

Systematik für die Optimalnetzplanung in Verteilungsnetzen der Wasserversorgung

Ein Erfahrungsbericht

Arne Klawitter und Oliver Strutz

Die Diskussion über eine bestmögliche Netzstruktur im Rahmen der Instandhaltungs- und Rehabilitationsstrategie und die damit einhergehenden Potenziale für eine Kostenminimierung wird seit mehreren Jahren geführt. Dabei werden oftmals Erdgas- und Wasserversorgungsnetze gemeinsam erwähnt, da für diese Netze gleichermaßen eine intelligente Leitungsführung sowie die Wahl eines passenden Leitungsdurchmessers ausschlaggebend sind. Nur so können Netzlänge und Netzvolumen bei Erfüllen der Versorgungsaufgabe und somit auch die Kosten für Netzrehabilitation und -betrieb minimiert werden.

Den Wasserversorgungsnetzen kommt bei der Optimalnetzplanung aus Sicht der Autoren eine besondere Rolle zu, da bei der Netzoptimierung unterschiedliche Lastfälle zu berücksichtigen sind. Diese Betrachtung unterschiedlicher Lastfälle wird in manchen Veröffentlichungen erwähnt, eine weiterführende Diskussion sowie Hinweise zur technischen Umsetzung bleiben in der Regel jedoch aus. An dieser Stelle soll ein Beitrag zur Optimalnetzplanung von Verteilungsnetzen geleistet werden. Der Begriff des (realistischen) Optimalnetzes versteht sich dabei als trassen- und durchmesseroptimiertes Netz auf Basis des vorhandenen Bestandsnetzes.

Grundlagen der Optimalnetzplanung

Bei der Optimalnetzplanung ist grundsätzlich die gesamte Versorgungsstruktur zu berücksichtigen. Dies betrifft die Wassergewinnung, die -aufbereitung, die -speicherung, den -transport und die -verteilung. Hinsichtlich der Wassergewinnung sind dies beispielsweise Entscheidungen, ob eigene Wasserwerke betrieben werden oder Wasser eines Lieferanten bezogen wird.

Aufgrund der komplexen Anforderungen werden im Zuge dieses Artikels nur die Verteilungsnetze behandelt. Deren Betrachtung erfolgt auf Basis der in den Regelwerken des DVGW beschriebenen Lastfälle unter Berücksichtigung technischer Grenzwerte sowie örtlicher Randbedingungen. Eine optimale Netzstruktur ist dabei abhängig von strategischen Überlegungen des Versorgers hinsichtlich Versorgungssicherheit, Komfort, Wasserqualität usw. und unterliegt somit einer Vielzahl von Zwangspunkten. Letztere bedingen ggf. mögliche ergänzende Berechnungen, z.B. zu Ausfallszenarien. Die genannten Punkte sind im Vorfeld im Rahmen eines Kriterienkatalogs

zu erarbeiten. Hierbei sind auch die betrieblichen Belange wie beispielsweise Schieberwartung zu berücksichtigen. Bezüglich der Kriterien zeigt sich, dass oftmals keine harten Grenzwerte in den einschlägigen Richtlinien formuliert werden. Es liegen vielmehr nur Empfehlungen vor, die individueller Festlegungen im Rahmen der Zielnetzplanung bedürfen.

Eine Grundlage für die Optimalnetzerstellung ist auch eine umfassende Analyse des Wasserverbrauchs, welcher sowohl vom spezifischen Nutzerverhalten als auch von der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung abhängt. Betrachtet man etwa eine technische Nutzungsdauer von 80 Jahren, so wird deutlich mit welchen Unsicherheiten bezüglich der Prognosen gerechnet werden muss. Aus diesem Grund ist im Rahmen einer Optimalnetzerstellung möglichst auch eine Sensitivitätsanalyse hinsichtlich der Auswirkungen des Verbrauchsverhaltens auf das ermittelte Optimalnetz durchzuführen. Hierbei ist dem zunehmenden Bedarf an Flexibilität in der Netzstruktur Rechnung zu tragen.

Rechnerische Nachweisführung

Im Fall von Wasserversorgungsnetzen muss eine Reihe hydraulischer Nachweise zu verschiedenen Betriebszuständen erbracht werden, um einen Netzbetrieb nach den anerkannten Regeln der Technik zu gewährleisten. Zu diesen Nachweisen gehören

- der Spitzenlastfall zur Überprüfung der Einhaltung minimaler Drücke sowie maximaler Fließgeschwindigkeiten
- der Löschwasserfall als Nachweis der Bereitstellung einer ausreichenden Löschwassermenge
- der Nullverbrauchsfall für den Nachweis des maximal zulässigen Ruhedrucks, und
- der Stagnationsfall für den Nachweis des Einhaltens einer Mindestgeschwindigkeit.

Dem Nachweis der Löschwasserbereitstellung kommt dabei im Rahmen der Optimalnetzerstellung eine besondere Rolle zu, da dieser üblicherweise die Leitungstrassierung und -dimensionierung des Optimalnetzes als maßgeblicher Betriebszustand prägt.



Systematik für die Optimalnetzplanung der Verteilungsnetze

In **Bild 1** ist eine Systematik für die Optimalnetzplanung von Verteilungsnetzen skizziert. Diese besteht im Wesentlichen aus einer Trassenoptimierung im Bestandsnetz in Kombination mit einer anschließenden Durchmesseroptimierung.

In einem ersten Arbeitsschritt werden die Lastfälle im Bestandsnetz nachgewiesen, um mögliche Schwachpunkte des Netzes feststellen zu können. Zusätzlich lassen sich mit den Berechnungsergebnissen auch Potentiale für das Erstellen von Optimalnetzen aufzeigen.

Zur *Trassenoptimierung* des Optimalnetzes können sowohl eine Netzreduktion (d. h. Elimination von Leitungen) als auch das Hinzufügen neuer Trassenverläufe führen. Dies ist stark von den örtlichen Gegebenheiten sowie den Vorgaben des Anlagenbetreibers abhängig. Ausgehend von einem Bestandsnetz sind die Möglichkeiten der Trassenoptimierung in der Regel stark eingeschränkt. Dies liegt im Wesentlichen darin, dass bestehende Leitungen mit Ausnahmen nicht oder nur mit großem Aufwand entfernt werden können. Darüber hinaus sind aus hygienischen Gründen sowie aus Gründen der Versorgungssicherheit Stichelungen zu vermeiden sowie mindestens zwei Leitungsstränge zu einem Versorgungsbereich vorzuhalten. Der für eine Trassenoptimierung in Frage kommende Leitungsanteil liegt erfahrungsgemäß meist deutlich unter 10% der Gesamtnetzlänge.

Auf Basis des trassenoptimierten Netzes können die Durchmesser unter Einhaltung der erforderlichen hydraulischen Nachweise optimiert werden. Dabei werden ein vorab mit dem Netzbetreiber vereinbarter Minstdurchmesser sowie weitere Durchmesserstufen verwendet. Bei Bedarf ist eine Anpassung des Netzes hinsichtlich der Trassenführung erforderlich. Zusätzlich ist auch die Anpassung z. B. von Einspeisedrücken oder Zonenverlagerung in Betracht zu ziehen.

Für die Praxis wird empfohlen bei der *Durchmesseroptimierung* in einem ersten Bearbeitungsschritt den Spitzenlastfall nachzuweisen. Als Basis wird der Minstdurchmesser verwendet, der bei Nichteinhaltung der geforderten Grenzwerte entsprechend im Rahmen der nächsten Schritte aufgeweitet wird. Dabei sind Leitungen zu Trassen mit gleichem Durchmesser zusammenzufassen. Die Nachweise für Ruhedruck und Stagnation sind parallel durch separate Berechnungen zu erbringen. Im Ergebnis wird das Optimalnetz ohne Löschwasserbereitstellung erzeugt. Nur so können später die Kosten der Löschwasserbereitstellung im Rahmen der kaufmännischen Berechnung separat ermittelt werden.

Anschließend wird das Optimalnetz so erweitert, dass das erforderliche Löschwasser an Hydranten und Anschlussobjekten bereitgestellt werden kann. Im Gegensatz zum vorangegangenen Bearbeitungsschritt ist hier keine Betrachtung des gesamten Netzes möglich, sondern es sind lokale Aufweitungen im Netz durchzuführen und

deren Wirksamkeit in einzelnen Berechnungen nachzuweisen. Die Nachweise müssen dabei die Distanz von Hydrant zu Anschlussobjekt (Haus), die Einhaltung des Löschdrucks sowie die Einhaltung des Mindestversorgungsdruckes enthalten. Die gemeinsame Nutzung von Hydranten ist ebenfalls bei Bedarf zu betrachten. Die genannten Nachweise bedingen den Einsatz leistungsfähiger Software mit den genannten Berechnungsoptionen mit entsprechenden kurzen Berechnungszeiten (Empfehlung: <10 Sekunden je einzelner Berechnung, Einsatz von Multiprozessoren-Technologie bei Berechnung des Gesamtnetzes). Aktuell in der Software nicht berücksichtigt werden die möglichen Angriffswege der Feuerwehr (unüberwindbare Hindernisse), so dass für die Aufweitung des Optimalnetzes eine detaillierte Ortskenntnis nötig ist oder aber auf Datenquellen wie Luftbilder oder Stadtgrundkarte zurückgegriffen werden muss.

Bei der Aufweitung des Netzes für die Löschwasserbereitstellung empfiehlt es sich, die Durchflüsse in wenigen Leitungen größeren Durchmessers (DN 100 und größer) zu bündeln, aus denen noch Löschwasser entnommen werden kann. Die Hydranten auf diesen Leitungen sind einzeln hinsichtlich ihrer Notwendigkeit zu prüfen, bei Bedarf können Hydranten entfallen, aber auch ergänzende Hydranten nötig sein. Aus Leitungen der Nennweite < DN 100 kann üblicherweise keine ausreichende Löschwassermenge entnommen werden. Die hier vor-



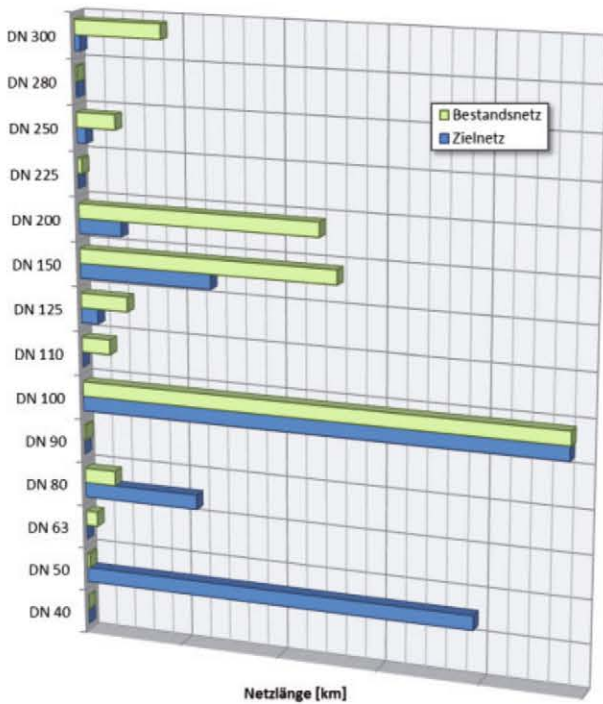


Bild 2. Gegenüberstellung der Nennweitenverteilung in Bestands- und Optimalnetz.

handenen Hydranten haben keine Bedeutung mehr im Rahmen der Löschwasserbereitstellung und können entfallen, sofern sie nicht aus betrieblichen Gründen benötigt werden.

Hinsichtlich der Durchmesseroptimierung können Leitungen der Nennweiten DN 100 bis 200 in den meisten Fällen deutlich auf Nennweiten von DN 80 und DN 50 reduziert werden. In der Regel lassen sich deutlich mehr als 50% aller Leitungsdurchmesser reduzieren.

Bild 2 zeigt exemplarisch die Verlagerung der Nennweiten zwischen Bestands- und Optimalnetz. Die Auswertung durchgeführter Projekte zeigt, dass die Gesamtnetzlänge um etwa 5–10%, das Netzvolumen im Rahmen der Durchmesseroptimierung um bis zu 40% reduziert werden kann.

Die kaufmännische Bewertung des Bestands- und Optimalnetzes

Ein weiteres maßgebliches Kriterium für die Bewertung des Bestands- und Optimalnetzes (nach

Bedarf auch ohne Löschwasseranteil) ist eine kaufmännische Bewertung, welche ausgehend von spezifischen Baukosten den Wiederbeschaffungswert (WBW) eines Netzes ermittelt.

Um aussagekräftige und realistische Vergleiche zu ermöglichen, müssen die ortsspezifischen Baukosten möglichst exakt ermittelt werden. Dies gestaltet sich in den meisten Fällen schwierig, da örtliche Randbedingungen wie beispielsweise die Verkehrssituation sowie die Boden- und Untergrundverhältnisse oft lokal Schwankungen unterworfen sind und einen deutlich größeren Kostenanteil ausmachen als die Rohrkosten, welche im Mittel bei circa 10% liegen. Insbesondere durch diese Tatsache bedingt, lässt sich selbst bei einer detaillierten Analyse von Baumaßnahmen meist kein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem verbauten Durchmesser und den Baukosten herleiten.

Weiterhin besteht die Schwierigkeit einer Kostenseparation bei spartenübergreifenden Baumaßnahmen, also etwa bei Maßnahmen bei denen Wasser- und Gasleitungen gleichzeitig erneuert wurden. Hier fallen die spezifischen Kosten des Rohrleitungsbaus deutlich geringer aus als bei einer sparten-spezifischen Baumaßnahme.

Erfahrungsgemäß kann somit schließlich nur ein Mittelwert der spezifischen Baukosten ermittelt werden, der die räumlich differenzierte Kostenstruktur außer Acht lässt. Letztere kann nur über eine Kategorisierung von Baumaßnahmen nach deren spezifischen Schwierigkeiten erfolgen.

In der kaufmännischen Betrachtung sind weiterhin die Betriebskosten von Bestands- und Optimalnetz z.B. für Leitungsspülungen und Schieberwartungen zu berücksichtigen. Aufgrund der Trassenoptimierung und dem Wegfall von Armaturen lassen sich hier Kostenreduzierungen in nicht unerheblichem Umfang realisieren.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Anforderungen an die Verteilungsnetze der Wasserversorgung haben sich in den letzten Jahrzehnten erheblich verändert. Hier sind unter anderem die gestiegenen Anforderungen an die Löschwasserbereitstellung und der sinkende Wasserverbrauch zu nennen. Durchgeführte hydraulische Berechnungen zeigen insbesondere in den Kerngebieten der Versorgungsbereiche deutlich das Potenzial für Netzoptimierungen. Ob hier auch erhebliche Kosteneinsparungen möglich sind, kann eine Optimalnetzbetrachtung aufzeigen. Im Vorfeld hiervon sind Auslegungskriterien auf Basis der bekannten Richtlinien zusammenzufassen, aber auch netzspezifische Anforderungen z.B. zur Versorgungssicherheit festzulegen. Durch verschiedene Arbeitsschritte werden sowohl die Trassenführung als auch die Durchmesser des vorhandenen Bestandsnetzes unter Einhaltung des Kriterienkataloges bei definierten Lastfällen optimiert. Die anschließende Kostenbetrachtung über eine Wertermittlung mit ortsspezifischen Baukostenansätzen und den Betriebskosten zeigt die Einsparpotenziale der untersuchten Netze. Die Ergebnisse bestätigen die Optimierungspotenziale bei der Netzlänge (bis 10%) und der Durchmesserreduzierung (bis 40% Netzvolumenreduktion), die sich auf Baukosten, Abschreibung und auch auf die Betriebskosten auswirken. Der Umfang des Optimierungspotenzials ist jedoch in hohem Maße von der individuellen Netzstruktur des Verteilungsnetzes sowie den individuellen Kriterien des Versorgers abhängig.

Kontakt:

aquadrat ingenieure,
gesellschaft für wasserwirtschaft
und informationssysteme mbH,
Raiffeisenstraße 15,
D-64347 Griesheim,
Tel. (06155) 8445-0, www.a2i.de