

Energiegewinnung im Wasserverteilungsnetz durch intelligentes Druckmanagement – EWID

Um den Wasserdruck im Wassernetz zu begrenzen und die Wasserleitungen nicht übermäßig zu beanspruchen, kommen in Wasserversorgungssystemen **Druckminderventile** zum Einsatz. Gleichzeitig wird bei der Regulierung des Druckes mit solchen Ventilen ständig Energie in nicht weiter verwendbare Formen wie **Schall und Wärme** umgewandelt. Das Forschungsprojekt „Energiegewinnung im Wasserverteilungsnetz durch intelligentes Druckmanagement (EWID)“ soll Wege aufzeigen, diese Energiedissipation zu verringern. Dazu wird ein neuartiges System, basierend auf einer rückwärts laufenden **Pumpe als Turbine** in Verbindung mit einem intelligenten Druckmanagement, entwickelt. Ziel ist es einerseits, die maximal möglich abbaubare Energie des Wassers bedarfsorientiert in elektrische Energie umzuwandeln und andererseits einen Beitrag zur Verringerung der Wasserverluste und des Materialstresses im Wasserverteilungsnetz zu leisten.

von: Salomé Parra, Frank Krönlein, Steffen Krause & F. Wolfgang Günthert (alle: Universität der Bundeswehr München)

Druckminderventile (DMV) werden allgemein dort eingesetzt, wo ein bestimmter Betriebsdruck im Wasserversorgungsnetz nicht überschritten werden darf, z. B. in tief gelegenen Versorgungsgebieten mit der Ausbildung einer eigenen Druckzone. Je nach Wasserversorgungssystem bzw. je nach der Topologie des Versorgungsnetzes kann ein Druckabbau im Bereich der Rohwasserfassung, bei der Behälterbefüllung, in Transportleitungen oder direkt im Verteilungsnetz erforderlich sein. Der Druckabbau dient hierbei der Anpassung an die Auslegungsgrößen einzelner Anlagenkomponenten und der Vermeidung von Leitungsschäden und Materialstress im Wasserversorgungsnetz. Auch zur Wasserverlustreduzierung, im Rahmen des Druckmanagements, finden DMV immer häufiger Anwendung. Grundlage dafür ist die Abhängigkeit der Verlustmenge eines Lecks vom anliegenden Versorgungsdruck.

Innerhalb eines Wasserverteilungsnetzes werden Druckminderventile so ausgelegt, dass der Druckabbau entsprechend der Dynamik des Wasserverbrauchs auch unter variierenden Durchfluss- und Druckverhältnissen einen möglichst konstanten Ausgangsdruck liefert [1]. Das DVGW-Arbeitsblatt W 400-1 empfiehlt Ruhedrucke im Schwerpunkt einer Druckzone von 4 bis 6 bar am Hausanschluss und Versor-

gungsdrücke ab 2 bar in Abhängigkeit von der Geschosshöhe der zu versorgenden Gebäude [2]. Hier muss berücksichtigt werden, dass die Wasserversorgungsunternehmen (WVU) verpflichtet sind, das Wasser unter dem Druck zu liefern, der für eine einwandfreie Deckung des üblichen Bedarfs in dem betreffenden Versorgungsgebiet erforderlich ist [3].

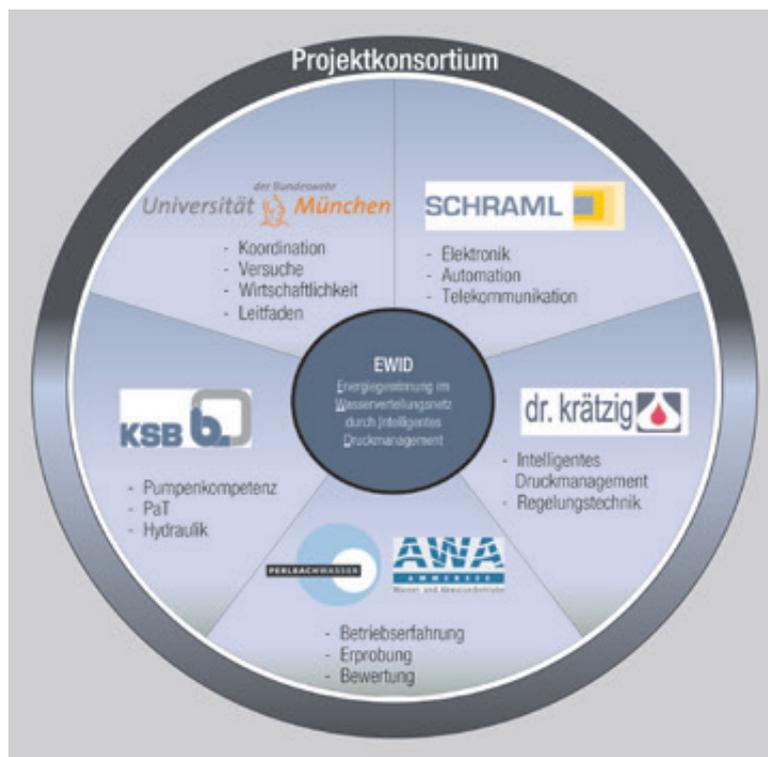
Ziele und Herausforderungen des Verbundprojektes EWID

Bei der klassischen Druckreduzierung mittels Druckminderventilen wird die im System bestehende Druckenergie in Schall- und Wärmeenergie umgewandelt. Um diese überschüssige Energie zu nutzen, kann eine Turbine verwendet werden, die Druckenergie in elektrische Energie umwandelt. Solche Ansätze finden bereits in Trinkwassernetzen im deutschen und internationalen Raum für die Bereiche der Rohwasserfassung, der Transportleitungen und der Behälterbefüllung Anwendung. Trinkwasserkraftwerke und die sogenannten „Entspannungsturbinen“ sind im Alpenraum bekannt. Beispielsweise wird am Ende der aus dem Mangfallgebiet kommenden Trinkwasserzubringerleitung der Stadtwerke München, im Sammelbehälter Deisenhofen, die Energie des Wasserstroms mittels einer Turbine und vier rückwärtslaufenden Pumpen

in elektrischen Strom umgewandelt. Auch der Zweckverband Landeswasserversorgung in Baden-Württemberg, eines der größten Fernwasserversorgungsunternehmen Deutschlands, betreibt Trinkwasserkleinturbinen und seit 1985 Pumpen als Turbinen zur Energierückgewinnung [4].

Der Einsatz dieser Art von Energierückgewinnungsanlagen ist bisher hauptsächlich auf Transportleitungen (Fallleitungen) mit großen Höhenunterschieden beschränkt, wo die Stromerzeugungsanlagen durch einen Wasserspeicher hydraulisch weitgehend vom nachfolgenden Verteilungsnetz getrennt sind und daher nicht den im Netz üblichen Druck- und Durchflussschwankungen unterliegen. Für einen effizienten und ressourcenschonenden Umgang mit Energie in der Wasserwirtschaft wird die weitere Untersuchung des Potenzials von Kleinturbinen in Trinkwasserversorgungsnetzen zur Erweiterung ihres Einsatzbereiches empfohlen [5, 6].

Im Forschungsprojekt EWID „Energiegewinnung im Wasserverteilungsnetz durch intelligentes Druckmanagement“ soll der Druckabbau direkt im Verteilungsnetz zur Energierückgewinnung genutzt werden. Hierbei wird das auf Energiedissipation beruhende „klassische“ Druckmanagement mittels Druckminderventilen durch eine Pumpe als Turbine (PaT) zur Erzeugung elektrischer Energie ergänzt. Dazu wird ein neuartiges System, basierend auf einer rückwärts laufenden Kreiselpumpe in Verbindung mit einem intelligenten Druckmanagement (IDM), entwickelt. Die PaT-Technologie eignet sich hierfür besonders, da ihr Betriebsbereich bezüglich Volumenstrom und Druckreduktion flexibler als bei herkömmlichen Turbinen ist. Hinzu kommt, dass es sich bei Pumpen um ein standardisiertes Massenprodukt mit geringen Anschaffungskosten handelt. Dieser Umstand eröffnet die Möglichkeit, auch kleine Potenziale wirtschaftlich zu nutzen. Das Konzept der intelligenten Druckregelung sieht vor, dass das System sich dynamisch an die jeweilige aktuelle Verbrauchssituation im Versorgungsnetz anpasst. Durch die variable Druckregelung mittels PaT kann der überschüssige Druck im Versorgungsnetz bedarfsabhängig reduziert werden. So leistet EWID einerseits einen Beitrag zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Rückgewinnung von Energie im Wasserverteilungsnetz. Andererseits trägt



Quelle: Rödel, UniBwM

die intelligente Regelung des Systemdruckes zur Verringerung des Materialstress und von Wasserverlusten bei.

Abb. 1: Projektkonsortium EWID

EWID-Projektkonsortium und interdisziplinäre Zusammenarbeit

Die Durchführung des Projektes EWID erfordert die multidisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Partnern unterschiedlicher Kompetenz- und Erfahrungsbereiche. Daher wurde ein Projektkonsortium mit verschiedenen Akteuren in der Wasserwirtschaft geschaffen. Beteiligt am Projekt sind die Universität der Bundeswehr München mit der Professur für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, die KSB Aktiengesellschaft, die Schraml GmbH, die Dr. Krätzig Ingenieurgesellschaft mbH und die Wasserversorgungsunternehmen AWA-Ammersee Wasser- und Abwasserbetriebe gKU (AWA) und Wasserversorgungszweckverband Perlenbach (PER). In **Abbildung 1** sind die Projektpartner mit ihren Aufgabenbereichen zusammengestellt.

Das Forschungsvorhaben EWID wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), als Teil der Fördermaßnahme „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte für eine energieeffiziente und ressourcenschonende Wasserwirtschaft“ (ERWAS) im Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement“ (NaWaM), gefördert. Gestartet wurde das Projekt am 1. April 2014 mit einer Laufzeit von drei Jahren.

(PaT + IDM). Dabei soll der über die PaT abgebaute Druckunterschied nicht mehr konstant, sondern variabel in Abhängigkeit vom Verbraucherverhalten und vom Betriebsdruck am kritischen Punkt im Wasserverteilungsnetz sein. Als kritische Punkte werden im Rahmen von EWID die Knoten verstanden, an denen es bei bestimmten Lastfällen am ehesten zu Problemen bei der Einhaltung des Versorgungsdruckes (Hoch- bzw. Endpunkt) kommen könnte. Ziel ist hierbei, einen maximalen Energieertrag durch die PaT zu generieren, ohne dabei die Versorgungssicherheit im Versorgungsnetz zu gefährden. Zur Identifikation der kritischen Punkte wurden im Rahmen der Rohrnetzrechnung mehrere Lastfälle modelliert, u. a. auch Brandlastfälle. Im Anschluss erfolgte anhand von Messkampagnen an ausgewählten Punkten im Netz eine Kalibrierung des Modells, um die gemessenen mit den simulierten Werten (Druck und Durchfluss) vergleichen zu können. Die Abbildung des Wasserverteilungsnetzes im Modell und die Simulation von verschiedenen Betriebszuständen (Netzmodellierung und Netzcharakterisierung) dienen auch zur Erweiterung der Regelalgorithmen für das IDM. Hierdurch soll eine effizientere Regelung der Komponenten in den Wasserverteilungsnetzen bei gleichzeitiger „verlustfreier“ Energierückgewinnung und bedarfsgerechter Versorgung (Systementwicklung) ermöglicht werden.

Abbildung 3 zeigt die Vorgehensweise bei der Entwicklung des EWID-Systems. Nach der Grundlagenermittlung und Netzmodellierung der ausgewählten Pilotbezirke erfolgen aktuell zeitgleich die Systementwicklung und die Technikuserprobung an der Universität der Bundeswehr München.

Technikumserprobung

Nach der detaillierten Untersuchung der Teilnetze der beteiligten WVU erfolgen zurzeit umfangreiche Erprobungen an einem für das Projekt entwickelten Prüfstand im Technikum der Universität der Bundeswehr Mün-

chen. Die einzelnen Komponenten, wie z. B. die Förderpumpen, wurden so dimensioniert, dass möglichst alle Szenarien der späteren Einbauorte nachgebildet und untersucht werden können. Aus diesem Grund wurden beispielsweise die gleichen Leitungsnennweiten und Rohrmaterialien mit ähnlichen Eigenschaften wie bei den vorhandenen Druckminderschächten ausgewählt. Ziel ist es, die Randbedingungen und maßgeblichen Parameter wie Strömungsgeschwindigkeit, Druck und Durchfluss möglichst wie in der Realität abbilden zu können. Als Mess-

einrichtungen wurden u. a. Durchflussmesser (MID) und Druckaufnehmer implementiert. Die verschiedenen Druckstufen können über einen Druckausgleichsbehälter am Teststand gepuffert werden.

In der ersten Phase der Technikuserprobung wurde der Ist-Zustand bei den WVU, die Druckreduzierung über klassische DMV, konzipiert und realisiert: Die Förderpumpen liefern den erforderlichen Vordruck und das DMV reduziert diesen entsprechend den Werten,

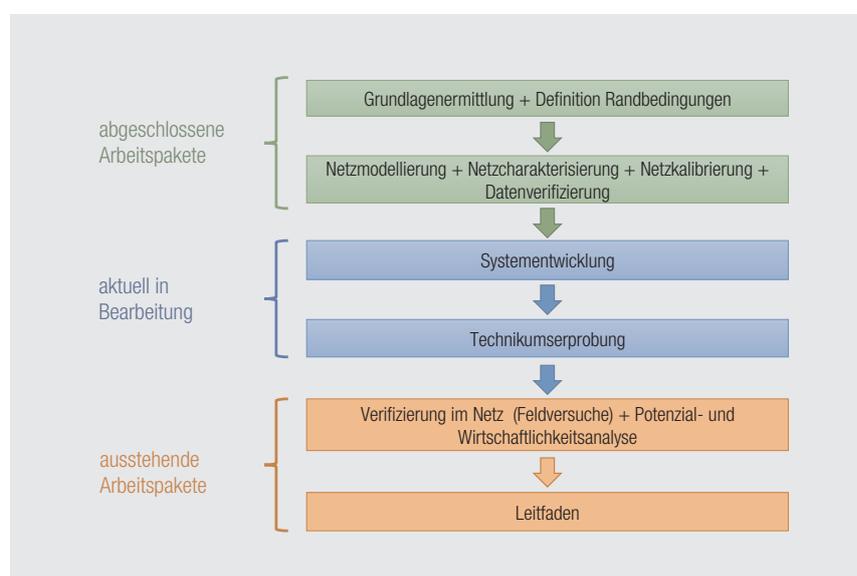


Abb. 3: Vorgehensweise bei der Entwicklung des EWID-Systems



Abb. 4: Prüfstand EWID im Technikum der Universität der Bundeswehr München (Bauabschnitt 2)

welche bei den WVU gemessen wurden. Zwei Regelventile regeln den Durchfluss entsprechend der jeweiligen charakteristischen Durchfluss-ganglinie. In der zweiten Entwicklungsphase wurden die PaT-Systeme in den Bypässen zur Hauptleitung (DMV) montiert (Abb. 4). Für die verschiedenen Entwicklungsstufen des EWID-Systems sowie für die Auswahl der zu verwendenden Komponenten sind weitere Erprobungen erforderlich. Die Technikumserprobung bietet die Möglichkeit, die entwickelte Systemeinheit im technischen Maßstab vor der Implementierung in den beiden Verteilungsnetzen (Verifizierung im Netz (Feldversuche)) zu erproben. Abgeschlossen wird das Projekt mit der Erarbeitung eines Leitfadens für WVU und Planungsbüros, welcher die Ergebnisse des Vorhabens als praktische Orientierungshilfe zusammenfassen soll. Die Verbreitung des EWID-Ansatzes soll weiterhin durch die Vorstellung in Fachkreisen und Behörden gefördert werden.

Erste Ergebnisse und Ausblick

In der ersten Entwicklungsphase des EWID-Systems wurde ein hohes Potenzial zur energetischen Optimierung von Wasserversorgungsnetzen durch den Ersatz von Druckminder-ventilen durch Pumpen als Turbinen, als Alternative zur klassischen Druckreduzierung, erkannt. Hierdurch soll es ermöglicht werden, elektrische Energie zu generieren und gleichzeitig einen Beitrag zur Ressourcenschonung und Materialentlastung im Wasserverteilungsnetz zu leisten. Die Energieausbeute der PaT im entwickelten EWID-System liegt allgemein im Bereich von 0,3 bis 5 kW. In diesem Zusammenhang muss berücksichtigt werden, dass dieses Potenzial stark von den Randbedingungen im Versorgungsgebiet abhängt. Unter geeigneten Voraussetzungen können beispielsweise bis zu 25.000 kWh im Jahr Strom generiert werden. Im Rahmen des Projektes sollen die Möglichkeiten einer dezentralen Nutzung und der Wiedereinspeisung der rückgewonnenen

Energie im Stromnetz getestet werden. Weiterhin können die Wasserverluste durch das IDM und die zusätzliche Druckabsenkung bei den betrachteten Verteilungsnetzen bis zu ca. 60 Prozent reduziert werden. Diese Abschätzung wird aktuell anhand der hydraulischen Rohrnetzbe-rechnung überprüft und soll später durch Messungen vor Ort verifiziert werden. Weiterhin zeigte die erste Wirtschaftlichkeitsanalyse, dass unter bestimmte Voraussetzungen im Wasserverteilungsnetz eine Amortisationszeit von zehn Jahren und weniger möglich ist. Zusätzlich zur Verbesserung der Energiebilanz im System spielen hier die Einsparungen durch die Wasserverlustreduktion eine wichtige Rolle. Außerdem ist, neben dem monetären Benefit, der zusätzliche Nutzen in der Verbesserung des Monitorings des Wasserverteilungsnetzes hervorzuheben.

Zur sicheren Steuerung und Erweiterung der Flexibilität der Anlagen im Wasserverteilungsnetz sind weiterhin Systeme erforderlich, die dynamisch auf das Verbraucherverhalten reagieren können. Im Forschungsvorhaben EWID wird daher die „Nahe-Echtzeit“-Nutzung von Wassernetzsimulationsmodellen erprobt. Hierzu sollen die aufgenommenen Daten an den Messstellen im Netz, wie kritische Punkte PaT-Einheit etc., möglichst in Echtzeit an die weiteren Stationen (sog. Com-Units) übertragen werden. Die erfassten Parameter (Netzdruck, Durchflüsse, Betriebszustände etc.) dienen als Input für die Modellierung der hydraulischen Verhältnisse im Wasserversorgungsnetz (in EPAnet oder EPAnet-Derivate) und weiter zur Steuerung des PaT-Systems. Die Entwicklung von Regelungsmodellen als Basis zur dynamischen Steuerung ist eine der großen Herausforderungen bei der Entwicklung intelligenter Systeme in Versorgungsnetzen und eines der Hauptziele des EWID-Vorhabens. ■

Literatur

[1] DVGW (2000): DVGW-Merkblatt W 335: Druck-, Durchfluss- und Niveauregelung in Wassertransport und -verteilung. wvgw, Bonn.

- [2] DVGW (2004): DVGW W 400-1: Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV); Teil 1: Planung. wvgw, Bonn (Oktober 2004).
- [3] AVBWasserV (20.06.1980): Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser.
- [4] Störzer, G. (2009): Einsatz von Pumpen als Turbinen (PAT) im Falleitungsbetrieb des Zweckverbands Landeswasserversorgung. In: WasserWirtschaft (07-08/2009).
- [5] Kramer, M.; Wieprecht, S. (2012): Untersuchungen zum Einsatz von Kleinturbinen in der Trinkwasserversorgung. In: wat+gat (spezial) Tagungsband 2.
- [6] Haakh, F.; Holmer, F.; Nill, A. (2013): Energieeffizienz in der Fernwasserversorgung am Beispiel der Landeswasserversorgung. Beitrag 5. In: LW-Schriftenreihe 2013, S. 54–66.
- [7] DVGW (1994): DVGW-Merkblatt W 613: Energierückgewinnung durch Wasserkraftanlagen in der Trinkwasserversorgung. wvgw, Bonn (August 1994).

Die Autoren

M.Sc. Salomé Parra ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik an der Universität der Bundeswehr München.

Dipl.-Ing. (FH) Frank Krönlein, M.Sc., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik an der Universität der Bundeswehr München.

Prof. Dr.-Ing. habil. Steffen Krause ist Privatdozent für Wasserversorgung an der Professur für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (kommissarische Leitung) an der Universität der Bundeswehr München.

Prof. Dr.-Ing. F. Wolfgang Günther ist Professor für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ehemalige Leitung) an der Universität der Bundeswehr München.

Kontakt:

Salomé Parra
Universität der Bundeswehr München
Institut für Wasserwesen
Siedlungswasserwirtschaft und
Abfalltechnik
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg
Tel.: 089 6004-2231
E-Mail: salome.parra@unibw.de
Internet: www.unibw.de