmprojekts von InfraWatt, Alpiq und Ryser Ingenieure werden diese Fragen an fünf bis zehn Wasserversorgungen und Kläranlagen detailliert mit Fachspezialisten untersucht. Mit der Realisierung soll ein Beitrag von 5 MW zum nationalen Regelpooling geleistet werden. Entsprechende Ergebnissen vorausgesetzt, soll das Leuchtturmprojekt auch bei der weiteren Umsetzung der Potenziale der Lastverschiebung von Wasserversorgungen und Kläranlagen in der Schweiz unterstützend wirken.

Man beobachtet momentan eine gewisse Dynamik im Strommarkt im Bereich von kontrollierter, dezentraler Lastverschiebung. Bereits heute werden grössere Stromverbraucher, u. a. aus der Industrie, oder Stromproduzenten wie Kehrichtverbrennungsanlagen mit Unterstützung von moderner Fernwirktechnik oder rein lokaler Optimierungssoftware zur Lastverschiebung herangezogen. Dabei werden auch die aktuellen Strommarktpreise berücksichtigt, um einen finanziellen Anreiz für Lieferanten von Systemdienstleistungen (SDL) zu erzielen *(Fig. 1–3)*. Es liegt auch aus volkswirtschaftlichen Gründen nahe, zunächst mit wenig Aufwand Potenziale von bestehenden Anlagen zur Lastverschiebung zu nutzen und erst in einer weiteren Stufe in Batteriespeichertechnik und technische Grossanlagen zu investieren, um die netzkonfor-

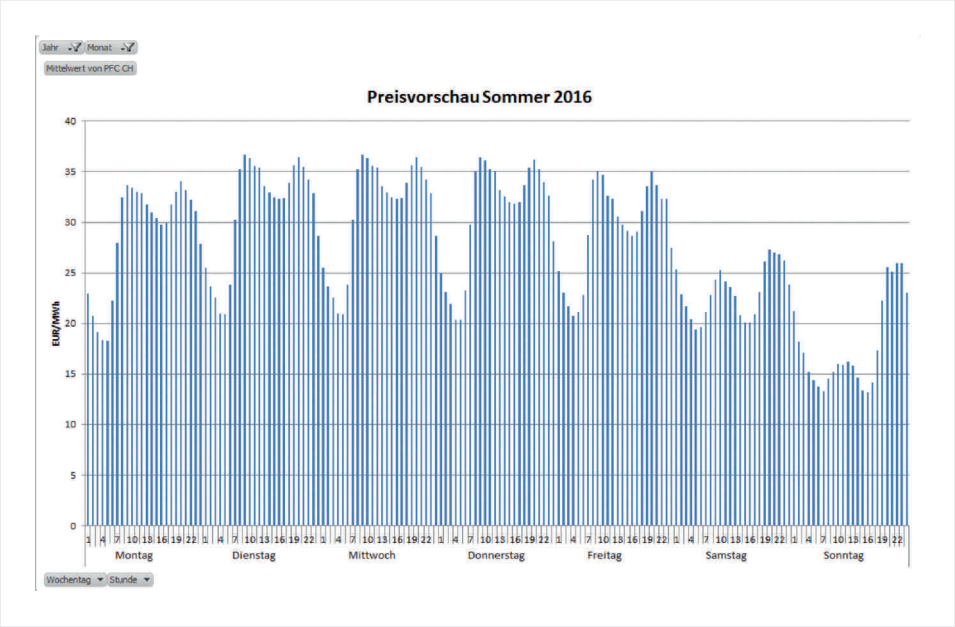

Fig. 1 Mittlere Strompreise auf dem europäischen Markt EEX Schweiz
Prix moyens de l'électricité sur le marché européen EEX Suisse *(Quelle: Alpiq)*

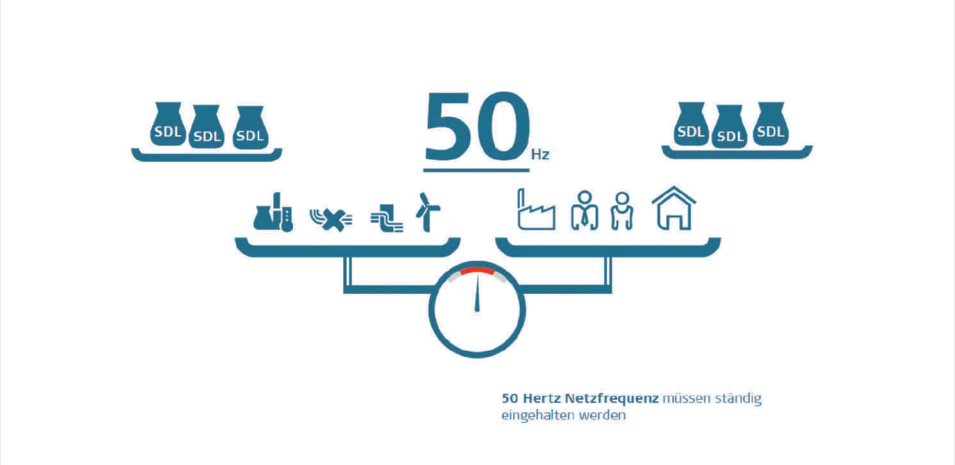

Fig. 2 Systemdienstleistungen zur Netzstabilität
Services systèmes pour la stabilité du réseau *(Quelle: Swissgrid)*

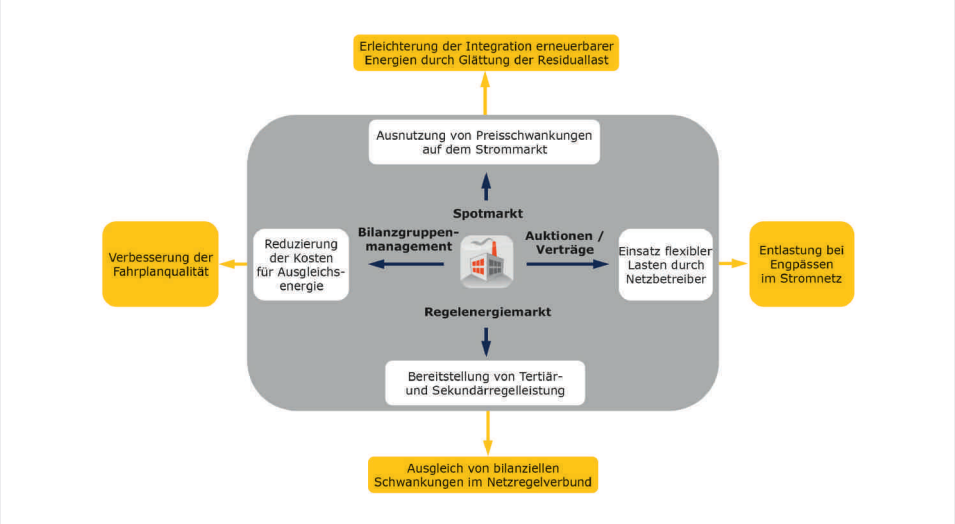

Fig. 3 Kosteneffiziente Beiträge zur Systemstabilität
Contributions rentables à la stabilité du système *(Quelle: Alpiq)*

me Einspeisung erneuerbarer Energien zu unterstützen. Die Wirtschaftlichkeit aller dezentralen Ansätze im Energiemarkt hängt neben den einmaligen Setup-Kosten im Wesentlichen von der sinnvollen Verwendung der elektrischen Überschussenergie ab. Kann heute nicht verwendbare Überschussenergie mit einem Regelpooling zu nutzbarer Energie umgewandelt werden, so erhalten auch Systemdienstleistungen einen höheren Wert und eine entsprechende Vergütung.

WASSERVERSORGUNGEN

FALLBEISPIEL WASSERVERBUND REGION BERN

Die sichere Versorgung ihrer Kunden mit sauberem Trinkwasser hat für eine Wasserversorgung immer höchste Priorität. Bevor Lastverschiebungspotenziale ermittelt werden, muss deshalb die Funktionsweise und der übliche Betrieb der Wasserversorgung analysiert und verstanden werden. Für solche Abklärungen müssen entsprechende Fachleute aus dem Wasserfach beigezogen werden [4]. Für Untersuchungen zur Lastverschiebung müssen folgende Grundlagen bereitgestellt werden:

- Geschäftsbericht
- hydraulisches Schema *(Fig. 4)*
- Situationsplan Fassungsanlagen und Hauptleitungsnetz
- Pumpwerke: Leistung, Fördermengen und -höhen, übliche Betriebszeiten
- Reservoire: Volumen, maximale und minimale Wasserstände
- Wasserverbrauch
- wichtige geplante Änderungen

Diese Unterlagen werden durch Fachleute der Ryser Ingenieure ausgewertet. Der anschliessend erstellte Eckdaten-Kurzbericht enthält die wichtigsten Angaben zur Wasserförderung, zur Wasserspeicherung, zu den Druckzonen und Pumpenleistungen sowie erste Ansätze für einen optimierten Pumpbetrieb. Der Bericht wird mit den Zuständigen der Wasserversorgung überprüft und von diesen gutgeheissen.

Die Eckdaten bilden die Grundlage für die Entwicklung eines vereinfachten hydraulischen Modells der entsprechenden Wasserversorgung. Es kann sein, dass in dieser Phase Druckzonen zusammengefasst werden, obschon die Reservoire sich nicht genau auf der gleichen Höhe befinden. In anderen Fällen werden mehrere höher gelegene Nebenzonen zu einer Hochdruckzone vereint oder separat bewirtschaftete Zonen vernachlässigt.

Wichtige Eingabedaten für das hydraulische Modell sind Reservoirvolumina und kritische Füllstände, Wasserverbräuche über einen Zeitraum von einer Woche sowie elektrische Leistungsaufnahme und Fördermenge einzelner Pumpen oder Pumpengruppen. Entscheidend für die Ermittlung der maximal verschiebbaren Leistungen ist, welche Pumpen gleichzeitig betrieben werden können, ohne dass zu grosse Druckverluste im Verteilnetz oder Verletzungen von konzessionierten Entnahmemengen auftreten *(Fig. 5)*.

Aufgrund dieser umfangreichen Untersuchungen wurde am Fallbeispiel Wasserverbund Region Bern (WVRB) gezeigt, dass Leistungen von rund 800 kW zeitlich verschoben werden können, ohne den Betrieb zu beeinträchtigen. Bei der Wasserversorgung Reinach und Umgebung (Kanton BL) ist eine Verschiebung von rund 600 kW möglich.

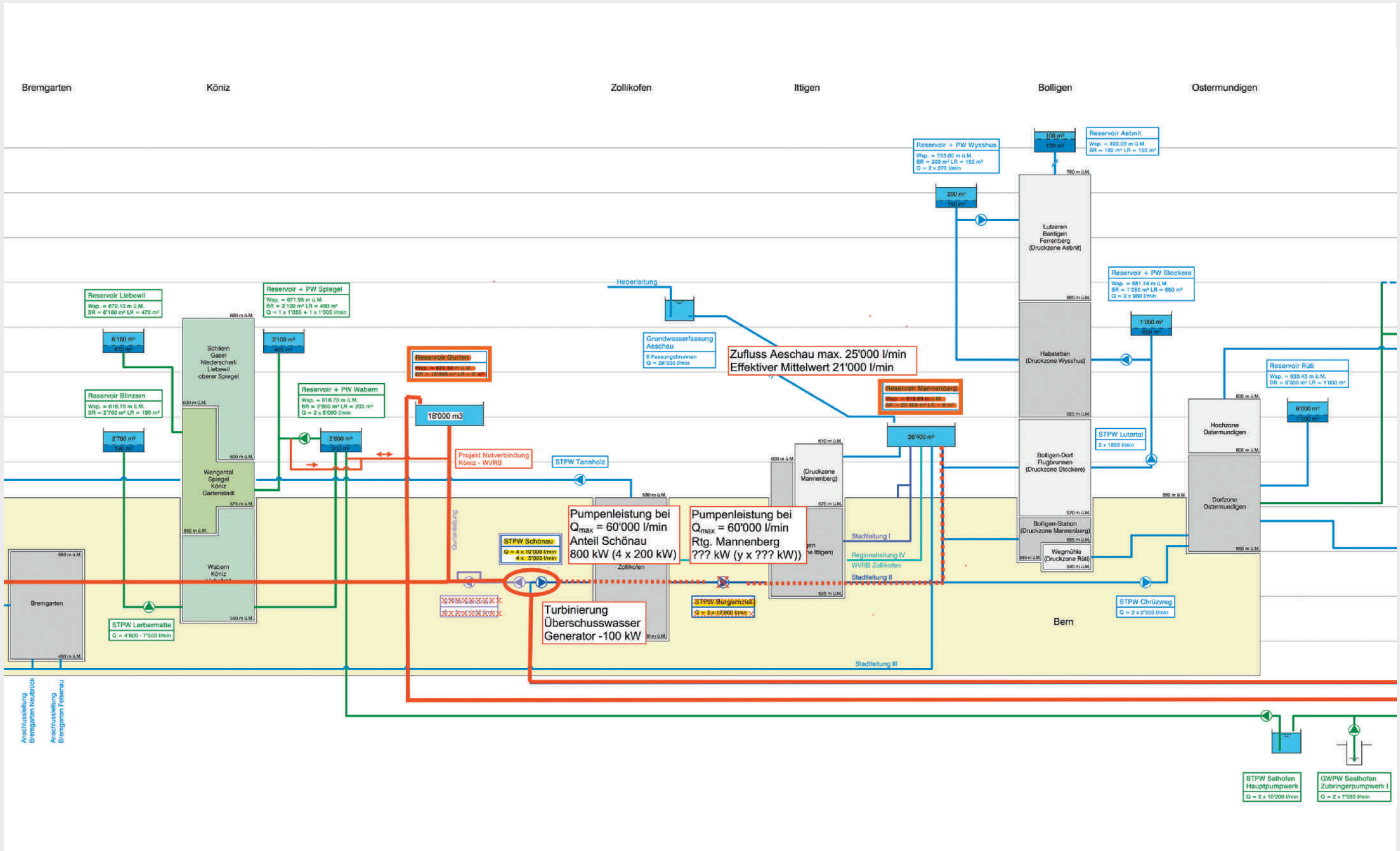

Fig. 4 Ausschnitt des hydraulischen Schemas vom Wasserverbund Region Bern (WVRB). Das Schema zeigt die Komplexität einer grösseren Wasserversorgung exemplarisch auf

Le schéma hydraulique du Wasserverbund Region Bern (WVRB) montre de façon exemplaire la complexité d'une installation de distribution d'eau de grande taille

Im Rahmen des Projekts wurde ein Tool entwickelt, mit dem auch die finanzielle Seite optimiert werden kann. Bei diesem Tool werden Prognosewerte stündlicher Wirkenergiepreise über eine Woche verwendet, sodass ein kostenoptimaler Pumpbetrieb berechnet werden kann. Als Zusatzoption wird noch die Verfügbarkeit für Lastverschiebungen ermittelt, welche die Wasserversorgung in Form von Systemdienstleistungen an einen Regelpoolbetreiber abgeben bzw. verkaufen kann.
Das Resultat einer Optimierung für den WVRB für den Zeitraum 17. bis 23. August 2015 ist in *Figur 6* dargestellt. Die blaue Linie zeigt dabei den heute üblichen Tages- und Wochenverlauf der Reservoirstände in Kubikmeter stündlich auf, die rote Kurve den entsprechenden Verlauf bei optimiertem Betrieb. Die Fördermenge wird ebenfalls stündlich aufgeführt, grün der übliche Verlauf, violett der optimierte Verlauf. Selbstverständlich werden auch beim optimierten Betrieb die Vorgaben der Wasserversorgung betreffend minimalen und maximalen Reservoirfüllstand eingehalten. Die Berechnung kann jederzeit und vor allem bei unerwarteten Einflüssen aktualisiert werden, sodass sowohl der kostenoptimale Betrieb als auch die Erfüllung der Anforderungen der Wasserversorgung immer gewährleistet sind.
Eine Herausforderung stellt die effektive Umsetzung des optimierten Betriebes dar. Hier sind die Koordination des Datenaustauschs und der Ansteuerung zwischen dem Regelpoolbetreiber sowie die Koordination zwischen Wasserversorgung und Lieferant des Prozessleitsystems von entscheidender Bedeutung. Am Beispiel des Wasserverbundes Region Bern konnte die technische Lösung von den Spezialisten von Alpiq gemeinsam mit dem Betreiber innert kurzer Zeit entwickelt werden. Von den gewonnenen Erkenntnissen werden alle anderen Projektpartner und zukünftigen Anwender profitieren.

KLÄRANLAGEN

FALLBEISPIEL ARA MORGENTAL

Der Abwasserverband Morgental (AVM) in Steinach SG reinigt die Abwässer von 54 000 Einwohnerwerten. Auf der Abwasserreinigungsanlage (ARA) stehen ein neues Blockheizkraftwerk (BHKW) mit 520 kW elektrischer Leistung und vier Mikrogasturbinen mit insgesamt 260 kW. Diese potenten Aggregate stehen für ein Regelpooling zur Verfügung, wobei primär das BHKW für den Lastausgleich im Vordergrund steht.
Für ein Regelpooling ist die ARA Morgental eine besondere Herausforderung, da auf dieser energetischen Vorzeigeanlage neben den üblichen Prozessen einer Kläranlage noch eine Co-Vergärung und ein Wärmeverbund betrieben werden. Die Lastverschiebung muss hier also auch auf diese zusätzlichen Aspekte Rücksicht nehmen. Für den Betrieb eines Regelpoolings gilt es deshalb, Chancen und Zielkonflikte zwischen Abwasserreinigung, Schlammbehandlung, Gashaushalt und Energieerzeugung zu klären [5]. Die momentan untersuchten Punkte sind folgende:

Schlammabzug

Der Frischschlamm fällt kontinuierlich an, muss abgezogen und in die Faulung dosiert eingetragen werden. An diesem zentralen Prozess wird stets festgehalten.

Fig. 5 Für die Ermittlung der maximal verschiebbaren Leistungen ist entscheidend, welche Pumpen gleichzeitig betrieben werden können, ohne dass zu grosse Druckverluste im Verteilnetz oder Verletzungen von konzessionierten Entnahmemengen auftreten
Pour déterminer le maximum de puissance transférable, il est nécessaire de savoir quelles pompes peuvent être mises en service simultanément, sans risque de pertes importantes de pression dans le réseau de distribution et tout en respectant les volumes de prélèvement autorisés

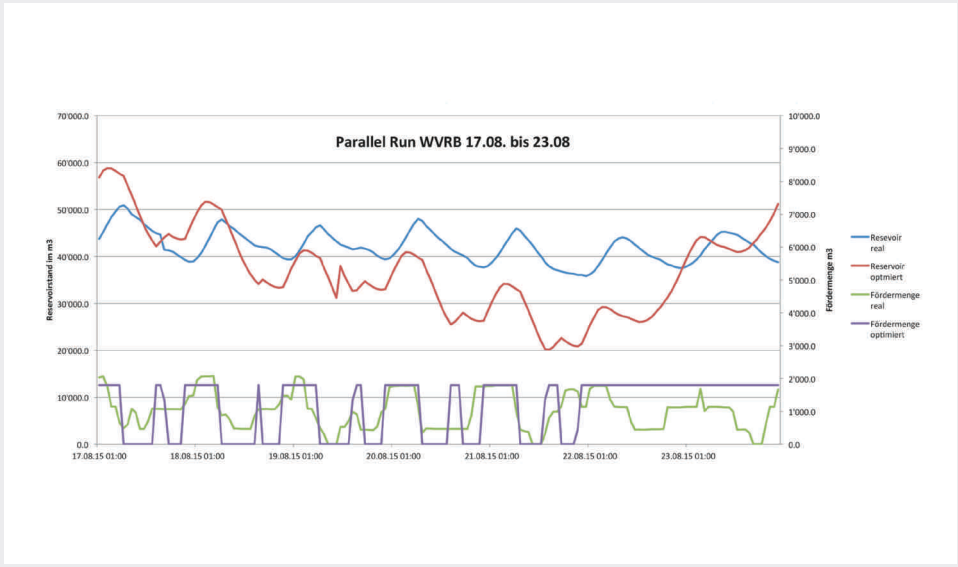

Fig. 6 Resultate des Optimierungstools am Beispiel WVRB
Résultats de l'outil d'optimisation d'après l'exemple du WVRB

Co-Vergärung (COV)

Ergänzend zum eigenen Schlamm werden der Faulung dosiert flüssige, organische Abfallprodukte aus der Industrie beigegeben. Die Lieferung der Co-Substrate ist wenig planbar. Aufgrund der verfügbaren Lagerkapazität ergibt sich ein entsprechender Zwang zur Verwertung.

Schlammfaulung

Die Faulung ist schlussendlich der limitierende Prozess für die Stromproduktion. Ein stabiler Faulungsprozess ist Voraussetzung für eine optimale und zuverlässige Gasproduktion. Die Gasproduktion hängt deshalb von der Anlieferung der Substrate und der begrenzten Faulkapazität ab *(Fig. 7)*.

Gasspeicherung

Der Gasometer hat ein Volumen von 1200 m³. Neben der Notstromreserve von 250 m³ wird neu eine Reserve für das Regelpooling von zirka 200 m³ benötigt. Damit wird die freie Speicherkapazität für die ARA Morgental im Normalbetrieb eingeschränkt.

Gasverwertung

Die Energieproduktion in den vier Mikrogasturbinen und im Blockheizkraftwerk muss mit dem Regelpooling neu gesteuert werden. Auch das Gasmanagement als Funktion von Schlammmenge, Anfall an Co-Substraten, Lagerkapazität, Faulungskapazität, Gasspeicherung und Verwertung ist zwingend anzupassen.

Wärmeenergie

Wegen der Einbindung in das Fernwärmenetz ist die Wärmenachfrage ebenfalls als Randbedingung zu berücksichtigen.

Die Gasproduktion der ARA Morgental beträgt etwa. 3800 bis 6000 m³ pro Tag. Anzustreben ist für die ARA Morgental ein möglichst regelmässiger Betrieb ohne viele Leistungsänderungen bei den Verwertern. Die Nachfrage nach positiver oder negativer Regelleistung im Stromnetz ist hingegen unregelmässig und nicht planbar.

Es ist beabsichtigt, mit dem neuen, im Herbst 2015 in Betrieb gegangenen BHKW das Regelpooling als Teil des Energieparks Morgental umzusetzen. Ziel ist es, rund 500 kW für den Lastausgleich als positive Regelleistung bereitzustellen, wobei vier Stufen vorgesehen sind (0, 50%, 75%, 100%). Der Zugriff erfolgt über das Web mit einem Link im Prozessleitsystem. Dieser Test wird zeigen, wie viel Systemdienstleistungen die ARA Morgental unter den gegebenen Umständen tatsächlich abgeben kann.

Die vorgängigen Abklärungen im Rahmen der Studie «Potenzial der Schweizer Infrastrukturanlagen zur Lastverschiebung» hat 2014 für die ARA Morgental gezeigt, dass die machbaren Potenziale zur Lastverschiebung vor allem bei der Stromproduktion zu suchen sind [1, 2]. Eingriffe bei den Verbrauchern sind hingegen wenig zielführend. Ein temporär erhöhter Strombezug z. B. für einen kurzfristigen höheren Sauerstoffeintrag in die Belüftung der biologischen Abwasserreinigung bringt keinen Zusatznutzen und ist nicht erwünscht. Ein verminderter Strombezug im Sinne von positiver Regelleistung ist hingegen für den Betrieb der Belüftung nachteilig und nicht akzeptabel. Grosse Aggregate wie Gebläse, Ventilatoren und Pumpen können höchstens bei Trockenwetter kurzzeitig ausgeschaltet werden, was Lastverschiebungen wenig planbar und sinnvoll macht.

Ob sich eine Kläranlage wie die ARA Morgental ebenfalls für einen Lastausgleich eignet, muss individuell geklärt werden *(Fig. 8)*. Bedingung ist grundsätzlich eine gewisse Offenheit des ARA-Betreibers für

Fig. 7 Gesamtübersicht ARA Morgental mit den grossen Faultürmen im Hintergrund
Vue d'ensemble de la STEP Morgental avec les grands digesteurs en arrière-plan
(Foto: Abwasserverband Morgental, AVM)

Fig. 8 Die Kapazität des Faulturmes (links) ist ein wichtiger Faktor für das Potenzial der Lastverschiebung auf einer Kläranlagen, rechts die Energiezentrale
La capacité du digesteur (gauche) est un facteur important pour le potentiel de transfert de charge dans une station d'épuration, à droite la centrale énergétique (Foto: AVM)

solche neuen Konzepte. Technisch gesehen sind ein grosser Gasometer und ein grosser Warmwasserspeicher von Vorteil. Je grösser die BHKW-Anlage ist, desto grösser ist das Potenzial der Lastverschiebung und desto besser die Wirtschaftlichkeit *(Fig. 9)*.
Generell für alle ARA ist wichtig zu wissen, dass seit 2015 auch KEV-Anlagen berechtigt sind, am SDL-Markt teilzunehmen. Ausserdem hat das Stromregelpooling auch mit der KEV den zusätzlichen Nutzen, dass die jährliche Entschädigung für das Vorhalten der Regelenergie nicht zeitlich begrenzt ist.
Betriebsleiter *Roland Boller* von der ARA Morgental erklärt, dass er dem Regelpooling anfänglich skeptisch gegenüberstand. «Durch die Mitarbeit in der Projektgruppe konnte ich unsere Bedürfnisse und Randbedingungen einbringen und meine Vorbehalte wurden abgebaut. Deshalb kann ich heute meinen Kläranlagenkollegen empfehlen, ein Regelpooling ebenfalls zu prüfen.»

ERKENNTNISSE ZUM REGELPOOLING

Gemäss den durchgeführten Untersuchungen an Fallbeispielen verfügen Wasserversorgungen über entsprechende Voraussetzungen zur Lastverschiebung. Wasserversorgungen haben in der Regel einen gut planbaren zeitlichen Bedarf an Trinkwasser. Reservoire sind oft grosszügig bemessen und können meist innerhalb von wenigen Stunden mit den bestehenden Pumpen zuverlässig gefüllt werden. Dies ergibt einen zeitlichen Spielraum, die Pumpen zu gewissen Zeiten in Betrieb zu nehmen oder auszuschalten und dennoch die Reservoire rechtzeitig zu füllen.
Auf den Kläranlagen sind es vor allem Blockheizkraftwerke, die sich für eine Lastverschiebung eignen. Da sich die Temperatur im Faulturm nur langsam verändert, muss die Wärme nicht stetig geliefert werden. Dadurch kann das Blockheizkraftwerk in einem gewissen Rahmen flexibel ein- oder ausgeschaltet werden. Voraussetzung ist allerdings, dass gleichzeitig ein Spielraum bei der Gaslieferung bzw. eine Reserve beim Gasbehälter vorhanden ist.
Bisher wurde der Einsatz dieser Aggregate, also der Pumpen in Wasserversorgungen und der BHKW auf Kläranlagen, nach den Hoch- und Niedertarifzeiten der lokalen Versorger ausgerichtet. Mit dem Verkauf von Systemdienstleistungen an einen nationalen Regelpoolbetreiber können heute auch überregionale Handelspreise zur Preisoptimierung genutzt werden. Nur dort entstehen durch Überschuss und Bedarf reale Preissignale, die systemstabilisierend wirken. Ebenso wird nur auf dem nationalen Energiemarkt die Vorhaltung von Regelleistung gehandelt, da nur auf dieser Ebene die Verantwortung für die Versorgungssicherheit heute bereits mit klaren Knappheitsprämien belohnt wird. Da aber alle Vorlieferanten in diesen Märkten agieren, können auch die lokalen Versorger diese Preisvorteile weitergeben.
In diesem Wettbewerb spielen sogenannte Opportunitätskosten eine grosse Rolle. Diese sind bei einer Wasserversorgung sehr tief, da ohnehin Wasser gepumpt werden muss und die Installationen sowieso bereits vorhanden sind. Auch bei Kläranlagen mit geeigneten Blockheizkraftwerken und Faultürmen ist die Grundausrüstung für eine Lastverschiebung bereits vorhanden; es braucht lediglich zusätzliche Geräte für die Steuerung oder sogar nur Anpassungen bei der Programmierung der vorhandenen Leitsysteme. In den untersuchten Fallbeispielen wurde berechnet, dass die Betreiber durch den Verkauf von Systemdienstleistungen und Massnahmen zur Stromeinsparungen ihre Stromkosten um 10 bis 25% senken können.
Der wirtschaftlich noch attraktivere Bereich ist die Sekundärregelenergie. Diese ist für Wasserversorger kaum zugänglich, da häufige Lastwechsel sich negativ auf die Lebensdauer der Pumpen auswirken können und das Netz durch Druckstösse belasten. Bei Kläranlagen ist die Möglichkeit der Sekundärregelenergie eher prüfenswert, da im Jahresschnitt lediglich 10% der vorgehaltenen Leistung im Sekundärregler abgerufen werden, sodass in 90% der Fälle überhaupt keine Auswirkungen auf das Ein- und Ausschalten der Blockheizkraftwerke zu erwarten sind. Da in diesen Fällen die Leistung bereitgestellt, aber nicht ständig abgerufen wird, wird auch von der Vorhaltung von Regelenergie als Oberbegriff gesprochen. Diese Vorhaltung ist notwendig, damit das Übertragungsnetz jederzeit und immer wieder durch kurze und gezielte Eingriffe ausbalanciert werden kann. Diese Eingriffe können von wenigen Minuten bis zu einigen Viertelstunden dauern und folgen keinem Muster. Deswegen eignen sich Blockheizkraftwerke mit den hohen Jahresbetriebsstunden besonders gut für die Vorhaltung von Sekundärregelenergie.
Eine optimale Bewirtschaftungsstrategie im Regelenergiepool ermöglicht Zusatzerlöse von 6000 bis 12 000 Franken

Fig. 9 Blockheizkraftwerke haben auf Kläranlagen grundsätzliche gute Voraussetzungen zur Lastverschiebung
Les centrales chaleur-force dans les stations d'épuration offrent de bonnes conditions de base pour un transfert de charge *(Foto: AVM)*

pro 100 kW Leistung und Jahr. Die Vorhaltung ist auch hier grundsätzlich mit keinen grossen Investitionen verbunden und ist deshalb interessant, weil ein Abruf mit einem 20%igen Preisaufschlag entschädigt wird.

In den vergangenen Jahren hat sich im internationalen Umfeld gezeigt, dass die dezentrale Steuerung von Bestandsanlagen ein Bedarf ist, der noch ansteigen dürfte. Das Leuchtturmprojekt «Regelpooling mit Infrastrukturanlagen» wird an realisierten Fallbeispielen zeigen, wie lukrativ Systemdienstleistungen für Wasserversorgungen und Kläranlagen in der Schweiz sein können. InfraWatt wird die Wasser- und Abwasserbranche über die Ergebnisse informieren (*www.regelpooling.ch*), interessierte Betreiber mit seinen fachkompetenten Partnern konzeptionell, planerisch und verfahrenstechnisch unterstützen und ihnen die Teilnahme am Regelpooling und der Strompreisoptimierung ermöglichen.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *Müller, E.A. et al. (2013): Potential der Schweizer Infrastrukturanlagen zur Lastverschiebung. InfraWatt mit Unterstützung vom Bundesamt für Energie*

[2] *Moser, R.; Hurni, A.; Müller, E.A. (2013): Lastverschiebung. Aqua & Gas*

[3] *Müller, E.A. (2014): Leuchtturmprojekt gestartet. Umweltperspektive*

[4] *Kilchmann, A. et al. (2004): Energie in der Wasserversorgung, Ratgeber zur Energiekosten- und Betriebsoptimierung. BFE und SVGW*

[5] *Müller, E.A. et al. (2008/2010): Energie in ARA. Leitfaden zur Energieoptimierung auf Abwasserreinigungsanlagen. VSA und BFE*

[6] *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2014): Ein Strommarkt für die Energiewende. Diskussionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Grünbuch)*

[7] *Reithofer, T. et al. (2013): Anbindung von Regelpools an den Schweizer DSL-Markt. Herausgeber VSE*

[8] *Nabe, C.; Trinkner, U.; Bons, M. (2015): Zukünftige Energiemärkte und die Rolle der Netzbetreiber, Endbericht. Swiss Economics und Ecosys, im Auftrag des BFE*

SVGW–Wasserfachtagung «Trinkwassernetze»