

Corinna Kroner, Henning Schonlau, Thilo Oldörp, Daniel Schumann,
Jan Liebig

Entwicklung eines praxisorientierten und gesetzeskonformen Stichproben- verfahrens für Wasserzähler



ISSN 0179-0595
ISBN 978-3-95606-485-2

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Mechanik und Akustik

PTB-MA-100

Braunschweig, Oktober 2019

Corinna Kroner, Henning Schonlau, Thilo Oldörp, Daniel Schumann,
Jan Liebig

Entwicklung eines praxisorientierten und gesetz- konformen Stichprobenverfahrens für Wasserzähler

Abschlussbericht zur Forschungsvereinbarung PTB-FV 15014 zwischen
der PTB und der Hamburg Wasser GmbH

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

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	2
1. Umfang des Projektes	3
2. Hintergrund	4
2.1 Gesetzeslage.....	4
2.2 Verfahrensanweisung Stichprobenverfahren	4
3. Auswertung des Datenpools von Hamburg Wasser (Großversuch)	7
3.1 Auswertung nach geographischer Verteilung.....	7
3.2 Auswertung nach Betriebszeit.....	9
3.3 Auswertung nach Ausbaustand	12
3.4 Auswertung der Daten nach Stichprobenverfahren.....	14
3.5 Zwischenfazit zur Untersuchung der Daten des Großversuchs.....	16
4. Untersuchung von Wasserzählern in der PTB auf dem Doppelkolbenprüfstand und dem Experimentier- und Wasserzählerprüfstand der PTB	17
4.1 Unterschiede der Messabweichung zwischen Kalt- und Warmwasserzählern	18
4.2 Unterschiede WWZ bei Wiederholungsmessungen	20
4.3 Unterschiede neuwertiger WWZ für verschiedene Temperaturen und Hersteller	21
4.4 Messabweichungen der HWZ bei verschiedenen Temperaturen	22
4.5 Zwischenfazit für die Untersuchungen der Wasserzähler in der PTB	24
5. Verteilung der Messabweichung der Zähler.....	26
6. Optische Untersuchung der Wasserzähler	28
7. Fazit	32
Literaturverzeichnis	33
Anhang.....	34

Abkürzungsverzeichnis

DKPS	-	Doppelkolbenprüfstand
EFG	-	Eichfehlergrenze
EWZP	-	Experimentier- und Wasserzählerprüfstand
GM-VA SPV	-	Gesetzliches Messwesen - Verfahrensanweisung für Stichprobenverfahren
HWZ	-	Hauswasserzähler
MID	-	Measuring Instruments Directive
VFG	-	Verkehrsfehlergrenze
WWZ	-	Wohnungswasserzähler

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1a: Geographische Verteilung von Messabweichungen, die unterhalb der EFG, der VFG bzw. über der VFG liegen, Beispiel: WWZ-Stichprobe	8
Abb. 2: Anzahl an Kaltwasserzählern einer WWZ-Stichprobe, die die Prüfung nach EFG oder VFG bestanden bzw. nach VFG nicht bestanden haben	10
Abb. 3: Anzahl an Warmwasserzählern einer WWZ-Stichprobe, die die Prüfung nach EFG oder VFG bestanden bzw. nach VFG nicht bestanden haben	11
Abb. 4: Messabweichung (absolut) der HWZ einer Stichprobe für den Prüfpunkt Q_4	12
Abb. 5: Messabweichung (absolut) der HWZ einer Stichprobe für den Prüfpunkt Q_3	13
Abb. 6: Messabweichung (absolut) der HWZ einer Stichprobe für den Prüfpunkt Q_2	13
Abb. 7: Messabweichung (absolut) der HWZ einer Stichprobe für den Prüfpunkt Q_1	14
Abb. 8: Messabweichungen WWZ Charge 2	19
Abb. 9: Messabweichungen WWZ Charge 5	19
Abb. 10: Wiederholungsmessung eines neuwertigen WWZ.....	21
Abb. 11: Unterschied der Messabweichung bei Q_1 zwischen neuwertigen WWZ von Hersteller 3 und Hersteller 4, Mittel über jeweils fünf Zähler	22
Abb. 12: Messabweichung gebrauchter HWZ der Charge 4 bei verschiedenen Temperaturen für Q_1	23
Abb. 13: Messabweichung gebrauchter HWZ der Charge 4 bei verschiedenen Temperaturen für Q_2	24
Abb. 14: Verteilung der Messabweichung für Charge 5 und 6, WWZ	27
Abb. 15: Verteilung der Messabweichung für Charge 7 und 8, HWZ	27
Abb. 16: Dorn und Lauffläche des Flügelrades eines WWZ, der nach VFG die Prüfung nicht bestanden hat	28
Abb. 17: Seitenansicht eines einzelnen Flügels eines WWZ, der nach VFG die Prüfung bestanden hat	29
Abb. 18: Lagerung eines Flügelrades eines WWZ, der die Prüfung nach VFG bestanden hat.....	30
Abb. 19: Lagerung und Dorn des Flügelrades eines HZW, der nach VFG die Prüfung bestanden hat.....	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stichprobenanweisung A, Grenzwerte für das alte und das angepasste	5
Tabelle 2: Gamma-Werte für das angepasste Verfahren, modifiziert nach [1]	6
Tabelle 3: Stichprobenanweisung B, modifiziert nach [1].....	6
Tabelle 4: Ergebnisse für die Stichproben aus dem Großversuch nach den möglichen Varianten zur Durchführung des Stichprobenverfahrens	15
Tabelle 5: In der PTB untersuchte Chargen an Wasserzählern	17
Tabelle 6: Detaillierte Informationen zu den in der PTB gemessenen WWZ.....	34
Tabelle 7: Detaillierte Informationen zu den in der PTB gemessenen HWZ.....	36

1. Umfang des Projektes

Anlass für das Projekt war die Novellierung der Mess- und Eichverordnung, in deren Zuge die Anforderungen für eine Verlängerung der Eichfrist auf Basis von Stichprobenprüfungen gegenüber den bis dahin bestehenden erhöht wurden. Ziel des Projektes war, Möglichkeiten für die Entwicklung eines praktikablen, im Vergleich zum jetzigen Verfahren weniger aufwendigen Stichprobenverfahrens für Wasserzähler im gesetzlich möglichen Rahmen zu eruieren. Um dies zu gewährleisten, war neben Hamburg Wasser und der PTB auch die Eichdirektion Nord in das Projekt eingebunden. Ansatzpunkt für die Projektarbeiten war, dass die Berücksichtigung von Zusatzinformationen, z. B. Faktoren, die sich auf die Messabweichung auswirken, als Basis für eine Anpassung der Umsetzung des Stichprobenverfahrens dienen kann.

Eine wesentliche Aufgabe der PTB bestand darin, zu untersuchen, ob die Wassertemperatur einen relevanten messtechnischen Einfluss auf Warm- und Kaltwasserzähler hat. Hierdurch sollte die Frage geklärt werden, ob eine Messung von Warm- und Kaltwasserzählern in einem gemeinsamen Los grundsätzlich möglich ist.

Im Berichtszeitraum wurden u. a. die von Hamburg Wasser in einem Großversuch gesammelten Daten von etwa 14.000 Wasserzählern unter verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet. Die Daten des Großversuchs umfassten die Betriebszeit, den Ausbaustand, den Einbauort, den Typ, den Hersteller und die Messabweichung für die Prüfpunkte Q_1 bis Q_4 (laut MID 2014/32/EU, Anhang MI-001 i. V. m. DIN EN ISO 4064-1:2017) der getesteten Wasserzähler. Diese Daten bildeten auch die Basis, um die Ergebnisse der Stichprobenprüfungen basierend auf altem, neuem und angepasstem Verfahren gegenüberzustellen.

Für den Vergleich des Zählerverhaltens wurden neuwertige und gebrauchte Warm- und Kaltwasserzähler verschiedener Hersteller aus den Einzugsgebieten von Hamburg Wasser und der Eichdirektion Nord bei verschiedenen Temperaturen und Durchflüssen gemessen. Dabei ging es in erster Linie darum, mögliche Systematiken in den Messabweichungen von Warm- und Kaltwasserzählern in Verbindung mit ihrem Einsatz sowie Unterschiede im Messverhalten bei variierenden Temperaturen festzustellen. Weitere Punkte, die in diesem Zusammenhang exemplarisch betrachtet wurden, bezogen sich auf Unterschiede bei Wiederholungsmessungen, zwischen verschiedenen Herstellern oder Bauarten und Verteilungen der Messabweichung innerhalb einer Charge sowie optische Untersuchungen an gebrauchten Wasserzählern.

2. Hintergrund

2.1 Gesetzeslage

Das gesetzlich bindende Werk, welches für die Prüfung von Wasserzählern relevant ist, ist das Mess- und Eichgesetz (BGBl. I S. 2722, 2723, zuletzt geändert durch Art. 1 G v. 11.4.2016 I 718). Die darauf aufbauende Verordnung ist die Mess- und Eichverordnung. Im §35 der Mess- und Eichverordnung (vom 11.12.2014 (BGBl. I S. 2010), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 30.04.2019 (BGBl. I S. 579)) ist die Verlängerung der Eichfrist von Verbrauchszählern auf Basis von Stichprobenverfahren geregelt. Eine Änderung der Mess- und Eichverordnung, die am 16.08.2017 in Kraft trat, zog aufgrund einer Verschärfung der Anforderungen eine Veränderung bzgl. der Stichprobenprüfung nach sich. Damit wurde eine neue Verfahrensanweisung für Stichprobenverfahren notwendig. In der Verfahrensanweisung für Stichprobenverfahren GM-VA SPV (DAM unter 7.11.0.4.) [1], die im Sommer 2018 veröffentlicht wurde, sind die Vorgehensweise und Anforderungen zur Prüfung von Stichproben geregelt. Auf diese wird in Abschnitt 2.2 weiter eingegangen.

2.2 Verfahrensanweisung Stichprobenverfahren

In der GM-VA SPV sind für Verbrauchszähler Vorgehensweisen beschrieben, nach denen ein Stichprobenverfahren durchzuführen ist. In der Regel sind die derzeitigen Anforderungen in der praktischen Umsetzung aufgrund der erfolgten Verschärfung aufwendiger, als es in der Vergangenheit der Fall war. Für die Verbrauchszähler, darunter auch Wasserzähler, werden drei verschiedene Vorgehensweisen zur Verlängerung im Rahmen einer Stichprobenprüfung aufgezeigt. Diese Methoden werden im Laufe dieses Kapitels näher erläutert, insbesondere, wann welche Methode zum Einsatz kommt. Im weiteren Verlauf wird hier von dem alten Verfahren, dem angepassten und dem neuen Verfahren die Rede sein. Dabei sind die Testverfahren selbst grundsätzlich gleich, nur Tabellenwerte und damit Art und Umfang der zu erfüllenden Anforderungen variieren.

Für das alte Verfahren wurde die in Tabelle 1 dargestellte „Stichprobenanweisung A“ verwendet, für das angepasste Verfahren dieselbe Tabelle, allerdings mit Veränderungen der Verkehrsfehlergrenzen (VFG) durch die in Tabelle 2 angegebenen „Gamma-Werte“, für das neue Verfahren die in Tabelle 3 dargestellte „Stichprobenanweisung B“. Die ausgewählten Gamma-Werte werden mit der VFG multipliziert, so dass ein neuer strengerer Grenzwert erzeugt wird.

Tabelle 1: Stichprobenanweisung A, Grenzwerte für das alte und das angepasste Verfahren, modifiziert nach [1]

Nr.	Losumfang	Umfang der Stichprobe	Anzahl der fehlerhaften Messgeräte	
			Kriterium für	
			Annahme des Loses	Zurückweisung des Loses
1	bis 1.200	50	1	2
2	1.201 bis 3.200	80	3	4
3	3.201 bis 10.000	125	5	6
4	10.001 bis 35.000	200	10	11

Das alte Verfahren war das bis zur Änderung der Eichverordnung geltende Verfahren und wurde als das angepasste Verfahren mit gelisteten Multiplikatoren für die VFG als Übergangsverfahren eingeführt. In Tabelle 1 sind die Größe der Lose und die dafür passende Stichprobengröße zu wählen. Je nach Größe der Stichprobe variiert auch die Anzahl erlaubter Zähler, die die VFG nicht einhalten, bei der das Los trotzdem angenommen wird.

Das angepasste Verfahren ist für alle elektronischen Zählertypen zulässig, die bis zum 31.12.2018 in Betrieb genommen wurden und für die in der bis zum 31.12.2014 geltenden Eichordnung ein Stichprobenverfahren beschrieben war. Elektronische Messgeräte, die ab dem 1. Januar 2019 in Betrieb genommen werden, auch wenn Messgeräte dieser Bauart bereits vor 2019 einem oder mehreren Stichprobenverfahren unterzogen wurden, sind keine elektronischen Bestandsmessgeräte. Diese Zähler müssen einmalig ein Qualifizierungsverfahren durchlaufen, bevor sie in eine Stichprobenprüfung gegeben werden dürfen.

Im Verfahren wird zwischen Warm- und Kaltwasserzählern unterschieden. Ausschlaggebend hinsichtlich der Anforderungen ist, die wievielte Verlängerung mit der Stichprobe eingeleitet werden soll und die Anzahl der vorkommenden Eichjahre in der Stichprobe. Dafür ist der passende Multiplikator zu wählen. Für das angepasste Verfahren gelten darüber hinaus die Vorgaben des bisher geltenden Verfahrens.

Im neuen Verfahren sind für die Losumfänge größere Stichprobenumfänge mit einer kleineren Anzahl an zulässigen, nach VFG nicht bestandenen Zählern pro Los vorgegeben. Das neue Verfahren wurde unter den Annahmen einer Normalverteilung für die Messabweichung und einer linearen Ausfallrate der Zähler entwickelt. Das neue Verfahren gilt für alle Zählertypen, die erst nach dem Jahr 2014 ein Stichprobenverfahren durchlaufen haben können. Die Anzahl erlaubter Wasserzähler nach dem neuen Verfahren, die nach der VFG die Prüfung nicht bestanden haben, ist in Tabelle 3 gelistet.

Für das neue Verfahren gelten andere Losgrößen und Stichprobenumfänge. Wie bereits erwähnt, sind für das angepasste Verfahren Multiplikatoren oder Gamma-Werte notwendig, damit der Stichprobenumfang vergleichbar zum alten Verfahren gehalten werden kann. Durch die Veränderung der Los- und Stichprobenumfänge und der kleineren zulässigen Anzahl nach VFG nicht bestandener Messgeräte, ist es in dem neuen Verfahren erschwert, die Stichprobe im Testverfahren anzunehmen.

Tabelle 2: Gamma-Werte für das angepasste Verfahren, modifiziert nach [1]

Messgeräte	Eichfrist [Jahre]	Anzahl der Eichjahre in der Stichprobe [Jahre]	Verlängerungszeitraum [Jahre]	Gamma-Wert 1. Verl.	Gamma-Wert 2. Verl.	Gamma-Wert 3. Verl.
Kaltwasserzähler (mech. Zähler)	6	2	3	0,781	0,816	0,834
	6	1	3	0,796	0,823	0,838
Warmwasserzähler (mech. Zähler)	5	2	3	0,761	0,807	0,829
	5	1	3	0,781	0,816	0,834

Tabelle 3: Stichprobenanweisung B, Grenzwerte für neues Verfahren für einen LQ¹-Wert von 2,7, modifiziert nach [1]

Nr.	Losumfang	Umfang der Stichprobe	Anzahl der fehlerhaften Messgeräte	
			Annahme	Zurückweisung
1	bis 90	47	0	1
2	90 bis 150	65	0	1
3	151 bis 280	72	0	1
4	281 bis 500	80	0	1
5	501 bis 1.200	95	0	1
6	1201 bis 3.200	141	1	2
6	3201 bis 10.000	200	2	3
8	10.001 bis 35.000	315	4	5
9	35.001 bis 150.000	500	8	9

¹ LQ-Wert: zurückzuweisen Qualitätsgrenzlage; der Wert muss kleiner sein als der maximal erlaubte Anteil der fehlerhaften Messgeräte im Los zum Zeitpunkt der Stichprobenprüfung.

3. Auswertung des Datenpools von Hamburg Wasser (Großversuch)

Die Daten des Großversuchs von Hamburg Wasser umfassen Wasserzähler in Form von Haus- (HWZ) und Wohnungswasserzählern (WWZ), welche im Einzugsgebiet von Hamburg Wasser ausgebaut wurden. Die Daten der etwa 14.000 Zähler wurden nach Prüfmodus (Upstream- oder Downstream-Verfahren²), Zählergröße (Q₃ 4 R80 oder Q₃ 2,5 R40), Zählermedium (Kalt- oder Warmwasserzähler) und Zählerhersteller sortiert und in verschiedene Lose aufgeteilt. Anschließend wurden die Zähler nach verschiedenen Gesichtspunkten untersucht. Die Untersuchungen und deren Ergebnisse werden in den nachfolgenden Abschnitten [3.1](#), [3.2](#), [3.3](#) und [3.4](#) diskutiert.

3.1 Auswertung nach geographischer Verteilung

Hinsichtlich des Kriteriums der geographischen Verteilung wurde untersucht, ob sich bei den einzelnen Stichproben geographische Schwerpunkte bzgl. die Prüfung bestandener und nicht bestandener Zähler zeigen. Ist dies der Fall, lässt sich daraus vermuten, dass die Wasserzähler in einzelnen Gebietsabschnitten durch die Wasserqualität oder andere äußere Einflüsse systematisch beeinträchtigt wurden. In Abbildung 1a ist ein Los aus WWZ dargestellt, die im Upstream-Verfahren gemessen wurden. Es handelt sich um Warmwasserzähler. Jede grüne Markierung repräsentiert einen Zähler, der die Prüfung nach der Eichfehlergrenze (EFG) bestanden hat, jede gelbe Markierung einen Zähler, der noch nach der VFG die Prüfung bestanden hat und jede rote Markierung einen Zähler, der auch nach VFG die Prüfung nicht bestanden hat. Für HWZ ergibt eine vergleichbare Untersuchung zu Stehenbleibern (schwarz) und Nicht-Stehenbleibern (blau) ein ähnliches Resultat (Abb. 1b).

Die in den Abbildungen 1a und 1b dargestellten Ergebnisse für die Verteilung der Zähler ist repräsentativ für alle in diesem Projekt betrachteten Stichproben. Die Zähler, deren Messabweichung oberhalb der VFG liegt, sind in Bereichen mit Zählern, deren Messabweichung unterhalb der VFG liegt, verteilt. Es gibt Gebiete, in denen mehr Zähler die Verkehrsfehlergrenze überschritten haben oder Stehenbleiber sind als in anderen. Gleichzeitig ist die Gesamtanzahl an Zählern aus diesen Bereichen höher und damit die Anzahl an Zählern, die die Verkehrs- oder sogar Eichfehlergrenze einhalten. D. h. die Verteilung geht in der Konsequenz sehr wahrscheinlich darauf zurück, dass mit wachsender Zähleranzahl die Wahrscheinlichkeit steigt, fehlerbehaftete Zähler zu finden.

² Upstream: Messungen von kleinen zu großen Durchflussraten
Downstream: Messungen von großen zu kleinen Durchflussraten

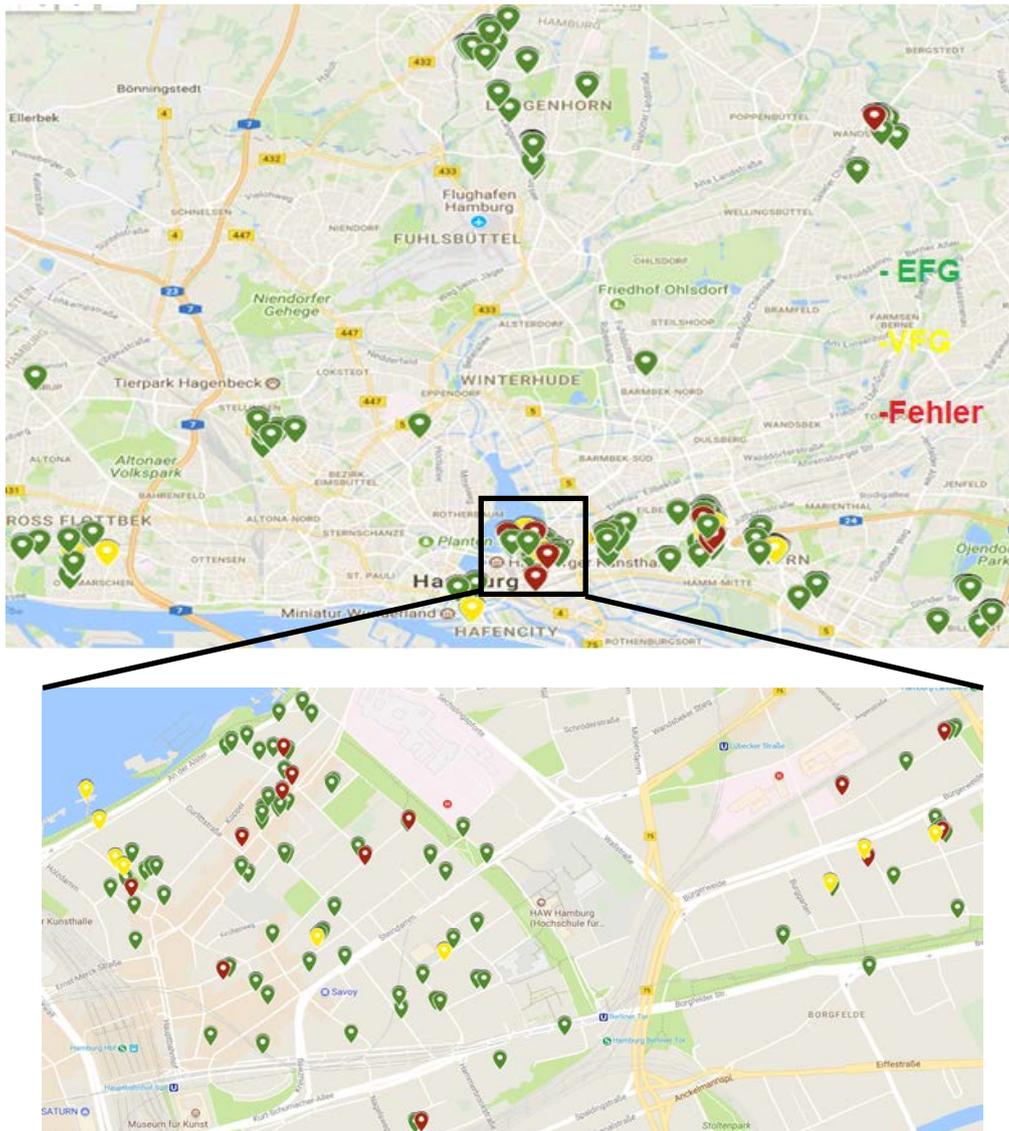


Abb. 1a: Geographische Verteilung von Messabweichungen, die unterhalb der EFG, der VFG bzw. über der VFG liegen; Beispiel: WWZ-Stichprobe (Karte: google maps)

Erkenntnis aus den Untersuchungen:

Es sind keine eindeutig erkennbaren gebietsabhängigen Fehlerschwerpunkte für die Messabweichung der Wasserzähler auszumachen. Das bedeutet, dass für die hier betrachteten Zähler keine grundsätzlichen Einflüsse von angesiedelter Industrie oder anderen geographischen Einflussfaktoren eine sichtbare Rolle zu spielen scheinen.

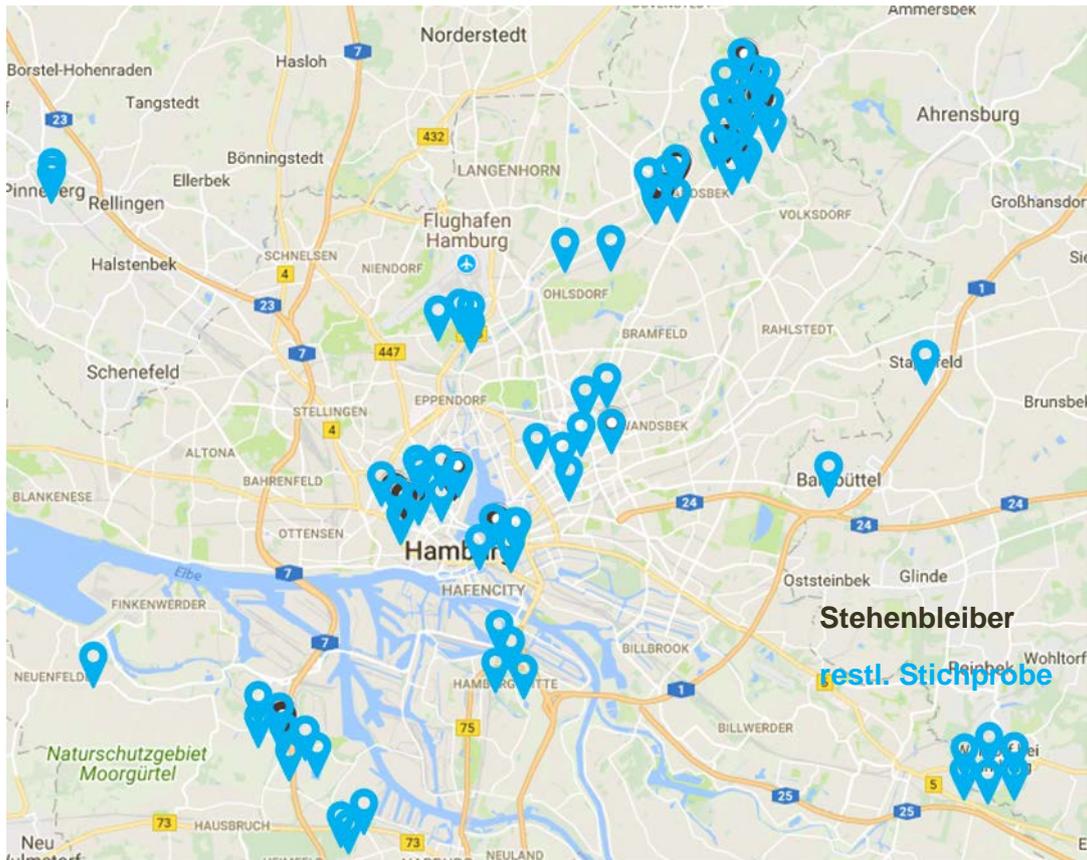


Abb. 1b: Geographische Verteilung von Wasserzählern differenziert nach Stehenbleibern und Nicht-Stehenbleibern; Beispiel: HWZ-Stichprobe (Karte: google maps)

3.2 Auswertung nach Betriebszeit

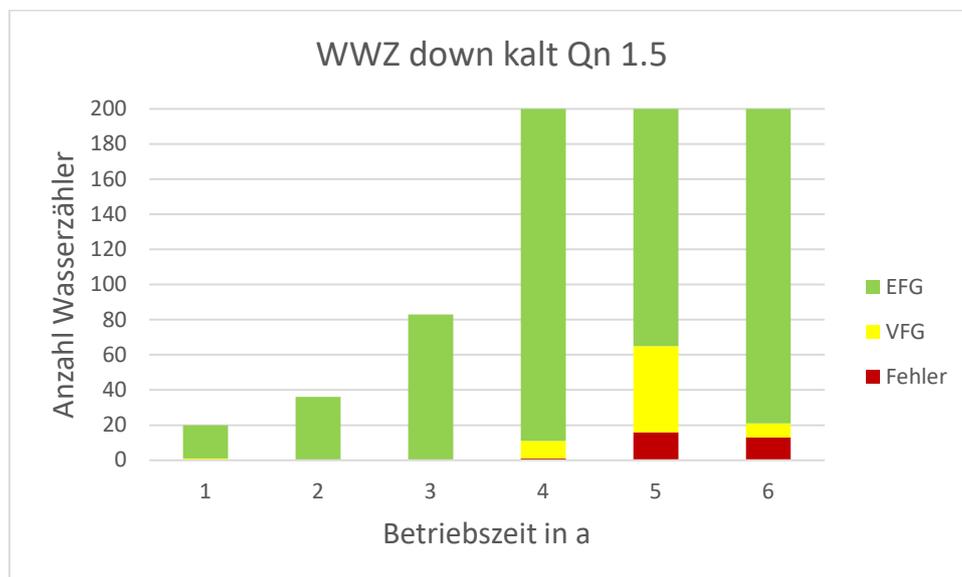
Für die Auswertung nach Betriebszeit wurde für jede Stichprobe die Anzahl der Wasserzähler aufgetragen, die die Prüfung nach EFG und VFG bestanden bzw. nicht bestanden haben. Daraus lässt sich eine mögliche Abhängigkeit zwischen Betriebszeit und Messverhalten der Zähler ableiten. In den Abbildungen 2 und 3 ist jeweils die Verteilung einer Stichprobe dargestellt. Die Farben für nach VFG die Prüfung bestanden und nicht bestanden Zählern sind analog zu Abbildung 1a zugeordnet. Zu beachten ist, dass die y-Achse beim Wert 200 abgeschnitten ist, um die relevanten unteren Bereiche erkennen zu können. Um eine dadurch implizierte Fehldeutung der Ergebnisse zu vermeiden, wurden die Originaldaten der Zähleranzahlen tabellarisch den Abbildungen beigelegt.

Es werden stellvertretend für alle betrachteten Stichproben zwei der Stichproben diskutiert: Eine Stichprobe WWZ aus Kaltwasserzählern (Abb. 2) und eine zweite Stichprobe WWZ aus Warmwasserzählern (Abb. 3). Der Großteil der Zähler wurde nach fünf Jahren ausgebaut, was einer Eichperiode für Warmwasserzähler entspricht, wohingegen Kaltwasserzähler ein Eichintervall von sechs Jahren haben. Für eine bessere Vergleichbarkeit wurden hier die Zähler

durchgängig nach einer Betriebszeit von fünf Jahren betrachtet. Der Anteil an Zählern, der die Prüfung nicht bestanden hat, würde hier für die Kaltwasserzähler 0,60 % und für die Warmwasserzähler 0,44 % betragen. Für Kaltwasserzähler nach einer Betriebszeit von sechs Jahren beträgt der Anteil an Zähler, der die Prüfung nach VFG nicht bestanden hat, 0,84 %.

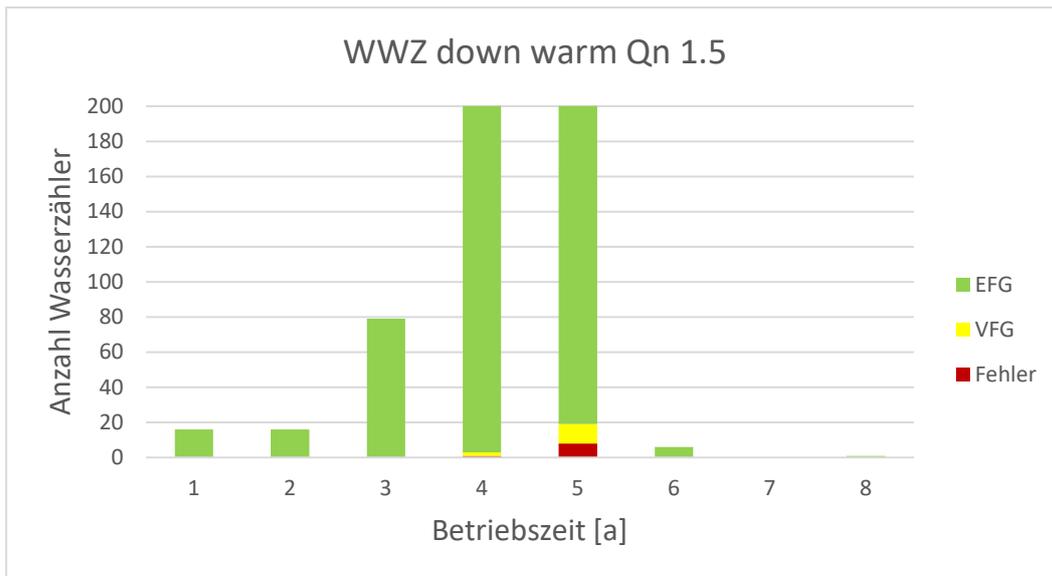
Erkenntnis aus den Untersuchungen:

Ein schlechteres Abschneiden der Warmwasserzähler gegenüber der Kaltwasserzähler ist in dieser Untersuchung nicht nachzuweisen. In diesem Beispiel ist festzustellen, dass die Anzahl nicht bestandener Kaltwasserzähler nach sechs Jahren gegenüber der Anzahl an nicht bestandenen Kaltwasserzählern nach fünf Jahren um einen viertel Prozentpunkt steigt.



Betriebsjahre	1	2	3	4	5	6
■ EFG absolut	19	36	83	751	1904	685
%	95	100	100	98,6	96,7	97
■ VFG absolut	1	0	0	10	49	8
%	5	0	0	1,3	2,5	1,1
■ Fehler absolut	0	0	0	1	16	13
%	0	0	0	0,1	0,8	0,8

Abb. 2: Anzahl an Kaltwasserzählern einer WWZ-Stichprobe, die die Prüfung nach EFG oder VFG bestanden bzw. nach VFG nicht bestanden haben, y-Achsenwerte bei 200 abgeschnitten



Betriebsjahre	1	2	3	4	5	6	7	8
■ EFG absolut %	16 100	16 100	79 100	707 99,6	1214 98,5	6 100	-	1 100
■ VFG absolut %	0 0	0 0	0 0	2 0,3	11 0,9	0 0	-	0 0
■ Fehler absolut %	0 0	0 0	0 0	1 0,1	8 0,6	0 0	-	0 0

Abb. 3: Anzahl an Warmwasserzählern einer WWZ-Stichprobe, die die Prüfung nach EFG oder VFG bestanden bzw. nach VFG nicht bestanden haben, y-Achsenwerte bei 200 abgeschnitten

Die Auswertung nach der Betriebszeit für die Daten des Großversuchs lassen den Schluss zu, dass keine grundsätzlichen Probleme bei der Auswertung von Warm- und Kaltwasserzählern in einer gemeinsamen Stichprobe entstehen würden. Dafür könnten Warm- und Kaltwasserzähler gleichen Herstellers, Typs und Ausbaujahres in eine Stichprobe zur Auswertung gegeben werden unter Verwendung der VFG für Kaltwasserzähler. In der hier verwendeten Fassung der GM-VA SPV besteht die Möglichkeit, Zähler in eine Stichprobe zu geben, die bis zu einem Eichjahr auseinanderliegen. Das würde für eine mögliche Auswertung der Kalt- und Warmwasserzähler in einer Stichprobe bedeuten, dass sogar die Eichintervalle von fünf Jahren für Warmwasserzähler und von sechs Jahren für Kaltwasserzähler eingehalten werden können, also die Kaltwasserzähler nicht ein Jahr früher getestet werden müssten.

3.3 Auswertung nach Ausbaustand

Die Wasserzähler der einzelnen Stichproben wurden nach ihrem Ausbaustand, also dem abgelesenen Zählerstand zum Zeitpunkt des Ausbaus aus dem Betriebsnetz eingeteilt und in Relation zur jeweiligen Messabweichung ausgewertet. In den Abbildungen 4 - 7 sind die Messabweichungen der HWZ einer Stichprobe dargestellt. In diesem Beispiel wurden die HWZ für Kaltwasser im Downstream-Verfahren gemessen. Zu sehen sind die Messabweichungen über dem Ausbaustand für die Prüfpunkte Q₄ bis Q₁, denen je nach Zählertyp verschiedene Volumenströme zugeordnet sind. Als blaue Punkte sind die einzelnen Wasserzähler dargestellt, die grüne Linie entspricht der zulässigen EFG, die gelbe Linie der VFG. Zu beachten ist, dass für Q₁ mit 5 % EFG und 10 % VFG höhere Abweichungen zulässig sind als bei Q₂ bis Q₄ mit 2 % EFG und 4 % VFG für Kaltwasserzähler.

Die in den Abbildungen 4 - 7 gezeigten Ergebnisse sind stellvertretend für alle Stichproben, die in diesem Projekt betrachtet wurden. Es kann festgestellt werden, dass tendenziell die Anzahl der extremen Ausreißer bzw. der Stehenbleiber mit jedem neuen Prüfpunkt geringer wird. In diesem Beispiel gut zu sehen, nimmt von Q₄ nach Q₁ die Anzahl an extremen Ausreißern zu. Gemessen wurde hier, wie eingangs erwähnt, im Downstream-Verfahren. Ansonsten sind keine Systematiken erkennbar.

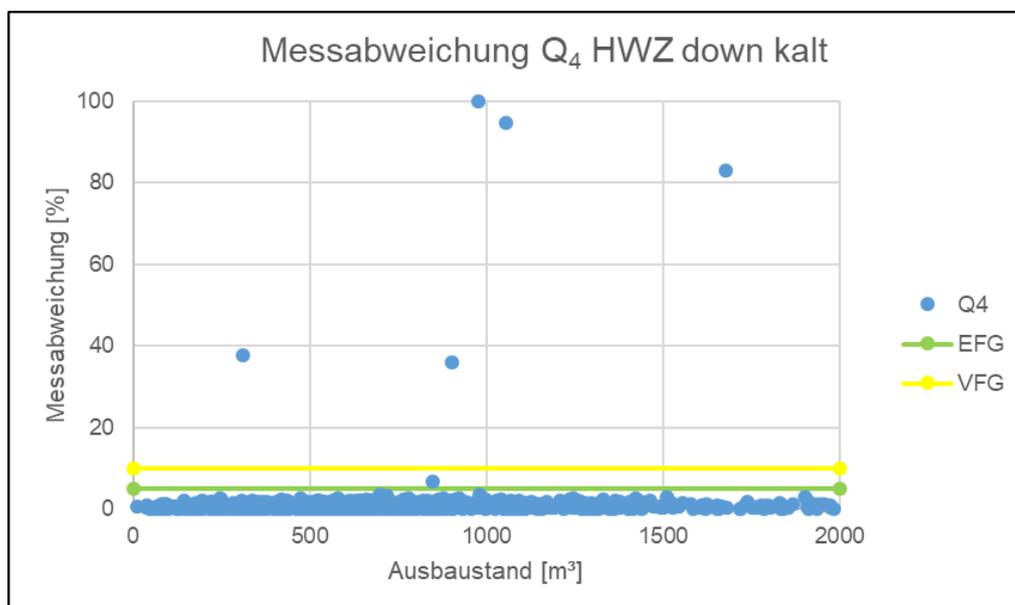


Abb. 4: Messabweichung (absolut) der HWZ einer Stichprobe für den Prüfpunkt Q₄

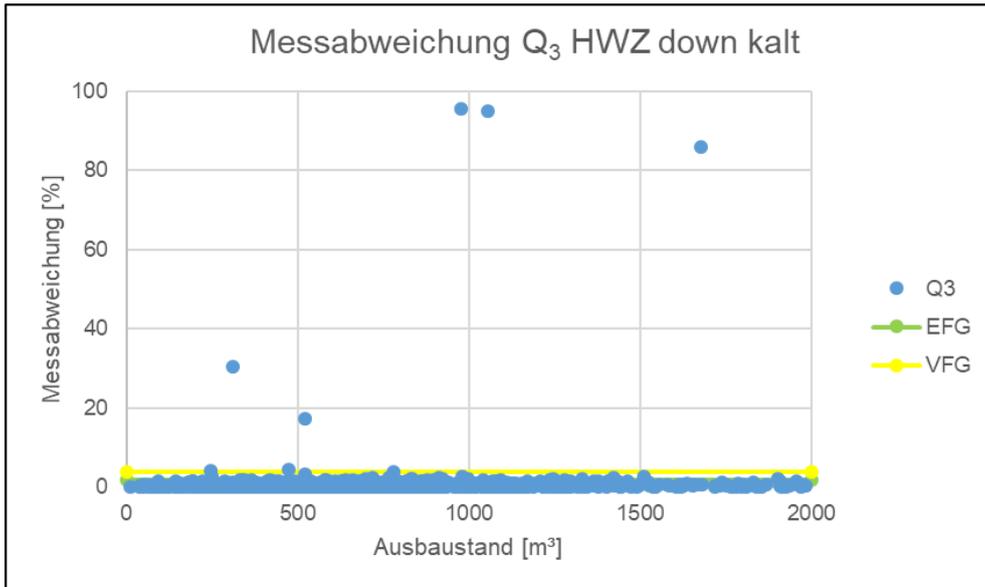


Abb. 5: Messabweichung (absolut) der HWZ einer Stichprobe für den Prüfpunkt Q₃

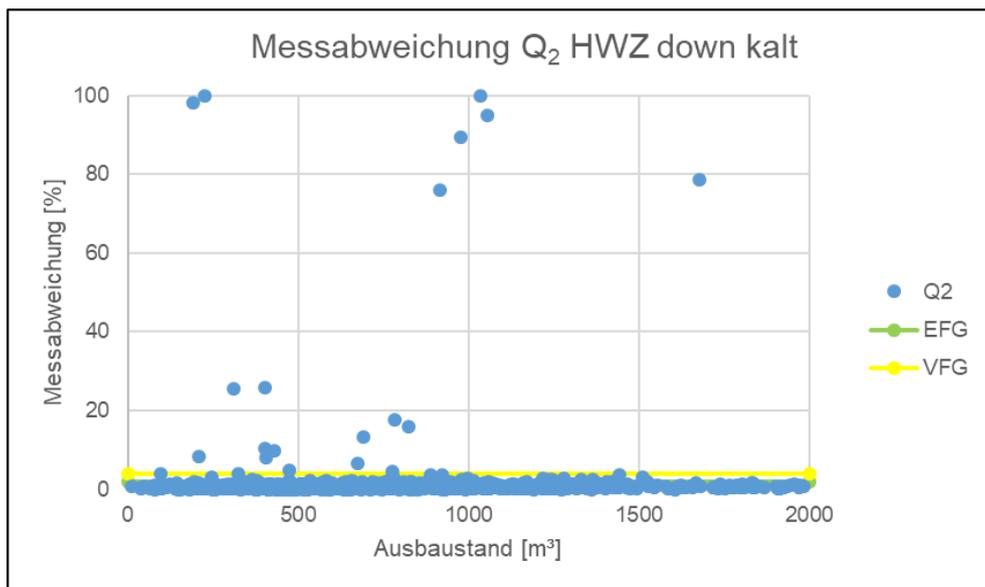


Abb. 6: Messabweichung (absolut) der HWZ einer Stichprobe für den Prüfpunkt Q₂

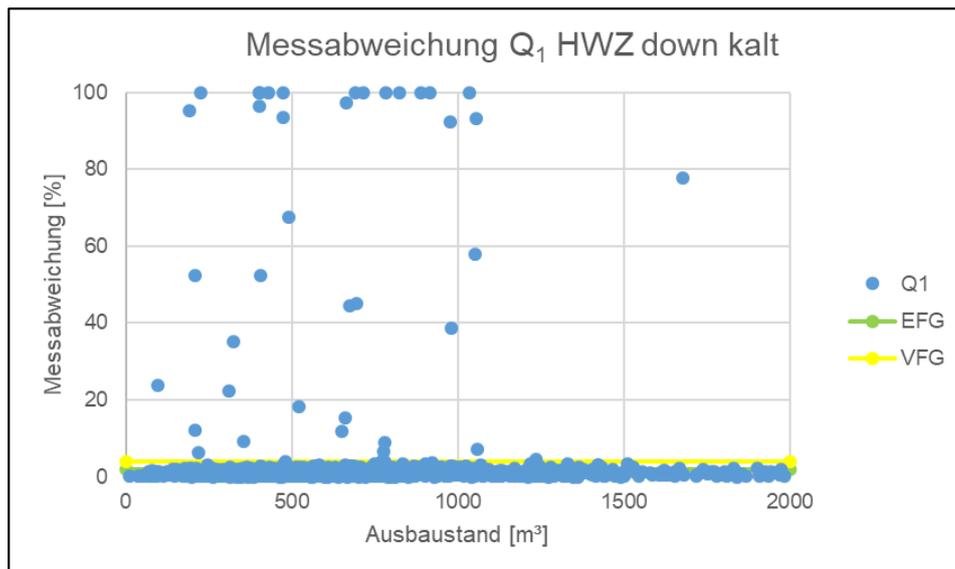


Abb. 7: Messabweichung (absolut) der HWZ einer Stichprobe für den Prüfpunkt Q₁

Erkenntnis aus den Untersuchungen:

Eine Abhängigkeit der Messabweichung vom Ausbaustand konnte anhand der Untersuchungen nicht gefunden werden. Unterschiede zwischen Upstream- und Downstream-Messung können durch Freispüleffekte erklärt werden. Die bei der Prüfung eingestellten Volumenströme entsprechen nicht den Realbedingungen bzw. den üblichen Durchflüssen und führen daher teilweise zum Freispülen von Inkrustationen, Verkalkungen und Verschmutzungen in den Wasserzählern. Das liegt daran, dass die Zähler im Prüfbetrieb über längere Zeit mit hohen Durchflüssen (bis zu 4000 l/h) geprüft werden, die unter Realbedingungen in der Regel nicht zustande kommen. Die höhere Anzahl an größeren Messabweichungen zu niedrigeren Durchflussraten hin lässt sich damit erklären, dass sich aufgrund von Reibungseffekten bei den mechanischen Zählern Verschmutzungen und Ablagerungen im niedrigeren Durchflussbereich generell stärker auswirken.

3.4 Auswertung der Daten nach Stichprobenverfahren

Für die Daten des Großversuchs wurden die verschiedenen Varianten der Durchführung des Stichprobenverfahrens, die die GM-VA SPV zulässt, in Tabelle 4 dargestellt.

Bei der Auswertung nach den verschiedenen Varianten des Stichprobenverfahrens wurden die Daten des Großversuchs in elf Stichproben unterteilt. Für die Auswertung wurden alle Stehenbleiber aussortiert, da es um einen Vergleich unter optimalen Bedingungen ging.

Für die einzelnen Stichproben wurden Zähler nach dem Zufallsprinzip ausgewählt. Die Anzahl auszuwählender Zähler variierte dabei, genau wie die Anzahl erlaubter die Prüfung nicht bestandener Zähler, abhängig von der Größe der Stichprobe und dem angewandten Ansatz wie in Abschnitt [2.1](#) beschrieben.

Für die Daten des Großversuchs ist zu erkennen, dass es zwischen den Verfahren starke Unterschiede in der Anzahl bestandener Stichproben gibt, unabhängig vom Zählerhersteller. Im alten Verfahren wie auch im angepassten Verfahren sind mit ein und zwei nicht bestandenen Stichproben kaum Unterschiede zu verzeichnen. Im neuen Verfahren hingegen hätten sechs von elf Stichproben nicht bestanden.

Tabelle 4: Ergebnisse für die Stichproben aus dem Großversuch nach den möglichen Varianten zur Durchführung des Stichprobenverfahrens; rechte Seite in Ergebnisspalten: zulässige Anzahl fehlerhafter Messgeräte; rot: Stichprobenprüfung nicht bestanden (zu Kriterien: s. Anhänge 1 – 3 in [1])

Stichprobenumfang	Stehenbleiber	Ergebnis altes Verfahren	Ergebnis angepasstes Verfahren	Ergebnis neues Verfahren	Hersteller
761	6	$1 \leq 1$	$4 > 1$	$1 > 0$	1
686	12	$2 > 1$	$4 > 1$	$3 > 0$	2
2658	15	$1 \leq 3$	$1 \leq 3$	$2 > 1$	3
845	1	$0 \leq 1$	$1 \leq 1$	$0 \leq 0$	3
1938	5	$0 \leq 3$	$0 \leq 3$	$0 \leq 1$	3
696	11	$0 \leq 1$	$0 \leq 1$	$1 > 0$	2
742	4	$1 \leq 1$	$1 \leq 1$	$1 > 0$	1
2661	14	$1 \leq 3$	$1 \leq 3$	$2 > 1$	3
846	0	$0 \leq 1$	$0 \leq 1$	$0 \leq 0$	3
1237	1	$0 \leq 3$	$2 \leq 3$	$0 \leq 1$	3
788	1	$0 \leq 1$	$0 \leq 1$	$0 \leq 0$	3

Erkenntnis aus den Untersuchungen:

Es ist kein „herstellerabhängiges Stichprobenversagen“ festzustellen, wobei diese Aussage bei der geringen Anzahl an Stichproben pro Hersteller keine große Aussagekraft besitzt, sondern einen tendenziellen Charakter hat.

Der Anteil nicht bestandener Stichproben steigt bei dem neuen Verfahren (55 %) gegenüber dem alten Verfahren (9 %) und dem angepassten Verfahren (18 %) deutlich an.

3.5 Zwischenfazit zur Untersuchung der Daten des Großversuchs

Aus der Auswertung der Daten des Großversuchs konnten nachfolgende Schlüsse gezogen werden:

1. Durch die geografische Betrachtung konnten gebietsabhängige Fehlerhäufungen ausgeschlossen werden. Das heißt, ein gehäuftes Auftreten von Zählern, die nach VFG die Prüfung nicht bestanden haben, in einem Teilgebiet durch andere Wasserzusammensetzung oder andere äußere Einflüsse konnte für das Gebiet nicht festgestellt werden.
2. Es konnte keine Abhängigkeit der Messabweichung von der Betriebszeit festgestellt werden. Die Auswertung der Messabweichung nach Ausbaustand ergab, dass es keine Abhängigkeit zwischen diesen gibt. Allerdings hat das Prüfprogramm Auswirkungen auf Stehenbleiber. Diese Zähler werden bei hohen Durchflüssen bzw. langen Spülzeiten teilweise freigespült und wieder gängig.
3. Die Ergebnisse für Kalt- und Warmwasserzähler sind vergleichbar. Es gibt keine Anhaltspunkte, die grundsätzlich gegen eine gemeinsame Prüfung nach fünf Jahren sprechen unter Zugrundelegung der Fehlergrenzen für Kaltwasserzähler.
4. Die Auswertung nach Stichprobenverfahren ergab, dass die Stichproben für die hier untersuchten Zähler von diesen herstellerunabhängig bestanden werden oder diese durchfallen. Außerdem führt die Anwendung des neuen Verfahrens dazu, dass wesentlich mehr Stichproben das Testverfahren nicht bestehen. Im Beispiel aus Abschnitt [3.4](#) ergibt sich für das neue Verfahren gegenüber dem angepassten Verfahren eine dreifach höhere Durchfallquote (55 % statt 18 %). Gegenüber dem alten Verfahren liegt sie sogar beim Sechsfachen (55 % statt 9 %). Das angepasste Verfahren verdoppelt die Durchfallquote auf Basis des alten Verfahrens und stellt somit für die betrachteten Stichproben eine Verschärfung dar.

Die aufgeführten Punkte sind auf die Daten des Großversuchs aus Hamburg bezogen und nicht allgemeingültig. Um eine allgemeingültige Aussage zu bekommen, wären ähnliche Untersuchungen in weiteren Teilen Deutschlands wünschenswert. Leider war es trotz intensiver Bemühungen bisher nicht möglich, ähnliche Untersuchungen flächendeckend durchzuführen.

4. Untersuchung von Wasserzählern in der PTB auf dem Doppelkolbenprüfstand und dem Experimentier- und Wasserzählerprüfstand der PTB

Um die aus den Daten des Großversuchs gewonnenen Erkenntnisse zu verifizieren und weiter zu verfolgen, wurden durch die PTB weitere Zähler auf Systematiken oder Auffälligkeiten untersucht. Dazu wurden WWZ von Hamburg Wasser und verschiedene HWZ und WWZ, die von der Eichdirektion Nord aus unterschiedlichen Bereichen ihrer Einzugsgebiete bereitgestellt wurden, in der PTB untersucht. Von Hamburg Wasser wurde zusätzlich zu den gebrauchten Zählern eine Charge neuwertiger Zähler zur Verfügung gestellt, deren Messverhalten als Vergleich diente. Die Zähler sind in acht Chargen aufgeteilt, die Merkmale sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Ausführliche Angaben zu den Zählern finden sich in den Tabellen 6 und 7 im Anhang.

Die Zähler wurden auf dem Doppelkolbenprüfstand (DKPS) und dem Experimentier- und Wasserzählerprüfstand (EWZP) gemessen. Mit dem Doppelkolbenprüfstand sind Durchflussmessungen über einen größeren Temperaturbereich als mit dem Experimentier- und Wasserzählerprüfstand möglich.

Tabelle 5: In der PTB untersuchte Chargen an Wasserzählern

WWZ						
Bauart	Charge	Bereitsteller	Hersteller	Anzahl	Zustand	Warmwasserzähler/ Kaltwasserzähler
Messkapsel	1	Hamburg Wasser	3	5	neuwertig	2/3
Messkapsel	1	Hamburg Wasser	4	5	neuwertig	3/2
Messkapsel	2	Hamburg Wasser	3	12	gebraucht	6/6
Messkapsel	3	Eichdirektion Nord	4	6	gebraucht	3/3
HWZ						
Bauart	Charge	Bereitsteller	Hersteller	Anzahl	Zustand	
Ringkolben	4	Eichdirektion Nord	5	1	gebraucht	
Nassläufer	4	Eichdirektion Nord	2	1	gebraucht	
Ringkolben	4	Eichdirektion Nord	2	2	gebraucht	
Ringkolben	4	Eichdirektion Nord	4	2	gebraucht	
WWZ						
Bauart	Charge	Bereitsteller	Hersteller	Anzahl	Zustand	Warmwasserzähler/ Kaltwasserzähler
Messkapsel	5	Hamburg Wasser	3	10	gebraucht	5/5
Messkapsel	6	Hamburg Wasser	3	10	gebraucht	0/10
HWZ						
Bauart	Charge	Bereitsteller	Hersteller	Anzahl	Zustand	
Ringkolben	7	Hamburg Wasser	1	20	gebraucht	
Nassläufer	8	Hamburg Wasser	2	20	gebraucht	

Die Chargen 1 - 4 wurden auf dem DKPS gemessen, die Chargen 5 - 8 auf dem EWZP. Bei dem DKPS wurden ein Druck von 2 bar und Temperaturen von 10 °C, 20 °C, 30 °C und 40 °C (jeweils ± 1 °C) eingestellt. Beim EWZP wurden die Zähler bei 20 °C und 3 bar getestet. Bei beiden Prüfständen wurden die Zähler mittels einer optischen Abtastung am Anlaufstern geprüft. Die Prüfpunkte für die WWZ liegen für Q_1 bei 62,5 l/h, für Q_2 bei 100 l/h und für Q_3 bei 2500 l/h. Für jeden Prüfpunkt wurden sechs Wiederholungsmessungen durchgeführt. Die Prüfpunkte der HWZ liegen für Q_1 bei 50 l/h für Q_2 bei 80 l/h, und für Q_3 bei 4000 l/h. Da sich bei HWZ die Messzeit auf dem DKPS für Q_3 auf weniger als 5 s reduzierte und dadurch keine ausreichend genaue Messung gewährleistet werden konnte, wurden lediglich Q_1 und Q_2 betrachtet. Die geringe Messzeit am DKPS ist der Tatsache geschuldet, dass maximal 5 l pro Messung genutzt werden können, was einem Kolbenhub des DKPS entspricht. Bei den Untersuchungen auf dem EWZP bestand diese Einschränkung nicht. Dafür konnte nicht das Temperaturspektrum abgedeckt werden, welches am DKPS möglich ist.

Für die Chargen 1, 3 und 6 der WWZ wurden anhand der Messungen keine Zähler festgestellt, die nach VFG die Prüfung nicht bestanden hätten. In Charge 2 und 5 gab es jeweils Zähler mit ausschließlich negativer Messabweichung, die nach VFG die Prüfung nicht bestanden hätten.

Für Charge 4 der HWZ gab es einen Zähler mit rein positiven Messabweichungen, der die Prüfung nach VFG nicht bestanden hätte, für Charge 7 und 8 gab es jeweils positive und negative Messabweichungen für Zähler, die nach VFG die Prüfung nicht bestanden hätten.

Eine negative Messabweichung bedeutet, dass der Wasserzähler weniger Wasser gemessen hat, als ihn tatsächlich durchströmt hat. Eine positive Messabweichung bedeutet hingegen, dass der Zähler mehr Wasser gemessen hat, als ihn tatsächlich durchströmt hat. Eine Betrachtung im Hinblick auf mögliche Systematiken ist deswegen von Interesse.

4.1 Unterschiede der Messabweichung zwischen Kalt- und Warmwasserzählern

Die WWZ unterteilen sich in Kalt- und Warmwasserzähler, wobei es sich bei beiden Zählerkategorien um Messkapselzähler gleicher Bauart handelt. Es wurden vier Chargen untersucht, in denen sowohl Warm- als auch Kaltwasserzähler vorkommen, die Chargen 1 - 3 und Charge 5. Lediglich in Charge 2 und 5 gab es Zähler, welche nach VFG die Prüfung nicht bestanden hätten.

In Charge 2 gab es bei den Warmwasserzählern drei von sechs Zählern, bei den Kaltwasserzählern zwei von sechs Zählern, die die Prüfung nach VFG nicht bestanden hätten. Die Messabweichungen der Zähler aus Charge 2 sind in Abbildung 8 dargestellt. In der Legende sind die Fertigungsnummern zur Zuordnung hinterlegt. Die schwarze Kurve gibt die VFG wieder.

In rot sind die Messabweichungen für die Warmwasserzähler und in blau die Messabweichungen für die Kaltwasserzähler zu sehen. In Charge 5 haben alle Warmwasserzähler die Prüfung bestanden, bei den Kaltwasserzählern haben vier von fünf Zählern bestanden. In Abbildung 9 sind die Messabweichungen für Charge 5 aufgetragen.

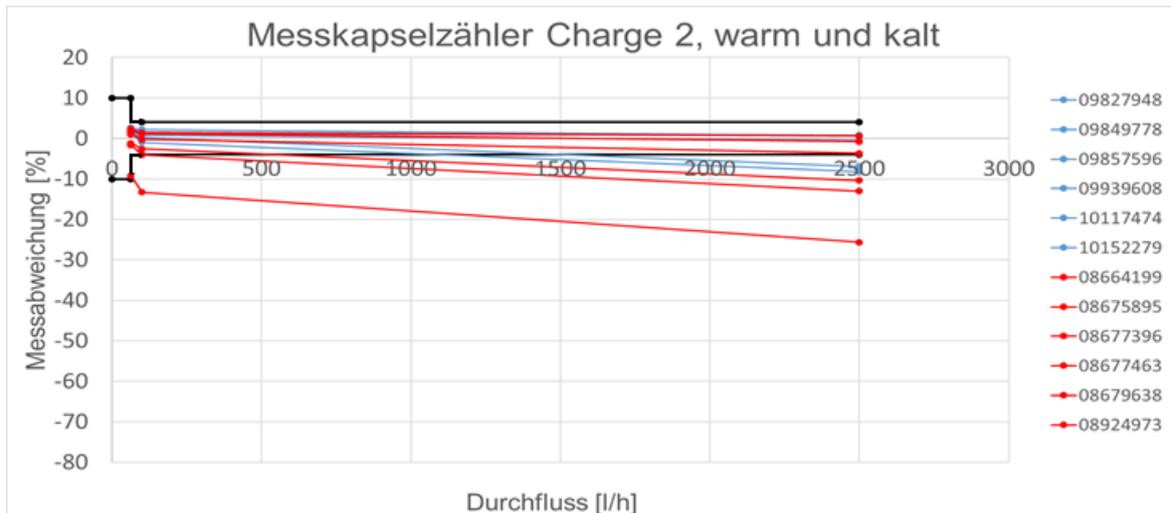


Abb. 8: Messabweichungen WWZ Charge 2, blau: Kaltwasserzähler, rot: Warmwasserzähler

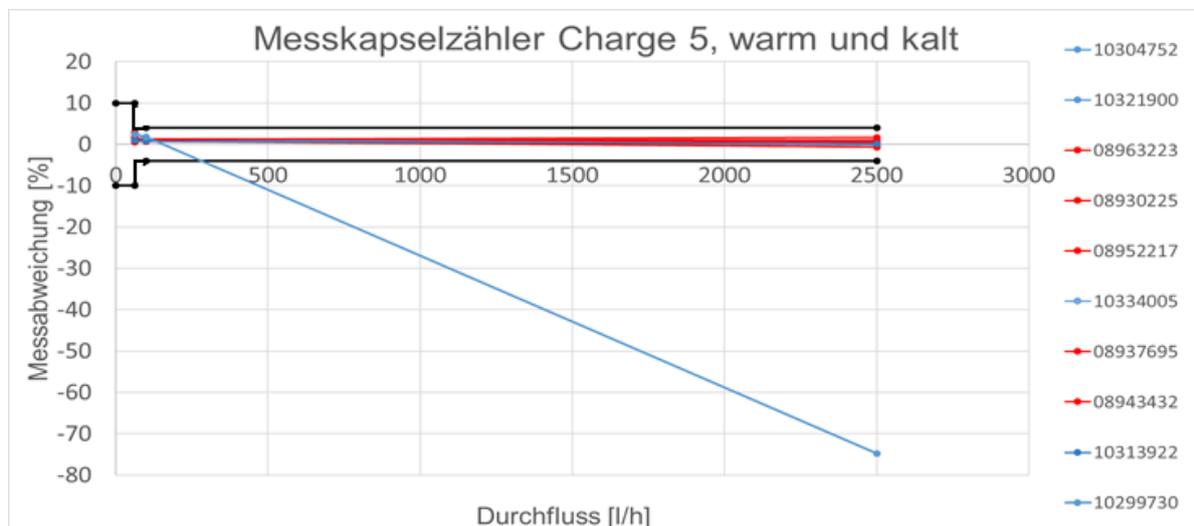


Abb. 9: Messabweichungen WWZ Charge 5, blau: Kaltwasserzähler, rot: Warmwasserzähler

Erkenntnis aus den Untersuchungen:

Bei Charge 2 hätten zwei von sechs Kaltwasserzähler und drei von sechs Warmwasserzähler die Prüfung nach VFG nicht bestanden. Bei Charge 5 hingegen haben alle Warmwasserzähler und vier von fünf Kaltwasserzählern bestanden. Wie bereits in Abschnitt [3.3](#) für die Daten des Großversuchs festgestellt wurde, kann auch für die in der PTB untersuchten Warm- und Kaltwasserzähler kein systematischer Unterschied in Bezug auf die Messabweichungen festgestellt werden.

4.2 Unterschiede WWZ bei Wiederholungsmessungen

Für die Auswertung der Wasserzähler wurden ausgewählte Zähler nochmals gemessen. Vor allem für Zähler mit großen Messabweichungen ist dies relevant, um Fehler auszuschließen. Nochmals gemessen wurden dabei drei neuwertige WWZ, drei gebrauchte WWZ von Hamburg Wasser und ein gebrauchter WWZ der Eichdirektion Nord. Diese Wiederholungsmessungen führten bei einigen der Zähler, die die VFG nicht eingehalten hatten, dazu, dass die VFG bzw. sogar die EFG eingehalten werden konnte. Wiederholungsmessungen bei anderen Zählern ergaben hingegen keine Änderung in den Messabweichungen. Die Prüfbedingungen waren dabei gleich. In Abbildung 10 ist ein Beispiel für eine deutlich veränderte Messabweichung bei erneuter Messung eines in diesem Fall neuwertigen Kaltwasserzählers beim Prüfpunkt Q_3 dargestellt. Die dunkelblaue Linie ist dabei die erste Messung, die hellblaue Linie ist die Wiederholungsmessung. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Zähler im ersten Durchlauf weit über der zulässigen Abweichung von 4 % liegt, in der wiederholten Messung erhält man Ergebnisse nahe 0 % Abweichung und damit innerhalb der VFG. Da es sich hier um einen neuwertigen, nie im Wassernetz verbauten Zähler handelt, ist es fraglich, wie es zu der Fehlmessung kam.

Ähnliches konnte bei Charge 2 beobachtet werden, wobei es sich hier um gebrauchte Zähler handelte. Dort wurden sechs Zähler, die die VFG nicht eingehalten haben nochmals gemessen. Ein Zähler konnte in der wiederholten Messung den Grenzwert einhalten. Im Gegenzug konnten fünf Zähler die VFG nach Wiederholungsmessung auch weiterhin nicht einhalten.

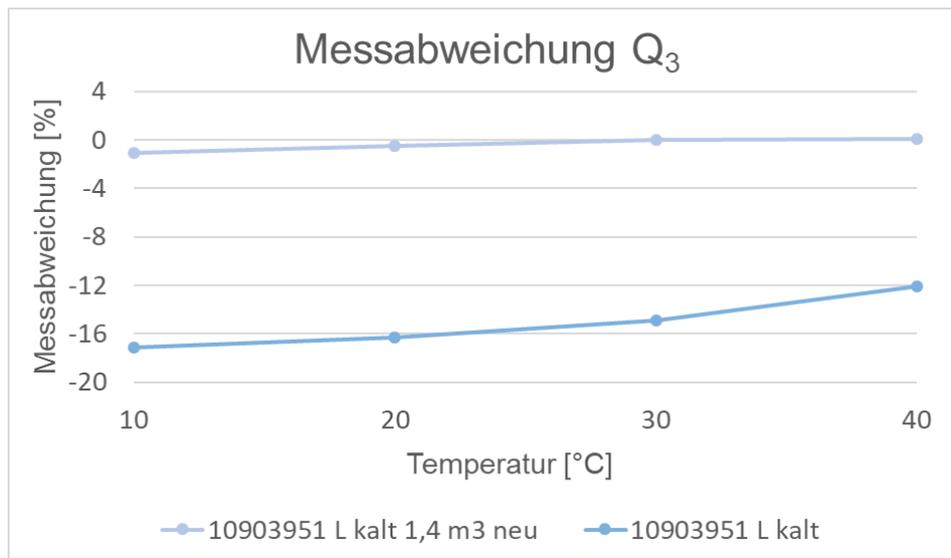


Abb. 10: Wiederholungsmessung eines neuwertigen WWZ

Erkenntnis aus den Untersuchungen:

Aufgrund von nicht abschließend zu klärenden Einflüssen kam es teilweise zu Änderungen der gemessenen Messabweichung bei Wiederholungsmessungen. Eine potenzielle Fehlerquelle im Falle des neuwertigen Zählers ist eine mögliche Beeinträchtigung durch den Transport. Auch die für das Gebiet von Hamburg Wasser ungewöhnlich hohen Durchfallquoten könnten eventuell auf zu lange Lagerung der Zähler oder Transportprobleme zurückzuführen sein.

4.3 Unterschiede neuwertiger WWZ für verschiedene Temperaturen und Hersteller

In diesem Projekt wurde, wie in Abschnitt 4 bereits ausgeführt, eine Charge neuwertiger WWZ von Hersteller 4 und Hersteller 3 getestet. Anhand von Abbildung 11 wird deutlich, dass Zähler der beiden Hersteller bei verschiedenen Temperaturen teilweise systematisch unterschiedlich reagieren. Es konnten Abweichungen im Zählerverhalten von bis zu 4 % bei Q_1 bestimmt werden. Für Q_2 tritt noch ein geringfügig systematischer Unterschied auf. Bei Q_3 schließlich überlagern sich die Kurven der Messabweichung für die Zähler der beiden Hersteller, weshalb die Messabweichungen als signifikant anzusehen sind.

Es ist klar zu sehen, dass die Messabweichung für Zähler von Hersteller 4 bei Q_1 und sinkender Temperatur um etwa 5 % zunimmt. Die Messabweichung der Zähler von Hersteller 3 erhöht sich dabei lediglich um etwa 1 %. Die Standardabweichungen der Messungen sind mindestens eine Größenordnung kleiner.

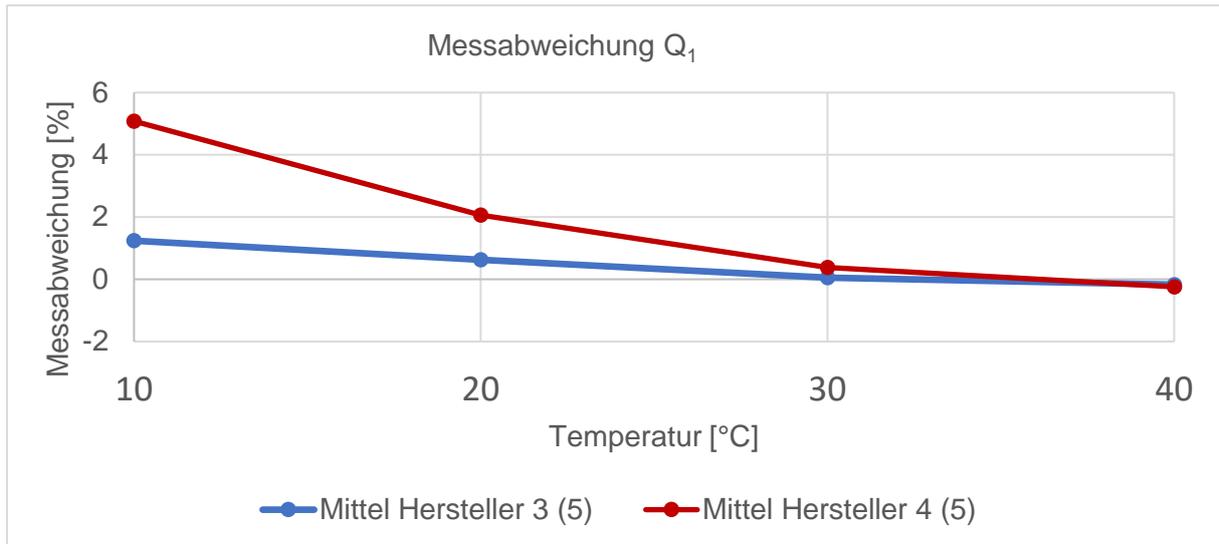


Abb. 11: Unterschied der Messabweichung bei Q_1 zwischen neuwertigen WWZ von Hersteller 3 und Hersteller 4, Mittel über jeweils fünf Zähler

Anhand dieser exemplarischen Untersuchung zeigt sich, dass WWZ schon vor dem in den Verkehr bringen Messabweichungen in der Größenordnung von mehreren Prozent aufweisen können, wenn ihr Messverhalten bei verschiedenen Temperaturen betrachtet wird. Die geringsten Abweichungen traten bei den betrachteten neuwertigen Zählern bei Q_2 auf.

Erkenntnis aus den Untersuchungen:

Die Zähler der beiden Hersteller reagieren in dieser Charge systematisch anders auf variierende Temperaturen. Da die Zähler normalerweise bei 20 °C geprüft werden, ist das Verhalten seitens der Hersteller bei anderen Temperaturen nicht oder nur teilweise charakterisiert. So kam es bei dieser Zählercharge von Hersteller 4 bei der kleinsten Prüftemperatur (10 °C) und dem kleinsten Prüfdurchfluss (Q_1) zu den größten Abweichungen (5 %).

4.4 Messabweichungen der HWZ bei verschiedenen Temperaturen

Bei den in Charge 4 betrachteten HWZ konnten bei sechs geprüften Zählern fünf Exemplare die VFG einhalten. Charge 4 wurde bei vier verschiedenen Temperaturen gemessen. Die Abbildungen 12 und 13 zeigen die Ergebnisse für die Messabweichung der HWZ bei den Prüfpunkten Q_1 und Q_2 . Die Bezeichnungen in der Legende kennzeichnen den jeweiligen Hersteller und den Ausbaustand.

Bei den in den Abbildungen 12 und 13 dargestellten Messabweichungen der gebrauchten HWZ der Charge 4 ist zu erkennen, dass alle Zähler nur um etwa 1 % bei den verschiedenen

Messtemperaturen abweichen, mit Ausnahme von Hersteller 2 – Zählertyp 2. Dieser Zähler ist baugleich mit Hersteller 2 – Zählertyp 3 und sollte somit vergleichbare Messabweichungen haben. Stattdessen verläuft die Messabweichung z. B. für Q_2 von etwa 4 % bei 10 °C, zu -1 % bei 40 °C und kreuzt dabei den Verlauf von Hersteller 2 – Zählertyp 2. Diese Unterschiede und die Tatsache, dass die VFG überschritten wird, zeigen, dass der HWZ nicht korrekt misst bzw. verglichen mit dem baugleichen Hersteller 2 – Zählertyp 2 sehr temperaturempfindlich ist.

Der Zähler Hersteller 2 – Zählertyp 1 ist ein Nassläufer. Durch die unterschiedliche Bauart ist er nicht mit den beiden anderen Zählern von Hersteller 2 vergleichbar. Auch der Zähler von Hersteller 5 kann nicht mit einem zweiten verglichen werden, da er das einzige Exemplar dieses Herstellers war, das zur Verfügung stand. Die beiden Zähler von Hersteller 4 verhalten sich vergleichbar.

Erkenntnis aus den Untersuchungen:

Da bei Charge 4 nur wenige Exemplare des gleichen Herstellers und gleicher Bauart gemessen wurden, kann hier auch nur wenig verglichen werden. Es gibt keine anzumerkenden Auffälligkeiten. Nicht unerwartet haben alle getesteten HWZ mit etwa 1000 m³ im Durchschnitt höhere Ausbaustände als die WWZ im Durchschnitt mit etwa 100 m³. Sie waren somit generell höheren Belastungen ausgesetzt als die WWZ, was sich aber nicht in den Messabweichungen niederschlägt. Für alle drei Prüfpunkte ergibt sich ein ähnliches Bild hinsichtlich der Messabweichungen.

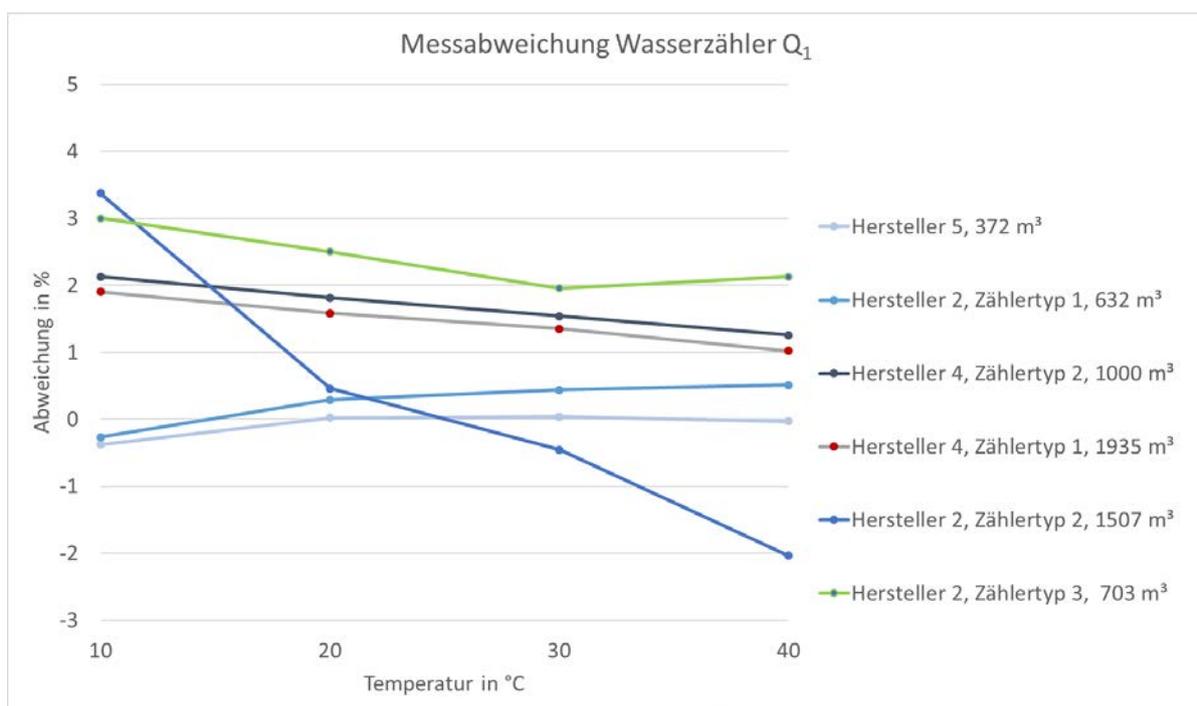


Abb. 12: Messabweichung gebrauchter HWZ der Charge 4 bei verschiedenen Temperaturen für Q_1

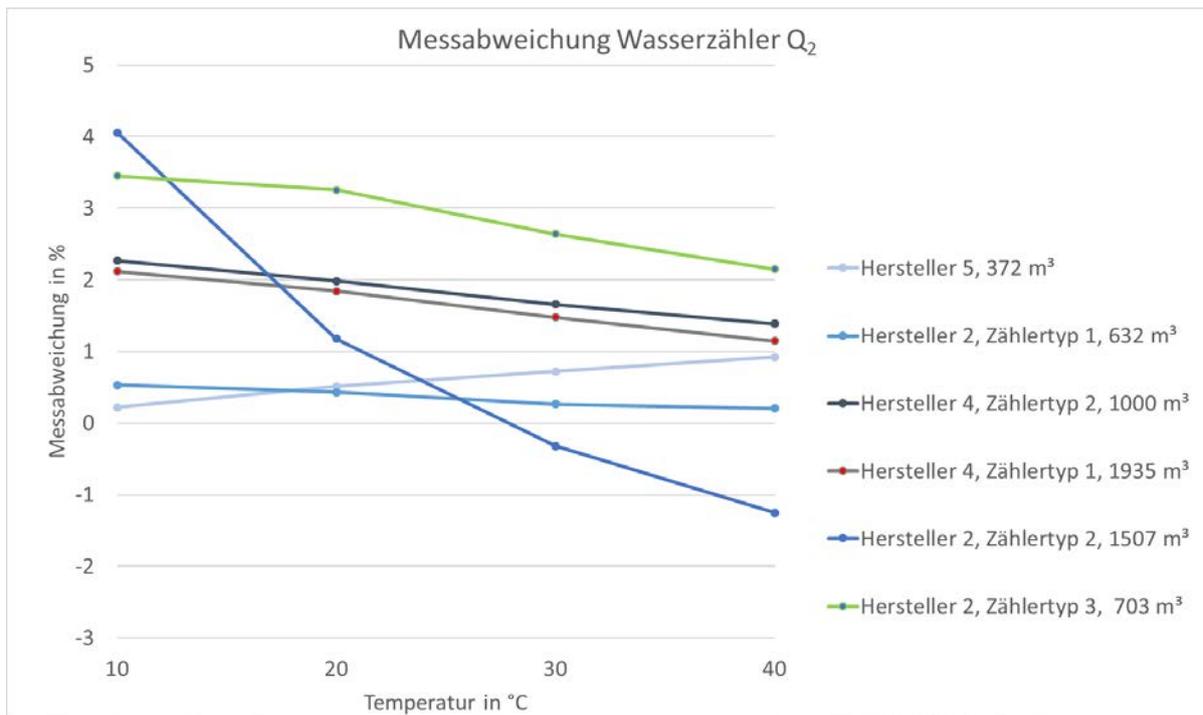


Abb. 13: Messabweichung gebrauchter HWZ der Charge 4 bei verschiedenen Temperaturen für Q_2

4.5 Zwischenfazit für die Untersuchungen der Wasserzähler in der PTB

Aus der Auswertung der Untersuchungen der Wasserzähler aus Tabelle 5 in der PTB konnten folgenden Schlüsse gezogen werden:

1. Aus den Vergleichsmessungen zwischen Warm- und Kaltwasserzählern in der PTB konnte das Ergebnis aus dem Großversuch bestätigt werden, dass kein signifikanter Unterschied zwischen der Messabweichung von Kalt- und Warmwasserzählern besteht.
2. Bei Wiederholungsmessungen einzelner WWZ konnte festgestellt werden, dass diese bei der ersten Messung über der VFG lagen, diese aber bei einer Wiederholungsmessung einhalten konnten. Ein Verhalten wie dieses könnte durch reversible Beeinträchtigungen der Zähler wie z. B. leichte Verschmutzungen zustande kommen und steht den irreversiblen Schäden wie z. B. einem Zählwerkschaden gegenüber, welcher auch nachzuweisen war. Bei Zählern mit irreversiblen Beeinträchtigungen konnte auch bei einer Wiederholungsmessung die VFG nicht eingehalten werden. Die genauen Gründe, warum die VFG im Einzelfall nicht eingehalten werden kann, sind nicht ohne weiteres festzustellen. Ein Versuch, hierzu weiteren Aufschluss zu erhalten, wird in Abschnitt 6 unternommen.

3. Bei verschiedenen Prüftemperaturen konnte für die Charge der neuwertigen WWZ (Charge 2) von Hamburg Wasser festgestellt werden, dass diese abhängig vom Hersteller und Prüfpunkt unterschiedlich auf die verschiedenen Prüftemperaturen reagierten. Bei dieser Charge stieg für die Zähler von Hersteller 4 die Messabweichung mit niedrigeren Temperaturen und kleineren Durchflüssen deutlich an, halten aber die VFG immer noch ein. Bei anderen Chargen bestehend aus gebrauchten WWZ gab es zwar sichtbare Änderungen in Abhängigkeit von der Temperatur, diese lagen aber innerhalb der VFG, sind also als nicht signifikant anzusehen. Die Temperatur hat offensichtlich einen gewissen Einfluss auf die Messabweichungen, wobei der Einfluss in gewissem Umfang herstellerabhängig zu sein scheint.

Für die gebrauchten HWZ ergaben sich bei verschiedenen Prüftemperaturen etwas unterschiedliche Messabweichungen im Prozentbereich einheitlich für die betrachteten Prüfpunkte. Lediglich ein Zähler zeigte eine deutliche Temperaturabhängigkeit seiner Messabweichungen in der Größenordnung von mehreren Prozent.

Es konnte festgestellt werden, dass die Ausbaustände der getesteten HWZ mit etwa 1000 m³ im Durchschnitt erwartungsgemäß deutlich höher waren als die der WWZ mit etwa 100 m³.

5. Verteilung der Messabweichung der Zähler

In diesem Kapitel sind die Verteilungen der Messabweichungen für die Chargen 5 und 6 sowie die Chargen 7 und 8 repräsentativ für alle in diesem Bericht untersuchten Stichproben bzw. Chargen dargestellt.

Für die Darstellung wurden die Zähler der Chargen in Klassen der Messabweichung eingeteilt. Die Anzahl an Klassen richtete sich nach der Größe der betrachteten Stichprobe. Hierfür wurde die Formel $5 \cdot \lg(n)$ verwendet, wobei n die Größe der Stichprobe war. Stehenbleiber wurden in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt. In den Chargen 5 und 6 betraf dies keine Zähler, in den Chargen 7 und 8 insgesamt vier Zähler. Dementsprechend wurden in Charge 5 & 6 zwanzig Zähler in Gruppen aufgeteilt, in Charge 7 und 8 waren es 36 Zähler.

Die in den Abbildungen 14 und 15 dargestellten Verläufe zeigen die Verteilung der Messabweichung für die jeweiligen Chargen. Es ist zu erkennen, dass die Verteilungen asymmetrisch sind, wobei es keinen Trend zu positiven oder negativen Messabweichungen gibt. Die Wahl der Klassengröße verändert zwar das Erscheinungsbild des Histogramms, aber ein asymmetrischer Verlauf bleibt erhalten. In der Regel häufen sich die Werte der Messabweichungen bei kleinen Werten. Die durchgeführten Untersuchungen sind exemplarischer Natur und aufgrund der geringen Anzahl an betrachteten Zählern nicht repräsentativ.

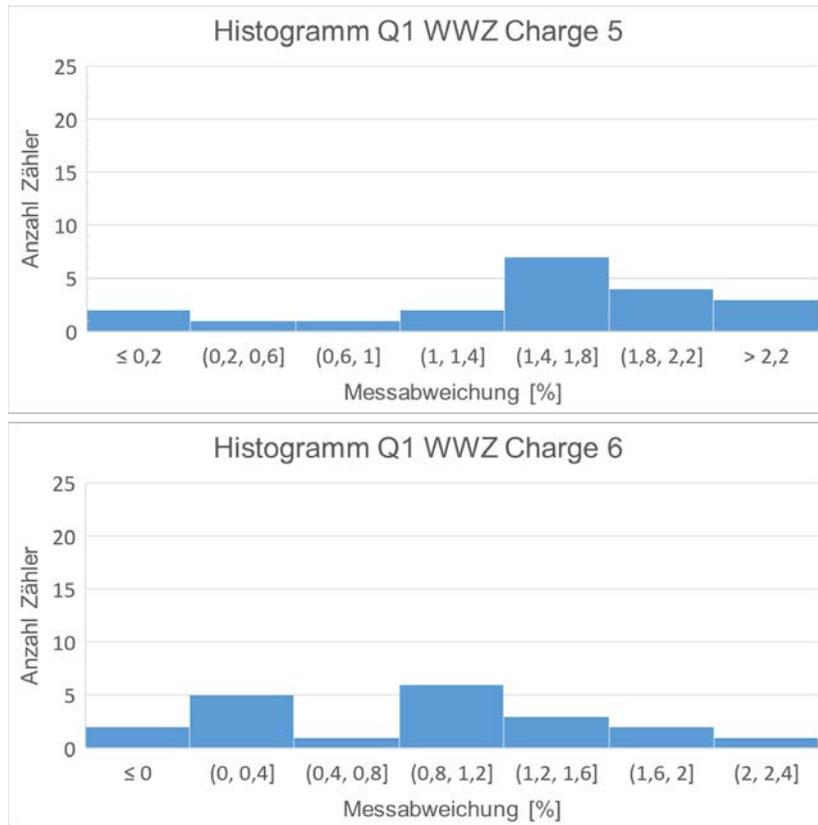


Abb. 14: Verteilung der Messabweichung für Charge 5 und 6, WWZ

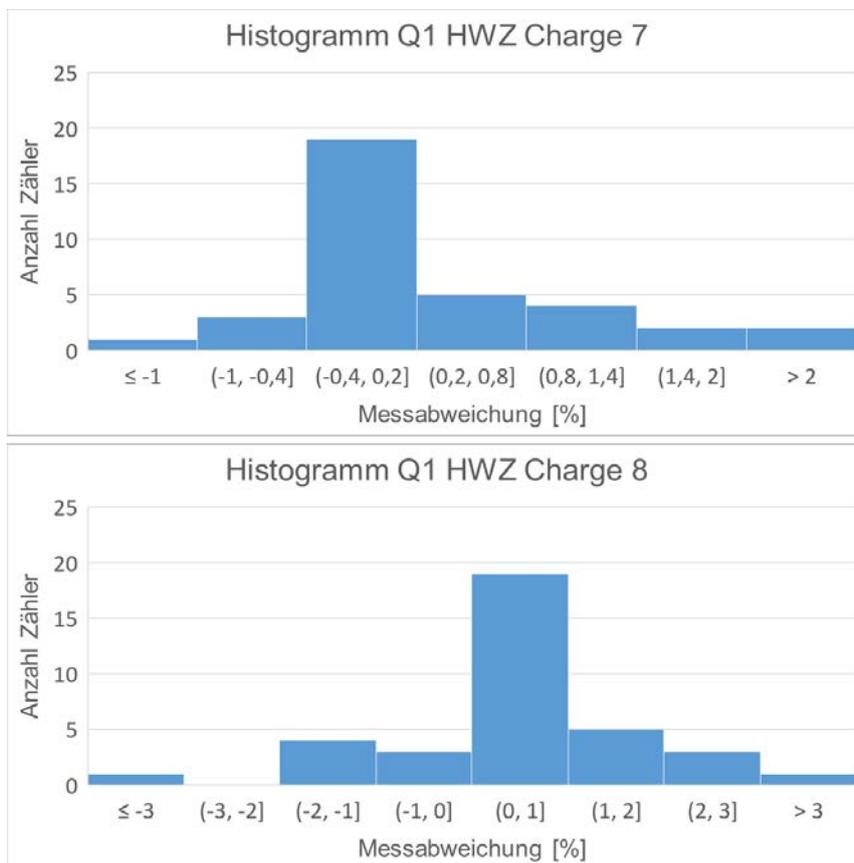


Abb. 15: Verteilung der Messabweichung für Charge 7 und 8, HWZ

6. Optische Untersuchung der Wasserzähler

Neben Ablagerungen kann grundsätzlich auch Verschleiß Ursache für zu hohe Messabweichungen von Wasserzählern sein. Um diesbezüglich mehr Anhaltspunkte zu erhalten, wurden im Blindversuch Wasserzähler, die die Prüfung nach VFG bestanden und nicht bestanden hatten, exemplarisch untersucht. Es wurden jeweils zwei Wohnungs- und Hauswasserzähler auseinandergenommen und einzelne Bauteile mit einem 3D-Digitalmikroskops untersucht.

In Abbildung 16 sieht man den inneren Teil eines WWZ, schräg auf die Lauffläche fotografiert, so dass man den Dorn des Flügelrades gut erkennen kann. Die Lauffläche weist einige Gebrauchsspuren auf, der Dorn hingegen weist keine markanten Spuren der Abnutzung auf. Der Zähler hatte die Prüfung nach VFG nicht bestanden.

In Abbildung 17 wurde ein Flügel des Flügelrades eines WWZ von der Seite betrachtet. Es ist zu erkennen, dass neben den fertigungsbedingten kreisförmigen Einkerbungen noch weitere Auffälligkeiten vorhanden sind, die vermutlich von der Fabrikation herrühren.

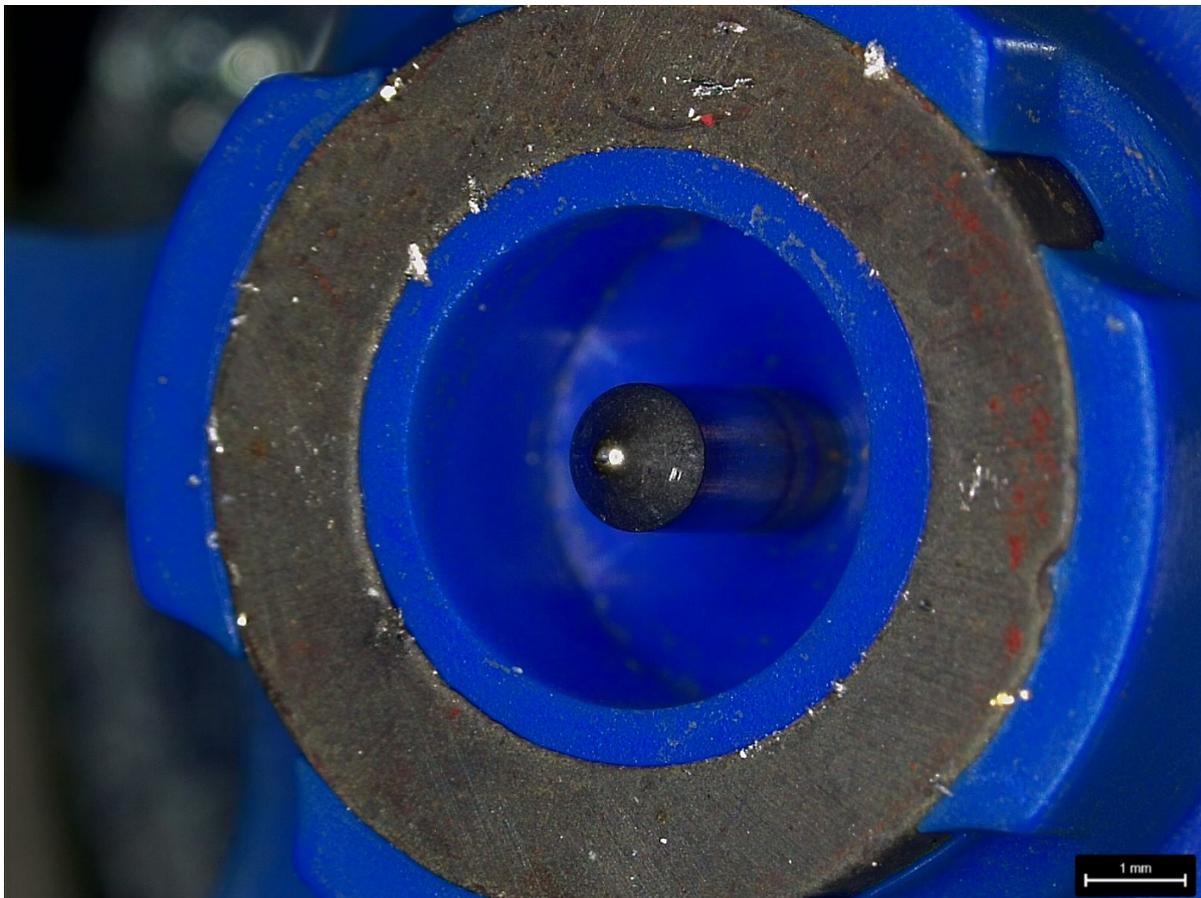


Abb. 16: Dorn und Lauffläche des Flügelrades eines WWZ, der nach VFG die Prüfung nicht bestanden hat

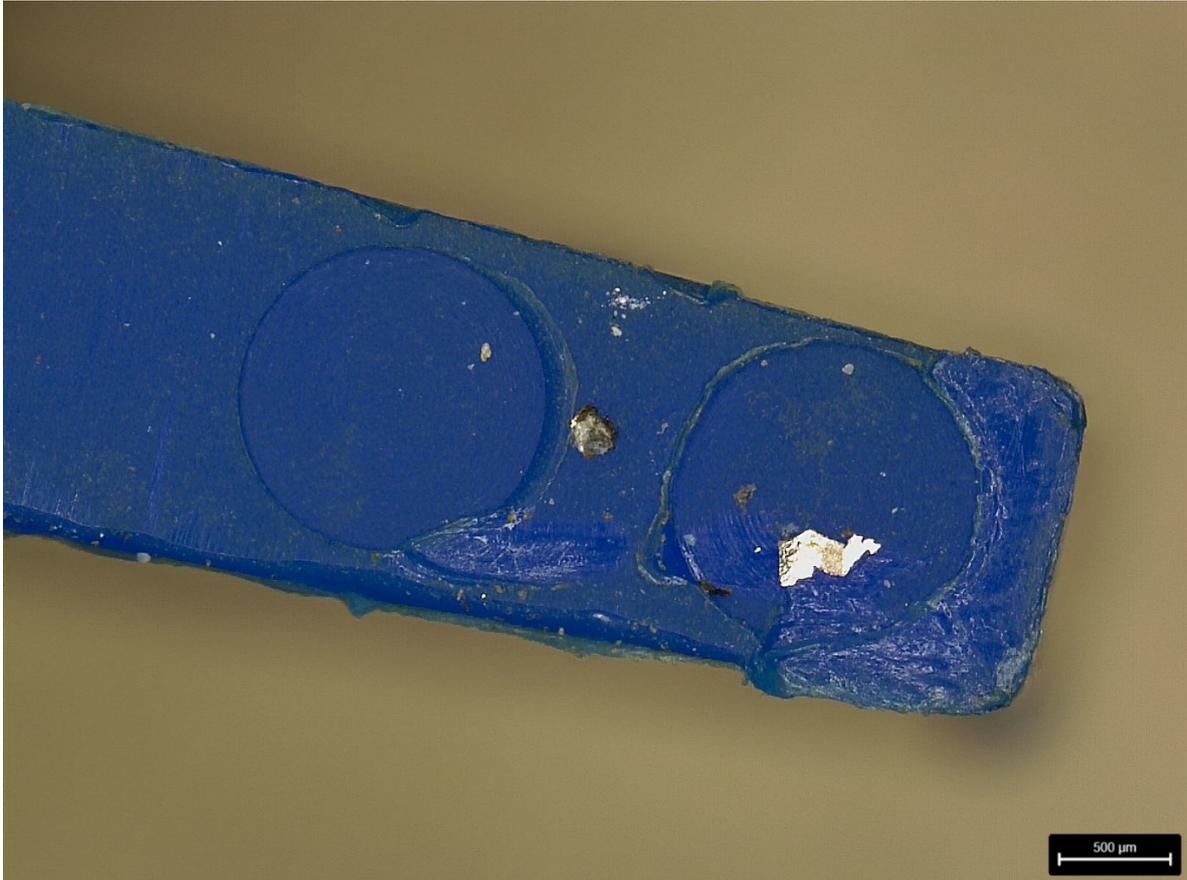


Abb. 17: Seitenansicht eines einzelnen Flügels eines WWZ, der nach VFG die Prüfung bestanden hat

Es gibt verschiedene Schmutzablagerungen und leichten Abrieb an dem linken Kreis, etwas schwereren Abrieb am rechten Kreis bis zum Rand des Flügels. Dieser Zähler hatte die Prüfung nach VFG bestanden.

In Abbildung 18 ist die Lagerung eines Flügelrades eines WWZ respektive die Lagerung des Dorns dargestellt, der die Prüfung bestanden hat. Es sind einiger Abrieb und Kratzer auf dem Material erkennbar. Sie treten sowohl in dem schwarzen Bereich der Vertiefung für den Dorn als auch im beigen Bereich ringsherum auf. Abbildung 19 zeigt eine vergleichbare Aufnahme der Lagerung eines HWZ, der die Prüfung bestanden hat. Es sind wie im Fall des WWZ Abriebspuren zu erkennen, darüber hinaus aber keine weiteren Auffälligkeiten.

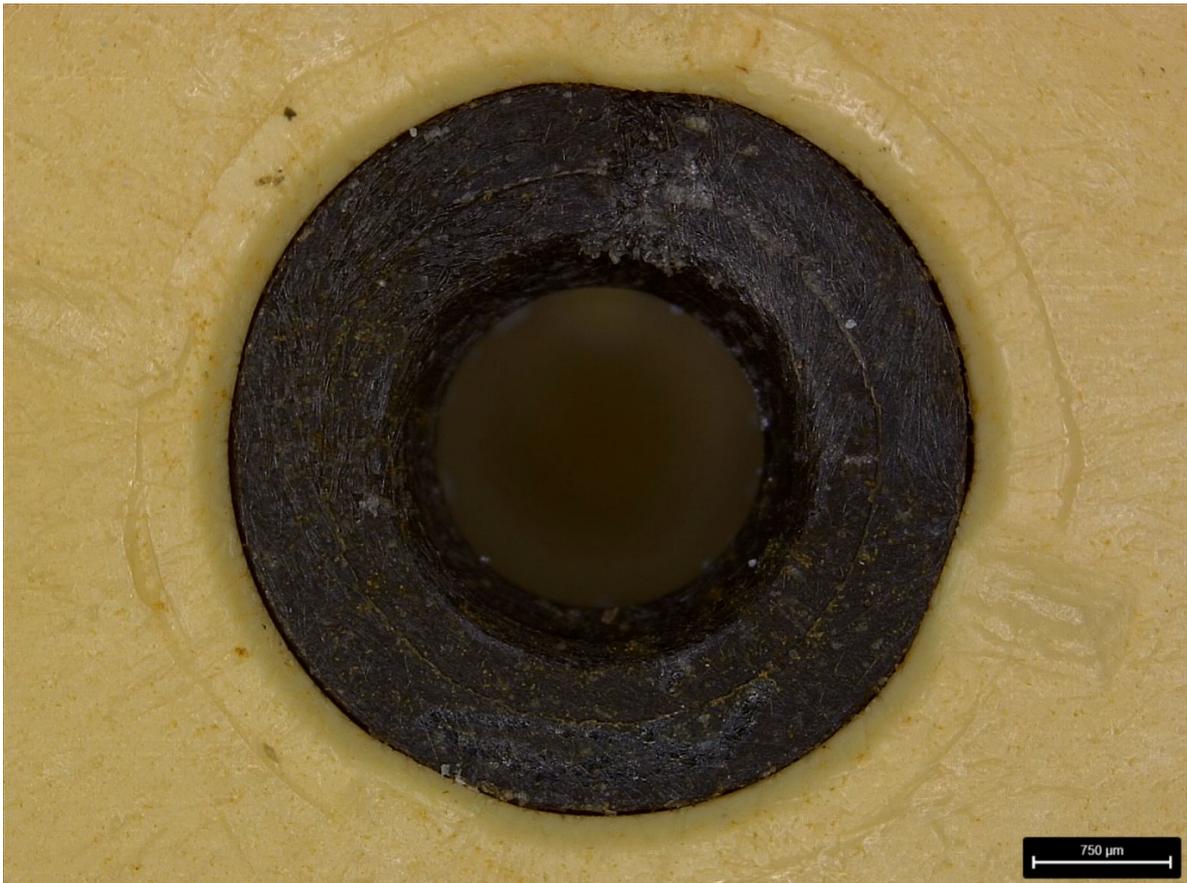


Abb. 18: Lagerung eines Flügelrades eines WWZ, der die Prüfung nach VFG bestanden hat

Erkenntnis aus den Untersuchungen:

Die gezeigten Mikroskopaufnahmen sind repräsentativ für alle betrachteten WWZ und HWZ hinsichtlich Abriebspuren und Verschmutzung. Die exemplarisch durchgeführten Untersuchungen ergaben keinen einfachen Zusammenhang zwischen Grad der Verunreinigung oder des Abriebs und dem nach VFG die Prüfung bestehen oder nicht bestehen der Zähler. Es ist zu vermuten, dass ein Zusammenspiel verschiedener Faktoren letztlich die Ursache für das nicht adäquate Messverhalten ist.

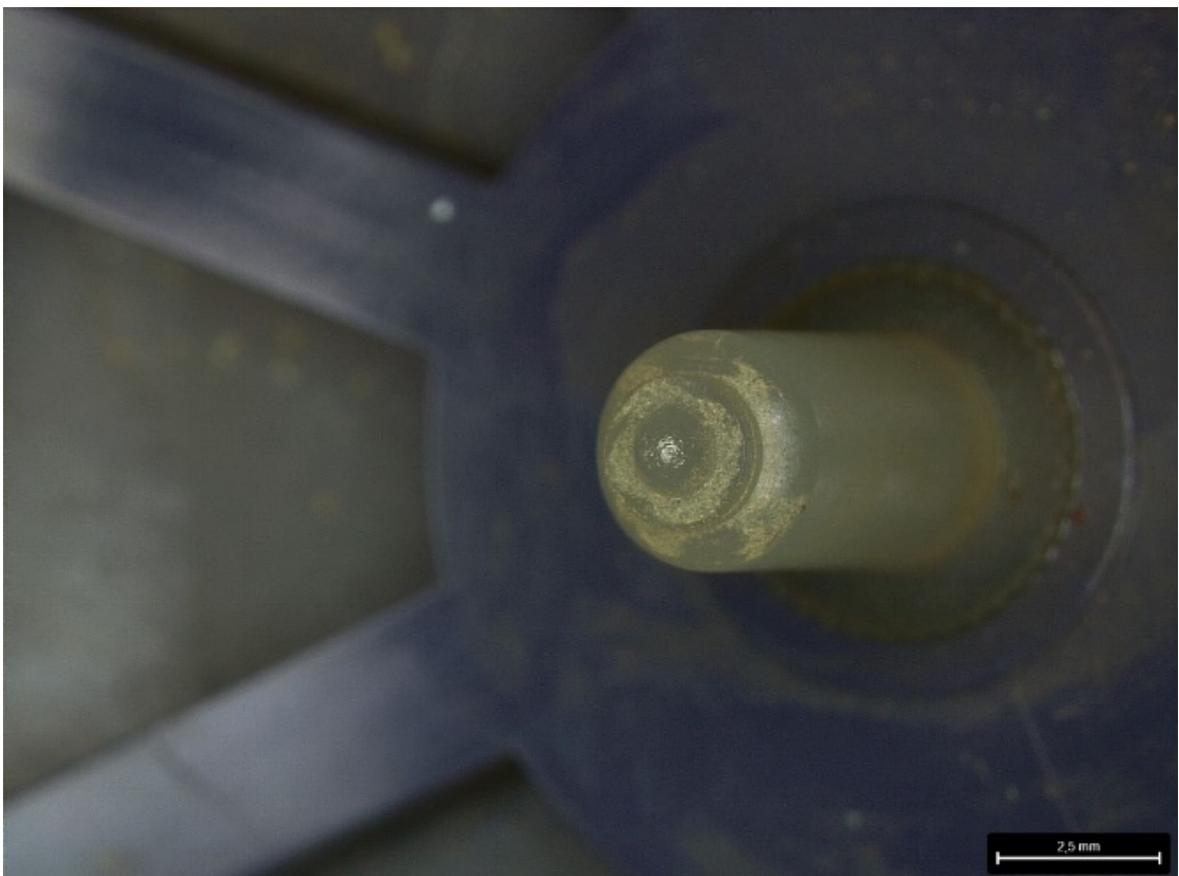


Abb. 19: Lagerung und Dorn des Flügelrades eines HZW, der nach VFG die Prüfung bestanden hat

7. Fazit

Eine Abhängigkeit zwischen dem nach Verkehrsfehlergrenze die Prüfung bestehen und nicht bestehen von Wasserzählern und einfachen Kriterien wie geographische Lage, Ausbaustand oder Betriebszeit konnte nicht gefunden werden. Sogenannte Vorinformation, die in ein modifiziertes Stichprobenverfahren einfließen könnte, das hinsichtlich Losgröße bzw. Anzahl an zu prüfenden Zählern weniger aufwendig ist als das gegenwärtige, konnte aufgrund der vorliegenden Daten und weiterführenden Untersuchungen nicht gefunden werden. Gleichfalls konnte kein Zusammenhang zwischen Abnutzungsgrad einzelner Zählerbauteile und Nichtbestehen gefunden werden.

Es gibt einige interessante Beobachtungen hinsichtlich des Messverhaltens von Wasserzählern bei verschiedenen Temperaturen bzw. von verschiedenen Herstellern, die auf mögliche Systematiken deuten. Diese Beobachtungen haben jedoch keine Relevanz für den Zählergebrauch im Rahmen des gesetzlichen Messwesens, weshalb sie hier nicht weiter betrachtet wurden.

In diesem Projekt konnte bei dem Vergleich des Messverhaltens von Kalt- und Warmwasserzählern kein signifikanter Unterschied festgestellt werden in Bezug auf die Messabweichung bzw. die Anzahl von Zählern, die nach VFG die Prüfung nicht bestanden hätten. Eine Freigabe zur Zusammenfassung von Warm- und Kaltwasserzählern in einem Los ist nach den hier gewonnenen Erkenntnissen in Bezug auf die Messabweichung unproblematisch. Es müssten in diesem Fall nur die Verkehrsfehlergrenzen für Kaltwasserzähler in der Prüfung zugrunde gelegt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Verfahrensanweisung für Stichprobenverfahren zur Verlängerung der Eichfrist (GM-VA SPV), Stand: 20.03.2018, Rechtssammlung der DAM unter 7.11.0.4.

Anhang

Tabelle 6: Detaillierte Informationen zu den in der PTB gemessenen WWZ

Zählernr.	Ausbau-stand [m³]	Charge	Bereitsteller	Hersteller	Anzahl Messungen	Zustand	Warmwasser-zähler (warm)/ Kaltwasser-zähler (kalt)
10903951	1,4	1	Hamburg Wasser	3	2	neuwertig	kalt
10903950	0,6	1	Hamburg Wasser	3	1	neuwertig	kalt
8307816	0,6	1	Hamburg Wasser	3	1	neuwertig	warm
8307814	0,7	1	Hamburg Wasser	3	1	neuwertig	warm
8307815	0,7	1	Hamburg Wasser	3	1	neuwertig	warm
10930800	1,2	1	Hamburg Wasser	4	2	neuwertig	kalt
10930801	1	1	Hamburg Wasser	4	2	neuwertig	kalt
10930802	1,1	1	Hamburg Wasser	4	1	neuwertig	kalt
08400001	0,8	1	Hamburg Wasser	4	1	neuwertig	warm
08400002	0,7	1	Hamburg Wasser	4	1	neuwertig	warm
09827948	1,9	2	Hamburg Wasser	3	1	gebraucht	kalt
09849778	438,2	2	Hamburg Wasser	3	1	gebraucht	kalt
09857596	93,6	2	Hamburg Wasser	3	1	gebraucht	kalt
09939608	256,7	2	Hamburg Wasser	3	1	gebraucht	kalt
10117474	153,7	2	Hamburg Wasser	3	1	gebraucht	kalt
10152279	202,6	2	Hamburg Wasser	3	1	gebraucht	kalt
08664199	39,3	2	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	warm
08675895	271,2	2	Hamburg Wasser	3	1	gebraucht	warm
08677396	5,2	2	Hamburg Wasser	3	1	gebraucht	warm
08677463	36,5	2	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	warm
08679638	0,7	2	Hamburg Wasser	3	1	gebraucht	warm
08924973	24,1	2	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	warm
4373158	29,8	3	Eichdirektion Nord	4	1	gebraucht	kalt
4373471	117,8	3	Eichdirektion Nord	4	2	gebraucht	kalt
4409606	359,9	3	Eichdirektion Nord	4	1	gebraucht	kalt
4978188	33,1	3	Eichdirektion Nord	4	1	gebraucht	warm
4978889	53,8	3	Eichdirektion Nord	4	1	gebraucht	warm
4979048	104,4	3	Eichdirektion Nord	4	1	gebraucht	warm
08943432	471,2	5	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
08937695	19,5	5	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
0893223	70,4	5	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
08952217	100,2	5	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
08930225	28,9	5	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10321900	715	5	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10304752	139	5	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10299730	153,8	5	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10334005	13,2	5	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10313922	502,1	5	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10219437	314,8	6	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt

10233787	291,4	6	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10286491	482	6	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10210777	8,4	6	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10223776	89	6	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10216892	340,2	6	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10242265	90,2	6	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10306097	507	6	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10221191	513,7	6	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt
10217612	667,9	6	Hamburg Wasser	3	2	gebraucht	kalt

Tabelle 7: Detaillierte Informationen zu den in der PTB gemessenen HWZ

Zählernr.	Ausbau-stand [m³]	Charge	Bereitsteller	Hersteller	Anzahl Messungen	Zustand
4113827	372	4	Eichdirektion Nord	5	1	gebraucht
88000392	1000	4	Eichdirektion Nord	4	1	gebraucht
88000171	1935	4	Eichdirektion Nord	4	1	gebraucht
428358	632	4	Eichdirektion Nord	2	1	gebraucht
96000114	1507	4	Eichdirektion Nord	2	1	gebraucht
96001878	703	4	Eichdirektion Nord	2	2	gebraucht
4182425	411	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3773991	1371	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3770528	851	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3765588	1089	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3775914	3360	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3776575	5573	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3776472	201	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
4186336	2672	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
4187343	625	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
4176176	744	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
4176293	2774	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
4181235	727	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3762479	584	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3762650	730	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
4176295	461	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3761940	547	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3773163	494	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3773680	1105	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
3774520	1069	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
4184780	1116	7	Hamburg Wasser	2	2	gebraucht
6791749	3387	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6782622	1425	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6799135	852	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6805308	782	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6786852	1449	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6800645	727	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6810658	1299	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6784663	3337	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6792989	2337	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6810879	1350	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6785348	1877	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6806742	890	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6816789	170	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6787626	2680	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6789227	770	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6805322	1420	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6789892	656	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht

6791164	1332	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
67933995	700	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht
6805402	165	8	Hamburg Wasser	1	2	gebraucht



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