

Nachhaltige Reduzierung der Netzkosten durch Optimierung und Risikoanalyse

Rechnergestützte Verfahren helfen, optimierte Strukturen für Gas- und Wasserversorgungsnetze zu entwerfen. Mit diesen Strukturen können die heutigen und zukünftigen Versorgungsaufgaben bei minimalem Kostenaufwand erfüllt werden. Der zeitliche Ablauf des Netzbbaus, der wirtschaftlich nur im Rahmen der Ersatzerneuerungen erfolgen kann, wird aus einer risiko- und kostenorientierten Rehabilitationsplanung abgeleitet.

Die Betreiber von kommunalen Versorgungsnetzen sind verstärkt bemüht, Kosten zu senken und ihre Netzstrukturen an die veränderten politischen, technologischen und demografischen Rahmenbedingungen anzupassen. Während politische und regulatorische Vorgaben vor allem die Gasversorgungsunternehmen betreffen (Rückgang des Wärmebedarfs, Anreizregulierung, Unbundling), sind die Wasserversorger in besonderem Maße durch einen rückläufigen Verbrauch betroffen.

Die Auslegung der Netze basiert aus heutiger Sicht auf Grund der langen Nutzungsdauern installierter Leitungen und Anlagen zu weiten Teilen auf überhöhten Bevölkerungs- und Verbrauchsprognosen. Bereits verlegte, funktionsfähige und sichere Netze stellen jedoch auch bei einer großzügigen Dimensionierung keinen unmittelbaren Nachteil für den Netzbetreiber dar, da die Investitionen bereits getätigt wurden. Im Rahmen der Ersatzerneuerung kann eine Überdimensionierung des Netzes allerdings zu signifikanten Zusatzkosten führen und eine zu hohe Anzahl an Reglerstationen im Gasbereich bzw. Behältern im Wasserbereich bedeutet zusätzliche Betriebskosten.

Auch wenn die Unternehmen bei Instandhaltungsmaßnahmen einzelne Netzabschnitte bereits an die heutige Versorgungssituation anpassen, erfolgt eine strategische Neustrukturierung der Versorgungsnetze bisher nur in seltenen Fällen. Die Zielnetzplanung adressiert diese Problematik durch einen integrierten und ganzheitlichen Ansatz und erlaubt darüber hinaus, zentrale Problemstellungen des Asset Managements zu beleuchten:

- Prognose der Risiko- und Schadensentwicklung,
- Umfang und Kosten der n-1-Sicherheit des Netzes,
- Prognose des zukünftigen Verlaufs der Netzkosten und -rendite,
- Kosten für die Löschwasserbereitstellung.

Strategische Zielnetzplanung

Auf Basis von Absatzprognosen sowie Betriebs- und Sicherheitserfordernissen definiert das Asset Management die heutigen und zukünftigen Anforderungen an das Versorgungsnetz. Neben einer möglichst genauen Abschätzung der Verbrauchsentwicklung müssen die Versorgungssicherheit im Störfall (n-1-Sicherheit) und die

Schadens- bzw. Risikoentwicklung im Netz berücksichtigt werden.

Die anschließende Zielnetzplanung erfolgt in zwei Phasen (Abb. 1). In der ersten Phase wird anhand der Vorgaben des Asset Managements aus dem heutigen Netz (Ist-Netz) ein Idealnetz entwickelt, welches die definierte Versorgungsaufgabe bei minimalem Kapitaleinsatz ermöglicht. Einsparungen ergeben sich aus einer Verringerung der Anzahl an Anlagen und Trassen und einer geringeren Dimensionierung der Leitungen. Solch ein langfristig anzustrebendes Zielnetz ist zunächst ein theoretisches Konstrukt, da ein sofortiger Umbau des Ist-Netzes zu dem idealen Netz weder wirtschaftlich

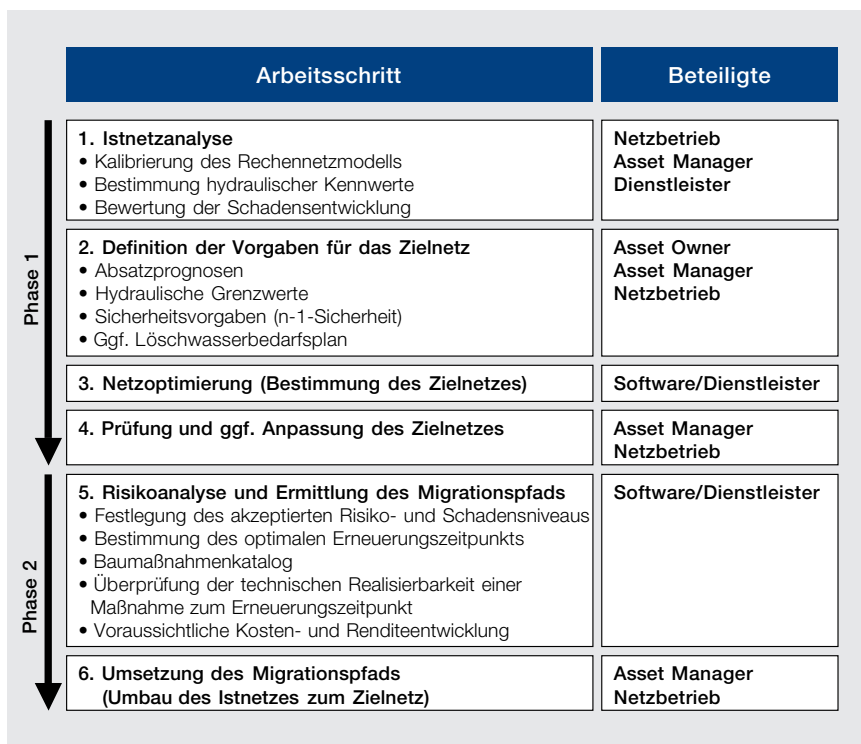


Abb. 1: Ablauf der strategischen Zielnetzplanung

- Anzahl und Größe der tatsächlich benötigten Betriebsmittel,

sinnvoll noch technisch realisierbar ist. Diese Problematik wird in der zweiten Phase der Zielnetzermittlung – dem Migrationspfad – behandelt.

Phase 1: Netzstruktur-optimierung

Die Ermittlung des Zielnetzes erfolgt durch mathematische Optimierungsverfahren, in diesem Fall durch das Softwaremodul ROKA OPT des Rechenzentrums für Versorgungsnetze Wehr GmbH (Düsseldorf). Ausgehend von einem Rechenetzmodell des Ist-Netzes werden sukzessive einige zehntausend bis hunderttausend Lastflussberechnungen durchgeführt, wobei ständig die Dimensionierung und Trassierung der Leitungen und die Anzahl der genutzten Anlagen variiert werden. Durch intelligente Kombinationsverfahren (genetische Algorithmen) [1,2] und graphentheoretische Ansätze wird das kostengünstigste Netz ermittelt. Dieses ist durch eine möglichst geringe Dimensionierung bei verkürzter Netzlänge und einer verringerten Anzahl von Druckreglern (Gas), Behältern (Wasser) und Übernahmestationen gekennzeichnet. Im Gegensatz zu manuellen, planerischen Ansätzen werden durch die ganzheitliche Betrachtung des Netzes die Rückwirkungen der Einzelmaßnahmen auf das Gesamtsystem berücksichtigt, wodurch eine umfangreichere Reduzierung des Mengengerüsts möglich wird. Die Eingangsgrößen der Optimierung sind im Wesentlichen:

- hydraulische Grenzwerte: Einspeisedrücke, Minimaldrücke, maximale Fließgeschwindigkeiten,
- Verbrauchs- und Einspeisedaten,
- zu verwendende Standardmaterialien und -nennweiten mit zugehörigen Kosten,
- Trassierung des heutigen Netzes (ggf. Vorgabe möglicher Alternativtrassen),
- Anlagenstandorte (ggf. Vorgabe möglicher Alternativstandorte),
- Scored Nodes: Anlagen und Leitungen, die nicht verändert werden dürfen,
- Sicherheitsvorgaben (n-1-Sicherheit).

Die Trassierung des Zielnetzes entspricht weitgehend dem heutigen Netz, die Optimierung darf lediglich Leitungen stilllegen (sofern diese nicht mit Kundenanschlüssen belegt sind) oder durch den Planer vorgegebene Alternativtrassen nutzen. Die Dimensionierung der Leitungen erfolgt nur in den vom Unternehmen verwendeten Standardmaterialien und Nennweiten. Als Untergrenze für Versorgungsleitungen wurde bisher meist DN

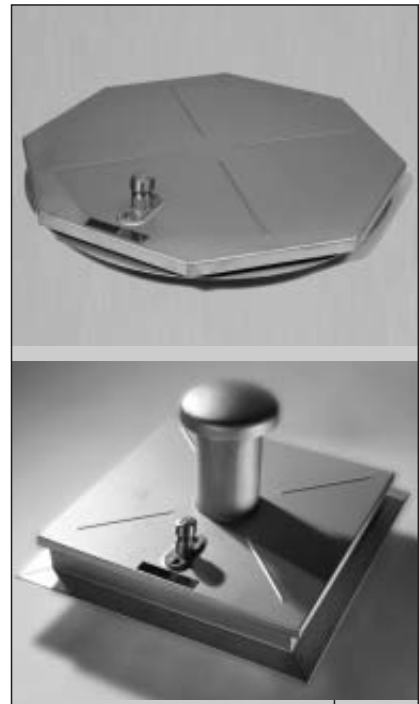
50 bis DN 80 angesetzt, für Transportleitungen in Wassernetzen DN 300, in Gasnetzen DN 100.

Eine ausreichende Berücksichtigung des n-1-Prinzips im Optimierungsprozess und die Festlegung, wie weit dieses Prinzip in den jeweiligen Netzebenen gewährleistet sein soll, ist essenziell. Die Beherrschung eines Ausfalls wichtiger Netzelemente wird durch Störfallsimulationen im Optimierungsprozess sichergestellt. Bei Wasserversorgungsnetzen muss zusätzlich die Gewährleistung einer ausreichenden Löschwasserbereitstellung für vorzuziehende Entnahmepunkte berücksichtigt werden.

Phase 2: Risikoanalyse und Migrationspfad

Basis für die Festlegung des Migrationspfades bildet eine detaillierte risiko- und kostenorientierte Erneuerungsplanung (Risikoanalyse) [3], die für jede Leitung den optimalen Erneuerungszeitpunkt ermittelt. Die wesentlichen Einflussfaktoren sind Alter und Material der Leitung, die Schadensentwicklung und das Gefährdungspotenzial der Umgebung. Ausschlaggebend für die Notwendigkeit der Erneuerung ist das von einer Leitung ausgehende Risiko. Dieses entspricht dem Produkt aus der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens und der erwarteten Schadenshöhe. Unter Berücksichtigung des verfügbaren Instandhaltungsbudgets werden für jedes Jahr die zu erneuernden Leitungen bestimmt, wobei die Erneuerungsreihenfolge streng nach dem jeweiligen Risiko erfolgt. Räumlich angrenzende Leitungen, die im gleichen Zeitfenster erneuert werden müssen, werden zu Baumaßnahmen gruppiert. Das verfügbare Budget steuert die Erneuerungsrate und mithin das verbleibende Risiko und die Anzahl der erwarteten Schäden pro Jahr.


Aus dem erstellten Baumaßnahmenkatalog wird nun durch Einbeziehung der Ergebnisse der Netzoptimierung der Migrationspfad bestimmt. So werden Leitungen nicht mehr eins zu eins erneuert, sondern gemäß der Zielnetzplanung verkleinert, stillgelegt oder in Einzelfällen vergrößert. Der Effizienzgewinn ergibt sich also aus der Differenz der Kosten bei einer Beibehaltung der Verlegung und der Auslegung entsprechend dem optimierten Netz. Allerdings wird nicht jede Maßnahme der Zielnetzoptimierung zu jedem Zeitpunkt vollständig umsetzbar sein. So ist es möglich, dass erst bestimmte Leitungen vergrößert oder andere Reglerstandorte genutzt werden müssen, bevor eine vorgeschlagene Verkleinerungs-



Komplett-ausrüstung aus Edelstahl

Rund um den Schacht

Schächte erfüllen wichtige Aufgaben in der Wasserversorgung und in der Abwasserentsorgung. Sie müssen in regelmäßigen Abständen jederzeit und sicher zu Begehen sein. HUBER liefert ein komplettes Programm, um die Sicherheit für Mensch und Betreiber in den Schachtbauwerken zu gewährleisten.

 **Besuchen Sie uns auf der Wasser Berlin 30.03. - 03.04.2009 Halle 2.2 Stand 119**

www.huber.de
info@huber.de

HUBER
TECHNOLOGY

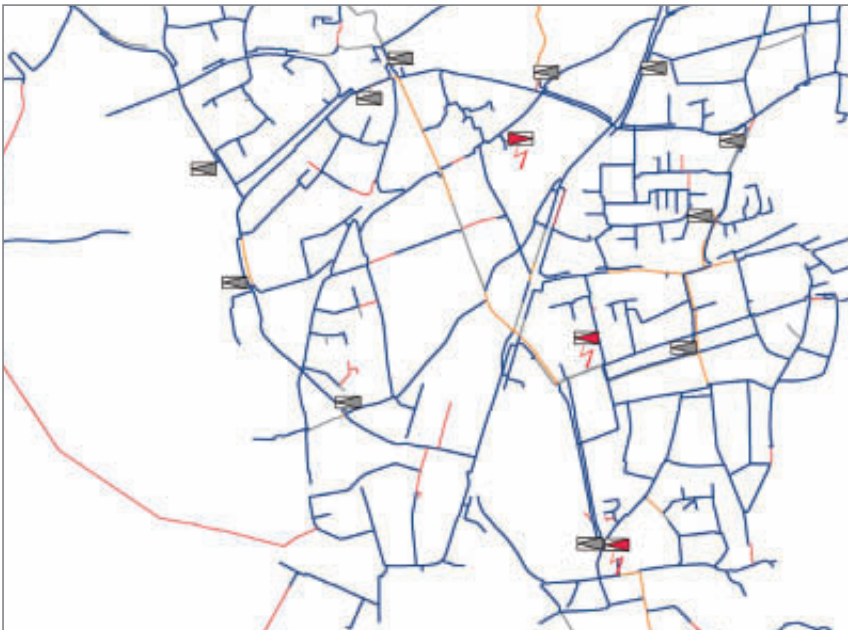


Abb. 2: Durch die Optimierung geänderte Netzstruktur
(blau: verkleinert, orange: vergrößert, grau: unverändert, rot/Blitze: stillgelegt)

Quelle: FZV/N

oder Rückbaumaßnahme realisiert werden kann. Aufgabe des Migrationspfades ist es daher auch, durch Netzberechnung die Zuverlässigkeit einer Baumaßnahme zum Erneuerungszeitpunkt zu überprüfen.

Für die Risikoanalyse wurde das Softwaretool RIKA eingesetzt, welches in Zusammenarbeit mit der Universität Duisburg/Essen und mehreren Gas- und Wasserversorgungsunternehmen entwickelt wurde.

Ergebnisse der Netzstruktur-optimierung

Abhängig von den Vorgaben des Versorgungsunternehmens und dem Zustand des heutigen Netzes kann sich die gesteigerte Effizienz eines Zielnetzes stärker in einer Reduktion der Kosten oder in einer Zunahme der Versorgungssicherheit und -zuverlässigkeit ausdrücken. Nachfolgend werden die Ergebnisse einer Netzstruktur-optimierung (Abb. 2) anhand eines realen

Gasnetzes mit 150 Kilometer Netzlänge und einer jährlichen Netzabgabe von ca. 300 Mio. kWh veranschaulicht. Die Ergebnisse sind weitgehend auf Wasserversorgungsnetze übertragbar.

Der Effizienzzuwachs spiegelt sich vor allem in den gesunkenen Netzkosten (Barwert der Wiederherstellungskosten) wider, welche für die bisher untersuchten Netze um ca. 15 bis 30 Prozent reduziert werden konnten (Tab. 1). Der überwiegende Anteil der Einsparungen ist auf die verringerten Leitungsdimensionen zurückzuführen. Die Stilllegung von Anlagen kann auf Grund des geringeren Anteils an den Gesamtkosten nur zu geringfügigen Einsparungen führen. Bezogen auf die gesamte Netzlänge kann durch den Rückbau von Leitungen ebenfalls nur ein geringes Einsparpotenzial realisiert werden, da die meisten Leitungen auf Grund abgehender Hausanschlusssysteme nicht stillgelegt werden dürfen.

Der Umfang der Eingriffe in die Netzstruktur und Dimensionierung sind aus Abbildung 3 ersichtlich. Etwa 80 Prozent des Netzes können verkleinert, 6 Prozent können stillgelegt werden. Die notwendigen Druckreserven für diese umfangreichen Dimensionsreduzierungen werden durch eine intelligentere Dimensionierung des Netzes geschaffen (bei einer leichten Anhebung der Einspeisedrücke). Diese bedingt jedoch die Vergrößerung von 5 Prozent des Netzes. Diese Vergrößerungsmaßnahmen sind hauptsächlich der n-1-Betrachtung geschuldet, die eine starke Konzentration der Flüsse auf einigen Leitungen und damit einhergehend hohe Druckverluste nach sich zieht.

Die Reduzierung der Dimensionen schlägt sich deutlich in einem verringerten Leitungsvolumen nieder. Dieses beträgt im Zielnetz weniger als die Hälfte des heutigen Volumens. Für andere untersuchte Netze konnte ebenfalls eine Reduktion um ca. 25 bis 50 Prozent erreicht werden. Der Rückgang des Netzvolumens wird in diesem Fall durch eine starke Verlagerung der Nennweiten DN 100 – DN 150 in den Nennweitenbereich DN 50 – DN 80 erreicht (Abb. 4).

Hydraulische Kennwerte und Versorgungssicherheit

Zentrale Größen für die Quantifizierung der Versorgungsqualität sind die im Netz auftretenden Minimaldrücke und maximalen Fließgeschwindigkeiten sowie die Versorgungssicherheit im Störfall. Für Was-

Quelle: FZV/N

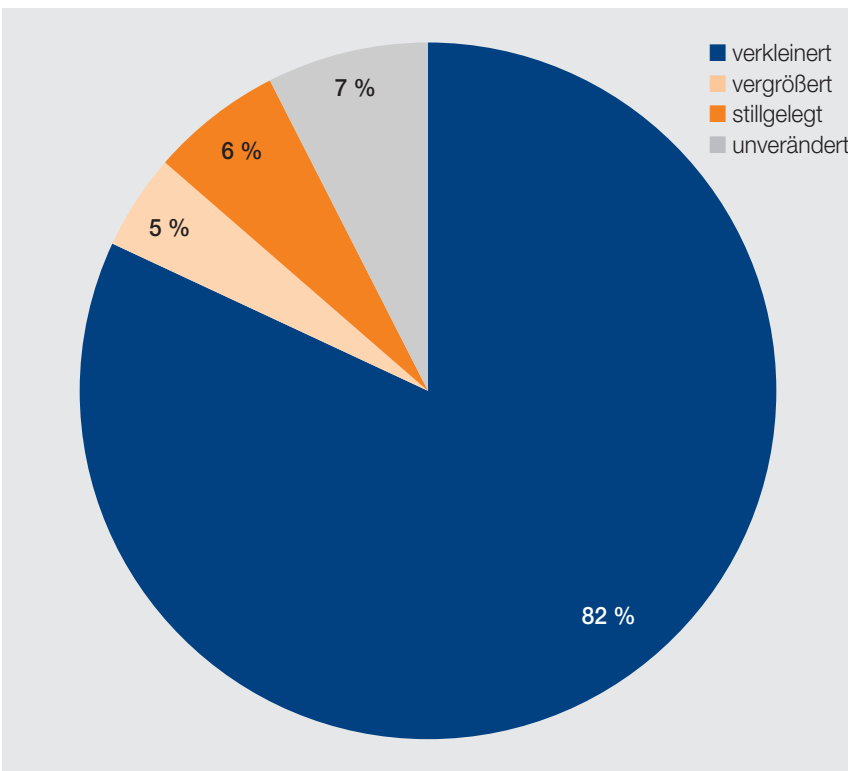


Abb. 3: Durch die Optimierung veränderte Netzlänge in Prozent

ernetze muss zusätzlich das Hygienierisiko durch Stagnation betrachtet werden (Tab. 2).

Die Netzoptimierung stellt sicher, dass sämtliche hydraulische Vorgaben eingehalten werden, wodurch auch etwaige bestehende Engpässe im Netz beseitigt werden. Dabei kann die Optimierung abhängig von dem Ist-Netz und den Vorgaben des Netzbetreibers sowohl zu einem Rückgang des Druckniveaus (innerhalb der erlaubten Grenzwerte) als auch zu einer Erhöhung führen. Die Fließgeschwindigkeiten werden für den überwiegenden Teil der Leitungen auf Grund der geringeren Rohrdurchmesser steigen, was in Wassernetzen in der Regel zu einer Abnahme der Stagnationsgefahr führt.

Die Versorgungssicherheit im Zielnetz wird weitgehend durch die Vorgaben des Unternehmens bestimmt, da die Störfallsimulation die Beherrschung vorab festgelegter n-1-Ausfälle sicherstellt. Damit werden umfangreiche Aussagen hinsichtlich der Versorgungssicherheit ermöglicht, wodurch das Risikomanagement unterstützt wird. Die Gewährleistung einer umfassenden n-1-Sicherheit (Kompensation des Ausfalls wichtiger Bezirksdruckregler) führt für das vorgestellte Gasnetz zu einer Verringerung des theoretischen Einsparpotenzials um etwa fünf Prozentpunkte.

Löschwassergrundschatz

Die Wasserversorger sind oftmals durch entsprechende Verträge den Kommunen gegenüber verpflichtet, eine ausreichende Reservekapazität für den Löschwassergrundschatz vorzuhalten. Die tatsächlichen Kosten für diese Reservevorhaltung sind bisher unbekannt und konnten allenfalls geschätzt werden. Durch die Netzoptimierung wird es nun möglich, die Zusatzkosten zu berechnen und auszuweisen. Diese ergeben sich aus dem Vergleich der Kosten eines optimierten Netzes bei Vernachlässigung der Löschwasserbereitstellung mit den Netzkosten unter Berücksichtigung der ausreichenden Löschwasser- vorhaltung.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass die Löschwasserbereitstellung die Leitungsdimensionierung hauptsächlich in peripheren Netzbereichen signifikant beeinflusst. Die Auswirkungen auf zentrale, durch Transportleitungen erschlossene Netzabschnitte sind hingegen nur marginal. Bezogen auf das gesamte Netz liegen die zusätzlichen Kosten der Löschwasser-

bereitstellung in den bisher untersuchten Netzen etwa bei 1 bis 3 Prozent der Gesamtkosten. Dieser Wert ist unter anderem auf das zusätzlich nutzbare Druckgefälle im Löschwasserfall zurückzuführen, da im Brandfall ein Absinken des Netzdrucks auf 1,5 bar zulässig ist.

Strategische Zielnetzvarianten

Die hier dargestellten Ergebnisse wurden bei heutiger Spitzenlast berechnet. Durch Variantenrechnungen wurde ermittelt, dass ein geändertes Verbrauchsverhalten nur begrenzte Auswirkungen auf das Effizienzpotenzial hat. Bei einem sinkenden Verbrauch verhindern die festgelegten Mindestnennweiten und ein begren-

tes Potenzial für die Stilllegung von Anlagen und Leitungen hohe Zusatzeinsparungen. Ein moderater Anstieg der Netzabgabe führt in der Regel ebenfalls nur zu relativ geringen Abweichungen in den Zielnetzen.

Die Netzstrukturoptimierung erlaubt zusätzlich einen Wirtschaftlichkeitsvergleich strategischer Planungsvarianten. Bei Gasnetzen kann beispielsweise eine flächendeckende Umstellung der Niederdruckversorgung auf Mitteldruck erwogen werden. Versuchsrechnungen haben hierfür ein zusätzliches theoretisches Einsparpotenzial von 5 bis 10 Prozentpunkten ergeben, welches hauptsächlich durch eine zusätz-



Uponor
simply more

Besuchen Sie uns!
WASSER BERLIN, 30.03 – 03.04.2009,
Halle 5.2 A, Stand 312

Uponor Hausanschlussleitungen

Wo sind Sie wohl auf der sicheren Seite?

Natürlich bei unseren PE-Xa Hausanschlussleitungen für Gas- und Wassernetze. Die Rohrleitungen aus hochdruckvernetztem Polyethylen überzeugen mit Spitzenwerten bei mechanischen Belastungstests. Selbst Punktlasten, Kratzer und Kerbtiefen bis 20% der Wanddicke mindern nicht die

Zuverlässigkeit des Materials. Darum hat der DVGW unsere PE-Xa Rohre sogar für die sandbettfreie Verlegung zugelassen.

Entscheiden Sie sich für Versorgungssicherheit. Entscheiden Sie sich für die Uponor PE-Xa Hausanschlussleitungen.

Uponor GmbH
Prof.-Katerkamp-Str. 5
48607 Ochtrup
T +49 (0)2553 725-77
F +49 (0)2553 725-78
W www.uponor.de

Mehr Infos unter
www.uponor.de

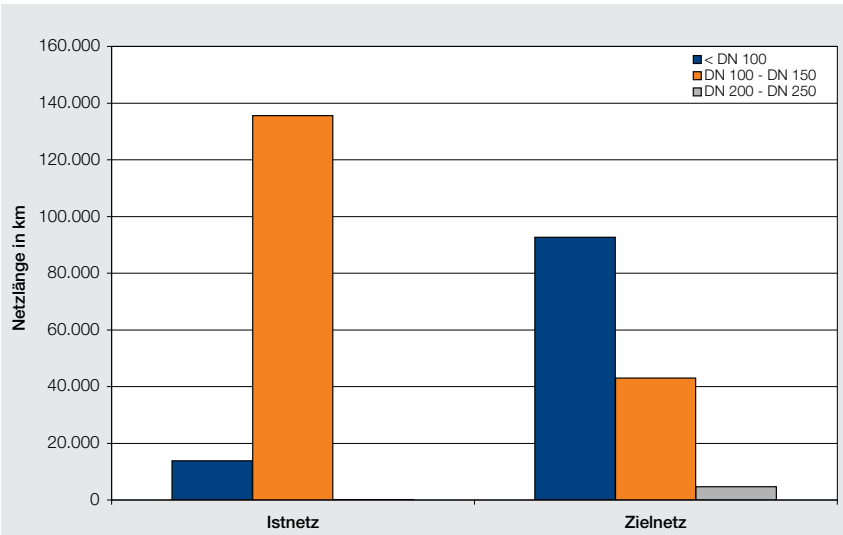


Abb. 4: Aufteilung der Netzlänge nach verlegten Nennweiten

Quelle: FZVN

liche Reduzierung der Anzahl im Netz verbleibender Bezirksdruckregler und eine weitere Verringerung der Leitungsdimensionen erreicht werden kann. Die Wirtschaftlichkeit eines solchen Umstiegs hängt jedoch neben der technischen Realisierbarkeit maßgeblich von den zusätzlichen Kosten für den Einbau notwendiger Strömungswächter und häufigerer Netzbegehungen ab und muss daher im Einzelfall geprüft werden.

Migration vom Ist-Netz zum Zielnetz

Nach Erstellung des idealen Netzes kann schrittweise – meist erst im Rahmen der Ersatzerneuerung oder Instandhaltung der Netze und Anlagen – die Umsetzung der Ergebnisse erfolgen. Die zukünftige technische Dimensionierung der zu erneuernden Anlagenteile ist in der Netzstrukturoptimierung ermittelt worden. So wird durch die Erneuerungsplanung beispielsweise vorgeschlagen, eine bisher in DN 300 ausgelegte Leitung zukünftig in DN 100 zu verlegen. Die Netzberechnung hat dann zu prüfen, ob diese Reduzierung des Übertragungsquerschnitts zum Zeitpunkt der Umsetzung zulässig oder zumindest eine teilweise Reduzierung möglich ist.

Abbildung 5 zeigt die Investitionskosten der risikobasierten Ersatzerneuerungsplanung für das vorgestellte Gasversorgungsnetz bei einer jährlichen Erneuerungsrate von ca. 0,8 Prozent. Die Kosten für die Instandhaltung bei unveränderter Dimensionierung sind in blau dargestellt, die Kosten bei einer Auslegung des Netzes gemäß der Optimierungsergebnisse in rot. Die Differenz beider Kurven entspricht dem tatsächlich realisierbaren Effizienzgewinn. Durchschnittlich können die Erneuerungskosten um ca. 25 Prozent gesenkt werden. Die Einsparungen sind jedoch abhängig von der Altersstruktur und den jeweiligen Baumaßnahmen und unterliegen damit jährlichen Schwankungen. Die kumulierten Ersatzinvestitionen für 50 Jahre (dargestellt als Anteil an den Gesamtinvestitionen in diesem Zeitraum) können Abbildung 6 entnommen werden. Bei einer Erneuerungsrate von 0,8 Prozent können innerhalb des Planungszeitraums von 50 Jahren ca. 40 Prozent des Einsparpotenzials, welches sich aus dem Vergleich der theoretischen Netzkosten („Greenfield-Planung“) des bestehenden Netzes und des Zielnetzes ergibt, realisiert werden.

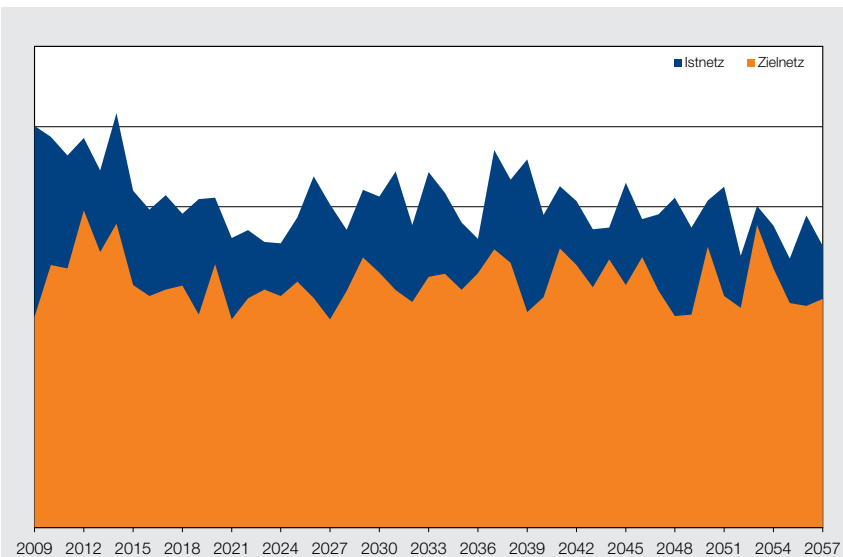


Abb. 5: Jährliche Ersatzinvestitionen mit und ohne Optimierung

Quelle: FZVN

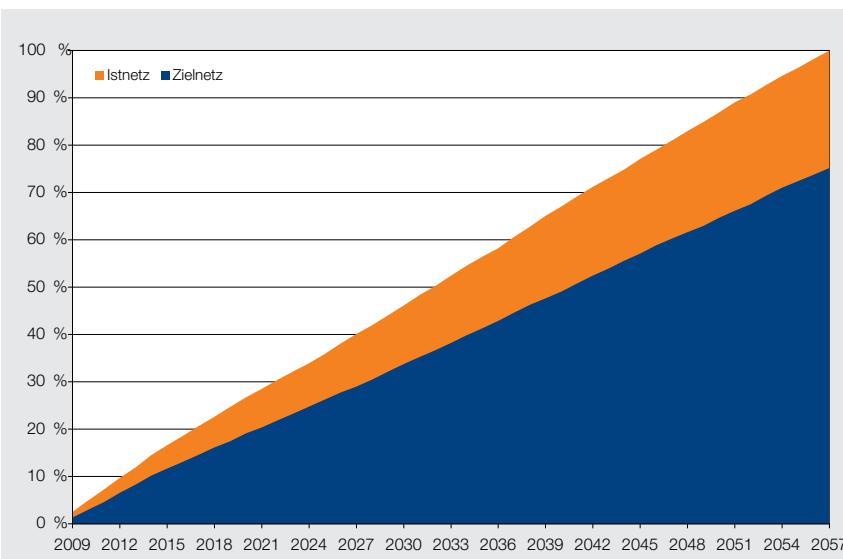


Abb. 6: Kumulierte Ersatzinvestitionen (in Prozent der Gesamtinvestitionen)

Quelle: FZVN

Fazit

Die präsentierten Ergebnisse weisen auf Effizienzreserven in bestehenden Gas- und Wasserversorgungsnetzen hin. Der

Tabelle 1: Kennzahlen des Ist-Netzes und des optimierten Netzes

	Istnetz	Zielnetz	Differenz
Kosten	22,9 Mio. €	16,3 Mio. €	-29 %
Anzahl Druckregler	23	17	-26 %
Leitungslänge	149 km	140 km	-6 %
Leitungsvolumen	2.210 m ³	909 m ³	-59 %

Quelle: RZVN

erneuerung als leistungsfähige Instrumente des Asset Managements in Gas- und Wassernetzen eingesetzt werden.

Literatur:

- [1] E. Keedwell und S.-T. Khu: A hybrid genetic algorithm for the design of water distribution networks. *Engineering Application of Artificial Intelligence* 18 (2005) 461-472.
- [2] H.-J. Haubrich, M. Hübner, C. Maurer und T. Paulun: Rechnergestützte Ermittlung langfristig kostenoptimaler Netzstrukturen für Gasverteilungsnetze. *GWf Gas Erdgas* 148 (2007) Nr. 3 151-154
- [3] D. König, R. Wehr: Die Instandhaltung von Versorgungsnetzen mit risiko- und kostenorientierter Ersatzerneuerung. *GWf Wasser Abwasser* 148 (2007) Nr. 13, S. 42-49

Tabelle 2: Hydraulische Optimierungsvorgaben

Druckstufe	Einspeisedruck	Mindestdruck	Max. Fließgeschw.
ND	50-60 mbar	30 mbar	10 m/s
MD	400-600 mbar	150 mbar	15 m/s
HD	4 bar	2 bar	20 m/s

Quelle: RZVN

Einsatz moderner Rechner und neuer Optimierungsalgorithmen erlaubt die systematische Optimierung auch großer Versorgungsnetze mit einer Länge von mehr als tausend Kilometern. Durch die Integration einer Risikoanalyse wird der zeitliche Umbau des Netzes berücksichtigt und das Instandhaltungsmanagement optimiert und objektiviert. Aus dem Migrationspfad kann eine Prognose des zukünftigen Verlaufs der netzentgeltrelevan-

ten Kosten und der Netzrendite erfolgen. Ferner ermöglicht der hohe Automatisierungsgrad der Berechnungsverfahren umfangreiche Variantenrechnungen. Der Einfluss verschiedener Vorgaben und Verbrauchsszenarien auf die Netzstruktur und -kosten kann so transparent untersucht werden und Kostentreiber können in Zukunft identifiziert werden. Somit können die beschriebenen Verfahren der Zielnetzplanung und risikoorientierten Ersatz-

Autoren:

Dipl.-Volksw. Piet Hensel
 Dr.-Ing. Dirk König
 Rechenzentrum für Versorgungsnetze
 Wehr GmbH
 Oberbilker Allee 203
 40227 Düsseldorf
 Tel.: 0211 601273-00
 Fax: 0211 727537
 E-Mail: hensel@rzvn.de, d.koenig@rzvn.de
 Internet: www.rzvn.de

Besuchen Sie uns auf der Wasser Berlin, Halle 5.2B, Stand 402



„Bei der Seeleitung von Binz auf Rügen bewiesen die duktilen Gussrohre von Buderus mit dem einfach und schnell zu montierenden BLS®-Verbindungssystem ihre Vielseitigkeit und Zuverlässigkeit.“

Helmut Laarz, Vorarbeiter auf der Baustelle in Binz

Buderus
 G U S S
 www.gussrohre.com

Duktile Gussrohrsysteme für die Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung