

Rahmenbedingungen einer Ziel-Netzplanung

In den Wasserrohrnetzen stecken unglaubliche Sparpotenziale, die bei Weitem noch nicht ausgereizt sind. Gerade bei hohen Netzbetriebskosten kann es sich also lohnen, einmal einen kritischen Blick in den Untergrund zu werfen, denn hier ist bekanntlich das meiste Geld „vergraben“. Aus diesem Grund ist es erforderlich die bestehenden Wasserrohrnetze zu optimieren. Das Optimierungspotenzial ist, neben den Gegebenheiten des Versorgungsgebietes, dem Zustand der Anlagen und der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Ist-Netzes, vor allem von den Optimierungsvorgaben abhängig. Im Rahmen der Ziel-Netzplanung ist es erforderlich, verschiedene Netzvarianten mit unterschiedlich angesetzten äußeren und inneren Rahmenbedingungen zu untersuchen.

1. Einleitung

Wasserversorgungssysteme sind komplexe Systeme, deren Aufbau, Unterhalt und Ausbau erhebliche Investitionen erfordern (vgl. **Bild 1**) und dabei auf eine lange Nutzungsdauer ausgerichtet sein müssen.

Die Wasserversorgungssysteme der Städte und Gemeinden wurden nicht als Gesamtsystem geplant, sondern sind in einem Zeitraum von mehreren Jahrzehnten durch einen fortwährenden Anlagenausbau entstanden. Es kann sein, dass die historisch gewachsene Wasserversorgungsstruktur unflexibel ist und einige Anlagen (besonders Rohrnetze) für heutige Bedürfnisse überdimensioniert bzw. nicht ausreichend ausgelastet sind. Der Grund hierfür sind oft die – bei der damaligen Planung – angesetzten Auslegungsparameter. Aus diesem Grund ist für eine betriebssichere Wasserversorgung, verbunden mit dem Einsparpotenzial von Betriebskosten, aus technischen und wirtschaftlichen Gründen ein zukunftsorientiertes, langfristig gültiges Versorgungskonzept erforderlich. Um das bestehende Versorgungssystem technisch am sinnvollsten an die zukünftigen Gegebenheiten anzupassen, muss dieses ganzheitlich optimiert, d.h. als Ziel-System geplant werden. Das Wasserrohrnetz des Ziel-Systems muss ebenfalls, unter Berücksichtigung der Änderungen im Versorgungssystem, an die zukünftige Situation angepasst werden, d.h. als Ziel-Netz (unter Berücksichtigung von Druckverhältnissen, Strömungsverhältnissen, Netzüberwachung, Löschwasserversorgung, usw.) geplant werden.

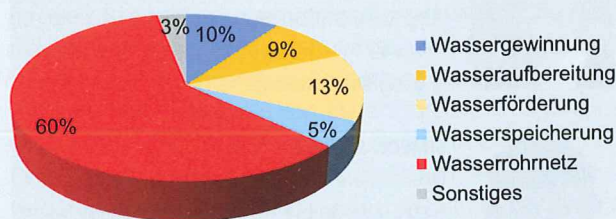


Bild 1: Kostenverhältnis in einem Wasserversorgungssystem

Die neu definierten Versorgungsgebiet(e), Auslegungsparameter und die Zustandsbewertung der Wasserversorgungsanlagen in bautechnischer, verfahrenstechnischer und elektrotechnischer Hinsicht, stellen die Entscheidungsgrundlage für die zukünftige Struktur des Wasserversorgungssystems dar. Es soll geklärt werden, ob die Möglichkeit besteht, auf einige Anlagen (wie Hochbehälter) zu verzichten, ohne dass die allgemeinen Anforderungen im Wasserversorgungsbereich (Beispiel: Versorgungssicherheit) gefährdet sind. Dazu sollen auch mögliche Schadens-/Ausfallszenarien (Risikomanagement im normalen Betrieb) unter Anwendung einer Rohrnetzanalyse und -berechnung betrachtet werden. Aus diesem Grund ist der Maßnahmenkatalog mit Priorisierung (Versorgungsrelevanz, Dringlichkeit, Reihenfolge, usw.) der vorgesehenen Maßnahmen, verbunden mit einer Kostenannahme, eine sehr wichtige Entscheidungsgrundlage für die systematische und sukzessive Optimierung der Wasserversorgungsanlagen bzw. die Umsetzung einer „neuen“ Wasserversorgungsstruktur einer Stadt/Gemeinde.

2. Anforderungen an Wasserversorgungsanlagen

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,
 - » mit möglichst störungsfreier Wasserlieferung und, falls dies möglich ist, mit minimal möglichen Kosten [1].
- Im vorliegenden Fachartikel werden besonders folgende Anforderungen an Wasserrohrnetze berücksichtigt:

2.1 Anforderungen an Wasserrohrnetze

Grundsatz und Ziel der Planung und des Betriebs von Wasserrohrnetzen erfordert eine Reihe grundsätzlicher Überlegungen und Zielvorgaben:

- » Festlegung des Planungszieles
- » Abgrenzung des Versorgungsgebietes, unter Berücksichtigung des Flächennutzungsplanes (FNP)
- » Ermittlung des Wasserbedarfs und der räumlichen Verteilung

- » Berücksichtigung der Entwicklungsschwerpunkte
- » Abschätzung der Auswirkung von möglichen Schwerpunktverschiebungen und Betriebsstörungen
- » Erarbeitung verschiedener Lösungen
- » Technischer und wirtschaftlicher Vergleich der verschiedenen Lösungsmöglichkeiten
- » Planung in Ausbaustufen

Innerhalb der ermittelten Lösungsansätze sind folgende Kriterien zu beachten:

- » Hohe Versorgungssicherheit
- » Gesamtwirtschaftlichkeit, d.h. Minimierung von Jahreskosten aus Kapitaldienst, Betrieb (z.B. Förderkosten) und Instandhaltung
- » Einfache Erweiterungsmöglichkeiten
- » Einfache Überwachung von Netzteilen
- » Vermeidung einer nachteiligen Beeinflussung des Trinkwassers, z.B. durch Stagnation (Wasserqualität)

Besondere Anforderungen bei der Planung und dem Betrieb von Wasserrohrnetzen werden an die Druckverhältnisse und Strömungsverhältnisse gestellt.

2.1.1 Druckverhältnisse in Wasserrohrnetzen

Wasserrohrnetze sind mindestens für einen MDP (höchster Systembetriebsdruck) von 10 bar zu planen. Der Systembetriebsdruck, ohne Druckstöße, sollte etwa 2 bar unter MDP liegen (unter dieser Voraussetzung steht in der Regel noch eine genügend große Reserve zur Aufnahme von Druckstößen zur Verfügung).

Wasserrohrnetze mit größeren Höhenunterschieden sind in Druckzonen zu unterteilen. Als Ruhedruck im Schwerpunkt einer Druckzone sind 4 bis 6 bar am Hausanschluss empfehlenswert.

Der erforderliche Versorgungsdruck im versorgungstechnischen Schwerpunkt einer Druckzone richtet sich nach der überwiegend ortsüblichen Geschosshöhe der Bebauung dieser Zone [3]. Netze sind so zu bemessen, dass Versorgungsdrücke (Innendruck bei Nulldurchfluss in der Anschlussleitung an der Übergabestelle zum Verbraucher) in der **Tabelle 1** nicht unterschritten werden.

Diese anzustrebenden Versorgungsdrücke können bei Spitzenverbrauch an wenigen Stunden des Jahres kurzfristig um 0,5 bar verringert / unterschritten werden. Außerdem können wirtschaftliche Gründe gegen eine generelle Vorkhaltung dieser Drücke bei historisch gewachsenen Versorgungsfällen sprechen [3].

Grundsätzlich sollten bei Ruhedrücken (nach DIN EN 806-2) über 4,8 bar sämtliche Hausinstallationen mit einem Druckminderventil ausgestattet werden. In Netzteilen mit Ruhedrücken über 8 bar ist die Verwendung von Leitungen und Bauteilen auf 16 bar MDP zu erwägen.

Für den Brandfall fordert das DVGW-Arbeitsblatt W 405, dass während der Löschwasserentnahme der Druck im Wasserrohrnetz an keiner Stelle unter 1,5 bar absinkt.

2.1.2 Strömungsverhältnisse in Wasserrohrnetzen

Die Fließgeschwindigkeit in Rohrleitungen beeinflusst nicht nur die Wirtschaftlichkeit eines Wasserrohrnetzes, sie hat auch großen Einfluss auf die Betriebssicherheit.

Hohe Fließgeschwindigkeiten führen zu erheblichen Druckverlusten. Große Geschwindigkeitsänderungen verursachen hohe dynamische Druckänderungen und ggf. auch Wassertrübungen durch Aufwirbelungen.

Geringe Fließgeschwindigkeiten haben lange Verweilzeiten zur Folge. Hier ist auf einen ausreichenden Wasseraustausch aus hygienischen Gründen (Wassertrübung, Verkeimung) zu achten. Leitungsabschnitte mit geringem Druckgefälle entlüften sich bei kleinen Fließgeschwindigkeiten häufig unzureichend. Vor allem bei langen Druckleitungen hat die Fließgeschwindigkeit einen entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der gesamten Versorgungsanlage.

Für die Bemessung der Leitungen gelten nach DVGW W 400-1 folgende Fließgeschwindigkeiten:

- » Fallleitungen (Abgang Hochbehälter): 1,0 - 1,5 m/s
- » Leitungen mit Druckerhöhung während der Höchstbelastung: < 2,0 m/s
- » Hauptleitungen und Versorgungsleitungen in Verteilungsnetzen: < 1,0 m/s
- » Anschlussleitungen: < 2,0 m/s

Um die möglichen Folgen einer Stagnation des Trinkwassers bzgl.

- » Trübung und Verfärbung,
- » Geschmacksbeeinträchtigung,
- » Ablagerung und
- » Verkeimung

zu vermeiden, sollten in Wasserrohrnetzen die Fließgeschwindigkeiten beim mittleren Stundendurchfluss (Durchfluss bei mittlerem Stundenbedarf) den Wert von 0,005 m/s ($\approx 18 \text{ m/h} = 432 \text{ m/d}$) nicht unterschreiten [3].

3. Rahmenbedingungen einer Ziel-Netzplanung

Die Voraussetzung, um ein Ziel-Netz („Wasserrohrnetz auf grüner Wiese“) entwickeln zu können, ist die Analyse der im bestehenden Wasserversorgungssystem enthaltenen

Tabelle 1: Erforderlicher min. Versorgungsdruck im Wasserrohrnetz

Bebauungshöhe	neue Netze bzw. signifikante Erweiterung bestehender Netze	bestehende Netze
(1)	(2)	(3)
für Gebäude mit EG	2,00 bar	2,00 bar
für Gebäude mit EG und 1 OG	2,50 bar	2,35 bar
für Gebäude mit EG und 2 OG	3,00 bar	2,70 bar
für Gebäude mit EG und 3 OG	3,50 bar	3,05 bar
für Gebäude mit EG und 4 OG	4,00 bar	3,40 bar

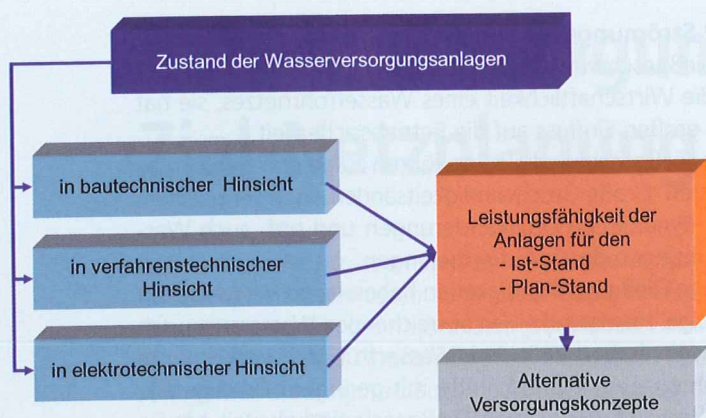


Bild 2: Ablauf einer Ist-Zustands-Analyse der Wasserversorgungsanlagen

Komponenten, im Rahmen der möglichen Änderungen im Ziel-System gegenüber dem Ist-System. Hierbei werden

- » die Ist-Zustands-Analyse der Versorgungsanlagen,
- » die Lage der Einspeisungen ins Netz,
- » der Zustand des Ist-Netzes,
- » die Auslegungs-/Planungsparameter und
- » die Spitzenverbräuche

besonders analysiert.

3.1 Ist-Zustands-Analyse der Wasserversorgungsanlagen

Die Zustandsbewertung der vorhandenen Wasserversorgungsanlagen in bautechnischer, verfahrenstechnischer und elektrotechnischer Hinsicht, stellt die Entscheidungsgrundlage für die zukünftige Struktur des Wasserversorgungssystems dar (vgl. **Bild 2**).

Nach der Zustandsbewertung der Wasserversorgungsanlagen, sind die Leistungsfähigkeit und Funktion der Anla-

gen im Wasserversorgungssystem für die bestehende und zukünftige Situation zu überprüfen.

Im Zuge der alternativen Versorgungskonzepte soll geklärt werden, ob die Möglichkeit besteht, auf einige Anlagen zu verzichten (einfacheres System und Reduzierung der Betriebskosten), ohne dass die allgemeinen Anforderungen im Wasserversorgungsbereich [1] gefährdet sind. Dazu sollte die Lage der Einspeisungen ins Netz für die zukünftige Situation festgelegt werden.

3.2 Lage der Einspeisungen ins Netz

Das Wasserrohrnetz des Ziel-Systems muss ebenfalls, unter Berücksichtigung der Änderungen im Versorgungssystem, an die zukünftige Situation angepasst werden, d.h. als Ziel-Netz (unter Berücksichtigung von Druckverhältnissen, Strömungsverhältnissen, Netzüberwachung, Löschwasserversorgung, usw.) geplant werden.

Auf der Basis einer Rohrnetzberechnung ist in erster Linie erforderlich, die Bezugsknoten (Einspeisungen ins Netz) in einem Rechnernetzmodell festzulegen und dann die Druck- und Strömungsverhältnisse für verschiedene Lastfälle und Betriebssituationen im Ziel-Netz zu simulieren.

Wie in **Bild 3** dargestellt, werden die bestehenden Hochbehälter HB 1, HB 2 und HB 3 auf Grund ihres schlechten Zustandes, der ungeeigneten Lage und der unzureichenden Speicherdeckung stillgelegt und ein neuer Hochbehälter gebaut. Diese Änderung der Struktur des Wasserversorgungssystems soll im Rahmen der Ziel-Netzplanung mitberücksichtigt werden. In der bestehenden Situation wird über vier Hochbehälter, in der zukünftigen Situation über zwei Hochbehälter ins Netz eingespeist. Geänderte Einspeisungen ins Netz haben geänderte Druck- und Strömungsverhältnisse zur Folge.

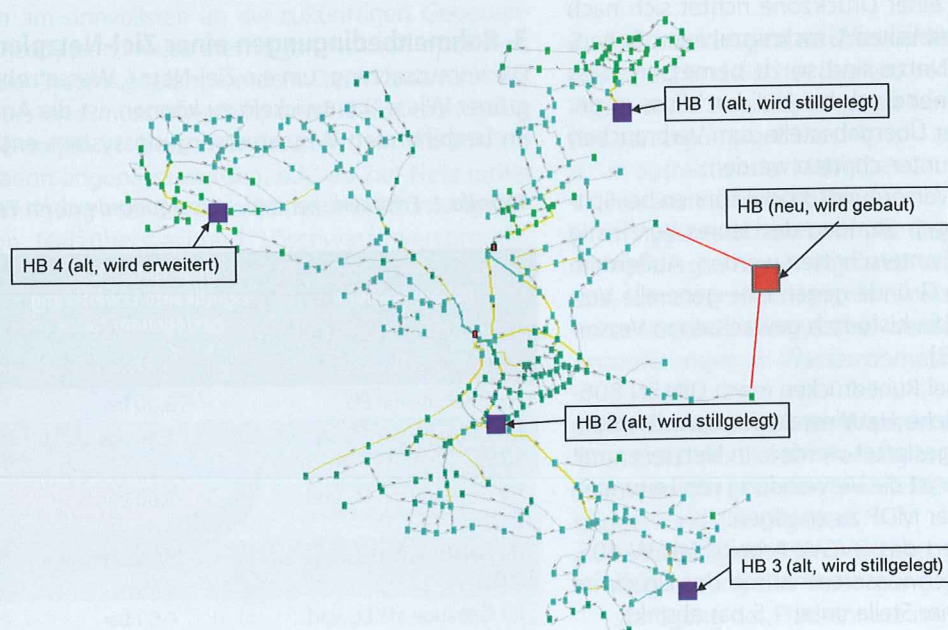


Bild 3: Neu definierte Einspeisungen im Wasserrohrnetz

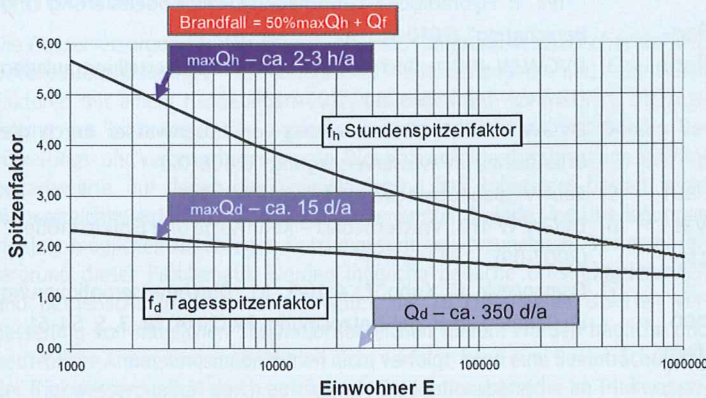


Bild 4: Spitzenfaktoren nach DVGW W 410, in Abhängigkeit von der versorgten Einwohnerzahl

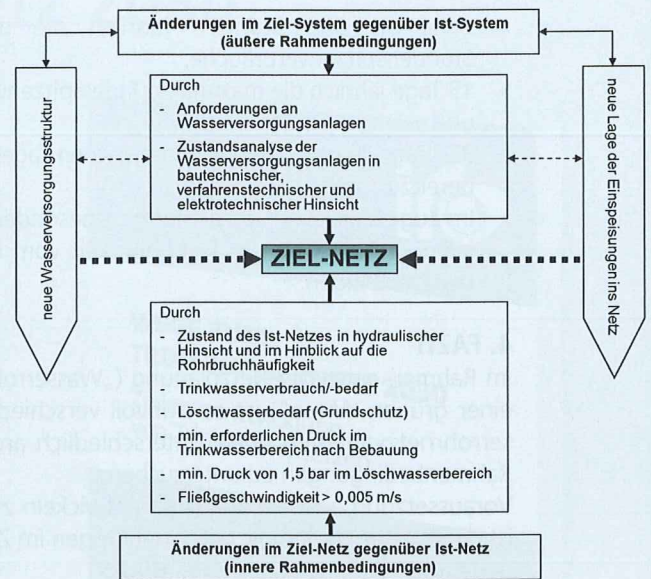


Bild 5: Vom Ist-Netz zum Ziel-Netz

3.3 Zustand des Ist-Netzes

Für eine Ziel-Netzplanung ist es sehr wichtig, vorher

- » den Zustand des Ist-Netzes in hydraulischer Hinsicht und
- » den Zustand des Ist-Netzes im Hinblick auf die Rohrbruchhäufigkeit

zu analysieren.

Um eine Ist-Zustands-Analyse des Netzes in hydraulischer Hinsicht mit Hilfe einer geeigneten Berechnungssoftware durchführen zu können, ist ein Rechnernetzmodell notwendig. Im Zuge der Kalibrierung des Rechnernetzmodells wird die tatsächliche betriebliche Rauheit (u.a. Inkrustierungen/Ablagerungen, relevant für die Leistungsfähigkeit des Netzes) ermittelt. Mit dem kalibrierten Rechnernetzmodell können die Druck- und Strömungsverhältnisse für die verschiedenen Betriebssituationen (wie Spitzenlastfall, Löschwasserversorgung und Stagnation) simuliert werden. Auf diese Weise lassen sich die Leitungsarten, Fall- und Ortsnetzleitungen bezüglich ihrer Größe und Wirksamkeit zuverlässig beurteilen [7].

Die Netzrehabilitationsplanung unterstützt die Wasserversorger zusätzlich bei der Fragestellung, wo und wie sowie in welchem Umfang das Wasserrohrnetz rehabilitiert werden soll. Wird zu wenig investiert, sind mittelfristig erhöhte Ausfallraten und damit hohe Reparaturkosten unmittelbar verbunden. Wird zu viel oder an der falschen Stelle rehabilitiert, wirkt sich das negativ auf die Gebührenkalkulation aus.

3.4 Auslegungsparameter

Bei der Dimensionierung der Rohrleitungen in einem Wasserrohrnetz sind die im DVGW-Arbeitsblatt W 400-1 vorgegebenen Richtwerte bezüglich der Fließgeschwindigkeiten sowie der Versorgungsdrücke einzuhalten. Neben der reinen Trinkwasserversorgung der angeschlossenen Verbraucher, soll oft bei der Dimensionierung der Rohrleitungen auch die

Aufgabe der Bereitstellung von Löschwasser (Grundsatz) über das Wasserrohrnetz berücksichtigt werden. Grundlage für die Dimensionierung der Rohrleitungen zur Löschwasserversorgung im Brandfall ist das DVGW-Arbeitsblatt W 405 sowie Angaben der Stadt/Gemeinde.

Grundsätzlich wird für eine Ziel-Netzplanung benötigt:

- » der Trinkwasserverbrauch/-bedarf durch die Analyse
 - » der Einwohnerentwicklung min. der letzten fünf bis zehn Jahre,
 - » der Wasserverbrauchsentwicklung min. der letzten fünf bis zehn Jahre,
 - » der Einwohnerentwicklungsprognose (Anpassung an FNP),
 - » der Entwicklung der Gewerbe- und Industriegebiete im Versorgungsgebiet,
 - » der Wasserbedarfsprognose für die nächste Zielperiode
- » der Löschwasserbedarf (Grundsatz), in Abstimmung mit der zuständigen Feuerwehrbehörde;
- » die zukünftige Baustruktur und Bauhöhe, die mit dem Stadtplaner festzulegen ist.

3.5 Spitzenverbräuche

Aus den Maximalwerten (Stundenspitzenverbrauch/-bedarf) ergibt sich die erforderliche Wasserbereitstellungsmenge pro Stunde, die auch für die Bemessung der Wasserrohrnetze die Grundlage bildet.

Da die Faktoren zur Ermittlung des Tages- und Stundenspitzenverbrauchs/-bedarfs in der Praxis nicht oft über Messungen ermittelt werden, werden die Spitzenfaktoren nach DVGW W 410 in Abhängigkeit von der versorgten Einwohnerzahl gewählt (vgl. **Bild 4**).

Bezogen auf ein Jahr, ist es erforderlich, in einem Versorgungsgebiet ca.

- » zwei bis drei Stunden jährlich die maximalen Stundenspitzenverbräuche,
- » 15 Tage jährlich die maximalen Tagesspitzenverbräuche und
- » 350 Tage jährlich den durchschnittlichen Tagesverbrauch bereitzustellen.
- » Im Zuge einer Ziel-Netzplanung ist besonders die Auslastung des Netzes in Abhängigkeit vom Lastfall zu berücksichtigen.

4. FAZIT

Im Rahmen einer Ziel-Netzplanung („Wasserrohrnetz auf einer grünen Wiese“) ist es sinnvoll verschiedene Wasserrohrnetzvarianten unter unterschiedlich angesetzten Rahmenbedingungen zu untersuchen.

Voraussetzung, um ein Ziel-Netz entwickeln zu können, ist die Analyse der möglichen Änderungen im Ziel-System gegenüber dem Ist-System (vgl. **Bild 5**).

Hierbei sollten

- » die äußeren Rahmenbedingungen (Zustand der Wasserversorgungsanlagen, Ist-System <- -> Ziel-System, Lage der Einspeisungen ins Wasserrohrnetz),
- » die inneren Rahmenbedingungen (Versorgungsgebiet, Wasserbedarf und räumliche Verteilung) und
- » die besonderen Anforderungen bei der Planung und dem Betrieb von Rohrnetzen (minimal erforderlicher Versorgungsdruck im Wasserrohrnetz, Vermeidung von Stagnation im Wasserrohrnetz - Fließgeschwindigkeit soll $v > 0,005 \text{ m/s}$ besser $> 0,3 \text{ m/s}$ sein) mitberücksichtigt werden.

Die o.g. Rahmenbedingungen und besonderen Anforderungen an Wasserrohrnetze, stellen die Entscheidungsgrundlage für das Ziel-Netz und die systematische und sukzessive Umsetzung (langfristiger Prozess) eines Ziel-Netzes dar.

5. Literaturverzeichnis

- [1] DIN 2000 „Zentrale Trinkwasserversorgung Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser Planung, Bau und Betrieb der Anlagen“
- [2] DVGW GW 303-1 „Berechnung von Gas- und Wasserrohrnetzen - Teil 1: Hydraulische Grundlagen, Netzmodellierung und Berechnung“ (2010-10)
- [3] DVGW W 400-1 „Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) - Teil 1: Planung“ (2004-10)
- [4] DVGW W 405 „Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung“ (2008-02)
- [5] BauNV „Baunutzungsverordnung“
- [6] DVGW W 410 „Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen“ (2007-09)
- [7] Osmancevic, E.; Kuhn, T.; Astfalk, M.: Durchmesseroptimierung im Rahmen einer Ziel-Netzplanung, 3R (2014) Nr. 3, S. 54-61

AUTOR



Dr.-Ing. **ESAD OSMANCEVIC**
 RBS wave GmbH, Stuttgart
 Tel. +49 711 289513-20
 E-Mail: e.osmancevic@rbs-wave.de