

Messverhalten überdimensionierter Wasserzähler in Wohngebäuden

Unterschiedlich große Wasserzähler können dieselbe Wassermenge unterschiedlich registrieren. So wurde in zwei Wohnobjekten durch Vergleichsmessungen festgestellt, dass größere Flügelradzähler mehr anzeigen als kleinere Zähler derselben Bauart. Dies liegt allem Anschein nach daran, dass bei gleichem Durchfluss jeweils andere Abschnitte der Fehlerkurve bzw. andere Belastungsbereiche zum Tragen kommen. Überraschenderweise gab es selbst bei der Versorgung eines Wohnobjekts mit mehr als 100 Wohnungseinheiten über einen Wasserzähler der Größe $Q_n 2,5$ keine Probleme.

Wasserzähler, die ohne das Vorhandensein strömungstechnischer Besonderheiten nicht den Bemessungsempfehlungen des Regelwerks [1, Tabelle 3] entsprechen, gelten im Allgemeinen als überdimensioniert. Darüber hinaus sind die Wasserverbrauchswerte derzeit kleiner als die Werte, die dem Regelwerk zugrunde liegen [2]. Wie sich derartige Überdimensionierungen auswirken können, ist in einer früheren Veröffentlichung bereits beschrieben worden [3]. Bei aktuellen Messungen wurden die damals festgestellten Auswirkungen auch in zwei weiteren Wohngebäuden beobachtet. Tabelle 1 enthält die jetzt ermittelten Abweichungen der Fälle C und D sowie die früheren Werte der Fälle A und B. Bei der Installation der zusätzlich angeordneten geeichten Wasserzähler wurde darauf geachtet, dass die gleichen Bauarten (Mehrschicht-Flügelradzähler) und die gleichen metrologischen Klassen (B) verwendet wurden wie bei Wasserzählern des zuständigen Wasserversorgungsunternehmens (WVU). Die Messanordnung entspricht dem früheren Aufbau [3, Abb. 2].

Kontrollmessungen

Um mögliche Ursachen der systematischen Messabweichungen zu erhalten, wurden in drei der vier behandelten Fälle (A, B und C) im Nachhinein mehrwöchige Durchflussmessungen vorgenommen. Die elektronisch registrierten Volumina wurden auf einem Datenlogger mit Festwertspeicher abgelegt und nach Beendigung der Messungen auf einen PC übertragen und ausgewertet.

In allen Fällen wurden geeichte Ringkolbenzähler installiert (Abb. 1), die mit einem Impulsgeber ausgerüstet waren. Jeder in-



Abb. 1: Messanordnung mit Ringkolbenzähler und Datenlogger

Quelle: G. Hofmann

folge einer vollen Umdrehung der Zeigernadel des Zählwerkes induktiv ausgelöste Impuls veranlasste eine direkte oder aufsummierte Datenregistrierung. Diese besteht aus Datum (Tag, Monat, Jahr, Stun-

de, Minute und Sekunde) und dem fortlaufenden Zählerstand. Anfangs- und Endzählerstände wurden zu Kontrollzwecken notiert und später mit den aufgezeichneten Daten verglichen.

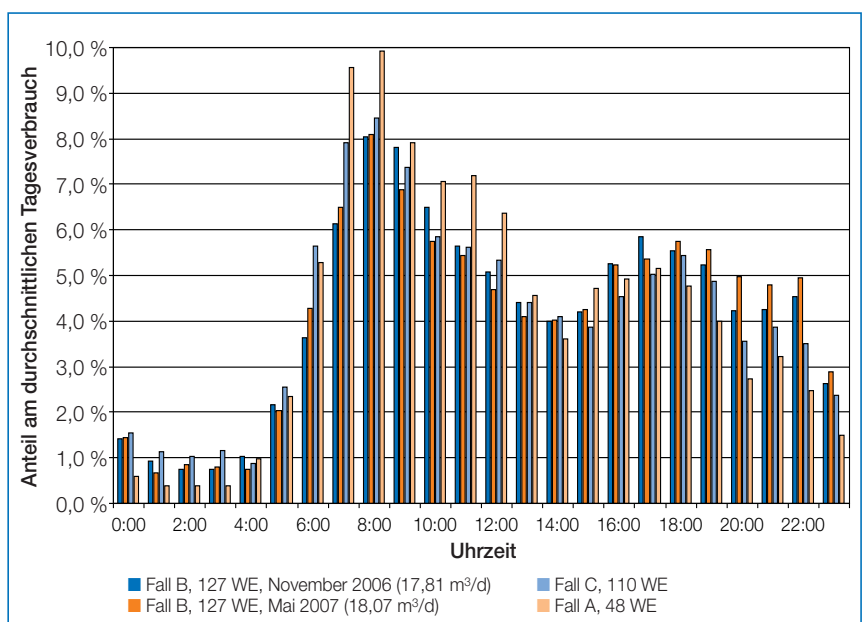


Abb. 2: Verbraucherverhalten der Bewohner in den drei Wohnobjekten

Quelle: G. Hofmann

Bei der Datenerfassung wurden zwei unterschiedliche Messmethoden eingesetzt. Die zunächst angewendete Methode besteht darin, dass jede Entnahme von 10 Litern eine Datenspeicherung auslöst, die mit einer Genauigkeit von jeweils vollen Sekunden registriert wird. Damit können zwar für Entnahmeholumina von 10 Litern Spitzendurchflüsse bis $36 \text{ m}^3/\text{h}$ ermittelt werden, jedoch keine Stillstandszeiten. Kleine Entnahmemengen können mit dieser Messmethode nur sehr ungenau festgestellt werden. Das anfallende Datenvolumen ist relativ klein.

Eine genauere Messmethode besteht darin, dass Messdaten im Datenlogger aufbereitet und kleinen Zeittakten durch Interpolation zugeordnet werden. Jede volle Umdrehung der Zeigernadel des Ringkolbenzählers entsprechend 1 Liter löst einen Messimpuls aus, der mit einer Genauigkeit von 0,1 Sekunden registriert und verarbeitet wird. Mit einer im Datenlogger vom Hersteller gelieferten Software werden die erfassten Volumina durch Interpolation mit Datenabgleich Zeittakten von zwei Sekunden zugeordnet und im 2-Sekunden-Takt gespeichert. Mit dieser Messmethode können sowohl Spitzendurchflüsse bis $36 \text{ m}^3/\text{h}$ als auch Stillstände von mindestens zwei Sekunden Dauer ermittelt werden. Das zu erfassende sehr große Datenvolumen beträgt beim 2-Sekunden-Takt 43.200 Messreihen pro Tag und ist trotzdem für Langzeitmessungen über mehrere Wochen geeignet.

Durchführung der elektronischen Messdatenerfassung

Zuerst wurde für die Messung im Falle B (127 WE) aus organisatorischen Gründen die 10-Liter-Methode angewendet. Zum Vergleich wurde sowohl im Winter 2006 als auch im Sommer 2007 gemessen. Die Zeitdauer betrug insgesamt fünf Wochen. Die erfassten Volumina betragen 403 m^3 (November 2006) und 254 m^3 (Mai 2007). Die Datenmengen bestehen entsprechend aus 40.350 und 25.390 Messreihen. Für die Fälle A und C wurde die genauere 1-Liter-Messmethode eingesetzt. Im Fall A (48 WE, Oktober 2007) betrug die Messdauer vier Wochen und das registrierte Wasservolumen 176 m^3 . Im Falle C (110 WE, März 2008) wurden in vier Wochen 433 m^3 erfasst. Die angefallenen Datenmengen bestehen in beiden Fällen aus jeweils ca. 1,2 Millionen Messreihen.

Ergebnisse

Bei allen Messungen stimmten die vom Datenlogger gespeicherten Verbrauchswerte exakt mit den Ablesungen der Zählerstände überein. Vorab wurde für die gesamte Messdauer jeder einzelnen Versuchsreihe

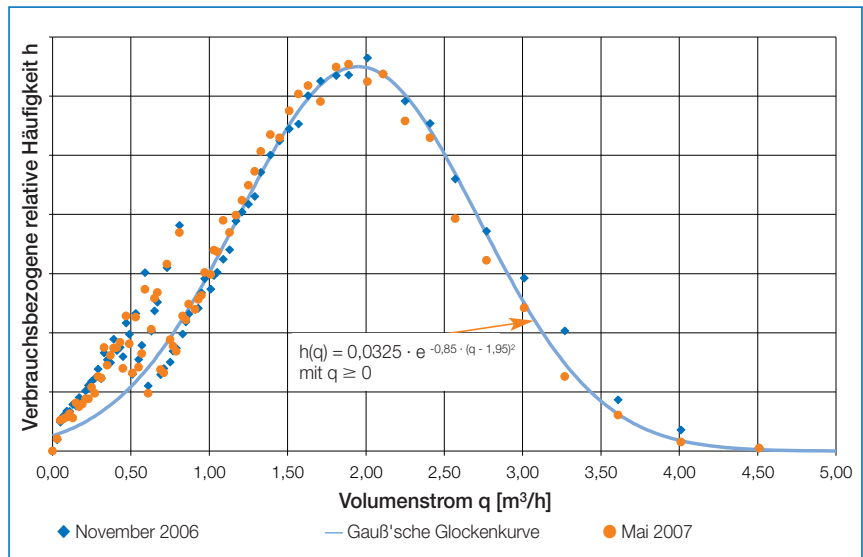


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung für den Fall B (127 WE)

Quelle: G. Hofmann

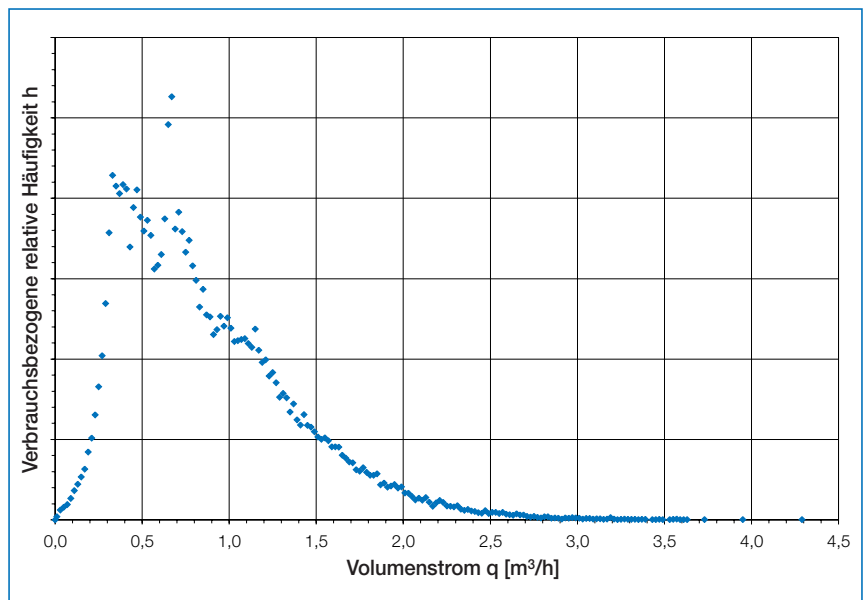


Abb. 4: Häufigkeitsverteilung für den Fall A (48 WE)

Quelle: G. Hofmann

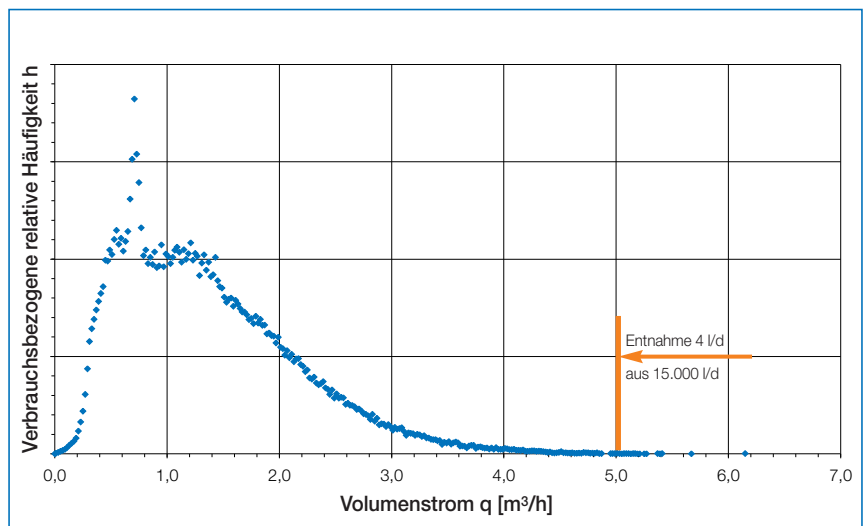


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung für den Fall C (110 WE)

Quelle: G. Hofmann

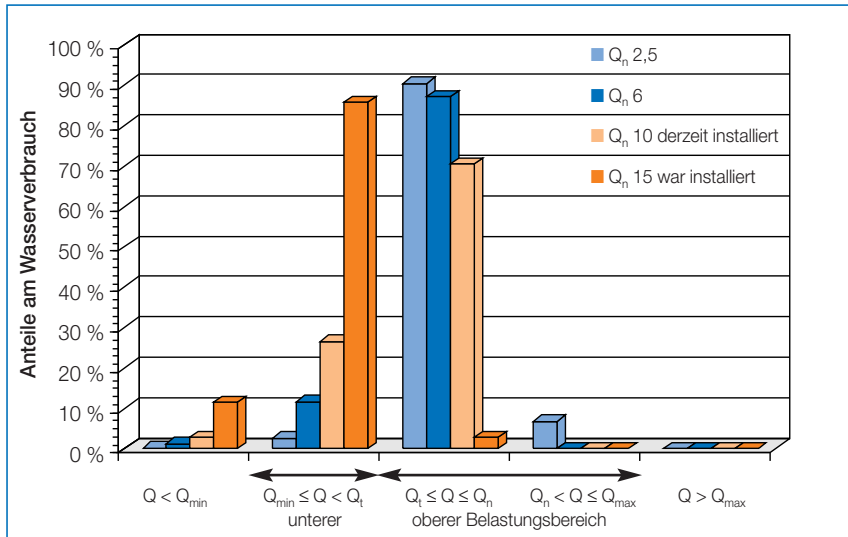


Abb. 6: Zuordnung von Belastungsbereichen zu verschiedenen Wasserzählern Fall B (127 WE)

Quelle: G. Hofmann

das von Uhrzeiten abhängige Verbrauchsverhalten der Bewohner ermittelt (Abb. 2). In allen Fällen sind ähnliche Verbrauchsgewohnheiten festzustellen. In den Morgenstunden zwischen 07:00 und 10:00 besteht der höchste Wasserbedarf. Interessant dabei ist, dass sich im Fall B die Verbrauchsgewohnheiten für Sommer und Winter nicht nennenswert unterscheiden. Die etwas größere Entnahme im Sommer verteilte sich auf einen etwas größeren Zeitbereich. Das kann damit zusammenhängen, dass die Zahl der hellen Tagesstunden im Sommer größer ist als im Winter.

Aus den Messdaten wurden zunächst für jeden einzelnen Zeitschritt aller Versuchsreihen die Volumenströme berechnet, die innerhalb dieser kurzen Zeitspannen konstant sind. Aus diesen Daten konnten dann verbrauchsbezogene Häufigkeitsverteilungen zusammengestellt werden. Zu deren Bestimmung wurde eine einheitliche Schrittweite von 20 l/h für den Volumenstrom vorgegeben und dann ermittelt, welche Volumina und Zeitsummen für jedes einzelne Schritintervall insgesamt auftreten. Für die den Volumenströmen zugeordneten Volumina wurden durch Division mit dem Gesamtvolumen verbrauchsbezogene relative Häufigkeitsanteile bestimmt (Abb. 3 bis 5). Bei dieser Darstellung zeigt sich, dass Mengenerfassungen bei großen Durchflüssen kleine Streubereiche aufweisen und Messpunkte ausgeprägten Kurvenzügen folgen, was auf eine hohe Messgenauigkeit zurückzuführen ist. Für den Fall B (127 WE) lässt sich die ermittelte Häufigkeitsverteilung nach Abbildung 3 durch eine so genannte Gauß'sche Glockenkurve sehr gut repräsentieren. Auf solche Glockenkurven wurde bereits ausgehend von theoretischen Überlegungen hingewiesen [4]. Dabei wurde der Maximalwert der typisierten Häufigkeitsverteilung, also der häufigste Durchfluss, mit Q_z bezeichnet. Nach Abbildung 3 beträgt beispielsweise der häufigste Durchfluss $Q_z = 1,95 \text{ m}^3/\text{h}$. Spitzendurchflüsse, Anzahl der Stillstände von mindestens zwei Sekunden Dauer, die Gesamtzeit der täglichen Stillstände bzw. der entsprechenden Betriebsdauer der Wasserzähler und die sich daraus ergebenden mittleren Durchflüsse waren weitere Resultate der Auswertungen. Alle Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

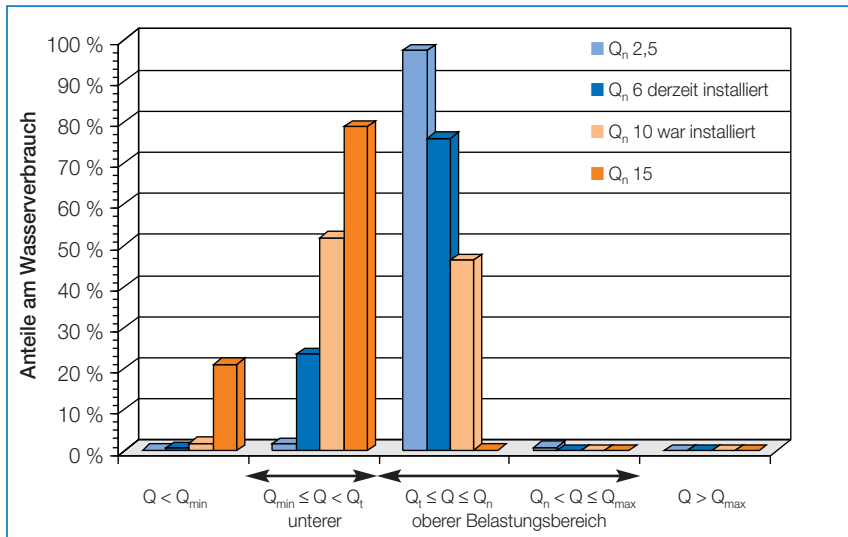


Abb. 7: Zuordnung von Belastungsbereichen zu verschiedenen Wasserzählern Fall A (48 WE)

Quelle: G. Hofmann

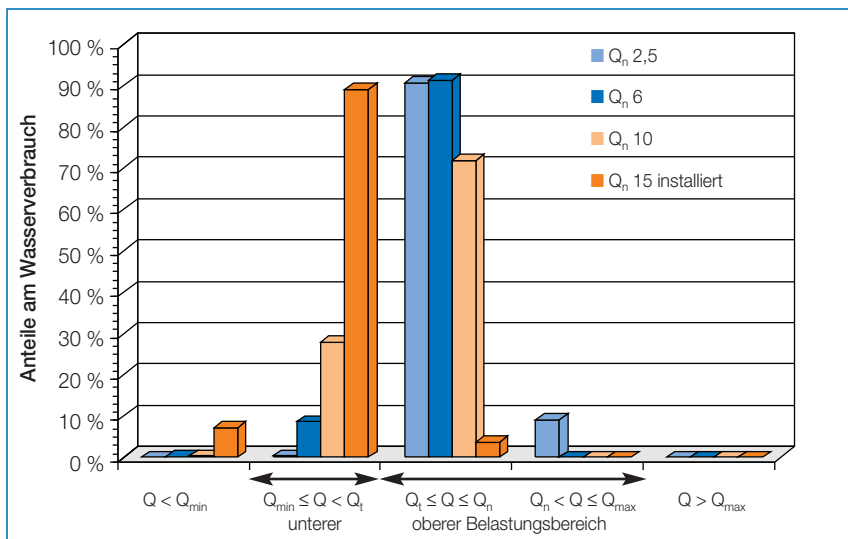


Abb. 8: Zuordnung von Belastungsbereichen zu verschiedenen Wasserzählern Fall C (110 WE)

Quelle: G. Hofmann

Für den Fall B (127 WE) wird ergänzend hinzugefügt, dass maximale Spitzendurchflüsse insgesamt elf Mal in drei Wochen mit $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$ für eine Zeitdauer von jeweils acht Sekunden festgestellt wurden. Bei Erfassung kleinerer Volumina pro Messpunkt

hätten sich möglicherweise größere Spitzendurchflüsse von entsprechend kürzerer Zeitdauer als acht Sekunden ergeben können. Auch die Häufigkeitsverteilung nach Abbildung 3 ist von der größeren Messdatenerfassung geprägt. Die absolut größten Volumenströme in den Fällen A und C wurden in der gesamten Messzeit je einmal für die Zeitdauer von zwei Sekunden festgestellt. Neben den häufigsten Durchflüssen können auch durchschnittliche Volumenströme berechnet werden. Aus Tagesverbrauch und Betriebsdauer wurden diese Werte für die Fälle A und C berechnet und Tabelle 3 hinzugefügt. Der Vergleich der Werte zeigt keine großen Unterschiede zwischen den häufigsten und den durchschnittlichen Volumenströmen.

Zur Ermittlung, welcher Wasserzähler für die untersuchten Wohnobjekte verbrauchsgerichtet ist, wurden die tatsächlichen Verbrauchsmengen ermittelt und einzelnen Belastungsbereichen verschieden großer Wasserzähler hypothetisch zugeordnet. Die in Tabelle 3 angegebenen Belastungsbereiche für Wasserzähler sind in der Eichordnung festgelegt. Der Idealfall liegt dann vor, wenn der häufigste Durchfluss im Bereich zwischen Q_t und Q_n auftritt [4]. Dementsprechend wäre auch die größte Verbrauchsmenge in diesem Belastungsbereich des Wasserzählers zu entnehmen. Die aus den Messdaten berechneten Belastungsanteile sind in den Abbildungen 6 bis 8 als Säulendiagramme dargestellt. In Abbildung 6 sind die Messergebnisse von November 2006 und Mai 2007 zusammengefasst. Wenn man im Idealfall hinsichtlich der Messgenauigkeit davon ausgeht, dass ein Wasserzähler im Bereich zwischen Q_t und Q_n am höchsten belastet und gleichzeitig der Anteil im unteren Belastungsbereich zwischen Q_{min} und Q_t minimal sein sollte, dann ist in allen untersuchten Fällen ein Wasserzähler der Größe $Q_n 2,5$ am besten geeignet. Demgegenüber sind Großwasserzähler $Q_n 15$ in den Wohnobjekten der Fälle B und C mit fast 90 Prozent Verbrauchsanteilen im unteren und damit ungenauen Belastungsbereich beansprucht. Dieser Sachverhalt in Verbindung mit bekannten Nachlaufeffekten ist demnach mit großer Wahrscheinlichkeit für die ermittelten Messabweichungen der großen Wasserzähler verantwortlich.

Sind Wasserzähler $Q_n 2,5$ für Wohngebäude mit bis zu 100 WE geeignet?

Für eine derartige Fragestellung bestand bisher kein Anlass. Niemand wäre bislang aus Gründen der Versorgungssicherheit auf den Gedanken gekommen, vollbelegte Wohn-

Tabelle 1: Zusammenfassung der Objektdaten und der Messabweichungen

		Fall A	Fall B	Fall C	Fall D
Wohnobjektgröße		48 WE	127 WE	110 WE	100 WE ^{A)}
Installierte Wasserzähler		$Q_n 10/2,5$	$Q_n 15/6$	$Q_n 15/6$	$Q_n 15/2,5$
Durchschnittsverbrauch während der Messungen	[m ³ /d]	7,2	16,4	15,0	13,1
Beginn der Beobachtungen		Sep 05	Jul 05	Nov 07	Jan 08
Zeitraum der Beobachtungen		4 Monate	6 Monate	3 Monate	49 Tage
Mehrverbrauch großer Zähler	[m ³]	38 m ³	166 m ³	45 m ³	38 m ³
Auf ein Jahr hochgerechnet ca.	[m ³]	110 m ³	330 m ³	180 m ³	280 m ³
Messabweichung, bezogen auf den kleineren Wasserzähler		5,20 %	6,00 %	3,40 %	5,90 %

^{A)} 70 WE und 30 Gewerbeeinheiten GE

Quelle: G. Hofmann

gebäude dieser Größenordnung mit einem derart kleinen Wasserzähler auszurüsten. Die Messergebnisse, insbesondere die Häufigkeitsverteilungen ermutigten jedoch zum Experiment. Am 13. Juni 2007 wurde daher im Wohngebäude mit insgesamt 127 WE (Fall B) ein Wasserzähler der Größe $Q_n 2,5$ in der Hausanschlussleitung in Strömungsrichtung hinter dem $Q_n 10$ des WVU installiert (Abb. 9). Seither, also nach über einem Jahr hat dieser kleine Wasserzähler über 8.000

m³ Trinkwasser registriert, ohne dass es zu irgendeiner Versorgungsbeeinträchtigung, auch nicht in den Dachgeschosswohnungen gekommen wäre. Gleichzeitig wurden Druckmessungen mittels eines empfindlichen Linienschreibers, der allerdings nicht geeicht war, über mehrere Tage hinweg durchgeführt [5]. In Abbildung 9 sind die Stellen markiert, wo der $Q_n 2,5$ installiert ist und wo Druckmessungen stattfanden. Abbildung 10 zeigt einen Ausschnitt aus dem ▶

EWE ARMATUREN GmbH & Co. KG

Telefon: 05 31-37 00 50 · www.ewe-armaturen.de

EWE-Armaturen aus bleifreiem Silicium-Messing – entwickelt für die Zukunft

Si-Messing

- hilft, die Vorgaben der Trinkwasserverordnung 2001 zu erfüllen,
- kommt völlig ohne Blei aus,
- hat eine hohe Festigkeit,
- ist korrosionsbeständiger als herkömmliches Messing.



... bewährt bis ins Detail!



Abb. 9: Das Wohngebäude bestehend aus Erdgeschoss und sechs Obergeschossen und einer geodätischen Höhe von ca. 22 Metern

Quelle: G. Hofmann

Tabelle 2: Zusammenfassung der Messergebnisse

		Fall A	Fall B	Fall C
Wohnobjektgröße		48 WE	127 WE	110 WE
Installierter Ringkolbenzähler		Q _n 2,5	Q _n 5	Q _n 5
Beginn der Messungen		Okt 07	Nov 06	Feb 08
Messdauer in Wochen		4	5	4
Messmethode		1 Liter/0,1 s	10 Liter/1 s	1 Liter/0,1 s
Anzahl der Messreihen ca.		1,2 Million	65.000	1,2 Million
Durchschnittsverbrauch während der Messungen	[m³/d]	6,3	18,0	15,1
Messdauer des Wasserzählers	[h/d]	13		16
Anzahl der Stillstände des Wasserzählers > 2 Sekunden	[1/d]	1.213		1.155
Mittlerer Durchfluss	[m³/h]	0,5		0,9
Häufigster Durchfluss Q _z	[m³/h]	0,6	1,95	1,0
Absoluter gemessener Spitzendurchfluss	[m³/h]	4,3	4,5	6,2
Zeitdauer des Spitzendurchflusses	[sec]	2	8	2
Anteil des Verbrauchs im unteren Belastungsbereich des Zählers		Q _n 10/52 %	Q _n 15/87 %	Q _n 15/89 %

Quelle: G. Hofmann

Tabelle 3: Einteilung der Durchflussbereiche nach der Eichordnung (metrologische Klasse B)

Größe	Anlauf ca. [l/h]	Q _{min} [m³/h]	Q _t [m³/h]	Q _n [m³/h]	Q _{max} [m³/h]	Unterer Belastungsbereich [m³/h]
Q _n 2,5	5	0,05	0,20	2,5	5,0	0,05 ... < 0,20
Q _n 6	10	0,12	0,48	6,0	12,0	0,12 ... < 0,48
Q _n 10	20	0,20	0,80	10,0	20,0	0,20 ... < 0,80
Q _n 15	30	0,45	3,00	15,0	30,0	0,45 ... < 3,00

Druckschrieb, der aus Gründen der Darstellung gewendet werden musste. Die großen Zeigerausschläge des Linienschreibers sind auf Entnahmevorgänge zurückzuführen. Die heutzutage üblicherweise eingesetzten Einhebelmischbatterien sind äußerst schnell zu öffnen und zu schließen. Bei jedem schnellen Öffnungsvorgang muss eine, den jeweiligen örtlichen Rohrleitungsinhalten entsprechende Wassermenge von Null auf eine der Entnahme gemäße Strömungsgeschwindigkeit beschleunigt werden. Die dazu notwendige Energie wird durch Energieumwandlung unmittelbar dem statischen Druck des Wassers entnommen. Dies bewirkt einen spontanen Druckabfall und damit eine kleine Störung des quasistationären Strömungszustandes. Bekanntlich breiten sich Störungen in einem Medium mit hoher Geschwindigkeit, der Schallgeschwindigkeit, aus. Der spontane Druckabfall gleicht sich daher innerhalb von Sekundenbruchteilen wieder aus, was jeweils den extrem kurzzeitigen Zeigerausschlag des Linienschreibers zur Folge hat. Beim schnellen Schließen einer Einhebelmischbatterie tritt ein umgekehrter Effekt auf. Es muss eine sich in Bewegung befindliche Wassermasse ebenso schnell abgebremst werden. Dies macht sich, analog wie beim Öffnen, durch eine spontane Druckspitze bemerkbar. Die relativ großen Zeigerausschläge in Abbildung 10 haben demnach keine Auswirkungen auf die stabile Wasserversorgung der entsprechenden Wohnung. Der statische Druck nach Abbildung 10 beträgt nur kurzzeitig knapp 1,5 bar und ist zur Versorgungssicherheit völlig ausreichend. Erstaunlich ist, dass der Druck im Wassernetz nach Angabe des WVU mit 4,0 bis 4,3 bar sogar zeitweise knapp unter dem Mindestversorgungsdruck des Wohngebäudes von 4,1 bar liegt. Man kann davon ausgehen, dass Schwankungen des Netzdruckes einen größeren Einfluss auf den Versorgungsdruck in der Dachgeschosswohnung haben als Druckverluste in der Hausinstallation einschließlich des Wasserzählers. Allerdings zeigte ein Manometer im Keller des Wohngebäudes einen Druck von 4,5 bar zum Zeitpunkt der Ableseung an. Die bemerkenswerten Ergebnisse sollten ein Anreiz dafür sein, weitere derartige Durchflussmessungen an großen Wohngebäuden vorzunehmen.

Zusammenfassung

Obwohl wenige Messungen noch nicht dazu geeignet sind, verallgemeinerte Aussagen zu treffen, zeigen sie doch, dass gering ausgelastete Wasserzähler der Größen Q_n 10 und Q_n 15 im intermittierenden Betrieb in Wohngebäuden systematisch zu Fehlmessungen neigen. Nachlaufeffekte treten nicht

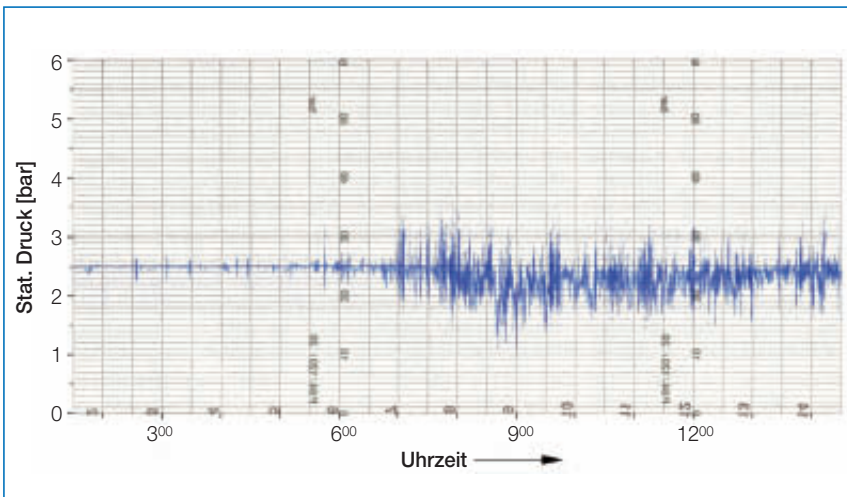


Abb. 10: Ausschnitt aus dem Schrieb der Druckmessung im 6. OG am 24. Juni 2007

nur beim Erreichen von Stillständen, sondern auch bei spontanen Verringerungen von Durchflüssen auf. Geringe Auslastungen sind eine Folge von Überdimensionierungen. Insbesondere Großwasserzähler des Typs $Q_n 15$ mit einem unteren Belastungsbereich bis $3 \text{ m}^3/\text{h}$ erscheinen daher für Wohngebäude völlig ungeeignet. Systematische Messabweichungen in einer Richtung sind zudem eichrechtlich angreifbar.

Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass in Wohngebäuden der weitaus größte Anteil der Trinkwassermengen bei kleinen Durchflüssen und nur äußerst geringe Mengen bei großen Spitzendurchflüssen entnommen werden. Daher erscheinen Befürchtungen von Versorgungsbeeinträchtigungen beim Einsatz kleinerer Wasserzähler unbegründet. Die Erkenntnis, dass Wohngebäude mit 100 Woh-

nungseinheiten und mehr in den hier beschriebenen Einzelfällen über Wasserzähler der Größe $Q_n 2,5$ problemlos versorgt werden können und der Langzeiteinsatz in einem Wohngebäude mit 127 WE bei einem Wasserverbrauch von $18 \text{ m}^3/\text{d}$ erfolgreich war, sollte ein Anreiz für weitere derartige Experimente sein.

Literatur:

- [1] DVGW-Arbeitsblatt W 406 „Volumen- und Durchflussmessung von kaltem Trinkwasser in Druckrohrleitungen“, Bonn 12/2003.
- [2] DVGW-Arbeitsblatt W 410 „Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen“, Bonn 09/2007 (Entwurf)
- [3] G. Hofmann, P. Schubert, „Messungen an überdimensionierten Hauswasserzählern“, DVGW energie | wasser-praxis 5/2006, S. 26
- [4] K. Büschel, „Bemessung von Wasserzählern in Wohngebäuden“, DVGW energie | wasser-praxis 04/2007, S. 26
- [5] P. Schubert, persönliche Mitteilung, 08/2008

Quelle: Ing. Peter Schubert

Autor:

Dipl.-Ing. Georg Hofmann
 Konstantinstr. 17
 04315 Leipzig
 Tel.: 0341 960 7783
 Fax: 0180 506 034 323 556
 E-Mail: hofmann@web.de

E-world
energy & water

10.-12.2.2009
Essen / Germany

con | energy

MESSE
ESSEN
Place of Events

BUSINESS
NETWORK

www.e-world-2009.com • mail@e-world-essen.com • Hotline +49 (0)201.1022.210