

Gudrun Wendt, Henning Schonlau, Thilo Oldörp, Daniel Schumann,
Torsten Jahn

Über das Messverhalten von Wasserzählern in kommunalen Versorgungsnetzen



ISSN 0179-0595
ISBN 978-3-95606-369-5

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Mechanik und Akustik

PTB-MA-96

Braunschweig, Oktober 2017

Gudrun Wendt, Henning Schonlau, Thilo Oldörp, Daniel Schumann,
Torsten Jahn

Über das Messverhalten von Wasserzählern in kommunalen Versorgungsnetzen

Abschlussbericht zur Forschungsvereinbarung PTB-FV 15010 zwischen PTB und der Hamburg Wasser GmbH zum Thema „Erarbeitung von Parametern zur Bewertung und Optimierung der Standzeiten von Wasserzählern in kommunalen Versorgungsnetzen“

Herausgeber:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

ISNI: 0000 0001 2186 1887

Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Telefon: (05 31) 592-93 21

Telefax: (05 31) 592-92 92

www.ptb.de

Inhaltsübersicht

Vorwort	3
1. Problemstellung	4
2. Spezielle Situation der Hamburg Wasser GmbH	4
3. Zur Historie von Eichfristen und Stichprobenverfahren	5
4. Untersuchung des Messverhaltens von Wasserzählern nach Ablauf der Eichfrist	8
4.1 Verwendetes Prüfprogramm	8
4.2 Ergebnisse der Messungen in der PTB	8
4.3 Ergebnisse des Großversuchs Hamburg in der Übersicht	9
4.4 Analyse der Dimensionierung der untersuchten Zähler und Schlussfolgerungen für die weitere Bewertung der Prüfergebnisse	11
4.5 Erkenntnisse aus dem „upstream-downstream-Testmodus“	12
4.6 Abhängigkeit des Zählerverhaltens von der durchgeflossenen Wassermenge	15
4.6.1 Ergebnisse aus dem Großversuch Hamburg	15
4.6.2 Ergebnisse spezieller Langzeitmessungen in der PTB	16
5. Ergebnisse der Untersuchung von Wasserzählern anderer Versorgungsgebiete	19
6. Weitere Untersuchungen zu speziellen Einflüssen auf das Zählerverhalten unter Praxisbedingungen	19
6.1 Einfluss von Verschmutzungen auf das Messverhalten von Flügelradzählern	19
6.2 Prüfungen zur Abhängigkeit des Zählerverhaltens von der Einbaulage	22
6.3 Zusätzliche Dauertests mit verschiedenen Prüfwässern	23
6.4 Ergebnisse aus anderen Forschungsvorhaben und Anwendungsgebieten	23
7. Aktueller Stand zur Frage der Öffnung des Stichprobenverfahrens für Messkapsel- und Warmwasserzähler	24
8. Quellenverzeichnis	26
Anhang A: Messdatenblätter für die in der Prüfstelle Hamburg Wasser durchgeführten Messungen an aus dem Versorgungsnetz nach Ablauf der regulären Eichfrist ausgebauten Wasserzählern	27
Anhang B: Zusammenstellung der internationalen Regelungen zu Eichung und Nacheichfristen von Wasserzählern	32
Anhang C: Zusammenstellung aller zum Forschungsvorhaben erarbeiteten Publikationen und Vorträge	33

Vorwort

Wasserzähler als Forschungsobjekt beziehen ihre Bedeutung vor allem aus der enormen Anzahl, in der sie Verwendung finden. Es wird davon ausgegangen, dass allein in Deutschland circa 48 Millionen Wasserzähler in den kommunalen Wassernetzen installiert sind, um die Abrechnung des gelieferten Trinkwassers an den Endverbraucher sicher zu stellen. Dabei unterliegen sie sehr unterschiedlichen Messbedingungen – angefangen von unterschiedlichen Wasserqualitäten über das individuelle Entnahmeverhalten des Endkunden bis hin zu Fragen der Ablesung des Verbrauchs und die zunehmenden Möglichkeiten eines „smarten“ Umgangs mit den Messdaten.

Während die technischen Weiterentwicklungen der Wasserzähler vorwiegend bei den Geräteherstellern erfolgen, sind Fragen des richtigen (bestimmungsgemäßen) Einsatzes der Geräte und des zuverlässigen Messens von genereller, übergreifender Bedeutung. Um auch hier den wachsenden Anforderungen und Bedürfnissen besser gerecht zu werden, hat sich die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit von Behörden, Herstellern, Versorgern und Dienstleistern sowie – nicht zuletzt – den Verbrauchern selbst in den letzten Jahren sehr gut bewährt. Viele Ergebnisse dieser Aktivitäten fanden dabei unmittelbaren Eingang in die Weiterentwicklung des Vorschriftenwerkes auf nationaler und internationaler Ebene.

Stellvertretend für diese Zusammenarbeit seien hier für das Gebiet der Wasserzähler zwei erfolgreiche Forschungskooperationen des Fachbereichs „Flüssigkeiten“ der PTB genannt, deren Abschlussberichte bereits als PTB-Berichte publiziert wurden:

- PTB-MA-82 (November 2007)
G. Wendt, H. Fröhlich, H. Groth, J. Hahnewald, A. Malik, A. Müller:
Transfernormale für strömendes Wasser
Teil A: Vor-Ort-Prüfung von Wasserzählern.
- PTB-MA-90 (September 2012)
G. Wendt, T. Jahn, A. Hein, U. Jakubczyk:
Untersuchung und Entwicklung strömungsprofilunempfindlicher Wasser- und
Wärmezähler und deren mechanischer Schnittstellen.

Dieser Tradition folgend beinhaltet der hier vorliegende PTB-Bericht die Abschlussergebnisse einer weiteren Forschungskooperation des Fachbereichs „Flüssigkeiten“ mit dem Wasserversorger Hamburg Wasser GmbH, das sich Fragen des realen Messverhaltens von Wasserzählern im Trinkwassernetz und einer möglichen Ausdehnung des Stichprobenverfahrens zur Verlängerung der Eichgültigkeitsdauer befasst.

1 Problemstellung

Sowohl für Wasserversorger wie auch für ihre Kunden sind Informationen über das Verhalten eines Wasserzählers in Abhängigkeit von Bauart, Standzeit, Wasserverbrauch, Wasserqualität und Entnahmeverhalten von großem Interesse. Im Fokus stehen dabei insbesondere Messrichtigkeit und Messstabilität der eingebauten Geräte, deren Anzeige die Grundlage für die jeweils zu entrichtenden Gebühren bildet. Die Sicherheit des Kunden bei der Abrechnung des Wasserverbrauchs gegenüber dem Versorger – insbesondere auch unter dem Gesichtspunkt des Verbraucherschutzes – wird u.a. dadurch erreicht, dass Wasserzähler in Deutschland der Eichpflicht unterliegen [1,2]. Die national festgesetzten Eichfristen betragen derzeit 6 Jahre für Kalt- und 5 Jahre für Warmwasserzähler. Nach Ablauf der jeweiligen Frist wird jeder Zähler ausgebaut und durch einen neuen ersetzt. Da insbesondere für die kleineren Zählergrößen (Q_n 1,5 und Q_n 2,5) eine Aufbereitung wirtschaftlich nicht sinnvoll ist, werden die ausgebauten Zähler in der Regel komplett entsorgt.

Bezogen auf die etwa 48 Millionen Wasserzähler, die in den deutschen Trinkwassernetzen installiert sind, ist der wirtschaftliche Gesamtaufwand für den Zählerwechsel enorm und belastet den Endverbraucher finanziell zusätzlich zu den Kosten für den eigentlichen Wasserverbrauch ebenso wie die Umwelt [3]. Fragen bezüglich einer Verlängerung der gültigen Eichfristen, auch mit Blick auf die europäischen Nachbarn mit teilweise deutlich anderen Regelungen, stehen deshalb permanent zur Diskussion.

Wasserzähler sind während ihres Einsatzes einer Vielzahl von Einflüssen ausgesetzt, die das Verhalten des Zählers und damit seine Messrichtigkeit verändern können. Da nach dem Ausbau der Zähler nach Ablauf der Eichfrist derzeit keinerlei messtechnische Prüfung vorgesehen ist, ist eine Bewertung des Verhaltens der Zähler unter realen Netzbedingungen und damit eine Diskussion von veränderten Eichfristen nur schwer möglich. Das seit 1993 eingeführte Stichprobenverfahren zur Verlängerung der Eichfrist von Kaltwasser-Haushaltzählern wird zwar erfolgreich genutzt, ist derzeit aber nur für einen Teil der eingesetzten Wasserzähler anwendbar und erfordert aus heutiger Sicht eine kritische Hinterfragung.

Hinzu kommt, dass sich nicht nur die Wasserzähler technisch weiterentwickeln, sondern sich auch das Verbraucherverhalten der Nutzer und die entsprechenden Wohnungsausstattungen stark verändern. Gleichzeitig stehen zahlreiche neue Untersuchungsmethoden für die Wasserzähler zur Verfügung, die effektivere und praxisnähere Beurteilungen des Messverhaltens erlauben.

2 Spezielle Situation der Hamburg Wasser GmbH

Ein besonders deutlicher Handlungsbedarf hinsichtlich einer Verlängerung der Standzeiten von Wasserzählern im Netz ergibt sich für den Wasserversorger Hamburg Wasser GmbH, in dessen Bestand sich 240.000 Haus- und 870.000 Wohnungswasserzähler befinden. Die bisherige Rechtslage erfordert den Wechsel und die Entsorgung von 1.000 Wasserzählern an jedem Arbeitstag. Hamburg Wasser hatte deshalb versucht, sich insbesondere in die Diskussion zur Novellierung des Eichgesetzes einzubringen, um längere Standzeiten für Wasserzähler in den kommunalen Versorgungsnetzen zu erreichen. Die durchgeführten Gespräche sowohl im Bundeswirtschaftsministerium und als auch mit den zuständigen Behörden ergaben jedoch, dass es in absehbarer Zeit weder eine grundsätzliche Verlängerung der Eichgültigkeitsdauer noch eine Ausnahmeregelung für Hamburg Wasser geben wird. Eine Verlängerung der Nutzungsfrist

der Wasserzähler wäre allenfalls unter noch zu bestimmenden Bedingungen über eine flexiblere Anwendung des Stichprobenverfahrens denkbar.

Auf der Grundlage dieser Aussagen vereinbarten die PTB, speziell der Fachbereich 1.5 „Flüssigkeiten“, und Hamburg Wasser, gemeinsam an der Erarbeitung solcher Bedingungen mitzuwirken und entsprechende Untersuchungen durchzuführen. Beide Seiten schlossen eine entsprechende Forschungsvereinbarung PTB-FV 15010 unter dem Namen „EPOS-Wasserzähler“ (Erarbeitung von Parametern zur Bewertung und Optimierung der Standzeiten von Wasserzählern in kommunalen Versorgungsnetzen) ab, in deren Rahmen die nachfolgend beschriebenen Ergebnisse zwischen Juli 2013 und Juni 2016 entstanden. Ziel war es herauszufinden, welche generellen Möglichkeiten einer Flexibilisierung das bisher praktizierte Stichprobenverfahren bietet. Zunächst sollten sich die Untersuchungen nur auf das Einzugsgebiet von Hamburg Wasser konzentrieren. Vorgesehen war aber auch, verallgemeinerungsfähige Lösungen über dieses Gebiet hinaus zu erarbeiten.

3 Zur Historie von Eichfristen und Stichprobenverfahren in Deutschland

Mit Einführung der Eichpflicht für Wasserzähler im Dezember 1979 galt zunächst eine (Nach-)Eichfrist von 8 Jahren für Kaltwasserzähler und von 5 Jahren für Warmwasserzähler, die ab Dezember 1981 ebenfalls der Eichpflicht unterstellt worden waren. Regelmäßige Überprüfungen des Messverhaltens der Zähler im Netz oder nach dem Ausbau erfolgten nicht. Es zeigten sich jedoch Unregelmäßigkeiten in der Wasserabrechnung, die offensichtlich von den Betriebsbedingungen der Zähler und/oder der Wasserqualität abhängig waren. Infolgedessen wurde ein umfangreiches Untersuchungsprogramm für Wasserzähler aufgelegt. Auf der Grundlage der speziell hierzu erarbeiteten Technischen Richtlinie W20 [4] der PTB wurden zwischen 1982 und 1986 mehr als 30.000 Wasserzähler, die nach Ablauf der regulären Eichfrist aus den Versorgungsleitungen ausgebaut wurden, durch staatlich anerkannte Prüfstellen einer Richtigkeitsprüfung unterzogen. Entsprechend der Richtlinie betraf diese Erhebung allerdings nur Kaltwasser-Haushaltszähler.

Die für die Bewertung der Messergebnisse verwendeten Fehlergrenzen – Eichfehlergrenzen *EFG* und Verkehrsfehlergrenzen *VFG* – sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 2 zeigt als Beispiel die für das Jahr 1982 im Rahmen der W20-Untersuchungen ermittelten Daten. Dabei befanden sich in der Richtigkeitsklasse III (wenigstens eine der an den drei Prüfpunkten festgestellten Messabweichungen *F* liegt außerhalb der Verkehrsfehlergrenze *VFG*) 15,5 % der geprüften Zähler, im darauffolgenden Jahr 1983 betrug dieser Anteil 15,9 %. Über alle 5 Jahre, in denen W20-Untersuchungen

Tabelle 1: Eich- und Verkehrsfehlergrenzen für Kalt- und Warmwasserzähler

		Kaltwasserzähler	Warmwasserzähler
Eichfehlergrenzen <i>EFG</i>	$Q_{\min} \leq Q < Q_{\text{trenn}}$	5 %	5 %
	$Q_{\text{trenn}} \leq Q \leq Q_{\max}$	2 %	3 %
Verkehrsfehlergrenzen <i>VFG</i>	$Q_{\min} \leq Q < Q_{\text{trenn}}$	10 %	10 %
	$Q_{\text{trenn}} \leq Q \leq Q_{\max}$	4 %	6 %

Tabelle 2: Ergebnisse der im Jahr 1982 nach der TR W20 durchgeführten Prüfungen an gebrauchten Hauswasserzählern nach deren Ausbau aus dem Netz

Zählergröße Q_n	Losgröße	Geprüfte Zähler	Anzahl der Zähler in % mit $F > VFG$			Anzahl der Zähler in % in Richtigkeitsklassen		
			Q_{min}	Q_t	Q_{max}	I ($F < EFG$)	II ($EFG < F < VFG$)	III ($F > VFG$)
1,5	16.399	488	2,5	6,6	4,3	58,0	32,6	9,4
1,5/2,5	35.856	979	8,3	19,2	12,3	44,2	30,1	25,7
2,5	98.202	1.933	4,0	12,5	6,6	56,2	28,5	15,3
3,5	11.815	512	3,7	9,2	2,7	61,1	28,3	10,6
3,5/5	6.538	298	2,3	13,1	6,4	53,0	31,2	15,8
5	7.216	537	3,9	7,6	4,5	63,5	25,3	11,2
10	4.115	357	3,1	5,0	2,2	62,8	26,6	10,6
Summe	180.141	5.104	4,5	11,9	6,5	55,6	28,9	15,5

durchgeführt wurden, gemittelt, lag der Anteil der Zähler in Richtigkeitsklasse III bei 14 %.

Interessant ist ebenso die in Tabelle 3 gegebene Übersicht über die Abhängigkeit der Zähleranzahl in Richtigkeitsklasse III von der Einbauzeit im Netz. Obwohl die Eichgültigkeitsdauer zu diesem Zeitpunkt 8 Jahre betrug, lag der höchste prozentuale Anteil der Ausfälle bei den Zählern, die bereits nach 5 Jahren ausgebaut wurden. Hier war von Seite der Wasserversorger bekannt, dass die Messbeständigkeit der Zähler auf Grund der Wasserqualität in bestimmten Regionen sehr schnell abnahm, so dass in diesen Fällen die Wasserzähler lange vor Ablauf der Eichgültigkeit gewechselt wurden.

Im Ergebnis der W20-Untersuchungen wurde die Eichgültigkeitsdauer für Kaltwasserzähler ab dem 01.01.1993 von 8 auf 6 Jahre reduziert. Gleichzeitig wurde aber die Möglichkeit eröffnet, auf der Grundlage eines positiv absolvierten Stichprobenverfahrens eine Verlängerung der Eichgültigkeit des gesamten Loses um jeweils 3 weitere Jahre zu erlangen. Die Eichfrist für Warmwasserzähler blieb bei 5 Jahren bestehen.

Tabelle 3: Anzahl der Zähler der Richtigkeitsklasse III (mindestens an einem Prüfpunkt wird die Verkehrsfehlergrenze überschritten) nach Einbauzeit

Einbauzeit in Jahren	Geprüfte Zähler	Zähler in Richtigkeitsklasse III	
		Anzahl	In %
5	915	179	19,5
6	391	45	11,5
7	1.917	284	14,8
8	1.600	241	15,1
9	281	42	14,9
Summe	5.104	791	15,5

Eine Anwendung des Stichprobenverfahrens für Warmwasserzähler war generell nicht vorgesehen.

Eine weitere Einschränkung des Stichprobenverfahrens betrifft die Messkapselzähler. Hierzu gab es im November 2008 entsprechende Festlegungen in der Kieler Sammlung (Beschlüsse zum Vollzug der Vorschriften des gesetzlichen Messwesens). So wird in Punkt 6.4-28 bestimmt, dass Messkapselzähler zur Verlängerung der Eichgültigkeitsdauer immer mit dem zugehörigen Zählergehäuse geprüft werden müssen. Da die Zählergehäuse von Messkapselzählern aber in der Regel zur Hausinstallation gehören und unter Putz verlegt sind, ist ein kompletter Ausbau gar nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich. Darüber hinaus legt die Kieler Sammlung in Punkt 6.4-29 fest, dass aus organisatorischen, rechtlichen und installationsbedingten Gründen eine messtechnische Prüfung vor Ort im Rahmen einer Stichprobenprüfung von Wasserzählern nicht durchführbar ist.

Somit sind Messkapsel- und Warmwasserzähler – also im Prinzip der gesamte Wohnungswasserzählerbereich – generell vom Stichprobenverfahren ausgeschlossen, d.h. dass ein beträchtlicher Teil der installierten Wasserzähler dem Stichprobenverfahren entzogen ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass dies in Deutschland mehr als 20 Millionen Zähler betrifft.

Im Gegensatz dazu wurde das Stichprobenverfahren für Kaltwasser-Haushaltszähler erfolgreich praktiziert. In den Jahren 1994 bis 2014 wurden fast 4.000 Verfahren durchgeführt. 66,7 % der repräsentierten Zähler – also mehr als 4.131.000 – konnten somit im Netz verbleiben. Mittlerweile existieren auch Lose, die die Stichprobenprüfung schon mehrfach bestanden haben und Standzeiten im Versorgungsnetz bis zu 24 Jahre aufweisen.

Zusammenfassung der Situation zu Beginn der gemeinsamen Forschungsarbeiten – Überlegungen zu einer möglichen kurzfristigen Vorgehensweise

- Verlängerungen für Standzeiten von Wasserzählern im Netz sind derzeit nur über flexiblere Stichprobenverfahren möglich
- Kurzfristig bietet sich als ein erster Schritt die Ausdehnung des bisherigen Stichprobenverfahrens auf Messkapsel- und Warmwasserzähler (Wohnungswasserzähler) an
- Entsprechende Arbeiten werden im Rahmen eines dreijährigen gemeinsamen Forschungsvorhabens von PTB und Hamburg Wasser durchgeführt
- PTB und Hamburg Wasser beteiligen sich aktiv auch an der Arbeit der entsprechenden Gremien, die sich langfristig mit der Überarbeitung des § 35 der MessEV zum generellen Stichprobenverfahren für Verbrauchsmessgeräte befassen

4 Untersuchung des Messverhaltens von Wasserzählern nach Ablauf der Eichfrist

Die experimentellen Arbeiten zum Projekt wurden mit entsprechenden Prüfungen an regulär nach Ablauf der Eichfrist (6 Jahre für Kaltwasserzähler, 5 Jahre für Warmwasserzähler) aus dem Hamburger Versorgungsnetz ausgebauten Zählern gestartet, wobei in der PTB mindestens 50, in der Prüfstelle von Hamburg Wasser mindestens 5.000 Zähler untersucht werden sollten, indem ihre Messrichtigkeit an ausgewählten Durchflussspunkten und in festgelegter Reihenfolge festgestellt wird.

4.1 Verwendetes Prüfprogramm

„Behördliche“ Messungen an ausgebauten Zählern werden derzeit im Rahmen von Stichproben- oder Befundprüfungen durchgeführt. Entsprechend der jeweiligen Zielstellung dieser Messungen sind hierfür Prüfpunkte und Prüfreihefolge vorgegeben:

- für Stichprobenprüfungen: Q_{trenn} und Q_{min}
- für Befundprüfungen: Q_{trenn} , Q_{min} und Q_{max}

Abweichend davon wurden sowohl die Anzahl der Prüfpunkte als auch die Prüfreihefolge geändert. Die Messungen in der PTB wurden wie folgt begonnen:

- Testmodus PTB: Q_{min} , Q_{trenn} , Q_{nenn} und Q_{max}

Durch den Start der Messreihe an jedem Zähler bei Q_{min} wird dieser in seinem „sensibelsten“ Zustand getestet und ein vorzeitiges Ausspülen möglicher lockerer Anhaftungen oder von leichten Schwebstoffe vermieden. Im Ergebnis der PTB-Messungen und wie im nachfolgenden Abschnitt ausführlicher beschrieben, wurde das Programm für die Messungen durch Hamburg Wasser wie folgt erweitert:

- Testmodus Hamburg Wasser „upstream“ Q_{min} , Q_{trenn} , Q_{nenn} und Q_{max} ,
anschließend
„downstream“ Q_{max} , Q_{nenn} , Q_{trenn} und Q_{min}

Das angewendete „upstream-downstream-Verfahren“ ermöglicht im Gegensatz zu den herkömmlichen Prüfverfahren gewisse quantitative Aussagen über ausspülbare und nicht ausspülbare Fehlerquellen.

4.2 Ergebnisse der Messungen in der PTB

Zu Beginn des Vorhabens wurden zunächst 58 in Hamburg ausgebaute Zähler (44 Wohnungs- und 14 Hauswasserzähler) auf dem Wasserzähler-Prüfstand der PTB „upstream“ untersucht, d.h. bei ansteigendem Durchfluss von Q_{min} bis Q_{max} (Tabelle 4). 86 % aller Zähler lagen bereits bei dieser Fahrweise innerhalb der Eichfehlergrenzen, ein einziger Wohnungswasserzähler unterschritt mit -10,2 % bei Q_{min} die Verkehrsfehlergrenzen. Bei Wiederholung der Messreihe an diesem Zähler lagen alle Messergebnisse wieder innerhalb der Eichfehlergrenzen.

Dies führte zu der Schlussfolgerung, die Zähler des Großversuchs bei Hamburg Wasser, wie bereits beschrieben, im „upstream-downstream-Modus“ zu prüfen.

Tabelle 4: Übersicht über die in der PTB durchgeführten Messungen

	HWZ		HWZ		WWZ kalt	
	Q _n 2,5		Q _n 6		Q _n 1,5	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Geprüfte Zähler	13		1		44	
Einhaltung EFG up	10	81,9	1	100	39	88,6
außerhalb VFG up	0	0			1	2,3
außerhalb VFG down	0	0			0	0
zu Ungunsten des Verbrauchers	0	0			0	0

4.3 Ergebnisse des Großversuchs Hamburg in der Übersicht

In der Zeit vom zweiten Quartal 2014 bis zum zweiten Quartal 2015 führte die Prüfstelle von Hamburg Wasser Messrichtigkeitsprüfungen an Haus- und Wohnungswasser durch, die regulär nach Ablauf der Eichfrist im Einzugsbereich von Hamburg Wasser ausgebaut wurden. Untersucht wurden 1.775 Hauswasserzähler und 3.587 Wohnungswasserzähler kalt sowie 2.064 Wohnungswasserzähler warm, also insgesamt 7.426 Wasserzähler.

Auswahl der Zähler

Die zu untersuchenden Zähler sollten ursprünglich nur aus Gebieten gleichbleibender Trinkwasserqualität ausgewählt werden (Mischwassergebiete sollten vermieden werden), um – wenn möglich – Abhängigkeiten des Zählerverhaltens von der jeweiligen Wasserqualität feststellen zu können. Hierfür waren vorab die in Bild 1 farblich markierten Gebiete ausgewählt worden.

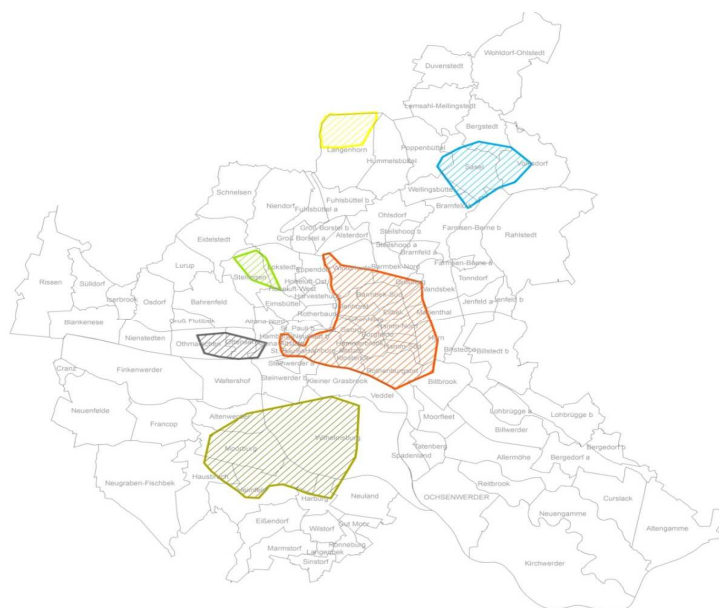


Bild 1: Für den Großversuch ausgewählte Gebiete mit gleicher Trinkwasserqualität

Für jedes dieser Gebiete liegt die komplette Messstellen-Historie über die im Rahmen der Trinkwasserüberwachung regelmäßig durchgeführten Wasseranalysen für den gesamten Einbauzeitraum seit 2006 vor.

Die tatsächliche Zuordnung der untersuchten Zähler zu diesen Gebieten ergab allerdings:

Tabelle 5: Anzahl der geprüften Zähler nach den markierten Versorgungsgebieten

	Gebiet	Entnahmestellen für Trinkwasseranalyse	HWZ Q _n 2,5	HWZ Q _n 6	HWZ Q _n 10	WWZ kalt	WWZ warm
1	Dunkelgrün Süd	RH 92, 93, 95				171	53
2	Grau West	RH 04, 50					
3	Hellgrün West	RH 54				326	193
4	Rot Mitte	RH 01, 26, 70, 74, 76	870	9	7		
5	Blau Nord	RH 65, 67, 71, 72	174	7	1	1	
6	Gelb Nord	RH 62					

Es stammen also nur 60 % der Hauswasserzähler und 13 % der Wohnungswasserzähler, insgesamt also weniger als ein Viertel der geprüften Zähler, aus den markierten Versorgungsgebieten. Wie sich nachfolgend zeigen wird, hat dies wegen der insgesamt sehr geringen Unterschiede der Messergebnisse zwischen den einzelnen Ausbaugebieten aber keine Beeinträchtigung der Aussagefähigkeit der Resultate ergeben.

Messergebnisse bei Hamburg Wasser

In Tabelle 6 ist ein Überblick über die geprüften Haus- und Wohnungswasserzähler und der Prüfergebnisse gegeben.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Messergebnisse bei Hamburg Wasser für Haus- und Wohnungswasserzähler

	Hauswasserzähler gesamt		Wohnungswasserzähler gesamt	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Geprüfte Zähler	1.775		5.651	
Einhaltung EFG up	1.471	82,9	5.542	98,1
Einhaltung EFG down	1.658	93,4	5.571	98,6
außerhalb VFG down	52	2,9	37	0,7
zu Ungunsten des Verbrauchers	7	0,4	0	0

Tabelle 7: Zusammenfassung der Messergebnisse bei Hamburg Wasser nach Zählergrößen

	Hauswasserzähler						WWZ Q_n 1,5			
	Q_n 2,5		Q_n 6		Q_n 10		kalt		warm	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Geprüfte Zähler	1.667		62		46		3.587		2.064	
Einhaltung EFG up	1.379	82,7	58	93,5	34	73,9	3.501	97,60	2.041	98,9
außerhalb VFG up	77	4,6	1	1,6	5	10,9	35	1,0	13	0,6
außerhalb VFG down	47	2,8	1	1,6	4	8,7	29	0,8	8	0,4
zu Ungunsten des Verbrauchers	5	0,3	0	0	2	4,3	0	0	0	0

Ohne zunächst spezielle Differenzierungen vorzunehmen, können bereits aus den groben Übersichten der Tabellen 6 und 7 folgende Aussagen zusammengefasst werden:

- Ca. 83 % der Hauswasserzähler und mehr als 98 % der Wohnungswasserzähler halten selbst bei einem Start der jeweiligen Prüfreihe mit Q_{min} die **Eichfehlergrenzen (EFG)** ein
- Bei geänderter Prüfreihefolge (Start mit Q_{max}) erhöhen sich die entsprechenden Anteile der Zähler, die sich innerhalb der Eichfehlergrenzen befinden, sehr deutlich für die Hauswasserzähler auf 93,4 % und auch für die Wohnungswasserzähler um weitere 0,5 % auf 98,6 %
- 2,9 % der Hauswasserzähler und 0,7 % der Wohnungswasserzähler liegen dabei außerhalb der Verkehrsfehlergrenzen (VFG)
- Nur 7 Hauswasserzähler und kein einziger Wohnungswasserzähler zeigen zu Ungunsten des Verbrauchers an (weniger als 0,1 % der Gesamtzahl der geprüften Geräte)
- Signifikante Unterschiede im Messverhalten zwischen Warm- und Kaltwasserzählern können nicht festgestellt werden

Anhang A enthält ausführliche Messdatenblätter, aufgeschlüsselt für jede, der in der Prüfstelle von Hamburg Wasser untersuchten Zählergrößen.

4.4 Analyse der Dimensionierung der untersuchten Zähler und Schlussfolgerungen für die weitere Bewertung der Prüfergebnisse

Aus verschiedensten Untersuchungen (siehe z.B. PTB-MA 82 und Ergebnisse aus dem DVGW-Projekt „Verbrauchsganglinien“) ist bekannt, dass die Wasserzähler fast ausschließlich im unteren Durchflussbereich, d.h. deutlich unterhalb Q_{nenn} , betrieben werden. Dem wird auch bereits beim bisher praktizierten Stichprobenverfahren Rechnung getragen, indem hier ohnehin nur bei Q_{trenn} und Q_{min} geprüft wird.

Auch eine Analyse des Großversuchs belegt diese Tatsache. Besonders auffällig ist die Zählergröße $Q_n 10$. Hier sind alle eingesetzten Zähler weit überdimensioniert. Gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 406 sind $Q_n 10$ -Zähler für Objekte mit mehr als 200 Wohnungseinheiten zu verwenden. Selbst bei der Annahme, dass jede Wohnungseinheit nur von einer Person bewohnt wird, ergibt sich mit einem täglichen Durchschnitt des Wasserverbrauchs von 120 Liter eine Mindestmenge von 8.760 m^3 im Jahr. Die Analyse der geprüften Zähler ergab einen durchschnittlichen Jahresverbrauch von 1.934 m^3 , der maximale an einem Zähler angezeigte Jahresverbrauch lag bei 8.161 m^3 und damit ebenfalls noch unter der berechneten Mindestmenge.

Es ist generell davon auszugehen, dass keiner der Zähler oberhalb Q_{nenn} betrieben wurde bzw. wird und es wird deshalb vorgeschlagen, die Ergebnisse für die Q_{max} -Messungen aus der weiteren Analyse auszuschließen.

4.5 Erkenntnisse aus dem „upstream-downstream-Testmodus“

In Tabelle 8 sind die Mittelwerte der Messabweichungen aus allen Messungen zusammengestellt. Da stehende Zähler stets die Anzeige -100% produzieren, können sie statistische Aussagen zu Messabweichungen für bestimmte Auswertungen verfälschen. Es wurde deshalb nicht nur zwischen der Prüfreihenfolge „up“ und „down“ unterschieden, sondern darüber hinaus auch zwischen den Mittelwerten über alle Zähler einer Zählergröße sowie über alle davon „nicht stehen gebliebenen“ Zähler.

Bezogen auf die gültigen Eich- bzw. Verkehrsfehlergrenzen für Kalt- und Warmwasserzähler lagen die Messabweichungen unabhängig von der Betrachtungsweise im Mittel deutlich innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen. Signifikante Effekte nach dem Einsatz der Zähler im Versorgungsnetz sind nicht erkennbar.

Eine (zu erwartende) Tendenz in Form einer Verringerung der gemittelten Messabweichungen ergibt sich jedoch im Rahmen des speziell gewählten Prüfprogramms für den downstream-Modus. Im Mittel reduzieren sich die Anzeigen um einige Zehntel Prozent.

Tabelle 8: Mittelwerte der Messabweichungen der bei Hamburg Wasser durchgeführten Messungen

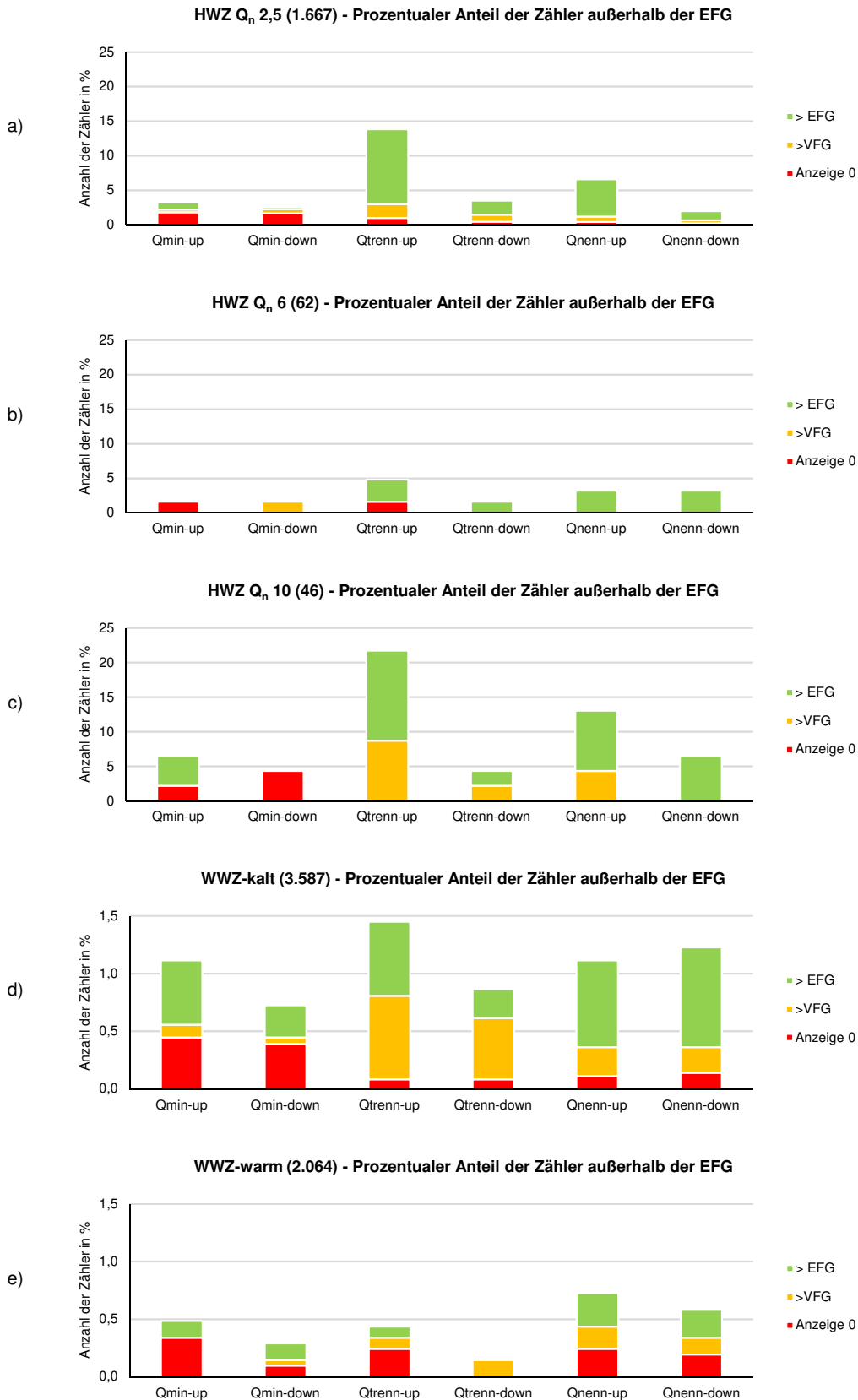
		Q_{min}		Q_{trenn}		Q_{nenn}	
		up	down	up	down	up	down
$Q_n 2,5$ (1.667)	Alle Zähler	-0,5	-0,8	-0,1	-0,3	0,1	0,0
	Ohne Stehenbleiber	1,1	0,5	0,7	0,1	0,5	0,3
$Q_n 6$ (62)	Alle Zähler	-0,4	-0,8	-1,5	-0,3	0,2	0,0
	Ohne Stehenbleiber	1,2	0,8	0,1	-0,3	0,2	0,0
$Q_n 10$ (46)	Alle Zähler	-0,7	-3,0	0,0	-0,5	0,5	0,4
	Ohne Stehenbleiber	1,5	1,4	0,0	-0,5	0,5	0,4
$Q_n 1,5$ kalt (3.587)	Alle Zähler	0,5	0,3	-0,1	-0,3	-0,6	-0,7
	Ohne Stehenbleiber	0,8	0,5	-0,1	-0,3	-0,6	-0,6
$Q_n 1,5$ warm (2.064)	Alle Zähler	1,2	1,3	-0,3	-0,2	-1,1	-1,1
	Ohne Stehenbleiber	1,5	1,4	-0,1	-0,2	-0,9	-0,9

Eine naheliegende Begründung liegt darin, dass bei Erhöhung des Durchflusses eventuell vorhandene leichte Verschmutzungen am bzw. im Zähler, die zu einer Verringerung des Volumens im Inneren des Zählers geführt hatten, ausgespült werden. Eine Erhöhung der Freigängigkeit durch Beschleunigung des Flügelrades würde zu einer Mehranzeige führen (was für die stehen gebliebenen Zähler auch zutreffend ist), kann aber nicht als Ursache für die durchschnittlich verringerten Verbrauchsanzeigen angesehen werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass bestimmte Effekte im Verhalten eines Wasserzählers vom individuellen Entnahmeprofil bzw. den Entnahmegewohnheiten beeinflusst (korrigiert) werden können. Dieser Umstand sollte bei möglichen Diskussionen über Standzeiten von Wasserzählern ggf. Berücksichtigung finden. Neben Tabelle 8, in der die Entwicklung der mittleren Zähleranzeigen für die beiden Prüfmodi dargestellt ist, zeigen die Grafiken in den Bildern 2a-e den prozentualen Anteil der Zähler in ihrer Zugehörigkeit zu den Fehlergrenzenkategorien in Abhängigkeit von Zählergröße, Prüfdurchfluss und Prüfreihefolge.

Besonders auffällig ist hierbei die Reduzierung des Anteils der Zähler, die bei Q_{trenn} außerhalb der Eich- bzw. Verkehrsfehlergrenzen liegen. Dies ist sicher zum Teil dadurch begründet, dass für diesen Prüfdurchfluss der Sprung in den Fehlergrenzen festgelegt ist. Die Ergebnisse lassen aber auch die Interpretation zu, dass nach einer längeren Einlaufzeit bzw. einer Beaufschlagung der Zähler mit Durchflüssen über Q_{trenn} kleine „Verbesserungen“ im Zählerverhalten zu erreichen sind, die möglicherweise durch das Ausspülen von Verunreinigungen entstehen und dazu führen, dass die Fehlerkurve des Zählers wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückkehrt. In Abschnitt 6.1 werden spezielle Untersuchungen zu diesem Phänomen in der PTB vorgestellt.¹

¹ Anmerkung: Zur Nasskeimbekämpfung in Trinkwasserleitungen werden in besonderen Fällen u.a. Zwangsspülungen vorgeschrieben. Entsprechende Armaturen sind im Angebot. In dieser Richtung könnte über preiswerte und praktikable Lösungen zur Ausspülung von Schwebstoffen und leichten Verunreinigungen nachgedacht werden, wenn Bedenken seitens des Verbraucherschutzes hierzu bei einer möglichen Verlängerung der Standzeiten der Zähler geäußert werden.

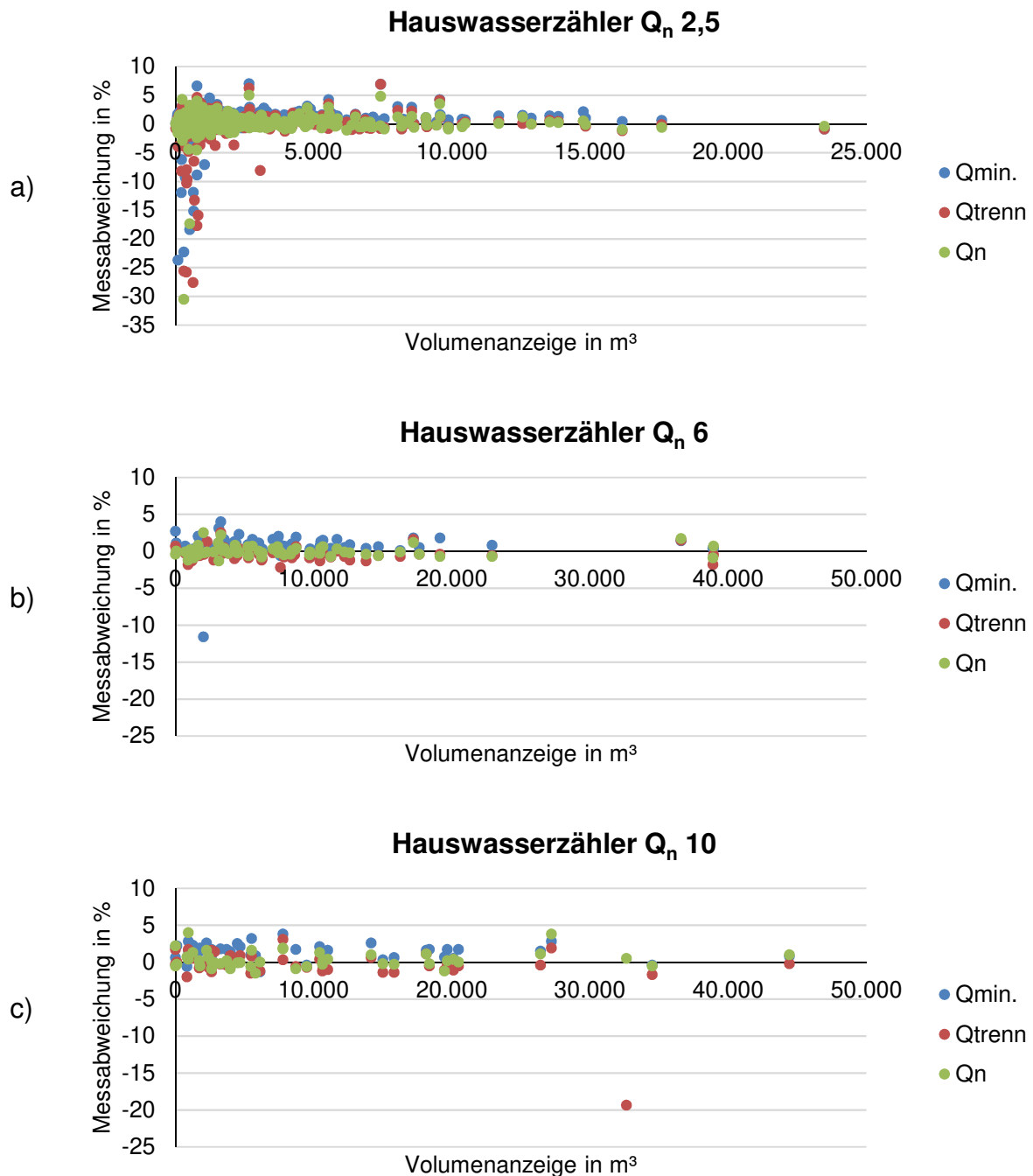


Bilder 2a-e: Veränderungen des Anteils der außerhalb der EVG liegenden Wasserzähler bei Änderung der Prüfreihefolge (upstream-downstream-Modus)

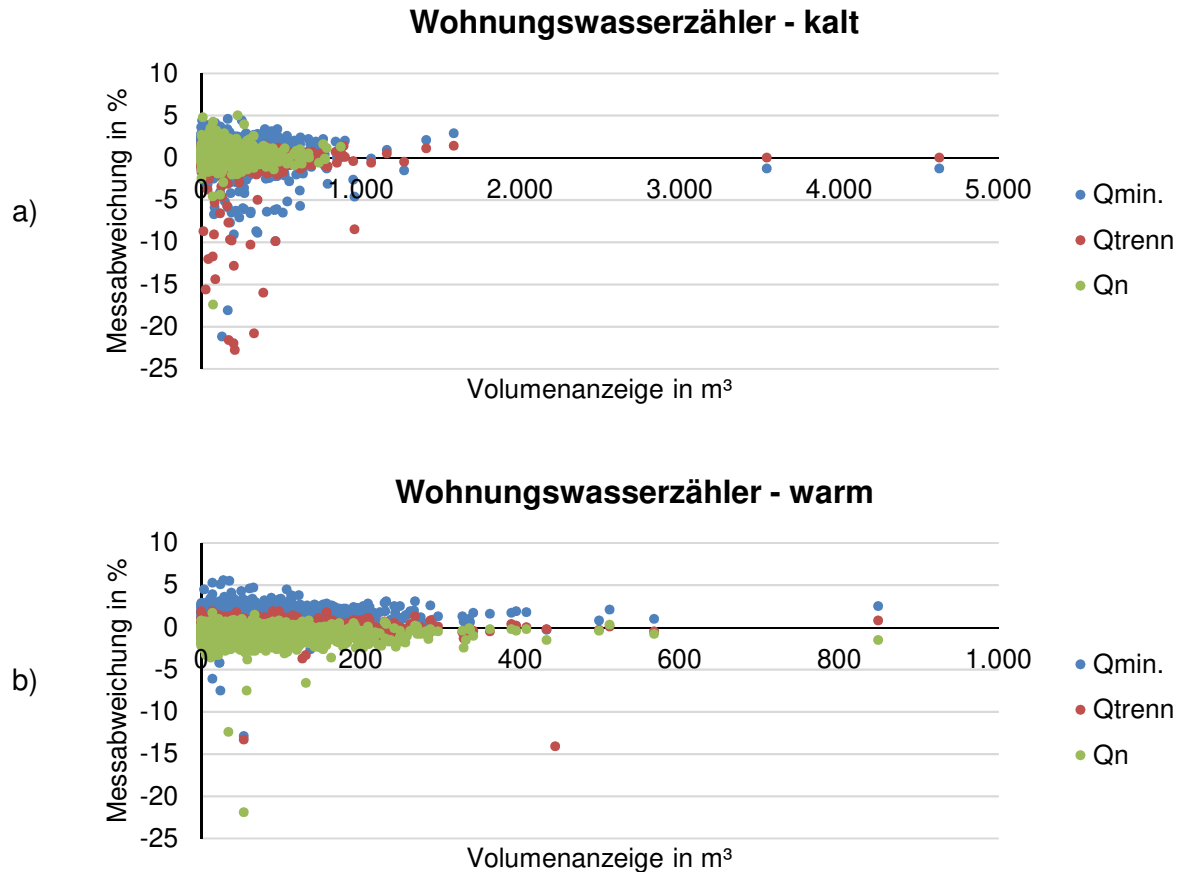
4.6 Abhängigkeit des Zählerverhaltens von der durchgeflossenen Wassermenge

4.6.1 Ergebnisse aus dem Großversuch Hamburg

Die nachfolgenden Grafiken der Bilder 3 und 4 zeigen die festgestellten Messabweichungen aller geprüften Wasserzähler in Abhängigkeit vom jeweils während der Standzeit im Versorgungsnetz durchgeströmten Volumen für die drei Prüfdurchflüsse Q_{\min} , Q_{trenn} und Q_{nenn} .



Bilder 3a-c: Messabweichungen der bei Hamburg Wasser geprüften Hauswasserzähler in Abhängigkeit vom durchgeströmten Volumen



Bilder 4a-b: Messabweichungen der bei Hamburg Wasser geprüften Wohnungswasserzähler in Abhängigkeit vom durchgeströmten Volumen

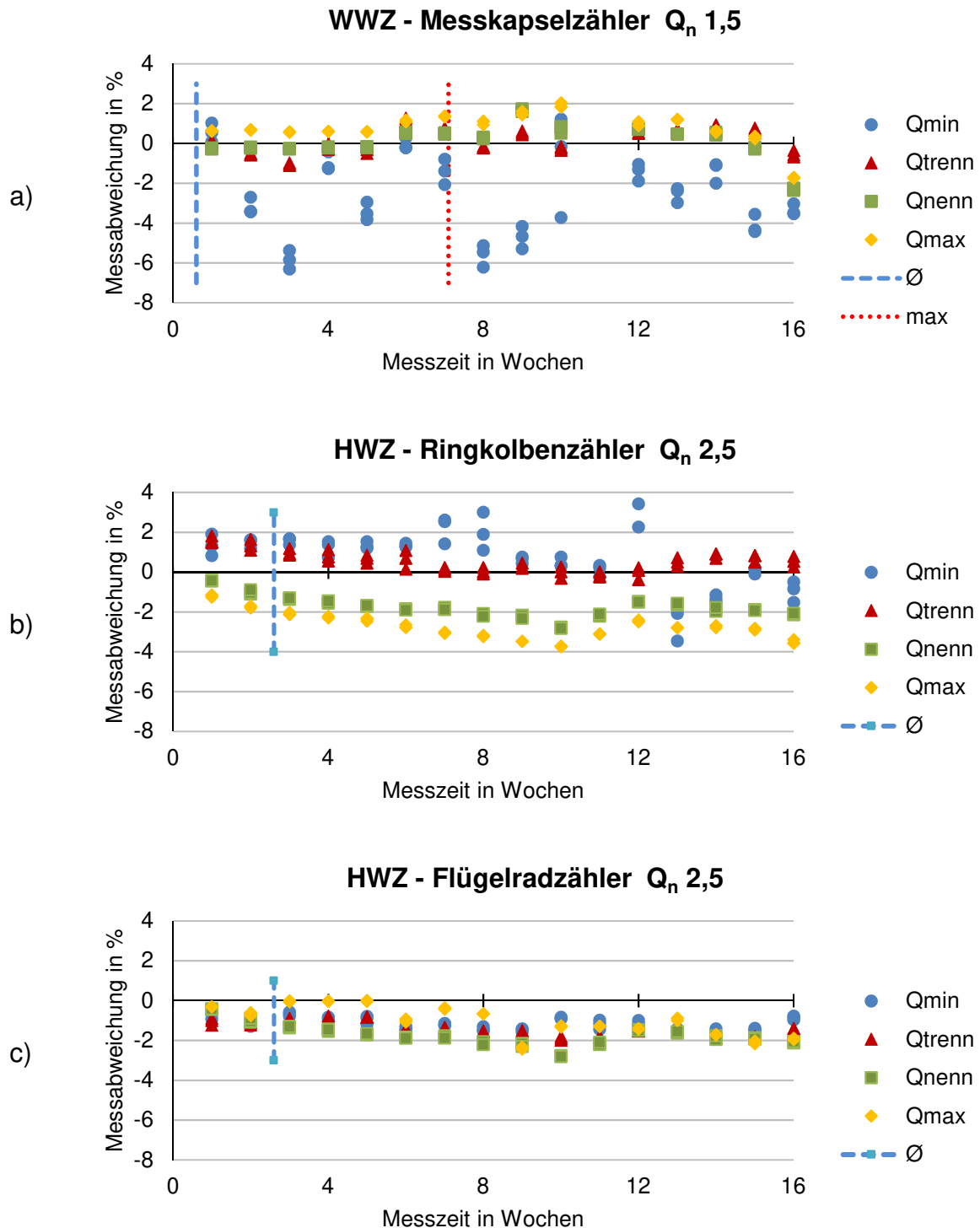
Die Darstellungen enthalten alle Messergebnisse mit Ausnahme der Anzeigen zwischen - 50 % und - 100 %, also der so genannten Stehenbleiber. In Richtung positiver Anzeigen gab es nicht einen einzigen Ausreißer, keine der Anzeigen erreichte einen Wert größer als + 6,9 %.

Signifikante Abhängigkeiten der Zähleranzeigen vom durchgeströmten Volumen sind für alle Zählergrößen also nicht erkennbar.

4.6.2 Ergebnisse spezieller Langzeitmessungen in der PTB

Dieses Resultat wurde auch durch die in der PTB durchgeführten Langzeitmessungen bestätigt. Untersucht wurden je ein Ringkolben- und ein Flügelradzähler Q_n 2,5 sowie ein Messkapselzähler Q_n 1,5, die über einen Zeitraum von 16 Wochen bei einem konstanten Durchfluss nahe dem jeweiligen Q_{nenn} durchgängig betrieben wurden. Wöchentlich erfolgte die Aufnahme der Fehlerkurven für die Zähler gegenüber der PTB-Referenz. Alle dabei ermittelten Messwerte sind in den Bildern 5a-c dargestellt. Es fehlen lediglich die Ergebnisse der Fehlerkurvenmessungen nach der 11. Messwoche für den Messkapselzähler. Wegen unzureichender Messsignalqualität konnten hierfür keine zuverlässigen Daten ermittelt werden.

Das während des Dauerversuchs durch die Zähler geströmte Wasservolumen betrug für den Wohnungswasserzähler (Messkapselzähler) 3.720 m³ (entspricht etwa einem mittleren Jahresverbrauch von 85 Personen), für die beiden Hauswasserzähler je 6.130 m³ (mittlerer Jahresverbrauch von ca. 140 Personen).



Bilder 5a-c: Messabweichungen der in der PTB im Dauerversuch geprüften Wasserzähler in Abhängigkeit von der Betriebszeit (blaue Linie: Durchschnittlicher Ausbaustand Hamburg; rote Linie: Maximaler Ausbaustand Hamburg)

In den Bildern 5a-c sind im Vergleich dazu die ermittelten mittleren und maximalen Ausbaustände der im Rahmen des Großversuchs Hamburg untersuchten Zähler eingetragen – die blaue Linie für den jeweiligen mittleren, die rote Linie für den maximalen Ausbaustand, d.h. für die während der gesamten Standzeit der Zähler im Versorgungsnetz gemessenen Mengen.

Der Wohnungswasserzähler wurde beim PTB-Dauerversuch weit über die üblichen Belastungen hinaus betrieben. Die eingezeichneten Linien entsprechen dabei den Werten für Kaltwasserzähler (mittlerer Verbrauch über gesamte Einsatzperiode 155 m^3 , maximal ermittelter Zählerstand 1.583 m^3). Für Warmwasserzähler, die in der Regel baugleich sind, fallen die Verhältnisse noch drastischer aus – der mittlere Ausbaustand nach 5 Jahren betrug hier 63 m^3 , der maximale Zählerstand lag bei 849 m^3 .

Für die Hauswasserzähler konnten die maximalen Werte in den 16 Wochen natürlich nicht erreicht werden, jedoch wurde auch hier der überwiegende Belastungsbereich erfasst, gut zu erkennen an den eingezeichneten blauen Linien für den mittleren Ausbaustand der Zähler Q_n 2,5.

Für alle drei untersuchten Wasserzähler konnten keine signifikanten Veränderungen im Messverhalten der Zähler während der Testzeit festgestellt werden. Alle Messwerte – mit Ausnahme einiger Werte bei Q_{\min} , die aber im Minusbereich lagen – befanden sich innerhalb der Eichfehlergrenzen. Es besteht keinerlei Verdacht, dass sich die Anzeigefehler bei längeren Einsatzzeiten zu Ungunsten des Verbrauchers entwickeln.

Zusammenfassung der Messergebnisse zum Großversuch Hamburg und weiteres Vorgehen

- Ergebnisse des Großversuchs unterstreichen deutlich die Sinnfälligkeit, über Stichprobenverfahren längere Standzeiten der Wasserzähler im Netz erreichen zu können.
- Besonders auffällig sind die positiven Ergebnisse für die Wohnungswasserzähler (Messkapsel- und Warmwasserzähler), die bisher vom Stichprobenverfahren gänzlich ausgeschlossen waren.
- Über entsprechende Publikationen, Vorträge und die Internetseite der PTB sollen alle Ergebnisse zeitnah veröffentlicht werden und ebenso unmittelbar in die Diskussionen der einschlägigen Fachgremien einfließen.
- Unabhängig von den generellen Diskussionen zur Umsetzung von § 35 der MessEV sollte versucht werden, kurzfristig auch Stichprobenprüfungen für Wohnungswasserzähler zu erlauben. Die PTB nimmt direkten Kontakt zum Regelermittlungsausschuss, den entsprechenden Arbeitsausschüssen und den betreffenden Eichdirektionen auf.
- Die bisherigen Untersuchungen bezogen sich ausschließlich auf den Versorgungsbereich von Hamburg Wasser. Um die Repräsentanz der Ergebnisse zu erhöhen, sind auch Zähler aus anderen Versorgungsgebieten einzubeziehen sowie weitere Untersuchungen zu speziellen Einflussfaktoren (Verschmutzung, Einbaulage u.ä.) durchzuführen.

5 Ergebnisse der Untersuchung von Wasserzählern anderer Versorgungsgebiete

Zur Verifizierung der Ergebnisse, die bisher nur für das Einzugsgebiet von Hamburg Wasser vorlagen, wurden auch Zähler anderer Versorger mit anderen Wasserqualitäten untersucht. Ein Beispiel ist in Tabelle 9 dargestellt. Geprüft wurden 112 Kaltwasser-Mehrstrahlzähler Q_n 1,5.

Diese Messungen bestätigen alle bereits für die Untersuchungen der Zähler aus dem Versorgungsgebiet von Hamburg Wasser getroffenen Schlussfolgerungen.

Tabelle 9: Prüfergebnisse des Wasserversorgers xxx für 112 Kaltwasser-Mehrstrahlzähler Q_n 1,5

	Innerhalb EFG	Innerhalb StprFG	Innerhalb VFG	Außerhalb VFG zu Ungunsten des Verbrauchers
Prüfpunkte und -reihenfolge	$Q_{min}, Q_{trenn}, Q_{nenn}, Q_{max}$	Q_{trenn}, Q_{min}	$Q_{nenn}, Q_{trenn}, Q_{min}$	$Q_{nenn}, Q_{trenn}, Q_{min}$
Anzahl	105	111	112	0
Prozent	93,8	99,1	100	0
Blockierte Zähler				
Anzahl	0	0	0	0
Prozent	0	0	0	0

6 Weitere Untersuchungen zu speziellen Einflüssen auf das Zählerverhalten unter Praxisbedingungen

6.1 Einfluss von Verschmutzungen auf das Messverhalten von Flügelradzählern

Obwohl signifikante Beeinflussungen des Zählerverhaltens durch unterschiedliche Wasserqualitäten für die Untersuchungen bei Hamburg Wasser nicht festgestellt werden konnten, geben die Bewertungen in Abschnitt 4.5 Hinweise darauf, dass bei geringem Durchsatz leichte Verschmutzungen im Inneren der Zähler die Strömungskanäle verengen und zu geringfügigen Verschiebungen der Fehlerkurven nach Plus führen können. Auch ist aus vielen anderen Quellen (siehe z. B. [5]) bekannt, dass größere Verschmutzungen der Strömungskanäle durchaus auch zu Messabweichungen im Bereich vieler Prozente führen können.

Deshalb wurden in der PTB zusätzliche Messungen an vier speziell präparierten Flügelradzählern durchgeführt:

- Zähler A: Mehrstrahlzähler Q_n 2,5 Hersteller 1
- Zähler B: Mehrstrahlzähler Q_n 2,5 Hersteller 2
- Zähler C: Messkapsel-Einstrahlzähler Q_n 1,5 Hersteller 3
- Zähler D: Messkapsel-Einstrahlzähler Q_n 1,5 Hersteller 1

Die Reihenfolge der Messungen zur Aufnahme der jeweiligen Fehlerkurve war:

- Im Originalzustand
- Nach Demontage und Zusammenbau (um mögliche Beeinflussung durch die Demontage feststellen zu können - nur für Mehrstrahlzähler)
- Nach Aufbringen der Verschmutzung (entnommen dem Filter der Wasserversorgungsanlage der PTB)
- Messung im wieder gereinigten Zustand

Die nachfolgenden Bilder 6 und 7 zeigen das Flügelrad eines der untersuchten Zähler in den einzelnen Zuständen sowie alle verschmutzten Teile des Zählers B.

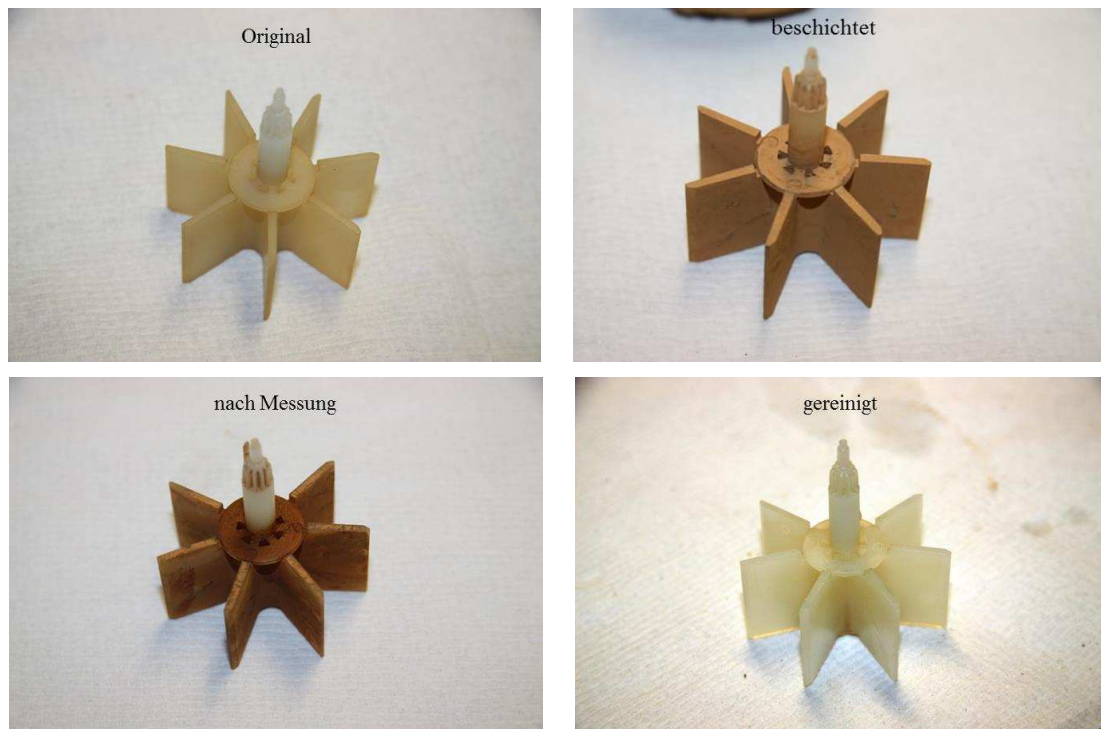


Bild 6: Zustände des Flügelrades eines der untersuchten Zähler im Originalzustand, verschmutzt und wieder gereinigt



Bild 7: Einzelteile des verschmutzten Zählers B

In Bild 8 sind die Messergebnisse für den Mehrstrahlzähler B, in Bild 9 für den Messkapsel-Einstrahlzähler D dargestellt. Die Fehlerkurven für die Zähler A und C verlaufen in sehr ähnlicher Weise. Klar zu sehen ist, dass eine grobe Verunreinigung zu erheblichen Messabweichungen führen können, die Fehlerkurven nach Reinigung aber wieder in ihre Ausgangsposition zurückkehren. Der Messkapselzähler zeigt nahezu gar keinen Einfluss, was mit den Erkenntnissen aus einem früheren Forschungsprojekt der PTB mit VDDW und ARGE [6] bereits nachgewiesen wurde (siehe auch Abschnitt 6.3).

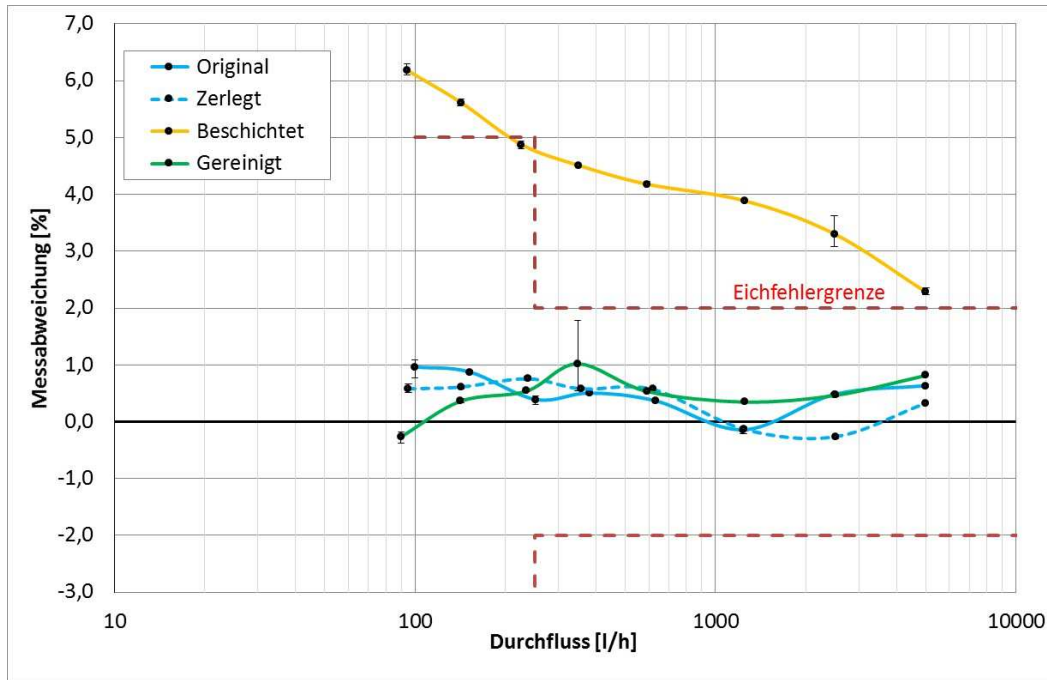


Bild 8: Fehlerkurven des Mehrstrahl-Flügelradzählers B in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad

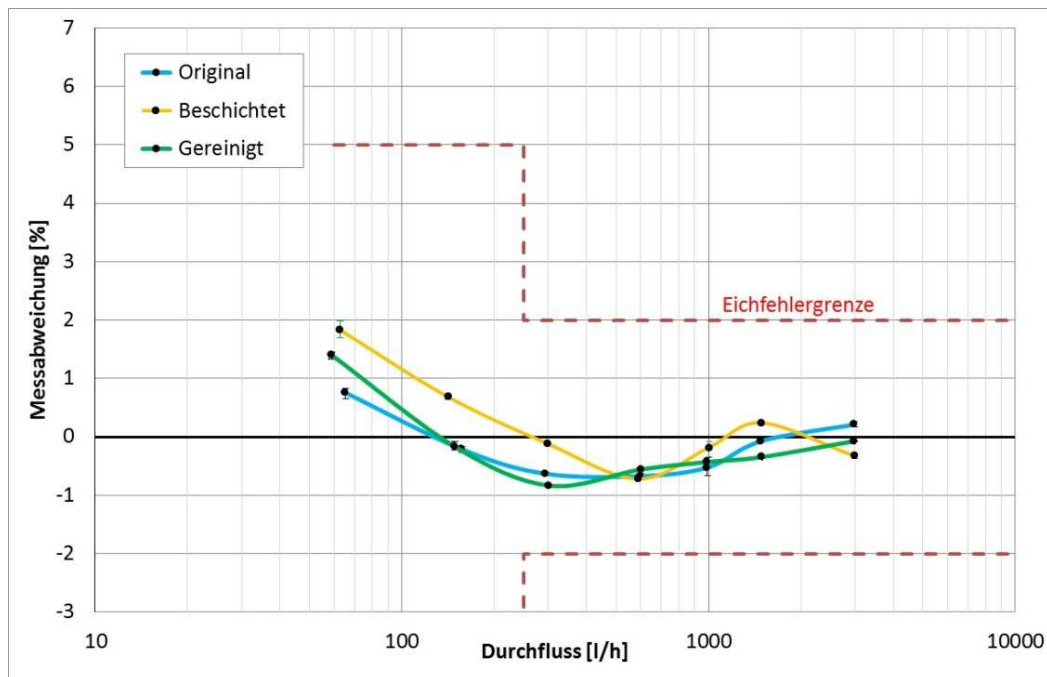


Bild 9: Fehlerkurven des Messkapsel-Einstrahlzählers D in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad

6.2 Prüfungen zur Abhängigkeit des Zählerverhaltens von der Einbaulage

Eine weitere spezielle Untersuchung befasste sich mit der Ermittlung möglicher Unterschiede im Messverhalten der Zähler bei ihrem Einbau entweder in vertikaler oder in horizontaler Lage. Hierfür wurden 100 weitere Zähler $Q_n 1,5$ der Klasse A mit unterschiedlichen Ausbauständen zwischen 0 m^3 und 3600 m^3 verwendet und dem gleichen Prüfablauf, wie eingangs beschrieben, in beiden Einbaulagen unterzogen. Die Ergebnisse sind entsprechend in den Tabellen 10 und 11 dargestellt.

Unterschiede im Verhalten der Zähler in den beiden Einbaulagen konnten nur in den Prüfreiheiten festgestellt werden, die mit dem Prüfpunkt Q_{\min} beginnen. Die Anzeigen aller „auffälligen“ Zähler lagen dabei im Minusbereich und ausschließlich bei den kleinen Durchflüssen, was auf Schwergängigkeit im Anlaufbereich der Zähler hinweist. Beide Zähler, die in horizontaler Einbaulage blockierten, taten dies auch bei vertikalem Einbau.

Bei den Messungen in der üblichen Prüfreiheitenfolge (nicht mit Q_{\min} beginnend) lagen alle Zähleranzeigen innerhalb der **Eichfehlergrenzen**.

Signifikante Unterschiede in den Messergebnissen zwischen vertikalem und horizontalem Einbau konnten also nicht festgestellt werden.

Tabelle 10: Prüfergebnisse für 100 Kaltwasser-Mehrstrahlzähler $Q_n 1,5$ in horizontaler Lage

	Innerhalb EFG	Innerhalb StrpFG	Innerhalb VFG	Außerhalb VFG zu Ungunsten des Verbrauchers
Prüfpunkte und -reihenfolge	$Q_{\min}, Q_{\text{trenn}}, Q_{\text{nenn}}, Q_{\text{max}}$	$Q_{\text{trenn}}, Q_{\min}$	$Q_{\text{nenn}}, Q_{\text{trenn}}, Q_{\min}$	$Q_{\text{nenn}}, Q_{\text{trenn}}, Q_{\min}$
Anzahl	93	100	100	0
Prozent	93	100	100	0
Davon blockierte Zähler				
Anzahl	2	0	0	0
Prozent	2	0	0	0

Tabelle 11: Prüfergebnisse für 100 Kaltwasser-Mehrstrahlzähler $Q_n 1,5$ in vertikaler Lage

	Innerhalb EFG	Innerhalb StrpFG	Innerhalb VFG	Außerhalb VFG zu Ungunsten des Verbrauchers
Prüfpunkte und -reihenfolge	$Q_{\min}, Q_{\text{trenn}}, Q_{\text{nenn}}, Q_{\text{max}}$	$Q_{\text{trenn}}, Q_{\min}$	$Q_{\text{nenn}}, Q_{\text{trenn}}, Q_{\min}$	$Q_{\text{nenn}}, Q_{\text{trenn}}, Q_{\min}$
Anzahl	87	100	100	0
Prozent	87	100	100	0
Davon blockierte Zähler				
Anzahl	3	0	0	0
Prozent	3	0	0	0

6.3 Zusätzliche Dauertests mit verschiedenen Prüfwässern

Zusätzlich wurden ausgewählte Zählerbauarten speziellen Dauertests auf der Prüfanlage der PTB unterzogen. Darunter befand sich auch ein Messkapsel-Wohnungswasserzähler Q_n 1,5, der über einen Zeitraum von insgesamt 7 Monaten bei annähernd Q_n betrieben wurde. In regelmäßigen Abständen wurden die kompletten Fehlerkurven aufgenommen, die Ergebnisse für Q_{min} , Q_t , Q_{nenn} und Q_{max} sind in Abhängigkeit vom angezeigten Summendurchfluss in Bild 10 zusammengefasst. Insgesamt haben den Zähler 6.430 m^3 Wasser durchströmt, was dem mehr als Zweihundertfachen des für Hamburg ermittelten Durchschnittsverbrauchs entspricht. Es sind für keinen der betrachteten Prüfdurchflüsse signifikante Tendenzen eines veränderten Zählerverhaltens festzustellen.

Die Testbedingungen wurden nach 3.720 m^3 dahingehend verschärft, dass das Prüfwasser von normalem Trinkwasser in destilliertes, also weiches Wasser (Härtegrad 0 °dH) getauscht wurde. Die Analysen des Großversuchs in Hamburg hatten zur Vermutung geführt, dass - wenn überhaupt Einflüsse seitens der Wasserqualität auf das Messverhalten der Zähler zu beobachten waren, dies bei weichem Wasser erfolgen könnte.

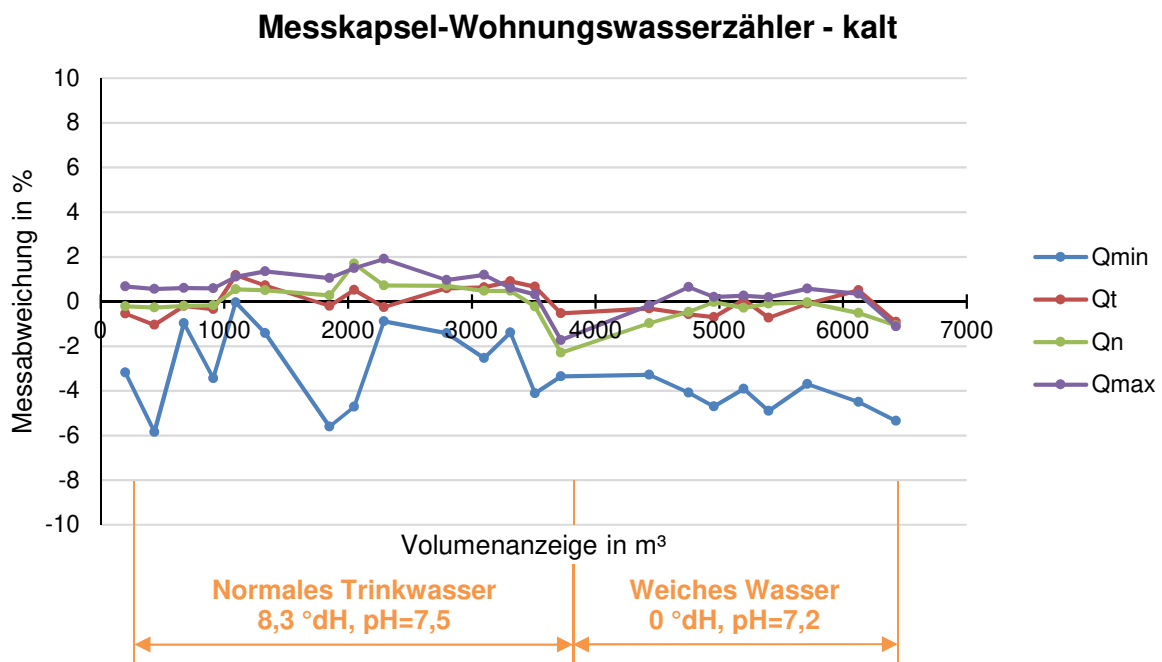


Bild 10: Messabweichungen eines Messkapsel-Flügelradzählers Q_n 1,5 in Abhängigkeit vom durchgeströmten Wasservolumen für zwei unterschiedliche Wasserqualitäten mit den jeweils eingetragenen Verkehrsfehlergrenzen; in blau für Q_{min} und in rot für Q_{trenn} und Q_{nenn}

6.4 Ergebnisse aus anderen Forschungsvorhaben und Anwendungsgebieten

Eine Analyse weiterer Forschungsarbeiten zum Thema brachte nachgewiesene Argumente, die die angestrebte Erweiterung des Stichprobenverfahrens auf Messkapsel- und Warmwasserzähler unterstützen.

In erster Linie ist hier das Forschungsvorhaben der PTB mit dem Verband der deutschen Wasser- und Wärmezählerhersteller (VDDW) und der Arbeitsgemeinschaft

Heiz- und Wasserkostenverteilung (ARGE HKV) zu erwähnen, das sich in den Jahren 2008 bis 2012 speziell mit der Messkapsel-Problematik befasst hat. Ausgangspunkt hierfür war die Notwendigkeit sicher zu stellen, dass Messkapsel-Wasserzähler, die den weitaus größten Teil der Wohnungswasserzähler darstellen, auch im Sinne der Europäischen Messgeräte-Richtlinie MID [7] als Wasserzähler gelten und damit auch weiterhin eingesetzt werden können. Das absolvierte Messprogramm umfasste umfangreiche Untersuchungen an Ein- und Mehrstrahl-Messkapselzählern hinsichtlich ihres Verhaltens unter realen Verbrauchsbedingungen. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass sich aus messtechnischer Sicht keinerlei Nachteile bei Verwendung dieser Zählerausführung ergeben. Es wurde im Gegenteil gezeigt, dass Messkapselzähler auf Grund ihrer spezifischen Konstruktion nahezu unempfindlich gegenüber Verschmutzungen und Ablagerungen aller Art sind [5].

Zahlreiche Untersuchungen erfolgten auch zur durchaus sehr ernsthaften Problematik der Verschmutzungen im Wärmezählerbereich (siehe z. B. Dissertation von Daniel Rodrigues über die Entwicklung eines Verfahrens zur Generierung realitätsnaher Ablagerungen in Durchflusssensoren von Wärmemengenzählern [8]). Hierin wurde als hauptsächliche Ursache für die Ablagerungen Magnetit ermittelt, das vordergründig in geschlossenen Kreisläufen und Netzen mit Sauerstoffmangel auftritt. Dies trifft für Trinkwasserversorgungsleitungen nicht zu, was an dieser Stelle betont werden sollte. Erfahrungen aus dem Wärmezählerbereich sind also nicht geeignet, auf Warmwasserzähler übertragen zu werden. Die hohen Verschmutzungsgrade in Heizkreisläufen und deren Auswirkungen auf das Messverhalten von Wärmezählern sind **kein** Argument gegen eine Einbeziehung der Warmwasserzähler in das Stichprobenverfahren.

7 Aktueller Stand zur Frage der Öffnung des Stichprobenverfahrens für Messkapsel- und Warmwasserzähler

Mit der Novellierung von MessEG und MessEV haben sich auch die möglichen Verfahrensweisen hinsichtlich der Umsetzung von Regelungen zum Vollzug des Eichrechts, unter die auch die Fragen der Anwendung von Stichprobenverfahren fallen, geändert. Die Vollversammlung für das Eichwesen und die zugehörigen Arbeitsausschüsse wurden aufgelöst. An deren Stelle sind der Regelermittlungsausschuss (REA) bei der PTB und die neu zu gründenden Arbeitsgruppen der Arbeitsgemeinschaft Mess- und Eichwesen (AGME) getreten. Beschlussfassungen zu erforderlichen Regelungen sind schwieriger geworden.

Als einen ersten Schritt hat die PTB im November 2015 die Ergebnisse aus dem laufenden Forschungsprojekt auf ihrer Internetseite vorgestellt und einen Vorschlag unterbreitet, auf die sich die Eichbehörden bei Anträgen von Stichprobenverfahren für Messkapsel- und Warmwasserzähler beziehen können. Gleichzeitig wurden entsprechende Diskussionen in den Gremien der AGME und bei den Fachverbänden initiiert. Gleichzeitig wurden entsprechende Diskussionen in den Gremien der AGME und bei den Fachverbänden initiiert.

Der den Eichbehörden vorgelegte Diskussionsvorschlag sagt folgendes aus:

Unabhängig von allen geplanten Diskussionen im Zusammenhang mit der Umsetzung der Formulierung von § 35 der Mess- und Eichverordnung, die sich generell mit der Überarbeitung der Verfahren zur Verlängerung der Eichfrist auf Grund von Stichprobenverfahren für Verbrauchsmessgeräte befassen, wird folgendes vorgeschlagen:

- Da, wie gezeigt, keine messtechnischen Gründe bestehen, Wohnungswasserzähler (kalt und warm, auch in Messkapselausführung) von den bisher praktizierten Stichprobenverfahren zur Verlängerung der Eichfrist auszuschließen, kann nunmehr auch für Warmwasser- und Messkapselzähler eine Verlängerung der Eichfrist durch Stichprobenprüfungen erfolgen.
- Bis auf weiteres kann das in den PTB-Mitteilungen **102** 4/92, S. 295-296, festgelegte Verfahren zur Stichprobenprüfung von Kaltwasserzählern unverändert auch für Warmwasser- und Messkapselzähler angewendet werden. An den beiden Stellen im Text (Überschrift und erste Textzeile) ist der Begriff Kaltwasserzähler im allgemeinen Sinne als Wasserzähler zu interpretieren.
- Unabhängig davon, dass sich Eichfehlergrenzen und Eichfrist für Kalt- und Warmwasserzähler unterscheiden, gelten einheitliche Stichprobenfehlergrenzen von 8 % bei Q_{\min} (Q_1) und 3 % bei Q_{trenn} (Q_2) sowie eine einheitliche Verlängerungsfrist von jeweils 3 Jahren für beide Zählertypen.
- Kann nachgewiesen werden, dass Kalt- und Warmwasserzähler baugleich sind und ist im Rahmen der Zulassung eine Prüfung der Warmwasserzähler auch mit Kaltwasser erlaubt, können Kalt- und Warmwasserzähler auch in einem Los zusammengefasst werden.

Damit konnte die Aufgabenstellung des Forschungsvorhabens EPOS erfolgreich abgeschlossen werden.

8 Quellenverzeichnis

- [1] Gesetz über das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt sowie über ihre Verwendung und Eichung sowie über Fertigpackungen (Mess- und Eichgesetz – MessEG), vom 25. Juli 2013 (BGBl. I S.2722, 2723)
- [2] Verordnung über das Inverkehrbringen und die Bereitstellung von Messgeräten auf dem Markt sowie über ihre Verwendung und Eichung (Mess- und Eichverordnung – MessEV), vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S.2010, 2011)
- [3] H. Schonlau, H. Rubach: Wasserzähler auf dem Prüfstand – Sind die vorgeschriebenen Eichfristen noch zeitgemäß? gwf Wasser/Abwasser, 2014
- [4] Technische Richtlinie W20 der PTB: Prüfungen an gebrauchten Hauswasserzählern, PTB 01/82
- [5] G. Wendt et al.: Transfernormale für strömendes Wasser. PTB-Bericht **MA-82**, 2007, S. 8-9
- [6] G. Wendt et al.: Untersuchung und Entwicklung strömungsprofilunempfindlicher Wasser- und Wärmezähler und deren mechanischer Schnittstellen. PTB-Bericht **MA-90**, 2012
- [7] Europäische Messgeräte Richtlinie 2014/32/EC (MID) (OJ L 96, 149)
- [8] D. N. Rodrigues: Entwicklung eines Verfahrens zur Generierung realitätsnaher Ablagerungen in Durchflusssensoren von Wärmemengenzählern. Dissertation TU Berlin, 2012

Anhang A:

Messdatenblätter für die in der Prüfstelle von Hamburg Wasser durchgeführten Messungen an aus dem Versorgungsnetz nach Ablauf der regulären Eichfrist ausgebauten Wasserzählern

Für die Zählergrößen

Q_n 2,5; Q_n 6 und Q_n 10 als Hauswasserzähler

Q_n 1,5 als Wohnungswasserzähler für Kalt- und für Warmwasser

Großversuch Hamburg Wasser: Hauswasserzähler Q_n 2,5

Anzahl 1.667 Standzeiten 1 – 8 Jahre
 Verbrauch/a Ø 186 m³ Maximum 3.914 m³
 Ausbaustand Ø 1.0670 m³ Maximum 23.485 m³

	Q _{min}		Q _{trenn}		Q _{enn}		Q _{max}	
	up	down	up	down	up	down	up	down
Mittelwert der Abweichungen in %	-0,5	-0,8	-0,1	-0,3	0,1	0,0	0,3	0,4
	1,3	0,7	0,8	0,2	0,5	0,3	0,6	0,6
	1.613	1.624	1.436	1.608	1.557	1.634	1.586	1.609
	17	5	181	34	90	22	62	48
	6	10	33	17	13	7	12	6
	31	28	17	8	7	4	7	4
	37	38	50	25	20	11	19	10
	0	0	24	4	5	3	4	2
	96,8	97,4	86,1	96,5	93,4	98,0	95,1	96,5
	1,0	0,3	10,9	2,0	5,4	1,3	3,7	2,9
	0,4	0,6	2,0	1,0	0,8	0,4	0,7	0,4
	1,9	1,7	1,0	0,5	0,4	0,2	0,4	0,2
	2,2	2,3	3,0	1,5	1,2	0,7	1,1	0,6
	0,0	0,0	1,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1

Bezogen auf die Anzahl der Zähler: **Einhaltung der EFG up 1.379 82,7 %**
Außerhalb VFG up 77 4,6 %
Außerhalb VFG down 47 2,8 % davon zu Ungunsten des Verbrauchers: **5 (0,3 %)**

Großversuch Hamburg Wasser: Hauswasserzähler Q_n 6

Anzahl 62 Standzeiten 2-7 Jahre
 Verbrauch/a Ø 1.588 m³ Maximum 9.569 m³
 Ausbaustand Ø 8.375 m³ Maximum 38.943 m³

	Q _{min}		Q _{trepp}		Q _{nein}		Q _{max}	
	up	down	up	down	up	down	up	down
Mittelwert der Abweichungen in %								
Über alle Zähler	-0,4	0,8	-1,5	-0,3	0,2	0,0	0,2	0,2
Ohne Stehenbleiber	1,2	0,8	0,1	-0,3	0,2	0,0	0,2	0,2
Innerhalb EFG	61	61	59	61	60	60	60	60
Zwischen EFG und VFG	0	0	2	1	2	2	2	2
Anzahl ohne Stehenbleiber	0	1	0	0	0	0	0	0
Stehenbleiber	1	0	1	0	0	0	0	0
Gesamtanzahl	1	1	1	0	0	0	0	0
Zu Ungunsten des Verbrauchers	0	0	0	0	0	0	0	0
Innerhalb EFG	98,4	98,4	95,2	98,4	96,8	96,8	96,8	96,8
Zwischen EFG und VFG	0	0	3,2	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2
Anzahl ohne Stehenbleiber	0	1,6	0	0	0	0	0	0
Stehenbleiber	1,6	0	1,6	0	0	0	0	0
Gesamtanzahl	1,6	1,6	1,6	0	0	0	0	0
Zu Ungunsten des Verbrauchers	0	0	0	0	0	0	0	0
Prozentualer Anteil der Zähler bezogen auf die Gesamtzahl der Zählergröße								
Innerhalb EFG	98,4	98,4	95,2	98,4	96,8	96,8	96,8	96,8
Zwischen EFG und VFG	0	0	3,2	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2
Anzahl ohne Stehenbleiber	0	1,6	0	0	0	0	0	0
Stehenbleiber	1,6	0	1,6	0	0	0	0	0
Gesamtanzahl	1,6	1,6	1,6	0	0	0	0	0
Zu Ungunsten des Verbrauchers	0	0	0	0	0	0	0	0

Bezogen auf die Anzahl der Zähler: **Einhaltung der EFG up 58 93,5 %**
Außerhalb VFG up 1 1,6 %
Außerhalb VFG down 1 1,6 % davon zu Ungunsten des Verbrauchers: **0**

Großversuch Hamburg Wasser: Hauswasserzähler Q_n 10

Anzahl Verbrauch/a Ø
 Ausbaustand Ø

46 1.934 m³
 10.223 m³

Standzeiten Maximum
 Maximum

1-7 Jahre 8.161 m³
 44.436 m³

	Q _{min}		Q _{trenn}		Q _{nenn}		Q _{max}	
	up	down	up	down	up	down	up	down
Mittelwert der Abweichungen in %	Über alle Zähler							
	Ohne Stehenbleiber							
	Innerhalb EFG							
Anzahl	Zwischen EFG und VFG							
	Anzahl ohne Stehenbleiber							
	Stehenbleiber							
	Gesamtanzahl							
	Zu Ungunsten des Verbrauchers							
Prozentualer Anteil der Zähler bezogen auf die Gesamtzahl der Zählergröße	Innerhalb EFG							
	Zwischen EFG und VFG							
	Anzahl ohne Stehenbleiber							
	Stehenbleiber							
	Gesamtanzahl							
Zu Ungunsten des Verbrauchers								
	93,5	95,7	78,3	95,7	87,0	93,5	89,1	91,3
	4,3	0	13,0	2,2	8,7	6,5	6,5	4,3
	0	0	8,7	2,2	4,3	0	4,3	4,3
	2,2	4,3	0	0	0	0	0	0
	2,2	4,3	8,7	2,2	4,3	0	4,3	4,3
	0	0	6,5	0	4,3	0	4,3	4,3

Bezogen auf die Anzahl der Zähler: **Einhaltung der EFG up 34 73,9 %**
Außerhalb VFG up 5 10,9 %
Außerhalb VFG down 4 8,7 %
 davon zu Ungunsten des Verbrauchers: **2 (beide bei Q_{max})**

Großversuch Hamburg Wasser: Wohnungswasserzähler Q_n 1,5 kalt

Anzahl 1-6 Jahre
 Verbrauch/a Ø 3.587 Maximum 771 m³
 Ausbaustand Ø 155 m³ Maximum 1.583 m³
 (ggf. Ablesefehler mit 4.628)

	Q _{min}		Q _{trenn}		Q _{nenn}		Q _{max}	
	up	down	up	down	up	down	up	down
Mittelwert der Abweichungen in %	Über alle Zähler							
	0,5	0,3	-0,1	-0,3	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5
Ohne Stehenbleiber	Ohne Stehenbleiber							
	0,9	0,7	-0,1	-0,3	-0,6	-0,6	-0,4	-0,4
Innerhalb EFG	Innerhalb EFG							
	3.547	3.561	3.535	3.556	3.547	3.543	3.565	3.565
Zwischen EFG und VFG	Zwischen EFG und VFG							
	20	10	23	9	27	31	8	8
Anzahl	Anzahl ohne Stehenbleiber							
	4	2	26	19	9	8	9	9
	Stehenbleiber							
Außerhalb VFG	Stehenbleiber							
	16	14	3	3	4	5	5	5
Gesamtanzahl								
	20	16	29	22	13	13	14	14
Zu Ungunsten des Verbrauchers								
	1	0	2	0	0	0	0	0
Prozentualer Anteil der Zähler bezogen auf die Gesamtzahl der geprüften Q _n 1,5 kalt	Innerhalb EFG							
	98,9	99,3	98,6	99,1	98,9	98,8	99,4	99,4
Zwischen EFG und VFG								
	0,6	0,3	0,6	0,3	0,8	0,9	0,2	0,2
Außerhalb VFG	Anzahl ohne Stehenbleiber							
	0,1	0,1	0,7	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3
Stehenbleiber								
	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gesamtanzahl								
	0,6	0,4	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
Zu Ungunsten des Verbrauchers								
	0,03	0	0,06	0	0	0	0	0

Bezogen auf die Anzahl der Zähler: **Einhaltung der EFG up 3.501 97,6 %**
Außerhalb VFG up 35 0,97 %
Außerhalb VFG down 29 0,81 % davon zu Ungunsten des Verbrauchers: **0**

Anhang B:

Zusammenstellung der internationalen Regelungen zu Eichung und Nacheichfristen von Wasserzählern in den Ländern der EU

Quelle: www.welmec.org/country-info

Österreich	5 Jahre
Belgien	16 Jahre, 8 Jahre für $Q_n > 10 \text{ m}^3/\text{h}$
Bosnien-Herzegowina	5 Jahre
Bulgarien	2-5 Jahre
Zypern	keine Angaben
Tschechien	6 Jahre
Dänemark	Eichpflicht, Eichung durch Stichproben
Estland	Nacheichung vorgeschrieben, zur Frist keine Angaben
Finnland	3 Jahre
Frankreich	keine konkreten Angaben
Mazedonien	5 Jahre
Griechenland	Eichung erfolgt durch Versorger
Ungarn	4 Jahre
Island	Stichproben
Irland	keine Eichpflicht
Italien	keine Eichpflicht
Lettland	4 Jahre
Litauen	6 Jahre
Luxemburg	10 Jahre
Malta	keine Eichpflicht
Montenegro	5 Jahre
Norwegen	keine Eichpflicht
Polen	Nacheichung vorgeschrieben, zur Frist keine Angaben
Portugal	15 Jahre
Rumänien	5 Jahre
Serbien	5 Jahre
Slowakei	6 Jahre
Spanien	Eichpflicht, keine Nacheichung
Schweden	Eichpflicht, Nacheichung obliegt den Inspektionsbehörden
Schweiz	Eichpflicht nur für Warmwasser
NL	KIWA schreibt Inspektion alle 2 Jahre vor (14154), mit Elektronik jährlich
Türkei	10 Jahre
UK	Eichpflicht, keine allgemeinen Regelungen, örtliche Inspektion
EFTA	9 Jahre $Q \leq 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ 7 Jahre $Q > 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ 5 Jahre Heißwasser, 12 Jahre elektronische Wasserzähler

Anhang C:

Zusammenstellung aller zum Forschungsvorhaben erarbeiteten Publikationen und Vorträge

H. Schonlau, H. Rubach: Wasserzähler auf dem Prüfstand – Sind die vorgeschriebenen Eichfristen noch zeitgemäß? gwf Wasser/Abwasser, 2014

H. Schonlau: Zähler auf dem Prüfstand – Sind die Eichfristen noch zeitgemäß? bdew – Informationstag Wasser, Düsseldorf, 27.10.2014

G. Wendt, T. Jahn, A. Hein: Wasserzähler als Forschungsobjekt. bdew – Informationstag Wasser, Düsseldorf, 27.10.2014

G. Wendt: Verlängerung der Eichfrist von Wasserzählern auf der Grundlage von Stichprobenverfahren. Diskussionspapier für den Vollversammlungs-Arbeitsausschuss „Wasserzähler“. Berlin, 01.-02.10.2015

G. Wendt: Stichprobenverfahren auch für Wohnungswasserzähler. VDDW – Fachausschuss Wasser- und Wärmezähler, Köln, 16.10.2015

H. Schonlau, G. Wendt: Verlängerung der Nutzungsdauer von Wasserzählern – Ergebnisse eines aktuellen F&E-Vorhabens bei Hamburg Wasser. WAT 2015, Berlin, 26.-27.10.2015

H. Schonlau, T. Oldörp, G. Wendt: Zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Wasserzählern. bdew – Informationstag Wasser, Köln, 30.08.2016

G. Wendt, H. Schonlau: Öffnung des Wasserzähler-Stichprobenverfahrens für Warmwasser- und Messkapselzähler. 12. EMATEM-Sommerschule, Seeon, 21.-23.09.2016

G. Wendt: Öffnung des Wasserzähler-Stichprobenverfahrens für Warmwasser- und Messkapselzähler. VDDW – Fachausschuss Wasser- und Wärmezähler, Braunschweig, 27.09.2016

G. Wendt, H. Schonlau, T. Oldörp, D. Schumann, T. Jahn: Investigation of domestic water meters with regard to their measuring stability during installation in communal water supply networks. Eingereicht für OIML Bulletin 2017



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, das nationale Metrologieinstitut, ist eine wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.



**Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin**
Nationales Metrologieinstitut

Bundesallee 100
38116 Braunschweig

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Telefon: (0531) 592-93 21
Fax: (0531) 592-30 08
E-Mail: presse@ptb.de
www.ptb.de

Vertrieb:

Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH

Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen

Telefon: (04 21) 369 03-0
Fax: (04 21) 369 03-63
www.schuenemann-verlag.de