

Behälter- und Versorgungskonzept für einen großen regionalen Wasserversorger

Ein stetig steigender Wasserbedarf und wachsende Transitmengen stellen die Wasserversorgung Beckum GmbH gerade in den Sommermonaten vor Herausforderungen: So sind heute fundierte Netzkenntnisse und **manuelle Eingriffe notwendig, um Spitzenlastsituationen beherrschen zu können**. Vor diesem Hintergrund wurde auch der Neubau eines Wasserbehälters untersucht, um die Versorgungssicherheit langfristig sicherstellen und einen automatisierten Netzbetrieb ermöglichen zu können. **Mithilfe einer dynamischen Simulation** konnten dabei sowohl ein potenzieller Behälterstandort als auch ein optimales Behältervolumen ermittelt werden.

von: Ole Odendahl (Rechenzentrum für Versorgungsnetze Wehr GmbH)

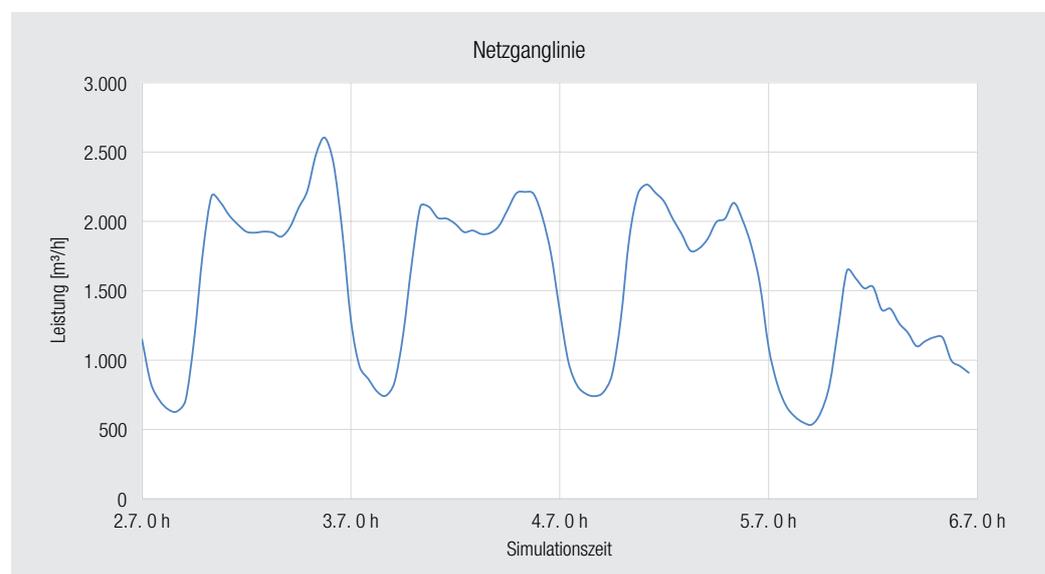
Aufgrund des in den letzten Jahren gestiegenen Wasserbedarfs und der erwarteten weiteren Zunahme, insbesondere der vertraglich zugesicherten Transitmengen, stellte sich für den besagten Wasserversorger die Frage, wie die aktuell hohe Versorgungssicherheit auch zukünftig gewährleistet werden kann. Dazu wird ein Zukunftskonzept entwickelt, um auf Basis vorangegangener Rohr- und Zielnetzuntersuchungen unterschiedliche Handlungsoptionen aufzuzeigen.

Sanierungsbedarf bei einem Behälter auf der einen oder größere Änderungen der Versorgungsaufgabe auf der anderen Seite sind für Wasserversorgungsunternehmen häufig der Auslöser, um sich mit der Standortwahl und Dimensionierung der Wasserbehälter zu beschäftigen. Zentrale Zielgröße stellt hierbei ein

effizienter Netzbetrieb dar, gleichzeitig soll eine hohe Versorgungssicherheit sichergestellt und die gesetzlich vorgeschriebene Trinkwasserhygiene eingehalten werden.

Das Regelwerk in Form des DVGW-Arbeitsblattes W 300-1 gibt bezüglich der Behältergröße nur Empfehlungen zu dem vorzuhaltenden Gesamtbehältervolumen (in Abhängigkeit des Tagesbedarfs). Bei größeren Versorgungsnetzen, wie dem hier betrachteten Netz der Wasserversorgung Beckum mit einer Gesamtlänge der Versorgungsleitungen von über 1.000 km, aufgeteilt in 14 Druckzonen, muss hingegen das Zusammenspiel mehrerer Behälter- und Einspeisestandorte unter Berücksichtigung der Transportkapazität des Leitungsnetzes betrachtet werden, um die oben genannten Zielsetzungen zu erreichen.

Abb. 1: Netzganglinie aller Abnahmestellen



Quelle: Rechenzentrum für Versorgungsnetze Wehr GmbH

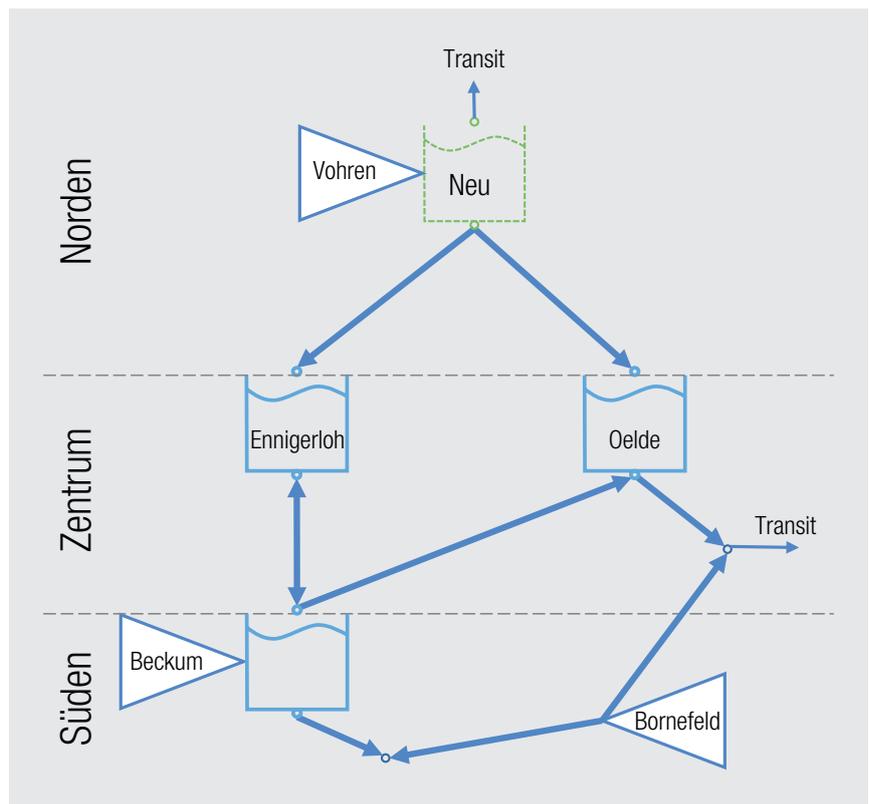
Eine erste Analyse der Bedarfsganglinien, der bestehenden Behältervolumen und der zentralen Transportkapazitäten zeigte, dass die angestrebte Versorgungssicherheit mit den heutigen Behältern zukünftig nur unzureichend sichergestellt werden kann. Aus zwei möglichen Alternativstandorten hat sich im Projekt frühzeitig ein aus versorgungstechnischer Sicht vorteilhafter Standort in Vohren im Norden des Versorgungsnetzes ergeben.

Die hohe Komplexität der Planungsaufgabe erfordert geeignete Simulationswerkzeuge. Diese müssen in der Lage sein, vorab eine Vielzahl von Varianten und Betriebsfällen zu untersuchen, um einen flexiblen und sicheren Netzbetrieb – auch bei längeren Wärmeperioden mit hoher Wasserabgabe sowie im Störfall – zu gewährleisten. Gleichzeitig soll sowohl aus Kosten- als auch aus Hygiene-gründen eine Überdimensionierung der Behälter vermieden werden. Stand der Technik für diese komplexe Planungsaufgabe ist die Nutzung der (dynamischen) Rohrnetz-berechnung, welche im vorliegenden Fall mit dem Rechen-netz-programm ROKA³ der RZVN Wehr GmbH durchgeführt wurde.

Neben der Wahl von Standort und Größe eines potenziellen Behälters war es ein weiteres zentrales Ziel, Empfehlungen für eine Optimierung der Betriebsführung im Zusammenhang mit der Behälterbewirtschaftung abzuleiten sowie Schwachstellen im Versorgungsnetz zu identifizieren.

Methodik

Zentraler Punkt stellt die Erweiterung der klassischen statischen hydraulischen Rohrnetz-berechnung um die Komponente Zeit zu einer dynamischen Simulation dar. Dadurch erhöht sich die Komplexität des Simulationsmodells. Insbesondere steigen in der Folge die Anforderungen an die benötigte Datenqualität der Eingangsdaten sowie der Simulationsrandbedingungen. Eine hohe Qualität ist von entscheidender Bedeutung für die spätere Aussagekraft der Simulationsergebnisse.



Quelle: Rechenzentrum für Versorgungsnetze Wehr GmbH

Abb. 2: Schematische Übersicht des Versorgungssystems

Für die Anwendung bei typischen Fragestellungen in der Wasserversorgung empfiehlt es sich, Daten mit mindestens stündlicher zeitlicher Auflösung zu verwenden. So wird sichergestellt, dass die Dynamik des Versorgungssystems im Tagesverlauf hinreichend genau abgebildet werden kann. Die wichtigsten Komponenten zur Modellbildung stellen die Daten aus der kontinuierlichen Betriebsaufzeichnung, die hydraulischen Kenndaten der Netzanlagen sowie deren Regelungseinstellungen dar.

Aus den aufgezeichneten Zeitreihen der Wasserwerke und Wasserübernahmestationen lässt sich eine Netzganglinie erstellen (Abb. 1). Sie stellt den zeitlichen Verlauf der Netzbelastung im betrachteten Versorgungsnetz über den Simulationszeitraum dar. Die Verbraucher werden in ihrer Abnahmemenge mit der Ganglinie für jeden Zeitschritt linear skaliert.

Der betrachtete Zeitraum sollte im Idealfall die Periode einer hohen Sommerlast umfassen. Typischerweise werden auf diese Weise auch die Betriebsfälle

aus der statischen Rohrnetz-berechnung wie Spitzenbedarf, Normalbedarf und schwächere Nachtlastbereiche abgedeckt.

Im Gegensatz zur statischen Simulation der Netzhydraulik bei festgelegten Lastfällen erhält man durch die Be-

trachtung mehrerer aufeinanderfolgender Zeitschritte differenzierte Aussagen über das dynamische Verhalten der hydraulischen Zusammenhänge im Versorgungsnetz. Insbesondere das Füll- und Leerungsverhalten von Behälteranlagen sowie Aussagen über benötigte Anlagenkapazitäten im Tages- und Wochenverlauf sind möglich.

Eine weitere zentrale Anforderung an das dynamische Netzmodell stellt die realitätsnahe hydraulische Modellierung der Netzanlagen und Vorratsbehälter im Netz dar. Es wird das reale oder gewünschte Regelungsverhalten im Modell implementiert.

Das Softwarewerkzeug unterstützt den Anwender dabei, sowohl ereignisorientierte Regeln als auch zeitgesteuerte Regeln einzugeben: So kann beispielsweise auf einen Behälterfüllstand reagiert werden, um eine Umschaltung im Netz von Entleerung zum Füllbetrieb zu realisieren.

Ausgangssituation

Im betrachteten Anwendungsfall galt es für den Netzbetreiber zu ermitteln, wo und in welcher Größe ein zusätzlicher Wasserbehälter im Versorgungsnetz sinnvoll integriert werden kann.

Ausfälle bei der Wasserversorgung waren in jedem Falle zu vermeiden. Das beschriebene Versorgungsnetz wird bereits heute an warmen Sommertagen in einzelnen Netzbereichen am Auslastungsmaximum betrieben. Durch detaillierte Netzkenntnisse und manuelle Eingriffe in den Netzbetrieb können diese Spitzenbedarfssituationen beherrscht werden. Zukünftig soll jedoch ein weitestgehend automatisierter Netzbetrieb unabhängig von der Belastungssituation gewährleistet werden können. Die vorangegangene Untersuchung des aktuellen Ist-Zustands zeigte insbesondere bei der Wasserversorgung aus dem nördlich gelegenen Wasserwerk Vohren Defizite in der Versorgungssicherheit.

Aufgrund der strategisch wichtigen Lage für die Wasserversorgung des Gesamtsystems und insbesondere der Transitmengen in den sogenannten Nordraum ist der Standort Vohren von zentraler Bedeutung. Durch die Analyse der aktuellen Behälterstandorte und -größen zeigte sich, dass das Wasserwerk Vohren den vielversprechendsten Standort für einen neuen Wasservorratsbehälter darstellt. Durch einen neuen Behälter lässt sich das Wasserwerk nachhaltig in seiner Versorgungssicherheit stärken.

Mittels der zuvor parametrisierten dynamischen Simulation können die Auswirkungen eines neuen Wasserbehälters in Vohren bei verschiedenen Kenndaten, wie etwa Behältervolumen und Füllstand, simuliert werden. So lässt sich eine sinnvolle Behältergröße passend zum gewünschten Versorgungskonzept ermitteln.

Durch die flexible Erstellung des Netzmodells lassen sich sowohl real aufgezeichnete Zustände aus der Betriebsaufzeichnung rechnerisch nachbilden als auch eine Untersuchung von Planungsszenarien anhand von synthetischen Ganglinien realisieren. Zum Verständnis der betrieblichen und hydraulischen Zusammenhänge im Versorgungssystem ist in **Abbildung 2** eine schematische Übersicht gegeben.

Die Einspeisung des Wassers findet an drei Orten ins Netz statt: Vohren im Norden, Beckum im Westen mit einem großen Wasservorratsbehälter und Bornefeld im Südosten. Der Nordbereich ist über zwei Transportleitungen in Richtung Süden mit zwei weiteren Wasserbehältern in Ennigerloh und Oelde verbunden. Über diese Behälter findet im Normalbetrieb in Verbindung mit der Einspeisung in Beckum die Versorgung des zentralen Netzbereichs statt. Durch die kaskadierende Netzschaltung von Nord nach Süd über die Behälter ergibt sich eine starke Entkoppelung der Wassereinspeisung im Norden von der Wasserabnahme im Zentrum und im Süden; die zeitliche Verzögerung beträgt dabei bis zu 24 Stunden. Je nach Behälterfüllständen in Ennigerloh oder Oelde kann im Normalbetrieb von Beckum bis an die Behälter heran die Versorgung übernommen werden. Dies wird flexibel und bedarfsgerecht über zusätzliche Pumpen in Beckum gesteuert. Der Süden und Osten wird maßgeblich aus Bornefeld im Südosten versorgt. Aufgrund der räumlichen Distanz zu Vohren wird hierauf nicht näher eingegangen.

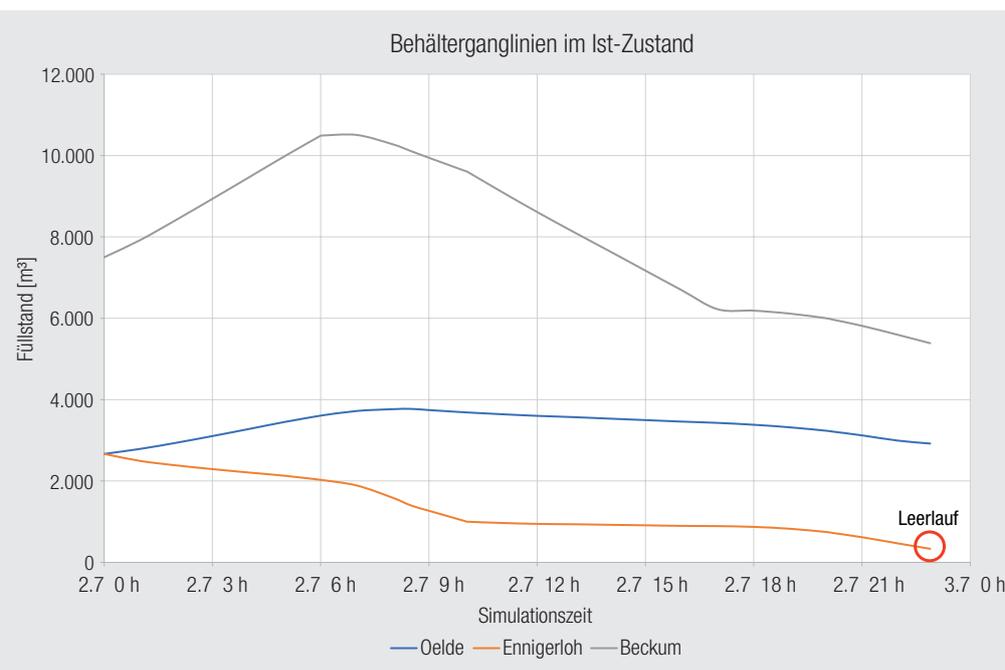


Abb. 3: Behälterganglinien im Istzustand mit Leerlauf Behälter Ennigerloh

Quelle: Rechenzentrum für Versorgungsnetze Wehr GmbH

Ergebnisse

Die dynamische Simulation wurde für einen zusammenhängenden Zeitraum

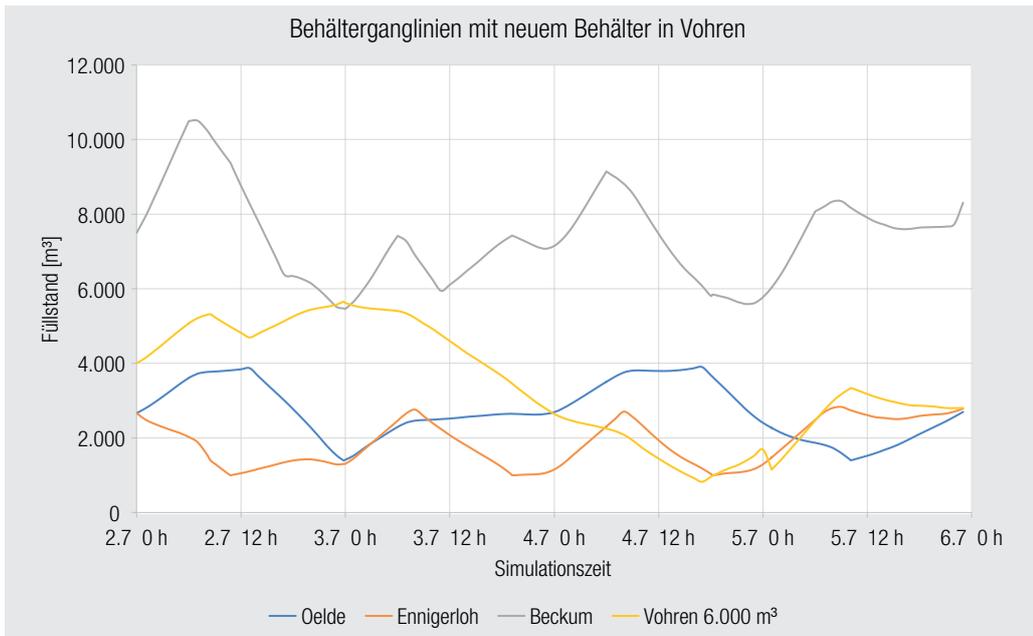


Abb. 4: Behälterganglinien mit neuem Behälter in Vohren (6.000 m³)

Quelle: Rechenzentrum für Versorgungsnetze Wehr GmbH

von vier hoch belasteten Sommertagen (2.–5. Juli) durchgeführt, der Startzeitpunkt ist 0 Uhr am ersten Tag. Die Anfangsbedingungen (wie z. B. die Behälterfüllstände) sind in Anlehnung an typische Werte des Netzbetriebs gewählt worden.

Alle Simulationsszenarien werden in Zeitschritten von einer Stunde gerechnet; dies ergibt sich aus der Auflösung der zugrunde liegenden Eingangsdaten aus der Betriebsaufzeichnung. Ereignisorientiert werden bei Bedarf automatisch weitere Zeitschritte durch das Berechnungsprogramm hinzugefügt, um z. B. die Änderung der Betriebsart eines Behälters zeitlich exakt abzubilden.

Zunächst wird als Ausgangssituation der heutige Istzustand ohne zusätzlichen Wasserbehälter simuliert, dabei zeigen sich Defizite bei der

Wasserversorgung aus den Behältern. Die simulierten Ganglinien der Behälter bei automatisiertem Netzbetrieb sind in **Abbildung 3** dargestellt.

Innerhalb der ersten 24 Stunden läuft ein Wasserbehälter der Nord-Süd-Kaskade, in diesem Fall der Behälter Ennigerloh, leer. Die heutige Einspeiseleistung des Wasserwerks Vohren im Norden ist durch die maximal zulässige Wasserförderleistung begrenzt. Sie reicht in der Folge nicht aus, um die beiden Behälter in Ennigerloh und Oelde ausreichend kontinuierlich nachfüllen und zeitgleich die Versorgung des Nordraums sicherstellen zu können. In der Folge kann der Netzbetrieb in der Simulation nicht mehr im gesamten Versorgungsgebiet aufrechterhalten werden, es kommt zur Unterversorgung durch unzulässig hohen Druckabfall. Um die benötigte Erhöhung der Stationsleistung in

Das bbr-Jahresmagazin (12-2017) enthält Fachbeiträge u. a. zu folgenden Themen:

Wasserwerke mit modernster Technik

HydroGroup | info@hydrogroup.de | +49 751 8009 0

- Power-to-Gas: So machen Super-Einzeller das Erdgasnetz zukunftsfähig
- Entwicklung von Wartungs- und Instandhaltungsplänen zum Brunnenmanagement
- Risikominimierung bei Geothermieprojekten – ein Update

Kostenloses Probeheft unter info@wvgw.de

Vohren zu realisieren, ist eine Entkopplung der Einspeiseleistung und Wasserförderung erforderlich. Dies kann über einen neuen und ausreichend dimensionierten Wasserbehälter mit zugehöriger Pumpstation erfüllt werden. So können Überschussmengen aus Schwachlastzeiten zwischengespeichert, während der auftretenden Lastspitzen zusätzlich ins Netz eingespeist und an die südlichen Behälter weiterverteilt werden.

Zur Validierung des analytischen Lösungsansatzes wird nun die gleiche Simulation mit einem neuen Behälter am Standort Vohren zwischen Wassergewinnung und netzseitiger Pumpstation durchgeführt. Die Ganglinien in **Abbildung 4** zeigen die simulierten Behälterfüllstände bei einem ausreichend dimensionierten Wasserbehälter Vohren. Die ermittelte Mindestgröße für einen stabilen Netzbetrieb beträgt dabei 6.000 m^3 Behältervolumen.

Aus den simulierten Ganglinien wird ersichtlich, dass im Verlauf der viertägigen Simulation das Behältervolumen vollständig genutzt wird. Im Verlauf des ersten Tages können dabei Überschussmengen bei der Wasserförderung im Behälter zwischengespeichert und in den Folgetagen zusätzlich an das Netz abgegeben werden.

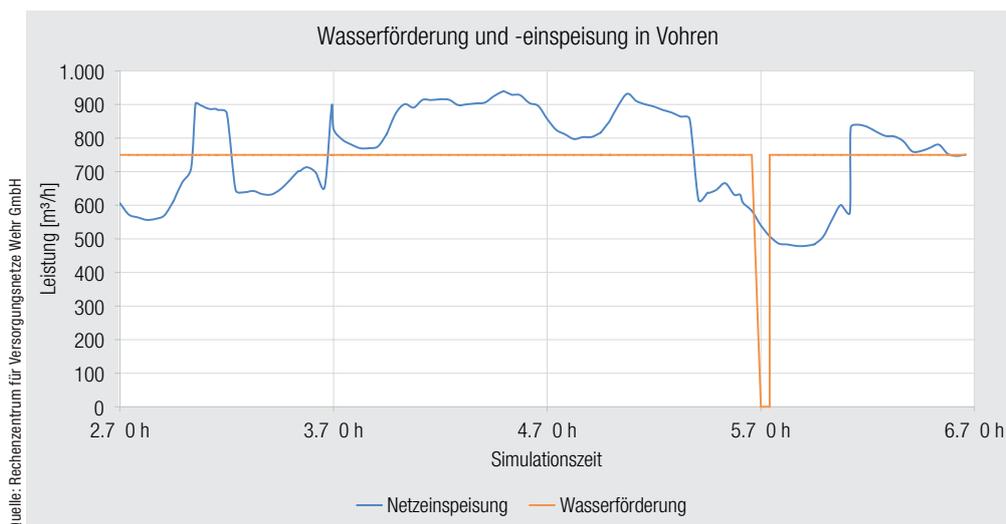


Abb. 5: Wasserförderung und netzseitige Einspeisung in Vohren mit neuem Vorratsbehälter

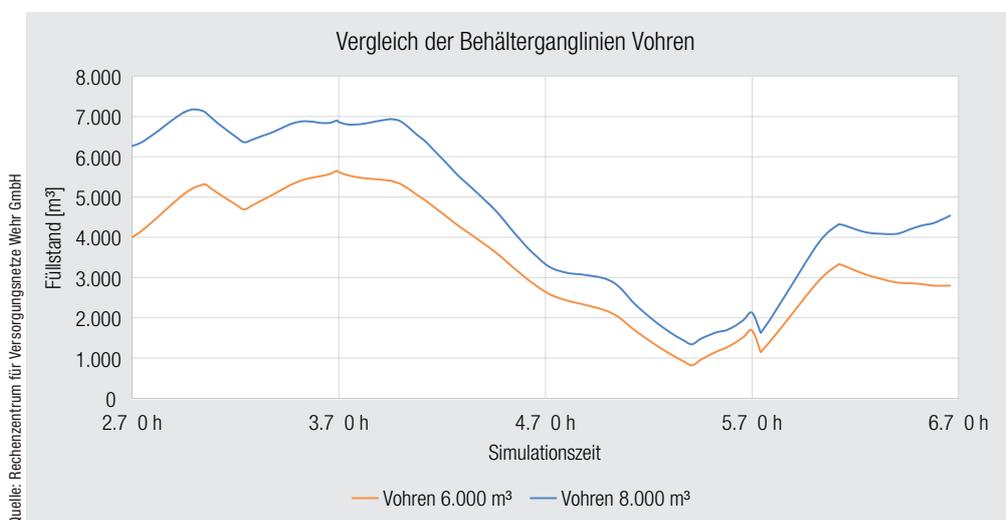


Abb. 6: Behälterganglinie des neuen Behälters in Vohren bei Verbrauchssteigerung im Vergleich

Ab dem zweiten Simulationstag zeigt sich, dass durch den weiterhin hohen Wasserbedarf im Gesamtnetz eine kontinuierliche Entleerung des Behälters stattfindet. Dies begründet sich in der verzögerten Auswirkung der nun geringen Behälterfüllstände in Ennigerloh und Oelde nach etwa 24 Stunden. Die zusätzlich benötigte Wassermenge für den Süden kann nun im Gegensatz zur ursprünglichen Simulation durch höhere Einspeiseleistungen in Vohren bereitgestellt werden. Die Entkopplung der Wasserförderung und der simulierten Einspeisung geht aus **Abbildung 5** hervor. Der hier deutlich zu erkennende Einbruch bei der Wasserförderung am Tag 3 ergibt sich aus einer Spülung des Wasserwerks für eine Stunde.

Der Mindestfüllstand im neuen Behälter wird an Tag 3 zwar erreicht, jedoch nicht unterschritten. Es findet, soweit hydraulisch möglich, eine zusätzliche Stützung des Netzes aus dem Süden (Beckum) statt, insbesondere der Knoten Ennigerloh wird so deutlich entlastet. Vohren übernimmt maßgeblich die Versorgung des Nordraumes und die Füllung des Behälters Oelde.

Ab der Nacht von Tag 3 auf Tag 4 zeichnet sich eine deutliche Entspannung der Versorgungssituation ab, sowohl durch einen signifikanten Verbrauchsrückgang im Gesamtnetz als auch durch die greifenden Unterstützungsmaßnahmen aus Vohren und aus dem südlichen Netzbereich. Der Behälter Vohren kann über Nacht zunächst wieder teilgefüllt werden

und erreicht im Laufe des vierten Simulationstages wieder seinen ursprünglichen Füllstand, er erfüllt somit vollständig die vorab geforderten Netzfunktionen. Der Behälter weist darüber hinaus eine hohe Effizienz auf; bedingt ist dies durch ein hohes Verhältnis von genutztem zu nutzbarem Behältervolumen.

Die Simulationen zeigen, dass unter den gegebenen Randbedingungen ein automatisierter Netzbetrieb durch die Schaffung eines zusätzlichen Wasserbehälters in Vohren möglich ist, manuelle Eingriffe in den Netzbetrieb sind in der Folge nicht erforderlich. Zusätzlich kann auf eine Rückförderung aus dem Süden in Richtung Norden über die Behälter Ennigerloh und Oelde hinaus verzichtet werden.

Zusätzliche Simulationen

Zur Absicherung der Simulationsergebnisse bei geänderten Randbedingungen wurden darüber hinaus noch weitere Szenarien untersucht. Unter der Annahme einer deutlichen prognostizierten Verbrauchssteigerung der Transitmengen in den Norden sollte dadurch die ermittelte Behältergröße verifiziert werden. In der Spitzenstunde steigt die Abnahmeleistung der Transitverbraucher um mehr als 40 Prozent und macht gut 75 Prozent der verfügbaren Wasserförderleistung in Vohren aus.

Um die zusätzlich benötigten Wassermengen im Verlauf der Simulationsperiode bereitstellen zu können, ist eine Vergrößerung des projektierten Wasserbehälters auf mindestens 8.000 m³ nötig. Ebenfalls muss sichergestellt werden, dass die erhöhten Einspeiseleistungen durch die Pumpenanlage gefördert werden können. **Abbildung 6** zeigt den Verlauf der neuen Behälterganglinie in Vohren im Vergleich zum Behälter mit einem Volumen von 6.000 m³ auf.

Durch den Vergleich der unterschiedlichen Simulationsszenarien und Belastungsfälle kann eine differenzierte Aussage zur benötigten Behälterkapazität getroffen werden. Es zeigt sich, dass die erforderliche Behältergröße in Vohren maßgeblich von der Höhe der Transitmenge im Nordraum abhängig ist.

Für alle Simulationsszenarien hat sich gezeigt, dass eine Betrachtung über mehrere verbrauchsreiche Tage notwendig ist, um das Verhalten des neuen Wasserbehälters im komplexen Versorgungssystem hinreichend beurteilen zu können. Die Simulationen liefern Aussagen sowohl zur Wasserkapazität als auch zur benötigten Einspeiseleistung ins Netz in Vohren. Zusätzlich können Füll- und Leerungszeiten bestimmt und wertvolle Erkenntnisse für den Netzbetrieb gewonnen werden.

Fazit

Es hat sich gezeigt, dass durch einen ausgleichenden Großbehälter im stra-

tegisch wichtigen Nordraum auch bei mehreren aufeinanderfolgenden Spitzentagen auf die heute erforderlichen manuellen Eingriffe in die Betriebsweise verzichtet und der geforderte automatisierte Netzbetrieb aufrechterhalten werden kann. Die bestehende Versorgungssicherheit ist auch bei der erwarteten Bedarfszunahme sichergestellt.

Die dynamische Simulation ermöglichte die effiziente Untersuchung von unterschiedlichen Szenarien und Betriebsweisen. Durch die Einbeziehung der zeitlich aufgelösten Netzhydraulik können Aussagen über die benötigte Kapazität und das Entleerungs- und Füllverhalten des zukünftigen Behälters getroffen werden. So erhält der Netzbetreiber eine maßgeschneiderte Empfehlung für die Planung seines zukünftigen Versorgungskonzepts.

Durch den Vergleich unterschiedlicher Belastungsszenarien konnte darüber hinaus eine Aussage über die Abhängigkeit der benötigten Behältergröße von der prognostizierten Netzbelastung getroffen werden. Das so ermittelte optimale Behältervolumen gewährleistet einerseits eine hohe Versorgungssicherheit und verhindert andererseits eine kostspielige und aus Hygienesicht zu vermeidende Überdimensionierung. Auf dieser Basis kann heute ein zukunftsfähiger Behälter geplant werden. Der Netzbetreiber kann dadurch eine nachhaltige Investition in das Versorgungssystem tätigen. ■

Der Autor

M. Sc. Ole Odendahl ist Projektleiter bei der Rechenzentrum für Versorgungsnetze Wehr GmbH in Düsseldorf.

Kontakt:
Ole Odendahl
Rechenzentrum für Versorgungsnetze
Wehr GmbH
Wiesenstr. 21
40549 Düsseldorf
Tel.: 0211 601273-00
E-Mail: odendahl@rzvn.de
Internet: www.rzvn.de

Vandex®

CEMLINE NATURE

UNSERE NEUE DICKBESCHICHTUNG MIT NATURNAHEN INHALTS- STOFFEN

ENTSPRICHT DVGW W300-5 (P):10-2014,
TYP I



RPM BELGIUM
VANDEX

Vandex Isoliermittel GmbH • Industriestraße 19-23 • D-21493 Schwarzenbek
T.: +49 (0) 41 51 89 15 0 • E-Mail: info@vandex.de