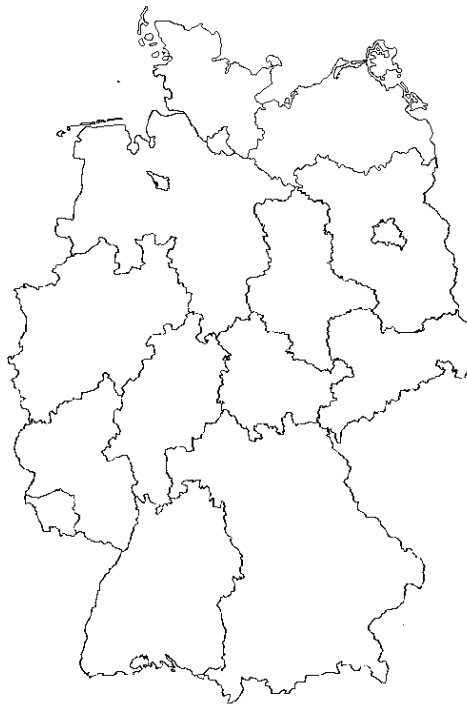


# **FACHKOMMISSION GEBÄUDE- UND BETRIEBSTECHNIK**

**des Hochbauausschusses der ARGEBAU (LAG Hochbau)**



---

## **Trinkwassereinsparung in öffentlichen Gebäuden**

---

**Juni 1996**



## Trinkwassereinsparung in öffentlichen Gebäuden

Aufgestellt und herausgegeben von der **Fachkommission Gebäude- und Betriebstechnik** des Hochbauausschusses der Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder - ARGEBAU -

Geschäftsstelle der Fachkommission:

HIS Hochschul-Informations-System GmbH  
Goseriede 9 Postfach 2920  
30159 Hannover 30029 Hannover

Tel.: (0511) 1220-248      Fax: (0511) 1220-250  
e-mail: [person@his.de](mailto:person@his.de)



## INHALT

|       |                                                                |    |
|-------|----------------------------------------------------------------|----|
| 0     | VORWORT                                                        | 5  |
| 1     | SITUATION UND PERSPEKTIVE DER TRINKWASSERVERSORGUNG            | 7  |
| 2     | MASSNAHMEN ZUR TRINKWASSEREINSPARUNG                           | 13 |
| 2.1   | Allgemeine Sanitäreinrichtungen                                | 14 |
| 2.1.1 | Waschbecken / Waschanlagen                                     | 14 |
| 2.1.2 | Duschen                                                        | 18 |
| 2.1.3 | Wannenbäder                                                    | 21 |
| 2.1.4 | WC-Anlagen                                                     | 21 |
| 2.1.5 | Urinale                                                        | 24 |
| 2.2   | Öffentliche Bäder                                              | 24 |
| 2.3   | Labore                                                         | 25 |
| 2.4   | Küchen, Kantinen                                               | 28 |
| 2.5   | Wäschereien                                                    | 28 |
| 2.6   | Werkstätten, Fuhrparks                                         | 29 |
| 2.7   | Zentrale gebäudetechnische Anlagen                             | 30 |
| 2.7.1 | Raumluftechnische Anlagen                                      | 30 |
| 2.7.2 | Kälteanlagen                                                   | 30 |
| 2.7.3 | Dampferzeugung                                                 | 31 |
| 2.8   | Außenanlagen                                                   | 32 |
| 2.8.1 | Sportanlagen- und Grünflächenbewässerung                       | 32 |
| 2.8.2 | Zierbrunnenanlagen                                             | 33 |
| 3     | VERWENDUNG VON NICHT-TRINKWASSER, SUBSTITUTION VON TRINKWASSER | 35 |
| 3.1   | Regenwassernutzung                                             | 37 |
| 3.2   | Abwassernutzung                                                | 39 |
| 4     | GESETZE, VORSCHRIFTEN UND TECHNISCHE REGELN                    | 41 |
| 4.1   | Wasserrecht                                                    | 41 |
| 4.2   | Baurecht                                                       | 42 |
| 4.3   | Begriffe                                                       | 42 |
| 5     | GLOSSAR                                                        | 43 |
| 6     | QUELLENVERZEICHNIS                                             | 45 |



## 0 VORWORT

Nach §1a des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG - vom 30.09.1986, BGBl. I, S.750) **ist jedermann verpflichtet**, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf die Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten und um eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene **sparsame Verwendung des Wassers** zu erzielen.



## 1 SITUATION UND PERSPEKTIVE DER TRINKWASSERVERSORGUNG

Deutschland ist bekanntermaßen ein ausgesprochen wasserreiches Land. Lediglich 2 % des mittleren Niederschlages sind notwendig, um den gesamten Trinkwasserbedarf zu decken [26]. Gleichwohl werden die zur Trinkwassergewinnung geeigneten Wasservorräte Deutschlands mehr und mehr verringert, vor allem, weil infolge einer zunehmenden Verschmutzung der Gewässer, seien es Grund- oder Oberflächengewässer, die Wassergewinnungsmöglichkeiten verknappt werden. Dies zeigt sich schon daran, daß durch in das Grundwasser eingedrungene Schadstoffe die Grundwasservorräte stellenweise nicht mehr verwendet werden dürfen. Unter chronischem Wassermangel leiden z. B. bestimmte Gebiete Hessens, der Schwäbischen Alb oder in den Küstenregionen. Zu den niederschlagsarmen Regionen der Bundesrepublik zählen auch die Gebiete der neuen Bundesländer. Es wird deshalb technisch immer schwieriger und auch immer teurer werden, eine einwandfreie Trinkwasserqualität zu garantieren. Die deutschen Wasserpreise einschließlich der Abwassergebühren sind in den letzten Jahren, je nach Region, auf immerhin 5–13 DM pro Kubikmeter geklettert (siehe Tab. 1 und Abb. 1). Es ist zu erwarten, daß die Preissteigerungen für Wasser und insbesondere Abwasser zukünftig auch durch zunehmende Umweltschutzauflagen über der allgemeinen Teuerungsrate liegen werden.

Die Grundwasserentnahme ist die wichtigste Quelle der Trinkwassergewinnung (das Trinkwasseraufkommen wurde 1991 bereits zu rd. 65 % durch Grundwasserentnahmen gedeckt). Für die öffentliche Wasserversorgung betrug 1991 die Grundwasserentnahme rd. 3,28 Mrd. m<sup>3</sup>/a [1]. Wegen der Eigenförderung des Grundwassers durch Industrie und Gewerbe von rd. 2,0 Mrd. m<sup>3</sup>/a [1] und durch die auf etwa 1,0 Mrd. m<sup>3</sup>/a geschätzten privaten Entnahmen, ist der jährlich mit ausreichender Qualität und in ökologisch vertretbarem Umfang nutzbare Vorrat an echtem Grundwasser von ca. 8 Mrd. m<sup>3</sup>/a [2] bereits zu annähernd 79 % ausgeschöpft.

Die Entwicklung des Wasserverbrauchs in den letzten 30 Jahren ist aus Abb. 2 ersichtlich (105. Statistik des Bundesverbandes der Gas- und Wasserwirtschaft [3] – BGW –, die von 6.337 Wasserversorgungsunternehmen 1.491 Unternehmen mit einer Mengenrepräsentanz von 84 % bezogen auf die für das Jahr 1991 insgesamt ausgewiesene Wasserförderung erfaßt). Besorgniserregende Wasserbedarfsprognosen aus den siebziger und achziger Jahren haben sich erfreulicherweise nicht bestätigt. Der Wasserverbrauch der Bevölkerung blieb nach Angaben des BGW während der achziger Jahre konstant bei rund 145 Liter pro Person und Tag. Seit Anfang der neunziger Jahre ist der Wasserverbrauch nach vorläufigen Ergebnissen auf 140 Liter gesunken [25].

| Stadt                                 | Wasserpreis [DM/m³] |                   | Abwasser-<br>gebühr<br>[DM/m³] | Gesamtpreis<br>[DM/m³] |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------|
|                                       | Netto               | inkl. 7%<br>MwSt. |                                |                        |
| Augsburg                              | 2,50                | 2,68              | 1,60                           | 4,28                   |
| Berlin                                | 2,55                | 2,73              | 4,45                           | 7,18                   |
| Bremen                                | 2,67                | 2,86              | 3,95                           | 6,81                   |
| Cochem                                | 2,50                | 2,68              | 2,24                           | 4,92                   |
| Darmstadt                             | 4,10                | 4,39              | 8,90                           | 13,29                  |
| Dortmund                              | 2,10                | 2,25              | 3,44                           | 5,68                   |
| Dresden                               | 2,90                | 3,10              | 5,10                           | 8,20                   |
| Erfurt                                | 3,64                | 3,89              | 2,44                           | 6,33                   |
| Eggesin                               | 3,22                | 3,45              | 6,45                           | 9,90                   |
| Flensburg                             | 1,87                | 2,00              | 3,29                           | 5,29                   |
| Frankfurt/Oder                        | 2,98                | 3,19              | 4,14                           | 7,33                   |
| Hamburg                               | 2,54                | 2,72              | 4,70                           | 7,42                   |
| Hannover                              | 2,42                | 2,59              | 3,36                           | 5,95                   |
| Idar-Oberstein                        | 3,20                | 3,42              | 4,00                           | 7,42                   |
| Kaiserslautern                        | 2,50                | 2,68              | 3,00                           | 5,68                   |
| Kiel                                  | 2,63                | 2,81              | 2,77                           | 5,58                   |
| Koblenz                               | 2,90                | 3,10              | 3,97                           | 7,07                   |
| Leipzig                               | 2,95                | 3,16              | 3,60                           | 6,76                   |
| Lübeck                                | 2,32                | 2,48              | 3,58                           | 6,06                   |
| Magdeburg                             | 2,40                | 2,57              | 2,57                           | 5,14                   |
| Mainz                                 | 3,70                | 3,96              | 2,97                           | 6,93                   |
| München                               | 1,85                | 1,98              | 2,80                           | 4,78                   |
| Münster                               | 2,35                | 2,51              | 2,46                           | 4,97                   |
| Nürnberg                              | 2,40                | 2,57              | 3,20                           | 5,77                   |
| Potsdam                               | 2,35                | 2,51              | 3,50                           | 6,01                   |
| Regensburg                            | 1,80                | 1,93              | 2,16                           | 4,09                   |
| Saarbrücken                           | 3,05                | 3,26              | 5,91                           | 9,17                   |
| Schwerin                              | 2,98                | 3,19              | 3,98                           | 7,17                   |
| Stendal                               | 2,10                | 2,25              | 5,76                           | 8,01                   |
| Stuttgart                             | 3,15                | 3,37              | 2,84                           | 6,21                   |
| Winnweiler                            | 2,85                | 3,05              | 3,33                           | 6,38                   |
| Angaben ohne Grundgebühr und Meßpreis |                     |                   | Preisstand: 1995               |                        |

*Tab. 1: Trinkwasserpreise und Abwassergebühren in verschiedenen bundes-deutschen Städten.*

Trotz des sorgsameren Umgangs mit Wasser führte eine übermäßige Nutzung der regional unterschiedlichen Vorkommen sowie die vorerst nur in Einzelfällen aufgetretene Überschreitung von Schadstoffgrenzwerten, z. B. der Nitrate und Pestizide, bereits in mehreren Problemgebieten zu Versorgungsengpässen oder ökologischen Folgeschäden. Neben einem als **vorrangig zu praktizierenden Gewässerschutz** ist auch weiterhin der sinnvolle Umgang mit Wasser nicht nur ein wirtschaftliches, **sondern auch ein umweltpolitisches Ziel**.

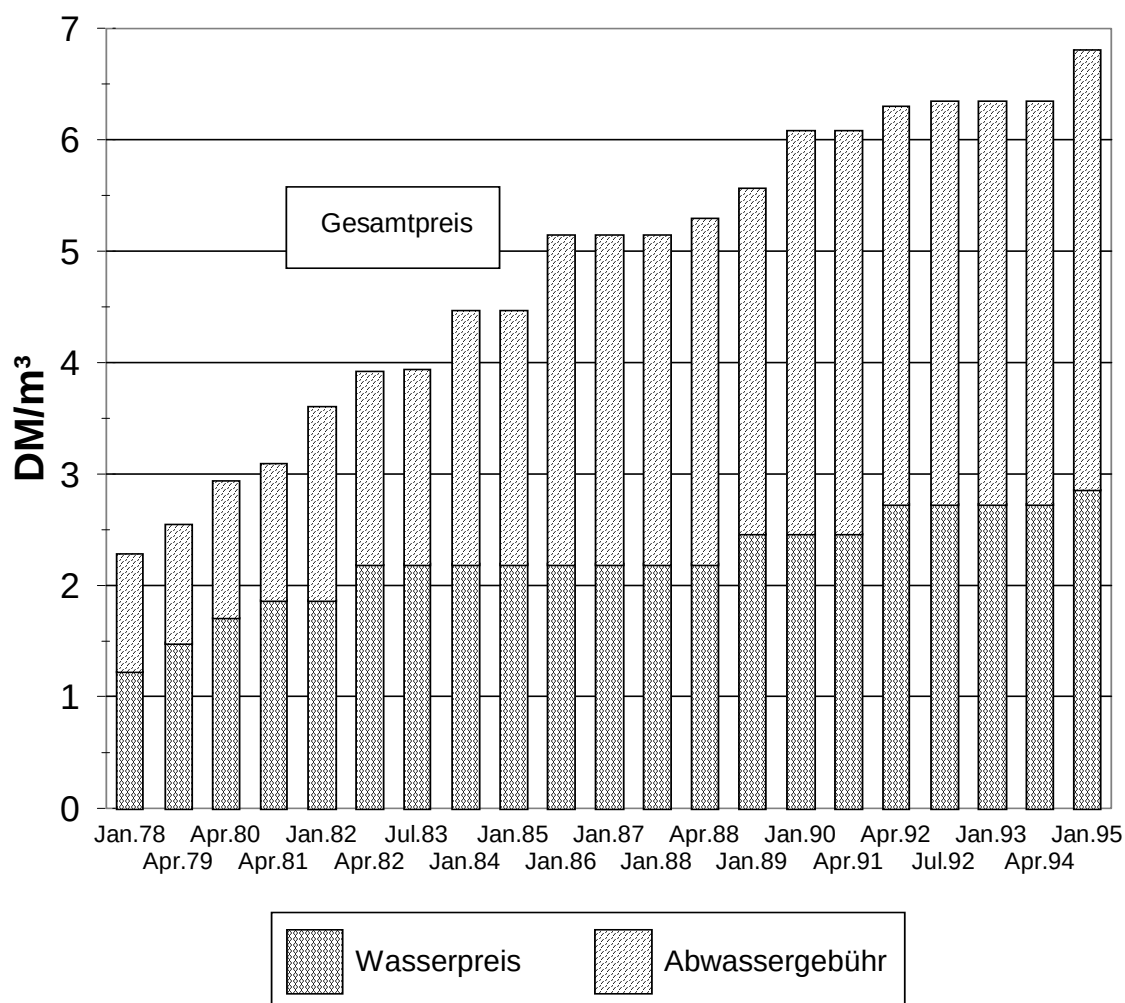


Abb. 1: Entwicklung des Trinkwasserpreises und der Abwassergebühr am Beispiel Bremen.

Hierbei kann die Verbrauchergruppe **'Sonstige Abnehmer'** (Abb. 2), zu der neben den landwirtschaftlichen Betrieben und der Bundeswehr vor allem **öffentliche und kommunale Einrichtungen wie Heime, Krankenhäuser, Behörden, Universitäten, Schulen, soziale und kulturelle Einrichtungen usw.** gehören, einen nicht nur beispielhaften Beitrag leisten. Anhaltswerte für Trinkwasserverbräuche öffentlicher Gebäude bzw. Einrichtungen sind den Tabellen 2 und 3 zu entnehmen.

Zur Aufrechterhaltung einer sicheren Trinkwasserversorgung sollten **in erster Linie unsere Wasservorräte vor Verunreinigungen geschützt werden**. Zur Sicherung der Trinkwasserversorgung sind neben einem wesentlich verstärkten Gewässerschutz **auch Maßnahmen zur Senkung des Verbrauchs durch Einsparung, Substitution und Recycling von Trinkwasser** eine Alternative. Wassersparen ist kein Ersatz für Gewässerschutz. Aber ein sparsamer Umgang mit dem kostbaren Gut schont die brauchbaren Wassermengen. Nur noch eine geringe Anzahl von Wasserversorgungsunternehmen ist heute in der Lage, ohne Aufbereitung ein der Trinkwasserverordnung entsprechendes Trinkwasser zu liefern. Deshalb ist ein sparsamer, rationeller und ökologisch bewußter Umgang mit Wasser durch den Einsatz entsprechender Wasserspartekniken eine auf Dauer unverzichtbare Maßnahme.

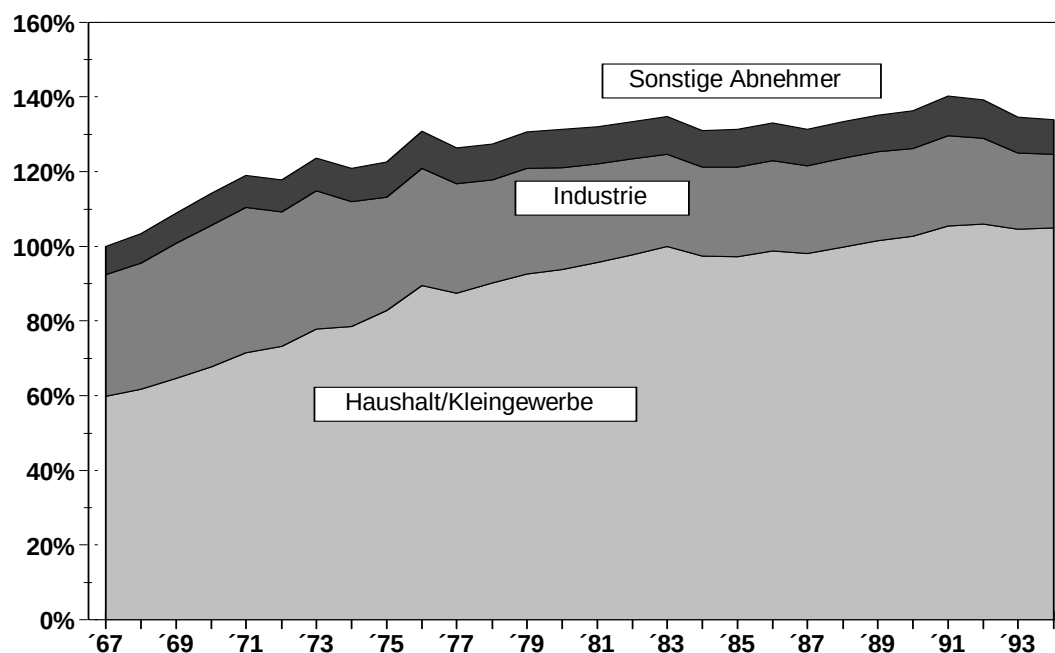


Abb. 2: Öffentliche Trinkwasserversorgung – Verbrauchsentwicklung in den alten Bundesländern

| Gebäudekategorie     | spezifischer Wasserverbrauch<br>[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> Hauptnutzfläche] |                  |      |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|
|                      | niedrig                                                                          | durchschnittlich | hoch |
| Fachhochschulen      | 0,15                                                                             | 0,34             | 0,85 |
| Gerichtsgebäude      | 0,10                                                                             | 0,24             | 0,50 |
| Gesundheitsämter     | 0,10                                                                             | 0,35             | 0,70 |
| Hochschulkliniken    | 1,51                                                                             | 2,98             | 4,47 |
| Polizeidienstgebäude | 0,20                                                                             | 0,50             | 1,00 |
| Schulen              | 0,10                                                                             | 0,50             | 1,10 |
| Strafanstalten       | 1,80                                                                             | 3,00             | 4,60 |
| Universitäten        | 0,93                                                                             | 1,54             | 2,21 |
| Verwaltungsgebäude   | 0,20                                                                             | 0,40             | 1,00 |

Tab. 2: Spezifischer jährlicher Trinkwasserverbrauch öffentlicher Gebäude (Statist. Auswertung) [4], [5], [7].

Zur Senkung des derzeitigen Verbrauchs lassen sich folgende auch gleichzeitig begehbare Wege beschreiten:

**Einsparung:** Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs je Bedarfsvorgang und Vermeidung von Verlusten.

**Substitution:** Ersatzweise Verwendung von Wasser ohne Trinkwasserqualität (Nicht-Trinkwasser) oder eines anderen Mediums (z. B. Kältemaschinen, Laborgeräte).

**Recycling:** Weiterverwendung der Abwässer von Duschen, Waschbecken, Waschmaschinen, Geschirrspülern etc. nach Aufbereitung als Betriebswasser [27], [31].

| Gebäudekategorie                                                                                                                           | Verbrauch in<br>Liter/ (Nutzer und Tag) |       | Nutzerkategorie     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------|---------------------|
|                                                                                                                                            | von                                     | bis   |                     |
| Alten- u. Pflegeheime                                                                                                                      | 100                                     | 150   | Bewohner + Personal |
| Anstalten u. Heime                                                                                                                         | 100                                     | 400   | Bewohner + Personal |
| Bildungseinrichtungen                                                                                                                      | 10                                      | 15    | Schüler + Lehrer    |
| Haftanstalten                                                                                                                              | 160                                     | 220   | Insassen + Personal |
| Kasernen                                                                                                                                   | 100                                     | 150   | Personal            |
| Krankenhäuser:                                                                                                                             |                                         |       |                     |
| 150–300 Betten                                                                                                                             | 250                                     | 450   | Bett <sup>*)</sup>  |
| 300–600 Betten                                                                                                                             | 300                                     | 500   | Bett <sup>*)</sup>  |
| 600–1.000 Betten                                                                                                                           | 400                                     | 600   | Bett <sup>*)</sup>  |
| 1.000–2.000 Betten                                                                                                                         | 500                                     | 1.000 | Bett <sup>*)</sup>  |
| Schwimmbäder                                                                                                                               | 50                                      | 150   | Besucher            |
| Sportplätze                                                                                                                                | 10                                      | 60    | Sportler            |
| Verwaltungsgebäude                                                                                                                         | 20                                      | 25    | Beschäftigte        |
| <sup>*)</sup> Hierin sind medizinische Bäder mit 100 bis 150 Liter je Bett und Tag (entspricht ca. 20–25% des Gesamtverbrauchs) enthalten. |                                         |       |                     |

Tab. 3: Anhaltswerte für den durchschnittlichen Trinkwasserverbrauch in öffentlichen Einrichtungen [8], [24].



## 2 MASSNAHMEN ZUR TRINKWASSEREINSPARUNG

Einsparmaßnahmen haben zum Ziel, Überverbräuche (bewußte oder ungewollte Verschwendung) durch den Einsatz wassersparender technischer Einrichtungen und Steuerungen zu vermeiden.

Während in den letzten Jahren selbst mit gezielten Appellen kein Wasserbewußtsein der Verbraucher erreicht werden konnte, lassen sich mit teilweise einfachen technischen Maßnahmen bei fast allen Verwendungsstellen Einsparungen erzielen. Diese sind vor allem dort zweckmäßig und wirtschaftlich, wo die Verbrauchsmengen durch die individuellen Nutzungsgewohnheiten entscheidend beeinflußt werden. Bei entsprechender Nutzungshäufigkeit können selbst kleine Sparraten zu größeren Einsparungen führen. Andererseits ist auf den hohen Fixkostenanteil (ca. 80 %) bei der öffentlichen Wasserversorgung und der Stadtentwässerung hinzuweisen. Ein allgemeiner Verbrauchsrückgang hat dort häufig eine Preissteigerung zur Folge.

Für den Sanitärbereich sind inzwischen zahlreiche praxiserprobte Produkte auf dem Markt, die

- ▶ den Abflußvolumenstrom begrenzen,
- ▶ eine Benutzungsdauer (Intervall) vorgeben,
- ▶ eine begrenzte Wassermenge zeit- oder ereignisabhängig freigeben,
- ▶ durch eine nutzungsgerechte Formgebung eine geringere Wassermenge benötigen,
- ▶ durch ihr technisches Funktions- oder Konstruktionsprinzip unnötige Verluste bzw. Verbräuche verhindern.

Als **betriebliche Maßnahme** zur Trinkwassereinsparung, die ohne größere Investitionen durchführbar ist, empfiehlt sich eine regelmäßige Kontrolle und Aufzeichnung des Wasserverbrauchs. Vor allem bei großen Liegenschaften wie Universitäten, Kasernen u. a., deren Einzelgebäude durch ein liegenschaftseigenes Trinkwassernetz versorgt werden, können unbemerkt Leckagen im Rohrleitungsnetz (Erdleitungen, Leitungen unter dem Kellerfußboden), aber beispielsweise auch Leckverluste an den Toilettenspülungen entstehen. So darf z. B. während einer dienstfreien Zeit am Wochenende kein Trinkwasserverbrauch auftreten. Eine moderne Entwicklung zur Verbrauchsüberprüfung ist die dezentrale Meßwerterfassung per Fernübertragung, die Verbrauchsdaten zentral speichert und überwacht. Bei Grenzwertüberschreitung kann ein Alarm erfolgen. Die nachfolgenden Zahlen in Tab. 4 veranschaulichen, daß relativ kleine Schadstellen bei einem Druck von 5 bar bereits erhebliche Wasserverluste verursachen [9].

| Schadstellen-<br>durchmesser<br>[mm] | Wasserver-<br>lust<br>[m³/Monat] | Wasserver-<br>lust<br>[m³/Jahr] |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 0,5                                  | 14,4                             | 172,8                           |
| 1,0                                  | 41,6                             | 499,2                           |
| 2,0                                  | 136,0                            | 1.632,0                         |
| 3,0                                  | 351,0                            | 4.212,0                         |

Tab. 4: Wasserverluste in Abhängigkeit vom Durchmesser einer Schadstelle [9].

#### EMPFEHLUNG:

- **Ablesung der Wasserzähler in verbrauchstypischen Zeitintervallen (z. B. bei Dienstbeginn und -ende), Auswertung der Verbrauchsaufzeichnungen [6].**
- **Einbau von Zwischenzählern bei liegenschaftseigenem Trinkwassernetz zur Erfassung der gebäudeanteiligen Verbräuche und der Leckverluste. Hierbei ist zu beachten:**
  - **Die Trinkwassermessung sollte in jedem Einzelgebäude erfolgen.**
  - **Fällt Trinkwasserverbrauch für Dritte (Fremdmittel) an, ist hierfür ein Zwischenzähler vorzusehen [32].**

## 2.1 Allgemeine Sanitäreinrichtungen

### 2.1.1 Waschbecken / Waschanlagen

Da es sich bei der Benutzung von Waschbecken/Waschanlagen<sup>1)</sup> fast ausschließlich um Fließvorgänge und nicht um Füllvorgänge handelt, kommen vor allem Maßnahmen zur Wassereinsparung in Betracht, die den Durchfluß der Entnahmearmaturen begrenzen und die Benutzungsdauer herabsetzen.

#### Reduzierung des Volumenstroms:

Standventile und Mischbatterien weisen einen mit steigendem Fließdruck zunehmenden Volumenstrom auf, der z. B. bei voll geöffnetem ½"-Ventil und 3 bar Fließdruck bis zu 13 l/min betragen kann (siehe Abb. 3).

<sup>1)</sup> Siehe auch Bundesgesundheitsblatt 30, Nr. 7 vom Juli 1987, S. 252: 'Bekämpfung des Legionellen-Infektionsrisikos in Wassersystemen'.

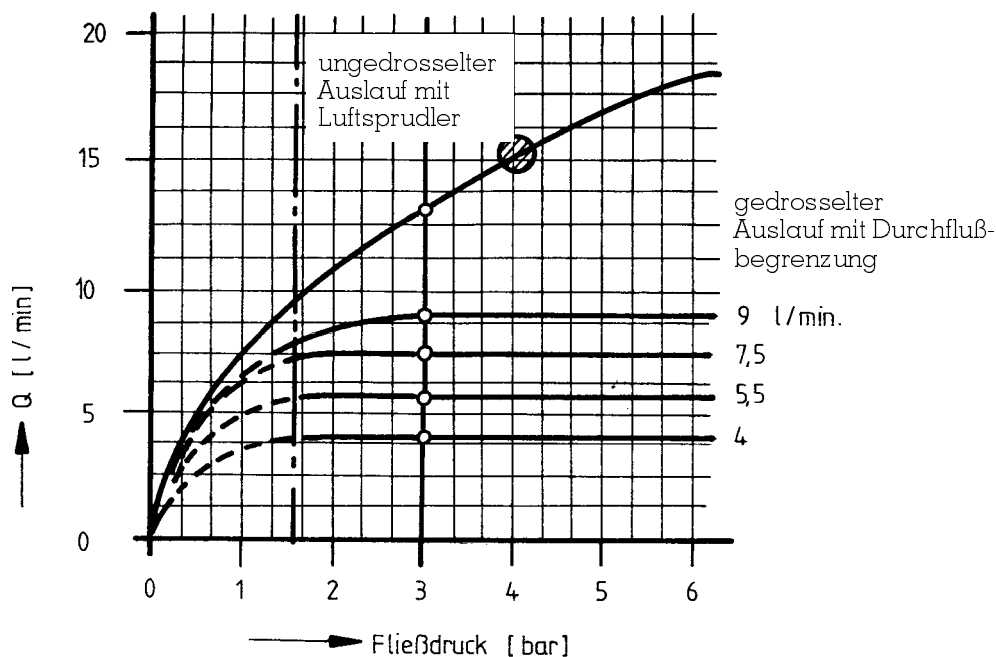


Abb. 3 Volumenstrom in Abhängigkeit vom Fließdruck für Waschanlagen mit und ohne Durchflußbegrenzer [10]

Als vollkommen ausreichend sind Volumenströme von max. 6 l/min bei 3 bar Fließdruck anzusehen, sofern dem Benutzer der Eindruck eines Vollstrahles wie er mit Luftsprudlern bzw. Perlatoren erzielbar ist vermittelt wird. Selbst wenn die Armaturen in der Praxis normalerweise nur teilweise geöffnet werden, sind die erzielbaren Einsparungen noch beachtlich.

Bei unzureichenden Druckverhältnissen kann der Einsatz von Durchflußbegrenzern zu Funktionsstörungen von hydraulisch gesteuerten Durchfluß-Trinkwassererwärmern führen.

#### EMPFEHLUNG:

- **Aus- oder Nachrüstung der Wasserübergabestationen von Gebäuden mit Druckminderern, soweit dies die geodätische Förderhöhe bzw. der Mindestfließdruck zuläßt.**
- **Nachrüstung der Armaturen mit selbstregelnden Durchflußmengenbegrenzern.**
- **Einsatz von Armaturen mit großem Öffnungsweg (mehrere Umdrehungen oder langer Hebelweg), um eine Vollöffnung durch den Nutzer zu minimieren. Dabei ist wichtig, daß die Armatur im Bereich geringer Öffnung ein gutes Regelverhalten besitzt.**

**Benutzungshäufigkeit:**

Die unmittelbare Zugänglichkeit einer Waschgelegenheit kann eine über die hygienische Notwendigkeit hinausgehende Benutzungshäufigkeit und damit einen überhöhten Verbrauch zur Folge haben.

**EMPFEHLUNG:**

- **Begrenzung der Waschgelegenheiten ausschließlich auf Bereiche, in denen diese aus**
  - **allgemeinhygienischen (z. B. WC-Vorräume, Waschräume),**
  - **sozialfürsorgerischen (z. B. Sozialräume, Teeküchen),**
  - **arbeitshygienischen oder arbeitsbedingten Gründen unverzichtbar sind (z. B. Labore, Untersuchungs- u. Behandlungsräume in Krankenhäusern usw.).**
- **Stilllegung bzw. Demontage aller nach den o.a. Gesichtspunkten nicht unbedingt erforderlichen Waschgelegenheiten. Aufgrund des u. U. nicht unerheblichen Kostenaufwandes ist die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme im Einzelfall zu prüfen. Zur Vermeidung von 'Stagnation' in den verbleibenden Rohrteilen sind die Anschlußleitungen gemäß DIN 1988 vom übrigen Versorgungsnetz vollständig abzutrennen.**

**Benutzungsdauer:**

Die Netto-Waschzeit für einen Handwaschvorgang beträgt zwischen 15 und 30 Sekunden (im Mittel 18 s) [11].

Die Wasserverluste aus der Differenz zwischen Zapfdauer und der Netto-Waschzeit lassen sich ebenso wie ein Nichtschließen der Armatur bei Nutzungsende durch den Einbau einer Näherungselektronik oder einer Selbstschlußarmatur vermindern.

**EMPFEHLUNG:**

- **Einbau von selbsttätig schließenden Waschtischarmaturen zumindest bei hoher Benutzungsfrequenz oder in hygienisch anspruchsvollen Bereichen (z. B. Hörsaal-WC, Mensa-WC, ärztliche Untersuchungsräume).**
- **Der Einbau teurer und wartungsaufwendiger Technik ist nur für Anwendungsbereiche mit extrem hoher Benutzerfrequenz wirtschaftlich vertretbar.**

## Warmwasserbereitstellung:

Neben der aufzuwendenden Wärmeenergie zur Wassererwärmung und Deckung der Verteilverluste treten bei der Warmwasserbereitstellung folgende **technisch vermeidbare** Verluste auf:

- ▶ **Ausstoßverlust:** das ist die Kaltwassermenge, die bis zur Verfügbarkeit des Warmwassers an der Zapfstelle ungenutzt abfließt (je nach örtlicher Installation 10 s bis 15 s, entsprechend 1,5 bis 2,25 Liter je Vorgang bei einer Durchflußmenge von 9 l/min) [8].
- ▶ **Temperatur-Einregelverlust:** das ist die Zapfmenge, die während der Zeit zur Einregulierung der gewünschten Wassertemperatur und Auslaufmenge ungenutzt abfließt. Bei einem Durchfluß von 3 l/min bzw. 6 l/min beträgt dieser bei
  - Zweigriffarmaturen: 10 s = 0,50–1,0 Liter je Vorgang,
  - Einhebelmischer: 5 s = 0,25–0,5 Liter je Vorgang,
  - Thermostatbatterien mit Näherungselektronik: 1 s = 0,05–0,1 Liter je Vorgang [11].
- ▶ **Temperatur-Nachregelverlust:** temperaturbedingte Verformungen der Gummi-Ventildichtungen in konventionellen Zweigriffarmaturen haben eine Veränderung der Kalt- und Warmwasserteilmengen und damit eine veränderte Mischtemperatur zur Folge, die bei längerer Nutzung zu Nachregelvorgängen mit entsprechenden Verlusten führt. Dies wird bei keramisch dichtenden Mischbatterien vermieden.
- ▶ **Tropfverlust:** die besonders bei temperaturbelasteten Gummi-Ventildichtungen eintretende Materialverhärtung führt häufig zu Tropfverlusten, die sich mit der Zeit zu ansehnlichen Verlusten (z. B. 2 Tropfen/s = rd. 20 m³/a) summieren [11]. Durch keramisch dichtende Armaturen lassen sich diese Verluste weitgehend vermeiden.

## EMPFEHLUNG:

- Warmwasserbereitstellung nur für echte Bedarfsstellen (z. B. Küchen, Waschräume). In Verwaltungsgebäuden, Sozialeinrichtungen, Schulen usw. nur in sogenannten Teeküchen (vorzugsweise mit dezentraler Warmwasserbereitung).
- Zentral versorgte Warmwasserzapfstellen mit Zirkulationsanschluß oder mit Rohrbegleitheizung und ausreichender Dämmung der Versorgungsleitungen sowie Zeitsteuerung der Zirkulationspumpen. Die Zirkulation ist möglichst weit zum Objektanschluß zu führen, so daß die Stichleitung zum Objektanschluß kurz ist. Die Zweckmäßigkeit einer Zirkulationsanbindung

**sollte zumindest anhand der Energiekosten (Wärmeverluste und Stromkosten) und der Wassereinsparung abgewogen werden.**

- **Bei weit verzweigten Versorgungsanbindungen für Einzelzapfstellen kann die dezentrale (örtliche) Warmwasserbereitung wirtschaftlicher sein.**
- **Einsatz keramisch dichtender Armaturen.**
- **Einsatz von Waschtisch-Mischarmaturen mit automatischer STOP-Funktion und einstellbarer Laufzeit, bei ausreichender Bedienerfrequenz.**
- **Einbau einer zentralen Mischeinrichtung mit Zirkulation, über die den Duschen Wasser mit vorgegebener Zapftemperatur zugeführt wird.**

### **2.1.2 Duschen**

Gegenüber dem für Duschen<sup>2)</sup> in öffentlichen Gebäuden und Schwimmbädern als ausreichend anzusehenden Volumenstrom von 9 l/min weisen vorhandene Duschanlagen teilweise Volumenströme von über 20 l/min bei 3 bar Fließdruck auf (siehe Abb. 4). Zusammen mit den beim Duschvorgang auftretenden Verlusten (Temperatureinregelung, durchgehende Zapfung beim Einseifen, ungenutzter Nachlauf) lassen sich bereits bei einer Netto-Duschzeit von 6 Minuten und durchschnittlicher Nutzungsintensität beträchtliche Wasserverbrauchs- und Energieeinsparungen erzielen.

#### **Reduzierung des Volumenstroms:**

Die handelsüblichen Brauseköpfe benötigen zur Ausbildung eines ausreichenden Strahlbildes (Duschkomfort) je nach Brausekopftyp sehr unterschiedliche fließdruckabhängige Durchflussmengen.

Eine Reduzierung des Duschwasserverbrauchs auf 9 l/min kann daher nicht ausschließlich durch den nachträglichen Einbau von Durchflußbegrenzern erfolgen, sondern erfordert ggf. den Einsatz eines entsprechenden Brausekopftyps.

#### **EMPFEHLUNG:**

- **Aus- oder Nachrüstung der Wasserübergabestationen von Gebäuden mit Druckminderern, soweit dies die geodätische Förderhöhe bzw. der Mindestfließdruck zuläßt.**

---

<sup>2)</sup> Zur Legionellen-Problematik siehe auch VDI 2089, Blatt 1, Juli 1994 sowie die DVGW-Arbeitsblätter W 551 und W 552 sowie die Empfehlung der Fachkommission Gebäude- und Betriebstechnik 'Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos durch technische Maßnahmen'.

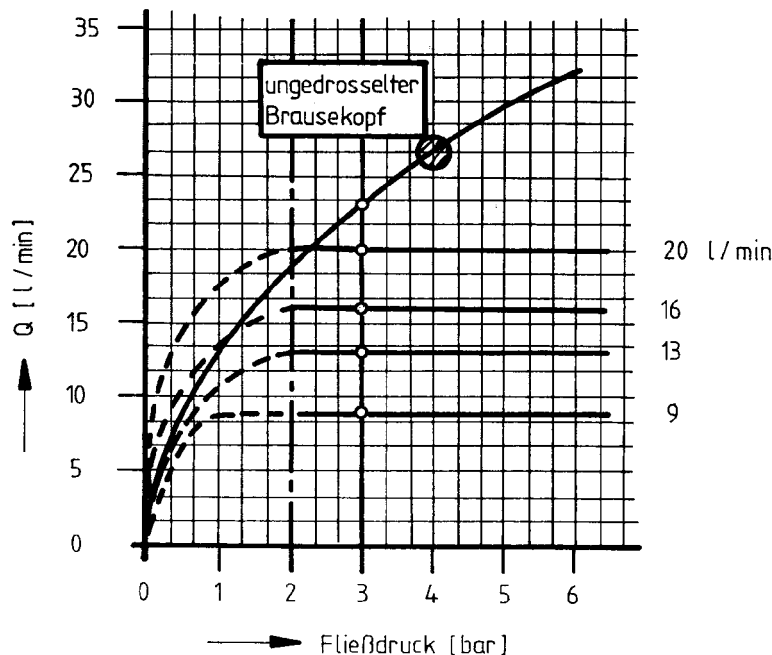


Abb. 4: Volumenstrom in Abhängigkeit vom Fließdruck für Duschanlagen mit und ohne Durchflußbegrenzer [10]

- Einsatz von Brauseköpfen mit integriertem Durchflußbegrenzer (Sparbrauseköpfe mit 9 l/min).
- Nachrüstung von Durchflußbegrenzern bei geeigneten Brausekopftypen.

#### Temperatur-Einregelverluste:

Die Menge des während der Einregulierung der gewünschten Temperatur und Strahlabildung (zu Beginn und nach einer Unterbrechung des Duschvorganges) nicht genutzten Duschwassers hängt von der Funktion der Zirkulationsanbindung und der Art der Mischarmatur ab. Durchschnittliche Einregelzeiten bzw. Verlustmengen sind bei einer Durchflußmenge von 9 l/min [8]:

18 s bzw. 2,7 l bei Zweigriffarmaturen  
 14 s bzw. 2,1 l bei Einhebelmischern  
 2 s bzw. 0,3 l bei Thermostatbatterien

#### EMPFEHLUNG:

- Warmwasseranschluß mit Zirkulationsanbindung; ausreichende Dämmung der Versorgungsleitungen und Zeitsteuerung der Zirkulationspumpen. Die

**Zirkulation ist möglichst weit zum Objektanschluß zu führen, so daß die Stichleitung zum Objektanschluß kurz ist. Die Zweckmäßigkeit einer Zirkulationsanbindung sollte zumindest anhand der Energiekosten (Wärmeverluste und Stromkosten) und der Wassereinsparung abgewogen werden.**

- **Austausch von Zweigriffarmaturen gegen Einhebelmischer (bei ausreichender Benutzungshäufigkeit).**
- **Einbau einer zentralen Mischeinrichtung mit Zirkulation, über die den Duschen Wasser mit vorgegebener Zapftemperatur zugeführt wird, wobei eine Kaltwasserdusche vorgehalten werden sollte.**

| Nr.                      | Ausstattung                                                                                                                               | Wasser-<br>verbrauch<br>[Liter]     | Wasser-<br>einsparung<br>[Liter]    | Wärmeenergie-<br>einsparung |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1                        | Handbrause 9 l/min<br>(Zweigriffarmatur DN 15 ohne<br>Zapfunterbrechung)                                                                  | 53,4 (=100%)                        | —                                   | —                           |
| 2                        | wie 1,<br>jedoch mit manueller Zapfunter-<br>brechung beim Einseifen                                                                      | 41,9 (= 78%)                        | 11,5 (= 22%)                        | 20%                         |
| 3                        | wie 1,<br>jedoch mit Selbstschlußventil<br>20s, vorgemischte Wassertem-<br>peratur, Zweigriff-, Eingriff- oder<br>Thermostatatterie DN 15 | 40,5 (= 76%)<br>bis<br>37,8 (= 71%) | 12,9 (= 24%)<br>bis<br>15,6 (= 29%) | 22%<br>bis<br>27%           |
| 4                        | wie 1,<br>jedoch mit Näherungselektronik,<br>Thermostatatterie DN 15, vor-<br>gemischte Wassertemperatur                                  | 35,6 (= 67%)                        | 17,8 (= 33%)                        | 35%                         |
| 5                        | wie 1,<br>jedoch Näherungselektronik mit<br>Selbstschlußventil und Thermo-<br>statatterie, vorgemischte Was-<br>sertemperatur *)          | 35,6 (= 67%)                        | 17,8 (= 33%)                        | 35%                         |
| 6                        | Selbstschlußarmatur,<br>im Vergleich zu konventioneller<br>Zweigriffarmatur                                                               |                                     | 31,5%                               | 31,5%                       |
| *) ... öffentliche Bäder |                                                                                                                                           |                                     |                                     |                             |

**Tab. 5:** *Wasser- und Wärmeverbrauch von Brausebädern bei unterschiedlicher Armaturenausstattung [12].*

### **Wasserflußunterbrechung/Nachlaufverluste:**

Es ist häufig zu beobachten, daß der Duschwasserauslauf während des Einseifens nicht unterbrochen und nach dem Duschen nicht beendet wird. Durch den Einsatz von Selbstschlußarmaturen (einstellbare Laufzeit von 20 s bis 60 s) oder durch Näherungselektronik sind solche Verluste reduzierbar.

Im Hinblick auf die hohen Investitions- und Wartungskosten ist ein Einsatz dieser Armaturen nur in vergleichsweise stark genutzten Duschen (vorwiegend in öffentlichen Bädern) gerechtfertigt. Nach [12] ergeben sich die in Tab. 5 zusammengestellten ausstattungsabhängigen Verbrauchswerte.

### **EMPFEHLUNG:**

- **Einsatz von Selbstschlußarmaturen bei überdurchschnittlich genutzten Duschen.**

#### **2.1.3 Wannenbäder**

Gegenüber einem Duschbad mit 40 bis 80 l je Duschvorgang wird bei einem Wannenbad, je nach Wannengröße und -form, eine im Mittel über 4-fach höhere Wassermenge verbraucht. Orientierungswerte für öffentliche Bäder sind [8], [13]:

|   |                                       |                           |
|---|---------------------------------------|---------------------------|
| ▶ | medizinisches Wannenbad (je nach Art) | 200...400...(600) l       |
| ▶ | normales Wannenbad mit Handbrause     | 250...350 l               |
| ▶ | dito ohne Handbrause                  | 200...300 l               |
| ▶ | Körperformwanne                       | 100...150 l <sup>3)</sup> |

### **EMPFEHLUNG:**

- **Ersatz vorhandener Wannenbäder durch Duschanlagen, soweit dies aufgrund der Nutzungshäufigkeit wirtschaftlich ist.**

#### **2.1.4 WC-Anlagen**

Die Benutzungshäufigkeit von WC-Anlagen liegt bei durchschnittlich 1,25 Kotpülungen und 3,5 Urinspülungen pro Person und Tag. Für die Anlagen in öffentlichen Gebäuden können je nach Gebäudeart schätzungsweise zwischen 25 % und 40 % dieser Werte in Ansatz gebracht werden.

---

<sup>3)</sup> 115 l Nutzinhalt und mit Handbrause nach [12]: 130 l.

### Spülwassermenge:

Durch die Optimierung der hydraulischen Verhältnisse konnten die Spülfunktionen der Klosettbecken in den letzten Jahren so weit verbessert werden, daß zum restlosen Ausspülen der Feststoffe und zum Flächenspülen des Beckens nur noch eine Spülwassermenge von etwa 3,5 l benötigt wird. Unter Beibehaltung der für den Feststofftransport in den nachgeschalteten Sammel- und Grundleitungen (einschl. Wasseraustausch im Geruchsverschluß) erforderlichen Nachlaufwassermenge von mindestens 2,5 l wird somit nur noch eine Mindestspülwassermenge von 6 l benötigt.

Je Benutzungsvorgang können somit rd. 30 % bis über 50 % (3 bis 8 l) des Spülwasserverbrauchs herkömmlicher WC-Anlagen (9 bis 14 l Spülwassermenge) eingespart werden. Die Bau- und Prüfgrundsätze für 6-Liter-Klosettbecken werden in der DIN 1385 festgelegt und in der DIN 1986 sind die Zuordnungen von Spülwasservolumen, Klosettbeckentyp und Spülkästen bzw. Druckspüler enthalten (siehe Tab. 6). Inzwischen gibt es Spülkästen, die nur noch 6 Liter Spülvolumen umfassen und mit Toilettenbecken mit 6-Liter-Zulassung kombiniert werden können.

| Nr.                                                                                              | Spüleinrichtung für              | Spülwasservolumen –<br>Spülkästen | Spülwasservolumen –<br>Druckspüler<br>(Betätigungsdauer: 1 s) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                | Flachspül- oder Tiefspülklosetts | 6 bzw. 9 <sup>*)</sup> l          | 6 bzw. 9 <sup>*)</sup> l                                      |
| 2                                                                                                | Absaugeklosetts                  | 6, 9 bzw. 14 <sup>*)</sup> l      | 14 l                                                          |
| 3                                                                                                | Fäkalienausgüsse                 | 6 bis 9 l                         |                                                               |
| 4                                                                                                | Urinalbecken                     | 2 bis 4 l                         |                                                               |
| *) In Abhängigkeit von der Art der Klosettbecken nach der auf diesen angebrachten Kennzeichnung. |                                  |                                   |                                                               |

Tab. 6: Spülwasservolumen (auszugsweise zusammengestellt aus DIN 1986) [14].

Das in Tab. 6 angegebene Spülwasservolumen der Spülkästen bzw. das der Druckspüler nach einer Sekunde Betätigungsdauer ist für Klosettbecken ohne Kennzeichnung nach Nr. 1 grundsätzlich auf 9 l, für Klosettbecken nach Nr. 2 grundsätzlich auf 14 l einzustellen.

Wassersparende Klosetts tragen neben der Kennzeichnung<sup>4)</sup>, z. B. 'PA-I xxxx - 6', deren letzte Zahl es bereits als 6-Liter-Klosett ausweist, vielfach auch noch den blauen Umweltengel.

Vorhandene Installationen benötigen eine Nachlaufwassermenge zur Freispülung der Abwasserleitungen von [15]:

<sup>4)</sup> Die Kennzeichnung 'PA-...' wird vom Deutschen Institut für Bautechnik in Berlin vergeben.

- |                                             |                 |
|---------------------------------------------|-----------------|
| ▶ 2,5 l bei 5 m Abflußanschlußleitung       | (Gefälle 1:50), |
| ▶ 2,5 bis 3 l bei 10 m Leitungslänge        | (Gefälle 1:50), |
| ▶ >3,0 l bei einer Leitungslänge über 10 m. | (Gefälle 1:50). |

Da eine Reduzierung der Transport- bzw. Nachlaufwassermenge zu Ablagerungen und Verstopfungen in den Abflußleitungen führen kann, sollte die Möglichkeit einer Verringerung der Spülwassermenge unter 9 l durch mengenreduzierende Eingriffe oder Einbauten in vorhandene Spülkästen **nur in unbedenklichen Fällen** vorgenommen werden (Hydraulik beachten). Zur weiteren Verringerung der Spülwassermenge wird auf die Möglichkeit des Einbaus besonderer Tiefspülklosetts in Kombination mit Hebeanlagen hingewiesen<sup>5)</sup>.

#### EMPFEHLUNG:

- **Verringerung der Spülwassermenge auf 6 l nur bei komplettem Ersatz durch geprüfte Spülkästen oder Druckspüler (DIN 19542 bzw. DIN 3265) und geprüfte 6-Liter-Klosettbecken (DIN 1385).**
- **Beim Einsatz von Druckspülern ist zu beachten, daß die Spülwassermenge von der individuellen Betätigungsdauer abhängt. Andererseits können unzureichende Spülungen zu Geruchsbelästigungen führen.**
- **Nachträgliche Verringerung der Spülwassermenge unter 9 l an vorhandenen Spülkästen nur in Ausnahmefällen oder ggf. in Verbindung mit einer Sammelhebeanlage vornehmen.**

#### Verringerte Spülung:

Die für Urinspülungen empfohlene Spülwassermenge von etwa 3 l wird entweder durch eine gezielte Spül-/Stoptastenbetätigung oder durch die Betätigung einer gesonderten Spartaste (selbsttätige Spülunterbrechung) freigegeben.

Weil die Funktionsvorschriften der Spülkastennorm insgesamt erfüllt sein müssen, dürfen nur solche Um- oder Nachrüstsätze Verwendung finden, die für das jeweilige Spülkastenmodell von einer amtlich anerkannten Prüfstelle zugelassen sind und denen eine genaue Einbauanweisung beiliegt.

#### EMPFEHLUNG:

- **Nachrüstung von Spülkästen mit geprüften Einrichtungen zur Unterbrechung des Spülvorganges unter Berücksichtigung des Klosettbeckens.**

---

<sup>5)</sup> Z. B. schwedisches 'water-saving-system' (WSS-System).

**Hinweis: Insbesondere bei stark frequentierten Damentoiletten sollte diese Möglichkeit geprüft werden.**

### 2.1.5 Urinale

Für Herrentoiletten ist der Einsatz von Urinalanlagen vorzusehen, weil diese eine gegenüber WC-Anlagen wesentlich geringere Spülwassermenge von nur 2 bis 4 l je Spülvorgang und Urinalstand benötigen (abhängig von Bauart, Typ, Spülsystem und Spülauslösung). Von den üblichen Spülsystemen mit

- ▶ Handbetätigung (Druckspüler),
- ▶ Zeitsteuerung (Steuergerät, Schaltuhr, Magnetventil),
- ▶ Lichtschranke (Steuergerät, Magnetventil),
- ▶ Einzelsteuerung (Näherungselektronik, Magnetventil)

haben die zeitgesteuerten in der Regel einen höheren Wasserverbrauch als diejenigen mit benutzungsabhängiger Spülauslösung. Der geringste Wasserverbrauch ist bei handbetätigten Druckspülern zu erwarten. Trockenurinale<sup>6)</sup> werden sogar völlig ohne Wasserspülung betrieben.

#### EMPFEHLUNG:

- **Bevorzugter Einbau von Wandurinalen mit Druckspüler. Bei hoher Benutzerfrequenz Einzel-Näherungssteuerung.**
- **Ersatz von Standurinalen mit Flächenspülung durch Wandurinale mit benutzungsabhängiger Spülung.**
- **Verringerung der Spülwassermenge je Urinal auf ca. 2 bis 3 l je Vorgang und ggf. Verringerung der Spülintervalle.**
- **Überprüfung der Einsatzmöglichkeiten für Trockenurinale (starke Frequenzierung bei sporadischem Betrieb).**

## 2.2 Öffentliche Bäder

Öffentliche Schwimmbäder weisen je nach zusätzlicher Ausstattung mit Wannenbädern, Sauna, Kantine, Restaurant und Freizeiteinrichtungen einen Wasserverbrauch von 150 bis 180 l, mit Saunabetrieb von 160 bis 200 l und in Extremfällen von 110 bis 450 l je

---

<sup>6)</sup> Trockenurinale werden von einer Schweizer Firma hergestellt und sind vom Deutschen Institut für Bautechnik/Berlin mit dem Prüfzeichen PA-I 1021 zugelassenen. Bei entsprechender Wartung können diese vollkommen geruchfrei betrieben werden. Der wasserlose Betrieb führt erwiesenermaßen nicht zur Urinsteinbildung [11].

Besucher auf [11], [13]. Einsparmöglichkeiten ergeben sich neben der Einsparung von Duschwasser (siehe 2.1.2) insbesondere durch die Herabsetzung der Füllwasserzusatzmenge zum Beckenwasser durch eine benutzerzahlabhängige Zuspeisung. Allerdings ist eine Unterschreitung der Füllwasserzuspeisung von 30 l/Tag und Badegast nicht zulässig (siehe [16]). Durch den Einsatz einer Verfahrenskombination mit integrierter Ozonstufe oder von Pulver-Aktivkohle läßt sich die Einhaltung der vorgegebenen Hygienestandards aus der DIN 19643 bei normgerechter Betriebsweise der Anlage ohne die sonst erforderliche Anhebung der Füllwasserzusatzrate von 30 l je Tag und Badegast unter Umständen erreichen.

Zum Standard sollte die Rückführung des Meßwassers und des Kühlwassers für die Ozonanlage in den Wasserspeicher und der Einsatz von Filtrat als Treibwasser für die Chlorungsanlage gehören [36].

#### **EMPFEHLUNG:**

- **Ausschöpfung der vorgenannten Einsparmöglichkeiten entsprechend der technisch-wirtschaftlichen Realisierbarkeit im Einzelfall (sofern der untere Wasserverbrauchsrichtwert von 110 bis 150 l je Besucher und Tag nennenswert überschritten wird).**

### **2.3 Labore**

In Laborbereichen von Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen kann der spezifische Trinkwasserverbrauch das 10 bis 15fache des Verbrauches von Verwaltungsgebäuden betragen [17]. Die hohen Verbräuche (umgerechnet ca. 40 bis 60 Liter pro Person und Tag) sind überwiegend auf die Verwendung von Trinkwasser für Strahlpumpen, für Spülvorgänge und insbesondere für Kühlzwecke zurückzuführen. Die Verbräuche einiger Laborgeräte sind beispielhaft in Tabelle 8 aufgeführt. Die dort angegebenen Werte entstammen Untersuchungen, die in Niedersachsen durchgeführt wurden [33], [34].

#### **Wasserstrahlpumpen:**

Im allgemeinen wird das zum Betrieb von Wasserstrahlpumpen notwendige Treibwasser den Trinkwasserzapfstellen der Labortische entnommen und das austretende Wasser-Stoff-Gemisch unmittelbar in den Labortischabfluß abgeleitet. Der Verbrauch bzw. die Verbrauchskosten einschließlich Abwassergebühr sind bei täglich mehrstündigem Betrieb und spezifischen Verbräuchen von 6 bis 8 l/min erheblich.

| Anlage                                                                                                         | Wasserverbrauch [l/min] | Jahresverbrauch [m <sup>3</sup> ] <sup>*)</sup> | Standort                              | Be-triebs-zeit           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Bidest-Anlage                                                                                                  | 3,8<br>13,3             | 1.350<br>4.800                                  | OS/Biologie:                          | 2<br>4<br>h/<br>d        |
| Bioreaktor                                                                                                     | 6,0                     | 900                                             | H/IFLC:                               | 10 h/d                   |
| Destillationsanlage                                                                                            | 1,2<br>1,3<br>1,5       | 436<br>120<br>68                                | OS Chemie:<br>H/IFLC:<br>H/IFLC:      | 24 h/d<br>6 h/d<br>3 h/d |
| Extraktorenatterie                                                                                             | 2,0                     | 150                                             | H/IFLC:                               | 5 h/d                    |
| Inkubationsschüttler                                                                                           | 1,0                     | 360                                             | H/IFLC:                               | 24 h/d                   |
| Kernspintomograph<br>(Magnetkühlsystem)                                                                        | 7,0<br>14,0             | 840<br>1.680                                    | –                                     | 8 h/d<br>8 h/d           |
| Kieselgel-Flüssigchroma-<br>tograph                                                                            | 1,5                     | 135                                             | H/IFLC:                               | 6 h/d                    |
| Laserblitzphotometer                                                                                           | 5,0                     | 1.800                                           | OS/Biologie:                          | 24 h/d                   |
| Rotationsverdampfer                                                                                            | 1,7<br>15,0             | 75<br>1.125<br>225                              | H/IFLC:<br>OS/Chemie:<br>OS/Biologie: | 3 h/d<br>5 h/d<br>1 h/d  |
| Schüttelmaschine                                                                                               | 5,0                     | 1.800                                           | H/IFLC:                               | 24 h/d                   |
| Sohleextraktor                                                                                                 | 3,0                     | 90                                              | H/IFLC:                               | 2 h/d                    |
| Transmissionselektronen-<br>mikroskop                                                                          | 0,5                     | 181                                             | OS/Biologie:                          | 24 h/d                   |
| Ultrazentrifuge                                                                                                | 3,2                     | 1.140<br>380<br>95                              | OS/Biologie:                          | 24 h/d<br>8 h/d<br>2 h/d |
| Wasserstrahlpumpe                                                                                              | 3,3                     | 50<br>150<br>250                                | OS/Chemie:                            | 1 h/d<br>3 h/d<br>5 h/d  |
| <sup>*)</sup> mit 250 Arbeitstagen<br>H ... Hannover IFLC ... Institut für Lebensmittelchemie OS ... Osnabrück |                         |                                                 |                                       |                          |

Tab. 8: Wasserverbrauch verschiedener Laborgeräte [33], [34].

#### EMPFEHLUNG:

- Einsatz von transportablen, elektromotorisch betriebenen Vakuumpumpen anstelle von Wasserstrahlpumpen.

- ▶ **Überprüfung ob ein Betrieb der Wasserstrahlpumpen mit Nicht-Trinkwasser möglich ist (zur Vermeidung von Verwechslungen mit besonderem Wasseranschluß).**

Es ist zu beachten, daß eine Absaugung wassergefährdender Stoffe mit Wasserstrahlpumpen die Vorhaltung kostenaufwendiger Abwasserbehandlungsanlagen voraussetzt.

### **Kühlwassersysteme:**

Ein Großteil des Trinkwasserverbrauchs in Laborgebäuden ist auf eine Verwendung des Wassers für Kühlzwecke zurückzuführen. Insbesondere bei mehreren Laboreinheiten oder wenn häufiger Laborgeräte mit hohem Kühlleistungsbedarf betrieben werden (wie bei Heliumverflüssigung, Dampfstrahlpumpen zur Vakuumherzeugung, Laser usw.), sollte die erforderliche Kühlleistung über nachzurüstende Kühlwasserumlaufsysteme bereitgestellt werden, zumal neben der Wassereinsparung u. U. auch die bei der Systemrückkühlung anfallende Abwärme zurückgewonnen und geeigneten Wärmebedarfskreisläufen zugeführt werden kann.

Ein derartiges Kühlwasserumlaufsystem besteht aus einem Druckvorlaufrohrnetz und einem drucklosen oder druckbehafteten Rücklaufrohrnetz (offenes oder geschlossenes System). Die Zentrale besteht in der Regel aus einem drucklosen Sammel- u. Vorlagebehälter, einer Pumpen-Druckbehälteranlage und einem an eine Kälteanlage oder ein Fernkältenetz angeschlossenen Wärmetauscher.

Ergibt sich aufgrund der örtlichen Gegebenheiten oder Betriebsverhältnisse keine ausreichende Wirtschaftlichkeit für die Nachrüstung eines Kühlwasserumlaufsystems, wäre zumindest zu prüfen, inwieweit das Kühl-Abwasser als Betriebswasser für andere Zwecke unmittelbar oder in Verbindung mit einer generellen Recyclinglösung verwendet werden kann (siehe Abschnitt 3). Unter Umständen kann dazu die allgemeine Abwasserinstallation genutzt oder einbezogen werden.

### **EMPFEHLUNG:**

- **Überprüfung des Kühlwasserverbrauchs und ggf. Installation eines Kühlwasserumlaufsystems, wenn dies nach den Gegebenheiten des Einzelfalles langfristig wirtschaftlich ist.**
- **Bereitstellung von Nicht-Trinkwasser über ein gesondertes Versorgungsnetz mit unverwechselbaren Geräteanschlüssen.**
- **Recycling des Kühl-Abwassers als Betriebswasser für andere Verwendungszwecke mit getrenntem Abwasserrohrnetz; eventuell kann die allgemeine Abwasserinstallation genutzt oder einbezogen werden.**

## 2.4 Küchen, Kantinen

Der unterschiedlich hohe Wasserverbrauch von Küchen und Kantinen zwischen rd. 13 und 30 l/Essen (im Mittel 20 l) [8], [17], [18] ist fast ausschließlich auf die verschiedenartige Betriebsweise und Ausstattung der Spülküchen (Verbrauchsanteil oftmals weit über 50 %) zurückzuführen. Vor allem durch den Einsatz moderner Mehrtank- bzw. Mehrzonen-Durchlaufgeschirrspüler (kontinuierlich arbeitende Korbdurchlauf- oder Banddurchlaufmaschinen), deren Einsatz allerdings erst ab ca. 200 Essen je Mahlzeit üblich ist, lassen sich nicht nur die Spülwassermengen erheblich reduzieren, sondern auch beträchtliche Energieeinsparungen erzielen. In diesen Maschinen dient das Frischwasser zunächst als Kühlwasser für den Wrasenniederschlag und wird anschließend nacheinander als Nachspülwasser, als Hauptwaschwasser und in der Vorabräumzone weitergenutzt. Durch diese Mehrfachnutzung sind Wassereinsparungen bis zu 60 % und Energieeinsparungen bis zu 40 % möglich [19].

### EMPFEHLUNG:

- **Einsatz moderner Mehrzonen-Durchlaufgeschirrspüler bei Küchen mit einer Kapazität von mehr als 200 Essen je Mahlzeit.**

## 2.5 Wäschereien

Bei den Waschmaschinen werden verschiedenartige, sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich arbeitende Waschverfahren angewendet:

### Mehrlaugenverfahren:

Je Waschgang ein gesonderter Maschinendurchlauf (beim Einbadverfahren mit Maschinenwechsel, beim Mehrbadverfahren mit Laugen- oder Spülwasserwechsel sowie kombinierte Verfahren).

### Strömungsverfahren:

Die Einzelphasen des Waschprozesses erfolgen in verschiedenen, vom Waschgut zu durchlaufenden Zonen oder Kammern meist mehrerer, zu einer sogenannten Waschstraße zusammengefaßter Maschinen. Die Maschinen arbeiten nach dem strömungskombinierten Verfahren (Weiterverwendung von Spülwasser und Waschlauge in einzelnen vorhergehenden Waschzonen) oder dem Gegenstromverfahren (Waschwasserdurchlauf entgegen dem Wäschedurchlauf).

In mittelgroßen und vor allem in großen Wäschereien sind durch eine Umstellung der Waschverfahren von den Mehrlaugenverfahren auf die Strömungsverfahren nicht nur

erhebliche Mengen an Wasser und Wärmeenergie einsparbar, sondern werden zugleich auch die Waschmittelkosten und ggf. die Personalkosten gesenkt.

Je nach Wäscheart, Wäschemenge und Verschmutzungsgrad beträgt der Wasserverbrauch bei den Mehrlaugenverfahren zwischen ca. 40 und 45 l/kg Trockenwäsche (davon rd. 20% hartes Wasser und 80% Weichwasser). Demgegenüber benötigen die Strömungsverfahren nur noch zwischen ca. 20 und 25 l/kg Trockenwäsche (ca. 44% hartes Wasser und 56% Weichwasser) [17]. Mit neuen Entwicklungen sind Werte möglich, die sogar noch unterhalb dieser Verbräuche liegen.

#### **Empfehlung:**

- **Überprüfung der Wirtschaftlichkeit der vorhandenen Waschanlagen im Vergleich zu energie- und wassersparend konzipierten Waschverfahren und Waschmaschinen.**
- **Überprüfung des vorhandenen Waschverfahrens auf Möglichkeiten zum Spül- u. Waschwasserrecycling. Gefahr der Wiederverkeimung in Krankenhauswäschereien berücksichtigen!**

## **2.6 Werkstätten, Fuhrparks**

Sind in größerem Umfang Fahrzeuge und Geräte (z. B. Müllfahrzeuge, große Rasenmäher) zu reinigen, kann die ausschließliche Verwendung von Trinkwasser zu aufwendig werden. Der Wasserverbrauch für eine Nutzfahrzeugwäsche (einschl. Chassiswäsche) beträgt je nach Fahrzeugart bis zu 2000 l bei Waschanlagen ohne und etwa 400 l bei Waschanlagen mit Waschwasserrecycling [11]. Sofern für die Gewinnung des Waschwassers kein natürliches Gewässer nutzbar ist, sollte geprüft werden, ob eine Regenswasserspeicherung in Zisternen wirtschaftlich ist (s. Abschnitt 3). Eine Verwendung von Abwässern (Recyclingwasser gem. Abschnitt 3.2) kommt wegen der eventuell darin enthaltenen gesundheitsgefährdenden Stoffe in der Regel nicht in Betracht.

#### **EMPFEHLUNG:**

- **Ausschöpfung aller örtlichen Möglichkeiten eines völligen oder teilweisen Ersatzes von Trinkwasser durch Nicht-Trinkwasser (s. Abschnitt 3).**
- **Nachrüstung vorhandener Fahrzeugwaschanlagen mit Waschwasserrecycling-Einrichtungen (ggf. Umbau oder Erneuerung), soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar ist.**

## 2.7 Zentrale gebäudetechnische Anlagen

### 2.7.1 Raumluftechnische Anlagen

Bei raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen)<sup>7)</sup> mit Feuchteregelung bestehen prinzipiell die nachstehenden Möglichkeiten zur Verringerung des Wasserverbrauchs, deren Realisierung im Einzelfall jedoch in hohem Maße sowohl von den jeweiligen physiologischen und hygienischen Anforderungen und technischen Betriebsbedingungen als auch von der wirtschaftlichen und anlagentechnischen Durchführbarkeit abhängt.

Durch eine Vollentsalzung des Wassers oder durch eine Dampfbefeuchtung entfällt die bei den Luftwäschern (Sprüh- und Rieselbefeuchtern) zur Vermeidung der Eindickung bzw. zur Absalzung erforderliche Abschlammung, deren Menge – je nach Aufbereitung des Wassers (Härtegrad) – ein mehrfaches der zur Luftbehandlung benötigten Wassermenge ausmachen kann. Maßnahmen gegen die Ausbreitung von Mikroorganismen (empfohlene Grenzwerte: siehe Anhang der VDI-Richtlinie 3803) sind jedoch weiterhin erforderlich. Hinsichtlich der Abschlammung bei Dampferzeugern siehe Abschnitt 2.7.3.

Durch den Einsatz von Regenerativ-Wärmerückgewinnern und Umluftsystemen – auch in Kombination – wird neben der sensiblen und latenten Wärme auch die Luftfeuchte größtenteils zurückgewonnen. Dabei müssen jedoch die hygienischen Betriebsanforderungen beachtet werden. Dies gilt insbesondere für RLT-Anlagen in Krankenhäusern (s. DIN 1946, Teil 4).

#### **Empfehlung:**

- **Verwendung von vollentsalztem Wasser oder Dampf für die Luftbefeuchtung bei RLT-Anlagen mit Befeuchtungsstufe (aus toxikologischen Gründen chemikalienfrei).**
- **Größtmöglichen Rückgewinn der Luftfeuchte bei RLT-Anlagen mit Befeuchtungsstufe durch den Einbau von Umluftsystemen und/oder regenerativen Wärmerückgewinnern anstreben. Hinweis: Nur durch 'Enthalpiewechsler' - z. B. Wärmerad - können latente Anteile zurückgewonnen werden.**

### 2.7.2 Kälteanlagen

Soweit die bei Kälteprozessen anfallende Abwärme nicht anderen Wärmebedarfskreisläufen nutzbringend zugeführt werden kann, muß sie in Rückkühlwerken (Kühl-

---

<sup>7)</sup> Siehe auch DVGW-Arbeitsblätter W 551 und W 552 sowie Empfehlung der Fachkommission Gebäude- und Betriebstechnik 'Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos durch technische Maßnahmen'.

turm/Kondensator) abgeführt werden<sup>8)</sup>. Wegen der größeren Leistung bzw. geringeren Baugröße werden dazu häufig wasserbeaufschlagte atmosphärische Rückkühlwerke mit direkter Kühlung (Verdunstungskondensatoren) oder mit indirekter Kühlung (Kühlwasserverrieselung) benutzt. Der Wasserverbrauch dieser überwiegend mit Trinkwasser gespeisten Rückkühlwerke kann die folgende Werte annehmen [13]:

|                        |                    |                      |
|------------------------|--------------------|----------------------|
| Verdunstungsmenge:     | 2 l/h je kW        | Kälteleistung        |
| Abschlämmverluste:     | 3 l/h je kW        | Kälteleistung        |
| <u>Spritzverluste:</u> | <u>1 l/h je kW</u> | <u>Kälteleistung</u> |
| Gesamtverbrauch:       | 6 l/h je kW        | Kälteleistung        |

#### EMPFEHLUNG:

- **Überprüfung, ob die Kondensationswärme des Kälteprozesses zumindest teilweise anderen, vom Temperaturniveau her geeigneten Wärmebedarfskreisläufen (RLT-Anlagen, Warmwasserbereitung usw., notfalls durch Systemauftrennung) zugeführt werden kann, evtl. in Kombination mit einem luftgekühlten Kondensator als Spitzenlast-Rückkühlwerk.**
- **Verwendung von gefiltertem/aufbereitetem Nicht-Trinkwasser aus Oberflächengewässern in wasserbeaufschlagten atmosphärischen Rückkühlwerken und Rohrbündelkondensatoren (örtliche Abwasserbestimmungen beachten).**
- **Ersatz wasserbeaufschlagter atmosphärischer Rückkühlwerke durch luftgekühlte Kondensatoren, in Ausnahmefällen durch Verdunstungskondensatoren.**
- **Betrieb der Verdunstungskondensatoren in der Übergangszeit ohne Wasser, d. h. nur mit Luftkühlung, sobald dies der Leistungsbedarf zulässt.**
- **Möglichst hohe Eindickung des Kühlkreislaufwassers mit Härtestabilisatoren, um die Absalzverluste gering zu halten.**

#### 2.7.3 Dampferzeugung

Nicht nur unter dem Gesichtspunkt einer sinnvollen Wasserausnutzung sondern auch zur Energieeinsparung und aus Kostengründen sind Dampfverluste im Verteilrohrnetz und an den Verbrauchern zu vermeiden sowie Kondensatverluste zu beseitigen. Darüber hinaus läßt sich die Abschlämmrate von Dampferzeugern durch eine auf die Wasserqualität abgestimmte Aufbereitung des Kesselspeisewassers minimieren. Durch

---

<sup>8)</sup> Siehe auch Bundesgesundheitsblatt 30 Nr.7 vom Juli 1987, Seite 252: 'Bekämpfung des Legionellen-Infektionsrisikos in Wassersystemen'.

die Verwendung von vollentsalztem Wasser entfällt das Abschlämmen fast völlig. Allerdings tritt ein Wasserverbrauch beim Regenerieren der Enthärtungsanlagen auf.

Bei gasbefeuelten Kesselanlagen mit Abgaswärmetauschern zur Brennwertnutzung besteht unter Umständen auch die Möglichkeit, das anfallende Abgaskondensat nach Entgasung und Aufbereitung (Wasseranalyse) dem Kesselspeisewasser zuzusetzen oder anderweitig zu nutzen.

#### EMPFEHLUNG:

- **Feststellung und Beseitigung von Dampf- und Kondensatverlusten anhand regelmäßig auszuwertender Zählerstandsdaten (Speisewasser- und Kondensatmengen).**
- **Vollentsalzung des Speisewassers durch den Einsatz halb- oder voll-automatischer Vollentsalzungsanlagen (Kationen-/Anionentauscher).**

## 2.8 Außenanlagen

### 2.8.1 Sportanlagen- und Grünflächenbewässerung

Zur Bewässerung von Sportanlagen, Grünflächen und jeder Art von Zier- u. Nutzpflanzen ist für den sparsamen Umgang mit der Ressource 'Trinkwasser', aber auch aus Kostengründen **möglichst nur Nicht-Trinkwasser** z. B. aus Oberflächengewässern sowie Regenwasser aus Zisternen zu verwenden. Für Wasserentnahmen aus dem Grundwasser und aus Oberflächengewässern ist eine Erlaubnis oder Bewilligung der zuständigen Wasserbehörde einzuholen (s. a. Abschnitt 4). Ferner sollten die DIN 18035 Teil 2, DIN 19650 und DIN 19655 Beachtung finden.

Wenn keine Verbrauchsdaten vorliegen, können zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit folgende Berechnungsmengen (Gesamtmenge während der Vegetationszeit von April bis September) zugrunde gelegt werden [17]:

|   |                      |                                               |
|---|----------------------|-----------------------------------------------|
| ▶ | für Sportanlagen     | 200 l/m <sup>2</sup>                          |
| ▶ | für Grünland         | (bei leichten Böden) 100–200 l/m <sup>2</sup> |
|   | (bei schweren Böden) | 80–150 l/m <sup>2</sup>                       |

#### EMPFEHLUNG:

- **Für die Bewässerung von Außenanlagen geeignete örtlich verfügbare Nicht-Trinkwasserressourcen nutzen (z. B. Fließgewässer, Teiche, Schiffahrtskanäle).**

- **Bei großen Beregnungsmengen sollte die Wirtschaftlichkeit einer Regenwasserspeicherung (Zisterne, künstliches Gewässer) oder einer Grundwasserentnahme geprüft werden.**
- **Standortgerechte Pflanzen mit geringem Wasserverbrauch einsetzen.**
- **Überprüfung, ob der Einsatz von Flachbrunnen zur Nutzung von oberflächennahem Grundwasser, z. B. für Sportplätze möglich ist.**

### 2.8.2 Zierbrunnenanlagen

Für die Planung und den Betrieb von Zierbrunnenanlagen sollten aus Wassereinspar- und hygienischen Gründen folgende Grundsätze Berücksichtigung finden:

- Der Wasserstand in Brunnenbecken sollte durch entsprechende Einrichtungen auf **max. 15 cm** begrenzt werden<sup>9)</sup>. Damit ergeben sich weitere positive Aspekte:
  - der Gesamtwasserinhalt der Anlage reduziert sich wesentlich und die notwendigen Füll-, Entleerungs- und Reinigungsvorgänge sind schneller durchführbar;
  - Verschmutzung, Trübung und Algenbildung des Beckenwassers wird vermindert.
- Die Belastung des Brunnenwassers entspricht der von normalem Niederschlagswasser. Unter dem Gesichtspunkt des Ökologiebewußtseins kann auf den Einsatz von sonst notwendigen Chemikalien zur Wasserbehandlung verzichtet werden.
- Die Springhöhe der Düsen sollte kleiner sein als der horizontale Abstand der Düsen zum Beckenrand, um bei Windeinflüssen den Wasseraustrag zu minimieren. Dies führt zu geringeren Wasserverlusten und verhindert die Versumpfung der angrenzenden Vegetation.

### EMPFEHLUNG:

- **Überprüfung des Wasserstandes in den Brunnenbecken und ggf. Reduzierung der Wassertiefe auf max. 15 cm.**
- **Die Anschlußsituation an die öffentliche Kanalisation ist zu überprüfen, um ggf. eine kostenfreie Ableitung in den Regenwasserkanal zu erreichen.**

---

<sup>9)</sup> Die Erfahrung mit Zierbrunnenanlagen zeigen sehr deutlich, daß vornehmlich die jüngeren Besucher Brunnenanlagen als 'Planschbecken' umfunktionieren und intensiv mit dem Brunnenwasser in Berührung treten, so daß durch Kontakt oder Aufnahme hygienische Gefährdungen auftreten können.



### 3 VERWENDUNG VON NICHT-TRINKWASSER, SUBSTITUTION VON TRINKWASSER

Die auf einen lebenslangen gesundheitsunschädlichen Genuß ausgerichteten Qualitätsanforderungen sind für das Lebensmittel 'Trinkwasser' speziell in folgenden Verordnungen und Richtlinien festgelegt (s. a. Abschnitt 4.1):

- Trinkwasserverordnung,
- DIN 2000 Zentrale Trinkwasserversorgung,
- DIN 2001 Eigen- u. Einzeltrinkwasserversorgung.

Nur ein Bruchteil des Trinkwassers wird auch tatsächlich zum Trinken, Waschen und Waschen und Kochen mit zugehörigen Arbeitsgängen oder für medizinische Zwecke usw. verwendet. Für andere Nutzungen, die keine Lebensmittelqualität erfordern, **kann das Trinkwasser ggf. durch örtlich verfügbares Wasser minderer Güte (Regenwasser [30], Oberflächenwasser, Grundwasser und wiederverwendbares Abwasser) substituiert werden, sofern die Wirtschaftlichkeit trotz des zusätzlich erforderlichen Installationsaufwands gegeben ist.** Zur Nutzung von Oberflächenwasser und Grundwasser ist gemäß § 3 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) eine Erlaubnis oder Bewilligung der zuständigen Wasserbehörde erforderlich.

Die für den jeweiligen Zweck erforderliche Mindestqualität ist durch Filterung oder gezielte Aufbereitung herzustellen. Aus ökologischen Gründen sollte prinzipiell auf die Verwendung von umweltbelastenden Desinfektionsmitteln zur chemischen Aufbereitung verzichtet werden. Gegenwärtig gibt es für eine Verwendung von Nicht-Trinkwasser für Zwecke, die grundsätzlich keine Trinkwassergüte erfordern, keine allgemein gültigen behördlich festgesetzten Beschaffenheitsanforderungen und somit auch keine Bewertungsmaßstäbe für Wasser mit geringem Nutzungsanspruch. In Berlin wurden mit dem Bundesgesundheitsamt (BGA)<sup>10)</sup> hygienische Anforderungen für die Betriebswassernutzung von Grauwasser vereinbart [31]. Gelegentlich wird für Anhaltswerte auch die EG-Richtlinie für Freibadegewässer herangezogen. Eine weitgehende Übereinstimmung besteht darüber, daß in hygienischer, ästhetischer und technischer Hinsicht z. B. Betriebswasser aus Regenwassersammelanlagen nachfolgende Qualitätsansprüche erfüllen sollte:

- ▶ hygienisch unbedenklich im Hinblick auf den Einsatzbereich;
- ▶ farblos, klar und ohne Geruchsbelästigung;
- ▶ frei von Trübstoffen, Feststoffen und schleimbildenden Stoffen;
- ▶ möglichst sauerstoffreich [27].

Von einer unmittelbaren Verwendung ohne ausreichende Aufbereitung wird generell abgeraten [20], [21]. Die in Betracht kommenden Aufbereitungsverfahren und deren jeweilige Eignung sind in [20] und [21] beschrieben. Wasseraufbereitungsverfahren zur Reinigung von Regenwasser, Oberflächenwasser und Grundwasser sind ausreichend praxiserprobt. Bisher noch kaum praxiserprobt sind nur die Verfahren zur Aufbereitung

---

<sup>10)</sup> Inzwischen wurde das BGA in mehrere Institutionen aufgeteilt und u. a. dem Umweltbundesamt zugeordnet.

von Grauwasser. Nur wenige Verfahren können hinsichtlich Wirkungsweise, Investition und Betriebskosten als praxisgeeignet eingestuft werden.

Sofern das Substitutionswasser nicht zu jeder Zeit in der benötigten Menge zur Verfügung steht und angesammelt werden muß, sind z. B. bei Regenwasser ausreichend bemessene Auffang- und Bevorratungsbehälter (meist mit Grobfilter, Schlammfang und Absetzkammer) sowie eine niveaubabhängig gesteuerte Trinkwasserzuspeisung unverzichtbar.

Konsequenterweise sollte das Überlaufwasser versickert werden. Dies bedarf wegen der hydrologischen und bodenmechanischen Gegebenheiten ebenfalls der Erlaubnis der Wasserbehörde. Keine Genehmigung ist erforderlich, wenn auf einem Grundstück Niederschlagswasser versickert wird.

Die Verwendung von **Nicht-Trinkwasser** erfordert in jedem Falle **eine getrennte Installation**. Wegen der Verwechslungsgefahr mit der Trinkwasserinstallation werden von den Befürwortern als Rohrmaterial für Regenwassersysteme Kunststoff- oder Edelstahlrohre empfohlen bzw. die Kennzeichnung der Regenwasserleitung mit einem umwickelten Trassenband. Zwischen dem **Nicht-Trinkwasser-** und dem **Trinkwasser-Rohrnetz** dürfen keine Verbindungen (weder fest noch lösbar) bestehen oder über Armaturen zustande kommen. Eine wechselweise Benutzung ist ebenfalls nicht zulässig (DIN 1988 und DVGW-Merkblatt W 345 [6]). Dementsprechend muß eine Trinkwasserzuspeisung als freier Zulauf oberhalb der Überlaufebeine der Bevorratungsbehälter angeordnet oder ein Rohrunterbrecher der Bauart A1 eingebaut werden (DIN 1988, Teil 4). Darüber hinaus sollten alle zugänglichen Zapfarmaturen neben der Beschilderung nach DIN 1988 eine unübliche Betätigung (z. B. per Schlüssel) und ggf. eine abweichende Anschlußverschraubung aufweisen.

Im Vergleich zur Trinkwasser-Einsparung hängt die **Wirtschaftlichkeit** der Trinkwasser-Substitution nicht allein von der einsparbaren Trinkwassermenge ab, sondern wird auch bestimmt durch

- ▶ die Abwassergebühr, die auf die Substitutionsmenge zu entrichten ist (ggf. entfällt der Anteil zur Grünbewässerung ebenso wie für andere, nachweisbar nicht ins Kanalnetz abgeführte Mengen);
- ▶ die Verfügbarkeit des Nicht-Trinkwassers und damit durch die Kosten für die Bevorratung (Kapitaldienst) und die Wasserkosten für die Trinkwasserzuspeisung;
- ▶ den Umfang bzw. die Kosten einer getrennten, ggf. doppelten Rohrnetzinstallation;
- ▶ den in der Regel größeren Aufwand für die Instandhaltung des Rohrnetzes, der Armaturen und der angeschlossenen Einrichtungen;
- ▶ den Reinigungs- und Wartungsaufwand, insbesondere für die Auffang- bzw. Vorratsbehälter und Filtereinrichtungen bzw. Aufbereitungsanlage.

## EMPFEHLUNG:

- **Zur Verringerung des Verbrauchs an Trinkwasser ist sowohl bei bestehenden Gebäuden als auch bei Neu-, Um- und Erweiterungsbauten sowie bei Sanierungen in jedem Einzelfall zu untersuchen, ob für die jeweiligen Verwendungszwecke auch Nicht-Trinkwasser hygienisch und wirtschaftlich vertretbar eingesetzt werden kann.**

### 3.1 Regenwassernutzung

Die Regenwasser- bzw. Dachablaufwassernutzung ist sehr umstritten. Einzelne Länder fördern die Regenwassernutzung wegen der ökonomischen und ökologischen Vorteile (Schonung der für die Trinkwasser-Gewinnung vorhandenen Ressourcen) mit entsprechenden Programmen, während andere Länder dies sogar in der Landesbauordnung festgesetzt haben (s. Abschnitt 5.2), sofern die jeweilige Kommune es wünscht. Andere wiederum, insbesondere Wasserversorgungsunternehmen und staatliche Gesundheitsämter, allen voran das BGA, sind der Auffassung, Regenwassernutzung sei unwirtschaftlich und hygienisch bedenklich. Das BGA befürchtet 'gesundheitliche Risiken', u. a. weil Regenwasser auf den Dachflächen verunreinigt wird. Ferner, weil das Risiko von Leitungsfehlerverbindungen mit dem Trinkwassernetz nicht völlig auszuschließen ist [26], [29], [30].

Die Nutzung von Regenwasser muß aus Gründen der Hygiene sehr differenziert betrachtet werden. Derjenige, der Regenwasser nutzen will, sollte die Risiken kennen, die durch Verunreinigungen, die im aufgefangenen Regenwasser enthalten sein können, entstehen. Auf jeden Fall sollte vor dem Bau einer Regenwassernutzungsanlage der Standort, die Umwelteinflüsse, die Art und Größe der Auffangfläche, der Standort des Speichers und die Qualitätsansprüche der Betreiber berücksichtigt werden. Zudem muß dafür Sorge getragen werden, daß die Regenwassernutzungsanlage fachmännisch installiert, betrieben und regelmäßig gewartet wird. Wegen der hygienischen Problematik sollten Regenwassernutzungsanlagen in öffentlichen Gebäuden nicht in Krankenhäusern, Kindergärten, Justizvollzugsanstalten und psychiatrischen Anstalten zum Einsatz kommen. Vor der Errichtung und Inbetriebnahme einer Regenwassernutzungsanlage muß der Betreiber seinem Wasserversorgungsunternehmen Mitteilung machen (§ 3 Abs. 2, S. 1 der Verordnung über allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser).

Die Grünflächenbewässerung hat bisher zu keinen Diskussionen geführt. Die konträre Auffassung des BGA behandelt allein das Problem der leitungsgebundenen Dachablaufwassernutzung im Gebäude.

Für öffentliche Gebäude wird das Regenwasser überwiegend als Betriebswasser zur Toilettenspülung verwendet.

Die Regenwassernutzung setzt voraus, daß einerseits ein nennenswerter substituierbarer Wasserverbrauch vorliegt und andererseits geeignete, ausreichend große

Auffangflächen (Dach- und ggf. befestigte Hofflächen) vorhanden sind und das benötigte Speichervolumen einschließlich Filter- bzw. Aufbereitungsanlage räumlich untergebracht werden kann. Auf eine chemische Desinfektion dieses Wassers sollte aus umweltschonenden Gründen verzichtet werden (Belastung von Kläranlagen). Hinsichtlich der Installation sind DIN 1988 und das DVGW-Arbeitsblatt W 345 [6] zu beachten. Zudem sind Regenwassernetze so aufzubauen, daß im verbleibenden Trinkwassernetz immer eine ausreichende Spülung gegeben ist.

Während eine Vorabschätzung der Nutzungsmöglichkeiten anhand der regional verfügbaren Jahresniederschlagsmenge und des Jahresverbrauchs der mit Regenwasser versorgbaren Verbrauchsstellen erfolgen kann, muß bei der Anlagenplanung der zeitlich unterschiedliche Anfall von Regendargebot und Wasserbedarf im Hinblick auf eine wirtschaftlich optimierte Speicherauslegung genauer untersucht werden.

Von einer Speicherbemessung mit pauschalierten Faustwerten wird nachdrücklich abgeraten, weil dies in der Regel zu einer Überdimensionierung des Speichers führt, die unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit nicht vertretbar ist oder eine Regenwassernutzung aufgrund der Kostenlage vielfach unwirtschaftlich erscheinen läßt. Zum anderen kann eine zu hohe Vorratsmenge hygienische Nachteile mit sich bringen. Mit einer 'Simulationsrechnung' (rechnerische Erfassung der Speicherfüll-, Überlauf-, Entnahme- und Zusp eisungsvorgänge) auf dem PC, z. B. mit Hilfe von Tabellenkalkulationsprogrammen, ist eine Speichergrößenoptimierung relativ schnell und einfach durchführbar. Ungeklärt ist derzeit die Frage, wie oft der Speicher zu Reinigungszwecken entleert werden sollte. Hierzu sollten die Erfahrungen aus bereits ausgeführten Anlagen berücksichtigt werden [38].

### **Regendargebot (Verfügbare Menge):**

Die Niederschlagsmengen sind nicht nur regional und jahreszeitlich sehr verschieden, sondern fallen auch in unterschiedlicher Intensität an und schwanken zudem von Jahr zu Jahr ganz erheblich. Zur Bestimmung der nutzbaren Regenwassermenge wird empfohlen, nur die beim Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes (Offenbach/Main) bzw. bei den örtlichen Wetterämtern erhältlichen Jahresmittelwerte der Tagesniederschlagshöhen zugrunde zu legen. Mittels dachart- und dachformabhängiger Verlustbeiwerte (für Verdunstungs-, Benetzungs-, Verwehungs-, Mulden- und Schneeverluste) kann die effektiv verfügbare Menge angenähert errechnet werden [22].

### **Simulationsrechnung [33]:**

Für eine zunächst geschätzte Speichergröße wird durch eine in möglichst kleinen Zeitschritten (z. B. tagesgenau) vorzunehmende Bilanzierung von nutzbarer Regenmenge, Überschuß, Verbrauch und Zusp eisung der Speicherinhalt für ein Jahr unter Zuhilfenahme der standortbezogenen Daten des Deutschen Wetterdienstes simuliert. Die Rechnung basiert auf folgendem Prinzip: Bei einer bestimmten Niederschlagsmenge und Verbrauchsmenge pro Tag ergibt sich eine Differenz zwischen benötigter und verfügbarer Wassermenge. Falls kein Niederschlag fällt und sich im Speicher kein

Wasser mehr befindet, muß aus dem Trinkwassernetz nachgespeist werden. Bei Regenüberschuß kann der Speicher wieder nach- oder ganz aufgefüllt werden bzw. darüber hinaus muß es abgeleitet werden (Kanalisation oder Versickerung). Die Tagesmengen von Verbrauch und Niederschlag werden direkt miteinander verrechnet. Tageszeitliche Verbrauchsmengen bzw. ein bekanntes tageszeitliches Verbrauchsprofil können bei stundengenauer Berechnung die Genauigkeit erhöhen.

Anhand der jährlich einsparbaren und der zuzuspeisenden Trinkwassermengen ist durch die Variation der Speichergröße eine Optimierung von Verbrauchskosteneinsparung und Investition durchführbar.

### 3.2 Abwassernutzung

Als Abwasserrecycling wird die Wiederverwendung bzw. die Mehrfachverwendung von Abwasser ohne Fäkalieninhalte (Grauwasser) bezeichnet, das aus installationstechnischen, abwasserbedingten und hygienischen Gründen aufbereitet werden muß, damit es als Betriebswasser eingesetzt werden kann. Gedacht ist meist an eine Nutzung des Abwassers aus der Körper- und Wäschereinigung als Betriebswasser für die Toiletten- bzw. Urinalspülung. Im Einzelfall können aber auch andere Abwässer (z. B. Badewasser) und andere Verwendungszwecke (z. B. Wäschewaschen, Raumreinigung und Bewässerung von Grünflächen) in Betracht kommen. Bestehen Möglichkeiten für eine gleichzeitige Abwasser-Wärmerückgewinnung, kann hierfür eine weitere Trennung der Abwässer zweckmäßig sein. Da zwischen dem Abwasseranfall und der benötigten Recyclingmenge keine große Zeit-Mengen-Differenz auftritt, werden nur relativ kleine Bevorratungsbehälter benötigt.

Selbst bei einer Weiterverwendung des Grauwassers für die Urinal- und Toiletten-spülung sollte das Recycling-Wasser aus ästhetischen und bakteriologischen Gründen mindestens folgenden Qualitätsmerkmalen genügen:

- ▶ keine Sink-, Schwimm- und Schwebstoffe (Sand, Haare, Fusseln, Textilfasern etc.),
- ▶ keine oder nur sehr geringe Trübung,
- ▶ minimale Geruchsbelästigung; keine fäulnisbildenden Stoffe,
- ▶ keine schleim- oder fleckenbildenden Inhaltsstoffe,
- ▶ keine pathogenen Keime (Gefahr von Sprühinfektionen).

Zudem hat das Bundesgesundheitsamt inzwischen die hygienischen Anforderungen an Betriebswasser aus Grauwasser durch die Angabe von Hygiene-Parametern für Berlin definiert [31]. Diese Anforderungen sind noch umfangreicher und strenger formuliert, als in der EG-Richtlinie für Freibadegewässer. Der Test auf Fäulnisfähigkeit innerhalb von 5 Tagen unter Verwendung von Methylenblau als Indikator könnte ein geeignetes und auch für Laien leicht anwendbares Verfahren zur Eigenkontrolle sein. Wegen der Schmutzstoffe muß eine Reinigung und Bevorratung der Abwässer in geeigneten Klärsystem-Speicheranlagen mit Desinfektionseinrichtung und nachgeschalteten Filterstufen erfolgen, was bekanntermaßen ökologisch fragwürdig ist. Als bedingt tauglich und wirtschaftlich anwendbar sind nur die biologischen Klärverfahren (Belebtschlammverfahren und Tauchtropfkörperverfahren) anzusehen, deren Aufbau,

Wirkungsweise und Eignung zur Abwasseraufbereitung in [20] eingehend beschrieben sind. Zur Verbesserung der Qualität des Recyclingwassers kann - bei nur relativ geringen Mehrkosten für ein erweitertes Bevorratungsvolumen – auch eine Regenwassernutzung – sinnvoll einbezogen werden, die bei paralleler Bevorratung unter anderem gleichzeitig der Grünbewässerung dienen kann.

Die **Wirtschaftlichkeit** liegt in der Regel über der der Trinkwassersubstitution, weil nur Abwassergebühren entsprechend dem verringerten Trinkwasserbezug anfallen. Es sind jedoch höhere Betriebskosten (Wartung, Reinigung, Desinfektion usw.) gegenzurechnen. Für die Versorgungsinstallationen gelten die gleichen systemtechnischen Anforderungen wie für die Anlagen zur Trinkwassersubstitution, jedoch sind aufgrund der Wasserbeschaffenheit weitestgehend laugen- und korrosionsbeständige Materialien (PE, usw.) zu verwenden.

**Da sich die Verfahren für ein wirtschaftliches Abwasserrecycling in der Bundesrepublik noch in der Entwicklungsphase befinden und noch keine speziellen gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften bestehen, bedarf ihr Einsatz einer besonders eingehenden Prüfung. Zukünftig könnte der Einbau von Grauwasseranlagen nur durch technische Weiterentwicklung und Optimierung einzelner Verfahrenskomponenten, rationeller Fertigungsweise sowie durch steigende Kosten für Trinkwassergewinnung und Abwasserreinigung als auch unter gebietsbezogenen ökologischen Gesichtspunkten Verbreitung finden. Ferner kann derzeit noch nicht beurteilt werden, ob sich das Abwasserrecycling aufgrund der erhöhten Schmutzkonzentrationen sowie zusätzlicher Belastungen durch Aufbereitungschemikalien nachteilig auf die kommunalen Entsorgungssysteme auswirken wird.**

## 4 GESETZE, VORSCHRIFTEN UND TECHNISCHE REGELN

### 4.1 Wasserrecht

Die Anforderungen an die Trinkwasserqualität sind in den nachstehenden Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien festgelegt:

- ▶ Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz vom 15.08.1974 (BGBl. I, S. 1945; 1975, S. 2652);
- ▶ Bundesseuchengesetz vom 18.07.1961 (BGBl. I, S. 1012 und S. 1300) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18.12.1979 (BGBl. I, S. 2262; 1980, S. 151; 1985, S. 1254; 1986, S. 2555), geändert durch Gesetz vom 20.12.1988 (BGBl. I, S. 2330);
- ▶ Trinkwasserverordnung vom 22.5.1986 (BGBl. I, S. 760), in der Fassung der Bekanntmachung vom 5.12.1990 (BGBl. I, S. 2612), berichtigt am 23.1.1991 (BGBl. I, S. 227), geändert durch Art. 77 der 5. Zuständigkeitsanpassungsverordnung (BGBl. I, S. 278) am 26.2.1993;
- ▶ DIN 2000 (11.73) Zentrale Trinkwasserversorgung; Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser; Planung, Bau und Betrieb der Anlagen;
- ▶ DIN 2001 (2.83) Eigen- und Einzeltrinkwasserversorgung; Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser; Planung, Bau u. Betrieb der Anlagen; Technische Regeln des DVGW.

**Für die unterschiedlichen technischen Versorgungslösungen bei der Verwendung von Nicht-Trinkwasser und Betriebswasser müssen vor allem folgende Gesetze und Vorschriften beachtet werden:**

- ▶ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23.9.1986 (BGBl. I, S. 1529), berichtigt am 8.10.1986 (BGBl. I, S. 1654), geändert am 27.6.1994 durch Artikel 8 des 31. Strafrechtsänderungsgesetzes – 2. Gesetz zur Bekämpfung der Umweltkriminalität (BGBl. I, S. 1440);
- ▶ Wassergesetze der Länder;
- ▶ Allgemeine Bedingungen der Wasserversorgungsunternehmen auf der Grundlage der Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (ABWasserV) sowie ggf. der Städte und Gemeinden (Wasserabgabensatzungen);
- ▶ Rechts- und Verwaltungsvorschriften des Bundes und der Länder, u. a.:
  - Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser,
  - Abwasserabgabengesetze;

- ▶ Abwasser- oder Entwässerungssatzungen der Städte und Gemeinden;
- ▶ Abwassergebührenordnungen der Städte und Gemeinden;
- ▶ DIN 1988, Teil 1 bis 8: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI);
- ▶ Arbeitsblätter des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e.V.):
  - W 345 Schutz des Trinkwassers in Wasserrohrnetzen vor Verunreinigungen,
  - W 391 Wasserverluste in Wasserverteilungsanlagen/Feststellung und Beurteilung,
  - W 410 Wasserbedarfszahlen,
  - W 551 Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen – Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums,
  - W 552 Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen – Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums – Sanierung und Betrieb.

## 4.2 Baurecht

Für die Durchführung wassersparender Maßnahmen sind neuerdings, z. T. länderabhängig, sich unmittelbar aus dem Baurecht ergebende Vorschriften zur Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung zu beachten. So kann beispielsweise bei gewerblich genutzten Bauten mit hohem Trinkwasserverbrauch (z. B. Großwäschereien) die Wiederverwendung des Brauchwassers verlangt werden (z. B. Landesbauordnung – LBO – Rheinland-Pfalz), oder in einzelnen Bundesländern kann die Regenwassernutzung in Bebauungsplänen zwingend festgesetzt werden (z. B. LBO Baden-Württemberg, Hessen). Die Bauordnungen einiger Länder enthalten jedoch generelle Klauseln zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen, die in dieser Hinsicht zur baurechtlichen Beurteilung herangezogen werden können. Demzufolge sollten zumindest diejenigen Maßnahmen, die die Abwassermenge erheblich verringern oder die den spezifischen Feststoffgehalt des Abwassers stark erhöhen, mit den im baurechtlichen Sinne zuständigen Behörden und mit den Betreibern der öffentlichen Entwässerung (Städte, Gemeinden, Abwasserverbände) abgestimmt werden.

Zu beachten ist die DIN 1986, Teil 1 bis 4, Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke.

## 4.3 Begriffe

Fachausdrücke und Begriffsdefinitionen enthalten die Normen:

- ▶ DIN 4045: Abwassertechnik – Begriffe
- ▶ DIN 4046: Wasserversorgung – Begriffe – Technische Regeln des DVGW

## 5 GLOSSAR

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Abwasser:                    | Abwasser ist das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte Wasser (Schmutzwasser) und das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließende und zum Fortleiten gesammelte Wasser (Niederschlagswasser) sowie das sonstige zusammen mit Schmutzwasser oder Niederschlagswasser in Abwasseranlagen abfließende Wasser. |
| Betriebswasser:              | Gewerblichen, industriellen, landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dienendes Wasser mit unterschiedlichen Güteeigenschaften (Trinkwasser oder Nicht-Trinkwasser).                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Brauchwasser:                | Allgemein verwendeter Begriff für genutztes Wasser (Betriebs- oder Trinkwasser).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dachablaufwasser:            | Wasser, das als Niederschlag (Regenwasser) über die Dachentwässerung gesammelt wird. Dachablaufwasser kann gegenüber Regenwasser zusätzliche Stoffe und Verunreinigungen enthalten, die beim Auftreffen des Regens vom Dach aufgenommen werden.                                                                                                                                                                               |
| Grauwasser:                  | Fäkalfreies Abwasser aus Haushaltungen (z. B. Dusch- und Badewasser, Waschmaschinenablaufwasser), welches aus installationstechnischen, abwassertechnischen und hygienischen Gründen aufbereitet werden muß, damit es als Betriebswasser im Haushalt eingesetzt werden kann (z. B. zur Toilettenspülung).                                                                                                                     |
| Grundwasser:                 | Unterirdisches Wasser, das u.a. durch versickerten Niederschlag entsteht und das i. a. zur Trink- oder Betriebswassernutzung geeignet ist.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Kühlwasser,<br>Kühlabwasser: | Im Kreislauf oder Durchlauf geführtes Betriebswasser zur Aufnahme und Ableitung überschüssiger Wärmeenergie aus Produktionsprozessen gewerblicher oder industrieller Betriebe. Die Wasserqualität hängt von den Anforderungen der zu kühlenden Anlage ab.                                                                                                                                                                     |
| Oberflächenwasser:           | Wasser natürlicher oder künstlicher oberirdischer Gewässer (z. B. aus Flüssen, Seen oder Talsperren).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Recyclingwasser:             | Wiederverwendetes oder mehrfach verwendetes Abwasser.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Regenwasser:                 | Abfließender Regen. Wasser, das als Niederschlag aus der Atmosphäre anfällt, ggf. vermischt mit Stoffen, die aus der Luft beim freien Fall aufgenommen werden.                                                                                                                                                                                                                                                                |

- Schmutzwasser: Durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen und sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften verändertes (verunreinigtes) Wasser. Als Schmutzwasser gelten auch die aus Anlagen zum Behandeln, Lagern und Ablagern von Abfällen austretenden und gesammelten Flüssigkeiten.
- Trinkwasser: Für den menschlichen Genuß und Gebrauch geeignetes Wasser mit Güteeigenschaften gemäß den gesetzlichen Bestimmungen (Trinkwasserverordnung) sowie nach DIN 2000 und DIN 2001.
- Warmwasser: Bezeichnung für erwärmtes Betriebs- bzw. Trinkwasser.

## 6 QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Statistisches Bundesamt Wiesbaden, Fachserie 19: Reihe 2.1 (Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 1991); Reihe 2.2 (Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im Bergbau und verarbeitenden Gewerbe und bei Wärmekraftwerken für die öffentliche Versorgung 1991), Februar 1991.
- [2] Der Senator für das Bauwesen, Bremen: Bremens Trinkwasser. – In: Heft 6 der Reihe 'Der Senator für das Bauwesen informiert', Juli 1982.
- [3] Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) e.V., Bonn: BGW-Wasserstatistik/Berichtsjahre 1993 und 1994.
- [4] Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern: Statistische Auswertung des spezifischen Wasserverbrauchs staatlicher Gebäude der Jahre 1984/85.
- [5] Oberfinanzdirektion Hannover: Auswertung Jahresverbrauch und Kosten von Energie und Wasser 1986.
- [6] Arbeitsblätter des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e.V.):
  - W 345: Schutz des Trinkwassers in Wasserrohrnetzen vor Verunreinigungen,
  - W 391: Wasserverluste in Wasserverteilungsanlagen/Feststellung und Beurteilung,
  - W 410: Wasserbedarfszahlen,
  - W 551: Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen – Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums,
  - W 552: Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen – Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums, Sanierung und Betrieb.
- [7] Klose, H.-J.: Betriebskosten von Hochschulkliniken (nach DIN 18960), Fortschreibung der Erhebung für 1991/92. – Hannover: HIS Hochschul-Informationssystem 1994.
- [8] Feurich, H.: Sanitärtechnik. 5. Aufl. – Düsseldorf: Krammer-Verlag 1987.
- [9] Stadtwerke Bremen AG: Kundeninformation, April 1987.
- [10] Aqua Butzke Werke: Technische Produktinformationen (Katalog). – Berlin.
- [11] Möhle, K. A.: Wasserversorgungsbericht des BMI (1982), Teil B: Materialien, Band 4 'Wassersparmaßnahmen'.

- [12] Feurich, H.: Ablaufstudien von Wasch- und Badevorgängen. – In: HLH Heizung/Lüftung/Klima Haustechnik 32 (1981), Nr. 4.
- [13] Schramek, E.-R. [Hrsg.]: Recknagel/Sprenger/Schramek – Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik. – München: Oldenbourg 1995.
- [14] VDI-Bericht Nr. 656 der VDI-Tagung 'Sanitärtechnik V', Würzburg (Nov.1987): Rationelle Wasser- und Abwassertechnik.
- [15] Kuhn, B.: Sparsamer Umgang mit Hauswasserverbrauch im weiteren Zusammenhang zur DIN 1988 Teil 3 (Entw. 02.85). – VDI-Vortrag in Bremen am 6.1.1987.
- [16] DIN 19643 (4. 84): Aufbereitung und Desinfektion von Schwimm- und Badebekkenwasser.
- [17] Frey, E.; Zentralarchiv für Hochschulbau Stuttgart/Arbeitskreis Technische Versorgung [Hrsg.]: Grundlagen der Technischen Versorgung bei Hochschulen und Kliniken. – München: Saur 1980.
- [18] Fachkommission Gebäude- u. Betriebstechnik (FKGB) des Hochbauausschusses der ARGEBAU: Planung und Bau von Küchen und Kantinen für 50 bis 1.000 Essenteilnehmer. – Hannover: HIS 1988.
- [19] Cichorowski, Michel, Zorn; Hessischer Minister für Umwelt und Energie [Hrsg.]: Möglichkeiten der Trinkwassereinsparung in Haushalten, Kleingewerbe und öffentlichen Einrichtungen. – Juni 1986.
- [20] Gockell, B. u. Hügin, D.: Experimentelle Nutzung von Abwasser zur WC-Spülung (Forschungsbericht F 8/87). – TU Braunschweig.
- [21] Gockell, B.: Trinkwassereinsparung in Wohngebäuden durch Mehrfachnutzung und Einbeziehung des Regenwassers (Forschungsbericht F6/82). – TU Braunschweig.
- [22] Schütte, H.: Probleme der Regenwasserspeicherdimensionierung. – Hannover: Ingenieurgemeinschaft agwa.
- [23] Lambers, J.: Ausreichend für WC und Waschmaschine/Regenwassererfassung mit Eigengewinnungsanlage. – In: Sanitär- u. Heizungstechnik (1981) Nr.11, S.1060.
- [24] Möhle, K.-A. u. Masannek, R.: Wasserbedarf, Wasserverwendung und Wassersparmöglichkeiten in öffentlichen Einrichtungen und im Dienstleistungsbereich. – In: Wasser + Boden (1990) Nr. 4, S.209.
- [25] BGW-Zahlenspiegel: Öffentliche Wasserversorgung 1993, Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft.

- [26] Moll, H.-G.: Dachablaufwassernutzung: Ein hygienischer, ökologischer und ökonomischer Irrweg! – In: Sanitär und Heizungstechnik (1994) Nr. 5, S. 96.
- [27] Heinrich, F.-J.: Regenwassernutzungsanlagen – Planung, Bau, Betrieb und Wartung. – In: IKZ-Haustechnik (1994) Nr. 8, S. 63.
- [28] Merkblatt der Arbeitsgemeinschaft Gewerbliches Geschirrspülen, Hagen. – In: Gewerbliches Geschirrspülen & Wasser (o.J.).
- [29] König, K.-W.: Regenwassernutzung in der Praxis – Der Installateur im Konflikt zwischen Bauherr und Behörde (Teil 2). – In: IKZ-Haustechnik (1994) Nr. 16, S. 37.
- [30] Bundesgesundheitsblatt 11/93, Empfehlung des Bundesgesundheitsamtes; Nutzung von Dachablaufwasser im Haushalt.
- [31] Nolde, E. und Dott, W.: Grauwasserreinigung und -wiederverwendung, Fachtagung Wasser für Berlin. – Strategien für eine rationelle Trinkwasserversorgung am 27. u. 28. Sept. 1990, Reader, S.187.
- [32] Fachkommission Gebäude- und Betriebstechnik der ARGEBAU: Geräteausstattung zur Energie- und Mediene Erfassung; HIS Hochschul-Informationen-System GmbH, Hannover 1993.
- [33] Berding, V. und Berens, W.: Möglichkeiten der Wassereinsparung an Hochschulen am Beispiel der Universität Osnabrück, Arbeitskreis Umweltschutz, Universität Osnabrück, April 1995.
- [34] Projekt 'Maßnahmen zur Wassereinsparung in öffentlichen Gebäuden des Landes Niedersachsen'. – Hannover: Niedersächsisches Finanzministerium, 1995
- [35] Königs, T.: Minus 50% Wasser möglich. Einsparpotentiale beim Wasserverbrauch in Dienstleistungszentren und Bürogebäuden, Fallstudien aus der Praxis. – Eberhard Blottner Verlag, 1995
- [36] KOK-Richtlinie, Koordinierungskreis Bäder, Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e.V., Essen, 1977.
- [37] Fachkommission Gebäude- u. Betriebstechnik (FKGB) des Hochbauausschusses der ARGEBAU: Verminderung eines Legionella-Infektionsrisikos durch technische Maßnahmen. – Hannover: HIS Hochschul-Informationen-System 1990.
- [38] Moll, B.: Regenwassernutzung. – In: Fachliche Berichte HWW (1990) Nr. 2, S. 33.

**Bearbeitung:**

|                           |                                                                               |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Hans Glasneck<br>(Obmann) | Senator für Bau, Verkehr und Stadtentwicklung der Freien<br>Hansestadt Bremen |
| Dieter Böhme              | Senator für Bau- und Wohnungswesen Berlin<br>– Referat HXA                    |
| Peter Caratiola           | Staatsbauamt Darmstadt                                                        |
| Lutz Kreklau              | Senator für Bau, Verkehr und Stadtentwicklung der Freien<br>Hansestadt Bremen |
| Ralf-Dieter Person        | HIS Hochschul-Informationen-System GmbH, Hannover                             |
| Gerhard Skrzypczak        | Finanzministerium Mecklenburg-Vorpommern<br>– Bauabteilung                    |
| Manfred Stein             | Oberfinanzdirektion Hannover – Landesbauabteilung                             |

**Bearbeitung der Auflage 1988:**

|                        |                                                                    |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Hans Glasneck (Obmann) | Bremen, Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung – Hochbauamt |
| Peter Caratiola        | Wiesbaden, Hessisches Ministerium der Finanzen                     |
| Werner Fritzsche       | Marburg, Philipps-Universität Marburg                              |
| Gerd Hinken            | Bremen, Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung – Hochbauamt |
| Manfred Kahle          | Hannover, HIS Hochschul-Informationen-System GmbH                  |
| Rolf Nohme             | Hamburg, Baubehörde – Hochbauamt                                   |
| Manfred Stein          | Hannover, Oberfinanzdirektion – Landesbauabteilung                 |



