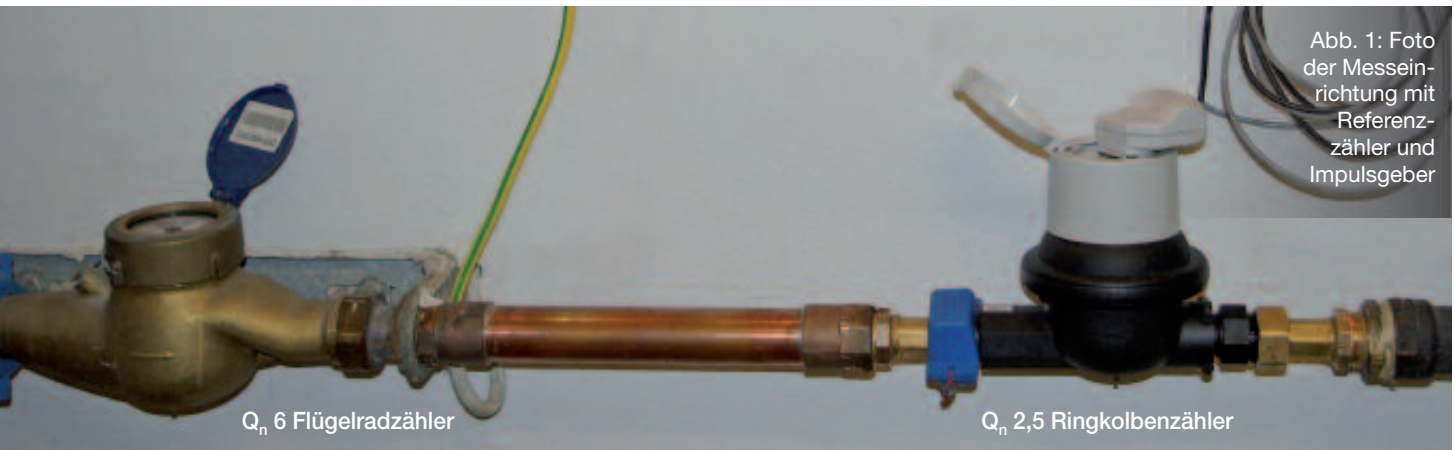


Mangelnde Messrichtigkeit von überdimensionierten Haus-Wasserzählern in Wohngebäuden



Quelle: R. Jungbauer

In drei Wohngebäuden wurden nicht dem Verbrauch angepasste Mehrstrahlflügelradzähler der Größe $Q_n 6$ durch zusätzlich installierte Referenzzähler überprüft. Die unter Mitwirkung der zuständigen Eichämter festgestellten Messabweichungen waren durchweg positiv, also zu Lasten der Verbraucher. Gleichzeitig durchgeführte elektronische Messdatenerfassungen zeigten, dass in allen Fällen während der Messzeiträume die gesetzlich zulässigen Messabweichungen infolge der Überdimensionierungen zum Teil sogar deutlich überschritten wurden.

Von den Wasserversorgungsunternehmen werden üblicherweise Flügelradzähler als Hauswasserzähler eingesetzt. Diese haben hervorragende Messeigenschaften und haben sich bewährt. Es darf jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, dass Mehrstrahlflügelradzähler im praktischen Betrieb bei Strömungsunterbrechungen nachlaufen [1, S. 103]. Je nach Dimensionierung und Verbraucherverhalten kann dies zu erheblichen Beeinträchtigungen der Messrichtigkeit führen. Wenn die Zählergröße nicht dem wirklichen Wasserverbrauchsverhalten entspricht und das Entnahmeverhalten durch viele Einzelenahmen in Verbindung mit abrupten Schließungen von Einhebelmischarmaturen geprägt ist, können deutliche positive Messabweichungen auftreten [2, S. 10]. Bei früher durchgeführten Messungen waren in der Praxis im direkten Vergleich von unterschiedlich großen Wasserzählern gleicher Bauart deutliche Mehranzeigen der gemessenen Volumina durch große und nicht dem Wasserverbrauch angepasste Wasserzähler festgestellt worden [3, 4].

Die tatsächlichen Messabweichungen konnten in diesen Untersuchungen mangels Kenntnis der Fehlerkurven der Referenzzähler jedoch nicht zahlenmäßig belegt werden. Auch bei Stichprobenkontrollen in einem Einfamilienhaus an einem Wasserzähler der Größe $Q_n 6$ waren bei Einzelenahmen haushaltsmäßiger Wasservolumina Plusmessabweichungen gegenüber Entnahmen ohne Unterbrechung festgestellt worden. Diese Vorgänge waren der Anlass zur Durchführung gezielter Messreihen in drei verschiedenen Wohnobjekten, in denen Wasserzähler der Größe $Q_n 6$ installiert sind, die nicht an den Wasserverbrauch angepasst sind. Die Messungen erfolgten mit einer Ausnahme unter Mitwirkung der zuständigen Eichämter.

Zur Durchführung der Messungen wurden zusätzlich Referenzzähler installiert. Diese waren in Strömungsrichtung hinter den vorhandenen Flügelradzählern der Größe $Q_n 6$ der Wasserversorger angeordnet. Bei den Referenzzählern handelt es sich um Ringkolbenzähler, die als volumetrische

Zähler praktisch keinen Nachlauf haben und an denen in staatlichen Prüflaboratorien im Anschluss an die Messungen Nachprüfungen durchgeführt wurden. In **Abbildung 1** ist die Messanordnung in einem der drei Wohnobjekte zu sehen. Deutlich zu erkennen ist die vom Eichamt gesetzte Verplombung des Referenzzählers. Die in staatlichen Prüflaboren ermittelten Fehlerkurven sind in **Abbildung 2** grafisch dargestellt und dienen der Ermittlung der wirklichen Durchflussmengen und der Messabweichungen der Referenzzähler für jedes einzelne Durchfluss-Intervall der Messreihen.

Bei den drei Wohnobjekten handelt es sich um zwei Wohngebäude (mit A und B bezeichnet) mit je zehn Wohnungseinheiten (WE) und ein Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung (mit C bezeichnet). Im Wohnobjekt A mit zehn WE wurde die erste Messreihe (mit A-1 bezeichnet) ohne Mitwirkung des Eichamtes durchgeführt. Zum Abschluss wurde der $Q_n 6$ -Zähler des Wasserversorgers einer Befundprüfung unter-

zogen. Gemäß dem Prüfschein mit der Nr. WS-2-064 vom 22. Juni 2009 hat der Wasserzähler die Prüfung in allen Belangen bestanden. Für die neue Messreihe in demselben Wohnobjekt (mit A-2 bezeichnet) wurde für den neu installierten Zähler auf eine erneute Befundprüfung verzichtet. Nach Beendigung der Messungen im Wohnobjekt B wurde ebenfalls eine Befundprüfung durchgeführt, die der Zähler nicht bestanden hat. Gemäß dem Prüfschein mit der Nr. 465/2009 des staatlichen Prüflabors in Dresden betragen die Abweichungen bei Q_{\min} +10,72 Prozent, bei Q_t +7,83 Prozent und bei Q_{\max} +3,38 Prozent. Im Fall C erfolgte auf Wunsch des Wasserversorgers eine Befundprüfung in einem staatlichen Prüflabor, die der Zähler bestanden hat (Prüfschein Nr. 5-5,3_1.003/10 vom 04.03.2010, LBME NRW Betriebsstelle Eichamt Düsseldorf). Die Erfahrung zeigt also, dass herkömmliche Befundprüfungen zur Bewertung der durch Überdimensionierung bedingten Messabweichungen von Flügelradzählern im betrieblichen Einsatz nicht geeignet sind. Die im Prüflabor bei konstanten Durchflüssen ermittelten Messabweichungen sind auf den Einsatz bei wechselnden Durchflüssen beim betrieblichen Einsatz nicht unmittelbar übertragbar.

Die Messungen erfolgen über mehrere Wochen. Zu Beginn und am Ende der Messperiode wurden mit Ausnahme von Wohnobjekt A-1 die Zählerstände amtlich festgestellt und dokumentiert. Die Ergebnisse der ausgewerteten Zählerablesungen und die daraus resultierenden Messabweichungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Während der Messperioden wurden in bestimmten Zeitabständen fortlaufend Zählerstände notiert und der Verbrauch berechnet. In Abbildung 3 sind die Messabweichungen, durchweg Pluswer-

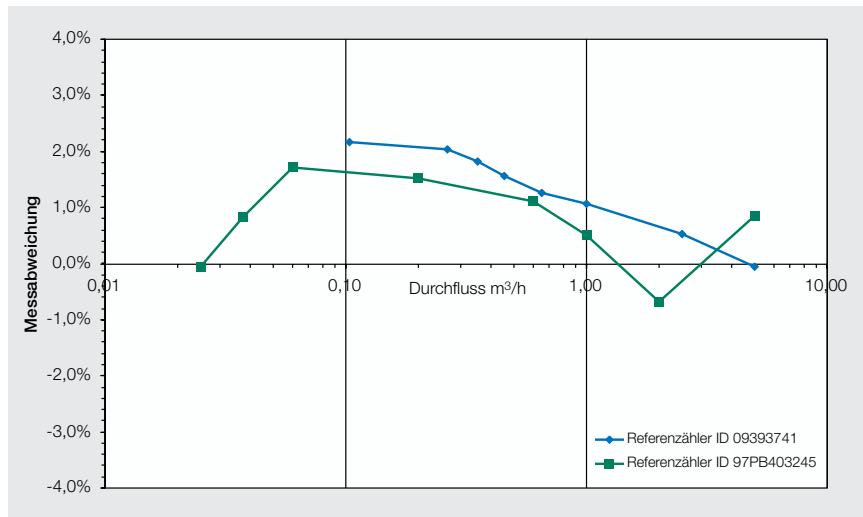


Abb. 2: Fehlerkurven der eingesetzten Referenzzähler Q_n 2,5

Quelle: G. Hofmann, Daten von A. Müller u. H. Groth

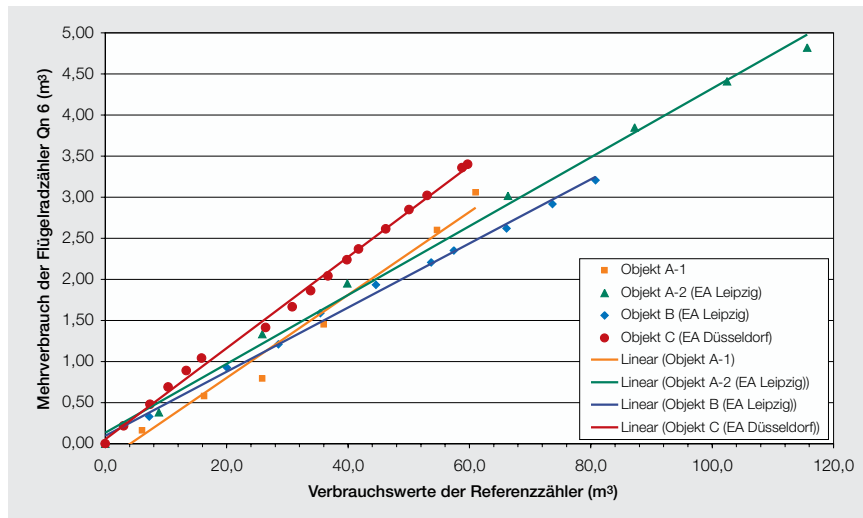


Abb. 3: Darstellung der Messabweichungen aus den Ablesungen

Quelle: G. Hofmann u. R. Jungbauer

te, und der Q_n -6-Zähler grafisch dargestellt. Aufgetragen sind die berechneten Verbrauchsunterschiede zwischen den Flügelradzählern Q_n 6 und den Referenzzählern Q_n 2,5 über der fortlaufenden Verbrauchsanzeige der Referenzzähler. Er-

gänzt wurde die Darstellung durch berechnete Ausgleichsgeraden. Auffällig ist die zeitlich stetige Zunahme der Verbrauchsdifferenzen zulasten der Verbraucher, die in allen untersuchten Wohnobjekten ähnlich sind. ▶

HYDRUS misst smarter. Jetzt in neuen Nenngrößen

Mit dem neuen, erweiterten HYDRUS Sortiment liefert HYDROMETER den passenden Ultraschall-Wasserzähler für jede Anforderung: Von DN 15 über 25, 32 und 40 bis hin zu DN 50 verfügen alle Nennweiten über höchste Präzision im Dynamikbereich bis 1:400, zugelassen nach MID. Die innovative Kombination von Ultraschall und integrierter Kommunikation macht HYDRUS zur perfekten Datenbasis für Systemtechnik und Smart Metering. So ermöglicht HYDRUS eine reibungslose Auslesung, eine effiziente Wassernutzung und einen langfristig wirtschaftlichen Betrieb. Weitere Informationen unter: www.hydrometer.de

Tabelle 1: Zusammenfassung der Verbrauchswerte und Berechnungsergebnisse

Wohnobjekt	Größe	Zeitdauer der Erfassung	Verbrauchswerte		Messabweichung nach abgelesenen Zählerständen	
			Q _n 6 des WWU	Referenz-Zähler Q _n 2,5	Verbrauchs Differenz	Messabweichung
A-1	10 WE	6 Wochen	20069913588 metrol. Kl. B	97PB403245 metrolog. Kl. C	3,058 m ³	+ 5,01 %
			64,083 m ³	61,025 m ³		
A-2	10 WE	2 Monate	20099908801 metrol. Kl. B	97PB403245 metrolog. Kl. C	4,822 m ³	+ 4,17 %
			120,488 m ³	115,667 m ³		
B	10 WE	2 Monate	20039904359 metrolog. Kl. B	97PB403245 metrolog. Kl. C	3,208 m ³	+ 3,97 %
			83,992 m ³	80,784 m ³		
C	EFH mit ELW	5 Monate	130030004240 metrolog. Kl. A	09393741 metrolog. Kl. A	3,400 m ³	+ 5,69 %
			63,125 m ³	59,725 m ³		

Quelle: G. Hofmann

Ermittlung der wirklichen Durchflüsse

Um die tatsächlichen Messabweichungen der Flügelradzähler Q_n 6 der Wasserversorger festzustellen, müssen zunächst die wirklichen Durchflussmengen ermittelt werden. Zu der dazu notwendigen elektronischen Messdatenerfassung wurden die Referenzzähler mit Impulsgebern ausgestattet und die Messimpulse für jeden Liter bzw. jede 100 cm³ (0,1 Liter) über eine Datenleitung auf einem COSMOS-Datenlogger registriert und aufgezeichnet. Nach Beendigung der Messung wurden die Daten auf einen PC übertragen und ausgewertet.

Die Programmierung des Datenloggers und die Datenübertragung erfolgten mit der Software DLWin 4.32 der Firma Sensus Metering Systems. Die Messdatenerfassung wurde nicht in allen Fällen während der gesamten Ablesperiode durchgeführt. Sie lag aber stets innerhalb der Ablesperiode. Dies ist zulässig, wie eine Darstellung der Verbrauchswerte über einen längeren Zeitraum in **Abbildung 4** zeigt. Die täglichen Wasserentnahmen sind fast identisch. Es handelt sich dabei um Volumenströme der Messreihe A-1 für die Zeitdauer vom 10. März 2009 bis 23. März 2009. Bei dieser Messung betrug das

Messvolumen 100 cm³, entsprechend 0,1 Liter bei einer Registriergenauigkeit von 1/100 Sekunden. Die Zahlenwerte auf der Y-Achse müssen daher, um die korrekten Durchflüsse zu erhalten, mit 0,1 multipliziert werden. Ein typisches Verbraucherverhalten während eines Tages zeigt **Abbildung 5**. Auch dabei ist eine Multiplikation der Zahlenwerte mit 0,1 erforderlich.

Bei der Auswertung der Messdaten wurden rechnerisch ermittelte Durchflüsse < 5 l/h als Stillstände interpretiert. Die entsprechenden Volumenanteile wurden den angrenzenden Durchflüssen zugeordnet. Aus den auf diese Weise überarbeiteten Messdaten der Referenzzähler wurden zunächst Häufigkeitsverteilungen für Durchflussintervalle rechnerisch bestimmt. Die Intervallbreite wurde mit 100 l/h festgelegt. Diese Häufigkeitsverteilungen sind für alle durchgeführten Messungen in **Abbildung 6** zusammengefasst. Es fällt auf, dass kleine Durchflüsse V im Intervall 0 < V ≤ 0,1 m³/h in den Messreihen A-1 und B weniger häufig sind als in den Messreihen A-2 und C. Das liegt daran, dass Einzelentnahmen von weniger als 1 Liter bei Messvolumina von 1 Liter nicht registrierbar, auch durch Interpolation nicht ermittelbar und nur durch einen Durchfluss von 5 l/h erfassbar sind. Dadurch fällt die Anzahl dieser Durchflüsse höher aus als in den Messreihen A-1 und B, in denen mit Messvolumina von 100 cm³ auch kleinste Entnahmen registriert werden.

Anhand der Häufigkeitsverteilungen konnten für die in Tabelle 1 aufgelisteten Verbrauchswerte der Referenzzähler für jedes Durchflussintervall die entsprechenden Volumenanteile bestimmt werden. Das Berechnungsschema dieser Auswertung ist

Tabelle 2: Ermittlung des wirklichen Durchflusses

Aus Häufigkeitsverteilung			Aus Kalibrierung	
m ³ /h	Vol-%	Vol-Anteil (m ³)	M-Abw. %	Vol-Abw. (m ³)
1	2	3	4	5
0,05	5,357 %	3,2693	1,32 %	0,0431
0,15	2,152 %	1,3134	1,58 %	0,0208
0,25	3,872 %	2,3629	1,46 %	0,0345
0,35	5,605 %	3,4204	1,36 %	0,0466
0,45	17,980 %	10,9721	1,27 %	0,1389
0,55	34,886 %	21,2893	1,17 %	0,2488
0,65	7,793 %	4,7558	1,04 %	0,0496
0,75	5,733 %	3,4988	0,89 %	0,0311
0,85	10,273 %	6,2693	0,73 %	0,0459
0,95	4,104 %	2,5044	0,58 %	0,0145
1,05	1,351 %	0,8244	0,44 %	0,0036
1,15	0,881 %	0,5374	0,32 %	0,0017
1,25	0,011 %	0,0067	0,20 %	0,0000
1,95	0,000 %	0,0003	0,08 %	0,0000
3,55	0,001 %	0,0005	-0,04 %	0,0000
Summen	100,00%	61,0250		0,6792

Quelle: G. Hofmann

für die Messung im Objekt A-1 in Tabelle 2 zusammengefasst. In Tabelle 2 sind in Spalte 1 die Mittelwerte der einzelnen Durchfluss-Intervalle angegeben. Spalte 2 zeigt die zugehörigen prozentualen Anteile gemäß der Häufigkeitsverteilung nach Abbildung 6 und Spalte 3 die damit berechneten Volumenanteile der vom Referenzzähler registrierten Verbrauchsmenge von 61,0250 m³. Durch lineare Interpolation aus der in Abbildung 2 dargestellten Fehlerkurve des Referenzzählers konnte für jedes Durchflussintervall die entsprechende prozentuale Messabweichung berechnet und in Spalte 4 angegeben werden. Durch Multiplikation von Spalte 3 mit Spalte 4 wurde der Volumenanteil der Messabweichungen berechnet und in Spalte 5 aufgelistet. Die Summe dieser Volumina beträgt 0,6792 m³ und ist der Korrekturwert für den vom Referenzzähler registrierten Verbrauch. Das wirkliche durchgeflossene Volumen beträgt demnach gerundet 60,346 m³. Im Vergleich mit dem entsprechenden Wert der Tabelle 1 beträgt die Messabweichung für diese Messreihe 3,737 m³ entsprechend 6,19 Prozent, bezogen auf das wirklich durchgeflossene Volumen. Diese mit größtmöglicher Genauigkeit durchgeführte Volumenkorrektur weicht nur geringfügig vom Schätzwert ab, der mit einer pauschalen Verkleinerung des vom Referenzzähler bestimmten Verbrauchs um 1 Prozent erreichbar gewesen wäre. Die entsprechend berechneten Messabweichungen für alle Messreihen sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Überschreitung von Verkehrsfehlergrenzen

Die nach der Eichordnung festgelegten unterschiedlichen Verkehrsfehlergrenzen der beiden Belastungsbereiche von Wasserzählern machen eine einfache Bestimmung von Messabweichungen ohne Kenntnis der wirklichen Durchflüsse unmöglich. In einer weiteren Auswertung wurde daher aus den Messdaten die exakte Zuordnung der Verbrauchswerte zu den Belastungsbereichen der Flügelradzähler $Q_n 6$ vorgenommen. Zusätzlich wurden hypothetische Werte für Wasserzähler der Größe $Q_n 2,5$ berechnet. Die Ergebnisse der Auswertungen sind in **Abbildung 7** dargestellt. Die hypothetischen Werte für $Q_n 2,5$ sind durch hellere Farbtöne bei gleicher Farbauswahl kenntlich gemacht. Mit den berechneten Volumenanteilen war es möglich, mittels der eichrechtlich festgelegten Verkehrsfehlergrenzen von ± 10 Prozent und ± 4 Prozent, die maximal zulässigen Messabweichungen für die Messreihen zu berechnen. Dabei wurde berücksichtigt, dass unterhalb von Q_{min} keine

Fehlergrenze definiert ist und daher auch keine zulässige Abweichung berechnet werden kann. Die Ergebnisse sind gemeinsam mit Kenndaten der Tabelle 1 in Tabelle 3 zusammengefasst. In Spalte 5 sind die wirklichen Durchflussvolumina der Referenzzähler eingetragen. Die Spalte 6 enthält die berechneten wirklichen Messabweichungen der Flügelradzähler. Die zulässigen Messabweichungen und deren Überschreitung sind in den Spalten 7 bis 9 aufgelistet. In **Abbildung 8** sind die Messabweichungen dargestellt. In allen Fällen werden die maximal zulässigen Verkehrs-

fehlergrenzen überschritten. Wie aus **Abbildung 7** ersichtlich, würden unter gleichen Strömungsbedingungen bei Einsatz von Wasserzählern der Größe $Q_n 2,5$ Durchflussanteile zum oberen Belastungsbereich hin verschoben. Die entsprechenden zulässigen Messabweichungen würden sich dadurch verringern. Welchen Verbrauch Wasserzähler der Größe $Q_n 2,5$ registriert hätten, ist nicht zu bestimmen. Die Auswahl von überdimensionierten Wasserzählern bedeutet aber, dass damit eine Vergrößerung der zulässigen Messabweichung verbunden ist, die dem Anwender

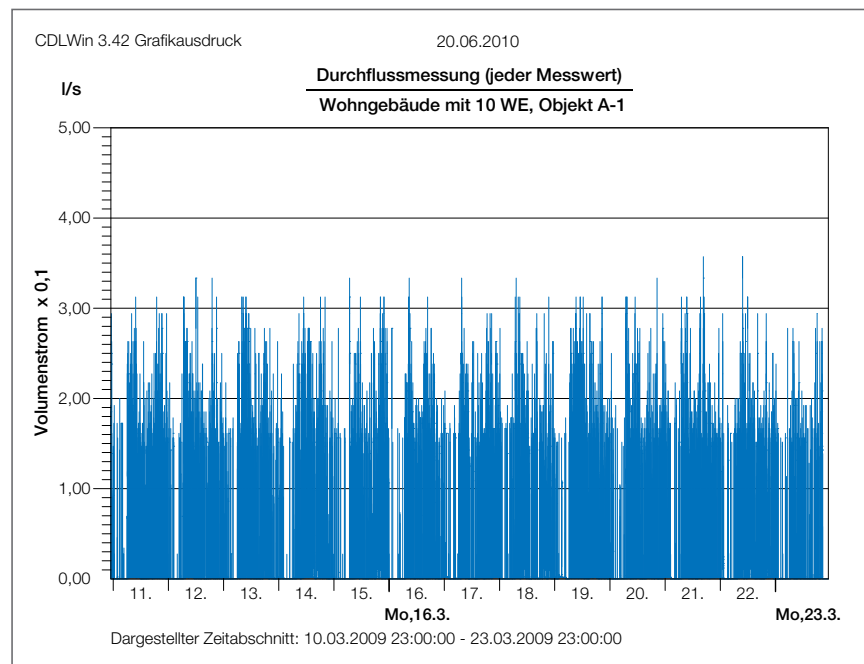


Abb. 4: Verbraucherverhalten in zwei Wochen (Wohnobjekt A-1)

Quelle: G. Hofmann

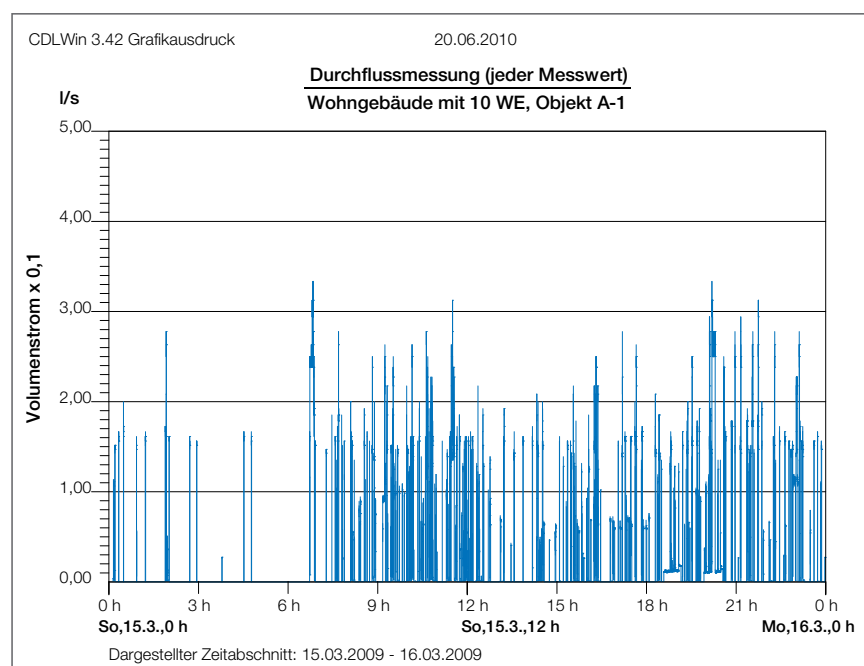


Abb. 5: Verbraucherverhalten an einem beliebigen Tag (Wohnobjekt A-1)

Quelle: G. Hofmann

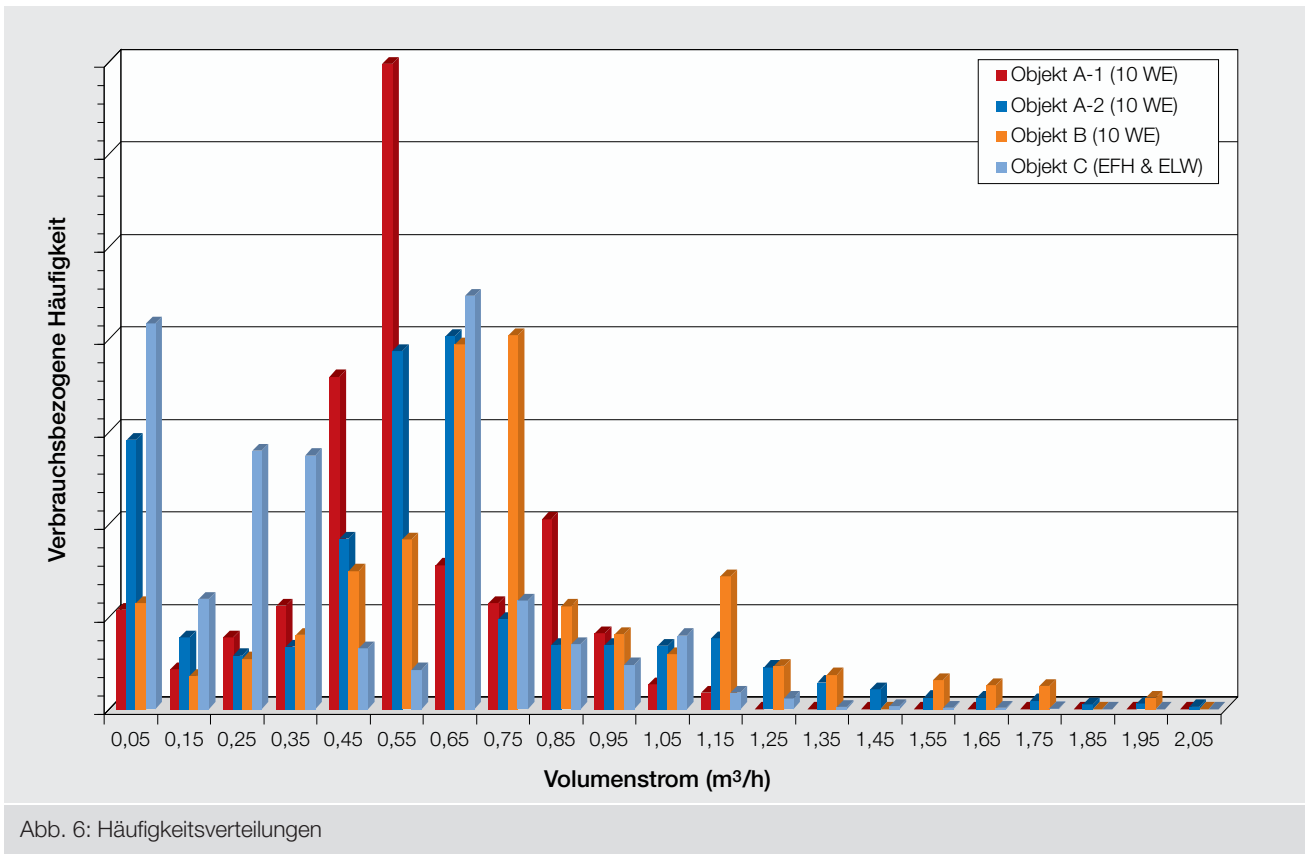


Abb. 6: Häufigkeitsverteilungen

Quelle: G. Hofmann

Vorteile bringt. Das ist jedoch nach § 6 (1a) der Eichordnung unzulässig. Der Ordnung halber sei erwähnt, dass die Messungen bei Hauswasserzählern mit einer mittleren Messunsicherheit von 0,6 Prozent behaftet sind.

Ursachen der mangelhaften Messrichtigkeit

Fast alle Wasserzähler messen, wie allgemein bekannt ist, im Bereich des Nenn-durchflusses am genauesten. Das deuten

auch die gemessenen Fehlerkurven (Abb. 2) der verwendeten Ringkolbenzähler Q_n 2,5 an. Bei Mehrstrahlflügelradzählern ist außerdem bekannt, dass die Fehlerkurven im unteren Belastungsbereich eine positive Ausbuchtung nach oben aufweisen, mit stets positiven Messabweichungen. Einen Hinweis auf diesen ungenauen Bereich zeigen u. a. die Ergebnisse der Befundprüfung im Zusammenhang mit den Messungen im Wohnobjekt B. Bei Q_{min} wurde eine Messabweichung von +10,72 Prozent (zulässig

+10 Prozent) festgestellt. Bei Q_t beträgt die festgestellte Abweichung +7,83 Prozent (zulässig +4 Prozent). Dabei muss man berücksichtigen, dass die Fehlerkurve bei Q_t eine Unstetigkeit aufweist. Bereits knapp unterhalb von Q_t ist eine Messabweichung von +10 Prozent zulässig. Bei den Messungen wurde in allen Fällen der Nenn-durchflussbereich der installierten Flügelradzähler Q_n 6 nicht ein einziges Mal, bei Verbrauchsspitzen noch nicht einmal annähernd, erreicht (Abb. 6). Die installierten

Tabelle 3: Zusammenfassung der Messergebnisse								
Wohnobjekt	Zeitdauer		Verbrauchsanzeige Q_n 6 des WVU	Wirklich durchgeflossenes Volumen Referenz-Zähler Q_n 2,5	Messabweichung nach wirkli. Durchfluss	Zulässige Messabweichung	Überschreitung der zulässigen Messabweichung	
	Ablesungen	Messdatenerfassung					8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A-1	6 Wochen	2 Wochen (0,1 Liter)	20069913588 metrol. Kl. B	97PB403245 metrolog. Kl. C	3,737 m³	3,168 m³	0,569 m³	+17,97 %
			64,083 m³	60,346 m³	6,19 %			
A-2	2 Monate	2 Monate (1 Liter)	20099908801 metrol. Kl. B	97PB403245 metrolog. Kl. C	5,987 m³	4,897 m³	1,090 m³	+22,25 %
			120,488 m³	114,502 m³	5,23 %			
B	2 Monate	54 Tage (0,1 Liter)	20039904359 metrolog. Kl. B	97PB403245 metrolog. Kl. C	3,915 m³	3,706 m³	0,209 m³	+5,64 %
			83,992 m³	80,077 m³	4,89 %			
C	5 Monate	7 Wochen (1 Liter)	130030004240 metrolog. Kl. A	09393741 metrolog. Kl. A	4,408 m³	2,500 m³	1,908 m³	+76,31 %
			63,125 m³	58,717 m³	7,50 %			

Quelle: G. Hofmann

Flügelradzähler messen vorwiegend Plusmessabweichungen im ungenauen Belastungsbereich, für den sie nicht konstruiert wurden. Vergrößert werden die Plusmessabweichungen durch Nachlaufeffekte bei schnellen Schließvorgängen der Entnahmemarmaturen. Die Ursachen der festgestellten Überschreitungen der Verkehrsfehlergrenzen können also nur in der nicht dem Verbrauch angepassten Überdimensionierung liegen.

Zusammenfassung

Die von den WVU üblicherweise als Hauswasserzähler eingesetzten und bewährten Flügelradzähler können nur dann stets richtige Messergebnisse liefern, wenn sie bei der betrieblichen Verwendung an den Wasserverbrauch, die Messgröße, angepasst sind. Infolge falscher Zählerauswahl wurden bei allen durchgeführten Messungen in den untersuchten Messzeiträumen Über-

schreitungen der gesetzlich zulässigen Verkehrsfehlergrenzen festgestellt. Obwohl die Messergebnisse nicht zu verallgemeinern sind, geben sie doch Aufschluss darüber, dass unter Normalbedingungen nicht dem tatsächlichen Verbrauch angepasste Mehrstrahlflügelradzähler permanent Plusmessabweichungen verursachen können. Ob systematisch auch zulässige Verkehrsfehlergrenzen überschritten werden, kann nur durch weitere Messungen ermittelt werden. Das Verbraucherverhalten und der Zustand der jeweils eingesetzten Wasserzähler haben dabei ebenfalls einen Einfluss auf die Größe von Messabweichungen, der jedoch nicht vorhersehbar ist. Die Erfahrung zeigt, dass durch Überdimensionierung verursachte Messabweichungen mit herkömmlichen Befundprüfungen nicht festgestellt werden können. In allen Fällen der hier durchgeführten Messungen sind nach den festgestellten Durchflüssen Wasserzähler

der Größe $Q_n 1,5$ für den Einsatz, z. B. in einem Mehrfamilienhaus bis zur Größe von zehn WE, besser geeignet. Die WVU müssen die Forderungen des Eichrechtes und die im DVGW-Arbeitsblatt W 406, insbesondere nach dessen Überarbeitung [5] festgelegten Bemessungsgrundlagen beachten. Darüber hinaus werden hiermit weitere Messungen angeregt.

Literatur:

- [1] Bargheer, K.: Wasserzähler – Technik und gesetzliche Bestimmungen, PTB-Bericht MA-76, Braunschweig, Januar 2005
- [2] Wendt, G. et al.: Transformnormale für strömendes Wasser, PTB-Bericht MA-82, Braunschweig, November 2007
- [3] Hofmann G., Schubert P.: „Messungen an überdimensionierten Hauswasserzählern“, DVGW energie | wasser-praxis 5/2006
- [4] Hofmann, G.: Messverhalten überdimensionierter Wasserzähler in Wohngebäuden, DVGW energie | wasser-praxis 11/2008
- [5] DVGW-Arbeitsblatt W 406 „Volumen- und Durchflussmessung von kaltem Trinkwasser in Druckrohrleitungen“, Gelbdruck Juli 2010.

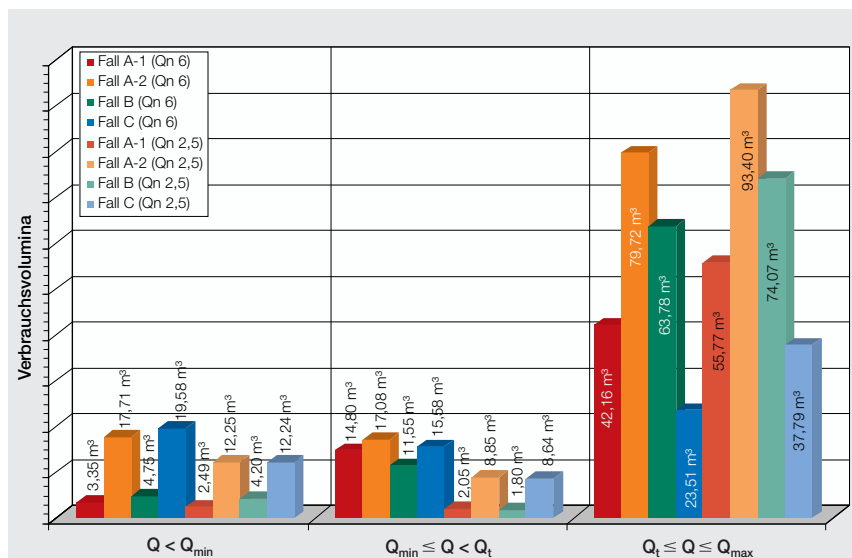


Abb. 7: Zuordnung der Durchflüsse zu Belastungsbereichen

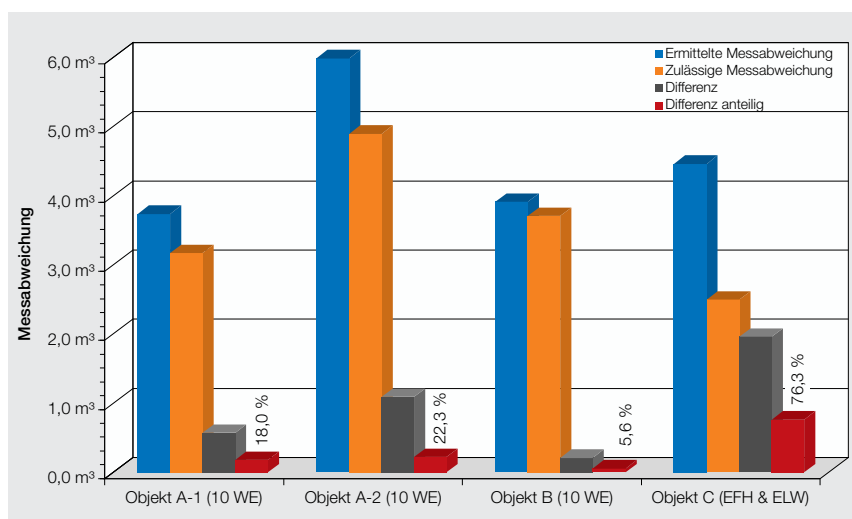


Abb. 8: Darstellung der Messabweichungen

Autoren:

Dipl.-Ing. Georg Hofmann
 Konstantinstr. 17
 04315 Leipzig
 Tel.: 0341 9607783
 Fax: 0341 513053026
 E-Mail: hofmann@web.de
 Internet: www.wasser-k.de

Dr.-Ing. Andreas Müller
 Sächsisches Landesamt für Mess- und Eichwesen
 Hohe Straße 11
 01069 Dresden
 Tel.: 0351 4780431
 Fax: 0322 23747901
 E-Mail: andreas.mueller@slme.smwa.sachsen.de
 Internet: www.slme.smwa.sachsen.de

Dipl.-Ing. Hartmut Groth
 Landesbetrieb Mess- und Eichwesen NRW
 Werftsstr. 33
 40549 Düsseldorf
 Tel.: 0211 9568-140
 Fax: 0211 9568-144
 E-Mail: hartmut.groth@lbme-d.nrw.de
 Internet: www.lbme.nrw.de

Dipl.-Ing. Reinhard Jungbauer
 Piepersweg 21
 41066 Mönchengladbach
 Tel.: 02161 631210
 E-Mail: rjungbauer@t-online.de