

Verbrauchsrückgang

Rechnergestützte Spülpläne für Trinkwasserrohrnetze

Effizient und kostengünstig ■ *Der Trinkwasserverbrauch in Deutschland ist etwa ab Mitte der 80er Jahre rückläufig. Für die vom Verbrauchsrückgang betroffenen und zunehmend überdimensionierten Rohrnetze können sich hygienische und korrosive Probleme ergeben. Mit Hilfe der Umsetzung rechnerunterstützter Spülpläne kann ein Trinkwasserrohrnetz mit einem mehr oder weniger großen Anteil an Rohren aus un- und niedriglegierten Eisenrohren ohne inneren Korrosionsschutz effizient und kostengünstig gespült und gereinigt werden.*

Der mittlere jährliche Verbrauchsrückgang beim Trinkwasser beträgt 2,0 bis 2,3 %. Die seit 1999 eingeschränkte BGW-Jahresstatistik weist für die Jahre ab 1999 nur noch einen leichten Rückgang von Wasserförderung/-bezug und des Wasserverbrauchs aus. Somit scheint die Talsohle bei einem vermuteten mittleren Haushaltsbedarf in den nächsten Jahren von 120 l/Einw. × d im Bundesdurchschnitt erreicht zu sein. Dieser Basisbedarf wird auch im DVGW-Arbeitsblatt W 400-1 [1] genannt.

Die durch den Verbrauchsrückgang entstehenden geringeren Einnahmen zwingen die Wasserversorgungsunternehmen (WVU) dazu, ihre Kosten zu senken und/oder ihre Preise zu erhöhen. Für die vom Verbrauchsrückgang betroffenen und zunehmend überdimensionierten Rohrnetze können sich hygienische und korrosive Probleme ergeben. Alle Maßnahmen zur Vermeidung dieser Probleme lassen sich durch die einfach zu formulierende Zielsetzung beschreiben: Reduzierung der Verweil- und Standzeiten des Wassers im Rohrnetz. Wie so oft im Leben gilt jedoch auch hier, dass die Zielsetzung klar, der Weg dahin jedoch schwierig ist.

Stagnation in Wasserrohrleitungen und -netzen

Der Rückgang des Wasserverkaufs kann für Wasserrohrnetze zu räumlich sehr unterschiedlichen Auswirkungen führen. Das liegt zum einen daran, dass der Verbrauchsrückgang nicht gleichmäßig über die Fläche der Versorgungsgebiete erfolgt und dass zum anderen jedes Netz ein heterogenes Individualsystem mit unterschiedlichsten Leitungsmaterialien, Verbindungsarten, Bauweisen und Verlegungsumständen darstellt.

Zum erstgenannten Punkt ist zu erwähnen, dass im Verbrauchssektor Haushalte und Kleingewerbe der Rückgang mit jährlich knapp 1,2 % wesentlich geringer ausfiel als im Verbrauchssektor Industrie und Sonstige mit jährlich 5,6 %. Zum zweitgenannten Punkt ist anzuführen, dass insbesondere in ungeschützten Guss- und Stahlleitungen durch Bildung und Abgabe von Korrosionsprodukten an das Wasser eine Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung erfolgen kann. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind gegensteuernde Maßnahmen, also Maßnahmen zur Erhaltung der Trinkwassergüte, auf dem Weg von der Einspeisung zum Verbraucher in der Versorgungswirtschaft noch nicht besonders ausgeprägt. Sie werden,

soweit nicht örtliche Wassertrübungen zum häufigen Handeln zwingen, bisher nur in Einzelfällen intuitiv und prophylaktisch angewandt, nicht zuletzt, weil sich das Technische Regelwerk bisher kaum mit Stagnation befasste und in Einzelfällen relativ lange Verweilzeiten des Trinkwassers in Anlagen zuließ. Hier sind zu erwähnen:

- bis zu 7 Tagen laut DIN 1988 [2]
- bis zu 7 Tagen laut DVGW-Merkblatt W 403 (Kap. 18.8) [3]

Qualitätsbewusster und konkreter wird die Thematik der Stagnation behandelt:

- a) im neuen DVGW-Arbeitsblatt W 400-1 [1]:
- *Trinkwasserversorgungssysteme müssen so geplant, errichtet und betrieben werden, dass Stagnation minimiert wird, da diese zu einer unannehmbaren Beeinträchtigung der Wasserqualität führen kann (Kapitel 5.4).*
 - *Fließgeschwindigkeiten in Rohrleitungen sollten beim mittleren Stundenfluss den Wert von 0,005 m/s (= 18 m/h = 432 m/d) nicht unterschreiten (Kapitel 11.2).* ▶

b) im schweizerischen Regelwerk, wo es in den Richtlinien für die Überwachung der Trinkwasserversorgungen in hygienischer Sicht im Kapitel 4.10 heißt [4]:

- Die Aufenthaltszeit des Wassers in den Leitungen sollte 24 bis 48 Stunden nicht übersteigen;
- das gesamte Speichervolumen eines Reservoirs ist innerhalb von 1 bis 3 Tagen zu erneuern.

Maßnahmen zur Reduzierung der Verweilzeiten im Rohrnetz und zur Vermeidung von Ablagerungen können generell umfassen [5]:

- planmäßige Netzspülungen
- Leitungssanierung durch Relining und Zementmörtelauskleidung
- Leitungserneuerung mit reduzierten Querschnitten

sen noch eine Sicherheitsfunktion zur Beherrschung eventueller Störfälle zuweisen kann? Als problematisch und kontraproduktiv für das Bestreben, die Verweilzeiten des Trinkwassers im Rohrnetz nicht weiter ansteigen zu lassen, ist die wachsende Dominanz des Löschwasserbedarfs als Dimensionierungsgröße für periphere Netzteile und Endstränge anzusehen. Hierauf kann jedoch im vorliegenden Rahmen nicht näher eingegangen werden.

Maßnahmen zur Verbesserung der Netzhydraulik

Die im Kapitel zuvor angeführten Netzmaßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Trinkwassergüte haben Auswirkungen auf die Kosten entsprechend **Tabelle 1**.

Tabelle 1 ■ Auswirkungen von Netzmaßnahmen auf Kosten.

| Netzmaßnahme | tendenzielle Auswirkung auf | |
|--|-----------------------------|--------------------|
| | Betriebskosten | Investitionskosten |
| Netzspülung | ↑ | 0 |
| Leitungssanierung | ↓ | ↑ |
| Leitungserneuerung mit Querschnittsreduzierung | 0 | ↑ |
| Änderung von Druckzonen | 0 | 0 |
| Sperrung von Leitungen | ↑ | 0 |
| Stilllegung von Leitungen | ↓ | 0 |
| Stilllegung von Einspeisewerken | ↓ | 0 |

- Änderung von Druckzonen
- temporäre Sperrung von Haupt- oder Transportleitungen
- Stilllegung von Haupt- oder Transportleitungen
- Stilllegung von Einspeisewerken

Die genannte Reihenfolge entspricht auch der Anwendungshäufigkeit der Netzmaßnahmen in der Praxis. So wird ein WVU eher zur Durchführung von planmäßigen Netzspülungen als zur Stilllegung von Leitungen und Einspeisewerken neigen. Wer gibt schon gerne bestehende (wenn auch ungenutzte) Kapazitäten auf, zumal wenn man die-

Als häufigste, einfachste und billigste Maßnahme kommt dabei das Netzspülen mit Wasser zur Anwendung. Die Auswirkungen auf die Wassergüte sind allerdings kurzfristiger Natur. Das Spülen mit Wasser-/Luftgemisch als Sonderform der Netzspülung, um möglichst auch fest haftende Verunreinigungen auszuspülen, wird nicht betrachtet.

Spülungen in Wasserrohrnetzen

Jedes vermaschte Wasserrohrnetz weist Teilbereiche auf, in denen die Rohrleitungen so dimensioniert sind, dass bei mittlerem und geringem Wasserbedarf geringe Fließgeschwindigkeiten oder sogar Stagnation auftreten. Stagnation

muss dabei nicht eine Fließgeschwindigkeit von 0,0 m/s bedeuten. Sie wird bei der Rohrnetzberechnung meist mit der Grenzgeschwindigkeit von 0,005 m/s $\cong 432 \text{ m/d}^{1)}$ entsprechend der Erläuterung im Kapitel zuvor ausgewiesen. Dieser Kennwert bedeutet beispielsweise für eine 1300 m lange Leitung eine Durchflusszeit von drei Tagen. Verbindliche Angaben über zulässige Verweilzeiten von Trinkwasser in Rohrnetzen, insbesondere zur Vermeidung von Verkeimung oder Wiederverkeimung, liegen nicht vor [5]. Bekannt ist aus vielen praktischen Fällen, dass Standzeiten von mehreren Tagen in der Regel zu keiner Beeinträchtigung der Wasserqualität führen.

Um die möglichen Folgen einer Stagnation des Trinkwassers (Trübung und Verfärbung, Geschmacksbeeinträchtigung, Ablagerung und Verkeimung) zu vermeiden, werden in der Praxis Leitungen und Netzteile gespült. Eine Netzspülung dient sowohl dem Austausch des Wassers als auch der (begrenzten) Reinigung der Leitungen im Einflussbereich der Spülung. Spülungen beziehen sich meist auf Endstränge und periphere Rohrnetzteile und werden bei den Versorgungsunternehmen teils gelegentlich, teils systematisch durchgeführt. Der Modus der Durchführung ist bekannt, die Spülung erfolgt meist nachts, der Vorgang wird im Regelfall in Formularen festgehalten, der Erfolg ist nur von kurzer Dauer. Manche Netzteile werden durch die begrenzten Hydrantenentnahmen einer Spülung nicht erfasst. Die bauartbedingte Entnahmemenge von Unterflurhydranten erreicht maximal ca. 120 m³/h. An nicht „spülbaren“ Netzteilen sind anzuführen:

- Leitungen der Nennweite $\geq \text{DN } 250$
- Leitungen im dicht vermaschten Innenstadtbereich.

In diesen Leitungen lassen sich durch die Wasserentnahme über Unterflurhydranten im Regelfall keine ausreichenden Fließgeschwindigkeiten erzielen. Spülungen zur systematischen Netzreinigung und Wassererneuerung ▶

1) In der Ergebnisliste der Netzberechnung erscheint nur die Werteangabe von 0,0 m/s.

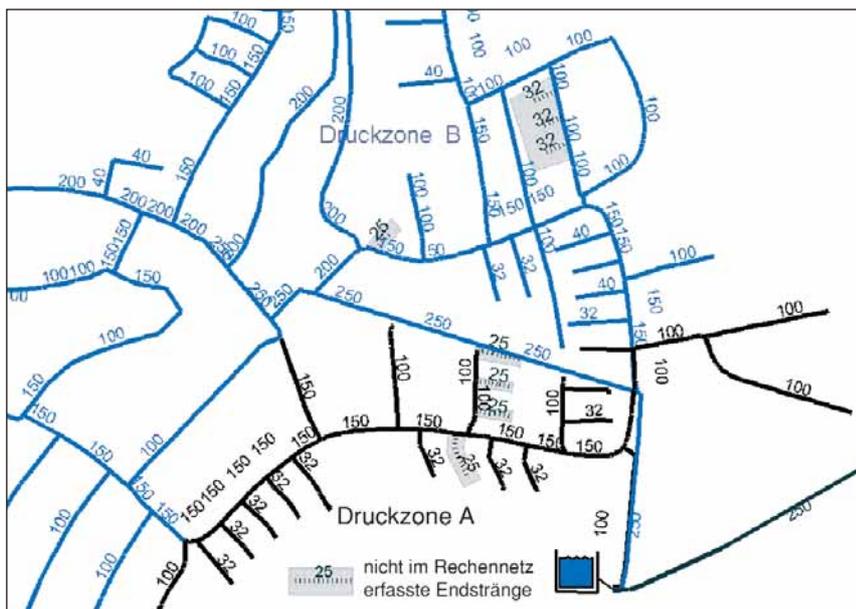


Bild 1 ■ Ausschnitt eines mastablichen Rechenetzplanes im Vergleich zum Rohrnetzplan.

von größeren Stagnationsbereichen in Rohrnetzen werden selten durchgeführt. Zum einen sind diese Stagnationsbereiche meist nicht bekannt, zum anderen wird der personelle und organisatorische Aufwand gescheut. Um die erforderlichen Rohrnetzsplungen effizient durchzuführen, d. h. die Spülvorgänge zeitlich und räumlich auf die gefährdeten Stagnationsbereiche zu beschränken und vom Personaleinsatz und den Kosten her zu minimieren, werden von manchen WVU-Splprogramme erstellt. Um die Rohrnetzsplung zu optimieren, müssen die durch die temporären Hydrantenentnahmen verursachten Strömungsvorgänge im Rohrnetz transparent gemacht werden. Als wichtiges Hilfsmittel kann hierzu ein reales Rechenetzmodell dienen, worauf nachfolgend eingegangen wird.

Berechnung von Splplanen

Voraussetzungen

Um mit Hilfe der Rohrnetzberechnung ein Splprogramm zu erstellen, werden folgende Voraussetzungen benötigt:

- die Abbildung des realen Wasserrohrnetzes als computergespeichertes Rechenetzmodell
- die Kenntnis der Leitungen und Netzteile mit Stagnation

Das reale Rechenetzmodell laut Punkt a) wird mit Durchführung einer Rohrnetzanalyse erreicht, wobei zu beachten ist, dass die erforderlichen Vergleichsmessungen im Wasserrohrnetz zur Justierung des Rechenetzmodells flächendeckend und zeitgleich erfolgen und das digitalisierte Rechenetz weit-

gehend dem Rohrnetz entspricht, also praktisch alle Leitungen, Hydranten und Streckenschieber enthält.

Bild 1 zeigt den Ausschnitt eines solchen Rechenetzes im Vergleich zum Rohrnetz. Was die Stagnation laut Punkt b) betrifft, so sind die betroffenen Endleitungen eines Wasserrohrnetzes im Regelfall dem Praktiker bekannt. Netzinterne Stagnationsbereiche lassen sich dagegen kaum abschätzen und werden durch die Rohrnetzberechnung nachgewiesen. Hierzu erfolgt die Netzberechnung, ähnlich wie beim rechnerischen Loschwassernachweis, mit der größten stündlichen Abgabe eines Tages mit mittlerem Verbrauch.

Die digitale Erfassung der Hydranten und Streckenschieber wird für die klassische Rohrnetzberechnung nicht benötigt. Bei errechneten Splplanen kommt diesen Objekten jedoch eine Bedeutung zu, da hier ihre Funktion „temporäre Wasserentnahme“ oder „temporäre Leitungssperrung“ rechnerisch genutzt wird.

Wie weit bei der Netzbelastung „größte stündliche Abgabe eines mittleren Verbrauchstages“ ein Wasserstillstand innerhalb der Verteilung gegeben ist, lässt sich statistisch anhand von ca. 90 ausgewerteten Rohrnetzanalysen der letzten sechs Jahre wie folgt darstellen:

- betrachtete Wasserrohrnetze: 91
- Rohrnetzlangen (ohne HA): 95 bis 1100 km
- Anteil der Stränge (= Rechenstrecken)²⁾ mit Stagnation ($v \leq 430$ m/d): 9 bis 19%

Somit zeigt sich, dass bis zu einem Fünftel der Verteilungsleitungen eines Wasserrohrnetzes praktisch nicht durchflossen wird. Die Berechnung eines Spülplanes wird nachfolgend am Beispiel eines mittleren Wasserrohrnetzes mit 270 km Leitungslänge (Netz A) und eines großen Wasserrohrnetzes mit 910 km Leitungslänge (Netz B) erläutert.

Tabelle 2 ■ Einige Kennwerte der Netze A und B.

| Kennwert | Netz A | Netz B |
|--|----------------|----------------|
| Rohrnetzlänge [km] | 270 | 910 |
| Länge der ungeschützten St- und GG-Leitungen [km] | 49 | 80 |
| Anzahl der versorgten Einwohner | 72 000 | 280 000 |
| Anzahl Hydranten | 2 200 | 7 000 |
| Anzahl Leitungsstränge (= Rechenstrecken) | 2 180 | 8 420 |
| DN-Bereich Verteilung | DN 50 – DN 500 | DN 50 – DN 700 |

2) Strang = homogener Leitungsabschnitt

Zielsetzung

In den beiden Wasserrohrnetzen (Tabelle 2) gibt es von Zeit zu Zeit, insbesondere bei baulichen Eingriffen, Probleme mit örtlichen Braunfärbungen (→ eisenhaltige Ablagerungen), in einem Netzbereich auch mit Braunschwarz-Färbungen (→ manganhaltige Ablagerungen). Die gelegentlichen Netzspülungen durch den Betrieb erfolgen bei Kundenreklamationen oder bei Arbeitslücken für die betroffenen Betriebsleute.

Zielsetzung war in beiden Fällen die Erstellung eines Spülplanes auf der Basis einer Rohrnetzanalyse zur flächendeckenden Reinigung des Wasserrohrnetzes, insbesondere zur Erfassung der Stagnationsbereiche (Ausspülung der locker haftenden Verunreinigungen). Um die hierzu erforderlichen temporär hohen Fließgeschwindigkeiten von $\geq 1,0 \text{ m/s}$ [6] zu erreichen, waren rechnerisch zu bestimmen:

- die Größe der Spülbezirke
- die Lage der Entnahmehydranten
- die Höhe und Dauer der Entnahmemengen
- die Ausklammerung der großkalibrigen Leitungen (DN ≥ 250), bei dem Netz B auch die Ausklammerung des dicht vermaschten Altstadtkerns

Bild 2 zeigt einen Rohrnetzausschnitt mit virtueller Abgrenzung (hydraulische Abgrenzung ohne Leitungsspernung durch Schieber) von gewählten Spülbezirken und Angabe der errechneten Spülmengen.

Ablauf der rechnerischen Untersuchung

Die Erstellung des Spülplans erfolgt in folgenden Arbeitsschritten:

- Unterteilung des Netzes (in nicht abgeschieberte Spülbezirke) unter Berücksichtigung der Netzstrukturen
- Wahl der Entnahmehydranten je Spülbezirk (1 bis 3)
- Ermittlung der unter Vorgabe von Druckbedingungen erreichbaren Entnahmemengen je Hydrant und Spülbezirk
- programmtechnische Beurteilung der sich ergebenden Fließgeschwindigkeiten je Spülbezirk
- iterative Veränderung der Spülbezirk- >

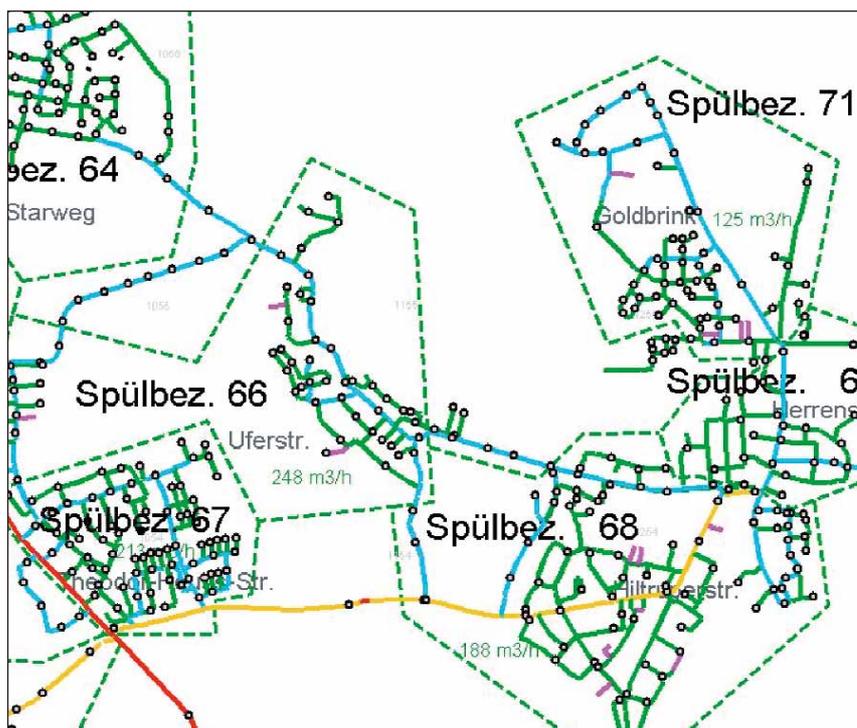


Bild 2 ■ Ausschnitt des Rohrnetz-Übersichtsplanes mit Spülbezirken und -hydranten.

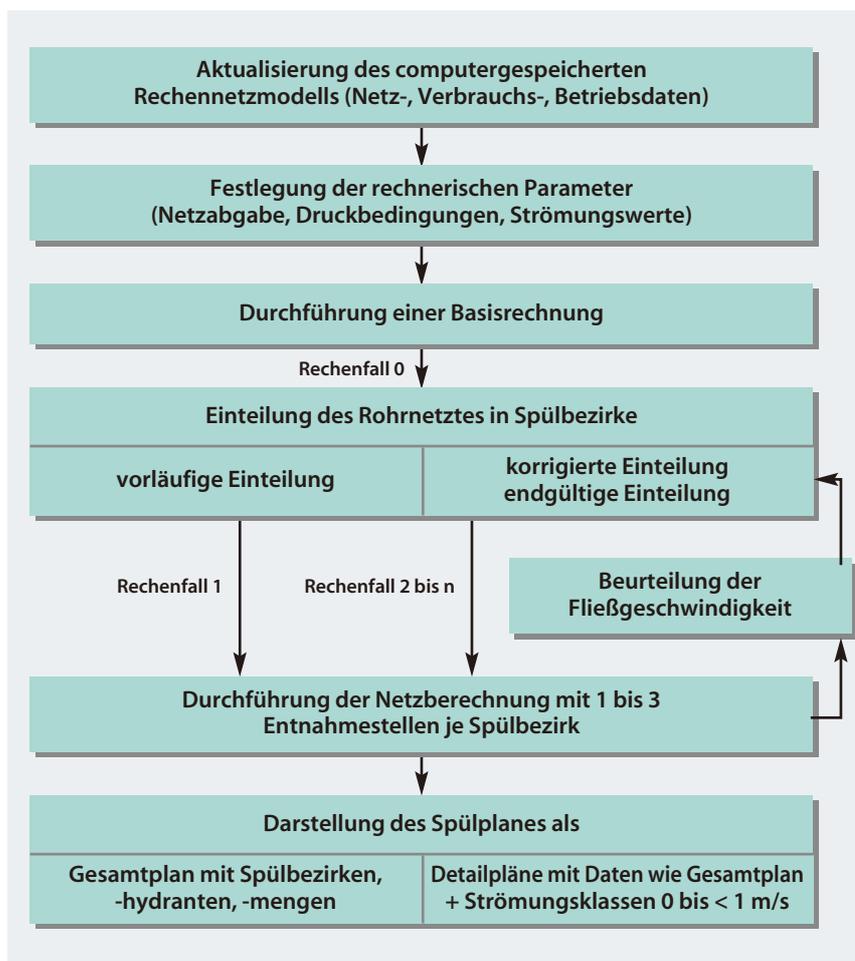


Bild 3 ■ Ablauf der Netzberechnungen zur Erstellung eines Spülplanes.

ke in der Netzberechnung zur Optimierung der Fließgeschwindigkeiten durch

- räumliche Vergrößerung oder Verkleinerung
- Abschieberung von größeren Einzelleitungen
- Vorgabe der minimalen Spülzeiten je Spülbezirk
- Erstellung des farbigen Spülplanes
- spätere Anpassung des Spülplanes entsprechend den Erkenntnissen des in der Praxis durchgeführten Spülprogrammes

Der rechnerische Ablauf der hydraulischen Untersuchung ist in Bild 3 dargestellt. Daraus geht hervor, dass die Abgrenzung der Spülbezirke und die Ermittlung der jeweiligen Entnahmemenge iterativ erfolgte. So konnte ein Bezirk erst dann in seiner Erstreckung endgültig festgelegt werden, wenn für seine benachbarten Bezirke die Netzhydraulik berechnet worden war. Die räumliche Festlegung eines Spülbezirks im Rohrnetz bedeutet keine tatsächliche Abschieberung für die Zeit des Spülvorganges, sondern erfolgt optisch und hydraulisch für den durch die Entnah-

memenge erreichten Einflussbereich. Durch die Entnahmemenge wurden im jeweiligen Spülbezirk Fließgeschwindigkeiten zwischen etwa 0,3 m/s und 1,2 m/s angestrebt. Niedrigere Geschwindigkeiten ergeben keine ausreichende Schleppekraft für das Austragen von Schwebstoffen und lockeren Ablagerungen. In beiden Wasserrohrnetzen lag die in das Spülprogramm einbezogene Rohrnetzlänge zwischen 80 und 90 % der tatsächlichen Rohrnetzlänge. Somit werden 10 bis 20 % für die flächendeckende Netzspülung ausgeklammert.

Ergebnisse der Berechnungen

1. Rahmenbedingungen für die Festlegung der Spülbezirke

Es liegt in der Natur der Sache, dass sich in einem eng vermaschten Wasserrohrnetz mit einer Leitungsdimensionierung in der Verteilung zwischen DN 50 und DN 700 (Netz B) bzw. zwischen DN 50 und DN 500 (Netz A) nicht alle Leitungsabschnitte durch eine flächendeckende Netzspülung erfassen lassen. In der rechnerischen Untersuchung bleiben entsprechend der Netzstruktur

großkalibrige Leitungen mit Transportcharakter, kurze Endstränge und einzelne Leitungsabschnitte innerhalb der Vermaschung außen vor. 80 bis 90 % des Verteilungssystems werden jedoch in das Spülprogramm einbezogen. Als Rahmenbedingungen für die entsprechenden Netzberechnungen wurden berücksichtigt:

- a) Festlegung der Spülbezirke in Fließrichtung (Einspeisestelle → Netzperipherie)
- b) maximal drei Entnahmehydranten pro Spülbezirk
- c) maximal zwei Leitungsabschieberungen pro Spülbezirk
- d) angestrebte Fließgeschwindigkeiten in den Spülbezirken 0,3 bis 1,2 m/s
- e) Mindest-Spüldauer je Spülbezirk (Faustformel):

$$\frac{\text{Leitungsvolumen (m}^3\text{)}}{\text{Spülmenge (m}^3\text{/h)}} \times 2$$

- f) minimaler Netzdruck im jeweiligen Spülbezirk ca. 2,5 bar

Die erwähnten netztechnischen Einschränkungen (Punkt b und Punkt c) ergeben sich durch den Umstand, dass

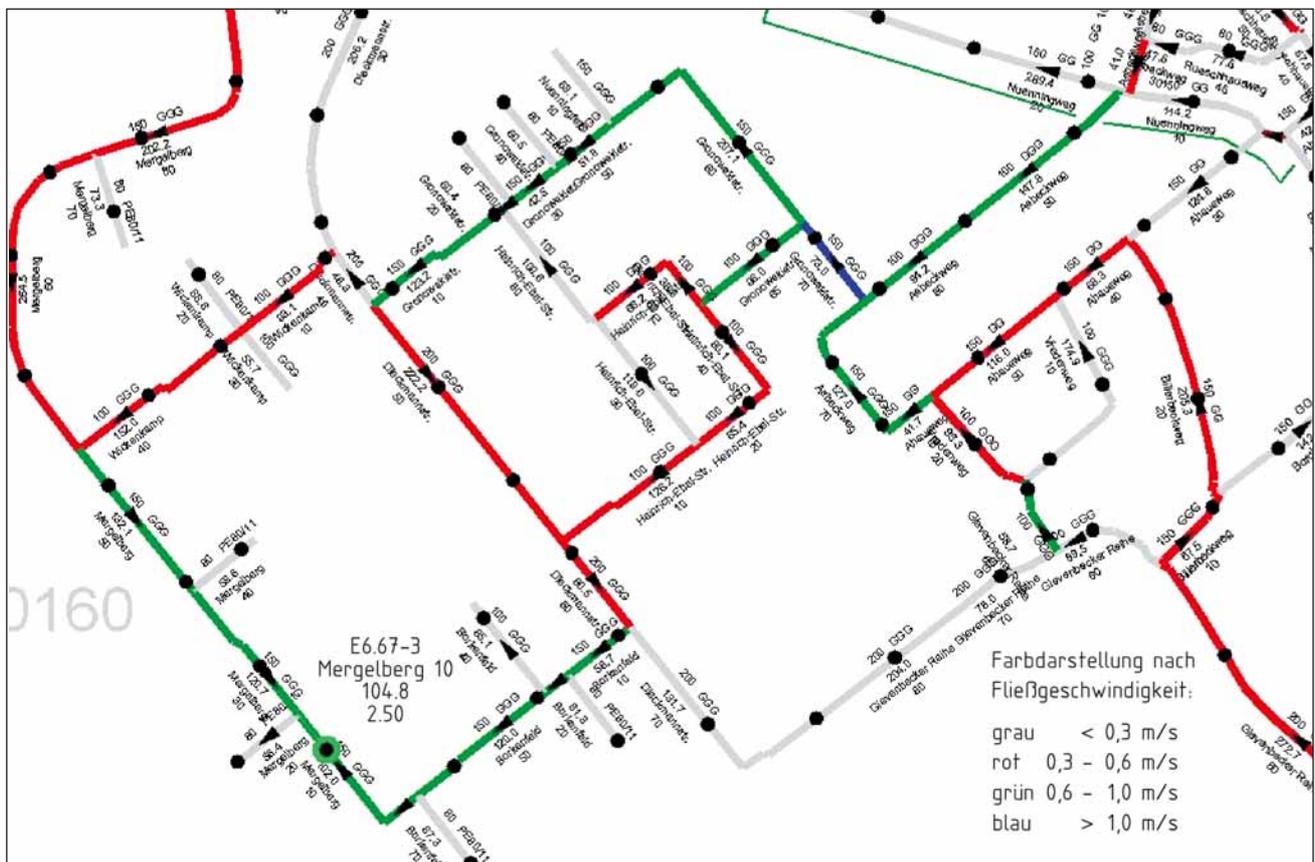


Bild 4 ■ Ausschnitt des Spülplanes mit entnahmeabhängigen Strömungsklassen in den Spülbezirken.

Tabelle 3 ■ Tabellenauszug der Spülbezirke mit Entnahmehydranten, -mengen und -drücken.

| Spülbezirk | | zu schließende Schieber | | Hydranten-Entnahme | | | Detailpläne | |
|------------|--------------------|---|-----|--------------------|-------------------|-----|-------------|--------|
| Nr. | Bezeichnung | Strangbezeichnung | DN | Nr. | m ³ /h | bar | M1: | Anzahl |
| 11 | Kinderhaus Südwest | Westhoffstr. 80 + 130 Idenbrockweg 70 | 200 | 1 | 57,0 | 2,5 | 5000 | 1 |
| | | | 200 | 2 | 50,0 | 2,5 | | |
| | | | | 3 | 99,0 | 2,5 | | |
| | | | | | 206,0 | | | |
| 12 | Kinderhaus West | Langebusch 30 Brueningheide 40 Meinertzstraße 10 | 100 | 1 | 101,0 | 2,5 | 5000 | 1 |
| | | | 200 | 2 | 80,0 | 2,5 | | |
| | | | 150 | 3 | 56,0 | 2,5 | | |
| | | | | | 237,0 | | | |
| 13 | Horstmarer Landweg | Langebusch 30 Brueningheide 40 Meinertzstraße 10 Meinertzstraße 10 | 100 | 1 | 69,0 | 2,0 | 4000 | 2 |
| | | | 200 | 2 | 67,0 | 2,0 | | |
| | | | 150 | 3 | 55,0 | 2,0 | | |
| | | | 150 | | | | | |
| | | | | | 191,0 | | | |

der Spültrupp i. d. R. aus zwei Mitarbeitern besteht und diese im Rahmen der Netzspülung nicht beliebig umfangreiche Netzeingriffe tätigen können.

Die angeführte Mindest-Spüldauer ist ein Anhaltswert; die tatsächliche Spüldauer richtet sich vorrangig nach der optischen Beurteilung des austretenden Wassers.

2. Darstellung des Spülplanes

Für die Umsetzung des ermittelten Spülplanes wurden, wie die Praxis zeigte, Plan- und Listendarstellungen benötigt:

- Rohrnetz-Übersichtsplan (z. B. M 1 : 10 000) mit farblicher Kennzeichnung der für das Spülprogramm ausgeklammerten Leitungen (Innenstadtbereich + Transportleitungen DN \geq 250)
- Rohrnetz-Übersichtsplan (z. B. M 1 : 10 000) mit Lage, Größe und Entnahmemenge der gewählten Spülbezirke
- Rechennetz-Teilpläne (z. B. M 1 : 5000) mit farbiger Kennzeichnung der errechneten Fließgeschwindigkeiten bei Spülung und der erreichbaren Entnahmemengen

Die Aufteilung des Rohrnetzes in Spülbezirke geht entsprechend Beschreibung in Punkt b) aus **Bild 2** und entsprechend Beschreibung in Punkt c) aus **Bild 4** hervor. Als ergänzende tabellarische Übersichten wurden geliefert:

d) Lage und Kennwerte der Spülbezirke mit Entnahmehydranten, Schieberschließungen und Entnahmemengen und -drücke

e) Spülmengen und -zeiten der Spülbezirke mit Entnahmemenge, Leitungsvolumen und Mindest-Spüldauer

Die das Planwerk ergänzenden tabellarischen Übersichten sind ersichtlich für die Spülbezirksdaten laut Punkt d) in **Tabelle 2** und laut Punkt e) in **Tabelle 3**. Die ermittelten Mindest-Spüldauern lagen für die beiden erwähnten Wasserrohrnetze zwischen 15 und 60 Minuten (Netz A) und zwischen 30 und 150 Minuten (Netz B). Zur praktischen Umsetzung eines Spülplanes laut den Plan-darstellungen ist noch anzumerken, dass

- die angeführten Netzdrücke der Entnahmestellen nicht unterschritten werden sollten, damit keine örtliche Unterbrechung der Versorgung auftritt
- bei fehlender Vorfluterleistung im Einzelfall zwangsweise auf Nachbarhydranten ausgewichen werden kann.

Ergebnisse des durchgeführten Spülprogramms

Wird von einem Netzbetreiber eine systematische flächendeckende Rohrnetzspülung anhand eines errechneten Spülplanes durchgeführt, zeigen erste Rückkoppelungsergebnisse, dass die Erwartungen erreicht werden. Sie betreffen die Punkte:

- klare Vorgaben für den Ablauf der Spülarbeiten
- Flächenleistungen von 5 bis 8 km Rohrnetzlänge pro Tag
- hoher Austrag an (insbesondere eisenhaltigen) Schweb- und Ablagerungsstoffen
- Ursachenfindung bei größeren Abweichungen zwischen Rechen- und Messwerten
- Reduzierung des zukünftigen Spülaufwandes
- zusätzliche Hinweise für geplante Sanierungsmaßnahmen

Für das erwähnte Wasserrohrnetz A wurden die Ergebnisse der Rohrnetzspülung in Formularen und in einem Rohrnetzübersichtsplan festgehalten. Sie ergaben (auch im Vergleich mit den rechnerischen Vorgaben) folgende Erkenntnisse:

- Die Gesamtkosten des durchgeführten Spülprogrammes betragen einschließlich der Kfz-Fahrkosten und der Wasserentnahmen ca. 7200 €.

- Die erfasste Gesamtentnahme an Spülwasser erreichte ca. 2700 m³ (bei einem Rohrnetzvolumen von 5600 m³).
- Das Spülen erfolgte ausschließlich über Unterflurhydranten und wurde tagsüber durchgeführt.
- Eine gewisse Problematik zeigte sich in der örtlich nicht immer gegebenen Vorfluterkapazität zum Abführen des Spülwassers. In einigen Spülbezirken wurden daher die geplanten Entnahmestellen verlagert.
- Die Braunfärbungen des Wassers kon-
- Die in der Praxis entnommenen Spülmengen stimmten in ihrer Größenordnung ($\pm 20 \text{ m}^3/\text{h}$) zu ca. 80 % mit den errechneten Spülmengen überein. Somit war gewährleistet, dass die errechnete flächendeckende Spülung des Wasserrohrnetzes auch erreicht wurde.
- In einigen peripheren Spülbezirken lag die entnommene Spülmenge deutlich unter dem errechneten Vorgabewert. Die Begründung wurde gesucht und ergab entweder unbekannte örtliche Leitungsabschieberungen oder

Tabelle 4 ■ Tabellenauszug der Spülbezirke mit Leitungslängen, -volumen und Mindestspüldauer.

| Spülbezirk | | Hydranten-Entnahme m ³ /h | Leitungsvolumen m ³ | Mindestspüldauer min |
|------------|--------------------|---|-----------------------------------|-------------------------|
| Nr. | Bezeichnung | | | |
| 11 | Kinderhaus Südwest | 57,0 | 134 | 78 |
| | | 50,0 | | |
| | | 99,0 | | |
| | | 206,0 | | |
| 12 | Kinderhaus West | 101,0 | 178 | 90 |
| | | 80,0 | | |
| | | 56,0 | | |
| | | 237,0 | | |
| 13 | Horstmarer Landweg | 69,0 | 107 | 67 |
| | | 67,0 | | |
| | | 55,0 | | |
| | | 191,0 | | |

zentrierten sich nicht nur auf Netzbereiche mit relativ hohem Anteil an metallischen Leitungen, sondern in einem Fall auch auf ein vermaschtes Netzgebiet mit ausschließlich Kunststoffleitungen. Hier fanden offensichtlich beim Durchfluss des „belasteten“ Wassers aufgrund geringer oder fehlender Fließgeschwindigkeiten eisenhaltige Ablagerungen statt.

- Die erforderlichen Spülzeiten, bis am jeweiligen Spülhydrant optisch klares Wasser austrat, lagen durchweg über den vorgegebenen rechnerischen Minimalzeiten. Messungen des Eisen- oder Mangengehaltes oder mikroskopische Untersuchungen des sedimentären Austrags auf Mikroorganismen wurden nicht vorgenommen.

starke örtliche Inkrustierungen metallischer Leitungen. Aus einigen Leitungen herausgeschnittene Teilstücke (DN 100, DN 80) zeigten Inkrustierungen, die den Rohrquerschnitt bis zu etwa 60 % ausfüllten.

- Der jeweils gespülte Bezirk wurde i. d. R. durch zwei Druckmessgeräte überwacht, um Versorgungsbeeinträchtigungen durch Druckmangel zu vermeiden. Im Gegensatz zu der guten Übereinstimmung von gemessenen und errechneten Mengen zeigten sich bei den Drücken weniger gute Übereinstimmungen, was aber für den Spülerfolg von untergeordneter Bedeutung war.

Schlussfolgerungen

Das geplante und durchgeführte Spülprogramm lässt für das betroffene Versorgungsunternehmen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Eine systematische und flächendeckende Netzspülung lässt sich kostengünstig und effizient durchführen.
- Eine Wiederholung wird im Zweijahres-Rhythmus ins Auge gefasst.
- Zwischenzeitliche örtliche Spülungen werden in nächster Zukunft auf wenige Endstränge und Endstrangbereiche beschränkt.
- Die systematische Netzspülung ergibt zusätzlich wichtige örtliche Netzerkenntnisse für Leitungssanierungen, Armaturenkontrollen und Rohrnetzberechnungen. 

Alle Abbildungen: Rechenzentrum für Versorgungsnetze Hartl/Wehr

Literaturhinweise

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W 400-1: Planung (Entwurfsvorlage Stand Juli 2003)
- [2] DIN 1988, Teil 4 (1988): Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen. – Beuth-Verlag, Berlin
- [3] DVGW-Merkblatt W 403 (1998): Planungsregeln für Wasserleitungen und Wasserrohrnetze. – Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn
- [4] Schweizerisches Regelwerk: Richtlinien für die Überwachung der Trinkwasserversorgungen in hygienischer Sicht SVGW-Regelwerk, W1 d/f Ausgabe 1997
- [5] BJÖRNSEN, G. & ROTH, U. (1996): Auswirkungen rückläufiger Wasserabgabe auf Planung und Betrieb von Wasserversorgungsunternehmen. – Neue DELIWA-Zeitschrift, Heft 2
- [6] DVGW-Arbeitsblatt W 400-3: Betrieb und Instandhaltung – (Entwurfsvorlage Stand Januar 2004)

Kontakt

Dipl.-Ing. Rudi Wehr
Rechenzentrum für Versorgungsnetze Hartl/Wehr
Oberbilker Allee 203
40227 Düsseldorf
Tel.: 0211 601273-00
Fax: 0211 727537



E-Mail: rv@rzvn.de
Internet: www.rzvn.de