

Ulrich Roth

Mittelfristige Prognose zur Entwicklung des Trink- und Prozesswasserbedarfs in Deutschland

Vortrag beim 14. Mülheimer Wassertechnischen Seminar „Steigender Kostendruck und abnehmender Trinkwasserbedarf erzwingen Rückbau und Optimierung von Wasserversorgungsanlagen“ am 27. Januar 2000 im IWW in Mülheim an der Ruhr

1 Gegenstand der Prognose

Gegenstand von Wasserbedarfsprognosen sind Planungswerte für den Wasserbedarf in einem bestimmten Zeitraum. Sie weisen längerfristige Rand- oder Mittelwerte aus, nicht konkrete Bedarfszahlen für bestimmte Zeitpunkte [1].

Da die Menschen das Wasser nutzen, folgt der Wasserbedarf prinzipiell der Bevölkerungsentwicklung:

$$\text{Wasserbedarf} = \text{Einwohnerzahl} * \text{Pro-Kopf-Bedarf}$$

Grundlage jeder Wasserbedarfsprognose ist deshalb eine Bevölkerungsprognose. Einzelne Verbrauchssektoren (vgl. Abb. 2) können bzw. sollten - soweit aufgrund ihres Anteils am Verbrauch erforderlich und anhand der Datenlage möglich - besonders betrachtet werden.

Maßgeblich für die Bewertung der Versorgungssicherheit ist der höchste zu erwartende Wasserbedarf - Bemessungsgrundlage für viele Anlagen sind die Bedarfsspitzen in Trockenperioden [2].

Neu ist vor diesem Hintergrund die Fragestellung, wie weit der Wasserbedarf zurückgehen kann bzw. wird. Angesichts des seit etwa 1990 rückläufigen Wasserbedarfs stellt sich zunehmend die Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Wasserversorgung, insbesondere auch der Wasserbeschaffung.

Die Wasserbilanz für 1995 (Abb. 1) weist für Deutschland eine Wassernutzung von 42,6 Mrd. m³ aus (ohne landwirtschaftliche Beregnung).

Der Großteil der Wassernutzung entfällt auf die Gewinnung von Kühlwasser aus Oberflächengewässern. Im Bergbau wird ein erheblicher Teil des geförderten Wassers ungenutzt abgeleitet.

Der Trink- und Prozesswasserbedarf in Deutschland hat derzeit eine Größenordnung von etwa 8 Mrd. m³/a. Das Wasseraufkommen der öffentlichen Trinkwasserversorgung lag 1995 bei 5,8 Mrd. m³.

Die Trinkwassergewinnung erfolgt praktisch ausschließlich aus hochwertigen, anthropogen möglichst unbeeinflussten Ressourcen, nämlich

- zu 63 % aus echtem Grundwasser,
- zu 10 % aus Quellwasser,
- zu 15 % aus Uferfiltrat und angereichertem Grundwasser,
- zu 11 % aus Seen und Talsperren und
- nur zu 1 % aus Flüssen.

Abgegeben wird das Trinkwasser (Abb. 2)

- zu 67 % an Haushalte und Kleingewerbe,
- zu 21 % an Industrie, Gewerbe und „Sonstige Abnehmer“ wie öffentliche Einrichtungen und
- 12 % werden von den Wasserwerken selbst verbraucht (Eigenbedarf) bzw. entfallen auf Zählerdifferenzen und Rohrnetzverluste (Verluste).

Der Pro-Kopf-Verbrauch lag 1995 bei insgesamt 195 Liter pro Einwohner und Tag (l/EW*d), davon entfallen ca. 120 l/EW*d auf Haushalte.

In Betrieben und Behörden wird Trinkwasser zu einem erheblichen Anteil zu ähnlichen Zwecken genutzt wie in den Haushalten, also durch die Belegschaft und die Kunden. In der Produktion kommt Trinkwasser in der Regel nur dort zum Einsatz, wo dies unumgänglich bzw. die wirtschaftlichste Lösung ist.

Viele gewerbliche und öffentliche Betriebe betreiben eigene Gewinnungsanlagen, in denen Wasser unterschiedlicher Qualität für unterschiedliche Zwecke gewonnen wird. Diese Wassergewinnung summiert sich auf etwa 2 Mrd. m³/a.

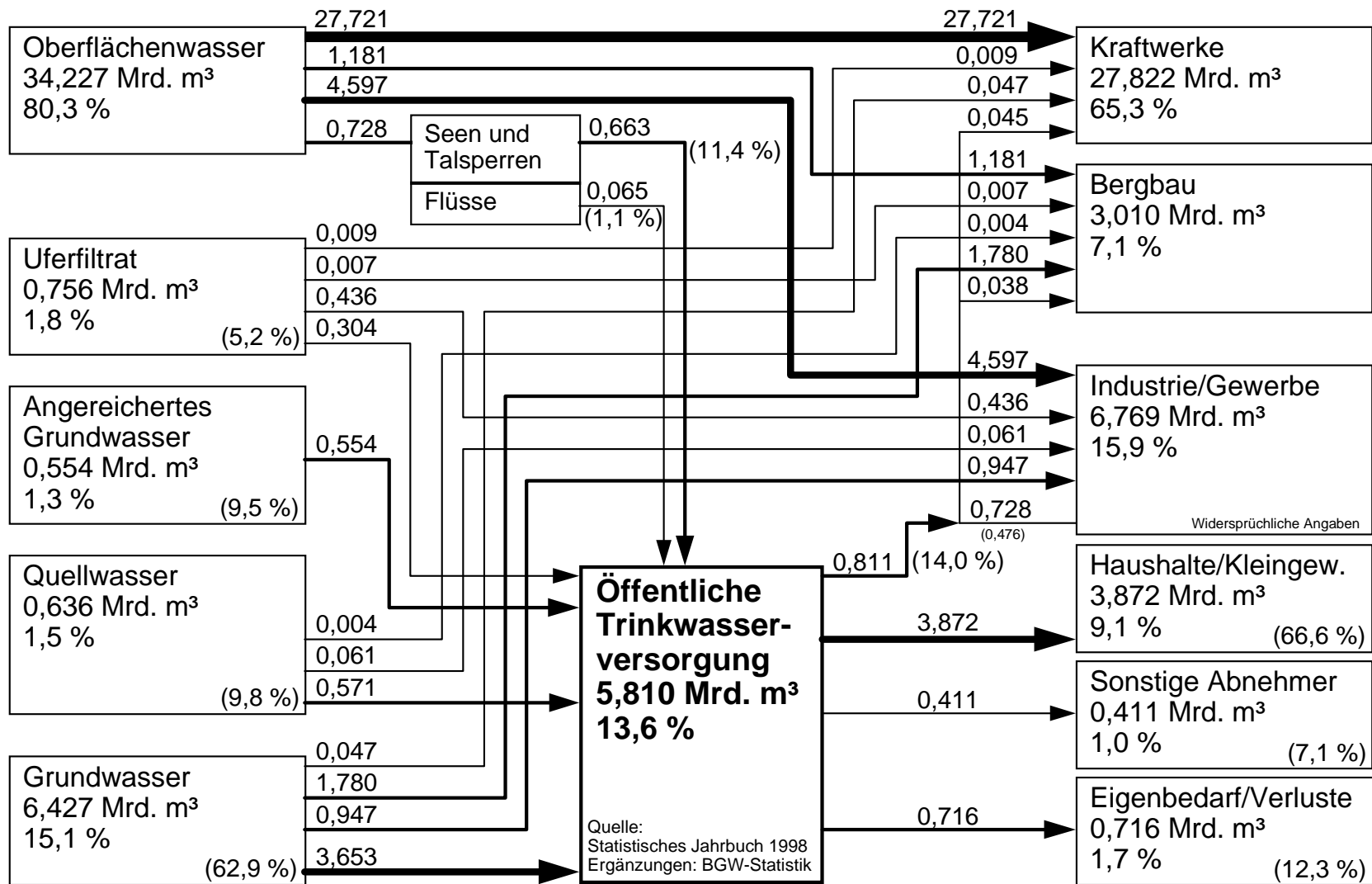


Abb. 1: Wasserbilanz 1995 für Deutschland - Bilanzsumme: 42,601 Mrd. m³ [3, 4]

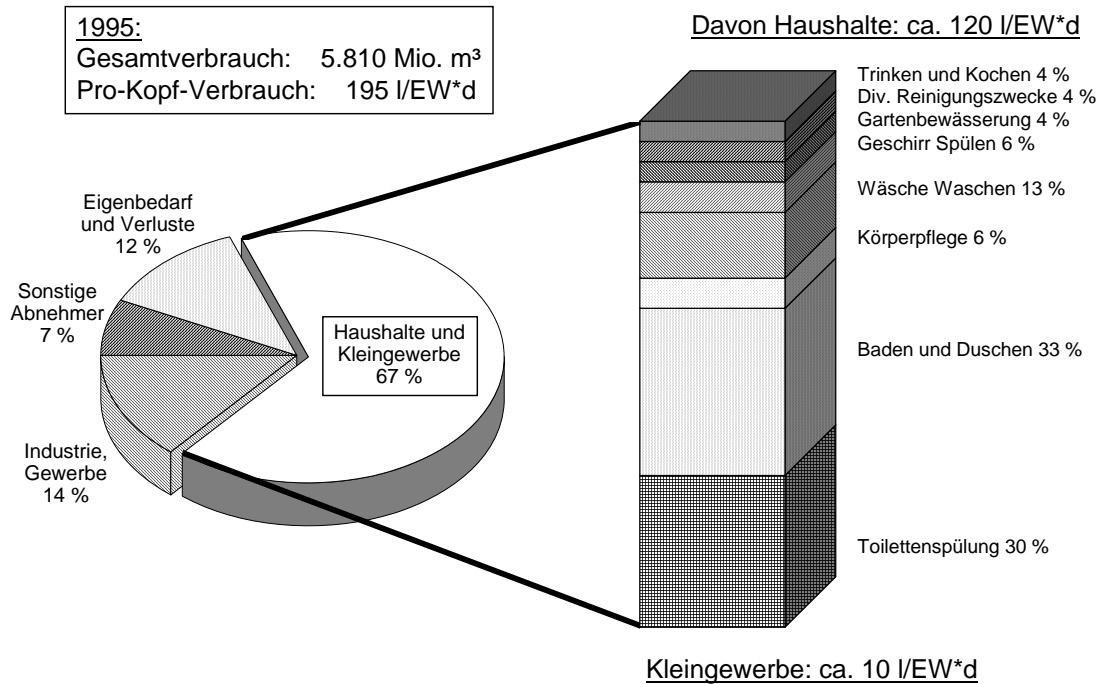


Abb. 2: Struktur des Trinkwasserverbrauchs in Deutschland [5, 6]

2 Bisherige Entwicklung des Trinkwasserverbrauchs

Der Trinkwasserverbrauch in den westlichen Bundesländern und in der ehemaligen DDR war durch die unterschiedlichen Systeme geprägt. Der Einbau von Wasserzählern und die zunächst negative ökonomische Entwicklung haben in den östlichen Bundesländern einen drastischen Bedarfsrückgang ausgelöst. In den alten Bundesländern fand dagegen eine mehr oder weniger einheitliche Entwicklung statt, die zunehmend auch auf die neuen Bundesländer zutrifft (Abb. 3).

Für längerfristig rückblickende Betrachtungen bieten sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt die alten Bundesländer an. Abb. 4 zeigt beispielhaft die Entwicklung in Südhessen (Regierungsbezirk Darmstadt). Dort wird seit 1977 eine einheitliche Wasserstatistik geführt.

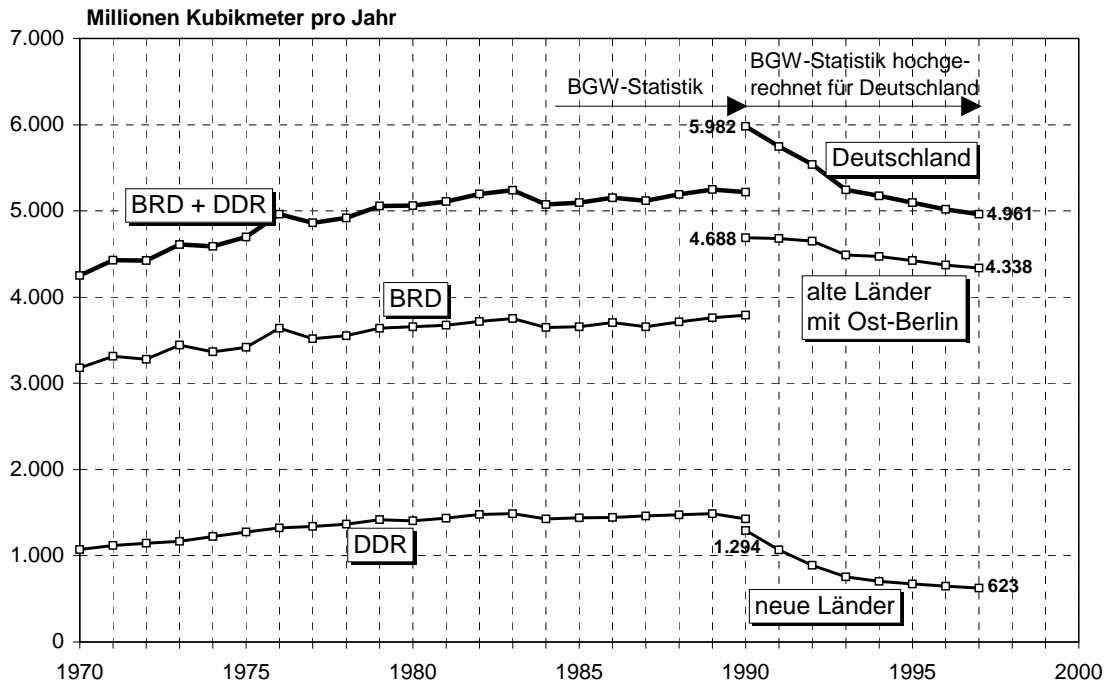


Abb. 3: Entwicklung der Trinkwasserabgabe an Verbraucher in Deutschland, 1970 bis 1997 [4, 7] (ohne Eigenbedarf und Verluste)

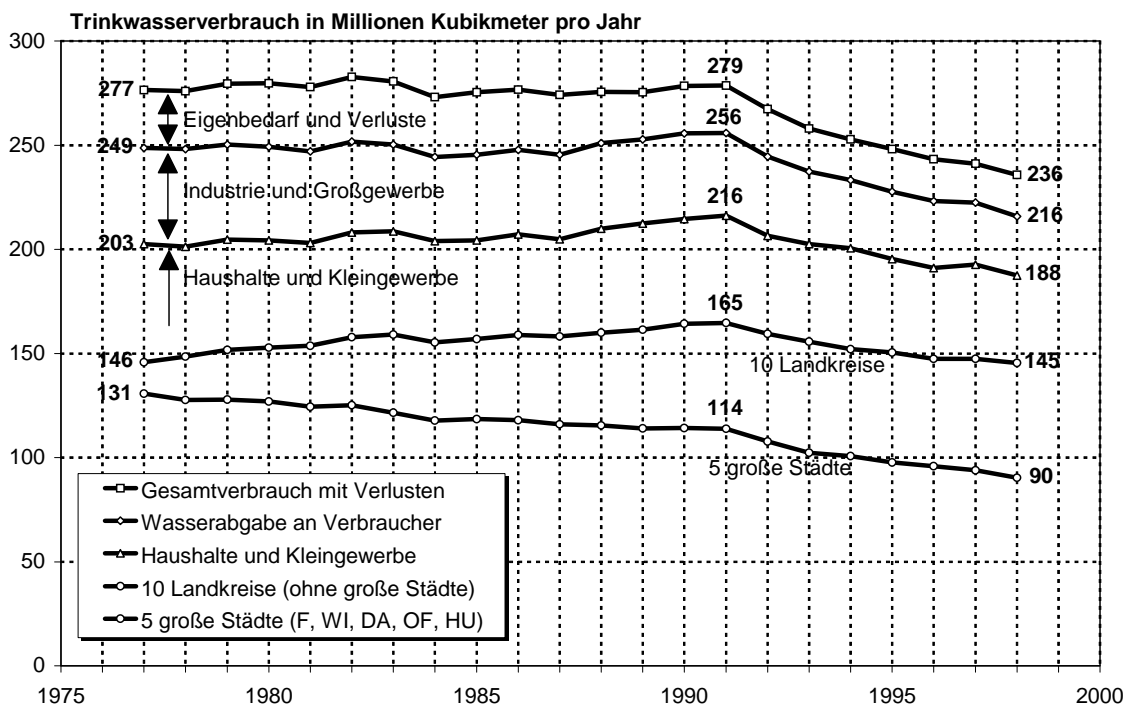


Abb. 4: Entwicklung des Trinkwasserverbrauchs in Südhessen, 1977 bis 1998 [6]

Die Entwicklung macht deutlich:

- Der Gesamtverbrauch war 1977 bis 1991 (Trockenjahr mit erhöhtem Verbrauch) weitgehend konstant. Seitdem ist er um 15 % zurückgegangen.
- Der Wasserverbrauch von Haushalten und Kleingewerbe hatte bis 1991 einen leicht steigenden Trend und ist seitdem um 13 % zurückgegangen.
- Der Wasserverbrauch von Industrie und Großgewerbe ist im gesamten Betrachtungszeitraum rückläufig, insgesamt um 39 %.
- Eigenbedarf und Verluste sind um 29 % zurückgegangen.
- In den 5 großen Städten (Frankfurt, Wiesbaden, Darmstadt, Offenbach, Hanau) ist seit 1977 ein gleichmäßiger Verbrauchsrückgang um 31 % erfolgt.
- In den überwiegend eher ländlich/kleinstädtisch geprägten Bereichen der 10 Landkreise ist bis 1991 eine deutliche Verbrauchszunahme verzeichnet, die vom Rückgang bis 1998 gerade wieder aufgezehrt wurde.

Als Hauptursachen für die Entwicklung sind bekannt [1, 6, 8]:

- Wassersparende Verfahrensweisen in Industrie und Gewerbe (seit ca. 1975)
- Abzug von Stationierungstreitkräften (seit 1990)
- Rückgang der Verluste (seit ca. 1980/85)
- Spareffekte bei Haushaltsgeräten und Toiletten (seit ca. 1977 bzw. 1984)
- Die strukturelle und wirtschaftliche Gesamtentwicklung.

3 Prognose-Modelle

Als mathematische Prognose-Modelle sind lineare und exponentielle Funktionen bekannt, die Wachstums- bzw. Schrumpfungsprozesse beschreiben (Abb. 5). Nachteil dieser Modelle ist, daß sie bei längeren Betrachtungszeiträumen unrealistisch hohe bzw. niedrige Ergebnisse liefern.

Zutreffender wird die Entwicklung des Wasserbedarfs beschrieben durch Entwicklungsfunktionen, die davon ausgehen, daß Verbrauchsänderungen nach Eintreten des auslösenden Ereignisses in einem gewissen Zeitraum wirksam werden (Abb. 6).

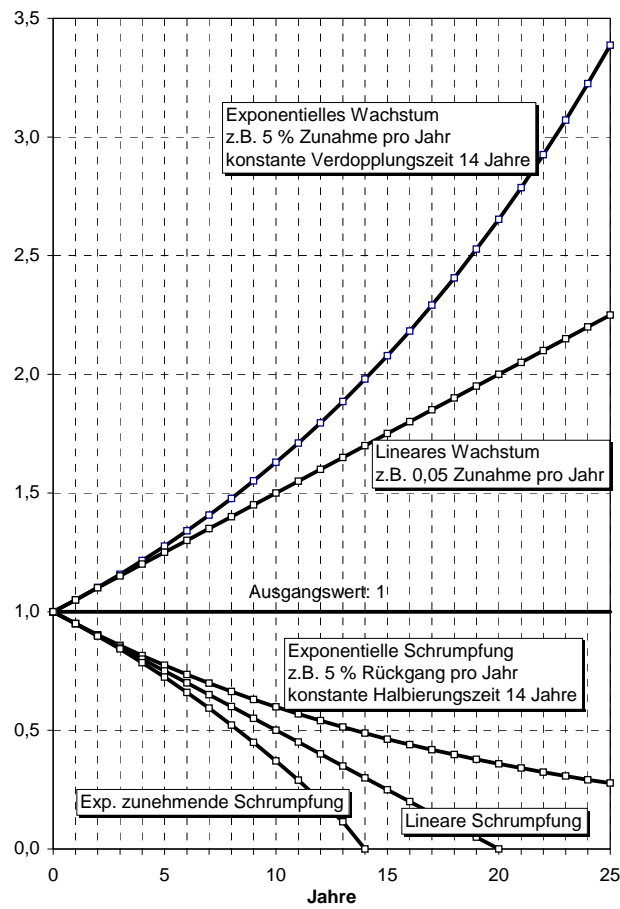


Abb. 5: Modelle für Wachstums- und Schrumpfungsprozesse

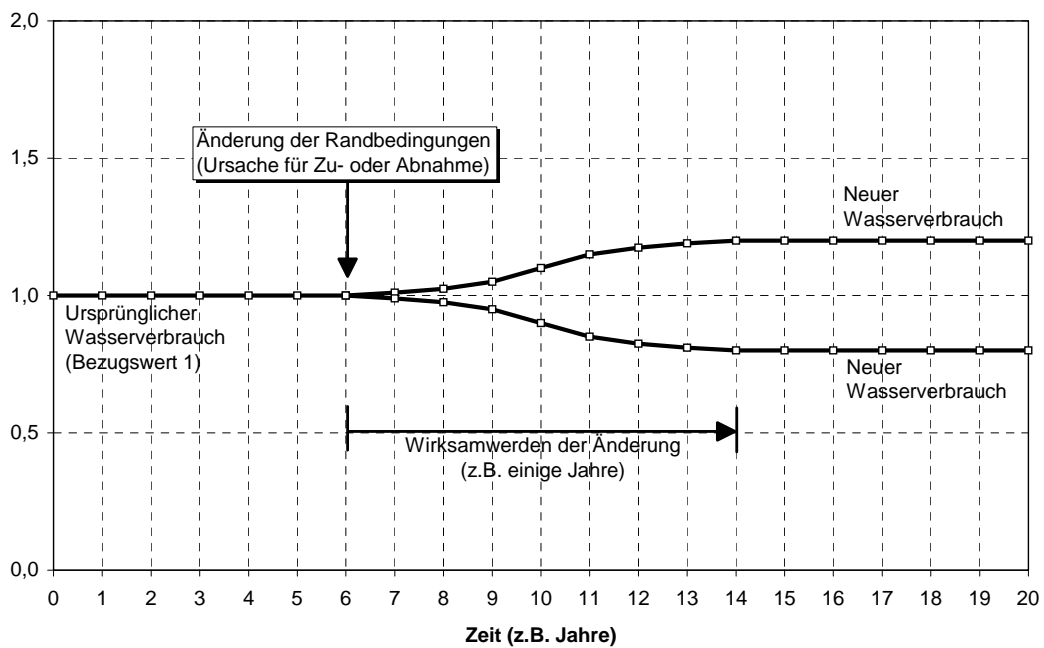


Abb. 6: Entwicklungsfunktionen [1]

Beispiele für Änderungen von Randbedingungen sind technische Neuerungen und Änderungen von DIN-Normen, Vorschriften oder Gesetzen.

Maßgeblich für die Bedarfsentwicklung sind Faktoren wie

- Bevölkerungsentwicklung,
- technische und wirtschaftliche Entwicklung,
- Ansprüche der Bevölkerung an Komfort und Hygiene, Lebensstandard, Verbraucherverhalten,
- Äußere Einflüsse, z.B.
 - Energiekrise 1973/74,
 - Sparkampagnen,
 - Abzug von Stationierungstreitkräften seit 1990,
 - Standortwechsel, Stilllegung oder Konkurs größerer Unternehmen,
 - Katastrophen.

Prinzipiell nicht prognostizierbar sind neben solchen äußeren Einflüssen auch Verbrauchsschwankungen infolge Wetter und Konjunktur.

4 Einflußfaktoren bei Haushalten

Auf Haushalte entfallen fast 2 Drittel des Trinkwasserverbrauchs (vgl. Abb. 2).

Durch die Reduzierung des Wasserverbrauchs von Toilettenspülungen von 9 auf 6 Liter pro Spülgang ist mit einem Rückgang des entsprechenden Verbrauchsanteils um ein Drittel zu rechnen. Weiteren Sparpotentialen durch Stop-Tasten steht gegenüber, daß in bestimmten Fällen weiterhin 9-Liter-Spülkästen verwendet werden [1].

Im Bereich der Haushalte ist dadurch in dem Zeitraum 1985 bis ca. 2015 ... 2035 mit einem Bedarfsrückgang um ca. 15 l/EW*d zu rechnen (Abb. 7). Weitere Sparpotentialen bestehen in Betrieben und Behörden. Ca. 30 bis 50 % des Gesamteffektes wurden seit 1985 bereits umgesetzt.

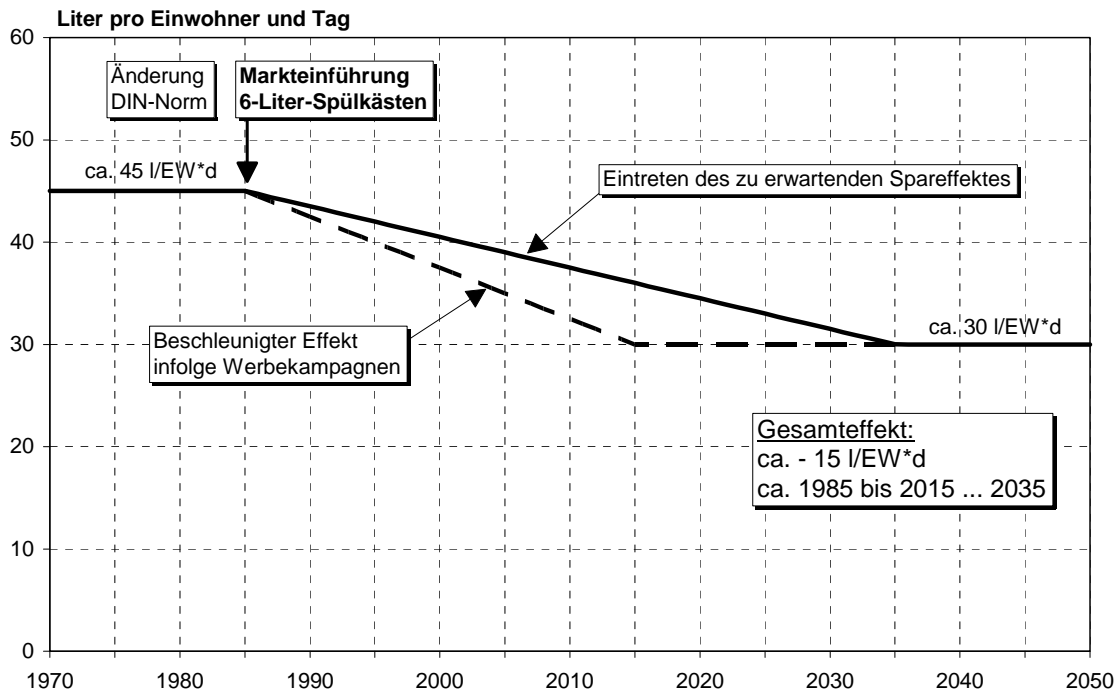


Abb. 7: Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs im Sektor Toilettenspülung

Wasch- und Spülmaschinen wurden nach der Energiekrise 1973/74 weiterentwickelt mit dem Ziel, ihren Energieverbrauch zu senken. Geringerer Wasserverbrauch war ein unvermeidlicher Nebeneffekt. Der Spareffekt von insgesamt 14 l/EW*d wird in dem Zeitraum ca. 1978 bis 2005 wirksam (Abb. 8, 9) und ist zum überwiegenden Teil bereits umgesetzt [9].

Wohnungswasserzähler können in großen Wohnblocks das Verbraucherverhalten deutlich beeinflussen und erhebliche Spareffekte auslösen. In einzelnen, sehr großen Blocks sind Verbrauchsrückgänge der Größenordnung 25 bis 40 % dokumentiert. In kleineren Mehrfamilienhäusern sind die Potentiale gering, bei Ein- und Zweifamilienhäusern gleich Null [10, 11].

Sparpotentiale durch Wohnungswasserzähler bestehen also vor allem in großen Städten mit hohem Anteil an großen Wohnblocks. In „Trabantenstädten“ sind Verbrauchsrückgänge von 20 % nicht ungewöhnlich. Im dörflichen und kleinstädtischen Umfeld besteht dagegen kein nennenswertes Potential.

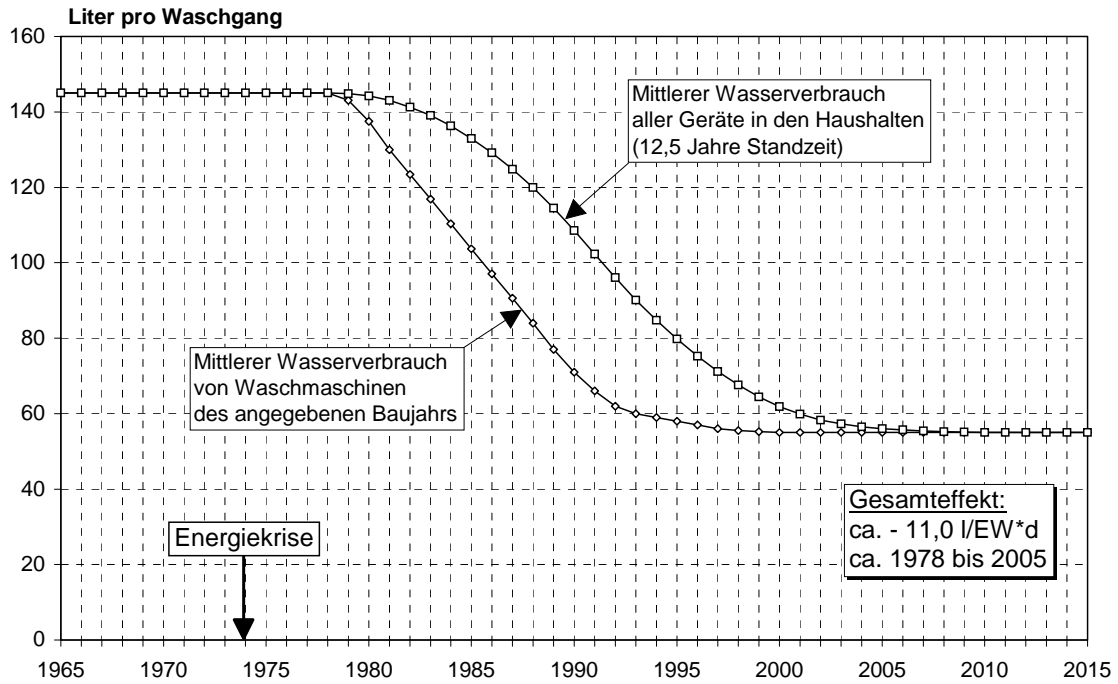


Abb. 8: Entwicklung des Wasserverbrauchs von Waschmaschinen

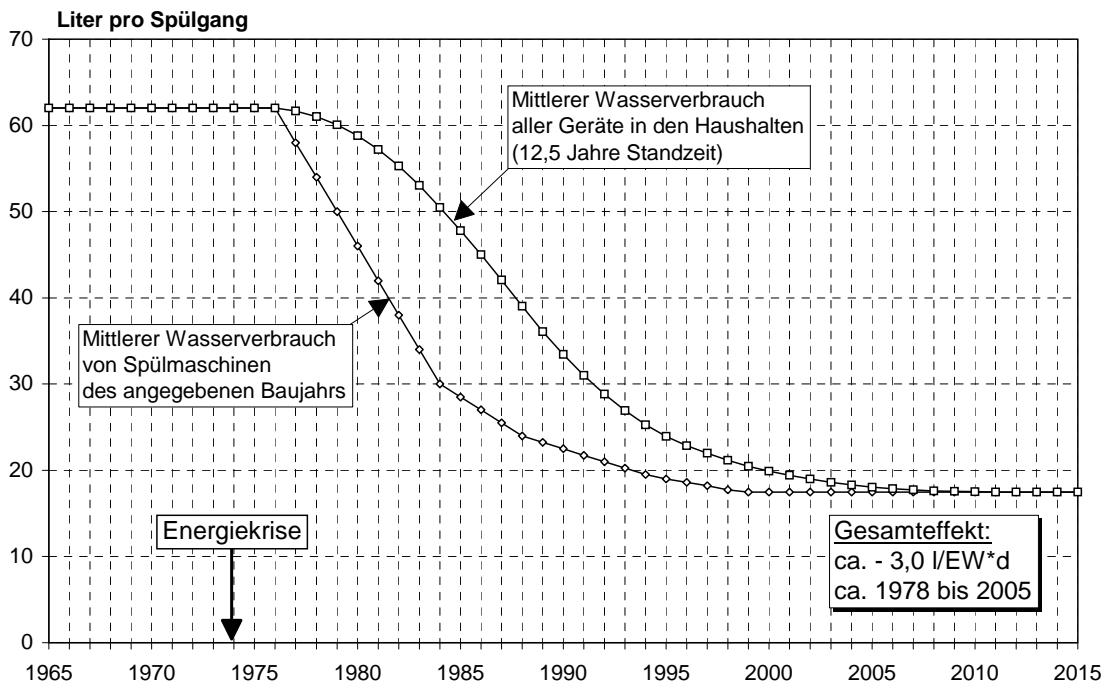


Abb. 9: Entwicklung des Wasserverbrauchs von Spülmaschinen

Sparpotentiale durch wassersparende Armaturen sind zu relativieren am relevanten Verbrauchsanteil. Perlatoren werden seit den 50er Jahren verwendet, seit Anfang der 70er Jahre sind sie Standard. Die heute noch bestehenden Restpotentiale sind gering [1].

Die Regenwasser-Nutzung im Haushalt - also für Toilette und Waschmaschine - ist nach wie vor umstritten. Im einzelnen Haushalt besteht ein Substitutionspotential von ca. 50 m³/a. Benötigt wird dafür eine aufwendige Anlage, für die neben Geld wertvolle Energie und wertvolle Rohstoffe verbraucht werden. Die Schmutzwassermenge bleibt gleich. Abgesehen von Einzelprojekten ist der Anwendungsbereich weitgehend auf Einfamilienhäuser beschränkt. Am gesamten Gebäudebestand relativiert ist der wasserwirtschaftliche Effekt der Regenwasser-Nutzung vernachlässigbar gering [12, 13].

Duschen statt Baden wird häufig empfohlen, weil man für ein Duschbad nur ca. 50 Liter Wasser braucht, für eine Wannenfällung dagegen 150 Liter. Abb. 10 zeigt, an welche Voraussetzung diese Aussage gebunden ist.

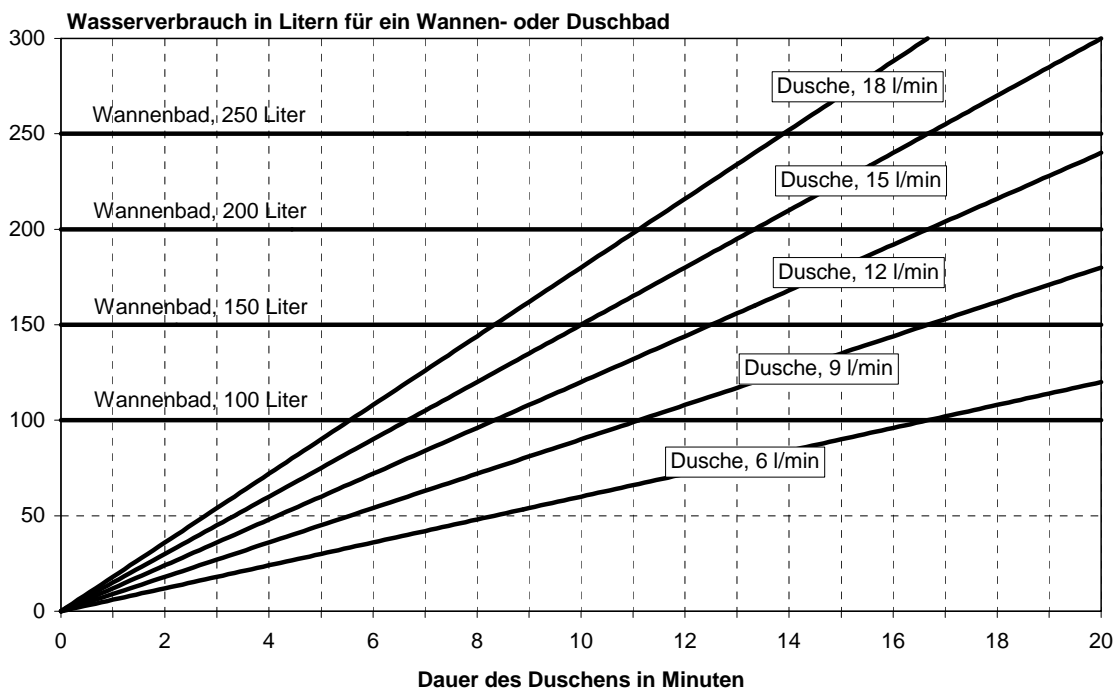


Abb. 10: Wasserverbrauch beim Duschen und Baden

Bei einem Duschkopf mit 12 Liter Durchfluss pro Minute wäre eine 150-Liter-Wanne nach 12,5 Minuten voll. In der Regel wird aber öfter geduscht als gebadet. Früher wurde am Wochenende gebadet - heute dient das tägliche Duschen der Körperpflege, das Bad am Feierabend der Entspannung. Die Gewohnheiten der heute jungen Generation unterscheiden sich z.T. gravierend von denen der Generation ihrer Großeltern [1, 8].

Durch „Duschen statt Baden“ wurde bereits in der Vergangenheit ein erheblicher Mehrverbrauch verursacht, und diese Entwicklung wird sich fortsetzen.

Mehrverbrauch wird auch verursacht durch den nach wie vor bestehenden Trend zu kleinen Haushalten. Allein in den 80er Jahren verursachte dies eine Verbrauchs-Zunahme um ca. 3 l/EW*d [14].

Trotz des Wirksamwerdens von Spareffekten der Größenordnung 10 l/EW*d (vgl. Abb. 7, 8, 9) blieb der Pro-Kopf-Verbrauch in den 80er Jahren weitgehend konstant (vgl. Abb. 3, 4). Den Spareffekten stand also eine Verbrauchszunahme gleicher Größe gegenüber. Die verdeckte Verbrauchszunahme machte jährlich rund 1 l/EW*d aus [15].

Auch zukünftig ist damit zu rechnen, daß die noch zu erwartenden Spareffekte nicht vollständig bedarfswirksam werden. Vielmehr bestehen gegenläufige Trends, die langfristig durchaus nicht nur eine Konsolidierung, sondern auch einen Wiederanstieg des Wasserbedarfs erwarten lassen.

5 Entwicklung in einzelnen Wohngebieten

Eine stadtteilbezogene, detaillierte Untersuchung von Struktur und Entwicklung des Wasserbedarfs in Wiesbaden zeigte in der jüngsten Fortschreibung einen mittleren Pro-Kopf-Verbrauch der Haushalte (ohne Kleingewerbe) von 120 l/EW*d (Abb. 11) [16]. Eine zeitgleich in Mannheim mit anderen Methoden durchgeführte Untersuchung einer anderen Arbeitsgruppe führte zu ähnlichen Ergebnissen [17].

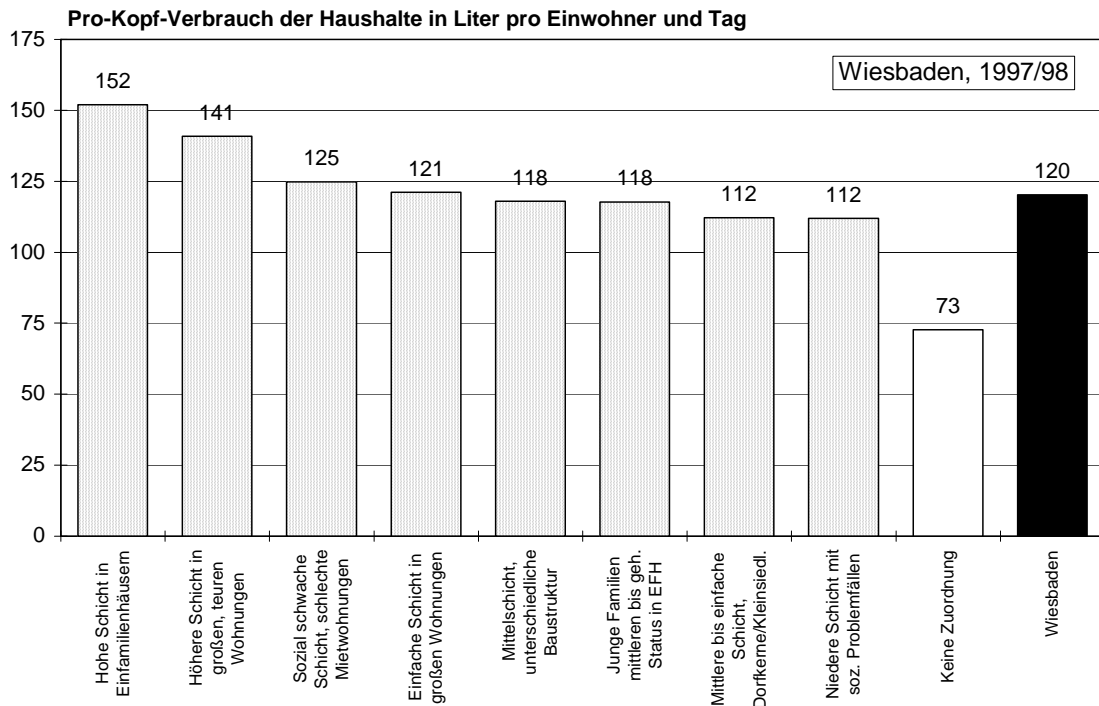


Abb. 11: Pro-Kopf-Verbrauch in Wohngebieten unterschiedlicher Sozialstruktur [16]

Deutlich über dem Durchschnitt liegt der Pro-Kopf-Verbrauch in den Wohnvierteln der hohen und höheren Bevölkerungsschichten mit hohem Wohnkomfort (Villenviertel).

Überdurchschnittliche Verbrauchswerte sind aber auch in den Vierteln der Unterschicht verzeichnet. Die Qualität der Wohnungen und der Einrichtungen dürfte hier der entscheidende Faktor sein. In einzelnen Vierteln mit Blockbebauung sind nach dem Einbau von Wohnungswasserzählern und wassersparenden Toilettenspülungen kurzfristig (d.h. innerhalb von 2 Jahren) Verbrauchsrückgänge von über 130 auf ca. 110 l/EW*d registriert.

Durchschnittlich ist der Verbrauch in den Wohngebieten der Mittelschicht und in Neubausiedlungen (Ein- und Zweifamilienhäuser).

Unterdurchschnittlich ist der Verbrauch vor allem in Dorfkernen und Kleinsiedlungen sowie in bestimmten Siedlungen der Unterschicht. Verbrauchswerte um 100 l/EW*d sind hier nicht selten, oft besteht aber ein leicht steigender Trend.

6 Wasserbedarf im gewerblichen und öffentlichen Bereich

Die Wassernutzung von Industrie und Gewerbe entfällt überwiegend auf Kühlwasser, das in aller Regel aus Oberflächengewässern gewonnen und unmittelbar wieder eingeleitet wird (Abb. 12, vgl. Abb. 1). Im Bergbau werden erhebliche Wassermengen ungenutzt abgeleitet.

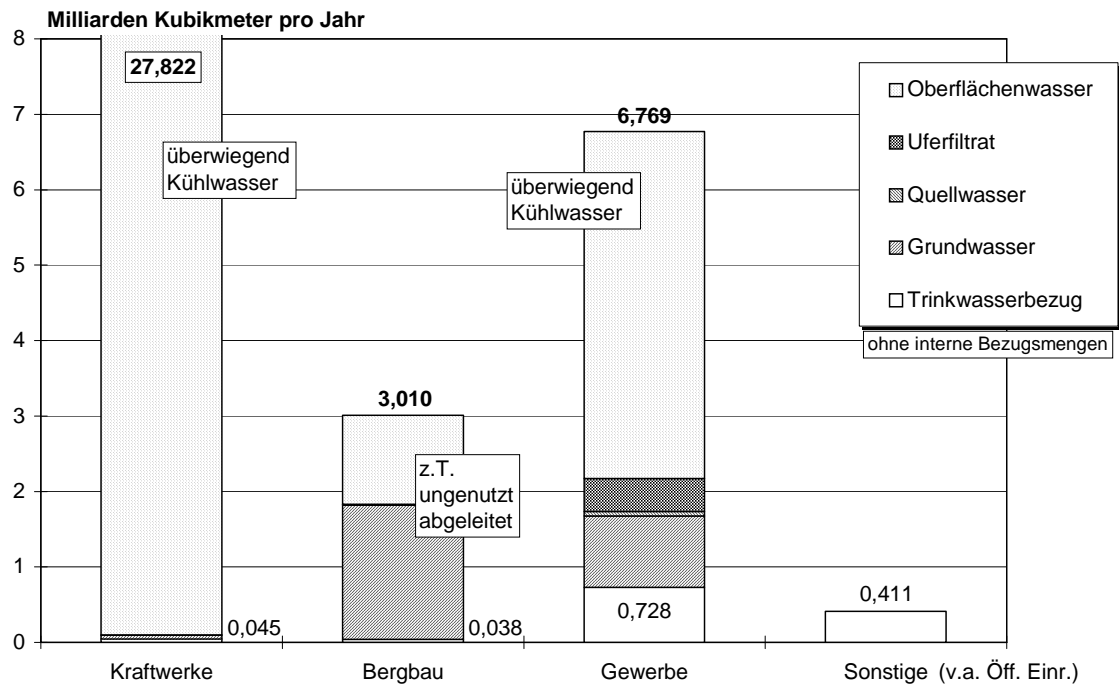


Abb. 12: Wassergewinnung und -bezug von Industrie, Gewerbe und „Sonstigen Abnehmern“ in Deutschland, 1995 [3]

Der Trinkwasserbezug aus dem öffentlichen Netz (1995 insgesamt 1,2 Mrd. m³) dient zu erheblichen Teilen der Versorgung von Belegschaft und Kunden (Toiletenspülung, Körperpflege, Essen und Trinken).

Der Prozesswasserbedarf wird aus Kostengründen überwiegend aus eigenen Gewinnungsanlagen gedeckt, soweit entsprechende Ressourcen verfügbar sind und die entsprechende Versorgungsstruktur wirtschaftlich herzustellen und zu betreiben ist. Insgesamt wurden 1995 etwa 2 Mrd. m³ Wasser aus unterschiedlichen Quellen mit unterschiedlicher Qualität und zu unterschiedlichen Zwecken gefördert.

Die Energiekrise 1973/74 und die Einführung der Grundwasserabgabe ab 1976 haben in Westdeutschland seit etwa 1975 zu massiven Einsparungen durch zunehmend rationelle Wassernutzung geführt. Der Trinkwasserverbrauch der Industrie ist seitdem um etwa 50 % zurückgegangen, allein seit 1990 beträgt der Rückgang 27 % (Abb. 13).

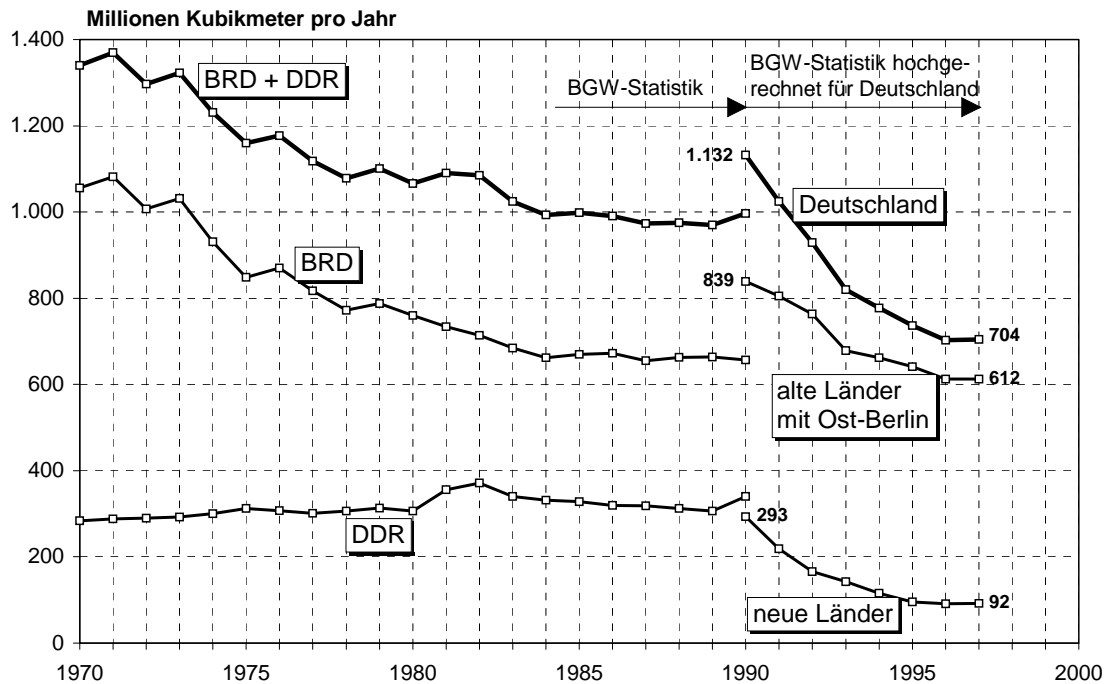


Abb. 13: Entwicklung des Trinkwasserbezugs von Industrie und Gewerbe aus dem öffentlichen Netz, 1970 bis 1997 [4, 7]

In der DDR war demgegenüber bis 1990 eine leichte aber stetige Zunahme zu verzeichnen. Nach der Wiedervereinigung trat allerdings ein regelrechter Einbruch ein - der Verbrauch beträgt heute nur noch ein Drittel des Jahres 1990.

Abb. 14 zeigt exemplarisch die Entwicklung der Eigengewinnung eines Industriebetriebs. Die Fördermenge ist seit Mitte der 70er Jahre auf ein Viertel zurückgegangen. Die Wasserrechte wurden nach und nach angepaßt.

Alle Kurven in den Abb. 13 und 14 deuten auf eine Konsolidierung des Bedarfs auf dem erreichten niedrigen Niveau.

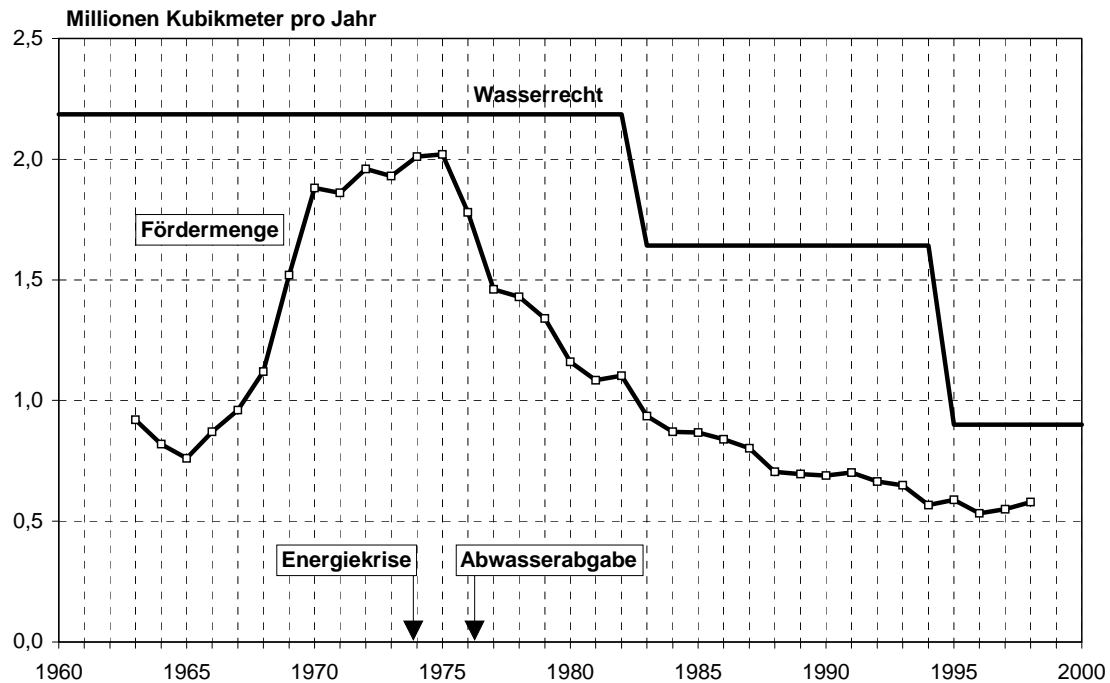


Abb. 14: Entwicklung der Wassergewinnung eines Industriebetriebs

Durch den sich fortsetzenden Trend zum Dienstleistungssektor und weitere Umsetzung rationeller Wassernutzungs-Techniken ist aber auch in Zukunft mit einem gewissen Rückgang des Bedarfs zu rechnen. Die tatsächliche Bedarfsentwicklung wird aber nicht unwesentlich auch von der Entwicklung der Beschäftigtenzahlen bestimmt. Beschäftigungsprogramme einerseits und weiterer Abbau von Arbeitsplätzen andererseits stehen sich hier gegenüber.

7 Prognose

Die Fragestellung der Veranstaltung bezieht sich auf den weiteren möglichen Rückgang des Trink- und Prozesswasserverbrauchs in Deutschland. Maßgeblich für die Entwicklung sind eine Vielzahl von Einflußfaktoren, vor allem

- Bevölkerungsentwicklung,
- Wirtschaftliche Entwicklung und Entwicklung der Beschäftigtenzahlen,
- Weitere Umsetzung rationeller Wassernutzung,
- Trend zu kleinen Haushalten und zu mehr Komfort und Hygiene.

Aus den bekannten Trends und Randbedingungen ergeben sich Entwicklungskorridore, die als Planungswerte zugrundezulegen sind.

Im allgemeinen verläuft die Entwicklung stetig. Nach jeder Änderung maßgeblicher Randbedingungen strebt der Bedarf wieder einem Beharrungszustand zu. Mit größeren Änderungen im Sinne einer Halbierung oder Verdoppelung des Bedarfs ist somit weder mittel- noch langfristig zu rechnen. Katastrophen (Naturkatastrophen, Seuchen, Krisen, Kriege), die solche Änderungen in die eine oder andere Richtung verursachen könnten, entziehen sich ohnehin jeder Prognose.

Mittelfristig zeichnen sich folgende Trends ab:

- Der mittlere Pro-Kopf-Verbrauch in den Haushalten wird von derzeit ca. 115 bis 125 l/EW*d um etwa 10 auf ca. 105 bis 115 l/EW*d zurückgehen.
- Der Trink- und Prozesswasserbedarf von Industrie, Gewerbe und öffentlichen Einrichtungen wird ebenfalls weiter zurückgehen.

Die Entwicklung wird abhängig vom Gebäudebestand, von der Sozial- und Gewerbestruktur und von der bisherigen Umsetzung wassersparender Techniken regional und örtlich unterschiedlich verlaufen:

- In großen Städten sind Rückgänge des Trinkwasserverbrauchs in einer Größenordnung von 5 bis 20 % möglich.
- Auf dem Land ist das Einsparpotential demgegenüber gering.
- Durch Ausweisung weiterer Bau- und Gewerbegebiete sind auch Verbrauchszunahmen nicht auszuschließen.

Für den gesamten Trinkwasserbedarf in Deutschland ist vor diesem Hintergrund mittelfristig mit einem weiteren Rückgang der Größenordnung 5 bis 10 % zu rechnen.

Die Entwicklung des Prozesswasserbedarfs (Eigengewinnung und anteiliger Trinkwasserbezug) ist wegen der vielfältigen und gegensätzlichen Einflußfaktoren kaum prognostizierbar. Mit einem weiteren Rückgang ist zu rechnen - die Größenordnung ist auf ca. 10 bis 25 % zu schätzen.

8 Schlußbemerkungen

Unabhängig von der weiteren Entwicklung sind die Unternehmen der öffentlichen Wasserversorgung verpflichtet, die qualitative und quantitative Versorgungssicherheit auch bei zeitweise oder auf Dauer erhöhtem Bedarf zu gewährleisten.

Maßgeblich für die Bewertung der Versorgungssicherheit sind somit auch weiterhin nicht nur der mittlere Bedarf sondern auch der erhöhte Wasserbedarf in einem Trockenjahr mit reduziertem Dargebot und der in heißen Sommern auftretende Spitzenwasserbedarf. Daneben sind Störfälle zu berücksichtigen, die bei der Wassergewinnung und beim Transport auftreten können.

Nachdem noch in den letzten Trockenperioden um 1976 und um 1990 örtlich gravierende Versorgungsengpässe aufgetreten sind, hat der Verbrauchsrückgang der letzten Jahre zu einer Erhöhung der Versorgungssicherheit einerseits, der spezifischen Kosten andererseits geführt. Die Frage, ob Anlagen aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten stillgelegt werden können, ohne die Versorgungssicherheit zu gefährden, ist sicherlich nur für den Einzelfall abzuwägen.

Dabei ist unbedingt zu beachten, daß auf längere Sicht auch ein Wiederanstieg des Wasserbedarfs etwa auf das Niveau der 70er und 80er Jahre oder auch darüber hinaus nicht auszuschließen ist. Bei einer notwendigen Wiederinbetriebnahme einer Anlage wäre ein aufwendiges Genehmigungsverfahren noch das kleinere Übel. Problematischer wäre die Situation nach Überplanung von Gewinnungsgebieten z.B. durch Bau- und Gewerbegebiete.

Literatur- und Quellenangaben

- [1] Roth, U.: Bestimmungsfaktoren für Wasserbedarfsprognosen. gwf Wasser/Abwasser 139 (1998) Nr. 2, S. 63-69.
- [2] DVGW: Technische Regel - Merkblatt W 410 - Wasserbedarfszahlen. Eschborn, 1995.

- [3] Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch 1998 für die Bundesrepublik Deutschland. Metzler-Poeschel, Stuttgart, 1998.
- [4] BGW: 109. Wasserstatistik Bundesrepublik Deutschland, Berichtsjahr 1997. Bonn, 1999.
- [5] BGW: Unser Trinkwasser. Bonn, 1999.
- [6] Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (WRM): Wasserbilanz Rhein-Main 1990-2010 und deren Fortschreibung für 1991 bis 1993. Frankfurt/Wiesbaden/Friedberg, Nov. 1992; Frankfurt/Wiesbaden/Einhausen, Dez. 1994 (Daten fortgeschrieben bis 1998).
- [7] BGW: 105. Wasserstatistik Bundesrepublik Deutschland, Berichtsjahr 1993. Bonn, 1993.
- [8] Roth, U.: Auswirkungen eines Wasserentnahmeentgelts auf den Wasserbedarf. Vortrag beim 9. IWW-Fachkolloquium „Wasserentnahmeentgelt in Nordrhein-Westfalen?“ am 2.12.1997. Berichte aus dem IWW, Band 21, Mülheim, 1998.
- [9] Roth, U.: Der Einfluß moderner Haushaltsgeräte auf den Wasserverbrauch der Haushalte. Wasser und Boden 47 (1995) Nr. 10, S. 58-62.
- [10] Roth, U.: Wohnungswasserzähler - Was bewirken sie? - Lohnt sich ihr Einbau? Die Wohnungswirtschaft 46 (1993) Nr. 11, S. 616-620.
- [11] Roth, U.: Wohnungswasserzähler: Sparsamer Umgang mit Wasser - Beeinflussung des Verbraucherverhaltens bei Berücksichtigung unterschiedlicher Siedlungsstrukturen. Vortrag bei der Fachtagung „Wohnungswasserzähler“ der BGW/DVGW-Landesgruppen Hessen und Rheinland-Pfalz am 1.6.1999 in Niedernhausen (Manuskript unveröffentlicht).
- [12] Roth, U.: Kritische Stellungnahme zur Regenwassernutzung. UTA - Umwelt Technologie aktuell 5-6/99, S. 357-358.
- [13] Roth, U.: Regenwassernutzung im häuslichen Bereich. Wasser und Boden 45 (1993) Nr. 3, S. 158-160.
- [14] Björnsen, G./Roth, U.: Einfluß der Haushaltsgröße auf den Wasserbedarf. Wasser und Boden 45 (1993) Nr. 3, S. 155-158.

- [15] Björnsen, G./Roth, U.: Auswirkungen rückläufiger Wasserabgabe auf Planung und Betrieb von Wasserversorgungsnetzen. Neue DELIWA-Zeitschrift 47 (1996) Nr. 2, S. 42-47.
- [16] Berger, H./Roth, U./Sammet, D.: Struktur und Entwicklung des Wasserverbrauchs in Wiesbaden. gwf Wasser/Abwasser 139 (1998) Nr. 9, S. 566-574.
- [17] Bächle, A./Fischer, G./Möhle, K.-A./Masannek, R./Reimers, W.: Prognose zur Trinkwasserbedarfsentwicklung im Versorgungsgebiet der MVV Mannheim. gwf Wasser/Abwasser 139 (1998) Nr. 2, S. 70-78.

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Ulrich Roth

Beratender Ingenieur

Auf der Hardt 33

56130 Bad Ems