

Wasser- und Energieeinsparung trotz Nutzungskomfort

Ökologisch, ökonomisch, hygienisch *Teil 2 und Schluß*

Dr. Hugo Feurich*

Der erste Teil des Beitrages behandelte Nutzungsanforderungen an Wasserentnahmestellen sowie die Sparmöglichkeiten bei Urinal- und Klosettspülungen. In der folgenden Ausgabe beschreibt der Autor die Möglichkeiten von Wasser- und Energieeinsparungen bei Wasch- und Badevorgängen.

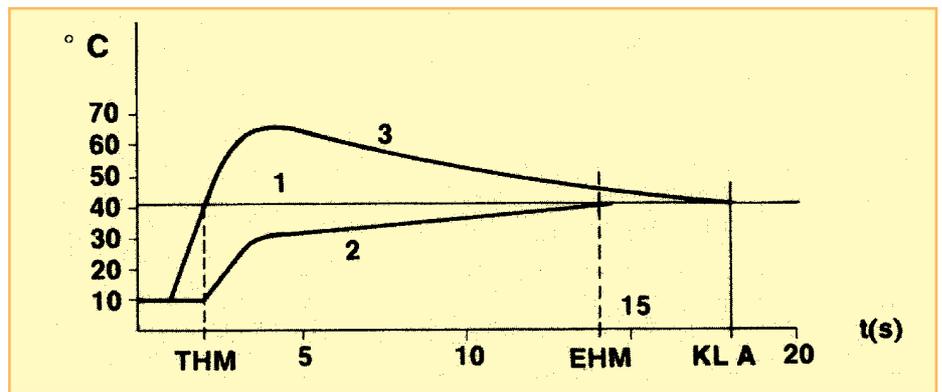


Bild 8 Zeitdauer für das Einregulieren der Entnahmetemperatur bei Thermostat- (1), Eingriff- (2) und Zweigriffarmaturen (3)

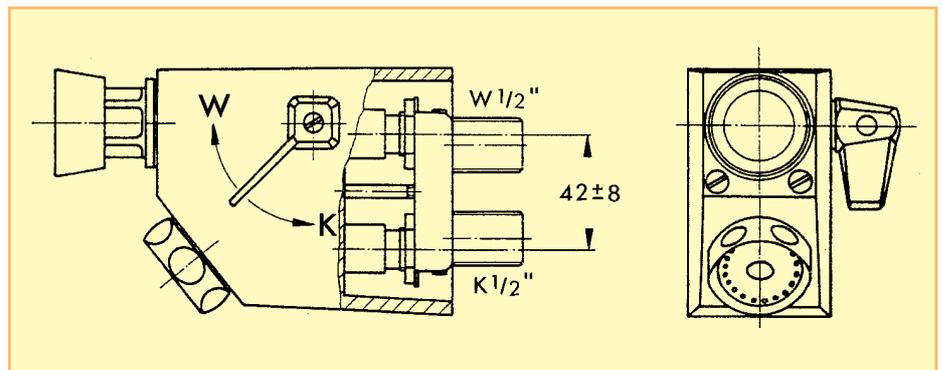


Bild 9 Selbstschluß-Wandbatterie für Reihenwaschanlagen mit Wassermengenregulierung, für 3,5 bis 4,0 l Wasser bei 1 bis 6 bar Fließdruck und ca. 20 s Laufzeit

Der Vorgang des Waschens und Badens ist ein Prozeß, der aus mehreren Aktivitäten besteht. In der Abfolge betrifft er das teilweise oder vollständige Entkleiden, das manuelle oder selbsttätige Öffnen der Entnahmearmatur, das Waschen oder Baden, das manuelle oder selbsttätige Schließen der Entnahmearmatur sowie das Abtrocknen und Ankleiden.

Wasser- und Energieverbrauch beim Waschen und Baden

Bei allen Wasch- und Badevorgängen spielt die Zeitdauer für das Einregulieren der gewünschten Entnahmetemperatur eine wichtige Rolle, da mit ihr eine ungenutzte Wasserentnahme verbunden ist. Der nach Versuchen ermittelte Zeitaufwand für das Einregulieren einer Wassertemperatur von 41 °C am Brausekopfaustritt bei einem Dusch-

bad liegt für Zweigriffbatterien bei 18 s, für Eingriffbatterien bei 14 s und für Thermostatbatterien bei 2 s (Bild 8).

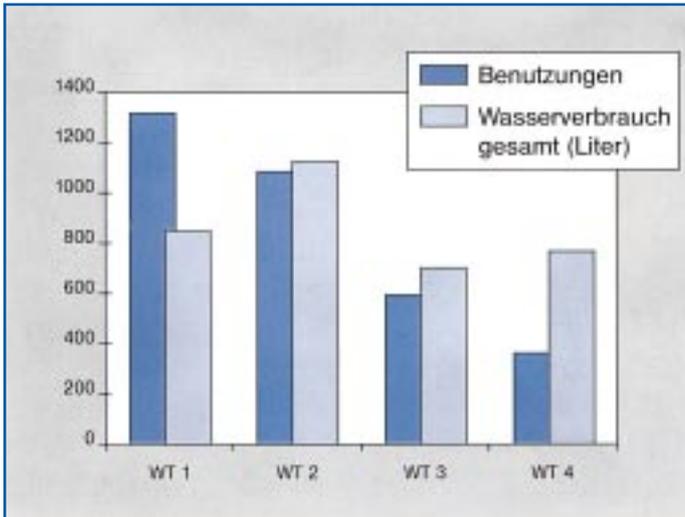
Waschvorgänge

Bei Reihenwaschanlagen hat sich innerhalb von Jahrzehnten ein Durchfluß je Entnahmearmatur von etwa 3,5 l/min als notwendig und ausreichend erwiesen [27]. Dieser Durchfluß hat beim Waschvorgang unter fließendem Wasser den Vorteil, daß der auf die Hand auftreffende Wasserstrahl sich in Tropfen auflöst, die spritzfrei nach unten in die Waschreihe fallen. Ein Durchfluß von 4,5 l/min und mehr läßt dagegen einen horizontal spritzenden Strahlenkranz entstehen, der bis in den Nachbarstand reicht. Ein

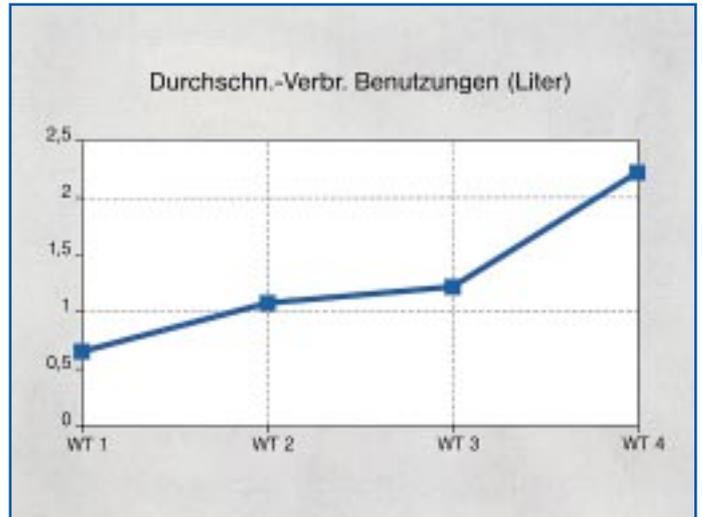
Durchfluß von 3,5 bis 4 l/min bei einem Fließdruck von 1 bis 6 bar wird beispielsweise durch eine automatische Wassermengenregulierung bei der in Bild 9 dargestellten Selbstschlußbatterie für Reihenwaschanlagen erreicht.

Opto-elektronische und radar-elektronische Waschplatzarmaturen für die berührungslos gesteuerte Wasserabgabe stehen als Stand-, Aufwand- und Wandeinbauarmaturen zur Auswahl. Der Durchfluß kann modellabhängig auf 6 bis 12 l/min begrenzt und die

* Dr.-Ing. Hugo Feurich VDI, Beratender Ingenieur, 13465 Berlin, Fax (0 30) 4 06 20 77



(Bild: Geberit)



(Bild: Geberit)

Bild 10 Wasserverbrauch und Nutzungen verschiedener Waschtischarmaturen bei einem fünfwöchigen Feldversuch
 WT 1: Elektronikarmatur, WT 2: pneumatische Selbstschlußarmatur, WT 3: Eingriffbatterie, 4,5 l/min, WT 4: Eingriffbatterie, 8,5 l/min

Bild 11 Durchschnittlicher Wasserverbrauch je Benutzung für die in Bild 10 genannten Armaturen

Nachlaufdauer beispielsweise auf 1 bis 8 Sekunden einstellbar sein.

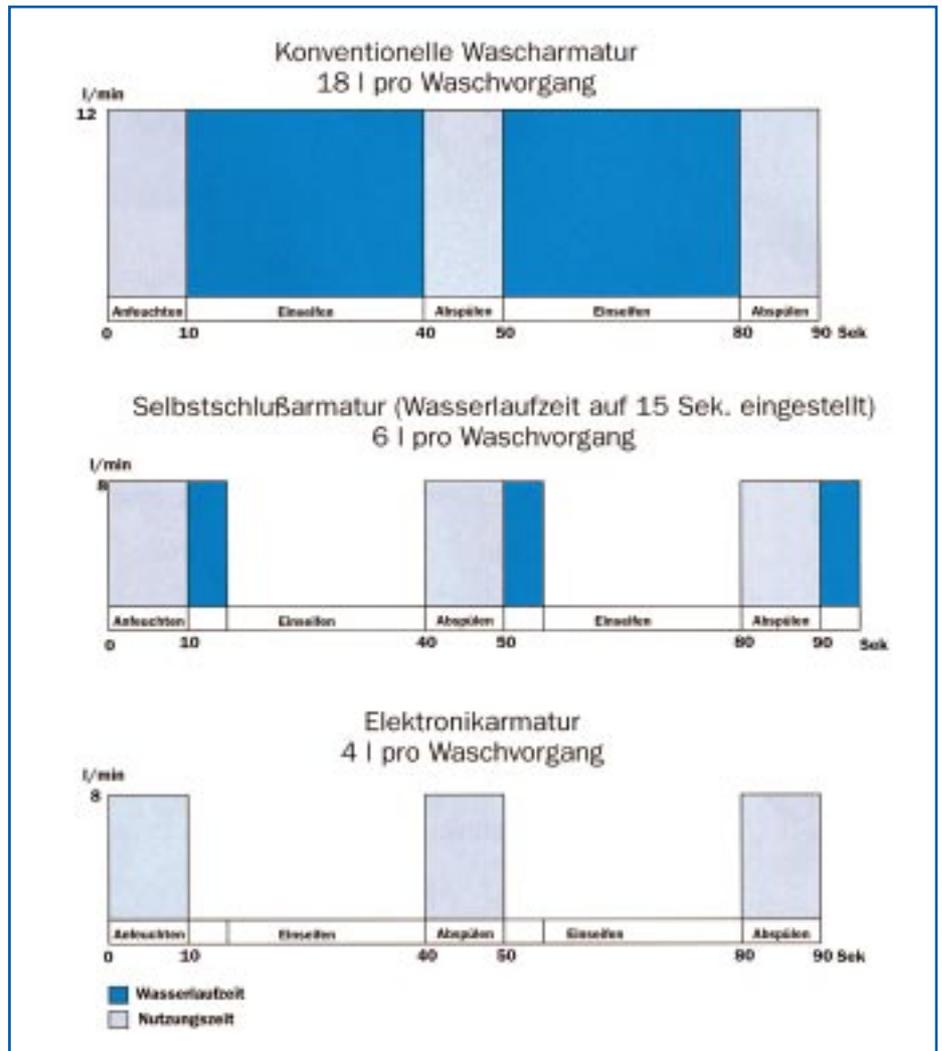
Nach vorliegenden Untersuchungen von Waschtischarmaturen in verschiedenen Ausführungen auf dem Flughafen Frankfurt zeigte sich, daß die Wassereinsparung der Elektronikarmatur im Vergleich mit der Eingriffbatterie rund 71 % betrug (Bild 10 und 11).

Ein Amortisationsvergleich zeigte, daß sich die höheren Anschaffungskosten der Elektronikarmatur WT 1 im Vergleich mit der Selbstschlußarmatur WT 2 innerhalb von 652 Tagen, mit der Eingriffbatterie WT 3 innerhalb von 510 Tagen und mit der Eingriffbatterie WT 4 innerhalb von 200 Tagen amortisieren.

Abgesehen von einem nicht berücksichtigten ungenutzten Wasserverbrauch durch offengelassene Zweigriffbatterien ist festzustellen, daß die Verbrauchswerte wesentlich vom Durchfluß, bei den Selbstschluß- und Elektronikarmaturen außerdem von der eingestellten Wasserlaufzeit abhängig sind (Bild 12).

Brausebad

Das Brause- oder Duschbad wird grundsätzlich unter fließendem Wasser genommen. Bei einer relativ kurzen Anwendungsdauer, die bei etwa 5 bis 7 Minuten liegt, ergibt sich abhängig von der Armaturenausstattung, ein verhältnismäßig großer Spielraum



(Bild: Aqua-Burke Werke)

Bild 12 Wasserverbrauch beim Waschen in einem Industriebetrieb bei Verwendung von konventionellen (o.), Selbstschluß- (M.) und Elektronikarmaturen (u.)

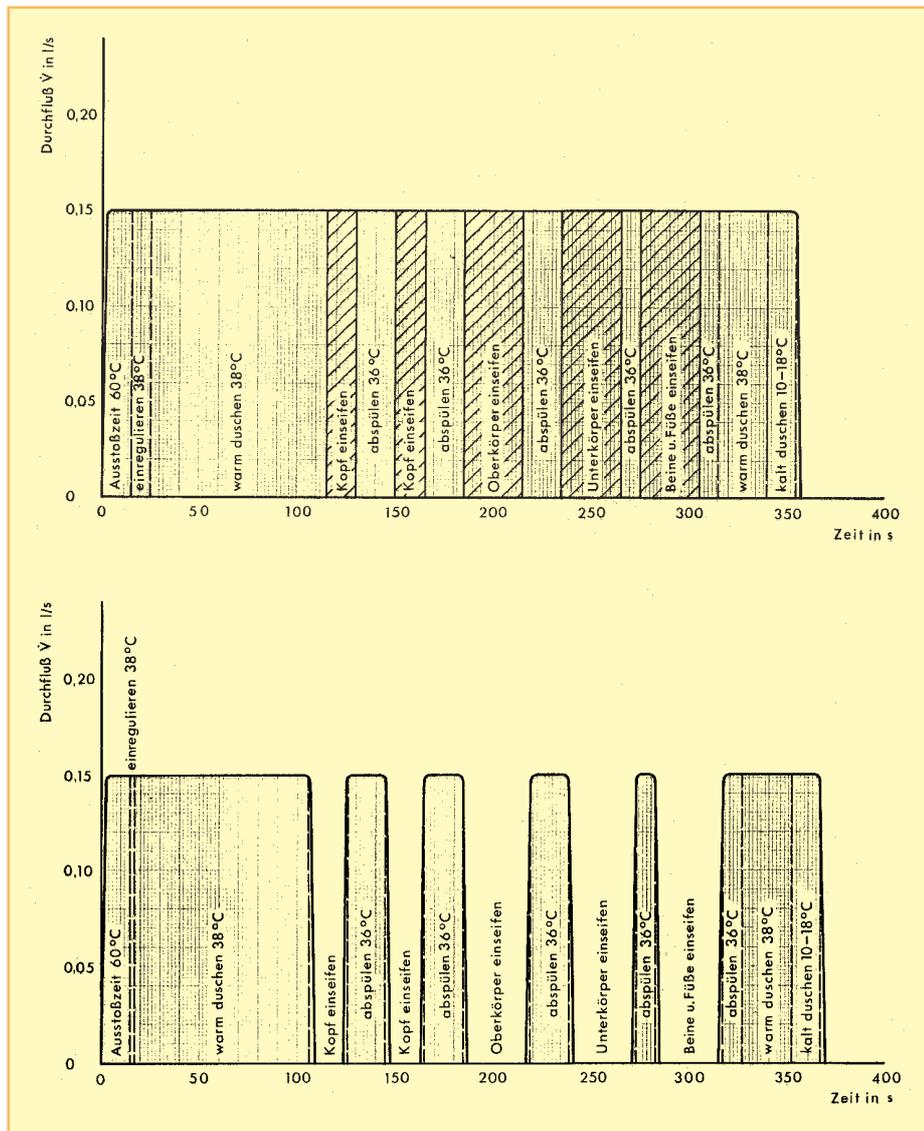


Bild 13 Durchflußschaubild für ein Brausebad mit Zweigriffarmatur und Handbrause bei während der Nutzungsdauer geöffneter Armatur (o) und einer elektronisch gesteuerten Thermostatterie (u), bei einem Durchfluß von 0,15 l/s, einer Kaltwassertemperatur von 10 °C und einer Warmwassertemperatur von 60 °C

beim Wasser- und Energieverbrauch. Dieser liegt in der Regel erheblich unter den Werten eines Wannenbades, wie den nachstehenden Berechnungen zu entnehmen ist. Der zulässige Temperaturbereich des Brausebades wird von der Empfindlichkeit des Badenden bestimmt. Derselbe liegt nach der in Versuchen festgestellten Empfindlichkeitsskala zwischen 10 und 40 °C. Die Grenzen sind dadurch gegeben, daß Wassertemperaturen unter 7 °C ein mit Schmerz

verbundenes Kältegefühl und ab 40 °C ein mit Schmerz verbundenes Wärmegefühl verursachen. Bei Temperaturen über 50 bis 60 °C besteht Verbrühungsgefahr. Das Brausebad wird meist zum Naßmachen und zum Erwärmen mit einer Temperatur im Bereich der Indifferenztemperatur des menschlichen Körpers von 34 bis 36 °C begonnen und auf eine als angenehm empfundene Temperatur von 38 bis 40 °C gesteigert. Beim Einregulieren der Wassertemperatur muß zunächst das in der Warmwasser-Stichleitung stagnierende und dadurch abgekühlte Wasser ausfließen. Es geht beim Brausebad ungenutzt verloren. Das Einregulieren der gewünschten Wassertemperatur, das erst danach vorgenommen werden kann, erfordert einen vom

Funktionssystem der Entnahmearmatur abhängigen Zeitaufwand, der ebenfalls zu einer ungenutzten Wasserentnahme führt. Der Vorgang des Brausebades selbst ist nach der Nutzungsart wie folgt einzuteilen:

- Das Warmduschen dient der Erwärmung des Körpers und dem Naßmachen. Es ist eine reine Wasseranwendung.
- Das Waschen der Körperteile ist nach der Handlungsfolge in das Kopfwaschen (Haarwaschen) bestehend aus Vor- und Hauptwäsche, das Oberkörperwaschen, das Unterkörperwaschen, das Bein- und Fußwaschen einzuteilen. Jeder Waschvorgang setzt sich dabei aus dem Naßmachen, dem Einseifen und Abspülen zusammen.
- Das abschließende Warm-Kaltduschen dient der Erfrischung.

Die Anwendung des Brausebades unter fließendem Wasser ergibt einen proportional mit der Benutzungsdauer verlaufenden Wasserverbrauch. Der Wasserverbrauch wird dabei von der Bedienungsfunktion, der Handhabung einer Brausearmatur und der Armaturenausstattung mehr oder weniger stark beeinflusst.

Eine ungenutzte Wasserentnahme entsteht zwangsläufig durch das Ausfließenlassen des in der Warmwasser-Stichleitung abgekühlten Wassers sowie während des Öffnens, Einregulierens und Schließens der Entnahmearmatur. Eine ungenutzte Wasserentnahme entsteht außerdem bei während des Einseifens geöffneter Entnahmearmatur. Die zeitbezogene Darstellung der Wasserentnahme (Bild 13) macht dies an dem Beispiel eines Brausebades mit durchgehend geöffneter Zweigriffbatterie und Handbrause deutlich. Die schraffiert gekennzeichneten Zeiten für das Einseifen ergeben mit 120 s einen ungenutzten Wasserverbrauch von 18 l gegenüber dem in Tabelle 5 ermittelten Gesamtwasserverbrauch von 56,25 bis 57,0 l. Der Gesamtwärmeverbrauch liegt bei Annahme einer Entnahmetemperatur von 36 °C bei 6082 bis 6238 kJ. Eingriff- und Thermostatterien ergeben infolge einer geringeren Zeitdauer für das Einregulieren eine Wasserersparnis von 1,1 bzw. 4,5 % und eine Energieersparnis von 0,6 bzw. 2,3 %. Bei einem Brausebad mit Thermostatterie und Elektronikarmatur für berührungslos auslösende Wasserabgabe besteht eine weitere Möglichkeit der Energieeinsparung. Das Öffnen und Schließen der Armatur wird dabei für

jeden Waschvorgang mit jeweils 2×2 s berücksichtigt. Das ergibt eine etwas längere Benutzungsdauer von 374 bis 379 s gegenüber einer solchen von 370 bis 375 s. Der Gesamtwasserverbrauch liegt bei 35,85 bis 36,6 l, der Wärmeverbrauch bei 3985 bis 4141 kJ. Das bedeutet eine Wasserersparnis von 20,4 bis 20,6 l und eine Energieersparnis von 2097 kJ je Brausebad gegenüber einer durchgehend geöffneten Zweigriffbatterie oder eine Wasser- und Energieersparnis von etwa 34 %.

Eine Einflußnahme auf den Wasser- und Wärmeverbrauch von Brauseanlagen ist durch folgende Maßnahmen möglich:

- Der Ausfließverlust, der beim erstmaligen Öffnen der Entnahmemarmatur nach längerer Stillstandzeit entsteht, kann durch Anschluß der Zirkulationsleitung kurz vor der Entnahmemarmatur reduziert werden. Derselbe beträgt nach Tabelle 5 abhängig von der Länge der nicht zirkulierenden Verbrauchsleitung etwa 1,5 bis 2,25 l oder 3,9 bis 5,8 % und beim Wärmeverbrauch etwa 314 bis 471 kJ oder 7,7 bis 11,0 %. Andererseits muß bei einer mitzirkulierenden Verbrauchsleitung ein größerer Wärmeverlust in Kauf genommen werden, der je Tag etwa bei 110 bis 160 kJ liegt.
- Die ungenutzte Wasserentnahme während des Einseifens kann durch bewußte Einflußnahme des Badenden, d. h. durch manuelles Schließen und Öffnen der Entnahmemarmatur nach jedem Waschvorgang, eingeschränkt werden. Nach der Annahmerechnung für ein Brausebad mit Zweigriffbatterie und Handbrause nimmt die Benutzungsdauer gegenüber einer durchgehend geöffneten Entnahmemarmatur um etwa 42 s zu. Je Brausebad kann der Wasserverbrauch auf diese Weise um etwa 11,5 l (22 %) und der Wärmeverbrauch um etwa 1198 kJ (20 %) herabgesetzt werden.
- Die ungenutzte Wasserentnahme während des Einseifens kann durch eine entsprechende Armaturenausstattung, die eine willkürliche Einflußnahme des Badenden weitgehendst ausschließt, beeinflußt werden. Zur Auswahl stehen folgende Armaturenkombinationen:
 - Selbstschlußventile für vorgemischtes Wasser oder in Kombination mit Zweigriff-, Eingriff- oder Thermostatbatterien. Das Selbstschlußventil wird durch manuellen Druck auf den Betätigungsknopf geöffnet, während das Schließen nach einer eingestellten Laufzeit selbsttätig erfolgt. Im Vergleich mit einer durchgehend geöffneten Zweigriffbatterie ergibt sich bei einem Selbstschlußventil mit einer Laufzeit von 20 s für das Brausebad eine

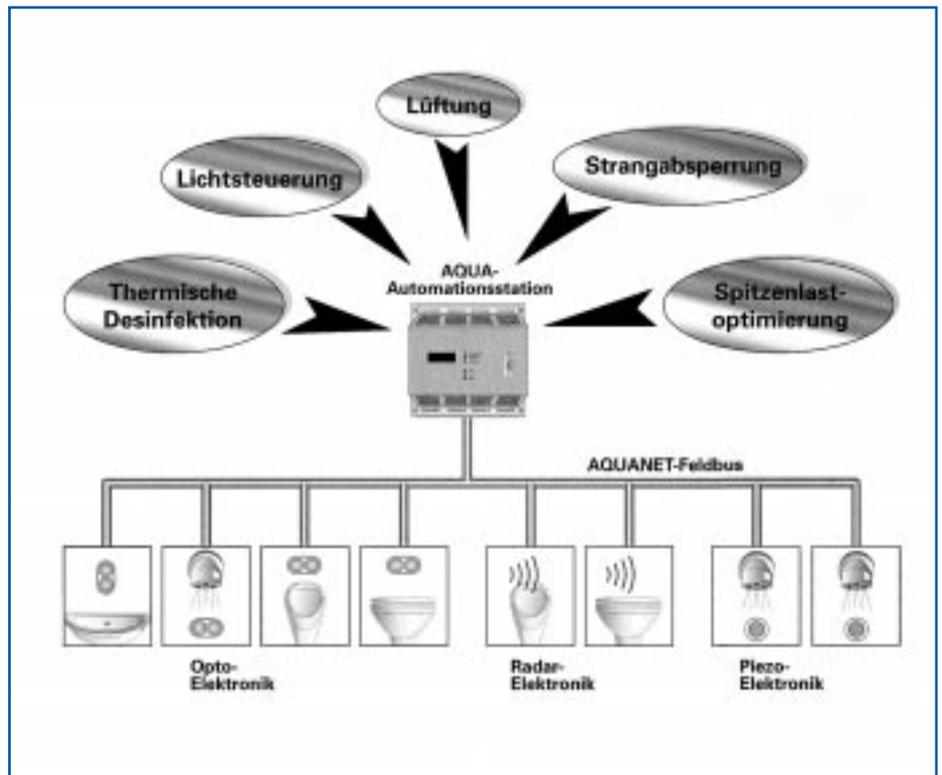


Bild 14 Wassermanagementsystem mit Anbindung an eine Automationsstation als Zentralsteuerung für Zusatzfunktionen wie Beleuchtung, Lüftung oder thermische Desinfektion

um etwa 15 bis 35 s längere Benutzungsdauer. Der Wasserverbrauch je Brausebad verringert sich jedoch um etwa 12,9 bis 15,6 l (24 bis 29,2 %), der Wärmeverbrauch um etwa 1305 bis 1622 kJ (22 bis 27,3 %). Voraussetzung ist eine in Abhängigkeit vom Brausekopf vorzunehmende Laufzeiteinstellung, die eine für das Abspülen notwendige Wasserabgabe gewährleistet und eine bewußt energiesparende Handhabung der manuellen Betätigung.

Bei öffentlichen Brauseanlagen wird durch selbstschließende Brausearmaturen der Wasser- und Energieverbrauch begrenzt, da ein Offenlassen der Armaturen ausgeschlossen ist. Im Vergleich mit konventionellen Zweigriffarmaturen wird aufgrund praktischer Erfahrungen mit einer Wasser- und Energieersparnis von etwa 31,5 % gerechnet [28, 29].

- Elektronikarmaturen mit Magnetventil für Brauseköpfe mit großem Durchfluß oder mit Magnetselbstschlußventil zum Anschluß an vorgemischtes Wasser oder in Kombination mit einer Thermostatbat-

terie werden berührungslos, opto-elektronisch gesteuert. Der Körper des Badenden reflektiert einen unsichtbaren Lichtstrahl der Abtasteinrichtung und löst damit den Wasserfluß aus. Verläßt der Badende den Bereich, endet der Wasserfluß automatisch. Im Vergleich mit einer durchgehend geöffneten Zweigriffbatterie ergibt sich bei dieser Armaturenausstattung eine Wasserersparnis von 18,0 l (32 %). Für Duschanlagen in öffentlichen Badebetrieben rechnet man mit einer Wasser- und Energieersparnis von etwa 60 %.

Die Amortisationszeiten liegen für Selbstschlußarmaturen bei etwa 1 bis 7 Monaten, bei Elektronikarmaturen bei etwa 4 bis 27 Monaten.

Wassermanagementsystem zur zentralen Steuerung von Elektronikarmaturen

Ein optimierter wirtschaftlicher Betrieb von Wasch-, Dusch-, Urinal- und WC-Anlagen komplexer Gebäudesysteme ist mit einem in die zentrale Leittechnik eingebundenen Wassermanagementsystem zu erreichen. Dies gilt besonders für sanitäre Anlagen des öffentlichen und gewerblichen Bereichs, die

vorwiegend von einem häufig wechselnden Personenkreis frequentiert werden und demzufolge einer hohen und schwer kontrollierbaren Beanspruchung unterliegen. In sanitärtechnischen Anlagen kann hier mit dem Wassermanagementsystem Aqua 3000 durch Steuerung und Überwachung Komfort, Hygiene und Sicherheit für die Besucher der Sanitärräume verbessert und gleichzeitig Einsparpotentiale wirtschaftlich genutzt werden. Das System läßt sich überall dort einsetzen, wo eine Mehrzahl elektronisch gesteuerter Wasserentnahmestellen vorgesehen sind [30]. Hierzu gehören elektronisch zeitgesteuerte, optoelektronisch und radar-elektronisch gesteuerte Armaturensysteme, bei denen der Wasserfluß durch Magnetventile freigegeben oder gesperrt wird. Das betrifft vor allem Reihenanlagen von Wasch-, Dusch- und Spüleinrichtungen. Haupteinsatzfelder sind:

- Verwaltungsgebäude,
- Schwimmbadeeinrichtungen,
- Gastronomie und Hotellerie,
- medizinische Einrichtungen wie Krankenhäuser,
- Forschungs- und Laboreinrichtungen,
- Autobahnraststätten,
- Bahnhöfe und Flughäfen.

Das Wassermanagementsystem Aqua 3000 ist ein neuartiges Sensor-/Aktor-Bussystem, mit dessen Hilfe sämtliche Steuerungs- und Überwachungsfunktionen der daran angeschlossenen Armaturensysteme über ein vieradriges Standardkabel geführt werden. Möglich wurde diese vereinfachte Installationstechnik durch einen jeder Armatur zugeordneten Elektronikbaustein, einen sogenannten Aquanet-Feldbuscontroller. Dieser Elektronik-Knotenpunkt ermöglicht die Kommunikation über das gesamte Datenetz und schafft gleichzeitig die Verbindung zwischen Sensor und Aktor. Als Sensoren werden die von elektronischen Armaturen her bekannten piezo-, opto- und radarelektronischen Erfassungssysteme eingesetzt. Aktoren sind neu entwickelte Magnetventile, die der Wassersteuerung dienen und durch ihr Konstruktionsprinzip eine geringe Stromaufnahme aufweisen.

In der einfachen Konfigurationsstufe werden einzelne Armaturen mit ihrem jeweiligen Sensor und Aktor mit dem Feldbuscontroller verbunden. Dieser verarbeitet die Sensorsignale und steuert ein Magnetventil als Aktor an. So lassen sich alle geforderten Wasserlauffunktionen für Wasch-,

Art der Betätigung	Dauer s	Temperatur °C	Wasserentnahme ¹ l	Wärmeverbrauch ² kJ
Mischbatterie öffnen - Ausstoßzeit	10-15	60	1,5-2,25	314-470
Temperatur einregulieren - Zweigriffbatterie	18	10-38	2,7	158
- Eingriffbatterie	14	10-38	2,1	123
- Thermostatbatterie	2	10-38	0,3	18
Warm duschen	90	38	13,5	1580
Kopf waschen - Vorwäsche				
- einseifen	15		2,25	245
- abspülen	20	36	3	326
- Hauptwäsche - einseifen	15		2,25	245
- abspülen	20	36	3	326
Oberkörper waschen - einseifen	30		4,5	489
- abspülen	20	36	3	326
Unterkörper waschen - einseifen	30		4,5	489
- abspülen	15	36	3	326
Beine und Füße waschen - einseifen	30		4,5	489
- abspülen	15	36	2,25	245
Warm duschen	25	38	3,75	439
Kalt duschen	15	18	2,25	75
Mischbatterie schließen	2	18	0,3	10
Summe				
- Zweigriffbatterie	370-375	-	56,25-57,0	6082-6238
- Eingriffbatterie	366-371	-	55,65-56,4	6047-6203
- Thermostatbatterie	354-359	-	53,85-54,6	5942-6038
- Elektronikarmatur	374-379	-	35,85-36,6	3985-4141

1) Wasserentnahme: $V = \dot{q} \times t$ in l
 2) Wärmeverbrauch: $W = V \times \rho \times (\delta_W - \delta_K) \times c$ in kJ
 $\rho = 1,0 \text{ kg/dm}^3$, $\delta_K = 10 \text{ °C}$, $c = 4,18 \text{ kJ/kg K}$

Tabelle 5 Benutzungsablauf, Wasserentnahme und Wärmeverbrauch eines Brause-Reinigungsabades mit Handbrause, bei einem Durchfluß von 0,15 l/s, einer Kaltwassertemperatur von 10 °C und einer Warmwassertemperatur von 60 °C

Dusch- und Spülarmaturen sowie gewünschte Zusatzfunktionen in einem objektspezifischen Anwendungsprogramm integrieren. Ebenso können Programmmodifizierungen durch sich ändernde Einsatzbedingungen durchgeführt werden. Funktional besteht der Feldbuscontroller aus einem Eingang für die Spannungsversorgung, einer RS 485-Schnittstelle für die Kommunikation innerhalb des Gesamtsystems sowie Anschlüssen für Sensoren und Aktoren. Bei Installation einer einzigen, zentralen Spannungsversorgung lassen sich pro Bussystem bis zu 99 Armaturen auf einer Leitungslän-

ge bis zu 120 m einbinden (Bild 14). Das Bussystem ermöglicht über die 4-Draht-Busleitung die direkte Anbindung an eine Aqua-Automatisierungsstation. Über diese Zentralsteuerung lassen sich in dem System umfassende Zusatzfunktionen implementieren, z. B. objektspezifische Zusatzprogramme zur Licht- und Lüftersteuerung oder Si-

cherheitsschaltungen über Strömungswächter. Eine weitere Ausführungsvariante ist die Einbindung des Wassermanagementsystems in eine übergeordnete Gebäudeautomation.

Durch geeignete Maßnahmen lassen sich Wasser und Energie zur Erzeugung von warmem Wasser ohne Verlust an Komfort einsparen. Eine der einfachsten ist die sinnvolle Handhabung der Armaturen. Da dies jedoch von der umweltbewußten Einstellung des Benutzers abhängig ist, sind dem Erfolg – vor allem im Mietwohnungsbau sowie bei öffentlichen und gewerblichen Einrichtungen – Grenzen gesetzt. Erfolgreicher ist der Einbau von automatisch arbeitenden einstellbaren Armaturen sowie Einrichtungsgegenständen, die aufgrund ihrer Konstruktion weniger Wasser verbrauchen. Dabei ist es die Aufgabe des Planers sowie des Installateurs, seine Kunden entsprechend zu informieren.

Literatur:

- [1] Moll, H.-G.: Wassersparen um jeden Preis? Nein Danke; Neue DELIWA-Zeitschrift, Heft 8/95
- [2] Usemann, Klaus W.: Grundlagen für Planung und Ausführung von Sanitäranlagen; VDI Tagungsbericht Sanitärtechnik VII, 12.91
- [3] DIN 1961, 06.96, VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen – Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen; Beuth Verlag GmbH, Berlin/Wien/Zürich
- [4] Lein, Peter: Vom Wasserhahn zur elektronisch gesteuerten Armatur; Die vergessenen Tempel – Zur Geschichte der Sanitärtechnik; 1988; Blaue Hörner Verlag, Marburg
- [5] Bösch, Karl: Wassersparen mit dem Spülkasten; Der Sanitär-Installateur Heft 10/1976; Buchdruckerei und Verlag Aargauer Tagblatt AG, CH-Aarau
- [6] Feurich, Hugo: Sanitärtechnik, 7. Auflage 1995; Krammer Verlag, Düsseldorf
- [7] DIN 4708-2, 04.94, Zentrale Wassererwärmungsanlagen; Regeln zur Ermittlung des Wärmebedarfs zur Erwärmung von Trinkwasser in Wohngebäuden
- [8] DIN 18 025-1, 12.92; Barrierefreie Wohnungen; Wohnungen für Rollstuhlnutzer; Planungsgrundlagen
- [9] Verordnung über Arbeitsstätten vom 20. März 1975
- [10] Arbeitsstätten-Richtlinien, 04.76; Normenheft 100 und 101
- [11] Unfallverhütungsvorschrift VBG 103, 04.86; Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege
- [12] Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention; Bundesgesundheitsamt Berlin, 1992; Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena
- [13] Fleischhygiene-Verordnung FIHV vom 30. 10. 86; EG-Richtlinie 73 A für Fleischerzeugnisse
- [14] Verordnung über Hygiene- und Qualitätsanforderungen an die Gewinnung, die Behandlung und das Inverkehrbringen von Milch (Milchversorgung); EG-Richtlinie 85/397/EWG des Rates vom 5. 8. 85
- [15] Hygieneanforderungen im Küchenbereich zur Verhütung übertragbarer Krankheiten; Bundesgesundheitsblatt, Sonderdruck vom 9. 12. 77
- [16] Baufachliche Richtlinien für die Durchführung von Baumaßnahmen der Bundeswehr; Teil: Wirtschaftsgebäude, vom 11. 12. 86
- [17] Bestimmung für Autobahnraststätten; Einführung durch den Bundesminister für Verkehr, aufgesetzt durch die Gesellschaft für Nebenbetriebe der Bundesautobahnen mbH
- [18] Richtlinien für den Bäderbau, 3. Auflage 1996. Druckerei Wehlmann GmbH, Essen
- [19] Baurichtlinien für Medizinische Bäder, 2. Auflage 1990. Verlag Arno Schrickel, Oberstdorf
- [20] DIN 1385, 05.88, Klosettbecken mit angeformtem Geruchverschluß; Bau- und Prüfgrundsätze
- [21] DIN 1986-1, 06.88, Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke; Technische Bestimmungen für den Bau
- [22] DIN EN 12056-2, 10.95, Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden; Schmutzwasseranlagen, Planung und Berechnung
- [23] Feurich, Hugo: Das Drei-Liter-WC aus Berlin – Ergebnisse experimenteller Untersuchungen; SHT 10/96; Krammer Verlag, Düsseldorf
- [24] Feurich, Hugo: Forschungsbericht Untersuchungen zur Wassereinsparung bei der Klosettspülung und zu kleineren Rohrweiten bei der hydraulischen Dimensionierung der Zufluß- und Abwasserleitungen. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 1998
- [25] Grasmeyer, Karl: Einschränkung des Wasserverbrauchs (Spülwasserverbrauch von Klosettanlagen), Forschungsbericht F 1652, April 1980, Landesgewerbeanstalt Bayern; IRB Verlag, Stuttgart
- [26] Zukunftsmarkt Wassereinsparung, 1995; Partnerkreis Bad, Wuppertal
- [27] Feurich, Hugo: Vorregulierung bei Sanitärarmaturen; SHT 1/95; Krammer Verlag, Düsseldorf
- [28] Sachse, Volker: Betriebskosten automatischer Duschanlagen im Badebetrieb; Archiv des Badewesens Heft 5/1976. Verlag Arno Schrickel, Oberstdorf/Allgäu
- [29] Kretschmer, Joachim: Gegenüberstellung des Energieverbrauchs bei Verwendung von kolbenlosen Selbstschlußventilen und berührungslos elektronischen Brausen gegenüber herkömmlichen Ventilen in Abhängigkeit von der Anzahl der Wasserentnahmestellen; Archiv des Badewesens, Heft 5/1976
- [30] Planung von öffentlichen und gewerblichen Sanitäranlagen, 1997; AQUA Butzke-Werke AG, Ludwigsfelde. □