



# WASSERROHRNETZE

## QUALITÄTSBEEINTRÄCHTIGUNGEN IM NETZ DURCH STAGNATION

Das Thema Planung, Bau und Betrieb von Wasserrohrnetzen unter dem Blickwinkel der Vermeidung von Rostwasserbildung und Aufkeimungserscheinungen wird oft mit dem Schlagwort «Stagnation» in Verbindung gebracht. Stagnation (von lat. *stagnatio*) bedeutet im allgemeinen Sprachgebrauch, dass eine bestimmte Variable kein Wachstum erfährt. In der Wasserversorgung spricht man über Stagnationswasser, wenn Wasser auf dem Transportweg bis zur Entnahmestelle zum Stillstand gekommen ist. Um Wasser mit gleichbleibender Qualität zu verteilen, ist es besonders wichtig, Stagnation zu vermeiden oder zu minimieren.

*Esad Osmancevic\*, RBS wave GmbH*

### RÉSUMÉ

#### RÉSEAUX DE CONDUITES D'EAU: PROBLÈMES DE QUALITÉ LIÉS À LA STAGNATION

Le besoin de pointe est un élément décisif pour le dimensionnement des réseaux de conduites d'eau. Le besoin de pointe ne correspond toutefois presque jamais besoin moyen sur une année. Pour cette raison, il existe des réseaux de conduites qui ne sont pas utilisés à 100% de leurs capacités pendant plus de 340 jours par an. En résultent des phénomènes de stagnation dans les conduites du réseau. En présence d'eau stagnante, un biofilm se forme dans le réseau en raison de processus chimiques, physiques et microbiologiques. Si les conditions de service étaient stables, ce biofilm serait également stable dans les réseaux de conduites d'eau. Les conditions de service dans les réseaux de conduite étant toutefois instables en raison des variations de la consommation d'eau, il arrive souvent que de l'eau altérée (coloration, goût, odeur) parvienne au point de prélèvement du consommateur. En revanche, les germes qui s'accumulent et se reproduisent dans le biofilm ne cheminent que très rarement jusqu'au point d'eau chez le consommateur.

L'eau peut stagner dans les réseaux de conduites d'eau et/ou au niveau de l'installation domestique. Des exemples tirés de la pratique ont montré que les altérations affectant les sens surviennent plus souvent au niveau des installations domestiques, que dans les réseaux de conduites. En raison des conditions de service cadre ins-

### EINLEITUNG

Trinkwasser muss besonderen Anforderungen genügen, damit keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen beim Verbraucher verursacht werden. Die zur Überwachung erforderlichen Untersuchungsparameter sind in Deutschland in den Gesetzen und in der Trinkwasserverordnung [1] festgelegt. Neben einer ordnungsgemässen Aufbereitung und Desinfektion muss vor allem ausgeschlossen werden, dass die Qualität des Trinkwassers auf dem Transportweg beeinträchtigt wird. Eine der möglichen Ursachen für solche Beeinträchtigungen sind lange Verweilzeiten in den Leitungen. Die in Deutschland aktuelle Trinkwasserverordnung [1] trägt dieser Problematik Rechnung, indem zusätzlich zu den bisherigen Kontrollen in den Wasserwerken und Hochbehältern auch die Beprobung des Trinkwassers im Wasserrohrnetz und an Zapfhähnen gefordert wird.

In den letzten Jahren war der Wasserverbrauch fast überall rückläufig. Rostprobleme und Verkeimungen sind deshalb bei vielen Versorgern verstärkt aufgetreten. Aufgrund komplexer Wechselwirkungen lässt sich das Auftreten von Rostwasser jedoch nicht immer eindeutig bestimmten Ursachen zuordnen, was die Auswahl geeigneter Gegenmassnahmen erschwert. Mögliche Ursachen für Rostwasserbildung sind langen Stagnationszeiten

\* Kontakt: [e.osmancevic@rbs-wave.de](mailto:e.osmancevic@rbs-wave.de)

und extrem niedrige Fließgeschwindigkeiten (wesentlich kleiner als 0,005 m/s). Dadurch ist die Schutzwirkung von Deckschichten gegenüber einem primären Korrosionsangriff deutlich geringer. Ausserdem enthalten solche Deckschichten in verstärktem Masse chemisch instabile Korrosionsprodukte, die bei Sauerstoffmangel leicht reduzierbar und damit im Stagnationsbetrieb eine entscheidende Voraussetzung für Rostwasserbildung sind. Deshalb ist ein regelmässiger Ausstrag (Wasserspülung mit erhöhter Fließgeschwindigkeit) der gebildeten losen Ablagerungen sinnvoll bzw. in vielen Fällen erforderlich.

## ANFORDERUNGEN AN DIE WASSERVERTEILUNG

Grundsatz und Ziel des Betriebs der Wasserversorgungsanlagen ist die Bereitstellung von Trinkwasser an jeder Stelle des Versorgungsgebietes in ausreichender Menge, mit ausreichendem Druck, in hygienisch einwandfreier Qualität und möglichst störungsfrei. Diese Anforderungen sollten bei minimal möglichen Kosten erfüllt werden.

Nach § 4 der deutschen Trinkwasserverordnung muss das Trinkwasser so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn bei der Wassergewinnung, Wasseraufbereitung, Wasserförderung, Wasserspeicherung und der Wasserverteilung mindestens die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden und das Trinkwasser den mikrobiologischen und chemischen Anforderungen entspricht [1]. Als Grundlage für Planung, Bau und Betrieb von Wasserrohrnetzen müssen Zielvorgaben, u.a. die Vermeidung einer nachteiligen Beeinflussung des Trinkwassers durch Stagnation, formuliert werden.

Die Fließgeschwindigkeit in Rohrleitungen wirkt sich nicht nur auf die Wirtschaftlichkeit einer Versorgungsanlage aus, sie hat auch grossen Einfluss auf die Wasserqualität. Geringe Fließgeschwindigkeiten in den Leitungen haben lange Verweilzeiten zur Folge. Hier ist auf einen ausreichenden Wasseraustausch aus hygienischen Gründen (Wassertrübung, Verkeimung) zu achten. Um die möglichen Folgen einer Stagnation des Trinkwassers bezüglich

- Trübung und Verfärbung
- Geschmacksbeeinträchtigung
- Ablagerung und
- Verkeimung

zu vermeiden, sollten in Wasserrohrnetzen die Fließgeschwindigkeiten bei einem mittleren Stundendurchfluss (Durchfluss bei mittlerem Stundenbedarf) den Wert von  $0,005 \text{ m/s} = 18 \text{ m/h} = 432 \text{ m/d}$  gemäss DVGW-Arbeitsblatt W 400/1 [2] nicht unterschreiten. Auf der anderen Seite führen hohe Fließgeschwindigkeiten zu erheblichen Druckverlusten. Grosse Geschwindigkeitsänderungen verursachen hohe dynamische Druckänderungen und gegebenenfalls auch Wassertrübungen durch Aufwirbelungen.

## EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE WASSERQUALITÄT

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Einflussfaktoren auf die Rohwasserqualität:

- natürliche Faktoren (Klima, Boden, Gestein, Bewuchs etc.)
- anthropogene Faktoren (Landwirtschaft, Industrie, Besiedelung, Freizeit, Erholung, Wasserkraft etc.)

Ausserdem ist die Wasserqualität in einem Versorgungssystem auch abhängig von den Betriebsrahmenbedingungen wie den Strömungsverhältnissen im Netz. Die Wasserwerke speisen zwar Wasser in gleichbleibend guter Qualität ins Netz ein, aber infolge der Strömungsverhält-

nisse und des Zustands der Versorgungsleitungen wie auch der Leitungen und Armaturen der Hausinstallationen kann sich die Trinkwasserqualität während der Verteilung verschlechtern.

Leitungen mit stehendem Wasser bieten Keimen ideale Rahmenbedingungen fürs Überleben und für ihre Vermehrung. Ferner begünstigen sie Ablagerungsprozesse für Partikel. In Wasserrohrnetzen können die vorhandenen Ablagerungen (z.B. leicht mobilisierbare Ablagerungen aus Eisen- und Manganverbindungen, Belag aus Eisenkorrosionsprodukten) aus externen sowie aus internen Quellen stammen (Fig. 1). Als externe Quelle sind der Eintrag von Stoffen und Partikeln mit dem Wasser über die Wassergewinnung und Wasseraufbereitung sowie der Eintrag von Verunreinigungen bei Havarien, Bau- und Reparaturmassnahmen zu nennen. Als interne Quelle gilt z.B. die Korrosion in ungeschützten metallischen Leitungen [3]. Die Ablagerungen in Wasserrohrnetzen bilden sich in Form von losen Partikelansammlungen oder haftenden Belägen durch komplexe Sedimentations- und Adsorptionsprozesse. Voraussetzung für diese Prozesse sind in erster Linie geringe Fließgeschwindigkeiten mit laminaren Strömungen in den Leitungen.

## URSACHEN DER STAGNATION

In öffentlichen und privaten Installationen stagniert Wasser in Leitungssträngen von Gebäuden und Räumen, die vorwiegend leer stehen oder selten genutzt

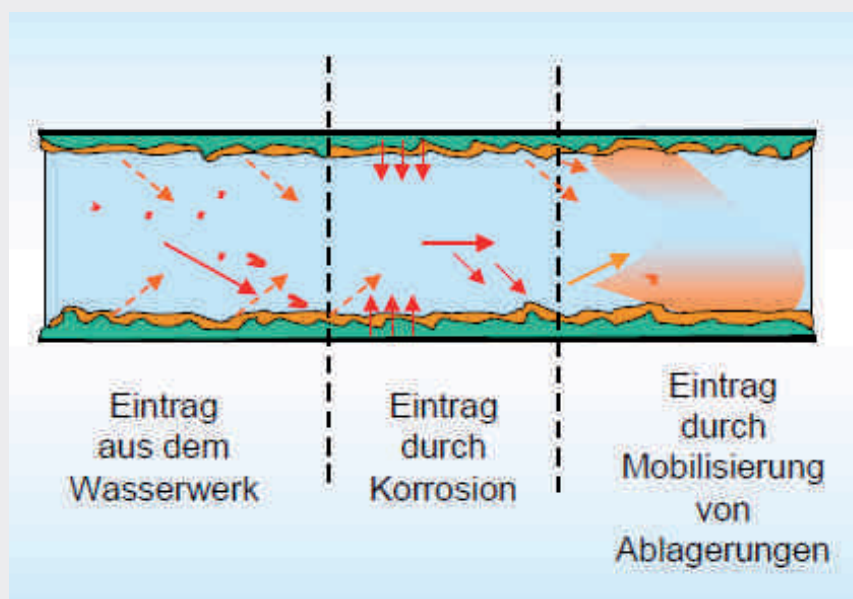


Fig. 1 Quellen für Ablagerungen in Wasserrohrnetzen

Sources de dépôts dans les réseaux de tuyaux d'eau

(Quelle: TZW Dresden)

werden. Von unterschiedlichen Stagnationszeiten sind besonders Saisonhotels, Schulen, Kindergärten, Sporthallen sowie Vereinsheime betroffen.

Stagnationswasser tritt jedoch auch aufgrund von überdimensionierten bzw. nicht ausreichend ausgelasteten Leitungen bei sinkenden Wasserverbräuchen sowie langen Verweilzeiten in Wasserrohrnetzen auf. Folgende Leitungsanordnungen sind besonders anfällig für Stagnation:

- Endleitungen
- Stichleitungen zu Hydranten
- nicht getrennte Leitungen für spätere Netzerweiterungen
- Abschnitte mit dauernd niedrigem Durchfluss
- Überdimensionierung der Rohrleitung für Löschwasserbereitstellung oder für andere nur fallweise auftretende Zwecke
- vorab verlegte Anschlussleitungen zu baureifen Grundstücken
- ungenutzte oder wenig genutzte Anschlussleitungen

Ursachen für die Stagnation in vorhandenen Wasserrohrnetzen sind:

- rückläufige Wasserverbräuche
- Schwankungen des Wasserverbrauchs
- Netzstrukturen

#### RÜCKLÄUFIGER WASSERVERBRAUCH

In vielen europäischen Ländern konnte in den letzten Jahren ein Rückgang des Wasserverbrauchs beobachtet werden. Gründe hierfür sind:

- sinkender Pro-Kopf-Bedarf (vgl. Fig. 2)
- Rückgang der Einwohnerzahl
- sinkender Industrieverbrauch

Der Trinkwasserverbrauch ist in Deutschland von einem durchschnittlichen Pro-Kopf-Bedarf von 147 l/(E·d) im Jahr 1990 auf aktuell 122 l/(E·d) gesunken. Es muss zudem davon ausgegangen werden, dass sich in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts die Ingenieur- und Planungsbüros bei der Dimensionie-

rung des Wasserrohrnetzes auf die damals aktuellen Prognosen abstützten. Das bedeutet, dass in dieser Zeit Wasserrohrnetze für einen Pro-Kopf-Bedarf von etwa 200 l/(E·d) ausgelegt wurden, um auch im Jahr 2000 noch Trinkwasser in ausreichender Menge zur Verfügung stellen zu können. Entsprechend sind aufgrund des Verbrauchrückgangs die Rohrleitungen heute oft überdimensioniert.

#### SCHWANKUNGEN DES WASSERVERBRAUCHS

Die Bemessung von Wasserrohrnetzen erfolgt gemäss den unterschiedlichen Betriebszuständen. Im Regelfall sind kurzzeitige Stundenspitzenbelastungen massgebend. Da jeder Wasserverbraucher in der Regel nur kurzzeitig und stossweise Wasser entnimmt, hängt der Spitzenverbrauch eines Versorgungsgebietes sehr stark von der Anzahl der dort versorgten Verbraucher ab. Die Gleichzeitigkeit der Entnahmen ist die entscheidende Grösse für die Höhe des Wasserverbrauchs.

Der maximale Spitzenbedarf lässt sich anhand von Spitzenfaktoren (Fig. 3) ermitteln. Für den maximalen Stundenbedarf  $Q_{hmax}$  gilt:  $Q_{hmax} = f_h \times Q_{hm}$  (mit  $f_h$  = Stundenspitzenfaktor und  $Q_{hm}$  = mittlerer Stundenbedarf). Eine Stundenspitzenabnahme aus dem Wasserrohrnetz erfolgt kurzzeitig und insgesamt nur während ein paar Stunden im Jahr, ist aber (wie in Fig. 3 gezeigt) massgebend für die Auslegung des Wasserrohrnetzes. Der Tagesspitzenverbrauch wird an mehreren Tagen im Jahr (ca. 20 Tage) erreicht, der durchschnittliche Tagesverbrauch an rund 340 Tagen im Jahr (Fig. 3).

Beispielsweise ist bei einer kleinen Gemeinde mit ca. 8000 Einwohnern das Wasserrohrnetz mit einem Stundenspitzenfaktor von  $f_h = 4,0$  ausgelegt (vgl. Fig. 3). Wird nun mit einer normalen Belastung (durchschnittlicher Tagesverbrauch) des Netzes an ca. 340 Tagen im Jahr gerechnet, so zeigt sich, dass das Netz in diesem Fall nur zu 25% ausgelastet ist. Diese niedrige Auslastung hat geringe Fliessgeschwindigkeiten im Netz zur Folge.

Besondere Beachtung sollte den Leitungen mit einer Fliessgeschwindigkeit kleiner als 0,005 m/s und mit Verweilzeiten von



Fig. 2 Entwicklung des Wasserverbrauchs in Deutschland  
Évolution de la consommation d'eau en Allemagne

(Quelle: BDEW – Wasserstatistik)

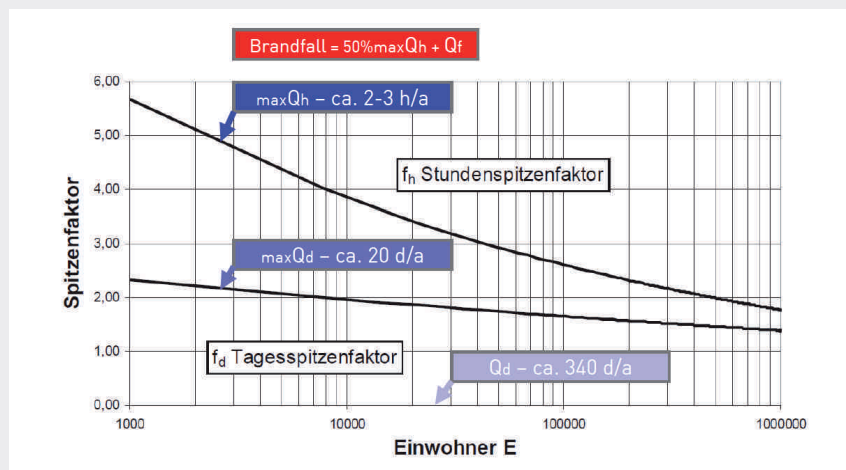


Fig. 3 Spitzenfaktoren in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl (aus DVGW-Arbeitsblatt W 410, [4])  
Facteurs de pointe en fonction du nombre d'habitants (fiche technique DVGW W 410, [4])

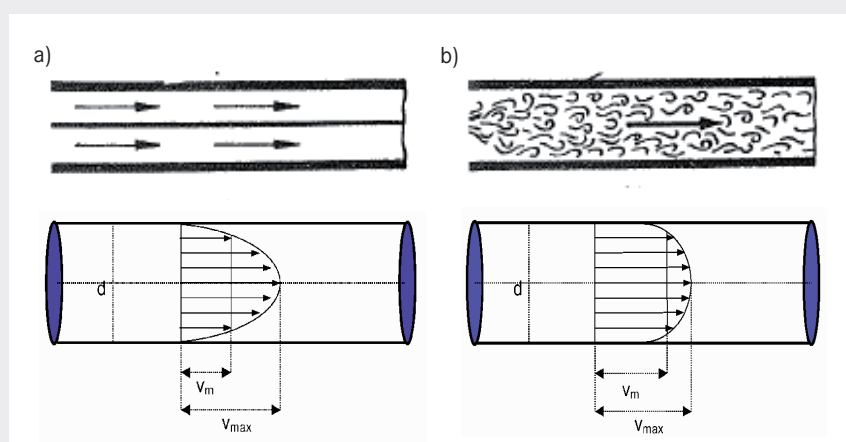


Fig. 4 Schematische Darstellung der laminaren (a) und turbulenten (b) Strömung in einem Rohr sowie der dabei auftretenden Geschwindigkeitsverteilung  
Représentation schématisée du flux laminaire (a) et turbulent (b) dans un tuyau, ainsi que répartition de la vitesse correspondante

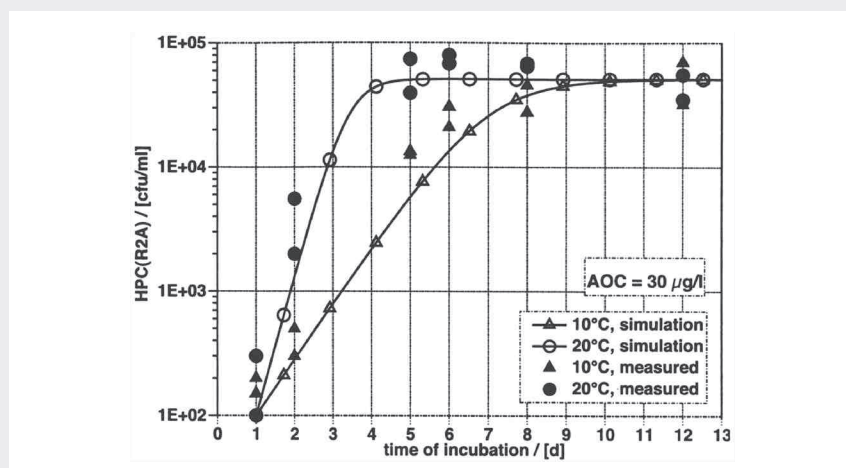


Fig. 5 Einfluss der Temperatur auf bakterielles Wachstum [5]. Bestimmt wurde der Heterotrophic Plate Count auf R2 Agar (HPC/R2A) in Trinkwasserproben bei Inkubation über 13 Tage bei 10 °C und 20 °C. Dargestellt sind gemessene HPC-Konzentrationen (gefüllte Symbole) und dynamische Simulationen (Linien mit den umrandeten Symbolen)

Influence de la température sur la croissance bactérienne [5]. La méthode de dénombrement hétérotrophique sur plaque R2A (HPC/R2A) a été utilisée pour la mesure d'échantillons d'eau potable avec une incubation de 13 jours à 10 °C et 20 °C. Sont représentées les concentrations HPC (symboles pleins) et les simulations dynamiques (symboles encadrés)

über einem Tag geschenkt werden [2]. Die im Normalbetrieb vorliegende laminare Kernströmung kann nicht verhindern, dass sich Wasserinhaltsstoffe als Sediment ablagern (Fig. 4). Selbst lockere Sedimente verfestigen sich über die Jahre zu einem äusserst harten Belag. Die laminare Strömung ist eine turbulenzlose Strömung eines Fluids in einer Leitung, bei der sich alle strömenden Teilchen parallel in Strömungsrichtung, d.h. in Schichten ohne Vermischung, bewegen. Die Strömungsgeschwindigkeit ist in der Rohrmitte am höchsten und fällt zur Rohrwandung auf null ab (Fig. 4). Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit bei laminarer Strömung beträgt ca. 50% der maximalen Fließgeschwindigkeit der Stromlinie in der Rohrmitte.

Diese Strömungsverhältnisse verursachen zudem oft eine Erhöhung der Wassertemperatur in den Leitungen. In Figur 5 sind die bei Temperaturen von 10 °C bzw. 20 °C gemessenen Keimkonzentrationen und die daraus abgeleitete Wachstumskurve (Simulation) in Abhängigkeit der Zeit dargestellt. Man erkennt den deutlich steileren Gradienten der 20 °C-Kurve im Vergleich zur 10 °C-Kurve (logarithmische Darstellung). Zum Beispiel bewirkt eine Verdoppelung der Temperatur die Zunahme der Keimzahl nach drei Tagen um das ca. Vierfache. Die grösstmögliche Keimzahl tritt bei 20 °C bereits nach vier Tagen, bei 10 °C dagegen erst nach neun bis zehn Tagen auf.

## NETZSTRUKTUREN

Als weiterer Punkt müssen die Strömungsrichtungen im Wasserrohrnetz (verästelt, vermascht oder Kombination) berücksichtigt werden. In Leitungen mit Anströmung von zwei Seiten, vor allem in Ringleitungen, die an Stichleitungen angeschlossen sind, bilden sich Bereiche ohne ausreichenden Wasseraustausch (sogenannte Pendelleitungen mit «stehendem» Wasser; vgl. Fig. 6). Diese Bereiche können sich je nach Betriebssituation und Verbraucherverhalten verschieben oder nur bei bestimmten Betriebssituationen auftreten.

Die Anströmung wird berücksichtigt, indem die Verhältnisse in derselben Leitung bei verschiedenen Betriebssituationen verglichen werden. Auf diese Weise können kritische Bereiche festgestellt werden. Leitungen, die sich nur in jeweils einer Betriebssituation als kritisch erweisen, werden aufgrund des täglichen

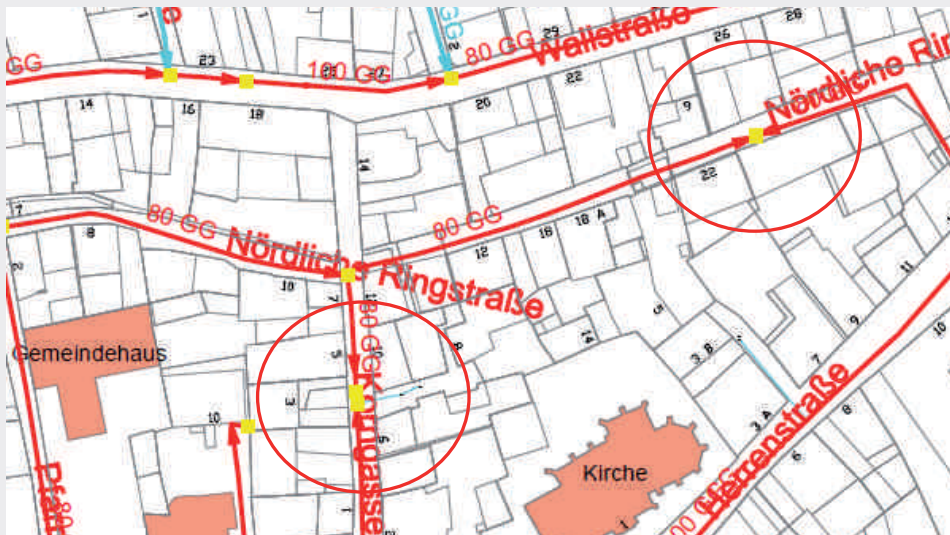


Fig. 6 Bereiche mit Pendelleitungen und «stehendem» Wasser

Secteurs avec conduites suspendues et eau «stagnante»

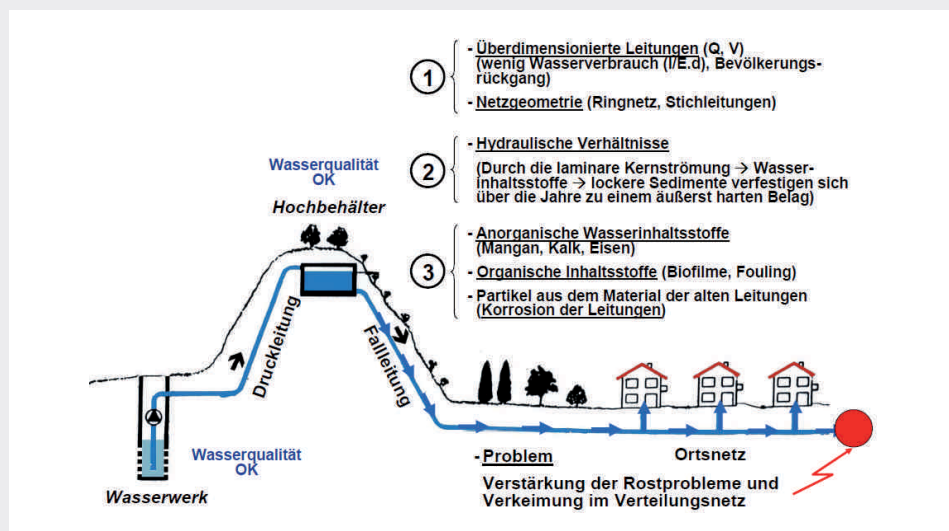


Fig. 7 Faktoren, die die Stagnation und die Wasserqualität in Rohrnetzen beeinflussen

Facteurs ayant une influence sur la stagnation et la qualité de l'eau dans les réseaux de conduites



Fig. 8 Vorgehensweise bei einer Rohrnetzanalyse und -berechnung

Procédure d'analyse d'un réseau de conduites et de calcul

Wechsels zwischen Pumpbetrieb und Versorgung über den Hochbehälter nicht als kritisch erachtet.

Die beschriebenen Ursache der Stagnation in Wasserrohrnetzen wie auch die Einflussfaktoren auf die Wasserqualität während der Verteilung sind in *Figur 7* zusammengefasst.

## ERMITTLUNG DER STAGNATION

Zur Untersuchung der komplexen Zusammenhänge zwischen Systemkonfiguration, Wasser- und Löschwasserbedarf, Druck, Durchfluss, Fließgeschwindigkeit, Verweilzeiten und Strömungsrichtungen innerhalb eines Rohrnetzes muss eine Rohrnetzanalyse und -berechnung durchgeführt werden. Vor der Durchführung einer Rohrnetzanalyse und -berechnung sind die Zielsetzungen klar zu definieren (*Fig. 8*). Dabei gilt grundsätzlich:

- Das erstellte Rechnernetzmodell sollte an die Realität angepasst werden (Kalibrierung des Rechnernetzmodells mit Ermittlung der tatsächlichen Rauheiten).
- Die Wasserverbräuche sollten genau (nach Abnehmerkoordinaten) zugeordnet werden.
- Alle relevanten Systemzustände unter Berücksichtigung von hohen (Stunden Spitzenverbrauch), durchschnittlichen (Tagesverbrauch) und niedrigen (Winterverbrauch) Netzbelastungen sollten simuliert werden.

Bei Simulation der Strömungsverhältnisse im Wasserrohrnetz für unterschiedliche Netzbelastungen (Verbräuche) ist es besonders wichtig, jede Leitung einzeln zu überprüfen. So ergab beispielsweise die Simulation der Strömungsverhältnisse im normalen Tagesbetrieb in einer kleinen Hochzone (Netzlänge ca. 8 km) für den durchschnittlichen Tagesverbrauch von etwa 166 m<sup>3</sup>/d (Netzvolumen 62,8 m<sup>3</sup>) Folgendes (*Tab. 1*):

- Die Fließgeschwindigkeit in den Leitungen beträgt zwischen 0,0001 und 0,08 m/s.
- In 15 Leitungsabschnitten liegen die Verweilzeiten über einem Tag.
- In sieben Leitungsabschnitten liegen die Verweilzeiten über drei Tage.

Ausserdem ist es erforderlich, alle relevanten Systemzustände (Beispiel: Einspeisung ins Netz aus dem Hochbehälter oder Einspeisung aus dem Wasserwerk

| Strasse            | Innen Ø | Länge | Volumen | Flussmenge | Flussmenge pro Tag | Verweildauer | Fliessgeschwindigkeit |
|--------------------|---------|-------|---------|------------|--------------------|--------------|-----------------------|
| [–]                | [mm]    | [m]   | [m³]    | [l/s]      | [m³/Tag]           | [d]          | [m/s]                 |
| (1)                | (2)     | (3)   | (4)     | (5)        | (6)                | (7)          | (8)                   |
| Beim Birnbäumle    | 100     | 40,5  | 0,318   | 0,0022     | 0,192              | 1,657        | 0,0003                |
| Beim Birnbäumle    | 100     | 25,7  | 0,202   | 0,0017     | 0,144              | 1,402        | 0,0002                |
| Schönenbergstrasse | 150     | 118,4 | 2,092   | 0,0031     | 0,264              | 7,925        | 0,0002                |
| Thennenbühlstrasse | 100     | 63,6  | 0,500   | 0,0028     | 0,24               | 2,081        | 0,0004                |
| Thennenbühlstrasse | 100     | 67,3  | 0,529   | 0,0006     | 0,048              | 11,012       | 0,0001                |
| Thennenbühlstrasse | 100     | 67    | 0,526   | 0,0019     | 0,168              | 3,132        | 0,0002                |
| Wachtfelsenstrasse | 100     | 5,2   | 0,041   | 0,0003     | 0,024              | 1,702        | 0,0001                |
| Wachtfelsenstrasse | 50      | 31,3  | 0,061   | 0,0006     | 0,048              | 1,280        | 0,0003                |
| Wachtfelsenstrasse | 50      | 31,1  | 0,061   | 0,0003     | 0,024              | 2,544        | 0,0001                |
| Wachtfelsenstrasse | 100     | 5,6   | 0,044   | 0,0003     | 0,024              | 1,833        | 0,0001                |
| Burghaldenstrasse  | 100     | 142,7 | 1,121   | 0,0103     | 0,888              | 1,262        | 0,0013                |
| Härtlestrasse      | 125     | 24,6  | 0,302   | 0,0006     | 0,048              | 6,289        | 0,0001                |
| Härtlestrasse      | 125     | 39,2  | 0,481   | 0,0006     | 0,048              | 10,022       | 0,0001                |
| Schillerstrasse    | 80      | 59    | 0,297   | 0,0025     | 0,216              | 1,373        | 0,0005                |
| Hölestrasse        | 125     | 40,5  | 0,497   | 0,0008     | 0,072              | 6,903        | 0,0001                |
| Hölderlinstrasse   | 100     | 59,8  | 0,470   | 0,0047     | 0,408              | 1,151        | 0,0006                |
| Mittlere Gasse     | 100     | 38,8  | 0,305   | 0,0014     | 0,12               | 2,539        | 0,0002                |
| Fattengasse        | 100     | 64,7  | 0,508   | 0,0039     | 0,336              | 1,512        | 0,0005                |
| Neue Schmiedegasse | 100     | 57,9  | 0,455   | 0,0039     | 0,336              | 1,353        | 0,0005                |
| Steinstrasse       | 100     | 40,8  | 0,320   | 0,0028     | 0,24               | 1,335        | 0,0004                |
| Schönenbergstrasse | 150     | 62,8  | 1,110   | 0,0031     | 0,264              | 4,204        | 0,0002                |
| Kurze Strasse      | 100     | 7,3   | 0,057   | 0,0006     | 0,048              | 1,194        | 0,0001                |

Tab. 1 Ergebnisse der Simulation eines kleinen Netzes: Leitungen mit Verweildauern von 1 bis 3 Tagen und über 3 Tage

Résultats d'une simulation sur un petit réseau: conduites avec temps de stagnation de 1 à 3 jours et de plus de 3 jours

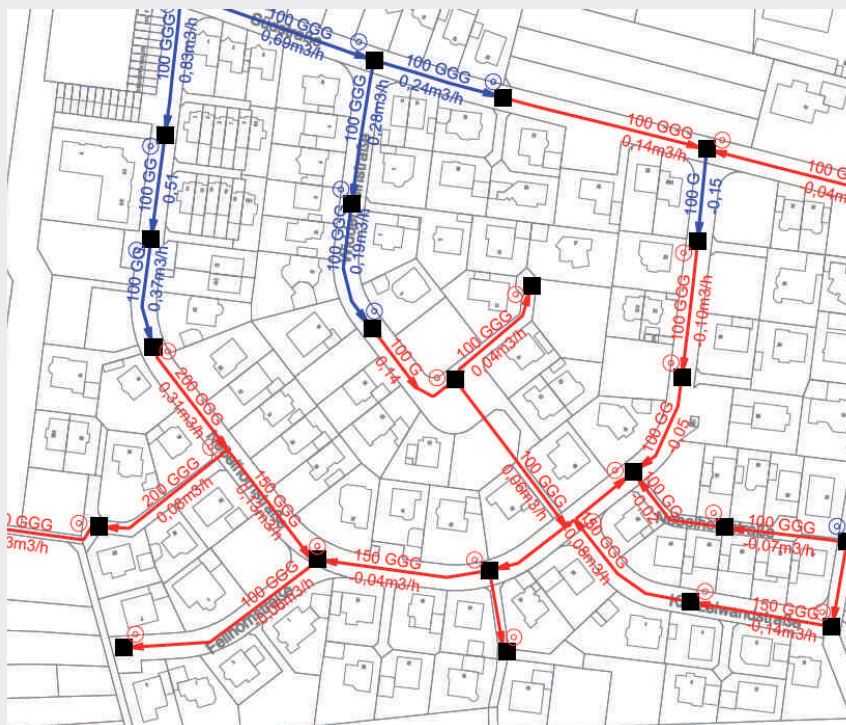


Fig. 9 Ergebnisse einer Stagnationsberechnung: Leitungen (rot) sind anfällig für Stagnation ( $v < 0,005 \text{ m/s}$ )

Résultats d'un calcul de stagnation: conduites (rouge) sujettes à stagnation ( $v < 0,005 \text{ m/s}$ )

ins Netz mit Befüllung des Gegenhochbehälters) unter Berücksichtigung hoher (Stundenspitzenverbrauch), durchschnittlicher (Tagesverbrauch) und niedriger (Winterverbrauch) Netzbelastungen zu simulieren und so zu ermitteln, welche Leitungsabschnitte bei welchen Netzbelastungen betroffen sind. Es ist empfehlenswert, Leitungsabschnitte unter ständiger Stagnation (Stagnation bei allen Netzbelastungen gemäss Simulation) regelmässig zu spülen (Fig. 9).

## VERMEIDUNG DER STAGNATION

Damit die Wasserqualität zwischen Wassergewinnung und -entnahme gleich bleibt, ist es erforderlich, auf dem Transportweg (Wasserversorgungssystem bzw. -rohrnetz ebenso wie im Bereich der Hausinstallation) eine Stagnation zu vermeiden oder zu vermindern. Auch die Beseitigung von Ablagerungen aus dem Netz ist eine wesentliche Massnahme zur Sicherstellung der Wasserqualität. Zur Entfernung von Ablagerungen finden ver-

| Dauer der Abwesenheit           | Massnahme zu Beginn der Abwesenheit                                                                                                                                                                                                                   | Massnahmen bei Rückkehr (Ende der Abwesenheit)                                                                                                                                                            |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 und mehr Stunden, bis 2 Tage  | keine                                                                                                                                                                                                                                                 | Stagnationswasser ablaufen lassen                                                                                                                                                                         |
| Mehrere Tage bis mehrere Wochen | <b>Wohnungen:</b><br>Schliessen der Stockwerksabspernung<br><br><b>Einfamilienhäuser:</b> Schliessen der Absperrarmatur hinter der Wasserzähleranlage<br><br><b>Selten genutzte Anlageteile,</b> wie z.B. Gästezimmer, Garagen- oder Kelleranschlüsse | Öffnen der Stockwerksabspernung, Wasser 5 Minuten fliessen lassen<br><br>Öffnen der Absperrarmatur, Wasser 5 Minuten fliessen lassen<br><br>... regelmässige, mindestens monatliche Erneuerung des Wasser |
| Mehr als 4 Wochen               | <b>Wohnungen:</b><br>Schliessen der Stockwerksabspernung<br><br><b>Einfamilienhäuser:</b> Schliessen der Absperrarmatur hinter der Wasserzähleranlage                                                                                                 | Öffnen der Stockwerksabspernung, Spülen der Trinkwasserinstallation<br><br>Öffnen der Stockwerksabspernung, Spülen der Trinkwasserinstallation                                                            |
| Mehr als 6 Wochen               | Schliessen der Hauptsperrearmatur, Entleeren der Leitungen (Frostschutz), Absperrern der Zulaufleitung                                                                                                                                                | Öffnen der Stockwerksabspernung, Spülen der Trinkwasserinstallation                                                                                                                                       |
| Mehr als 1 Jahr                 | Anschlussleitungen von der Versorgungsleitung durch eine/n Fachfrau/-mann abtrennen lassen                                                                                                                                                            | Wasserversorgungsunternehmen benachrichtigen, Wiederanschluss                                                                                                                                             |

Tab. 2 Nutzerseitige Massnahmen an Trinkwasserinstallationen unmittelbar vor und nach Zeiten längerer Abwesenheit, um nachhaltige Veränderungen der Wasserqualität zu verringern (Quelle: Umweltbundesamt, [6])

Mesures côté consommateur sur les installations d'eau potable avant et après des absences prolongées afin de réduire les modifications durables de la qualité de l'eau (source: office fédéral de l'environnement, [6])

schiedene Strategien Anwendung, zudem können unterschiedliche Verfahren eingesetzt werden [3].

Zur Verminderung von Stagnation sollte das ganze Wasserrohrnetz (flächendeckend) bzw. einzelne Leitungsabschnitte regelmässig gespült werden. Die Spülperiode ist abhängig von den Strömungsverhältnissen und den Verweilzeiten. Zum Wasseraustausch, zur Mobilisierung und zum Austrag von Ablagerungen aus dem Wasserrohrnetz muss die Fließgeschwindigkeit so hoch eingestellt werden,

- dass in den Leitungen turbulente Strömungen vorhanden sind,
- dass die Dicke der laminaren Grenzschicht geringer ist als die Dicke der Schicht aus losen Ablagerungen und
- dass die Schleppspannung höher als die Haftkräfte der Partikel ist.

Im Bereich der Hausinstallationen kann die Bildung von Stagnationswasser durch eine regelmässige Wartung und Inspektion der jeweiligen Hausinstallationen vermieden oder vermindert werden. Regelmässige Kontrollen reduzieren negative Auswirkungen auf die Trinkwasserqualität. Massnahmen, wie sie in Tabelle 2 beschrieben werden, sind an Trinkwasserinstallationen unumgänglich.

## FAZIT

Trinkwasserversorgungssysteme, besonders Wasserrohrnetze, müssen so geplant, errichtet und betrieben werden, dass eine Stagnation minimiert wird, weil diese zu

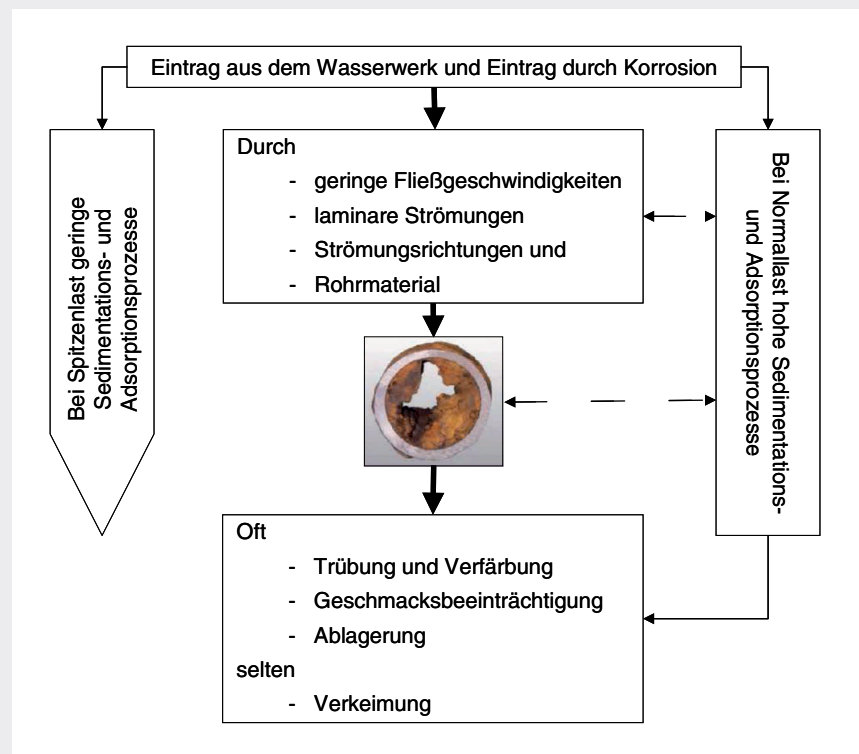


Fig. 10 Mögliche Beeinträchtigungen der Wasserqualität im Versorgungsnetz durch Stagnation  
Altérations possibles de la qualité de l'eau dans le réseau d'approvisionnement en raison de la stagnation

einer unannehmbaren Beeinträchtigung der Wasserqualität führen kann. Die in Deutschland vorhandenen Wasserrohrnetze sind in vielen Fällen jedoch nicht ausreichend ausgelastet, weshalb die Strömungsverhältnisse bei Normallast ideale Bedingungen für Ablagerungsprozesse oder sogar Verkeimungen bieten (Fig. 10). Um erforderlichen Massnahmen zur Minimierung der Stagnation planen zu können,

ist es wichtig, im Vorfeld zu differenzieren, ob das Wasser im Rohrnetz und/oder in den Hausinstallationen stagniert. Treten Stagnationsphasen im Wasserrohrnetz auf, sollte das ganze Wasserrohrnetz bzw. einzelne Leitungsabschnitte regelmässig gespült werden. So werden Ablagerungen ausgetragen und das Wasser ausgetauscht. Zur Untersuchung der komplexen Zusammenhänge zwischen Systemkonfigura-

tion, Wasser- und Löschwasserbedarf, Druck, Durchfluss, Fliessgeschwindigkeit, Verweilzeiten und Strömungsrichtungen innerhalb eines Rohrnetzes muss eine Rohrnetzanalyse und -berechnung durchgeführt werden. Langfristig gesehen ist es empfehlenswert, das bestehende Wasserrohrnetz zu optimieren (Angleich des Ist-Netzes ans Zielnetz) und die vorhandenen metallischen Leitungen (besonders Duktilrohre der ersten Generation) systematisch und sukzessiv auszutauschen.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] *Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser-*

*verordnung – TrinkwV 2001)*

- [2] *DVGW (2004): Arbeitsblatt W 400-1 – Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWW), Teil 1: Planung*
- [3] *TZW Dresden (2013): Spülverfahren und Spülstrategien für Trinkwasserverteilungssysteme – Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen, Abschlussbericht zum DVGW-Forschungsvorhaben W 6/01/07-TP2*
- [4] *DVGW (2008): Arbeitsblatt W 410 – Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen*
- [5] *RBS wave GmbH Stuttgart: Spülkonzepte für mehrere Versorger in Baden-Württemberg und Pfalz*
- [6] *Umweltbundesamt (2007): Trink was – Trinkwasser aus dem Hahn, Gesundheitliche Aspekte der Trinkwasser-Installation*

#### > SUITE DU RÉSUMÉ

tables dans le système d'approvisionnement en eau (conduites incrustées, consommation à contre-courant, vitesses d'écoulement réduites, variations de la consommation d'eau, etc.), les réseaux de conduites d'eau présentent souvent des traces de rouille. Les problèmes de germes quant à eux sont plutôt rares dans le réseau.



## Gas- und Wasserfachtagung «Informationstechnik im Versorgungsnetz»

**23. Mai 2014**

09.30 Uhr bis 13.15 Uhr – Konferenzhotel Arte, Olten

Anmeldung

[www.svgw.ch/informationstechnik](http://www.svgw.ch/informationstechnik)



**Vollautomatisches Netzüberwachungssystem**  
Lecks werden korreliert und grafisch angezeigt,  
Wasserverluste und Schäden minimiert

**ZONESCAN ALPHA<sup>CE</sup>**

Installation, Verkauf und Service:

**VON ARX + PARTNER AG Ingenieurbüro**, 5035 Unterentfelden  
062 723 04 84, [info@vonarxpartner.ch](mailto:info@vonarxpartner.ch), [www.vonarxpartner.ch](http://www.vonarxpartner.ch)

**Wälli AG Ingenieure**, 9410 Heiden  
071 898 32 32, (Arbon, Heerbrugg, Horw, Weinfelden u. a.)  
[heiden@waelli.ch](mailto:heiden@waelli.ch), [www.waelli.ch](http://www.waelli.ch)

**Martin Gasser Mess- und Ortungstechnik**, 4228 Erschwil  
061 781 29 76, [info@martin-gasser.ch](mailto:info@martin-gasser.ch), [www.martin-gasser.ch](http://www.martin-gasser.ch)

**Benedikt Clopath Kommunaldienste Messtechnik**, 7433 Wergenstein  
081 661 21 77, [clopath@postmail.ch](mailto:clopath@postmail.ch), [www.clopath.ch](http://www.clopath.ch)

**Gerry Cortese Ricerca Perdite Aqua**, 6523 Preonzo  
079 533 18 25, [gerry.cortese21@gmail.com](mailto:gerry.cortese21@gmail.com)