Auswirkungen rückläufiger Wasserabgabe auf Planung und Betrieb von Wasserversorgungsnetzen

Björnsen, G., Dr.-Ing., Koblenz/Roth, U., Dr.-Ing., Bad Ems)*

Vorbemerkung

Der Trinkwasserverbrauch in Deutschland ist in den letzten Jahren rückläufig. Die Ursachen und der Umfang des Verbrauchsrückgangs werden dargestellt und ihre derzeitigen und zukünftigen Auswirkungen auf die Planung und den Betrieb der Wasserverteilungsnetze beurteilt.

1. Ursachen und Umfang des Rückgangs des Wasserverbrauchs

Bis Ende der 70er Jahre ist der Trinkwasserverbrauch in Westdeutschland wegen der zunehmenden Bevölkerung und durch den Ausbau und die Verbesserung der Sanitäreinrichtungen stetig gestiegen. Die Wasserbedarfsprognosen der 70er Jahre trugen dem Rechnung und sagten für die 80er und 90er Jahre einen starken Anstieg des Trinkwasserverbrauchs voraus. Tatsächlich stagnierte der Verbrauch. Etwa seit 1976 schwankt er gemäß **Bild 1** zwischen 4,2 und 4,4 Milliarden Kubikmeter pro Jahr.

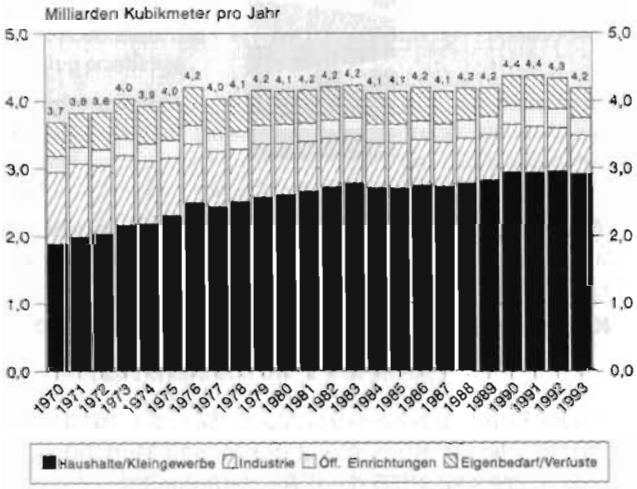


Bild 1: Entwicklung des Trinkwasserverbrauchs in Deutschland (alte Bundesländer, ab 1990 mit Ost-Berlin) [2]

Bemerkenswert ist der Rückgang von 1991 bis 1993, der sich 1994 abgeschwächt fortgesetzt hat. Einige Wasserversorgungsunternehmen haben in den letzten Jahren einen erheblichen Rückgang des Wasserverkaufs hinnehmen müssen und sind nun besorgt wegen der geringeren Einnahmen durch Wasserverkauf bei gleichbleibenden und zum Teil sogar ansteigenden Grundkosten für die Bereitstellung des Trinkwassers. Bei einem weiteren Rückgang des Trinkwasserverbrauchs sind möglicherweise die vorhandenen Rohrnetze überdimensioniert, so daß bei geringer Fließgeschwindigkeit oder stagnierendem Wasser hygienische Probleme entstehen können. Deshalb ist für viele Wasserversorgungsunternehmen die Frage der zukünftigen Entwicklung des Wasserbedarfs und des Einflusses eines möglichen weiteren Verbrauchsrückgangs auf den Betrieb des Rohrnetzes von großer Bedeutung.

Die Entwicklung in den neuen Bundesländern ist wegen der grundsätzlichen Umstellungen nach der Wiedervereinigung, in den Haushalten vor allem durch die Umstellung des Abrechnungsverfahrens, damit nicht vergleichbar.

Der Pro-Kopf-Verbrauch ist in den alten Bundesländern seit 1990 rückläufig. Über einen Zeitraum von 10 Jahren, nämlich von 1982 bis 1991, lag der Pro-Kopf-Verbrauch im Verbrauchssektor Haushalte und Kleingewerbe gemäß **Bild 2** weitgehend konstant bei rund 145 l/d pro Einwohner. 1994 wurden pro Einwohner nur noch 139 l/d verbraucht. Der Rückgang beträgt also etwa 4 %.

Detaillierte Untersuchungen belegen aber, daß der Pro-Kopf-Verbrauch allein durch wassersparende Toilettenspülungen und wassersparende Wasch- und Geschirrspülmaschinen seit

Bild 2: Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs in Deutschland (alte Bundesländer, ab 1990 mit Ost-Berlin) [2]

Anfang der 80er Jahre um mindestens 15 l/d hätte zurückgehen müssen (vgl. [3, 4, 12]). Ein Rückgang um mehr als 10 %, wie in **Bild 3** dargestellt, wäre also zu erwarten gewesen.

Dies zeigt, daß die Bundesbürger ständig mehr Wasser nutzen.

Vermutlich wird häufiger Wäsche gewaschen, häufiger gebadet und geduscht. Die Wassernutzung steigt aber auch dadurch, daß die Anzahl der Personen in den Haushalten zurückgeht und der Wasserverbrauch pro Kopf steigt, weil in kleineren Haushalten geringere Möglichkeiten zur rationellen Wassernutzung bestehen (vgl. [5]). Ohne wassersparende Toiletten, Wasch- und Spülmaschinen wäre der Pro-Kopf-Verbrauch also stark angestiegen, wie in **Bild 4** dargestellt.

Detaillierte Untersuchungen in einzelnen Versorgungsgebieten haben gezeigt, daß in reinen Wohngebieten der Verbrauch

*) *G. Björnsen:* Kurfürstenstr. 87a, 56068 Koblenz
U. Roth: Auf der Hardt 33, 56130 Bad Ems

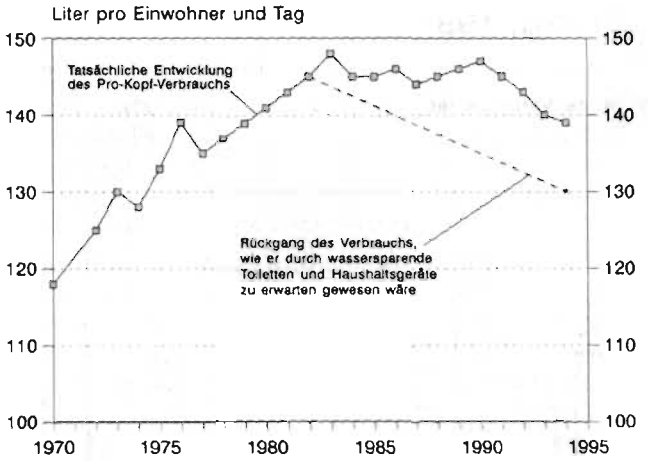


Bild 3: Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs in den Haushalten (einschließlich Kleingewerbe) [2, 12]

Bild 4: Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs in den Haushalten (einschließlich Kleingewerbe) [2, 3]

kaum gesunken ist. Einige städtische Gebiete mit überwiegender Wohnbebauung zeigen sogar zunehmenden Wasserverbrauch. Tatsächlich aufgetretene erhebliche Rückgänge des Wasserverbrauchs sind immer auf besondere Umstände zurückzuführen. Diese sind:

- Starker Rückgang des Bedarfs von Industrie und Gewerbe an Trinkwasser aus der öffentlichen Versorgung. Hier spielen Betriebsstillegungen, Umstellung auf Wasserkreislaufbetrieb und Produktionsumstellungen eine Rolle.
- Veränderung der Verbraucherstrukturen. In Südhessen z. B. entfielen zwischen 1991 und 1994 rund 70 000 armeeangehörige Amerikaner mit hohem Pro-Kopf-Verbrauch, die nicht als Einwohner registriert waren. Der Wasserverbrauch in Südhessen ist dadurch um etwa 8 Mio. m^3/a zurückgegangen. Umgelegt auf die registrierten Verbraucher entspricht dies allein einem Rückgang um etwa 6 l/d pro Einwohner [22].
- Rückgang der Wasserverluste und z. T. auch des Eigenverbrauchs der Wasserversorgungsunternehmen.
- Die Konjunkturabschwächung der letzten Jahre. Auch in der Vergangenheit ging bei Rezessionen immer mit etwas Verspätung der Wasserverbrauch zurück.
- Die feuchteren Jahre 1992 und 1993 führten auch zu einem Rückgang des Wasserverbrauchs gegenüber den vorangegangenen trockenen Jahren 1990 und vor allem 1991.

Dies wird auch belegt durch die Entwicklung des auf den Kopf der Bevölkerung umgerechneten gesamten Wasserverbrauchs aller Verbraucher, der in Bild 2 dargestellt ist. Hier ist seit 1989 ein Rückgang von 196 auf 178 l/d pro Einwohner, also um über 9 % zu verzeichnen. Der anteilige Pro-Kopf-Verbrauch in Industrie, Großgewerbe und Öffentlichen Einrichtungen ist seit 1970 kontinuierlich von 81 auf zuletzt nur noch 39 l/d zurückgegangen. Dies ist ein Rückgang um über 50 %.

Der Verbrauchsrückgang ist aus diesem Grund auch nicht gleichmäßig über die Fläche der Versorgungsgebiete erfolgt, sondern größtenteils punktförmig bei einzelnen Verbrauchern oder Verbrauchergruppen.

2. Zukünftige Entwicklung des Wasserverbrauchs

Im internationalen Vergleich ist der Wasserverbrauch in Deutschland gemäß **Bild 5** niedrig. Insbesondere fällt auf, daß Deutschland gemäß **Bild 6** unter den wohlhabenderen Ländern einen besonders niedrigen Wasserverbrauch aufweist. Dies deutet darauf hin, daß kein größeres Potential für einen weiteren Verbrauchsrückgang vorhanden ist (vgl. [4]).

Die Industrie hat ihr Potential für eine mögliche Reduzierung des Wasserverbrauchs in der Regel aus Kostengründen weitgehend ausgeschöpft. Bei den meisten Wasserversorgungsunternehmen sind die Wasserverluste bis in den Bereich der Meßgenauigkeit abgesunken. Der Trinkwasserbedarf kann in diesen Verbrauchssektoren in der Zukunft also kaum weiter zurückgehen. Diese Verbrauchsanteile machen auch nur etwa 20 % des Wasserbedarfs aus.

Die zukünftige Entwicklung des Wasserbedarfs der Haushalte hängt von zwei Faktoren ab, nämlich

- der Einwohnerzahl und
- dem Pro-Kopf-Verbrauch.

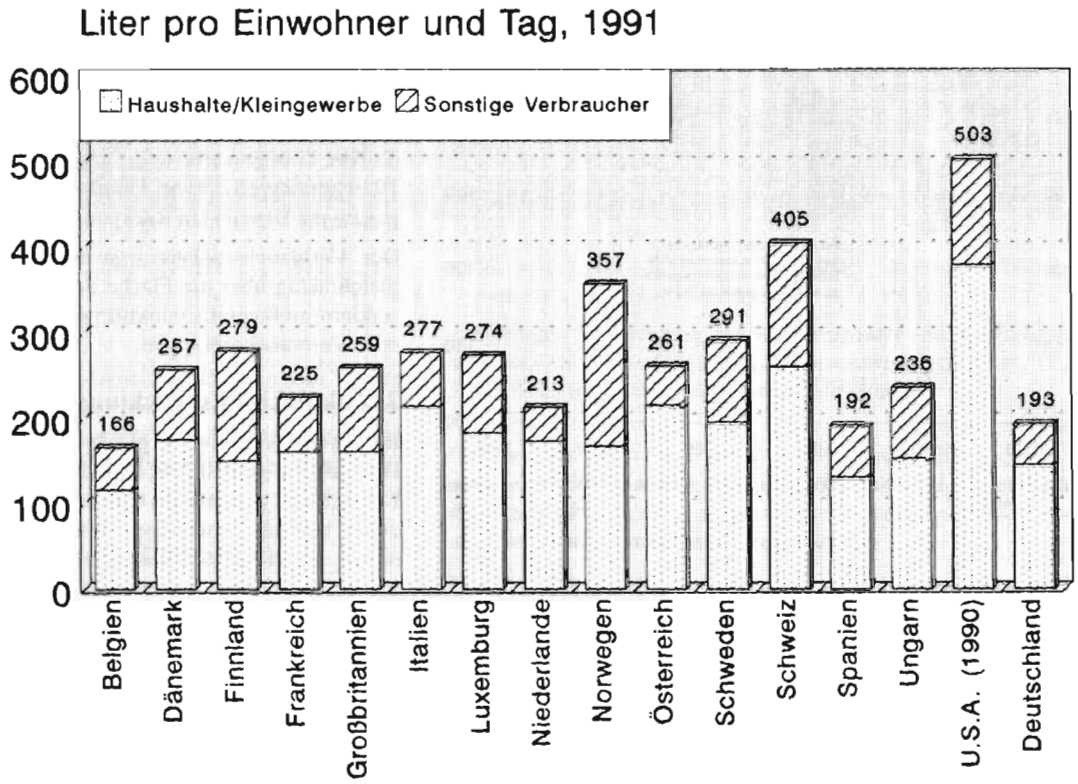
Bei steigender Einwohnerzahl ist stets mit einer Zunahme des Wasserbedarfs zu rechnen (vgl. [6, 7, 16]).

Der Pro-Kopf-Verbrauch wird in der Zukunft voraussichtlich zunehmen, wenn sich die Trends zu höherem Komfort der sanitären Einrichtungen und zu Ein- und Zwei-Personen-Haushalten fortsetzen. Auch umfassende Wassersparkampagnen und die Entwicklung wassersparender Techniken in den Haushalten werden diesen Trend nicht brechen können. Wegen der Schwemmkanalisation kann die Spülmenge der Toiletten nicht noch weiter reduziert werden. Auch der Wasserverbrauch der Wasch- und Geschirrspülmaschinen kann nicht mehr wesentlich reduziert werden.

Den herkömmlichen Wassersparmaßnahmen sind Grenzen gesetzt. Das zur Zeit noch vorhandene Wassersparpotential besteht im wesentlichen aus dem Umbau der restlichen Toilettenanlagen, die noch nicht mit Spar-Spülkästen ausgestattet sind, und dem Austausch der restlichen Wasch- und Spülmaschinen, die noch einen hohen Wasserverbrauch haben (vgl. [4]).

Darüber hinaus wäre eine weitere, wesentliche Reduzierung des Wasserverbrauchs in den Haushalten nur mit radikalen Maßnahmen möglich. Dann allerdings ist mit Einsparraten von 30 bis 50 % und mehr zu rechnen. Solche denkbaren wassersparenden Einrichtungen sind z. B.:

- wasserlose Biotoiletten,
- Umleiten von Wasch- und Spülwasser in die Toiletten in allen Wohnungen (Grauwassernutzung),
- Brauchwassernutzung (Regenwasser, Oberflächenwasser, Wasser aus den Kläranlagenausläufen) für Toiletten und Reinigungszwecke außerhalb des Lebensmittelbereichs und der Körperpflege.



	Belgien	Dänemark	Finnland	Frankreich	Großbritannien	Italien	Luxemburg	Niederlande	Norwegen	Österreich	Schweden	Schweiz	Spanien	Ungarn	U.S.A. (1990)	Deutschland
Sonstige Verbraucher	50	82	129	64	98	63	91	40	190	46	96	145	61	83	124	48
Haushalte/Kleingewerbe	116	175	150	161	161	214	183	173	167	215	195	260	131	153	379	145

Bild 5: Pro-Kopf-Verbrauch im internationalen Vergleich [2, 19]

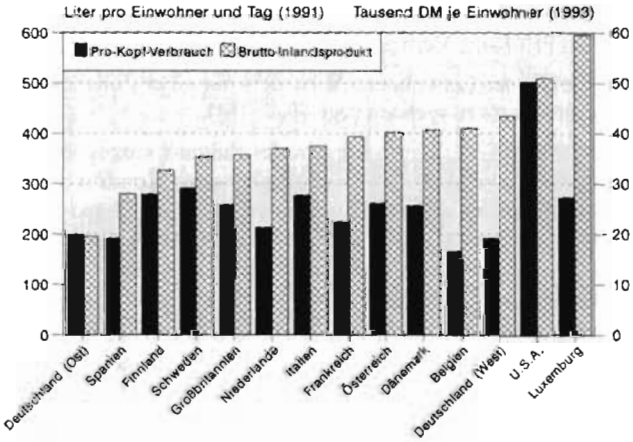


Bild 6: Pro-Kopf-Verbrauch und Bruttoinlandsprodukt im internationalen Vergleich [2, 17, 18, 19]

Solche einschneidenden Maßnahmen sind derzeit nur in besonderen Einzelfällen und ansonsten nur nach entsprechenden gesetzlichen Neuregelungen durchzuführen. Wegen der sehr hohen Kosten – auch die Kanalisation müßte entsprechend umgestaltet werden – wären sie nur über längere Zeiträume zu verwirklichen. Zunächst müßten alle hygienischen, ökologischen, wasserwirtschaftlichen und wirtschaftlichen Aspekte dieser Maßnahmen geprüft und bewertet werden. Für die kurz- bis mittelfristige Planung der Wasserversorgungsunternehmen haben diese Aspekte daher keine Bedeutung.

Mit einem weiteren, wesentlichen Rückgang des Wasserbedarfs ist also nicht zu rechnen. Eine eventuelle Senkung des Pro-Kopf-Bedarfs auf 130 bis 120 l/d wird voraussichtlich durch steigende Einwohnerzahlen kompensiert. Wegen der Trends zu höherem Wohnkomfort und zu Ein- und Zwei-Personen-Haushalten ist im Bereich der Haushalte ein leicht steigender Wasserbedarf eher wahrscheinlich.

3. Bemessungsgrundlagen für Rohrnetze der Trinkwasserversorgung

Leitungsnetze werden im allgemeinen für den größten stündlichen Wasserbedarf an einem Tag mit mittlerem Wasserbedarf bemessen [11]. Dabei soll der höchste prognostizierte Wasserbedarf während einer Betriebsdauer von mindestens 15, besser 30 Jahren zugrundegelegt werden. Zusätzlich ist der Löschwasserbedarf bereitzustellen [8]. Wird der Löschwasserbedarf nicht berücksichtigt, ist der größte stündliche Wasserbedarf an einem Tag mit Spitzenwasserbedarf maßgeblich. Bemessen wird für den größeren der beiden Werte.

Wasserversorgungsrohrnetze müssen ständig unter Druck stehen. Tritt Unterdruck auf, besteht die Gefahr, daß verunreinigte Bodenluft oder verunreinigtes Grundwasser angesaugt wird. Das Rohrleitungsnetz muß also so ausgelegt sein, daß an jeder Stelle unter jeder möglichen Betriebsbedingung eine ausreichende Menge von Wasser unter Druck zur Verfügung steht.

Die Bemessungsregel besagt, daß der Leitungsbetrieb im gesamten Prognosezeitraum noch unter regulären Bedingungen möglich sein muß, wenn an einem Tag in einem Normaljahr in der Stunde mit dem größten Wasserverbrauch ein Brand ausbricht, der mit der maximalen Löschwassermenge bekämpft werden muß. Ein durch erhöhte Reibungsverluste bei hohen Fließgeschwindigkeiten verursachter Druckabfall in der Leitung wird selbst unter diesen Umständen nur kurzzeitig hingenommen. Unterdruck darf nicht entstehen.

Dies kann dazu führen, daß Transportleitungen, die hauptsächlich zur Deckung des Spitzenwasserbedarfs benutzt werden, in der überwiegenden Zeit nur schwach ausgelastet sind. Das selbe gilt für Endstränge, die für den Löschwasserbedarf dimensioniert sind. Somit hat jedes Rohrnetz Teilbereiche, in denen die Rohrleitungen so groß dimensioniert sind, daß bei mittlerem oder geringem Wasserbedarf zeitweise sehr geringe Fließ-

geschwindigkeiten auftreten. Es kommt zur Stagnation. In solchen Leitungsabschnitten treten häufig Probleme mit Verkeimung oder Ablagerungen auf.

Bei einem Rückgang des Wasserverbrauchs werden in solchen Problemgebieten die Schwierigkeiten größer. Durch den Wegfall von Großverbrauchern, z. B. bei Schließung von Industriebetrieben oder Kasernen, kann ein solches Problemgebiet leicht entstehen.

Der Rückgang der Wasserabgabe in der Fläche um 10 bis 20 % hat grundsätzlich keine besonderen Auswirkungen auf die Bemessung und auf den Betrieb der Wasserversorgungsnetze. Der Rückgang kann aber bestehende Probleme in Teilbereichen verstärken oder örtlich zu neuen Problembereichen führen.

4. Rückläufiger Wasserverbrauch und Löschwasserbedarf

Im zentralen Teil von größeren Wasserversorgungsnetzen mit Rohrdurchmessern von 500 mm und größer hat die Löschwassermenge keinen wesentlichen Einfluß auf die Dimensionierung der Rohrleitungen. Bei einem Löschwasserbedarf an mehreren Hydranten mit zusammen 96 m^3 pro Stunde und Einspeisung von zwei Seiten steigt der Durchfluß in den beiden Rohrsträngen gegenüber dem mittleren Durchfluß z. B. nur um etwa 10 %.

In Endsträngen oder in außenliegenden Teilbereichen des Rohrnetzes sind die Verhältnisse anders. Hier dominiert die Löschwassermenge. Als Beispiel hierfür soll ein Versorgungsgebiet mit 5000 Einwohnern dienen (**Bild 7**). Der Bedarf an Löschwasser beträgt 96 m3 pro Stunde [8]. Bei einem angenommenen Rückgang des Wasserbedarfs um 10 bzw. 40 % verschiebt sich das Verhältnis zwischen Bemessungsdurchfluß und mittlerem Durchfluß von 4,3 auf 4,6 bzw. 5,8.

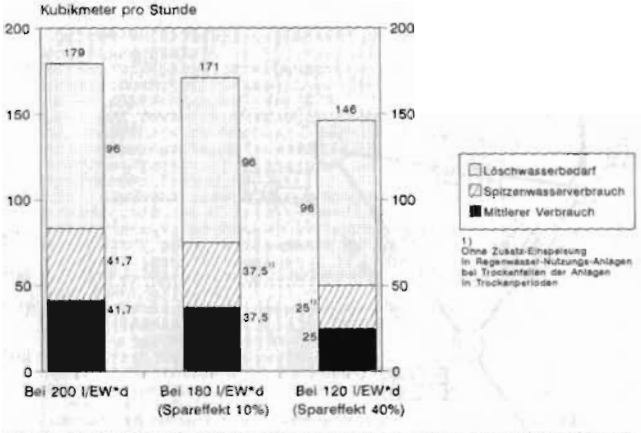


Bild 7: Struktur des maßgeblichen Wasserverbrauchs in einem Versorgungsgebiet mit 5000 Einwohnern bei unterschiedlichen Spareffekten

Wenn die Fließgeschwindigkeit maximal rund 1 m/s betragen soll, so beträgt die Fließgeschwindigkeit bei mittlerem Bedarf 0,23 m/s. Nach einem Rückgang des Wasserverbrauchs um 10 bzw. 40 % sind die Fließgeschwindigkeiten nur noch 0,22 bzw. 0,17 m/s. Über 10 km ist das Wasser dann etwa 16 Stunden unterwegs gegenüber derzeit etwa zwölf Stunden. In der Fläche sind somit selbst bei einem Rückgang des Wasserbedarfs in dieser Größenordnung keine erheblichen Probleme zu erwarten.

Der Anteil des Löschwasserbedarfs nimmt jedoch bei rückläufigem Wasserbedarf stark zu und wird mehr und mehr zum bestimmenden Faktor bei der Bemessung der Rohrnetze. In Endsträngen besteht dann die Gefahr, daß verstärkt mit Ablagerungen und Verkeimungen zu rechnen ist. Häufigeres Spülen der Leitungen kann erforderlich werden – entsprechend nimmt der Eigenbedarf zu. Zugleich steigt auch der Aufwand an Wasseranalysen. Nur in Ausnahmefällen wird es möglich sein, zur Erhöhung der Fließgeschwindigkeit einzelne Rohrstränge außer Betrieb zu setzen oder kleinere Rohrdurchmesser einzubauen.

5. Einfluß der Nutzung von Regenwasser auf den Rohrnetzbetrieb

Die flächendeckende Nutzung von Regenwasser in den Haushalten für Toilettenspülung und Wäschewaschen wird von einigen Interessengruppen angestrebt. Die Nutzung von Regenwasser zu anderen Zwecken als der Bewässerung von Pflanzen in Haus und Garten bringt aber auch gravierende Nachteile mit sich. Die Regenwassernutzung wird deshalb kontrovers diskutiert (vgl. [13, 14]). Wenn die Regenwassernutzung in außenliegenden Wohngebieten oder auch in Neubaugebieten Verbreitung finden sollte, so könnten in diesen Teilbereichen der Wasserrohrnetze Probleme beim Betrieb entstehen.

In Wohngebieten mit Regenwassernutzung ändert sich nur der mittlere Verbrauch und damit der mittlere Durchfluß. Der Wasserbedarf beträgt dort nur etwa die Hälfte des Bedarfs in anderen Baugebieten, allerdings nur, solange die Regenwasserbehälter gefüllt sind. Wenn die Behälter in Trockenperioden trockenfallen, muß die öffentliche Trinkwasserversorgung sowohl den Verbrauch ohne Regenwassernutzung decken als auch zusätzlich den gerade dann anfallenden Spitzenwasserbedarf (**Bild 8**, vgl. [14]). Das Rohrnetz muß also für den Verbrauch ohne Regenwassernutzung vorgehalten werden.

Die Nutzung von Regenwasser in den Haushalten kann sogar zu einer Erhöhung des Spitzenbedarfs führen, wenn nämlich die leeren Regenwasserbehälter gerade in Zeiten mit Spitzenbedarf mit Trinkwasser aufgefüllt werden.

In Zeiten, wo die Regenwassernutzungsanlagen in Betrieb sind, treten nur geringe Fließgeschwindigkeiten im Netz auf. In Endsträngen kann dies zu Stagnation und erhöhtem Risiko von Verkeimung führen. Der Anteil der Fixkosten nimmt somit durch Regenwassernutzung zu.

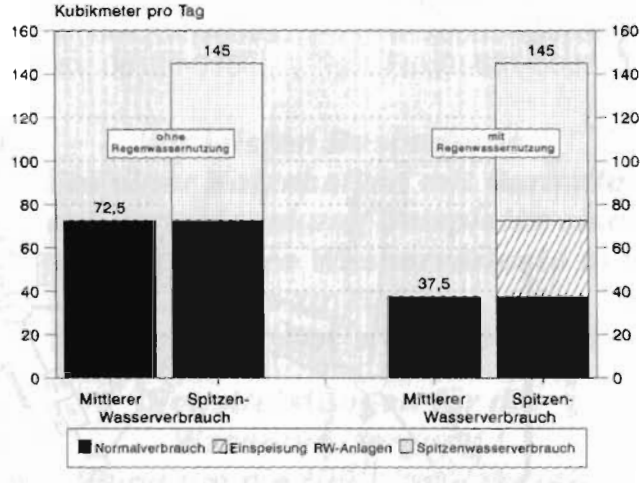


Bild 8: Verbrauchsstruktur in einem Neubaugebiet für 500 Einwohner; Gegenüberstellung mit und ohne Regenwassernutzung

6. Stagnation und Verkeimung

Wenn Trinkwasser über einen längeren Zeitraum in einem Rohrnetz verbleibt (stagniert), verliert es vor allem durch die Vermehrung von Mikroorganismen (Verkeimung), unter Umständen auch durch Aufnahme von Stoffen aus der Rohrleitung und andere Effekte an Qualität. Nach einem gewissen Zeitraum ist nicht mehr gewährleistet, daß es bei der Übergabe an den Verbraucher noch die von der Trinkwasserverordnung [20] und der DIN 2000 [9] geforderten Eigenschaften besitzt.

Die Geschwindigkeit der Verkeimung bzw. Wiederverkeimung von Trinkwasser hängt von mehreren Faktoren ab (vgl. [10, 15]), vor allem:

- der Wassertemperatur,
- dem Leitungsmaterial,
- dem Alter der Rohrleitungen,
- der chemischen Beschaffenheit des Wassers,
- der Keimzahl im Frischwasser,
- der Art der Desinfektion des Trinkwassers im Wasserwerk.

Bisher liegen keine Untersuchungen vor, die Grundlage für eine Bestimmung der zulässigen Verweilzeit von Trinkwasser im Rohrnetz sein könnten. Hier besteht Forschungsbedarf. Einen Anhaltspunkt nennen Baur/Eisenbart [1], die für Wasserbehälter mit auf Zementbasis hergestellten Innenflächen experimentell festgestellt haben, daß Standzeiten von fünf bis sieben Tagen in der Regel keine Beeinträchtigung der Wasserqualität verursachen.

Mit Verkeimung ist somit in Rohrnetzen mit einer Vielzahl von Verbrauchern weniger zu rechnen, auch dann nicht, wenn der Wasserverbrauch zurückgeht.

Problemschwerpunkte für die Verkeimung sind vor allem

- Industriegebiete mit stark rückläufigem Verbrauch,
- aufgegebene Militärstandorte und Standorte mit stark reduziertem Personalbestand,
- Gebiete mit hohem Löschwasserbedarf im Verhältnis zum Trinkwasserbedarf, vor allem Endstränge,
- Gebiete mit überdimensionierten Leitungsnetzen (z. B. aufgrund geänderter Stadtentwicklungs-Planung),
- Gebiete mit zu stark vermaschten Rohrnetzen mit stagnierenden Teilsträngen und schließlich
- Rohrleitungen mit Baumängeln (z. B. Hydrant am Endstrang).

Bild 9 zeigt ein Beispiel für einen stark vermaschten Teilbereich eines Versorgungsnetzes. Über die einzelnen Rohrabschnitte werden nur wenige Verbraucher versorgt. Die durch die Vermaschung gewonnene zusätzliche Betriebssicherheit ist deshalb gering. Die Vermaschung führt aber zu sehr geringen Fließgeschwindigkeiten und zur Gefahr der Stagnation in den Rohrabschnitten Nr. 184, 189, 190, 191 und 193. Hier könnte es angezeigt sein, die Versorgung einzelner Straßenabschnitte über Stichleitungen mit kleinem Durchmesser sicherzustellen.

Bei Gefahr der Verkeimung besteht zunächst die Gefahr der Nichteinhaltung der Vorgaben der Trinkwasserverordnung. Um dies zu vermeiden, muß das Wasser öfter beprobt und die Leitungen öfter gespült werden. Stagnierende Leitungsabschnitte führen somit zu einem erhöhten Eigenbedarf bzw. zu erhöhten Wasserverlusten. Darüber hinaus verursachen sie zusätzliche Kosten. Bei verschiedenen Wasserversorgungsunternehmen haben sich in der Vergangenheit Probleme mit Verkeimung ergeben, wenn Großverbraucher wie Industriebetriebe oder Kasernen ihren Wasserverbrauch stark reduziert oder gar den Wasserbezug eingestellt haben.

7. Konsequenzen eines rückläufigen Wasserverbrauchs für Planung und Betrieb von Wasserrohrnetzen

Geht der Wasserverbrauch flächendeckend um 10 bis 20 % zurück, so ändern sich die Fließverhältnisse und Aufenthaltszeiten im Rohrnetz nur unwesentlich. Die Berücksichtigung

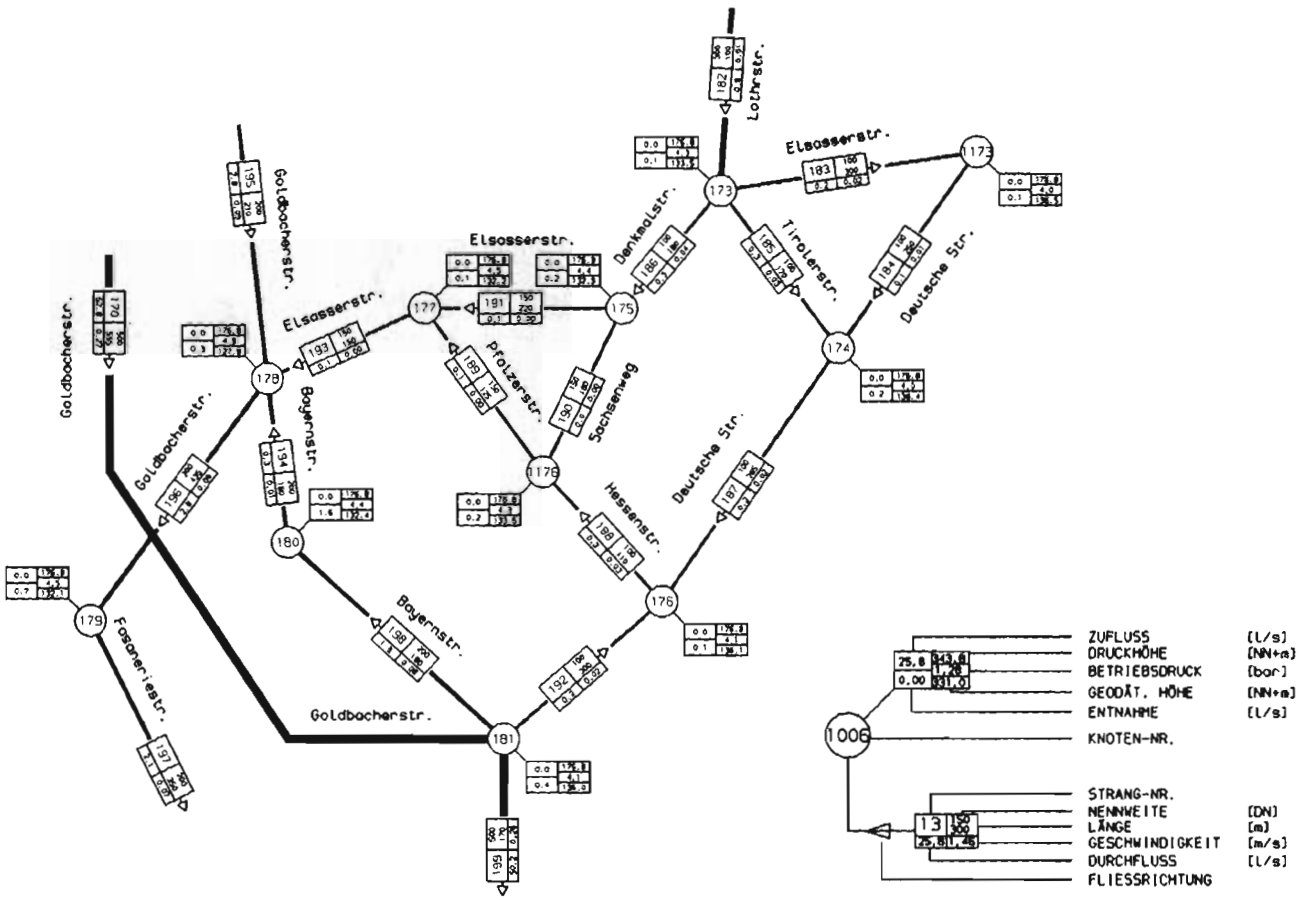


Bild 9: Ausschnitt aus einem Versorgungsnetz mit stagnierenden Leitungsabschnitten

von Spitzenwasserbedarf, Löschwasserbedarf und Reserven führt dazu, daß die Rohrleitungsnetze meistens so dimensioniert sind, daß der maximal geplante Durchfluß 4 bis 5, bei Endsträngen bis zu 8 mal größer ist als der mittlere Durchfluß. Deswegen hat ein Rückgang des mittleren Wasserverbrauchs um 10 bis 20 % kaum einen negativen Einfluß auf den Betrieb der Leitungsnetze.

Nachteilig kann sich ein rückläufiger Wasserverbrauch in Sonderfällen bei Endsträngen und örtlich bei Wegfall von Großverbrauchern auswirken.

Eine systematische Übersicht über das Leitungsnetz kann mit Rohrnetzberechnungen erreicht werden. Für verschiedene, auch extreme Zustände werden die Fließgeschwindigkeiten und die Stagnationszeiten in allen Strängen des Leitungsnetzes bestimmt. Die Ergebnisse werden verglichen mit den bisherigen Erfahrungen über Verkeimung bei Stagnation und über Ablagerungen in einzelnen Strängen.

Hieraus können Spülprogramme und eventuell erforderliche Umbaumaßnahmen abgeleitet werden. Bis solche Untersuchungsergebnisse vorliegen, sollten in den vermuteten Problemgebieten entsprechend häufig Proben gezogen und analysiert werden.

Literaturhinweise:

[1] Baur, Albert/Eisenbarth, Karl: Einfluß der Standzeit in Wasserbehältern auf die Wasserqualität – Bericht über ein F+E-Vorhaben. gwf Wasser-Abwasser 129 (1988) Heft 2, S. 109–115.

[2] BGW, Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V.: 105. Wasserstatistik, Bundesrepublik Deutschland, Berichtsjahr 1993. Bonn, 1994 (ergänzt durch aktuelle Angaben gemäß telefonischer Auskunft).

[3] Björnsen, G.: Möglichkeiten zum Wassersparen – Wo und wie sind WVU gefordert? Vortrag anläßlich des Informationstages „Wasser" der BGW/DVGW Landesgruppen Hessen am 27. August 1992 in Hofheim. Broschüre, Hrsg.: BGW/DVGW Landesgruppen Hessen.

[4] Björnsen, G.: Wasser sparen. Neue DELIWA-Zeitschrift, 45. Jg. (1994), Heft 11, S. 557–561.

[5] Björnsen, G./Roth, U.: Einfluß der Haushaltsgröße auf den Wasserbedarf. Wasser und Boden, 45. Jg. (1993), Heft 3, S. 155–158.

[6] DVGW, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches: Ermittlung des Wasserbedarfs. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 81, Eschborn, 1993.

[7] DVGW, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches: Technische Regel – DVGW-Arbeitsblatt W 410 – Wasserbedarfszahlen. Entwurf, November 1993. Eschborn.

[8] DVGW, Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches: Technische Regel – DVGW-Arbeitsblatt W 405 – Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung. Eschborn.

[9] Fachausschuß Wasserwesen im Deutschen Normenausschuß: DIN 2000 – Zentrale Trinkwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau und Betrieb der Anlagen. November 1973.

[10] Hambsch, B.: Wiederverkeimung von Trinkwasser in Abhängigkeit von Wasserqualität, Kontaktflächen und Verweilzeit. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 79, Wasserfachliche Aussprachetagung Berlin 1993, S. 203–212.

[11] Mutschmann/Stimmelmayr: Taschenbuch der Wasserversorgung. 10. Auflage, Frankh-Kosmos, Stuttgart, 1991.

[12] Roth, U.: Der Einfluß moderner Haushaltsgeräte auf den Wasserbedarf der Haushalte. Wasser und Boden, 47. Jg. (1995), Heft 10, S. 58–62.

[13] Roth, U.: Nutzen-Kosten-Verhältnis der Regenwassernutzung – Versuch einer Bilanzierung. Vortrag bei der Fortbildungsveranstaltung „Regenwassernutzung" der Hessischen Landesanstalt für Umwelt am 12. 10. 1994 in Lollar.

[14] Roth, U.: Regenwassernutzung im häuslichen Bereich. Wasser und Boden, 45. Jg. (1993), Heft 3, S. 158–160.

[15] Sacré, C.: Sicherung gegen Wiederverkeimung von Trinkwasser in Transport- und Verteilungssystemen durch Desinfektion. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 79, Wasserfachliche Aussprachetagung Berlin 1993, S. 213–226.

[16] Schlicht, Horst: Wasserbedarfsermittlung als Grundlage für die Planung. Vortragsmanuskript, DVGW-Informationsveranstaltung Wasserbedarf, Münster, 8. Mai 1995.

[17] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 1995 für das Ausland. Metzler-Poeschel, Wiesbaden, 1995.

[18] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 1995 für die Bundesrepublik Deutschland. Metzler-Poeschel, Wiesbaden, 1995.

[19] U. S. Department of the Interior – U. S. Geological Survey: Estimated use of water in the United States in 1990. Denver, Colorado, 1993.

[20] Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung – TrinkwV) BGBl. I vom 12. 12. 1990, S. 2612.

[21] Wieligmann, R.: Bauliche und betriebliche Maßnahmen zur Erhaltung der Trinkwassergüte im Rohrnetz. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 79, Wasserfachliche Aussprachetagung Berlin 1993, S. 283–294.

[22] WRM, Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (Hrsg.): Wasserbilanz Rhein-Main 1990–2010 – Fortschreibung 1991 bis 1993. (Bearbeitung: Björnsen Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz, in Zusammenarbeit mit dem Regierungspräsidium Darmstadt und dem WRM-Arbeitskreis Wasserbilanz) Frankfurt/Wiesbaden/Einhausen, 1994.

Spezielles DELIWA-Lehrgangsangebot

Blocklehrgang „Rohrnetzmeister"

Lehrgangsort: Essen/Dortmund *(vom 15. März 1996 bis Mai 1997)*

Lehrgangskonzept: Kombination von Teilzeit-, Vollzeit- und Fernlehrgang; keine Kündigung im Betrieb erforderlich

Es sind noch Lehrgangsplätze frei!

Weitere Informationen: **DELIWA-Geschäftsbereich Region West, Oxfordstr. 4, 53111 Bonn, Tel. (02 28) 69 08 30, Fax (02 28) 69 09 42**

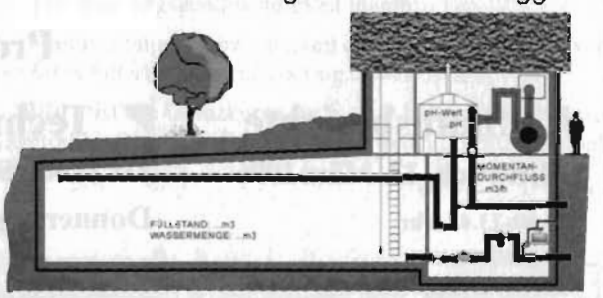
WASSER IST UNSER ELEMENT

WAEC

ORTUNGS- UND ÜBERWACHUNGSTECHNIK

D-65510 Idstein Richard-Klinger-Str. 10

■ Leckortungskorrelatoren ■ Leitungssuchgeräte
■ Überwachungssysteme ■ Sensoren + Zubehör
■ Akustische Lecksuchgeräte ■ Datenlogger



ÜBERWACHUNGSTECHNIK

Computertechnik zum Anfassen. Wir visualisieren Ihre zu überwachenden Objekte originalgetreu nach Ihren Vorgaben. Sie erkennen jedes Bauteil auf dem Bildschirm wieder. Alle Betriebsdaten, egal ob Behälterstand, Durchflüsse oder z. B. Pumpenlaufzeiten sind „online" abzulesen
– gerade so, als ob Sie mitten im Objekt stehen würden!
Das Wichtigste jedoch sind Protokolle und Meldungen, die den Wassermeister sofort informieren, wenn ein Rohrbruch entsteht und dem Kaufmann bei der Jahresabrechnung eine Menge Arbeit abnehmen.

Stammhaus:
Tel: 06126-990099
Fax: 06126-3336

Vertrieb:
Tel: 05631-508299
Fax:05631-508290

Wir leisten Besonderes:
Bei einer Netzanalyse mit Garantie auf Verlustsenkung beispielsweise senken wir Ihre Wasserverluste um bis zu 70 % .
Andernfalls gibt´s Geld zurück !

Dienstleistungen für die Wasserversorgung !
Rund um die Uhr einsatzbereit und schnell vor Ort :

TEICHMANN
NETZ-ANALYSE

Itter-Werke
Horst Teichmann GmbH
Auf dem Hagendorf 1
D-34516 Völhl
Tel: 05631-508 273
Fax: 05631-508 270