

Spülungen im Leitungsnetz

Qualitätssicherung zwischen Wassergewinnung & Verbraucher

Warum müssen Leitungen gespült werden?

Trinkwasserleitungen müssen unter hygienischen Gesichtspunkten sowohl geplant, gebaut als auch betrieben werden [SVGW W1000, 2000]. Denn Trinkwasser muss den Ansprüchen der Lebensmittelgesetzgebung entsprechen und die hygienischen und mikrobiologischen Anforderungen erfüllen – und zwar an der Stelle, an der es zum Gebrauch zur Verfügung steht [EDI, 2005]. Dies erfordert nebst den nötigen Unterhalts- und Reinigungsarbeiten bei den Wasserversorgungsanlagen (z.B. Entfernung von Ablagerungen bei Reservoiren) auch Massnahmen auf dem Transportweg von der Gewinnung zum Verbraucher. In diesem Zusammenhang finden Leitungsspülungen in folgenden Situationen Anwendung:

- Reinigungsspülung vor Inbetriebnahme von neu erstellten, reparierten oder sanierten Leitungsabschnitten (gemäss SVGW W 4, 2004)
- Periodische Unterhaltsspülung des Verteilnetzes
- Bedarfsspülung aufgrund von schlechten Befunden oder Braunwassererscheinungen (häufig bei Kundenbeschwerden)
- Private Spülungen von Hausanschlussleitungen, Sprinkleranlagen, etc. mit stehendem Wasser (gemäss Wasserversorgungsregl. auf Anordnung der Wasserversorgung) und Spülungen von Hausinstalltionen

Währenddem die Notwendigkeit einer Reinigungsspülung nach Bau oder Reparatur einer Leitung einleuchtend erscheinen, ist dies bei den periodischen Unterhaltsspülungen nicht unbedingt der Fall. Häufig wird zum Beispiel davon ausgegangen, dass gerade bei stagnierenden Leitungsabschnitten ein erhöhtes Aufkeimungsrisiko besteht und deshalb regelmässige Spülungen von Endsträngen oder überdimensionierten Leitungen nötig sind. Gemäss neuen Erkenntnissen aus der Forschung und Erfahrungen aus der Praxis ist aber hinsichtlich Aufkeimung nicht die Verweilzeit massgebend, sondern eher Störungen des vorhandenen Biofilms (z.B. durch vorübergehende Chlorung), was kurzfristig zu einer verstärkten Abgabe von Keimen aus dem Biofilm führen kann [Korth, 2010]. Regelmässige Netzspülungen sind vielmehr zur Entfernung von Ablagerungen aus dem Verteilnetz nötig. Denn deren Mobilisierung kann zu unerwünschten Braunwasserproblemen (siehe Abbildung 1), mikrobiologischen Auffälligkeiten und weiteren Qualitätsbeeinträchtigungen führen. Ablagerungen weisen häufig eine hohe Besiedlung mit Bakterien auf und können zum Beispiel auch die Vermehrung coliformer Bakterien erlauben [Korth, 2010].



Abb. 1: Ablagerungen in einem Gussrohr und Braunwassererscheinung beim Verbraucher als möglich Folge [Fotos: Vreeburg, 2007].

Bildung und Mobilisierung von Ablagerungen

Ablagerungen entstehen durch Sedimentations- und Adsorptionsvorgänge von Partikeln (siehe Abbildung 2), welche von externen Einträgen (z.B. während Bau- oder Reparaturarbeiten), Korrosion metallischer Leitungen oder der Freisetzung von Bestandteilen aus Zementmörtelauskleidungen herrühren. Dabei entscheidet die Fließgeschwindigkeit, wie gross das Ablagerungspotential an einer bestimmten Stelle im Netz ist; je langsamer ein Bereich durchflossen wird, umso mehr Material kann sich dort ablagern und umso grösser ist entsprechend auch die mögliche Mobilisierungsmenge bei Durchflussänderungen [Korth et. al, 2011].

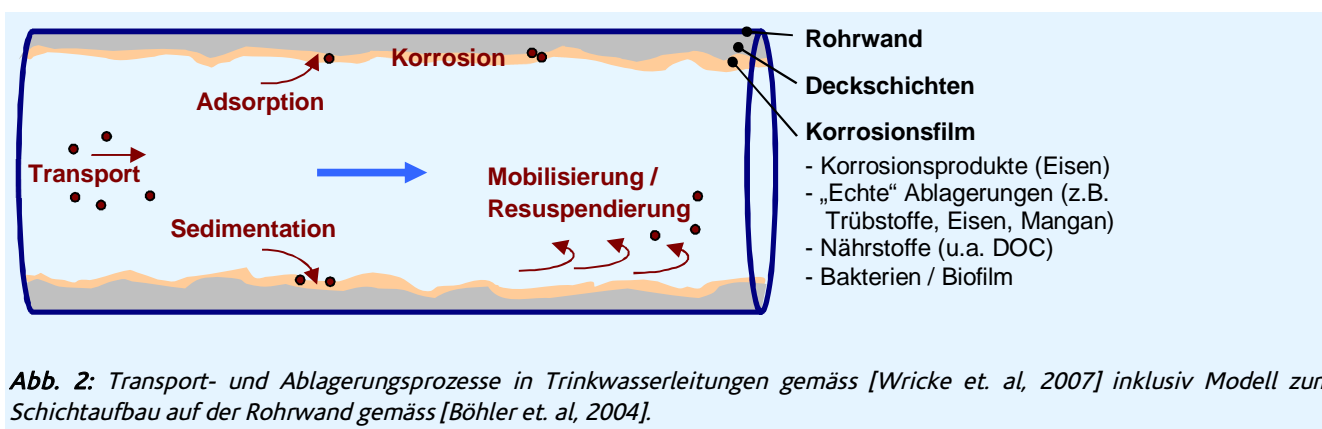


Abb. 2: Transport- und Ablagerungsprozesse in Trinkwasserleitungen gemäss [Wricke et. al, 2007] inklusiv Modell zum Schichtaufbau auf der Rohrwand gemäss [Böhler et. al, 2004].

Vorhandene Ablagerungen werden aber erst dann mobilisiert, wenn turbulente Strömungsverhältnisse vorliegen und zudem die auftretenden Strömungskräfte grösser als die Anhaftungs- und Zusammenhaltkräfte der Ablagerungen sind, d.h. vereinfachend gesagt bei ausreichender Fließgeschwindigkeit. In der Fachliteratur ist in diesem Zusammenhang häufig von der sogenannten Schlepptension die Rede, welche nebst der Fließgeschwindigkeit auch von der Rohrrauigkeit, dem Leitungsdurchmesser und auftretenden Geschwindigkeitsänderungen (Beschleunigung des Wassers) abhängig ist. Abbildung 3 verdeutlicht, dass für die Erreichung einer bestimmten Schlepptension die Fließgeschwindigkeit bei glatten Rohren und grossen Durchmessern höher sein muss als bei rauhen Rohren und kleinen Durchmessern.

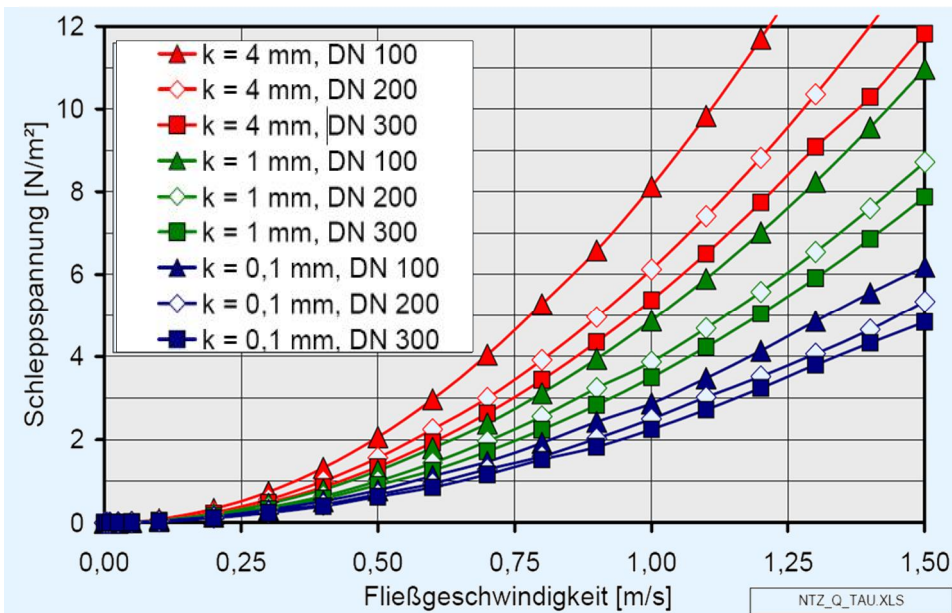


Abb. 3: Schleppspannung / Wandschubspannung in Abhängigkeit von Fließgeschwindigkeit, Rohrdurchmesser und Rohrrauigkeit für stationäre Fließbedingungen [Böhler et. al, 2004]. Instationäre Bedingungen, z.B. Beschleunigung des Wassers durch impulsartige Luftzugabe, können die Schleppspannung kurzzeitig noch deutlich erhöhen.

Was bewirkt eine Spülung?

Die Reinigungswirkung und der Erfolg einer Spülung hängen davon ab, ob zur Mobilisierung der auszutragenden Ablagerungsarten die entsprechende Spülintensität erreicht wird. Die notwendige Schleppspannung resp. Spülgeschwindigkeit muss aufgrund von Erfahrungswerten oder Versuchen abgeschätzt werden. Man geht davon aus, dass „echte“ Ablagerungen bereits bei einer Schleppspannung von $< 2 \text{ N/m}^2$ mobilisiert werden können. Hingegen tritt dieser Effekt bei haftenden Ablagerungen, d.h. „gewachsenen“ Korrosionsfilmen und Inkrustationen erst bei $> 4 \text{ N/m}^2$ ein [Böhler et. al, 2004]. Tests in einer Versuchsanlage (DN 100) des DVGW-Technologiezentrums Wasser (TWZ) haben gezeigt, dass bei einer Fließgeschwindigkeit von 0.3 m/s die meisten Korrosionsprodukte ausgetragen werden, hingegen sind zum Beispiel zur Ausspülung der grösseren Sandpartikel Geschwindigkeiten von mindestens 1 m/s nötig [Korth et. al, 2011]. Abbildung 4 zeigt schematisch, dass sich der Sand bei zu geringer Spülgeschwindigkeit in Form eines „Sandhaufens“ unter dem Hydranten anlagert und nur in geringem Masse ausgetragen wird.

Je nach Spülintensität wird teilweise auch der Biofilm tangiert, was kurzzeitig zu erhöhten bakteriologischen Befunden führen kann [Korth, 2010]. Durch zu intensives Spülen können auch die schützenden Deckschichten geschädigt werden, wobei dies bei der einfachen Wasserspülungen praktisch ausgeschlossen ist und nur bei intensiveren Spültechniken befürchtet werden muss [Böhler et. al, 2004]. All diese Nebeneffekte und insbesondere auch die gewünschte Reinigungswirkung besitzen aber nur eine begrenzte Nachhaltigkeit - nach einer Spülung kommt es grundsätzlich wieder zur Anreicherung von Ablagerungen.

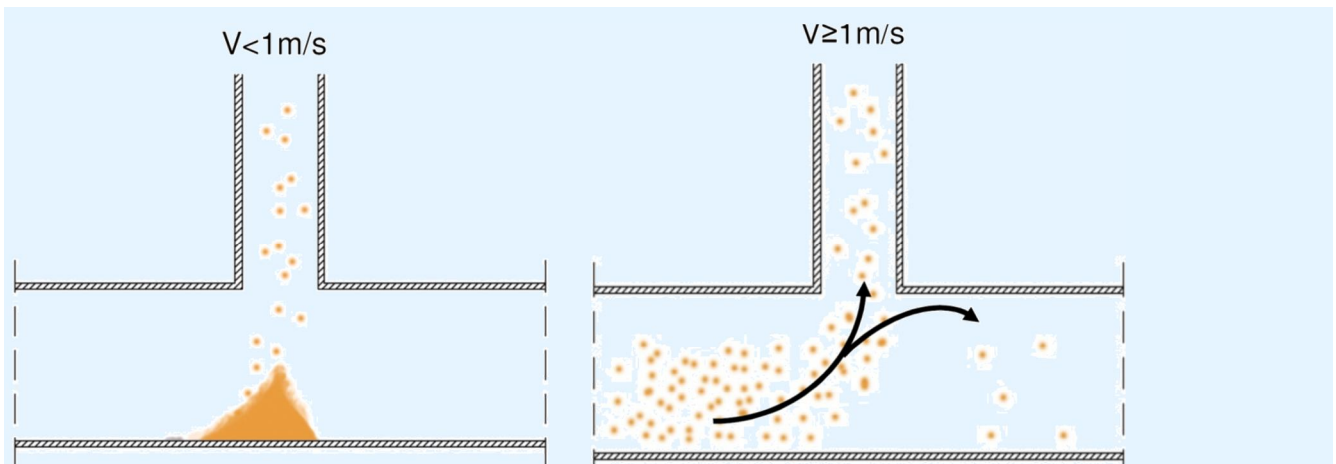


Abb. 4: Verhalten von Sand bei unterschiedlichen Spülgeschwindigkeiten, wenn der Entnahmehydrant oben an der Leitung angebracht ist; gemäss [Korth et. al, 2011].

Spülverfahren und Spültechniken

Zur Reinigung von Leitungen sind verschiedene Verfahren bekannt, welche in Tabelle 1 aufgelistet sind (siehe auch Abbildung 5). Die einfachste Technik ist wohl die Wasserspülung durch Öffnen eines Hydranten. Dabei gilt es nebst der Bereitstellung der Wassermenge und der schadlosen Beseitigung des Spülwassers zu berücksichtigen, dass die Entnahmemengen und damit auch die Fließgeschwindigkeiten während der Spülung durch den Hydranten bzw. das vorangeschaltete Rohrnetz begrenzt sind. Eine zu geringe Leistungsfähigkeit der Hydranten kann zwar durch Einrichten von Spülauslässen oder gar durch die Verwendung einer Entnahmepumpe zur „Saugspülung“ kompensiert werden, allerdings nur soweit, wie der Druckabfall das benachbarte Netz nicht zu stark beeinträchtigt (Unterdruckgefahr). Entscheidend für eine effektive Reinigung mittels Trinkwasser sind aber eine ausreichende Spülgeschwindigkeit und Spülwassermenge. Der SVGW empfiehlt, Wasserleitungen mit dem 3- bis 5fachen Leitungsvolumen und einer Spülgeschwindigkeit von mindestens 0.5 – 1.5 m/s zu reinigen [SVGW W1000, 2000]. Das deutsche Regelwerk des DVGW spricht bei 2 – 3 m/s von einer ausreichenden Fließgeschwindigkeit für eine intensive Wasserspülung [DVGW W291, 2000].

Wird durch Wasser alleine keine ausreichende Wirkung erzielt – zum Beispiel bei Leitungen mit grossem Durchmesser – kann der gleichzeitige Eintrag von Luft mittels Kompressor einen verbesserten Reinigungseffekt bringen. Es wird davon ausgegangen, dass sich die eingetragene Luft im Rohrscheitel sammelt, den Leitungsquerschnitt verringert und damit die Spülgeschwindigkeit erhöht. Die Reinigungswirkung kann durch eine pulsierende Luftzugabe aber noch verstärkt werden. Dabei ist der massgebliche Effekt wahrscheinlich auf die kurzzeitige Beschleunigung der Wassersäule durch die Entspannung der eingetragenen Luft zurückzuführen, was zu einer Erhöhung der Schleppspannung führt [Korth et. al, 2011]. Mit solchen Luft/Wasser-Verfahren kann der Spülwasserverbrauch im Vergleich mit dem konventionellen Wasserspülen deutlich tiefer gehalten werden; Dienstleister sprechen von Einsparungen von bis zu 90% [Hammann, 2004]. Bei den Luft/Wasser-Verfahren gilt es aber zu beachten, dass während der Spülung Druckschläge entstehen können und die Leitungen nach der Reinigung wieder einwandfrei entlüftet werden müssen. Diese Probleme können mit angepassten Verfahren (z.B. computergesteuerte Einbringung der Luft in druckreduzierte Spülabschnitte) und erfahrenen Fachkräften minimiert werden.

Spültechnik	Spülmedium	Beschreibung	Anwender
Hydrantenspülung / Spülauslass	Wasser	Einfache Wasserspülung mit vorhandenem Netzdruck	Wasserversorger
Saugspülung	Wasser	Hydrantenspülung mit erhöhter Entnahmemenge unter Verwendung einer Pumpe	Dienstleister (erst seit wenigen Jahren)
Luft-Wasser-Spülung / Luft-Injektions-Verfahren	Wasser/Luft	Spülung mit kontinuierliche Luftzugabe, wobei Luft am Rohrscheitel zur Verringerung des Rohrquerschnittes führt	Dienstleister / erfahrene Fachkräfte
Impulsspülung / Turbulenzspülverfahren	Wasser/Luft	Spülung durch impulsartige Luftzugabe, wodurch die Wassersäule beschleunigt und die Schleppspannung erhöht wird	Dienstleister / erfahrene Fachkräfte
CO ₂ -Spülung	CO ₂ /Wasser	Betäubung von Kleintieren, insbesondere Wasserasseln, durch CO ₂ angereichertes Wasser und anschließende Entfernung mittels Spülung	Dienstleister
Molchen	Molch/Wasser	Mechanischer Austrag hartnäckiger Ablagerungen mittels Schwammgummiball oder Kunststoffmolch, welcher mit dem Spülwasser durchs Rohr gedrückt wird	Erfahrene Fachkräfte (eher früher angewendet)
Hochdruckreinigung	Wasser	Etappierte Vorreinigung neu verlegter Leitungen mittels automatisch einziehender Reinigungslanze oder von Hand geführter Druckdüse (bei begehbaren Leitungen)	Wasserversorger

Tab. 1: Bekannte Techniken zur Spülung bzw. Reinigung von Trinkwasser-Druckleitungen.

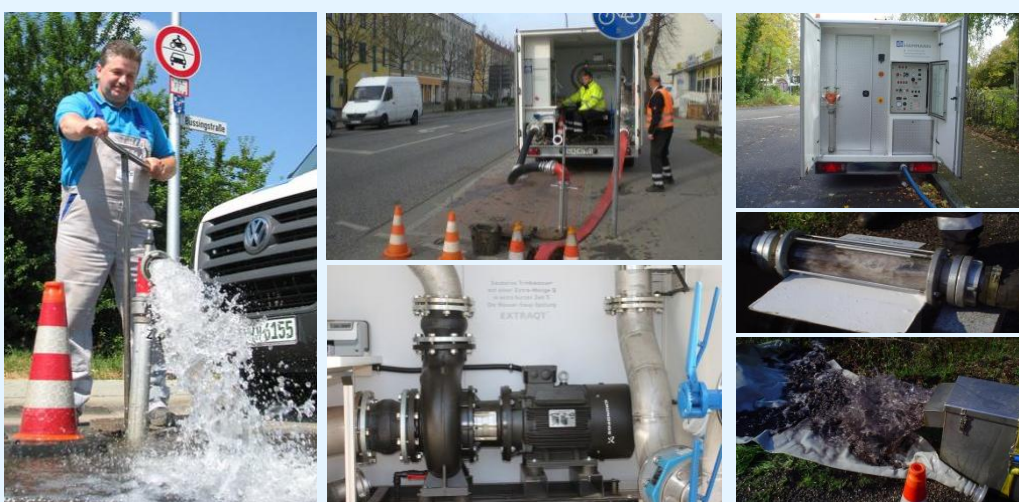


Abb. 5: Konventionelle Hydrantenspülung (links), Saugspülung mit Pumpe (Mitte) und Impulsspülung mit Luftzugabe (rechts).

Reinigung bei Inbetriebnahme einer Leitung

Gerade bei der Neuerstellung, Reparatur oder Sanierung von Leitungen besteht eine erhöhte Gefahr der hygienischen Beeinträchtigung des Trinkwassers. Die Rohre sind während den Bauarbeiten unbedingt vor Verschmutzung durch eindringendes Schmutzwasser oder Tiere zu schützen (u.a. durch Verschliessen der Rohrenden mittels Kapfen). Die anschliessende Reinigung der entsprechenden Rohrleitung ist ebenfalls von enormer Wichtigkeit und gemäss SVGW-Richtlinien auch erforderlich [SVGW W4, 2004]. Neben einer sorgfältig geplanten Spülung sei eine zusätzliche Desinfektion (z.B. mittels Javellauge) nötig, wenn eine ausreichende Spülung nicht möglich ist oder die Trinkwasser-Toleranzwerte überschritten werden – was allerdings die Durchführung von Wasseranalysen voraussetzt! In der Schweiz wird aber häufig auf Wasserproben bei der Inbetriebnahme von Leitungen verzichtet. Dies ist gemäss SVGW-Empfehlung W1000 sogar zulässig, wenn aus versorgungstechnischen Gründen eine rasche Wiederaufnahme des Versorgungsgebiets notwendig ist, die Verhältnisse dies erlauben und entsprechende Vorsorgemassnahmen getroffen wurden. Klar ist aber, dass die Leitungen grundsätzlich erst dann für den Betrieb freigegeben werden dürfen, wenn die Wasserqualität in diesen Leitungen den Anforderungen entspricht bzw. nicht beeinträchtigt wird [SVGW W1000, 2000]. Dies kann und soll primär mit intensiver Spülung und erst in zweiter Linie mittels Desinfektion erreicht werden. Zudem soll zur Kontrolle eine mikrobiologische Wasseranalyse durchgeführt werden. [Schlicht, 2001]. Nachfolgend wird ein sinnvolles Vorgehen zur Reinigung von neu erstellten (oder sanierten) Leitungsabschnitten aufgezeigt:

Vorgehen zur Leitungsreinigung bei Inbetriebnahme*:

1. Schutz des Leitungsinnen vor groben Verunreinigungen während Bau oder Reparatur der Leitung (Einhaltung der Verlegevorschriften gemäss DIN EN 805 resp. SVGW W4).
2. Intensives Spülen des abgekoppelten Leitungsabschnittes mit Wasser (2 - 3 m/s, 3- bis 5faches Leitungsvolumen) oder Luft/Wasser-Gemisch (v.a. bei Leitungen > DN 150).
3. Mikrobiologische (und chemische) Kontrolluntersuchung durch Probenahme (bei dringenden Reparaturen, bei kurzen Rohrlängen < 30 m und kleinen Anschlussleitungen < DN 80 zumindest Trübungsmessung mittels Membranfiltern durchführen).
4. Desinfektion des abgekoppelten Leitungsabschnittes falls mittels Spülverfahren mikrobiologische Unbedenklichkeit nicht erreicht werden kann (d.h. bei Leitungen DN 200 - 300 oder bei positivem mikrobiologischen Befund).
5. Erstellung Reinigungs- /Desinfektionsprotokoll (bzw. Freigabeprotokoll) und Inbetriebnahme des Leitungsabschnittes.

**gemäss deutschen Bestimmungen [DVGW W291] in Übereinstimmung mit Schweizer Empfehlungen und Richtlinien [SVGW W4 & W1000].*

Strategien für betriebliche Unterhaltsspülungen

Für die betriebliche Netzspülung gibt es in der Schweiz (und auch in Deutschland) keine eigentliche Vorgabe zur Wahl der Spültechnik oder konkrete Empfehlungen zur Spülstrategie. Gemäss einer Erhebung des DVGW führen 90% aller deutschen Wasserversorger Spülungen zum Austrag vorhandener Ablagerungen durch, dabei konzent-

rieren sich die Aufwendungen häufig auf Sofortmassnahmen zur Beschwerdebereinigung und Spülung von Netzendsträngen. Für beide Fälle sind aber gewisse Probleme zu benennen. Bei Bedarfsspülungen nach Braunwassererscheinungen werden häufig mit geringer Spülmenge nur die resuspendierten Trübstoffe ausgetragen. Damit soll eine Aufwirbelung in umliegende Leitungen vermieden werden, womit aber auch der Austrag von vorhandenen Ablagerungen verhindert wird. Im Weiteren wird dabei die Problematik teilweise in andere Bereiche verschoben, die Ursachen bleiben oftmals unbekannt und es ergeben sich erhöhte Kosten durch Einsätze der Bereitschaftsdienste [Richardt, 2009]. Bei Endstrangspülungen bleibt der Reinigungseffekt meist auf den entsprechenden Leitungsstrang beschränkt, da bei dessen Zuflussleitungen die erreichten Fließgeschwindigkeiten für einen weitgehenden Austrag der Ablagerungen wahrscheinlich zu gering sind [Korth, 2010]. Damit werden vermaschte und langsam durchflossene Netzbereiche zu wenig berücksichtigt, obwohl bei ihnen das Ablagerungspotential vergleichbar ist mit demjenigen bei Endsträngen [Korth et. al, 2011].

Netzspülungen können aber durch Anwendung eines geeigneten Spülkonzeptes effektiver gestaltet werden – wichtig ist eine regelmässige und systematische Spülung. Anstatt der Spülvariante ohne Vorgabe einer eindeutigen Fließrichtung sollte die Variante mit klarer Wasserfront bevorzugt werden. Damit ist gemeint, dass mittels Abschieberung ein eindeutiger Fließweg des Spülwassers vorgegeben wird und das Wasser möglichst aus bereits gereinigten Netzabschnitten stammt. Dies hat die Vorteile, dass grössere Fließgeschwindigkeiten erreicht werden können, das Risiko von Braunwasser im umliegenden Netzbereich minimiert wird und für Kunden an der zu spülenden Leitung nur kurzzeitig die Gefahr von Braunwasser besteht [Korth et. al, 2011]. Zudem besteht bei definierten Fließwegen die Möglichkeit, ausgespülte Ablagerungen den Leitungsabschnitten zuordnen zu können [Richardt, 2009].

Die bisherigen Erläuterungen können vereinfachend zu folgenden drei Regeln für eine effektive Unterhaltsspülung zusammengefasst werden:

Tipps für effektive Unterhaltsspülungen*:

- Spülgeschwindigkeit: mind. 1.5 m/s (Wasserspülung) oder Luft/Wasserspülung.
- Spülmenge: ca. 3-faches Leitungsvolumen.
- Spülung mit klarer Wasserfront (d.h. systematisches Vorgehen und eindeutige Fließwege mittels gezielter Abschieberung des Leitungsnetzes).

**gemäss Experimenten und praktischen Erfahrungen [Vreeburg, 2006; Alegre et. al, 2010].*

Modellbasierter Spülplan als praktisches Hilfsmittel

Die praktische Umsetzung der beschriebenen Spülstrategie setzt die Erarbeitung eines Spülplanes voraus, in welchem die einzelnen Spülsektoren, die Entleerungspunkte, die zu schliessenden Schieber sowie die Spülmengen klar definiert sind (siehe Abbildung 6). Dabei sollte eigentlich auch der Abfolge der einzelnen Spülungen Beachtung geschenkt werden. Um die Mobilisierung von Ablagerungen aus vorgelagerten und ungereinigten Abschnitten zu verhindern, ist grundsätzlich ein systematisches Vorgehen beginnend beim Einspeisepunkt bis hin zu den kleineren Versorgungsleitungen sinnvoll. Da dies nicht immer eingehalten werden kann – z.B. weil nur ein einziger

Abschnitt selektiv gespült wird – sollte darauf geachtet werden, dass die Mobilisierungsgeschwindigkeit in den vorgelagerten Netzbereichen nicht erreicht wird [Böhler et. al, 2004].

Als wichtigstes Hilfsmittel bei der Erstellung von solchen Spülplänen dienen heute hydraulische Rechenmodelle des Versorgungsnetzes. Damit können die Strömungsvorgänge während der Spülung transparent gemacht werden. Diese Informationen sind bei der Einteilung von Spülsektoren wichtig, um sowohl die erforderlichen Fließgeschwindigkeiten als auch die Einhaltung weiterer Betriebsbedingungen (z.B. Netzdruck, Verhältnisse im umliegenden Netzbereich, etc.) zu garantieren.

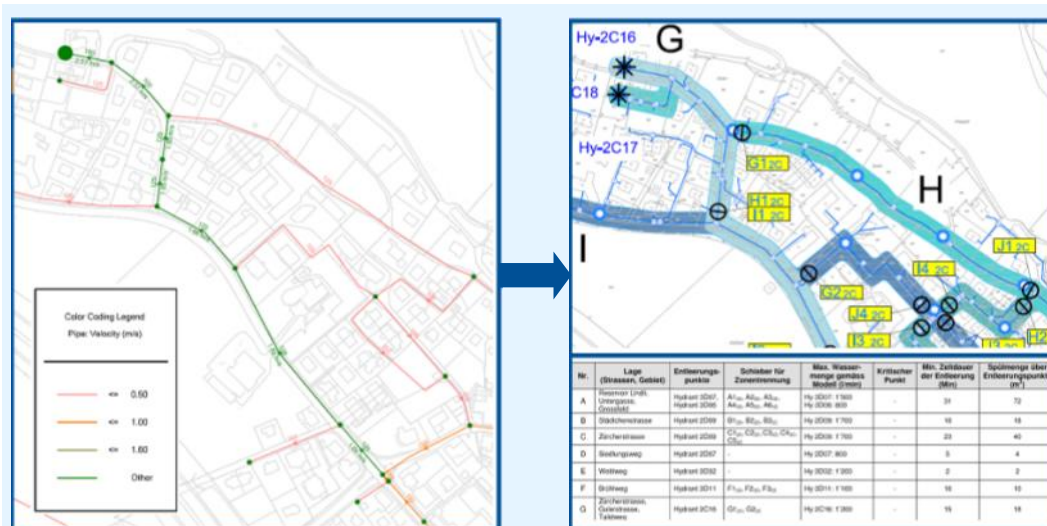


Abb. 6: Ausschnitt aus hydraulischem Modell mit farblich markierten Fließgeschwindigkeiten (links) und der darauf basierende Spülplan inkl. Angaben zur Spülung mit „klarer Wasserfront“ (rechts).

Aktuelle Forschung zur Netzspülung

Bezüglich Spülstrategie geht zum Beispiel das DVGW-Technologiezentrum Wasser (TWZ) im Rahmen von Forschungsarbeiten noch einen Schritt weiter. In dessen Konzept werden zusätzlich Spülintervalle (in Jahren) aufgrund von Informationen zur Bildungsgeschwindigkeit von Ablagerungen definiert. Damit soll der Aufwand minimiert werden, d.h. es werden nur Leitungen gespült, welche aufgrund der abgeschätzten Ablagerungssituation als „spülwürdig“ eingestuft werden. Nebst dem Einsatz des entsprechenden Computermodells setzt diese Methode aber auch spezifische Untersuchungen zur Ablagerungssituation im Netz voraus [Richardt, 2009].

Im aktuellen Forschungsvorhaben des TWZ werden verschiedenen Spülverfahren und Strategien detailliert untersucht und bewertet. Im Ergebnis soll für die Wasserversorgungsunternehmen eine Entscheidungshilfe zur Bestimmung der geeigneten Vorgehensweise entwickelt werden [Korth et. al, 2011].

Schlussgedanke

Nebst der Anwendung optimierter Spülkonzepte könnte eine längerfristige Verringerung des Spülaufwandes theoretisch auch durch Anpassung von Leitungsmaterialien (d.h. möglichst keine ungeschützten Eisenwerkstoffe), Leitungsdimensionen (d.h. möglichst klein) und Netzauslegungen (d.h. möglichst wenig Ringschlüsse) erzielt werden. Allerdings ist bei der Planung eines Wasserversorgungssystems nicht die Minimierung des Spülaufwandes,

sondern in erster Linie die Erfüllung der hydraulischen Anforderungen massgebend. Nicht nur die in den letzten drei Jahrzehnten festgestellte Tendenz eines sinkenden Wasserverbrauchs bzw. die nicht Bewahrheitung prognostizierter Verbrauchsentwicklungen, sondern insbesondere auch die Ansprüche an eine ausreichende Löschwasserversorgung sind Gründe für teilweise überdimensionierte und schlecht durchflossene Leitungsnetze mit entsprechend erhöhtem Ablagerungspotential. Verständlicherweise werden in der Planungspraxis Stagnationen eher in Kauf genommen als Kompromisse bei der Löschwasserversorgung und die Gefahr, dass eine neue Leitung schon nach wenigen Jahren nicht mehr der Verbrauchssituation genügen könnte.

Eine Änderung der Planungsphilosophie wäre aber gar nicht mal so abwegig, wie das Beispiel *Niederlanden* zeigt: Dort wurde vor einigen Jahren ein neues Planungskriterium eingeführt, welches das Erreichen einer minimalen Fließgeschwindigkeit während dem Tagesspitzenverbrauch beinhaltet. Gut durchflossene Leitungsnetze mit Fließgeschwindigkeiten von mindestens 0.4 m/s sollen die Entstehung von Ablagerungen möglichst verhindern – ganz im Sinne eines „selbstreinigenden“ Systems [Vreeburg, 2006]. Die Erfüllung dieses Kriteriums ist aber nur erreichbar, weil gleichzeitig die Richtlinien für die Löschwasserversorgung überarbeitet und an die aktuellen Löschrouten und Bauvorschriften angepasst wurden. Die Anforderungen konnten teilweise so reduziert werden, dass heute die Nebenleitungen neuer Verteilnetze deutlich geringer dimensioniert und verästelt statt vermascht ausgelegt werden.

Solche Netzoptimierungen sind dank den heutigen Möglichkeiten zur hydraulischen Modellierung von Wasserversorgungssystemen möglich, weil ganze Leitungsnetze und nicht bloss einzelne Leitungstränge berücksichtigt werden. Die Auslegung und Dimensionierung von Leitungsnetzen soll sowohl von den Verantwortlichen der Wasserversorgungen als auch von deren Beratern und Planern als wichtige Aufgabe verstanden werden. Denn unterdimensionierte Netze können während einem Brandfall – abgesehen von löschtechnischen Problemen – zum Beispiel auch zum Einsaugen von Schmutzwasser führen und so die Wasserqualität gefährden. Überdimensionierte Systeme führen zu mehr Ablagerungen und sind nicht zuletzt auch ein unnötiger Kostenfaktor. Solange die Trinkwassernetze auch als Brauch- und Löschwassersysteme fungieren, ist dieses Dilemma nicht wegzudenken; umso grösser ist die Bedeutung für das hydraulische Verständnis unserer Leitungssysteme.

Quellenverweis

- *E. Böhler, J. Tränckner, D. Hofmann (2004); Entwicklung von Methoden zur Selektion effizienter Spülregime für unterbelastete Sektoren in bestehenden Wasserversorgungsnetzen zur Vermeidung der Rostwasserbildung, Abschlussbericht, BMBF, 02 WT 0077*
- *DVGW W291 (2000); Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen, Technische Regel - Arbeitsblatt, Bonn.*
- *EDI (2005); Verordnung des EDI über Trink- Quell- und Mineralwasser, 23. Nov. 2005, (817.022.102).*
- *H. G. Hammann (2004); Spülen von Trinkwasserrohren unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten, energie/wasser-praxis, 11/2004.*
- *A. Korth (2010); Neue Erkenntnisse zur Güteveränderung bei der Trinkwasserverteilung, Tagungsbroschüre „Wasser 2010“ 13. LIPPUNER-Seminar.*

-
- A. Korth, O. Donath, B. Wricke (2011); *Spülverfahren und Spülstrategien für Trinkwasserverteilungssysteme – Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen*, Kongressdokumentation, Wat+ Wasser Berlin International 2011.
 - S. Richardt, A. Korth, B. Wricke (2009); *Präventive Qualitätsverbesserung bei der Trinkwasserverteilung mit Hilfe optimierter Spülkonzepte*, energie/wasser-praxis, 3/2009.
 - H. Schlicht (2001); *Reinigung und Desinfektion von Rohrleitungen*, Intensivschulung Reinigung und Desinfektion von Wasserverteilungsanlagen, Neufassung W 291, Nürtingen b. Stuttgart.
 - SVGW W1000 (2000); *Empfehlungen für die Reinigung und Desinfektion von Trinkwasserleitungen*, Zürich.
 - SVGW W4 (2004); *Richtlinien für Planung, Projektierung sowie Bau, Betrieb und Unterhalt von Trinkwasserversorgungssystemen ausserhalb von Gebäuden*, Zürich.
 - J.H.G. Vreeburg, J.B. Boxall (2006); *Discolouration in potable water distribution systems: A review*, Water Research 41 (2007), 519 - 529.
 - J.H.G. Vreeburg (2007); *Discolouration in drinking water systems: a particular approach*, Dissertation, Delft University of Technology.
 - B. Wricke, L. Henning, A. Korth, J.H.G. Vreeburg, P. Schaap, S. Osterhus, T. Juhna, F. Hammes, S. Coelho (2007); *Particles in relation to water quality deterioration and problems in the network – State-of-the-Art review*, Technea, D 5.5.1 + D 5.5.2.
 - H. Alegre, R. Pitchers, S. Saegrov, J. Vreeburg, S. Bruaset, J. Rostum (2010); *Water quality-driven operation and maintenance of drinking water networks. Best Management Practice*. Technea, D 5.6.7.