



**Prüfanweisung
für die Eichung von Volumenmessgeräten für
strömendes Wasser und Anforderungen an Normale**

GM-P 5.22

Wasserzähler



Inhaltsverzeichnis

Nr.	Thema / Abschnitt	Seite
1.	Allgemeines	5
1.1	Geltungsbereich	5
1.2	Begriffe	5
1.3	Abkürzungen	9
1.4	Formelzeichen	10
1.4.1	Großbuchstaben	10
1.4.2	Kleinbuchstaben	11
1.4.3	Griechische Buchstaben	11
1.5	Flussdiagrammsymbolik	12
2.	Verzeichnis der Vorschriften und Regelungen	13
3.	Verfahrensablauf bei der Eichung (Überblick)	14
4.	Prüfmittel	15
4.1	Allgemeines	15
4.2	Prüfstände	15
4.2.1	Allgemeine Anforderungen	15
4.2.2	Auslaufleitung und Zwischenrohr	16
4.2.3	Gasanzeiger und Entlüftungseinrichtung	17
4.2.4	Abzweigungen hinter der Messstrecke	18
4.2.5	Abgrenzungsstelle	18
4.2.5.1	Überlauf für Prüfungen mit stehendem Start-Stopp	18
4.2.5.2	Umschalteneinrichtungen für Prüfungen mit fliegendem Start-Stopp	18
4.2.6	Absperreinrichtungen	19
4.2.7	Einlauf- und Auslaufstrecken	19
4.2.8	Versorgungseinrichtungen	20
4.2.9	Durchflusskonstanz	20
4.2.10	Verhinderung des Mitmessens von Luft	21
4.3	Normale	21
4.3.1	Waagen	21
4.3.1.1	Standardunsicherheit	21
4.3.1.2	Wägebehälter	21
4.3.1.3	Prüfanforderung	22
4.3.2	Normalmessbehälter	22
4.3.2.1	Anforderungen an die Ausführung	22
4.3.2.1.1	Form und Material	22
4.3.2.1.2	Ableseeinrichtungen	23
4.3.2.1.3	Entleerung	24
4.3.2.1.4	Lot	24
4.3.2.2	Standardunsicherheit	24
4.3.2.3	Prüfanforderungen	24
4.3.3	Normalzähler	24



Nr.	Thema / Abschnitt	Seite
4.4	Vergleichszähler und Vergleichseinrichtungen	25
4.4.1	Vergleichszähler	25
4.4.2	Anforderungen an Vergleichszähler	25
4.4.3	Prüfzählglieder	26
4.4.4	Impulszähl- oder Vergleichseinrichtungen	26
4.5	Prüfmittel für sonstige relevante Messgrößen	26
4.5.1	Durchflussmesseinrichtungen	26
4.5.2	Temperaturmesseinrichtungen	26
4.5.3	Druckmesseinrichtungen	26
4.5.4	Zeitmessgeräte	27
4.5.5	Dichtemesseinrichtungen	27
4.6	Software zur automatischen Erfassung und Auswertung von Messergebnissen	27
4.6.1	Allgemeines	27
4.6.2	Zugangsberechtigungen	27
4.6.3	Kennzeichnung	28
4.6.4	Dokumentation und Datensicherung	28
4.7	Prüfung der Normal- und Vergleichszähler	28
4.7.1	Prüfung der Normalzähler	29
4.7.2	Prüfung der Vergleichszähler	29
4.7.2.1	Prüfvolumen	29
4.7.2.2	Prüfung vor dem ersten Gebrauch	29
4.7.2.3	Prüfung während der Gebrauchsdauer	29
4.8	Nachprüffristen für Prüfmittel	30
5	Umgebungsbedingungen	30
6	Prüfung	30
6.1	Formale Prüfung der Zähler	30
6.2	Messtechnische Prüfung der Zähler	30
6.2.1	Allgemeines	30
6.2.2	Richtigkeitsprüfung	31
6.2.2.1	Eichung	31
6.2.2.1.1	Prüfdurchflüsse	31
6.2.2.1.2	Eichung von Verbundzählern	32
6.2.2.1.3	Durchflussintegratoren	32
6.2.3	Prüfung mit Waagen	33
6.2.3.1	Wasserdichte	33
6.2.3.2	Volumenberechnung	33
6.2.3.3	Prüfvolumen	34
6.2.3.3.1	Prüfungen mit stehendem Start-Stopp	34
6.2.3.3.2	Prüfungen mit fliegendem Start-Stopp	35
6.2.3.3.2.1	Prüfungen mit visueller Ablesung	35
6.2.3.3.2.2	Prüfungen mit automatischer Abtastung	35
6.2.4	Prüfung mit Normalmessbehältern	35
6.2.4.1	Prüfvolumen	35
6.2.4.2	Prüfungen mit stehendem Start-Stopp	36



Nr.	Thema / Abschnitt	Seite
6.2.4.3	Prüfungen mit fliegendem Start-Stopp	36
6.2.5	Prüfung mit Normalzählern	36
6.2.6	Prüfung mit Vergleichszählern	36
6.2.6.1	Prüfungen mit Impulszählung	36
6.2.6.2	Prüfungen mit Lichtblitzstroboskop	36
6.2.6.3	Prüfungen mit Impulsinterpolation	37
6.3	Messunsicherheiten	37
6.3.1	Prüfstände	37
6.3.2	Zähleranzeige	38
6.3.3	Messergebnisse	38
7.	Kennzeichnung und Prüfungsniederschriften	38
7.1	Kennzeichnung	38
7.2	Verbundzähler	39
7.2.1	Eichkennzeichen	39
7.2.2	Sicherungszeichen	39
7.3	Prüfungsniederschriften	40
8.	Anhang	40
8.1	Belastungsbereichsgrenzen für Kaltwasserzähler nach den Anforderungen der EO Anlage 6-1 ¹ Tab. 1: Bereich $Q_n < 15 \text{ m}^3/\text{h}$ / Tab. 2: Bereich $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$ Belastungsbereichsgrenzen für Warmwasserzähler nach den Anforderungen der EO Anlage 6-2 ² Tab. 3: Bereich $Q_n < 15 \text{ m}^3/\text{h}$ / Tab. 4: Bereich $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$ Belastungsbereichsgrenzen für Wasserzähler nach der RL 2004/22/EG (Anhang MI-001) bzw. RL 2014/32/EU (Anhang III) Tab. 5: Bsp. verschiedener Durchfluss- und Belastungsbereiche	1 - 4
8.2	Belastungsbereichsgrenzen für die Eichung von Kaltwasserzählern mit alter nationaler Bauartzulassung nach § 31 ³ EO und ohne Bauartzulassung nach den Übergangsvorschriften der EO Anlage 6-1	1 - 1
8.3	Nachprüffristen für Prüfmittel	1 - 1
8.4	Wasserdichttabelle	1 - 1
8.5	Bestimmung der relativen Volumenmessabweichung, verursacht durch die Absperrereinrichtung bzw. Umschalteinrichtung	1 - 9
8.6	Bestimmung der Messunsicherheit und Festlegung von Grenzwerten für einzelne Komponenten der kombinierten Standardunsicherheit	1 - 19
8.7	Beispiel für die Bestimmung des Mindestprüfvolumens	1 - 1
8.8	Abnahme und Überwachung von Prüfständen	1 - 4

¹ Anlage 6 Abschnitt 1 der Eichordnung (EO 6-1) - Volumenmessgeräte für Kaltwasser - in der am 12.02.2007 geltenden Fassung

² Anlage 6 Abschnitt 2 der Eichordnung (EO 6-2) - Volumenmessgeräte für Warmwasser - in der am 12.02.2007 geltenden Fassung

³ Eichordnung (alt) vom 12.08.1988 (BGBl I S. 1657) in der am 12.02.2007 geltenden Fassung



1. Allgemeines

1.1. Geltungsbereich

Die vorliegende Prüfanweisung für die Eichung von Volumenmessgeräten für strömendes Wasser (Kalt- und Warmwasserzähler) und Anforderungen an Normale wurde von der Arbeitsgemeinschaft Mess- und Eichwesen am 22.11.2017 verabschiedet. Diese Prüfanweisung ist eine Neufassung und ersetzt die Richtlinien für die Eichung von Volumenmessgeräten für strömendes Wasser und Anforderungen an Normale Teil 1 -Kaltwasser- vom 08.11.2001 und Teil 2 -Warmwasser- vom 07.03.2001.

Besondere, nicht aufgeführte Prüfeinrichtungen / Prüfverfahren, die von dieser Prüfanweisung abweichen, bedürfen hinsichtlich ihrer Eignung einer Prüfung durch die Eichbehörde.

1.2. Begriffe

Abgrenzungsstelle

Definierte Stelle in der Auslaufleitung zur Abgrenzung des gemessenen Prüfvolumens.

Ablesebereich/Anzeigebereich bei Normalmessbehältern

Bereich bei dem mittels des vorgegebenen Teilungswertes der Skale eine eindeutige Volumenmessung möglich ist.

Abtasteinrichtung

Gerät, das für die messtechnische Prüfung mit dem Zähler kombiniert wird und z.B. die Umdrehungen eines umlaufenden Zählgliedes bzw. des Anlaufsterns in volumenproportionale Impulse umsetzt.

Auslaufleitung

Rohrleitung zwischen Messstrecke und Wägebehälter bzw. Normalmessbehälter.

Belastungsbereich

Durchflussbereich des Prüflings zwischen dem kleinsten und größten Durchfluss (Q_{\min} und Q_{\max} bzw. Q_1 und Q_4).

Bezugsnormal (NHO)

Normal höherer Genauigkeit, mit dem nachgeordnete Normale (z.B. Gebrauchsnormale) geprüft werden.

Eichwert

Das Volumen in Liter, das dem kleinsten Skalenwert des am schnellsten drehenden und noch visuell ablesbaren Zählglieds entspricht.

Ein- bzw. Auslaufstrecke

Störungsfreie gerade Rohrleitung vor bzw. hinter einem Zähler als Bestandteil der Messstrecke.

Erweiterte Messunsicherheit

Kennwert, der einen Bereich des Messergebnisses kennzeichnet, von dem erwartet



werden kann, dass er einen großen Anteil der Verteilung der Werte umfasst, die der Messgröße vernünftigerweise zugeordnet werden kann. Um die erweiterte Messunsicherheit zu erhalten, muss die kombinierte Standardunsicherheit mit dem Erweiterungsfaktor k multipliziert werden. In dieser Prüfanweisung wird $k = 2$ gesetzt.

Gasabscheider

Gerät zum Abscheiden von Lufteinschlüssen aus dem Messgut Wasser.

Gasanzeiger

Durchsichtiges Teil in der Rohrleitung zum Erkennen von Luftblasen im durchströmenden Wasser.

Gebrauchsnorm

Normal, das auf ein NHO rückgeführt ist und für die Prüfung von Messgeräten verwendet wird.

Gleichrichter

Gerät zur Beseitigung von Strömungsdrall und ggf. von asymmetrischen Strömungsprofilen.

Grenzrichtwert

Obere Grenze für den Absolutwert der Messabweichung oder für die Standardunsicherheit, die von einer Komponente des Prüfstands erreicht werden darf.

Impuls-Interpolationsverfahren (Doppelstoppuhr-Verfahren)

Mess- und Auswerteverfahren für die Richtigkeitsprüfung, bei dem neben der Impulzzählung am Prüfling und am Normal oder Vergleichszähler eine hochgenaue Zeitbasisfrequenz einbezogen ist, die eine Ermittlung der Messabweichung des Prüflings mit besonders kleinen Messzeiten ermöglicht.

Impulswertigkeit

Volumenwert eines Impulses (z.B. in Liter pro Impuls), der von einer impulsgebenden Einrichtung am Wasserzähler für Prüfzwecke oder zur Fernanzeige erzeugt wird.

Kombinierte Standardunsicherheit

Standardunsicherheit eines Messergebnisses, wenn dieses Ergebnis aus den Werten einer Anzahl von Ausgangs- und Einflussgrößen gewonnen wird. Falls diese unkorreliert sind, ergibt sich aus der Quadratwurzel der Summe der Quadrate der Standardunsicherheiten dieser Größen die kombinierte Messunsicherheit des Messergebnisses.

Lichtblitzstroboskop

Optische Einrichtung zur Feststellung des Gleichlaufs von Prüfling und Vergleichszähler.

Libelle

Die Dosenlibelle nach DIN 2277 zeigt durch die Stellung der Gasblase die Neigung des Normalmessbehälters gegenüber der Horizontalebene an. Sie fungiert wie das Lot als Aufstellhilfe für den Normalmessbehälter.



Normalmessbehälter

Als volumetrisches Normal verwendeter Behälter zur statischen Bestimmung von Flüssigkeitsvolumen.

Messstrecke

Teil des Prüfstandes, in den der Prüfling einschließlich der Ein- und Auslaufstrecke eingebaut wird.

Mindestprüfvolumen

Das kleinste Prüfvolumen, das für den jeweiligen Prüfdurchfluss verwendet werden darf.

Normal

Realisierung der Definition einer Größe mit angegebenem Größenwert und beigeordneter Messunsicherheit, benutzt als Referenz. Ein Normal bei einem Prüfstand kann z. B. sein: Bezugnormal (Waage) und/oder Gebrauchsnormal (Referenzzähler).

Normalzähler

Zähler dessen Eignung als Gebrauchsnormal gegenüber der Eichbehörde nachgewiesen ist und der mit dem Prüfling in Reihe geschaltet wird.

Prüfmittel

Gesamtheit aller messenden und sonstigen Geräte und Einrichtungen einschließlich Software, die für die Prüfung verwendet werden.

Prüfstand

Gesamtheit aller Einrichtungen, die für die Eichung von Zählern benötigt werden (z.B. Messstrecke, Wasserversorgung, Normale, Armaturen etc.).

Prüfung mit fliegendem Start und Stopp

Bei konstantem Durchfluss am Prüfling begonnener und beendeter Messvorgang.

Prüfung mit stehendem Start und Stopp

Messvorgang mit konstantem Durchfluss, bei dem jedoch die Startphase beim Durchfluss Null beginnt und die Stoppphase beim Durchfluss Null endet.

Prüfvolumen

Wasservolumen, das während eines Prüfvorgangs durch den Wasserzähler fließt und vom Normal erfasst wird.

Prüfzählglieder

Zählglieder mit hoher Auflösung als Teile der Anzeigeeinrichtung, die nur für Prüfungszwecke verwendet werden.

Reihenprüfung

Gleichzeitige Prüfung mehrerer hintereinander in der Messstrecke eingebauter Zähler mit einem gemeinsamen Normal.



Standardunsicherheit

Als Standardabweichung ausgedrückte Unsicherheit des Ergebnisses einer Messung oder Einflussgröße.

Standrohr

Vorrichtung zur Füllstandsanzeige des Normalmessbehälters. Das Standrohr ist senkrecht und parallel zur Außenwand des Behälters angeordnet und am unteren Ende des Behälters kommunizierend an das Behälterinnere angeschlossen.

Teilstrichabstand

Abstand zwischen zwei benachbarten Strichmarken einer Skala, der einem bestimmten Volumen entspricht.

Umschalteneinrichtung

Vorrichtung zum Umlenken des Flüssigkeitsstromes in der Auslaufleitung bei der Prüfung mit fliegendem Start und Stopp.

Vergleichseinrichtung

Gerät zur Bestimmung der Differenz zweier Messwerte (Impulszahl, Frequenz, Messabweichungen).

Vergleichszähler

Besonderer Wasserzähler, der nur beim größten Prüfdurchfluss und unter eingeschränkten Bedingungen wie ein Gebrauchsnormale verwendet und mit dem Prüfling in Reihe geschaltet wird.

Wägebehälter

Gefäß auf der Waage zur Aufnahme des während eines Messvorgangs vom Zähler abgegebenen Wasservolumens.

Wägewert

Messwert, der von der Anzeigeeinrichtung der Waage angezeigt wird.

Zwischenrohr

Rohrleitung zwischen Prüfling und Abgrenzungsstelle.



1.3. Abkürzungen

MessEG	: Mess- und Eichgesetz
MessEV	: Mess- und Eichverordnung
EO	: Eichordnung
GM-AR	: Gesetzliches Messwesen - Allgemeine Regeln -
GM-B	: Gesetzliches Messwesen - Regelungen zu Bescheinigungen
DIN	: Deutsches Institut für Normung e.V.
EN	: Europäische Norm
ISO	: Internationale Organisation für Normung
DN	: Nennweite
MID	: Magnetisch-induktiver Durchflusssensor
GN	: Gebrauchsnorm
NHO	: Normal der nächst höheren Ordnung (Bezugsnorm)
PTB	: Physikalisch-Technische Bundesanstalt
TR W	: Technische Richtlinie der PTB für Messgeräte für Wasser



1.4. Formelzeichen

1.4.1. Großbuchstaben

Formelzeichen	Bezeichnung / Erläuterung	Einheit
A_{TR}	Querschnitt der Tauchrohrwand	m^2
A_B	freier Behälterquerschnitt (abzüglich der Fläche eventueller Einbauten, aber einschließlich A_{TR})	m^2
K_{LA}	Faktor der Luftauftriebskorrektur	-
K_{RA}	Faktor der Korrektur für den Tauchrohrauftrieb	-
K_{pw}	additive Wasserdichtekorrektur	kg/m^3
Q_{max}	größter Durchfluss, mit dem der Zähler während begrenzter Zeiträume ohne Beschädigung, unter Einhaltung der Fehlergrenzen und ohne Überschreiten des größten Druckverlustes (1 bar) arbeiten kann	m^3/h l/h
Q_{min}	kleinster Durchfluss, bei dem der Zähler die Fehlergrenzen einhalten muss. Er wird in Abhängigkeit von Q_n festgelegt	m^3/h l/h
Q_n	Nenndurchfluss ist der halbe Wert des größten Durchflusses Q_{max} . Ausgedrückt in Kubikmeter pro Stunde dient er der Kennzeichnung der Zählergröße	m^3/h
Q_t	Übergangsdurchfluss, der den unteren vom oberen Belastungsbereich trennt und bei dem sich die Fehlergrenzen sprunghaft ändern.	m^3/h l/h
Q_4	Überlastdurchfluss, ist der größte Durchfluss, bei dem der Zähler für einen kurzen Zeitraum ohne Beeinträchtigung zufrieden stellend arbeitet	m^3/h l/h
Q_1	Minstdurchfluss, ist der kleinste Durchfluss, bei dem der Wasserzähler Anzeigen liefert, die den Anforderungen hinsichtlich der Fehlergrenzen genügen	m^3/h l/h
Q_3	Dauerdurchfluss, ist der größte Durchfluss, bei dem der Wasserzähler unter normalen Einsatzbedingungen, d. h. unter gleichförmigen oder wechselnden Durchflussbedingungen, zufrieden stellend arbeitet	m^3/h l/h
Q_2	Übergangsdurchfluss, ist der Durchflusswert, der zwischen dem Dauer- und dem Minstdurchfluss liegt und den Durchflussbereich in zwei Zonen, den oberen und den unteren Belastungsbereich, unterteilt, für die jeweils verschiedene Fehlergrenzen gelten	m^3/h l/h
Q_x	Umschaltdurchfluss bei Verbundzählern, ist der Durchfluss, bei dem die Strömung im größeren Zähler bei abnehmendem Durchfluss (Q_{x1}) stoppt und bei zunehmendem Durchfluss (Q_{x2}) beginnt	m^3/h l/h
U	erweiterte Messunsicherheit mit $k = 2$	*
U_{rel}	relative erweiterte Messunsicherheit mit $k = 2$	%



Formelzeichen	Bezeichnung / Erläuterung	Einheit
V_N	abgegebenes Volumen, das während einer bestimmten Zeit durch den Zähler geflossen ist und mit einem Normal bestimmt wird (Sollwert)	l m ³
V_P	Volumenfortschritt am Prüfling während der bestimmten Zeit, in der das Volumen V_N abgegeben wird (Istwert)	l m ³
V_{ZR}	Volumen des Zwischenrohrs	l
W	Wägewert der Wassermenge (Anzeigedifferenz der Waage)	kg

* Einheit der jeweiligen Messgröße

1.4.2. Kleinbuchstaben

Formelzeichen	Bezeichnung / Erläuterung	Einheit
f	relative Messabweichung	%
k	Erweiterungsfaktor, mit dem die kombinierte Standardunsicherheit multipliziert wird, um die erweiterte Messunsicherheit zu erhalten	-
ρ_V	Druckverlust des Zählers beim Durchfluss Q	bar
$\rho_{V \max}$	Druckverlust des Zählers beim Durchfluss Q_{\max} bzw. Q_4	bar
u	Standardunsicherheit	*
u_{rel}	relative Standardunsicherheit	%
u_{ZR}	Standardunsicherheit infolge von Temperaturänderungen im Zwischenrohr	*



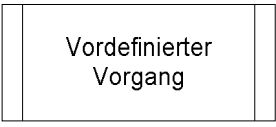
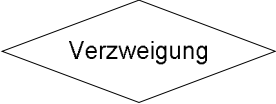


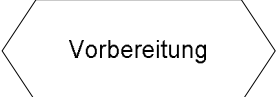
* Einheit der jeweiligen Messgröße

1.4.3. Griechische Buchstaben

Formelzeichen	Bezeichnung / Erläuterung	Einheit
ϑ	Temperatur	°C
ϑ_w	Temperatur des Wassers	°C
$\Delta\vartheta$	Betrag der Temperaturänderung	°C
$\Delta\gamma$	Differenz der kubischen Ausdehnungskoeffizienten von Rohrmaterial und Wasser	1/°C
ρ_G	Konventionelle Dichte der Normalgewichtstücke bei der Prüfung der Waage; $\rho_G = 8000 \text{ kg/m}^3$	kg/m ³
ρ_L	Luftdichte (außerhalb des Wägebehälters)	kg/m ³
ρ_{LB}	Luftdichte im Wägebehälter	kg/m ³
$\rho_w(\vartheta_w)$	Wasserdichte bei ϑ_w	kg/m ³
$\rho_{w \text{ dest}}(\vartheta_w)$	Dichte des luftgesättigten destillierten Wassers bei ϑ_w	kg/m ³



1.5. Flussdiagrammsymbolik

	→	Symbol für den Beginn oder das Ende eines Programmflusses
	→	Tätigkeit
	→	Vordefinierter Vorgang
	→	Verzweigung, Entscheidung
	→	Protokolle, Aufzeichnungen, Dokumente
	→	Schnittstelle
	→	Prüftätigkeit

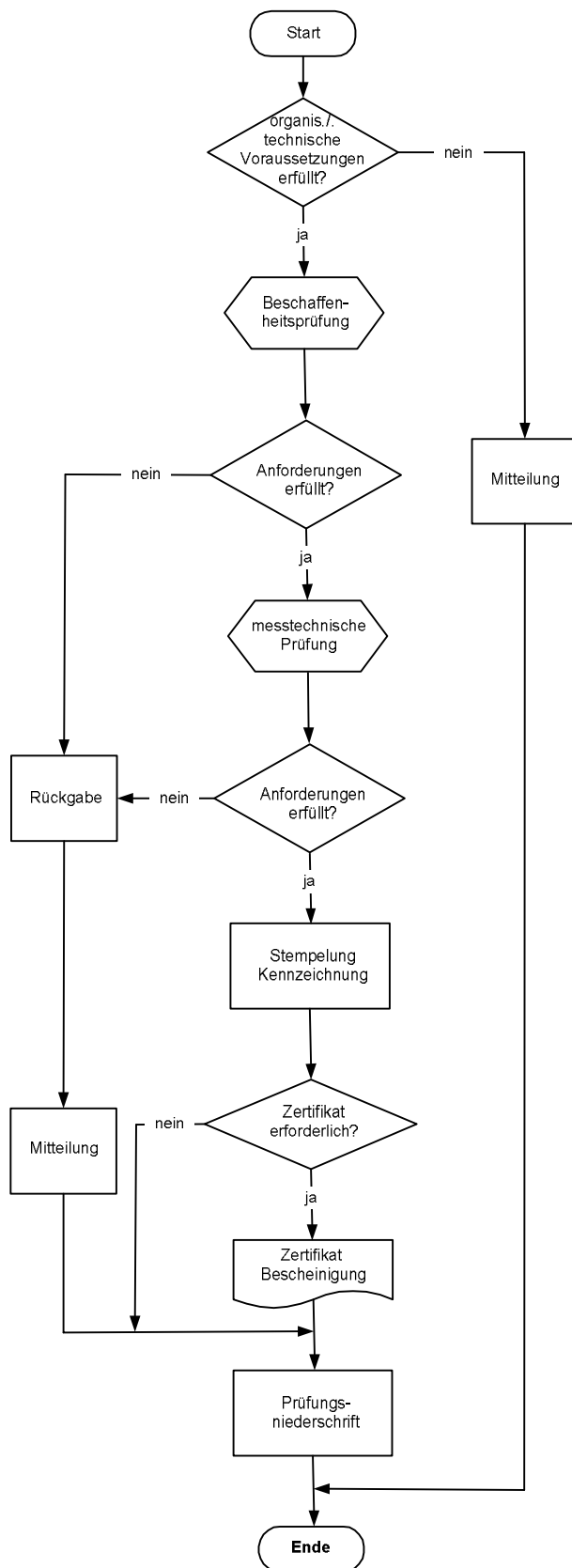


2. Verzeichnis der Vorschriften und Regelungen

Mess- und Eichgesetz (MessEG) vom 25.07.2013 (BGBl. I S. 2722, 2723) in der jeweils geltenden Fassung
Mess- und Eichverordnung (MessEV) vom 11.12.2014 (BGBl. I S. 2010, 2011) in der jeweils geltenden Fassung
Gesetzliches Messwesen - Allgemeine Regelungen - (GM-AR) vom 22.05.2017
Gesetzliches Messwesen - Regelungen zu Bescheinigungen - (GM-B) vom 11.10.2016
Eichordnung Anlage 6 Abschnitt 1 (EO 6-1) - Volumenmessgeräte für Kaltwasser - in der am 12.02.2007 geltenden Fassung
Eichordnung Anlage 6 Abschnitt 2 (EO 6-2) - Volumenmessgeräte für Warmwasser - in der am 12.02.2007 geltenden Fassung
Richtlinie 2014/32/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Be- reitstellung von Messgeräten auf dem Markt (Neufassung)
DIN 1319-1 (01/95) - Grundlagen der Messtechnik -, Teil 1: Grundbegriffe
DIN EN 45501 (03/2016) - Metrologische Aspekte der nichtselbsttätigen Waagen -
Eichordnung Anlage 19 (EO 19) Zeitähler -Stoppuhren- in der am 31.12.2014 gel- tenden Fassung
PTB-Prüfregeln -Band 26- Normalmessbehälter aus Metall zur statischen Bestimmung von Flüssigkeitsvolumen - Teil I Technische Anforderungen (1. Auflage 1998) - Teil II Prüfung (1. Auflage 2002)
PTB-Anforderungen 6.1 (PTB-A 6.1) - Volumenmessgeräte für Kaltwasser - (11/2001)
PTB-Anforderungen 6.2 (PTB-A 6.2) - Volumenmessgeräte für Warmwasser - (11/2001)
PTB-Anforderungen 6.3 (PTB-A 6.3) - Wasserzähler mit elektronischem Zählwerk - (03/2005)
PTB-Anforderungen 6.4 (PTB-A 6.4) - Temperaturgesteuerte Wasserzähler - (01/1997)
Technische Richtlinie W 2 für Messgeräte für Wasser der PTB (TR W 2) - Volumen- und Durchflussmessgeräte als Gebrauchsnormale für die Prüfung von Wasserzählern - (11/2013)
Richtlinien für die Überprüfung der staatlich anerkannten Prüfstellen für Messgeräte für Kaltwasser (04/1977)
Bauartzulassungen bzw. Baumusterprüfbescheinigungen



3. Verfahrensablauf bei der Eichung (Überblick)



Bemerkungen, Verweise

- 1) organisatorisch:
 - Zuständigkeit prüfen
 - Terminabstimmung
 technisch:
 - Prüfmitteltauglichkeit
siehe Abschnitt 4
- 2) Prüfungsniederschrift vorbereiten
siehe Abschnitt 7.3
- 3) siehe Abschnitt 6.1

- 4) siehe Abschnitt 6.2

- 5) MessEV
Bauartzulassung
Baumusterprüfbescheinigung

- 6) GM-AR
GM-B



4. Prüfmittel

4.1. Allgemeines

Die verwendeten Prüfmittel gemäß Anhang 8.3 müssen metrologisch rückgeführt sein und den geltenden Vorschriften der GM-AR entsprechen.

Bei der Anwendung der Prüfmittel sind die geltenden Vorschriften des Arbeitsschutzes, der Sicherheitstechnik und des Gesundheitswesens zu beachten.

4.2. Prüfstände

4.2.1. Allgemeine Anforderungen

Prüfstände oder Teile davon bedürfen hinsichtlich ihrer Eignung einer Prüfung durch die Eichbehörde, wenn sie von dieser Prüfanweisung abweichen.

Dies ist im Einzelnen dann gegeben, wenn z.B.:

- Normalmessbehälter nicht aus Metall oder Glas gefertigt sind,
- Warmwasserprüfstände mit Normalmessbehältern verwendet werden,
- das dynamische Wägeverfahren angewendet wird,
- Prüfungen mit Normalzählern auch bei Q_t bzw. Q_2 und Q_{\min} bzw. Q_1 durchgeführt werden sollen,
- die Kontrolle des Normalzählers durch automatische Einrichtungen, ggf. unbeaufsichtigt, erfolgen soll,
- die Ein- oder Auslaufstrecken nicht den Forderungen unter Abschnitt 4.2.7 entsprechen.

Prüfstände, die mit geeigneten, im Betrieb befindlichen Einrichtungen übereinstimmen, brauchen nicht erneut einer Prüfung auf Eignung unterzogen werden. Das gleiche gilt für Teile von Prüfeinrichtungen.

Die Prüfstände dürfen als Einzelprüfstände oder als Reihenprüfstände ausgeführt sein.

Bei Reihenprüfständen muss der Druck am Ende der Reihe so groß sein, dass keine Kavitation eintreten kann. Für die einzelnen Zählertypen und -größen ist nachzuweisen, dass sich die Prüflinge nicht gegenseitig beeinflussen.

Die Prüfstände dürfen manuell betrieben werden oder mit einer voll- oder teilautomatischen Steuerung ausgerüstet sein. Bei der vollautomatischen Steuerung erfolgen der Prüfablauf, die Messwerterfassung und die Auswertung nach Auslösen des Startbefehls selbsttätig.

Die Prüfstände müssen die Messung des Volumens, das durch den zu prüfenden Zähler geströmt ist, im gesamten Belastungsbereich mit einer relativen kombinierten



Standardunsicherheit von $\leq 0,10\%$ (Kaltwasserprüfstände) bzw. von $0,15\%$ (Warmwasserprüfstände) gewährleisten (siehe Abschnitt 6.3.1).

Werden alle in den nachfolgenden Abschnitten genannten Grenzrichtwerte für die einzelnen Unsicherheitskomponenten eingehalten, ist eine gesonderte Berechnung der relativen kombinierten Standardunsicherheit nicht erforderlich (siehe Abschnitt 6.3 und Anhang 8.6).

Für jeden Prüfstand ist ein Prüfstandshandbuch oder -ordner anzulegen, in dem vom leitenden Prüfstellenpersonal sämtliche Hard- und Softwareänderungen mit Datum und Name einzutragen sind.

4.2.2. Auslaufleitung und Zwischenrohr

Die Auslaufleitung hinter dem Prüfling darf mit parallelgeschalteten Durchflusseinstell- und -messeinrichtungen verschiedener Größen ausgerüstet sein.

Der zwischen dem Prüfling und der Abgrenzungsstelle liegende Rohrabschnitt (Zwischenrohr) soll möglichst kurz gehalten werden. Sein Volumen darf nicht mehr als das Mindestprüfvolumen betragen.

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Die Temperaturdifferenz im jeweiligen Zwischenrohr zu Beginn und am Ende einer Messung darf nicht größer als $1,0\text{ °C}$ sein.

Der Grenzrichtwert der relativen Standardunsicherheit durch Temperaturänderungen im Zwischenrohr während der Messung beträgt $0,02\%$. Er wird eingehalten, wenn die o. g. Bedingungen erfüllt sind.

Können diese Bedingungen nicht eingehalten werden, muss die entsprechende relative Standardunsicherheit nach folgender Formel berechnet und im Unsicherheitsbudget berücksichtigt werden:

$$\frac{u_{ZR}}{V_N} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \Delta\gamma \cdot \Delta\vartheta \cdot \frac{V_{ZR}}{V_N} \quad \textcircled{1}$$

mit u_{ZR} : Standardunsicherheit infolge von Temperaturänderungen im Zwischenrohr

$\Delta\gamma$: Differenz der im betreffenden Temperaturbereich geltenden Volumenausdehnungskoeffizienten des Wassers und des Rohrmaterials

$\Delta\vartheta$: Betrag der Temperaturänderung im Zwischenrohr zu Beginn und Ende einer Messung in °C

V_{ZR} : Volumen des Zwischenrohres

V_N : Abgegebenes Volumen (hier: Mindestprüfvolumen)

Für rostfreie Stähle als Rohrmaterial ist im Extremfall (Wassertemperatur 30 °C)

$\Delta\gamma \cong 2,5 \cdot 10^{-4}\text{ °C}^{-1}$ und damit:

$$\frac{u_{ZR}}{V_N} = 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta\vartheta \cdot \frac{V_{ZR}}{V_N} \quad \textcircled{2}$$



Für Warmwasserprüfstände gilt:

Um Messabweichungen durch zeitliche Temperaturänderungen im Zwischenrohr zu reduzieren, sollte das Rohr thermisch isoliert werden. Die Temperaturdifferenz im jeweiligen Zwischenrohr zu Beginn und am Ende einer Messung darf nicht größer als 1,5 °C sein. Der Grenzwert der relativen Standardunsicherheit durch Temperaturänderungen im Zwischenrohr während der Messung beträgt 0,04 %. Er wird eingehalten, wenn die o. g. Bedingungen erfüllt sind.

Können diese Bedingungen nicht eingehalten werden, muss entweder die durch zeitliche Temperaturänderungen im Zwischenrohr entstehende relative Messabweichung korrigiert oder die entsprechende relative Standardunsicherheit nach folgender Formel berechnet und im Unsicherheitsbudget berücksichtigt werden:

$$\frac{u_{ZR}}{V_N} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \Delta\gamma \cdot \Delta\vartheta \cdot \frac{V_{ZR}}{V_N} \quad (3)$$

- mit u_{ZR} : Standardunsicherheit infolge von Temperaturänderungen im Zwischenrohr
 $\Delta\gamma$: Differenz der im betreffenden Temperaturbereich geltenden Volumenausdehnungskoeffizienten des Wassers und des Rohrmaterials
 $\Delta\vartheta$: Betrag der maximalen Temperaturänderung im Zwischenrohr zu Beginn und Ende einer Messung in °C
 V_{ZR} : Volumen des Zwischenrohres
 V_N : Abgegebenes Volumen (hier: Mindestprüfvolumen)

Für rostfreie Stähle als Rohrmaterial und die Wassertemperatur von 55 °C ist $\Delta\gamma \cong 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ °C}^{-1}$ und damit:

$$\frac{u_{ZR}}{V_N} = 2,6 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta\vartheta \cdot \frac{V_{ZR}}{V_N} \quad (4)$$

4.2.3. Gasanzeiger und Entlüftungseinrichtung

In der Auslaufleitung muss ein Gasanzeiger angeordnet sein.

Der Gasanzeiger muss so beschaffen und angebracht sein, dass Luftblasen im durchfließenden Wasser festgestellt werden können.

Dies ist bei Rohrleitungen mit Nennweiten bis DN 150 gewährleistet, wenn die Breite des Gasanzeigers die Nennweite der Rohrleitung hat und die Länge der Sichtstrecke mindestens das 3fache der Nennweite (maximal 150 mm) beträgt.

Bei Rohrleitungen mit Nennweiten größer als DN 150 müssen die Breite und die Länge der Sichtstrecke des Gasanzeigers mindestens der Nennweite der Rohrleitung entsprechen.

Zur Entlüftung der Messstrecke einschließlich der Zähler ist eine entsprechende Vorrichtung, z.B. eine Evakuierungseinrichtung, vorzusehen.



4.2.4. Abzweigungen hinter der Messstrecke

Abzweigungen hinter der Messstrecke müssen so eingerichtet sein, dass der wasserdichte Abschluss der jeweils nicht benutzten Zweigleitungen kontrollierbar ist. Die Kontrolleinrichtungen sind hinter den in Betracht kommenden Absperreinrichtungen so anzuordnen, dass eine Undichtheit sofort erkennbar ist.

4.2.5. Abgrenzungsstelle

Die Füllleitung zum Normalmessbehälter oder zum Wägebehälter muss bei Befüllung von oben und freiem Auslauf eine eindeutige Abgrenzungsstelle (Überlauf oder Umschalteinrichtung) besitzen und hinter dieser zu den Auffanggefäßen bei GN mindestens 10° und bei NHO mindestens 15° geneigt sein.

Die Befüllung des Wägebehälters von unten ist nicht zulässig.

4.2.5.1. Überlauf für Prüfungen mit stehendem Start-Stopp

Der Überlauf muss eine scharfe Abgrenzungskante besitzen und die Oberfläche des Wasserspiegels muss möglichst klein sein. Die Verwendung von Überlaufschaugläsern sowie Stichleitungen ist zweckmäßig.

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Die durch den Überlauf verursachte relative Standardunsicherheit darf nicht mehr als 0,04 % des jeweiligen Prüfvolumens betragen. Diese Forderung gilt als eingehalten, wenn die durch Schwankungen des Überlaufniveaus hervorgerufenen relativen Volumenmessabweichungen stets kleiner als 0,07 % bleiben.

Für Warmwasserprüfstände gilt:

Die durch den Überlauf verursachte relative Standardunsicherheit darf nicht mehr als 0,06 % des jeweiligen Prüfvolumens betragen. Diese Forderung gilt als eingehalten, wenn die durch Schwankungen des Überlaufniveaus hervorgerufenen relativen Volumenmessabweichungen stets kleiner als 0,1 % bleiben.

4.2.5.2. Umschalteinrichtungen für Prüfungen mit fliegender Start-Stopp

Die Abgrenzungsstelle kann durch eine nach Auslösen selbsttätig wirkende Umschalteinrichtung gebildet sein. In diesem Fall ist sicherzustellen, dass der austretende Volumenstrom restlos in den Wägebehälter bzw. den Normalmessbehälter oder nach außen geleitet wird.

Der Umschaltvorgang soll symmetrisch sein, in beiden Richtungen gleich schnell ablaufen und die Umschaltzeit nicht mehr als 0,5 s betragen. Zweckmäßig ist eine Einrichtung, die die jeweilige Stellung der Umschalteinrichtung anzeigt.

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Der Grenzwert der relativen Standardunsicherheit der Umschalteinrichtung beträgt 0,06 %. Dieser Wert gilt als eingehalten, wenn die bei der Prüfung der Umschalteinrichtung festgestellten relativen Volumenmessabweichungen innerhalb der Grenzen von $\pm 0,1$ % liegen (siehe Anhang 8.5).



Für Warmwasserprüfstände gilt:

Der Grenzrichtwert der relativen Standardunsicherheit der Umschalteneinrichtung beträgt 0,1 %. Dieser Wert gilt als eingehalten, wenn die dabei festgestellten relativen Volumenmessabweichungen innerhalb der Grenzen von $\pm 0,17$ % liegen (siehe Anhang 8.5).

Wird die Umschalteneinrichtung mit einem Überlauf (Abschnitt 4.2.5.1) kombiniert, gilt dieser Grenzrichtwert für die Umschalteneinrichtung und den Überlauf zusammen. Der Einfluss der Umschalteneinrichtung muss bei verschiedenen Prüfdurchflüssen überprüft werden.

4.2.6. Absperrrichtungen

Bei Prüfungen mit stehendem Start-Stopp muss vor oder hinter der Messstrecke eine Absperrrichtung vorhanden sein, die schnell geöffnet und geschlossen werden kann.

Absperrrichtungen vor der Messstrecke dürfen im geöffneten Zustand keine Querschnittsverengungen verursachen.

Die Prüfstände dürfen mit selbsttätigen Absperrrichtungen ausgerüstet sein, die nach dem Durchfließen einer bestimmten Wassermenge den Zulauf selbsttätig absperrern.

4.2.7. Einlauf- und Auslaufstrecken

Bei der Prüfung von Zählern, deren umlaufendes Messelement axial angeströmt wird, Woltmanzähler - senkrecht (WS) und Woltmanzähler - parallel (WP) sowie bei magnetisch-induktiven Durchflusssensoren (MID) und Ultraschalldurchflusssensoren, muss vor dem Zähler eine störungsfreie gerade Einlaufstrecke von der Nennweite des Zählers eingebaut sein. Die Einlaufstrecke ist so zu gestalten, dass die Messergebnisse nicht verfälscht werden. Sie soll eine Länge von mindestens dem 10fachen der Nennweite des Zählers haben. Hinter dem Zähler dürfen auf einer Länge von mindestens dem 2fachen seiner Nennweite keine Querschnittsverengungen, Krümmer oder Armaturen mit Drosselwirkung vorhanden sein (Auslaufstrecke).

Prüfstände mit kürzeren Einlaufstrecken oder mit veränderlichen Strömungsstörungen vor der Einlaufstrecke bedürfen hinsichtlich ihrer Eignung einer Prüfung durch die Eichbehörde.

Zur Beseitigung von Drall, der z.B. nach Kreiselpumpen oder Raumkrümmern in der Zuführungsleitung auftritt, muss außerdem ein geeigneter Gleichrichter vor der Einlaufstrecke eingebaut sein.

Bei Einstrahl-Flügelradzählern muss vor jedem Zähler eine störungsfreie gerade Einlaufstrecke mit dem Innendurchmesser der Anschlussverschraubung des Zählers bzw. bei Zählern mit Flanschanschluss mit dem Innendurchmesser des Anschlussflansches eingebaut sein. Die Einlaufstrecke ist so zu gestalten, dass die Messergebnisse nicht verfälscht werden. Sie darf eine Länge von mindestens dem 3fachen des Innendurchmessers der Anschlussverschraubung bzw. Flanschennennweite nicht unterschreiten.



Bei der Prüfung von Standrohrzählern sind als Einlaufstrecken Standrohre zu verwenden, die mit einem Sieb ausgerüstet sind. Bei Woltman-Standrohrzählern müssen sie einschließlich ihrer Einbauten konstruktiv den im Betrieb verwendeten Standrohren entsprechen.

Bei Flügelrad-Standrohrzählern kann als Einlaufstrecke anstelle eines Standrohrs auch eine senkrechte störungsfreie gerade Rohrstrecke, die eine Länge von mindestens dem Zehnfachen ihrer Nennweite besitzt und in deren Eintritt ein Sieb eingebaut ist, verwendet werden. Ihre Nennweite darf nicht kleiner als die Nennweite des Zählers sein.

4.2.8. Versorgungseinrichtungen

Der Druck in der Zuleitung zu den Prüflingen muss konstant gehalten werden. Für die Prüfungen bei Durchflüssen unterhalb von 200 l/h sollten Hochbehälter verwendet werden, um Messfehler durch Pulsationen zu vermeiden.

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Für die Versorgung der Prüfstände mit Wasser kann jedes beliebige System verwendet werden. Die Temperatur des Wassers in der gesamten Prüfeinrichtung darf 30 °C nicht überschreiten.

Für Warmwasserprüfstände gilt:

Für die Versorgung der Prüfstände ist ein ausreichend großer Wasservorrat mit warmem und enthärtetem Wasser bereitzustellen. Die Verwendung eines Ionenaustauschers ist zweckmäßig.

Die Wassertemperatur in der Messstrecke muss $50\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ betragen. In der Messstrecke dürfen während der Messung keine lokalen und zeitlichen Wassertemperaturänderungen von mehr als $\pm 2\text{ °C}$ auftreten, wenn keine rechnerische Dichtekorrektur erfolgt.

4.2.9. Durchflusskonstanz

Die relative Änderung des Durchflusses während jeder Prüfung (ohne Anlaufen und Anhalten) darf - auch bei gleichzeitigem Betrieb mehrerer Prüfstände - folgende Grenzen nicht übersteigen:

- $\pm 2,5\%$ zwischen Q_{\min} bzw. Q_1 bis Q_t bzw. Q_2 (ausschließlich)
- $\pm 5,0\%$ zwischen Q_t bzw. Q_2 (einschließlich) bis Q_{\max} bzw. Q_4

Der für einen Punkt der Kurve der Messabweichung gültige Wert des Durchflusses ist der Quotient aus dem während des betreffenden Prüfanges durchgeflossenen Volumen und der Zeit.

Bei freiem Ausfluss gilt die Begrenzung der Durchflussschwankungen als eingehalten, wenn die relative Schwankung des Druckes nicht größer ist als:

- $\pm 5\%$ zwischen Q_{\min} bzw. Q_1 bis Q_t bzw. Q_2 (ausschließlich)
- $\pm 10\%$ zwischen Q_t bzw. Q_2 (einschließlich) bis Q_{\max} bzw. Q_4



Für geschlossene Prüfkreisläufe gilt die Begrenzung der Durchflussschwankungen als eingehalten, wenn die relative Schwankung des Druckverlustes nicht größer ist als:

- ± 5 % zwischen Q_{\min} bzw. Q_1 bis Q_t bzw. Q_2 (ausschließlich)
- ± 10 % zwischen Q_t bzw. Q_2 (einschließlich) bis Q_{\max} bzw. Q_4

4.2.10. Verhinderung des Mitmessens von Luft

Während des Prüfvorgangs darf keine Luft in die Messstrecke gelangen. Bei Prüfständen mit direktem Pumpenbetrieb muss der statische Druck am Saugstutzen mindestens 0,1 bar betragen. Anderenfalls ist ein Gasabscheider, z.B. Zyklongasabscheider, vor der Messstrecke mit einem für die Luftabscheidung wirksamen Volumen von mindestens 1,5 l je m³/h des größten vorkommenden Volumendurchflusses vorzusehen.


Der Saugstutzen ist so auszubilden, dass Strudelbildung verhindert wird.

Bei Prüfständen mit Druckkesselanlagen muss der Druckkessel mit einer Einrichtung zur Überwachung des Wasserstandes ausgerüstet sein.

4.3. Normale

4.3.1. Waagen

Es gelten die Anforderungen an nichtselbsttätige Waagen gemäß der Norm DIN EN 45501 (03/2016).

Die Waage muss mindestens der Genauigkeitsklasse  entsprechen und zur Aufnahme des Wägebehälters geeignet sein.

4.3.1.1. Standardunsicherheit

Der Grenzrichtwert der relativen Standardunsicherheit des Wägewertes beträgt 0,06 %.

Bei NHO muss dieser Wert gleich der Hälfte dieses Wertes oder kleiner sein.

Beim statischen Wägeverfahren gelten diese Grenzrichtwerte als eingehalten, wenn die Summe aus Prüffehlergrenze und der relativen Ablesungsunsicherheit im gesamten Verwendungsbereich der Waage nicht größer als 0,1 % bei GN bzw. 0,05 % bei NHO ist. Dabei ist die Prüffehlergrenze auf den jeweiligen Messwert zu beziehen. Die Ablesungsunsicherheit ist bei Digitalanzeigen aus deren Rundungsfehler zu ermitteln. Der Rundungsfehler bei Digitalanzeigen wird mit 0,5 d und die Ablesungsunsicherheit bei Analoganzeigen mit einem halben Skalenwert angenommen.

4.3.1.2. Wägebehälter

Der Wägebehälter darf bei der Wägung keine festen Anschlüsse zu äußeren Ge-



genständen haben.

In den Behälter hineinragende, außerhalb befestigte Tauchrohre für das Füllen oder Entleeren sind zulässig, wenn das Rohr immer in das Wasser eintaucht und der Querschnitt sowohl des Behälters als auch der Tauchrohrwandung über die gesamte Füllhöhe konstant ist. Zum Zeitpunkt der Wägung muss das Tauchrohr oben belüftet und der Druckausgleich zur umgebenden Atmosphäre gewährleistet sein.

Der durch das Tauchrohr verursachte Auftriebsfehler ist zu korrigieren (siehe Gleichung 7 bis 9 in Abschnitt 6.2.3.2).

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Der Anteil der relativen Standardunsicherheit für die Bestimmung des Volumens durch flexible Anschlüsse ist zu berücksichtigen, falls er 0,03 % übersteigt.

Der Wägebehälter sollte oben abgedeckt sein.

Für Warmwasserprüfstände gilt:

Der Anteil der relativen Standardunsicherheit für die Bestimmung des Volumens durch flexible Anschlüsse ist zu berücksichtigen, falls er 0,05 % übersteigt. Wasserverluste durch Verdampfung sind auf ein Minimum zu beschränken.

Der Wägebehälter muss oben abgedeckt sein. Es sind geeignete Einrichtungen vorzusehen, die das Kondensieren des entweichenden Wasserdampfes und die Belastung der Waage mit dem Kondensat ermöglichen.

Dabei ist bei Temperaturen oberhalb der Raumtemperatur auf eine weitgehend geschlossene Bauweise sowohl des Wägebehälters als auch der Umschalteneinrichtung und auf Behälterfüllungen von mehr als 10 % beim jeweiligen Prüfvorgang zu achten. Bei offener Bauweise sowie geringeren Behälterfüllungen ist der Einfluss der Verdampfung zu berücksichtigen.

4.3.1.3. Prüfanforderung

Bei der Prüfung der Waagen müssen die Normalgewichtstücke äquivalent zum maximal verwendeten Prüfvolumen aufgebracht werden können.

4.3.2. Normalmessbehälter

Die Verwendung von Normalmessbehältern als GN ist nur in Verbindung mit Kaltwasserprüfständen zulässig, d. h. die Temperatur des Wassers darf in der gesamten Prüfeinrichtung 30 °C nicht überschreiten.

4.3.2.1. Anforderungen an die Ausführung

Band 26 Teil I der PTB-Prüfregeln ist hier sinngemäß anzuwenden.

4.3.2.1.1. Form und Material

Die Normalmessbehälter müssen formbeständig sein, vorzugsweise aus Metall oder Glas bestehen und vorzugsweise die Gestalt stehender Zylinder haben.



Die Neigung gegen die Horizontale

- der unteren Bodenfläche des Normalmessbehälters muss
 - bei GN mindestens 10° und
 - bei NHO mindestens 15° betragen,
- der oberen Bodenfläche des Normalmessbehälters und aller zum Normalmessbehältervolumen zählenden Leitungen (Anschlüsse und Verbindungen), aus denen bei Füllung mit Wasser Gasblasen selbständig entweichen sollen, müssen
 - bei GN mindestens 15° und
 - bei NHO mindestens 30° betragen.

Bei GN muss der Querschnitt im Ablesebereich der Normalmessbehälter so gewählt sein, dass das der Fehlergrenze des Zählers für die jeweils abgegebene Menge entsprechende Volumen einem Höhenunterschied von mindestens 40 mm entspricht.

Der Querschnitt im Ablesebereich der Normalmessbehälter als NHO muss so gewählt sein, dass das der Prüffehlergrenze von 0,05 % (siehe Abschnitt 4.3.2.2) entsprechende Volumen einem Höhenunterschied von mindestens 5 mm entspricht.

4.3.2.1.2. Ableseeinrichtung

Die Normalmessbehälter müssen mit einer Einrichtung zur Feststellung des jeweiligen Prüfvolumens ausgerüstet sein. Als Ableseeinrichtung können ein Standrohr oder Schaugläser in der Gefäßwand, jeweils in Verbindung mit einer Skale, dienen. Der Innendurchmesser des Standrohrs muss mindestens 18 mm betragen. Die Breite des Schauglases darf nicht kleiner als 15 mm sein.

Der Skalenwert muss das $1 \cdot 10^n$ -, $2 \cdot 10^n$ - oder $5 \cdot 10^n$ -fache eines Liters bzw. - bei größeren Normalmessbehältern - eines Kubikmeters betragen. n muss eine positive oder negative ganze Zahl oder Null sein. Der Teilstrichabstand im Ablesebereich darf nicht kleiner als 2 mm und nicht größer als 10 mm sein.

Die Skalen müssen hinreichend verformungsfest ausgeführt sein. Ihre Flächen müssen eben sein.

Als Einteilungs- und Begrenzungsmarken sind nur Striche zulässig. Sie dürfen nicht breiter als das 0,2fache des Teilstrichabstands, höchstens jedoch 0,5 mm, breit sein. Sie müssen gerade, in sich und untereinander gleich breit sein und senkrecht zur Längsrichtung der Skale stehen.

Die Skalen müssen bei der Vermessung der Gefäße angebaut sein. Sie müssen durch geeignete Maßnahmen gegen Verschieben und gegen Abnehmen (z. B. Stempelung) gesichert werden können.



4.3.2.1.3. Entleerung

Der flüssigkeitsdichte Abschluss der Entleerungseinrichtung des Normalmessbehälters muss während der Prüfung kontrollierbar sein.

Der Normalmessbehälter muss sich restlos entleeren lassen.

4.3.2.1.4. Lot

Nicht fest eingebaute Normalmessbehälter müssen mit einem Lot oder mit einer Libelle versehen sein.

Diese Einrichtungen müssen bei einer Neigung von 2 : 1000 mindestens 2 mm auswandern.

4.3.2.2. Standardunsicherheit

Der Grenzwert der relativen Standardunsicherheit der Volumenanzeige des Normalmessbehälters beträgt 0,06 %.

Bei NHO muss der Wert 0,03 % oder kleiner sein.

Die Grenzwerte gelten als eingehalten, wenn bei der Prüfung des Normalmessbehälters die Messabweichung im gesamten Verwendungsbereich kleiner als 0,10 % bei GN bzw. 0,05 % bei NHO ist.

4.3.2.3. Prüfanforderungen

Band 26 Teil II der PTB-Prüfregeln ist hier sinngemäß anzuwenden.

4.3.3. Normalzähler

Als GN zur Volumenbestimmung dürfen auch Normalzähler verwendet werden. Die Bauarten der Normalzähler bedürfen hinsichtlich ihrer Eignung einer Prüfung durch die Eichbehörde. Es gelten die Anforderungen an Normalzähler bei der Abnahme entsprechend der TR W 2 in der jeweils gültigen Fassung.

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Die relative Standardunsicherheit der Normalzähler muss gleich oder kleiner 0,08 % sein. Bei der Verwendung von Normalzählern müssen zusätzliche Unsicherheitskomponenten so begrenzt werden können, dass die relative kombinierte Standardunsicherheit für die Darstellung des Normalvolumens 0,1 % nicht überschreitet.

Für Warmwasserprüfstände gilt:

Die relative Standardunsicherheit der Normalzähler muss gleich oder kleiner 0,1 % sein. Bei der Verwendung von Normalzählern müssen zusätzliche Unsicherheitskomponenten so begrenzt werden können, dass die relative kombinierte Standardunsicherheit für die Darstellung des Normalvolumens 0,15 % nicht überschreitet.



Für magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte als Normalzähler gilt die TR W 2 in der jeweils gültigen Fassung.

4.4. Vergleichszähler und Vergleichseinrichtungen

Die in Justiereinrichtungen für Wasserzähler verwendeten Vergleichszähler dürfen als GN zur Richtigkeitsprüfung beim größten Prüfdurchfluss eingesetzt werden, wenn die Bedingungen in diesem Abschnitt erfüllt werden.

Die zuständige Eichbehörde muss bei Prüfständen nach dem Vergleichsverfahren Vergleichsmessungen mit konventionellen Prüfständen durchführen.

Die Bauarten der verwendeten Abtast-, Impulszähl- bzw. Vergleichseinrichtungen bedürfen hinsichtlich ihrer Eignung einer Prüfung durch die Eichbehörde.

4.4.1. Vergleichszähler

Zulässig als Vergleichszähler sind zur Eichung zugelassene

- Zähler, die nach dem Messprinzip des Prüflings arbeiten,
- magnetisch-induktive Volumendurchflussmessgeräte (MID)
- sowie andere Volumenzähler, die für diesen Verwendungszweck von der Eichbehörde anerkannt sind.

Prüfling und Vergleichszähler müssen nicht den gleichen Nenndurchfluss haben und bei gleichem Messprinzip nicht von gleicher Bauart sein.

4.4.2. Anforderungen an Vergleichszähler

Eine exemplarische Prüfung soll sicherstellen, dass eine Zählerbauart grundsätzlich für die Verwendung als Vergleichszähler geeignet ist.

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Die Vergleichszähler müssen bei 10 unmittelbar aufeinanderfolgenden Messungen auf einem Prüfstand mit einem NHO eine relative Standardunsicherheit von kleiner oder gleich 0,1 % gewährleisten.

Systematische Veränderungen oder eine ggf. vorhandene Drift der Anzeigewerte im Laufe eines Tages gegenüber dem Wert zu Beginn dürfen nicht größer als 0,3 % sein.

Für Warmwasserprüfstände gilt:

Die Vergleichszähler müssen bei 10 unmittelbar aufeinanderfolgenden Messungen auf einem Prüfstand mit Waage eine relative Standardunsicherheit von kleiner oder gleich 0,15 % gewährleisten.

Systematische Veränderungen oder eine ggf. vorhandene Drift der Anzeigewerte im Laufe eines Tages gegenüber dem Wert zu Beginn dürfen nicht größer als 0,5 % sein.



4.4.3. Prüzfähglieder

Die Prüzfähglieder müssen so gestaltet sein und sich so drehen, dass ihre Markierungen von der Abtasteinrichtung einwandfrei erfasst werden können.

Bei der Reihenprüfung müssen alle Prüflinge mit den gleichen Prüzfähgliedern versehen sein. Sie müssen auch die gleiche Impulswertigkeit haben.

4.4.4. Impulszähl- oder Vergleichseinrichtungen

Die Messergebnisse dürfen durch Störungen auf die von den Abtasteinrichtungen zu den Impulszähl- oder Vergleichseinrichtungen führenden Anschlusskabel nicht verfälscht werden.

Bei Zählvergleichseinrichtungen, bei denen infolge der Zähltechnik ± 1 Fehlimpuls auftreten kann, müssen je Zählvorgang mindestens 1000 Impulse erfasst werden können.

4.5. Prüfmittel für sonstige relevante Messgrößen

4.5.1. Durchflussmesseinrichtungen

Die Prüfstände müssen mit Einrichtungen zum Einstellen und Messen der geforderten Durchflüsse mit einer maximalen relativen Messabweichung von $\pm 5\%$ ausgestattet sein.

4.5.2. Temperaturmesseinrichtungen

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Bei der gravimetrischen Volumenbestimmung muss hinter der Messstrecke eine Temperaturmesseinrichtung mit einem Skalenwert bzw. Ziffernschritt von $\leq 0,1\text{ °C}$ und einer maximalen Standardunsicherheit von $0,1\text{ °C}$ vorhanden sein.

Für Warmwasserprüfstände gilt:

Vor und hinter der Messstrecke muss eine Temperaturmesseinrichtung mit einem Skalenwert bzw. Ziffernschritt $\leq 0,1\text{ °C}$ vorhanden sein.

Für die Temperaturmessung ist eine Standardunsicherheit von $0,5\text{ °C}$ zulässig. Dazu ist nächstmöglich vor und hinter der Einbaustrecke für die Prüflinge die Wassertemperatur zu messen (elektrische Widerstandsthermometer mit einer kombinierten Temperatur- und Temperaturdifferenz-Anzeige sind zu empfehlen).

4.5.3. Druckmesseinrichtungen

Es muss eine Einrichtung vorhanden sein, mit der der statische Druck in der Messstrecke vor dem Prüfling gemessen werden kann. Die relative Messabweichung dieser Einrichtung darf höchstens $\pm 5\%$ des jeweiligen Druckes betragen, d.h. bei Verwendung eines Manometers der Klasse 2,5 darf der Skalenendwert des Manometers nicht größer sein als das 2fache des kleinsten vorkommenden Betriebsdrucks.



4.5.4. Zeitmessgeräte

Zur Kontrolle des Durchflusses muss ein geeignetes Zeitmessgerät (in Anlehnung an die Eichordnung Anlage 19 in der am 31.12.2014 geltenden Fassung) vorhanden sein.

4.5.5. Dichtemesseinrichtungen

Bei der Anwendung des gravimetrischen Prüfverfahrens muss zur Kontrolle der Wasserdichte eine geeignete Dichtemesseinrichtung vorhanden sein.

4.6. Software zur automatischen Erfassung und Auswertung von Messergebnissen

4.6.1. Allgemeines

Die im Prüfstand verwendete Software muss eine Versionsbezeichnung mit Erstellungsdatum tragen und diese zumindest beim Starten des Programms auf dem Bildschirm anzeigen. Modifizierte Software ist durch eine Revision der Versionsbezeichnung in jedem Fall kenntlich zu machen.

Die Reihenfolge der Dateneingabe von außen soll dem tatsächlichen Prüfungsablauf entsprechen. Es muss die Möglichkeit bestehen, fehlerhaft eingegebene Werte vor der Auswertung zu korrigieren sowie einen Prüfgang zu unterbrechen und auf einfache Weise neu zu beginnen. Nach der Auswertung darf eine Änderung der Messergebnisse nicht mehr möglich sein. Eine direkte Vergleichbarkeit der berechneten Messabweichungen mit den geltenden Fehlergrenzen muss möglich sein.

Die Berechnung der Messabweichung der Prüflinge mit allen Korrekturfaktoren sowie das entsprechende Programmlisting mit Variabellenliste oder ein Flussplan der Berechnung müssen der Prüfstandsbeschreibung beiliegen.

Zur Überwachung durch die Eichbehörde und zur Kontrolle für den Anwender muss ein Anzeigen und Ausdrucken aller Messwerte und relevanten Parameter möglich sein, die zur Berechnung der Messabweichung verwendet werden. Die Speicherung dieser Daten und Messergebnisse in einer Datenbank ist empfehlenswert, z.B. zum Zwecke der Nachberechnung und späteren statistischen Auswertung.

Aus dem Protokoll für amtliche Prüfungen müssen für den Prüfling mindestens die Angaben entsprechend Abschnitt 7.3 dieser Prüfanweisung hervorgehen.

4.6.2. Zugangsberechtigungen

Die Zugangsberechtigung des bedienenden Personals ist in drei Zugangsbereiche (Bedien-, Setz- und Parametrierbereich) zu unterteilen und durch entsprechende Passwortebenen zu schützen. Dies gilt auch für ausgelagerte Dateien.

Im Bedienbereich müssen alle Messdaten und Parameter, die zur sachgerechten Führung der Anlage notwendig sind, dem Bediener zu Kontrollzwecken angezeigt werden. Eine Änderung der Daten darf nicht durchführbar sein.



Das Einstellen (Setzen) von Parametern, die auf den Ablauf und Umfang der Prüfung Einfluss nehmen, aber keine eichrechtlich relevanten Parameter verändern, erfolgt im Setzbereich.

Der Zugriff auf Parameter, die eine direkte Auswirkung auf die gesuchte Messgröße haben oder eichamtlicher Aufsicht unterliegen, muss im Parametrierbereich erfolgen.

Die Verantwortlichkeit für den Zugriff auf die einzelnen Zugangsbereiche ist festzulegen.

4.6.3. Kennzeichnung

Durch eine geeignete Verwaltung im Prüfprogramm muss sichergestellt sein, dass die jeweils für den Betrieb der Anlage eingesetzte Software dem Benutzer in ihrem vollständigen Revisionsstand (Name, Version, Betriebssystem, Revisionsdatum, Änderung) angezeigt werden kann.

Bei einem Anlagenprogramm, das in Verbindung mit einem Netzrechner läuft, muss ersichtlich sein, welche ausgelagerten Dateien oder Programme noch zugehörig sind.

4.6.4. Dokumentation und Datensicherung

Änderungen an der Prüfstandssoftware sind im Prüfstandshandbuch oder –ordner (siehe Abschnitt 4.2.1) einschließlich der geänderten Versionsbezeichnung einzutragen.

Werden die Prüfungsunterlagen gemäß § 52 der MessEV auf elektronischen Datenträgern gespeichert, so sind mindestens die Angaben zu speichern, die aus einem Protokoll für amtliche Prüfungen eines Prüflings hervorgehen müssen. In diesem Fall kann der Protokollausdruck entfallen.

Die Maßnahmen zur Organisation und Dokumentation der Speicherung sind der zuständigen Eichbehörde vor der Einrichtung des Systems darzulegen.

4.7. Prüfung der Normal- und Vergleichszähler

Die Prüfungen sind auf demselben Prüfstand, am gleichen Platz, in der gleichen Lage, in der sie verwendet werden, und stets mit demselben Normal durchzuführen. Ausnahmen hiervon bedürfen der Zustimmung der Eichbehörde.

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Die Temperatur des Kaltwassers darf 30 °C nicht überschreiten.

Für Warmwasserprüfstände gilt:

Die Temperatur des Warmwassers muss 50 °C ± 5 °C betragen.

Für die Prüfung des Vergleichszählers muss ein metrologisch rückgeführtes NHO (Normalmessbehälter oder Waage) zur Verfügung stehen, das die unter Abschnitt 4.3.1.1 bzw. 4.3.2.2 genannten Anforderungen erfüllt.



4.7.1. Prüfung der Normalzähler

Die Messabweichungen der Normalzähler müssen am Einbauort in dem Prüfstand, in dem sie verwendet werden, vierteljährlich mindestens einmal durch Vergleich mit einem NHO (Normalmessbehälter oder Waage) ermittelt werden.

Wenn im Rahmen der Prüfung auf Eignung nichts Näheres bestimmt wird, sind die Festlegungen der Abschnitte 4.3.3, 4.7.2.1 und 4.7.2.2 sinngemäß anzuwenden. Bei der Verwendung einer Waage bzw. eines Normalmessbehälters als NHO gelten die Anforderungen des Abschnitts 6.2.3. bzw. 6.2.4.

4.7.2. Prüfung der Vergleichszähler

4.7.2.1. Prüfvolumen

Das Prüfvolumen muss so groß sein, dass die relative Standardunsicherheit bei der Ablesung bzw. selbsttätigen Ermittlung der zugehörigen Vergleichszähleranzeige höchstens 0,1 % dieses Volumens ist.

Als Standardunsicherheit der Ablesung für das Zählwerk des Vergleichszählers kann das 0,1fache des Teilstrichabstandes des schnellsten Zählgliedes, jedoch nicht weniger als 0,4 mm, angesetzt werden.

Bei Prüfungen mit stehendem Start und Stopp muss außerdem die Prüfzeit mindestens eine Minute und das Volumen mindestens 100 l betragen.

4.7.2.2. Prüfung vor dem ersten Gebrauch

Soweit nicht im Einzelfall besondere Festlegungen gelten, sind die Volumenmessabweichungen der Vergleichszähler bei den angewandten Prüfdurchflüssen jeweils fünfmal zu bestimmen. Für jeden Durchfluss ist der Mittelwert anzugeben. Zähler, bei denen einzelne relative Messabweichungen einzelner Messungen mehr als $\pm 0,3\%$ betragen, dürfen nicht als Vergleichszähler verwendet werden.

4.7.2.3. Prüfung während der Gebrauchsdauer

Die Messabweichung des Vergleichszählers ist an den Tagen, an denen der Zähler verwendet wird, zu Beginn und Ende der Schicht durch Messung gegen ein Normal der nächsthöheren Ordnung (Waage) zu ermitteln. Die Überprüfung bei Schichtende kann entfallen, wenn der Zähler am Folgetag wiederverwendet und somit bei Schichtbeginn wieder geprüft wird.

Wenn die bei der Überprüfung festgestellte relative Messabweichung des Vergleichszählers mehr als $\pm 0,3\%$, jedoch weniger als $\pm 1\%$ des durchgeflossenen Volumens vom letzten Mittelwert abweicht, ist der Mittelwert erneut zu bestimmen.

Bei größeren Abweichungen darf der Zähler erst nach Abstellung der hierfür verantwortlichen Ursache weiter als Vergleichszähler verwendet werden. Außerdem müssen diejenigen Wasserzähler erneut geprüft werden, von denen aufgrund der beim



Vergleichszähler festgestellten Abweichungen angenommen werden muss, dass sie die Fehlergrenzen überschreiten.

Die Messergebnisse sind 2 Jahre als Nachweis bereitzuhalten.

4.8. Nachprüffristen für Prüfmittel

Siehe Anhang 8.3

5. Umgebungsbedingungen

Es gelten die jeweiligen Vorschriften der GM-AR.

6. Prüfung

Die Festlegungen der eichrechtlichen Vorschriften nach Abschnitt 2 sind einzuhalten.

Gebrauchte Zähler müssen vor der Eichung wegen der Ablagerungen aus dem durchgeflossenen Wasser grundsätzlich geöffnet, innen gereinigt und bei Bedarf repariert werden. Ein einfaches Spülen der Zähler ist nicht ausreichend.

6.1. Formale Prüfung der Zähler

Die formale Prüfung ist in der Regel vor der messtechnischen Prüfung durchzuführen. Es gelten die jeweiligen Vorschriften der GM-AR.

6.2. Messtechnische Prüfung der Zähler

6.2.1. Allgemeines

Vor Beginn der Prüfungen ist die Dichtheit der Absperrarmaturen in etwaigen Zweigleitungen hinter den Prüflingen zu kontrollieren, die zum Wägebehälter oder zum Normalmessbehälter führende Leitung bis zur Abgrenzungsstelle (z.B. Überlaufkannte) zu füllen.

Die Normalmessbehälter sind vor der Prüfung zu benetzen.

Vor der Prüfung sind die Zähler zusammen mit der Messstrecke ggf. mit einer Evakuierereinrichtung zu entlüften.

Zähler gleicher Bauart und Größe, die nach dem gleichen Messprinzip arbeiten, können in Reihenschaltung geprüft werden. Dabei muss der Druck am Ende der Reihe so groß sein, dass keine Kavitation eintreten kann.

Die Reihenschaltung ist nur dann zulässig, wenn durch Vergleichsmessungen nachgewiesen wird, dass die Messergebnisse durch gegenseitige Beeinflussung nicht verfälscht werden.



6.2.2. Richtigkeitsprüfung

Bei der Richtigkeitsprüfung ist die relative Messabweichung nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$f = \left(\frac{V_P - V_N}{V_N} \right) \cdot 100\% \quad \text{⑤}$$

Die Durchflüsse sind entsprechend der Zählergröße und der auf dem Zähler angegebenen metrologischen Klasse bzw. des auf dem Zähler angegebenen Durchflussverhältnisses $Q_3/Q_1 = R$ nach Abschnitt 6.2.2.1 festzulegen (siehe Anhang 8.1).

6.2.2.1. Eichung

6.2.2.1.1. Prüfdurchflüsse

Die Prüfungen sind bei folgenden Durchflüssen vorzunehmen:

für Kaltwasserzähler mit Nenndurchflüssen $Q_n < 15 \text{ m}^3/\text{h}$, welche nicht nach Richtlinie 2004/22/EG bzw. 2014/32/EU in Verkehr gebracht wurden

$$\begin{aligned} 0,75 Q_{\max} &\leq Q \leq Q_{\max} \\ Q_t &\leq Q \leq 1,1 Q_t \\ Q_{\min} &\leq Q \leq 1,1 Q_{\min} \end{aligned}$$

für Kaltwasserzähler mit Nenndurchflüssen $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$ und für Warmwasserzähler, welche nicht nach Richtlinie 2004/22/EG bzw. 2014/32/EU in Verkehr gebracht wurden

$$\begin{aligned} 0,5 Q_{\max} &\leq Q \leq Q_{\max} \\ Q_t &\leq Q \leq 1,1 Q_t \\ Q_{\min} &\leq Q \leq 1,1 Q_{\min} \end{aligned}$$

und für Zähler, welche nach Richtlinie 2004/22/EG bzw. 2014/32/EU in Verkehr gebracht wurden

$$\begin{aligned} 0,9 Q_3 &\leq Q \leq Q_3 \\ Q_2 &\leq Q \leq 1,1 Q_2 \\ Q_1 &\leq Q \leq 1,1 Q_1 \end{aligned}$$

wobei folgende Bedingung gilt:

$Q_2/Q_1 = 1,6$ (sofern kein abweichendes Verhältnis auf dem Zähler angegeben ist).



6.2.2.1.2. Eichung von Verbundzählern

Die Prüfungen sind für Verbundzähler, welche nicht nach Richtlinie 2004/22/EG bzw. 2014/32/EU in Verkehr gebracht wurden, mindestens bei folgenden Durchflüssen vorzunehmen:

im oberen Belastungsbereich zwischen

$$\begin{aligned} 0,5 Q_{\max} \leq Q \leq Q_{\max} & \text{ des Hauptzählers} \\ Q_t \leq Q \leq 1,1 Q_t & \text{ des Hauptzählers} \end{aligned}$$

im unteren Belastungsbereich

- bei einem steigend eingestellten Durchfluss unmittelbar vor dem Öffnen der Umschalteinrichtung, der nicht mehr als 300 l/h bei einem Nebenzähler mit $Q_n \leq 6 \text{ m}^3/\text{h}$ bzw. 600 l/h bei einem Nebenzähler mit $Q_n > 6 \text{ m}^3/\text{h}$ unterhalb des Durchflusses beim Öffnen der Umschalteinrichtung liegt,
- bei einem fallend eingestellten Durchfluss unmittelbar vor dem Schließen der Umschalteinrichtung, der nicht mehr als 300 l/h bei einem Nebenzähler mit $Q_n \leq 6 \text{ m}^3/\text{h}$ bzw. 600 l/h bei einem Nebenzähler mit $Q_n > 6 \text{ m}^3/\text{h}$ oberhalb des Durchflusses beim Schließen der Umschalteinrichtung liegt.

Der angebaute Nebenzähler muss bereits geeicht sein.

Die Prüfungen sind für Verbundzähler, welche nach Richtlinie 2004/22/EG bzw. 2014/32/EU in Verkehr gebracht wurden, mindestens, sofern nicht andere Durchflüsse in der Baumusterprüfbescheinigung festgelegt sind, bei folgenden

Durchflüssen vorzunehmen:

$$\begin{aligned} Q_1 \leq Q \leq 1,1 Q_1 \\ Q_2 \leq Q \leq 1,1 Q_2 \\ 0,9 Q_3 \leq Q \leq Q_3 \\ 0,85 Q_{x1} \leq Q \leq 0,95 Q_{x1} \\ 1,05 Q_{x2} \leq Q \leq 1,15 Q_{x2} \end{aligned}$$

Anmerkung:

Das Öffnen der Umschalteinrichtung lässt sich feststellen:

1. an der sprunghaften Verringerung des Druckverlustes,
2. an der plötzlichen Abnahme der Drehzahl des Anlaufsterns des Nebenzählers.

Das Schließen der Umschalteinrichtung lässt sich an der deutlichen Zunahme der Drehzahl des Anlaufsterns des Nebenzählers feststellen.

6.2.2.1.3. Durchflussintegratoren

Die Prüfungen sind entsprechend den Anforderungen der Bauartzulassung bzw.



Baumusterprüfbescheinigung unter Berücksichtigung von Herstellervorgaben durchzuführen.

6.2.3. Prüfung mit Waagen

6.2.3.1. Wasserdichte

Die Volumenbestimmung mittels Wägung erfolgt unter Verwendung einer speziellen Wasserdichtetabelle (siehe Anhang 8.4) und eines Dichtemessgerätes (z.B. Aräometer).

Die Wasserdichte ρ_w muss in Abhängigkeit von der Temperatur des Wassers ϑ_w bestimmt werden. Dies kann mit Hilfe der bekannten Tabelle oder der Formel für die Dichte $\rho_{w \text{ dest}}$ des luftgesättigten destillierten Wassers unter Berücksichtigung einer additiven Korrektur K_{pw} erfolgen.

$$\rho_w(\vartheta_w) = \rho_{w \text{ dest}}(\vartheta_w) + K_{pw} \quad \textcircled{6}$$

Die Wassertemperatur ϑ_w ist in der Messstrecke vor oder hinter dem Prüfling zu messen.

Die Korrektur K_{pw} kann als konstant (d.h. von der Temperatur unabhängig) angenommen werden. Sie ist bei einer mittleren Temperatur mit einer maximalen Standardunsicherheit von $0,3 \text{ kg/m}^3$ bei Bedarf (z.B. nach einem Wasserwechsel) zu messen bzw. zu kontrollieren. Dazu ist bei laufendem Betrieb eine Wasserprobe aus der Messstrecke des Prüfstandes zu entnehmen.

6.2.3.2. Volumenberechnung

Das zu bestimmende Prüfvolumen ist (beim statischen Wägeverfahren) nach folgender Formel zu berechnen:

$$V_N = \frac{W}{\rho_w(\vartheta_w)} \cdot K_{LA} \cdot K_{RA} \quad \textcircled{7}$$

V_N : Abgegebenes Volumen (Sollwert)

W : Wägewert der Wassermenge (Anzeigedifferenz der Waage)

$\rho_w(\vartheta_w)$: Wasserdichte bei der Temperatur ϑ_w des Wassers im Prüfling während der Messung

K_{LA} : Faktor der Luftauftriebskorrektur

K_{RA} : Faktor der Korrektur für den Tauchrohrtrieb.

Die Luftauftriebskorrektur wird nach folgender Formel berechnet:

$$K_{LA} = \frac{1 - \frac{\rho_L}{\rho_G}}{1 - \frac{\rho_{LB}}{\rho_w(\vartheta_w)}} \quad \textcircled{8}$$



- ρ_L : Luftdichte außerhalb des Wäagebehälters (i.a. bei 20 °C)
 ρ_{LB} : Luftdichte im Wäagebehälter
 $\rho_w(\vartheta_w)$: Wasserdichte bei ϑ_w
 ρ_G : konventionelle Dichte der Normalgewichtstücke; $\rho_G = 8000 \text{ kg/m}^3$

Für die Berechnung der Luftauftriebskorrektur ist es ausreichend, folgende Näherungswerte einzusetzen

$$\begin{aligned}
 \rho_L &= 1,20 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_{LB} &= 1,22 \text{ kg/m}^3 \text{ (bei } 15 \text{ °C mit } 80 \text{ \% relativer Feuchte)} \\
 \rho_w(15^\circ\text{C}) &= 999,1 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho_{LB} &= 1,04 \text{ kg/m}^3 \text{ (bei } 50 \text{ °C mit } 100 \text{ \% relativer Feuchte)} \\
 \rho_w(50^\circ\text{C}) &= 988 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

und damit

$$K_{LA} = 1,0010$$

als konstant anzunehmen.

Die Tauchrohr-Auftriebskorrektur ist

$$K_{RA} = 1 - \frac{A_{TR}}{A_B} \quad \text{⑨}$$

wenn A_{TR} und A_B über die Füllhöhe konstant sind.

A_{TR} : Querschnitt der Tauchrohrwand

A_B : freier Behälterquerschnitt (abzüglich der Fläche eventueller Einbauten, aber einschließlich A_{TR}).

Ist kein außen befestigtes Tauchrohr vorhanden, beträgt $K_{RA} = 1$.

6.2.3.3. Prüfvolumen

Das Prüfvolumen ist so groß zu wählen, dass die Bedingungen nach Abschnitt 4.2.2, 4.2.5, 4.3.1 und 6.3.2 erfüllt werden (siehe Anhänge 8.5 und 8.7).

6.2.3.3.1. Prüfungen mit stehendem Start-Stopp

Zusätzlich zu Abschnitt 6.2.3.3 sind folgende Bedingungen einzuhalten:

- ein Mindestprüfvolumen gleich dem 100fachen des Eichwertes des Prüflings bei Prüfungen im unteren Belastungsbereich,
- ein Mindestprüfvolumen gleich dem 200fachen des Eichwertes des Prüflings bei Prüfungen im oberen Belastungsbereich,



- das am schnellsten laufende Zählglied muss mindestens eine volle Umdrehung ausführen,
- die Gesamtprüfzeit muss gleich oder größer als das 10fache der Summe aus Öffnungs- und Schließzeit der Absperreinrichtung sein,
- der Nachlauf des Wasserzählers nach Abschaltung des Durchflusses darf nicht größer als 0,5 % des Prüfvolumens sein.

6.2.3.3.2. Prüfungen mit fliegendem Start-Stopp

Zusätzlich zu Abschnitt 6.2.3.3 sind die Bedingungen nach Abschnitt 4.2.5.2 sowie die folgenden einzuhalten.

6.2.3.3.2.1. Prüfungen mit visueller Ablesung

Wenn die Auslösung des Umschaltvorgangs von Hand und die Ablesung am Prüfling visuell erfolgt, muss das Prüfvolumen so groß gewählt werden, dass

- es mindestens gleich dem 100fachen des Eichwertes des Prüflings bei Prüfungen im unteren Belastungsbereich ist,
- es mindestens gleich dem 200fachen des Eichwertes des Prüflings bei Prüfungen im oberen Belastungsbereich ist,
- das am schnellsten laufende Zählglied mindestens eine volle Umdrehung ausführt,
- die Gesamtprüfzeit gleich oder größer als das 50fache der Umschaltzeit ist.

Anmerkung

Die Überprüfung der Umschalteinrichtung soll nach Anhang 8.5.2. erfolgen.

6.2.3.3.2.2. Prüfungen mit automatischer Abtastung

Das Prüfvolumen ist so groß zu wählen, dass bei 10 aufeinanderfolgenden Messungen an Prüflingen der zu prüfenden Bauart und bei Einstrahlflügelradzählern auch bei jeder Baulänge die relative Standardabweichung der Einzelmesswerte nicht größer als 0,15 % im oberen Belastungsbereich und 0,3 % im unteren Belastungsbereich ist.

6.2.4. Prüfung mit Normalmessbehältern

Das Messgefäß muss vor der Prüfung innen benetzt sein. Nach der dafür notwendigen Füllung und Entleerung des Messgefäßes ist erst nach einer Abtropfzeit von 30 s die Absperrrarmatur in der Entleerungsleitung zu schließen.

6.2.4.1. Prüfvolumen

Das Prüfvolumen ist so groß zu wählen, dass das der Fehlergrenze entsprechende Volumen einem Höhenunterschied an der Ablesestelle von mindestens



40 mm entspricht und die Bedingungen nach Abschnitt 4.2.2, 4.2.5 und 6.3.2 erfüllt werden (siehe Anhänge 8.5 und 8.7).

6.2.4.2. Prüfungen mit stehendem Start-Stopp

Zusätzlich zu Abschnitt 6.2.4.1 sind die Bedingungen des Abschnittes 6.2.3.3.1 einzuhalten.

6.2.4.3. Prüfungen mit fliegender Start-Stopp

Zusätzlich zu Abschnitt 6.2.4.1 sind die Bedingungen der Abschnitte 6.2.3.3.2.1 und 6.2.3.3.2.2. einzuhalten.

6.2.5. Prüfung mit Normalzählern

Bei der Prüfung mit Normalzählern sind die im Rahmen der Prüfung auf Eignung getroffenen Festlegungen der Eichbehörde zu beachten. Sofern im Rahmen der Prüfung auf Eignung nichts Näheres bestimmt wird, sind bei der Festlegung des Prüfvolumens die Bestimmungen nach Abschnitt 4.3.3, 6.2.3.3.2.2 und 6.3.2 zu beachten.

6.2.6. Prüfung mit Vergleichszählern

6.2.6.1. Prüfungen mit Impulszählung

Bei Prüfungen mit periodischer Impulszählung und anschließendem Zählvergleich zwischen Prüfling und Vergleichszähler dürfen die während eines Prüfanges vom Impulszählwerk jeweils erfassten Impulszahlen um nicht mehr als ± 4 je 1000 Impulse voneinander abweichen.

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Die für den Vergleich zugrunde gelegte relative Messabweichung des Vergleichszählers darf dabei nicht größer als $\pm 1,6$ % sein.

Für Warmwasserprüfstände gilt:

Die für den Vergleich zugrunde gelegte relative Messabweichung des Vergleichszählers darf dabei nicht größer als $\pm 2,4$ % sein.

Innerhalb dieser eingegrenzten Fehlergrenzen darf der Prüfling auch auf eine andere relative Messabweichung als die des Vergleichszählers justiert werden. Die angezeigten Werte müssen dann im Mittel bei dem um den gewünschten Betrag verschobenen Sollwert liegen.

6.2.6.2. Prüfungen mit Lichtblitzstroboskop

Bei Prüfungen mit einem Lichtblitzstroboskop als Vergleichseinrichtung darf das der scheinbaren Auswanderung des Prüfvolumens beim Prüfling entsprechende Volumen nicht größer sein als $\pm 0,2$ % des durchgeflossenen Volumens. Anstelle des tatsächlich durchgeflossenen Volumens kann das vom Zählwerk des Prüflings angezeigte Volumen als Näherungswert verwendet werden.



Bei der Feststellung der jeweiligen Auswanderungen soll das am schnellsten laufende Zählglied mindestens eine Umdrehung machen. Außerdem soll die dafür maximal zulässige Auswanderung der Markierung am Prüfzählglied nicht kleiner als 45° sein.

Die sich daraus für jede Zählerbauart und -größe ergebenden Werte für die zulässigen Auswanderungswinkel und das zugehörige Prüfvolumen sind in einer am Prüfstand auszulegenden Tabelle anzugeben.

6.2.6.3. Prüfungen mit Impulsinterpolation

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Bei Prüfungen mit Impulsinterpolation (Doppel-Stoppuhr-Methode) ist die Prüfzeit bzw. die Impulszahl für jede Zählerbauart und -größe so groß zu wählen, dass bei 10 aufeinanderfolgenden Messungen an einem Prüfling die relative Standardabweichung der Einzelmesswerte nicht größer als 0,15 % ist.

Für Warmwasserprüfstände gilt:

Bei Prüfungen mit Impulsinterpolation (Doppel-Stoppuhr-Methode) ist die Prüfzeit bzw. die Impulszahl für jede Zählerbauart und -größe so groß zu wählen, dass bei 10 aufeinanderfolgenden Messungen an einem Prüfling die relative Standardabweichung der Einzelmesswerte nicht größer als 0,20 % ist.

6.3. Messunsicherheiten

Soweit nicht näher bezeichnet wird hier als „relative Messunsicherheit“ die relative erweiterte Messunsicherheit U_{rel} mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ verstanden. Der Zusammenhang zwischen dieser und der relativen Standardunsicherheit u_{rel} ist durch die Beziehung $U_{rel} = k \cdot u_{rel}$ gegeben.

Für die Bestimmung der Standardunsicherheit gelten die Empfehlungen des „Leitfadens zur Angabe der Unsicherheit beim Messen“⁴. Maßgeblich für die Eichung von Kaltwasserzählern ist, dass der vorgeschriebene Grenzwert für die kombinierte (Gesamt-) Standardunsicherheit des abgegebenen Volumens nicht überschritten wird. Die für einzelne Unsicherheitskomponenten angegebenen Grenzen gelten als empfohlene Grenzrichtwerte, die je nach Art der Prüfeinrichtung und den dort herrschenden Bedingungen in der Weise verändert werden dürfen, dass der vorgeschriebene Grenzrichtwert für die relative kombinierte Standardunsicherheit des Volumens eingehalten wird. Die Berechnung der relativen kombinierten Standardunsicherheit wird im Anhang 8.6 erläutert. Werden alle in dieser Prüfanweisung genannten Grenzrichtwerte für die einzelnen Unsicherheitskomponenten eingehalten, ist eine gesonderte Berechnung (oder Kontrolle) der relativen kombinierten Standardunsicherheit nicht erforderlich. Dies gilt jedoch nicht bei der Verwendung von Normalzählern.

6.3.1. Prüfstände

Für Kaltwasserprüfstände gilt:

Die geforderte ausreichende Messsicherheit der Prüfstände ist gegeben, wenn unter

⁴ Deutsche Übersetzung des „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (Deutsche Fassung), DIN V ENV 13005, Beuth Verlag GmbH, Juni 1999.



Berücksichtigung der verschiedenen durch die Prüfeinrichtung bedingten Einflüsse die relative erweiterte Messunsicherheit bei der Erfassung des abgegebenen Volumens 0,2 % dieses Volumens nicht übersteigt. Das bedeutet, die relative kombinierte Standardunsicherheit des Prüfstandes darf nicht größer als 0,10 % sein.

Für Warmwasserprüfstände gilt:

Die geforderte ausreichende Messsicherheit der Prüfstände ist gegeben, wenn unter Berücksichtigung der verschiedenen durch die Prüfeinrichtung bedingten Einflüsse die relative erweiterte Messunsicherheit bei der Erfassung des abgegebenen Volumens 0,3 % dieses Volumens nicht übersteigt. Das bedeutet, die relative kombinierte Standardunsicherheit des Prüfstandes darf nicht größer als 0,15 % sein.

Wird die relative erweiterte Messunsicherheit überschritten, muss die Prüffehlergrenze gegenüber der Fehlergrenze um den Betrag der Überschreitung eingengt werden.

6.3.2. Zähleranzeige

Die relative Standardunsicherheit bei der Ablesung der Zähleranzeige darf nicht größer als 0,25 % bezogen auf das Prüfvolumen sein, wobei als Standardunsicherheit ein Viertel des kleinsten Teilstrichabstandes (Eichwert) und bei digitalen Anzeigen das 0,3 fache der kleinsten Anzeigeänderung angenommen wird. Diese Bedingungen gelten auch bei der Abtastung von Prüfzählgliedern.

6.3.3. Messergebnisse

Die kombinierte Standardunsicherheit des Messergebnisses bei der Eichung (Messabweichung des Prüflings) setzt sich zusammen aus der kombinierten Standardunsicherheit des Prüfstandes und der Standardunsicherheit der Ablesung der Zähleranzeige (bzw. der experimentell ermittelten Wiederholstandardabweichung bei Prüfungen mit Impulsinterpolation) sowie weiteren Einflüssen durch den Zähler z.B. Nachlauf usw. und darf nicht größer als 0,4 % sein.

7. Kennzeichnung und Prüfungsniederschriften

7.1. Kennzeichnung

Es ist auf eine einwandfreie und dauerhafte Anbringung der Kennzeichnung zu achten. Werden Drahtplomben verwendet, müssen der Plombendraht und die Art der Verplombung so ausgeführt sein, dass eine Öffnung des Zählers ohne Beschädigung der Verplombung nicht möglich ist. Hierzu muss der Plombendraht

- so kurz wie möglich sein,
- von der Verschlusschraube der Justiereinrichtung gesehen im Uhrzeigersinn ausreichend verdreht werden,
- aus Werkstoffen bestehen, die keine größere elastische und plastische Dehnung aufweisen als die bisher überwiegend gebräuchlichen Messingdrähte, und
- an der Verschlusschraube und am Kopfring fixiert werden. Es reicht nicht aus, den Draht nur durch die Bohrung hindurch zu führen.



Das Eichkennzeichen darf zugleich als Sicherungszeichen vorgesehen sein. Im Übrigen gilt § 38 der MessEV (Kennzeichnung der Messgeräte).

7.2. Verbundzähler

7.2.1. Eichkennzeichen

Das Eichkennzeichen des Verbundzählers ist je nach Bauartzulassung bzw. Baumusterprüfbescheinigung an der Umschalteinrichtung oder am Messeinsatz in der Nähe des Zählwerkes anzubringen. Im Übrigen gelten die Bestimmungen im Abschnitt 7.1.

Bemerkung:

Für die Eichfrist ist die Jahresangabe des Eichkennzeichens am Verbundzähler allein maßgebend. Die am Nebenzähler angebrachten Kennzeichen - einschließlich der Jahresangabe - dürfen verbleiben; sie haben keine Bedeutung für die Eichfrist des Verbundzählers.

7.2.2. Sicherungszeichen

Sicherungszeichen sind an folgenden Stellen des Verbundzählers anzubringen:

- an den Zählwerksgehäusen bzw. Verschlussringen (Kopfverschraubungen) der Zähler
- an der Justiereinrichtung der Zähler.

Je nach Bauartzulassung bzw. Baumusterprüfbescheinigung sind, soweit zutreffend, weitere Sicherungszeichen an folgenden Stellen anzubringen:

- an der Verbindung zwischen Hauptzähler und Umschalteinrichtung
- am Gehäusedeckel der Umschalteinrichtung
- am Schild mit den Bezeichnungen an der Umschalteinrichtung, wenn dieses mit der Umschalteinrichtung nicht fest verbunden ist.

Mehrere Sicherungsstellen sind möglichst zu einer Sicherungsstelle zusammenzufassen, wenn dadurch die Sicherheit gegenüber einer getrennten Sicherung nicht beeinträchtigt wird.

Der Gehäusedeckel der Umschalteinrichtung ist nach der Prüfung auch zu sichern, wenn die Umschalteinrichtung für den Transport besonders arretiert werden muss. Es wird empfohlen, die Einbaustelle der Messeinsätze von Verbundzählern gegen unerlaubten Ausbau mit einem Benutzerstempel zu sichern.



7.3. Prüfungsniederschriften

Folgende Daten sind aufzuzeichnen:

- Zulassungszeichen und Herstellerzeichen (Fabrikmarke),
- Zählergröße und metrologische Klasse bzw. das Durchflussverhältnis Q_3/Q_1 , bei Zählern gemäß EO Anlage 6⁵ Q_{\min} und Q_t
- ausführende Prüfstelle
- Nr. des Prüfstandes
- Herstellungsnummer des Zählers
- die Messabweichungen bei den vorgeschriebenen Prüfdurchflüssen (%)
- ggf. Impulswertigkeit z.B. des Prüfzählgliedes bzw. korrigierte Impulswertigkeit
- Datum
- die Einbaulage, wenn sie von der Horizontalen abweicht.

Die für die Prüfungsniederschrift geforderten Daten können auch auf elektronischen Datenträgern gespeichert und geschützt aufbewahrt werden.

8. Anhang

⁵ Anlage 6 der Eichordnung in der am 12.02.2007 geltenden Fassung

Anhang 8.1

Belastungsbereichsgrenzen für Kaltwasserzähler nach den Anforderungen der EO Anlage 6-1¹⁾

Tabelle 1 $Q_n < 15 \text{ m}^3/\text{h}$

Größe		Klasse A			Klasse B		Klasse C	
Bereich Q_n m^3/h	Kennzeichnung Q_n m^3/h	$Q_{\max} = 2 Q_n$ m^3/h	$Q_{\min} = 0,04 Q_n$ l/h	$Q_t = 0,1 Q_n$ l/h	$Q_{\min} = 0,02 Q_n$ l/h	$Q_t = 0,08 Q_n$ l/h	$Q_{\min} = 0,01 Q_n$ l/h	$Q_t = 0,015 Q_n$ l/h
< 15	0,6	1,2	24	60	12	48	6	9
	1,0	2,0	40	100	20	80	10	15
	1,5	3	60	150	30	120	15	22,5
	2,5	5	100	250	50	200	25	37,5
	3,5	7	140	350	70	280	35	52,5
	5	10	200	500	100	400	50	75
	6	12	240	600	120	480	60	90
	10	20	400	1000	200	800	100	150

Tabelle 2 $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$

Größe		Klasse A			Klasse B		Klasse C	
Bereich Q_n m^3/h	Kennzeichnung Q_n m^3/h	$Q_{\max} = 2 Q_n$ m^3/h	$Q_{\min} = 0,08 Q_n$ m^3/h	$Q_t = 0,3 Q_n$ m^3/h	$Q_{\min} = 0,03 Q_n$ m^3/h	$Q_t = 0,2 Q_n$ m^3/h	$Q_{\min} = 0,006 Q_n$ m^3/h	$Q_t = 0,015 Q_n$ m^3/h
≥ 15	15	30	1,2	4,5	0,45	3	0,09	0,225
	25	50	2,0	7,5	0,75	5	0,15	0,375
	40	80	3,2	12	1,2	8	0,24	0,6
	60	120	4,8	18	1,8	12	0,36	0,9
	100	200	8	30	3	20	0,6	1,5
	150	300	12	45	4,5	30	0,9	2,25
	250	500	20	75	7,5	50	1,5	3,75
	400	800	32	120	12	80	2,4	6
	600	1200	48	180	18	120	3,6	9
	1000	2000	80	300	30	200	6	15
1500	3000	120	450	45	300	9	22,5	

¹⁾ Anlage 6 Abschnitt 1 der Eichordnung (EO 6-1) - Volumenmessgeräte für Kaltwasser - in der am 12.02.2007 geltenden Fassung

Anhang 8.1

Belastungsbereichsgrenzen für Warmwasserzähler nach den Anforderungen der EO Anlage 6-2²⁾

Tabelle 3

Bereich $Q_n < 15 \text{ m}^3/\text{h}$

Größe		$Q_{\max} = 2 \times Q_n$ m ³ /h	Klasse A		Klasse B		Klasse C		Klasse D	
Bereich Q_n m ³ /h	Kenn- zeich- nung Q_n m ³ /h		$Q_{\min} = 0,04 \times Q_n$ ℓ/h	$Q_t = 0,1 \times Q_n$ ℓ/h	$Q_{\min} = 0,02 \times Q_n$ ℓ/h	$Q_t = 0,08 \times Q_n$ ℓ/h	$Q_{\min} = 0,01 \times Q_n$ ℓ/h	$Q_t = 0,06 \times Q_n$ ℓ/h	$Q_{\min} = 0,01 \times Q_n$ ℓ/h	$Q_t = 0,015 \times Q_n$ ℓ/h
< 15	0,6	1,2	24	60	12	48	6	36	6	9
	0,75	1,5	30	75	15	60	7,5	45	7,5	11,25
	1,5	3	60	150	30	120	15	90	15	22,5
	2,5	5	100	250	50	200	25	150	25	37,5
	3,5	7	140	350	70	280	35	210	35	52,5
	5	10	200	500	100	400	50	300	50	75
	6	12	240	600	120	480	60	360	60	90
	10	20	400	1000	200	800	100	600	100	150

²⁾ Anlage 6 Abschnitt 2 der Eichordnung (EO 6-2) - Volumenmessgeräte für Warmwasser - in der am 12.02.2007 geltenden Fassung

Anhang 8.1

Belastungsbereichsgrenzen für Warmwasserzähler nach den Anforderungen der EO Anlage 6-2²⁾

Tabelle 4

Bereich $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$

Größe		Klasse A			Klasse B		Klasse C		Nennweite
Bereich	Kennzeichnung	$Q_{\max} = 2 \times Q_n$	$Q_{\min} = 0,08 \times Q_n$	$Q_t = 0,2 \times Q_n$	$Q_{\min} = 0,04 \times Q_n$	$Q_t = 0,15 \times Q_n$	$Q_{\min} = 0,02 \times Q_n$	$Q_t = 0,1 \times Q_n$	DN
Q_n	Q_n								
m^3/h	m^3/h	m^3/h	m^3/h	m^3/h	m^3/h	m^3/h	m^3/h	m^3/h	
≥ 15	15	30	1,2	3	0,6	2,25	0,3	1,5	50
	25	50	2,0	5	1	3,75	0,5	2,5	65
	40	80	3,2	8	1,6	6	0,8	4	80
	60	120	4,8	12	2,4	9	1,2	6	100
	100	200	8	20	4	15	2	10	125/150
	150	300	12	30	6	22,5	3	15	150
	250	500	20	50	10	37,5	5	25	200
	400	800	32	80	16	60	8	40	250
	600	1200	48	120	24	90	12	60	300

²⁾ Anlage 6 Abschnitt 2 der Eichordnung (EO 6-2) - Volumenmessgeräte für Warmwasser - in der am 12.02.2007 geltenden Fassung

Anhang 8.1**Belastungsbereichsgrenzen für Wasserzähler nach der RL 2004/22/EG (Anhang MI-001) bzw. RL 2014/32/EU (Anhang III)****Tabelle 5****Beispiele verschiedener Durchfluss- und Belastungsbereiche von Wasserzählern**

Q ₃ *) m ³ /h	1,0		1,6		2,5		4,0		6,3		10,0		16,0	
Q ₄ m ³ /h	1,25		2,0		3,125		5,0		7,9		12,5		20,0	
R **)	Q ₁ l/h	Q ₂ l/h	Q ₁ l/h	Q ₂ l/h	Q ₁ l/h	Q ₂ l/h	Q ₁ l/h	Q ₂ l/h	Q ₁ l/h	Q ₂ l/h	Q ₁ l/h	Q ₂ l/h	Q ₁ l/h	Q ₂ l/h
40	25,0	40,0	40,0	64,0	62,5	100,0	100,0	160,0	157,5	252,0	250,0	400,0	400,0	640,0
50	20,0	32,0	32,0	51,2	50,0	80,0	80,0	128,0	126,0	201,6	200,0	320,0	320,0	512,0
63	15,9	25,4	25,4	40,6	39,7	63,5	63,5	101,6	100,0	160,0	158,7	254,0	254,0	406,3
80	12,5	20,0	20,0	32,0	31,3	50,0	50,0	80,0	78,8	126,0	125,0	200,0	200,0	320,0
100	10,0	16,0	16,0	25,6	25,0	40,0	40,0	64,0	63,0	100,8	100,0	160,0	160,0	256,0
125	8,0	12,8	12,8	20,5	20,0	32,0	32,0	51,2	50,4	80,6	80,0	128,0	128,0	204,8
160	6,3	10,0	10,0	16,0	15,6	25,0	25,0	40,0	39,4	63,0	62,5	100,0	100,0	160,0

Laut RL 2004/22/EG (Anhang MI-001) bzw. RL 2014/32/EU (Anhang III) i.V.m. DIN EN 14154-1:2005+A2:2011, Nr. 7 ff.

*) Größenreihe R 5 nach ISO 3:1973 1,0...6300 m³/h

**) Größenreihe R 10 nach ISO 3:1973 40...800

Werte für die Durchflussbereiche:
 $Q_3 / Q_1 \geq 40$
 $Q_2 / Q_1 = 1,6$
 $Q_4 / Q_3 = 1,25$

Anhang 8.2

Belastungsbereichsgrenzen für die Eichung von Kaltwasserzählern mit alter nationaler Bauartzulassung nach § 31 EO¹⁾ und ohne Bauartzulassung nach den Übergangsvorschriften der EO Anlage 6-1²⁾

Mit alter nationaler Bauartzulassung bis Nennbelastung $Q_{\max} < 30 \text{ m}^3/\text{h}$

Messprinzip	Zählerart	Größe	Belastungsbereichsgrenzen in m^3/h		
			Q_{\min}	Q_t	Q_{\max}
Zähler mit feststehenden Messkammern und mit beweglichen Trennwänden in den Messkammern	Ringkolbenzähler	Kennzeichnung mit Zulassungszeichen	das 0,02-fache der Nennbelastung	das 0,04-fache der Nennbelastung	Nennbelastung
	und Scheibenzähler	und Angabe der Nennbelastung			
Zähler ohne Messkammern	Flügelradzähler (auch als Standrohrzähler)	Kennzeichnung mit Zulassungszeichen und Angabe der Nennbelastung	das 0,02-fache der Nennbelastung	das 0,04-fache der Nennbelastung	Nennbelastung
		Kennzeichnung durch Angabe der Belastungsbereichsgrenzen und Zulassungszeichen	gemäß Angabe auf dem Zähler		

Ohne oder mit alter nationaler Bauartzulassung $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$

Messprinzip	Zählerart	Größe DN	Belastungsbereichsgrenzen in m^3/h		
			Q_{\min}	Q_t	Q_{\max}
Zähler ohne Messkammern	Woltmanzähler	Kennzeichnung durch Angabe der Nennweite	Q_{\min}	Q_t	Q_{\max}
	Ausführungen:	50	1,2	4,5	30
		65	2,0	7,5	50
	WP,WS,WB	80	3,2	12	80
		100	4,8	18	120
	und	125	8,0	30	200
		150	12	45	300
	Standrohrzähler	200	20	75	500
		250	32	120	800
		300	48	180	1200
		400	80	300	2000
		500	120	450	3000

Erläuterungen zu den Woltmanzähler-Abkürzungen: WP, WS, WB

Ausführung WP: Laufradachse parallel zur Rohrachse
 Ausführung WS: Laufradachse senkrecht zur Rohrachse
 Ausführung WB: als Brunnenzähler

¹⁾ Eichordnung (alt) vom 12.08.1988 (BGBl I S. 1657) in der am 12.02.2007 geltenden Fassung

²⁾ Anlage 6 Abschnitt 1 der Eichordnung (EO 6-1) - Volumenmessgeräte für Kaltwasser - in der am 12.02.2007 geltenden Fassung

Anhang 8.3

Nachprüffristen für Prüfmittel

Normale der nächst höheren Ordnung (NHO)

Art	Nachprüffrist	Zuständig
Normalmessbehälter	5 Jahre	Eichbehörde oder akkreditierte Stelle
Waage	1 Jahr	Eichbehörde oder akkreditierte Stelle

Gebrauchsnormale (GN)

Art	Nachprüffrist	Zuständig
Normalmessbehälter	5 Jahre	Eichbehörde oder akkreditierte Stelle
Waage	1 Jahr *	Eichbehörde oder akkreditierte Stelle
Normalzähler	3 Monate bzw. 12 Monate **	Prüfstelle
Vergleichszähler	bei Schichtbeginn bzw. Schichtende	Prüfstelle

Prüfmittel für andere relevante Messgrößen

Art	Nachprüffrist	Zuständig
Druckmessgeräte	2 Jahre	Eichbehörde oder akkreditierte Stelle
Zeitmessgerät	1 Jahr	Eichbehörde oder akkreditierte Stelle
Glasthermometer	15 Jahre	Eichbehörde oder akkreditierte Stelle
Elektrothermometer	2 Jahre	Eichbehörde oder akkreditierte Stelle
Aräometer	10 Jahre	PTB oder Eichbehörde oder akkreditierte Stelle
Elektronische Dichtemessgeräte	2 Jahre	PTB oder Eichbehörde oder akkreditierte Stelle

* Die zuständige Eichbehörde kann die Nachprüffrist auf 2 Jahre verlängern, wenn durch interne periodische Prüfungen nachgewiesen wird, dass die relative Standardunsicherheit (siehe Abschnitt 4.3.1.1) eingehalten wird

** Gemäß der TR W 2 in der jeweils geltenden Fassung oder dem Anerkennungsbescheid der PTB

Anhang 8.4

Wasserdichtetabelle

Dichte von luftfreiem Wasser

(Tabelle aus PTB-Mitteilungen 3/90)

Dichte von luftfreiem Wasser bei 101325 Pa als Funktion der Celsiusstemperatur (ITS 90) *)

t °C	Dichte ρ in kg m ⁻³										Mittelwert Δρ/Δt kg m ⁻³ K ⁻¹	Δρ luftgesättigt - luftfrei kg m ⁻³
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9		
0	999,8396	999,8463	999,8528	999,8591	999,8653	999,8713	999,8771	999,8827	999,8882	999,8935	0,059	-0,0046
1	999,8986	999,9035	999,9082	999,9128	999,9172	999,9214	999,9254	999,9293	999,9330	999,9365	0,041	-0,0045
2	999,9399	999,9431	999,9461	999,9490	999,9516	999,9542	999,9565	999,9587	999,9607	999,9625	0,024	-0,0044
3	999,9642	999,9657	999,9671	999,9682	999,9693	999,9701	999,9708	999,9713	999,9717	999,9719	0,008	-0,0043
4	999,9720	999,9718	999,9716	999,9711	999,9705	999,9698	999,9689	999,9678	999,9666	999,9652	-0,008	-0,0042
5	999,9637	999,9620	999,9602	999,9582	999,9560	999,9537	999,9513	999,9486	999,9459	999,9430	-0,024	-0,0041
6	999,9399	999,9367	999,9333	999,9298	999,9261	999,9223	999,9184	999,9143	999,9100	999,9056	-0,039	-0,0040
7	999,9011	999,8964	999,8915	999,8865	999,8814	999,8761	999,8707	999,8651	999,8594	999,8536	-0,053	-0,0039
8	999,8476	999,8415	999,8352	999,8288	999,8222	999,8155	999,8087	999,8017	999,7946	999,7873	-0,068	-0,0038
9	999,7799	999,7724	999,7647	999,7569	999,7490	999,7409	999,7327	999,7244	999,7159	999,7073	-0,081	-0,0037
10	999,6985	999,6896	999,6806	999,6714	999,6622	999,6527	999,6432	999,6335	999,6237	999,6137	-0,095	-0,0036
11	999,6037	999,5934	999,5831	999,5726	999,5620	999,5513	999,5405	999,5295	999,5184	999,5071	-0,108	-0,0034
12	999,4958	999,4843	999,4726	999,4609	999,4490	999,4370	999,4249	999,4127	999,4003	999,3878	-0,121	-0,0033
13	999,3752	999,3624	999,3495	999,3366	999,3234	999,3102	999,2968	999,2834	999,2698	999,2560	-0,133	-0,0032
14	999,2422	999,2282	999,2141	999,1999	999,1856	999,1712	999,1566	999,1419	999,1271	999,1122	-0,145	-0,0031
15	999,0972	999,0820	999,0667	999,0513	999,0358	999,0202	999,0045	998,9886	998,9726	998,9566	-0,157	-0,0030
16	998,9404	998,9240	998,9076	998,8911	998,8744	998,8576	998,8407	998,8237	998,8066	998,7894	-0,168	-0,0029
17	998,7721	998,7546	998,7371	998,7194	998,7016	998,6837	998,6657	998,6476	998,6293	998,6110	-0,180	-0,0028
18	998,5926	998,5740	998,5553	998,5365	998,5177	998,4987	998,4796	998,4604	998,4410	998,4216	-0,190	-0,0027
19	998,4021	998,3824	998,3627	998,3428	998,3229	998,3028	998,2826	998,2623	998,2419	998,2214	-0,201	-0,0026
20	998,2008	998,1801	998,1593	998,1384	998,1174	998,0963	998,0751	998,0537	998,0323	998,0108	-0,212	-0,0025
21	997,9891	997,9674	997,9455	997,9236	997,9015	997,8794	997,8571	997,8348	997,8123	997,7898	-0,222	-0,0024
22	997,7671	997,7443	997,7215	997,6985	997,6755	997,6523	997,6290	997,6057	997,5822	997,5586	-0,232	-0,0023
23	997,5350	997,5112	997,4874	997,4634	997,4394	997,4152	997,3910	997,3666	997,3422	997,3176	-0,242	-0,0022
24	997,2930	997,2683	997,2434	997,2185	997,1935	997,1683	997,1431	997,1178	997,0924	997,0669	-0,252	-0,0021
25	997,0413	997,0156	996,9898	996,9639	996,9379	996,9118	996,8857	996,8594	996,8330	996,8066	-0,261	-0,0020
26	996,7800	996,7534	996,7267	996,6998	996,6729	996,6459	996,6188	996,5916	996,5643	996,5369	-0,271	-0,0019
27	996,5095	996,4819	996,4542	996,4265	996,3986	996,3707	996,3427	996,3146	996,2864	996,2581	-0,280	-0,0018
28	996,2297	996,2012	996,1726	996,1440	996,1152	996,0864	996,0574	996,0284	995,9993	995,9701	-0,289	-0,0017
29	995,9408	995,9115	995,8820	995,8525	995,8228	995,7931	995,7633	995,7334	995,7034	995,6733	-0,298	-0,0016
30	995,6431	995,6129	995,5826	995,5521	995,5216	995,4910	995,4603	995,4296	995,3987	995,3677	-0,306	-0,0015
31	995,3367	995,3056	995,2744	995,2431	995,2117	995,1803	995,1487	995,1171	995,0854	995,0536	-0,315	-0,0014
32	995,0217	994,9897	994,9577	994,9255	994,8933	994,8610	994,8286	994,7962	994,7636	994,7310	-0,323	-0,0013
33	994,6983	994,6654	994,6326	994,5996	994,5665	994,5334	994,5002	994,4669	994,4335	994,4000	-0,332	-0,0012
34	994,3665	994,3329	994,2992	994,2654	994,2315	994,1976	994,1635	994,1294	994,0952	994,0609	-0,340	-0,0011
35	994,0266	993,9922	993,9576	993,9231	993,8884	993,8536	993,8188	993,7839	993,7489	993,7138	-0,348	-0,0010
36	993,6787	993,6434	993,6081	993,5728	993,5373	993,5018	993,4661	993,4304	993,3947	993,3588	-0,356	-0,0009
37	993,3229	993,2869	993,2508	993,2146	993,1784	993,1421	993,1057	993,0692	993,0327	992,9961	-0,364	-0,0008
38	992,9594	992,9226	992,8857	992,8488	992,8118	992,7747	992,7376	992,7004	992,6631	992,6257	-0,371	-0,0007
39	992,5882	992,5507	992,5131	992,4755	992,4377	992,3999	992,3620	992,3240	992,2860	992,2479	-0,379	-0,0006
40	992,2097											
t °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
40		991,826	991,432	991,031	990,623	990,208	989,786	989,358	988,922	988,479		
50	988,030	987,575	987,113	986,644	986,169	985,688	985,201	984,707	984,208	983,702		
60	983,191	982,673	982,150	981,621	981,086	980,546	979,999	979,448	978,890	978,327		
70	977,759	977,185	976,606	976,022	975,432	974,837	974,237	973,632	973,021	972,405		
80	971,785	971,159	970,528	969,892	969,252	968,606	967,955	967,300	966,639	965,974		
90	965,304	964,630	963,950	963,266	962,577	961,883	961,185	960,482	959,774	959,062		
100	958,345											

*) Berechnungsformeln siehe PTB-Mitteilungen 3/90, Seite 195

Anhang 8.5

Bestimmung der relativen Volumenmessabweichung, verursacht durch die Absperreinrichtung bzw. Umschalteinrichtung

Anhang 8.5.1: Absperreinrichtungen für Prüfungen mit stehendem Start-Stopp

Anhang 8.5.2: Umschalteinrichtungen für Prüfungen mit fliegendem Start-Stopp
- Waage als Gebrauchsnorm –

Beispiel 1: Zeitvergleich für einen Durchfluss von 3000 ℓ/h

Beispiel 2: Impulsvorwahlverfahren für einen Durchfluss von 20 m³/h

Anhang 8.5.3: Umschalteinrichtungen für Prüfungen mit fliegendem Start-Stopp
- Normalmessbehälter als Gebrauchsnorm –

Beispiel 1: Zeitvergleich für einen Durchfluss von 175 m³/h

Anhang 8.5.1

Absperreinrichtungen für Prüfungen mit stehendem Start-Stopp

Die relative Volumenmessabweichung $\Delta V/V$ wegen des Einflusses der Absperreinrichtung auf den Prüfling wird durch Messungen der Kalibrierfaktoren bei dem jeweiligen Durchfluss nach folgender Formel bestimmt.

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\frac{K_n}{K_1} - 1}{n - 1}$$

Dabei ist K_1 der Kalibrierfaktor (Proportionalitätsfaktor zwischen der Anzeigeänderung des Prüflings und dem mit der Waage bzw. dem Normalmessbehälter bestimmten abgegebenen Volumen) bei einmaligem Öffnen und Schließen und K_n der Kalibrierfaktor bei n -maligem Öffnen und Schließen der Absperreinrichtung. Aus (mindestens 5) Wiederholungsmessungen lassen sich der Mittelwert der relativen Volumenmessabweichung und die relative Standardunsicherheit des Mittelwertes berechnen. Die Anzahl der Wiederholungsmessungen ist ausreichend, wenn zusätzliche Wiederholungsmessungen den Mittelwert nicht wesentlich verändern.

Anhang 8.5.2

Umschalteinrichtungen für Prüfungen mit fliegendem Start-Stopp

– Waage als Gebrauchsnorm –

Die relative Volumenmessabweichung $\Delta V/V$ wird auf Grund des Einflusses der Umschalteinrichtung bei dem jeweiligen Durchfluss nach folgender Formel bestimmt:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{n-1} \cdot \left[\frac{q}{\bar{q}_i} \cdot \frac{\sum_1^n \Delta m_i}{\frac{\sum_1^n t_i}{m}} - 1 \right]$$

Δt	Messabweichung der Zeit,
q bzw. \bar{q}_i	Durchfluss bei einmaligem bzw. Mittelwert des Durchflusses bei n -maligem Hin- und Herschalten,
m bzw. $\sum \Delta m_i$	Masse bei einmaligem bzw. Summe der Massen bei n -maligem Hin- und Herschalten,
t bzw. $\sum t_i$	Prüfzeit bei einmaligem bzw. Summe der Prüfzeiten bei n -maligem Hin- und Herschalten.

(ISO 4185, Anhang A.1.1, 1980 und DIN EN 24185, 8/1993, Anhang A.1.1¹)

Aus (mindestens 5) Wiederholungsmessungen lassen sich der Mittelwert der relativen Volumenmessabweichung und die relative Standardunsicherheit des Mittelwertes berechnen. Die Anzahl der Wiederholungsmessungen ist ausreichend, wenn zusätzliche Wiederholungsmessungen den Mittelwert nicht wesentlich verändern. Die Durchflusswerte q und q_i sind mit einem separaten Durchflussmessgerät im Prüfstand zu bestimmen.

Anmerkung

Bei der Bestimmung der durch die Umschalteinrichtung verursachten relativen Volumenmessabweichung $\Delta V/V$ und deren Standardabweichung sollte die relative Durchflussänderung $(q/\bar{q}_i) - 1$ klein gegenüber der relativen Volumenmessabweichung sein.

¹ Beuth Verlag, Berlin

**Beispiel 1 : Zeitvergleich für einen Durchfluss von 3000 ℓ/h
(Kaltwasserprüfstand)**

Voraussetzungen

Der Prüfstandsrechner bzw. die Zeitmesseinrichtung muss in der Lage sein, entweder die Zeit t_i (Zeit für eine Teilbefüllung des Wägebehälters) einzeln oder die Summe der Zeiten für die Teilbefüllungen $\sum t_i$ (ohne die Stillstandzeiten) zu erfassen.

Verfahrensablauf

1. Bei einem bestimmten stationären Durchfluss q wird über die Zeit t eine Masse m kontinuierlich in den Wägebehälter geleitet (Standardmessung).
2. Wiederholung der Messung, jedoch mit mehrmaliger Betätigung der Umschalt-einrichtung, sodass der Wägebehälter schrittweise gefüllt wird. Für die n Teilbefüllungen werden die Durchflüsse q_i , die Massen Δm_i , die Zeiten t_i bzw. die Summe der Zeiten $\sum t_i$ und die Summe der Massen $\sum \Delta m_i$ ermittelt. Die schrittweise Befüllung des Wägebehälters sollte in der Regel mit $n = 10$ Teilbefüllungen erfolgen.
3. Berechnung der relativen Volumenmessabweichung $\Delta V/V$ bezogen auf das Volumen V der kontinuierlichen Messung bzw. die durch die Umschalt-einrichtung verursachte relative Messabweichung $\Delta t/t$ der Prüfzeit.
4. Mehrmalige Wiederholung der vorgenannten Punkte.

Beispiel

1. Standardmessung (kontinuierliche Füllung)

q in ℓ/h	m in kg	t in s
3030	296,315	355,94

2. Messung mit n -maliger Teilbefüllung (schrittweise Füllung)

i	q_i in ℓ/h	Δm_i in kg ($\sum \Delta m_i$ in kg)	t_i in s
1	3009	30,240 (326,555)	36,77
2	3006	30,235 (356,790)	36,77
3	3003	30,205 (386,995)	36,74
4	3001	30,195 (417,190)	36,79
5	3001	30,155 (447,345)	36,73
6	2997	30,110 (477,455)	36,72
7	2999	30,085 (507,540)	36,70
8	3002	30,135 (537,675)	36,79
9	3000	30,150 (567,825)	36,78
10	3002	30,155 (597,980)	36,74
n	\bar{q}_i in ℓ/h	$\sum \Delta m_i$ in kg	$\sum t_i$ in s
10	3002	301,665	367,53

3. Berechnung

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{n-1} \cdot \left[\frac{q}{\bar{q}_i} \cdot \frac{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta m_i}{1}}{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{m}} - 1 \right]$$

Wiederholungsmessungen (Auflistung der Messwerte und der relativen Messabweichungen einschließlich der ersten Standardmessung und der ersten Messung mit Teilbefüllungen).

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{10-1} \left[\frac{3030 \text{ l/h}}{3002 \text{ l/h}} \cdot \frac{\frac{301,665 \text{ kg}}{367,53 \text{ s}}}{\frac{296,315 \text{ kg}}{355,94 \text{ s}}} - 1 \right] = -0,0005 \hat{=} -0,05\%$$

4. Mehrmalige Wiederholung

Standardmessung				Messung mit Teilbefüllungen					relative Messabweichung	
Nr.	q in l/h	m in kg	t in s	Nr.	n	\bar{q}_i in l/h	$\sum \Delta m_i$ in kg	$\sum t_i$ in s	$\Delta V/V$ in % *	$\Delta V/V$ in % **
1	3030	296,315	355,94	1	10	3002	301,665	367,53	-0,05	-0,02
2	3039	295,700	355,36	2	10	3019	303,495	367,42	-0,01	-0,02
3	3029	295,530	356,05	3	10	3021	302,520	366,05	-0,02	-0,01
4	3031	295,570	356,00	4	10	3024	303,295	366,71	-0,02	-0,02
5	3038	295,655	355,26	5	10	3027	300,390	362,69	-0,01	

* Relative Messabweichung bezogen auf die Standardmessung **vor** den Teilbefüllungen.

** Relative Messabweichung bezogen auf die Standardmessung **nach** den Teilbefüllungen.

Mittelwert der relativen Volumen- bzw. Zeitmessabweichung: $\overline{\Delta V/V} = \overline{\Delta t/t} = -0,02\%$
bei einer Prüfzeit $t = 356 \text{ s}$

$$\Rightarrow \Delta t = -0,0002 \cdot 356 \text{ s} = -0,0712 \text{ s}$$

Bei einer maximal zulässigen Messabweichung von **0,10 %** nach Nr. 4.2.5.2 ergibt sich eine Mindestprüfzeit t von 71 s für einen Durchfluss q von 3000 l/h.

$$\Delta t/t = 0,10\% \Rightarrow t = \frac{\Delta t}{0,10\%} = \frac{0,0712 \text{ s}}{0,001} = 71,2 \text{ s}$$

Anmerkung

Das Beispiel zeigt, dass die relative Durchflussänderung $(q/\bar{q}_i) - 1$ größer als der experimentell bestimmte Mittelwert der relativen Volumenmessabweichung ist und deshalb die Messunsicherheiten der Durchflussmessungen berücksichtigt werden müssten.

Beispiel 2: Impulsvorwahlverfahren für einen Durchfluss von 20 m³/h (Warmwasserprüfstand)

Voraussetzung

1. Dieses Verfahren kann bei Prüfständen angewendet werden, bei denen die Umschalteneinrichtung bei der messtechnischen Prüfung durch einen Prüfling (Zähler) gesteuert wird.
2. Der Durchfluss muss konstant sein und darf bei den Prüfungen nicht verändert werden.

Verfahrensablauf

1. Zur Ermittlung der relativen Volumenmessabweichung wird an Stelle des Prüflings ein Impuls- oder Zeitgeber mit hoher Auflösung und Impulsvorwahl verwendet. Die Messstrecke wird mit einem Pastsstück geschlossen.
2. Für die maximal mögliche Wägebehälterfüllung wird die Impulszahl (z.B. 100.000) vorgewählt.
3. Der Durchfluss wird eingestellt und die Prüfung freigegeben. Der erste vorgewählte Impuls schaltet die Umschalteneinrichtung in Stellung "Behälter füllen". Der letzte vorgewählte Impuls schaltet zurück in Stellung "Vorratsbehälter". Wägeergebnis m festhalten.
4. 10malige Wiederholung der Prüfung nach Nr. 3, jedoch mit einer vorgewählten Impulszahl von 10.000. Am Ende Wägeergebnis $\sum \Delta m_i$ festhalten.
5. Mehrmalige Wiederholung der Messungen nach Nr. 3 und 4.

Da bei diesem Verfahren (q/\bar{q}_i) gleich 1 ist und die Zeiten für die einmalige bzw. n -malige Befüllung gleich sind (100.000 Impulse bzw. 10 mal 10.000 Impulse), errechnet sich die relative Volumenmessabweichung nach folgender Gleichung:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{n-1} \left[\frac{\sum_1^n \Delta m_i}{m} - 1 \right]$$

Beispiel für einen Durchfluss: $q = 20.000 \text{ l/h}$

Messung mit einmaliger Befüllung				Messung mit n-maliger Befüllung					relative Messabweichung	
Nr.	Impulse	m in kg	t in s	Nr.	n	Σ Impulse	$\Sigma \Delta m_i$ in kg	Σt_i in s	$\Delta V/V$ in % *	$\Delta V/V$ in % **
1	100.000	206,50	36,3	1	10	100.000	206,73	36,3	0,01	0
2	100.000	206,80	36,3	2	10	100.000	206,38	36,3	-0,02	-0,01
3	100.000	206,55	36,3	3	10	100.000	206,63	36,3	0	0
4	100.000	206,58	36,3	4	10	100.000	206,55	36,3	0	-0,01
5	100.000	206,74	36,3	5	10	100.000	206,52	36,3	-0,01	

* Relative Messabweichung bezogen auf die Messung mit einmaliger Befüllung **vor** den Teilbefüllungen.

** Relative Messabweichung bezogen auf die Messung mit einmaliger Befüllung **nach** den Teilbefüllungen

Mittelwert der relativen Volumen- bzw. Zeitmessabweichung: $\overline{\Delta V/V} = \overline{\Delta t/t} = -0,01\%$
 bei einer Prüfzeit $t = 36,3 \text{ s}$

$$\Rightarrow \Delta t = -0,0001 \cdot 36,3 \text{ s} = -0,0036 \text{ s}$$

Bei einer maximal zulässigen Messabweichung von **0,17 %** nach Nr. 4.2.5.2 ergibt sich eine Mindestprüfzeit t von 2 s für einen Durchfluss q von 20.000 l/h.

$$\Delta t / t = 0,17\% \quad \Rightarrow \quad t = \frac{\Delta t}{0,17\%} = \frac{0,0036 \text{ s}}{0,0017} = 2,12 \text{ s}$$

Anhang 8.5.3

Umschalteinrichtungen für Prüfungen mit fliegendem Start-Stopp

– Normalmessbehälter als Gebrauchsnormal –

Die relative Volumenmessabweichung $\Delta V/V$ wird auf Grund des Einflusses der Umschalteinrichtung bei dem jeweiligen Durchfluss nach folgender Formel bestimmt:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{n-1} \cdot \left[\frac{q}{\bar{q}_i} \cdot \frac{\frac{\sum_1^n \Delta V_i}{V}}{\frac{\sum_1^n t_i}{t}} - 1 \right]$$

Δt	Messabweichung der Zeit,
q bzw. \bar{q}_i	Durchfluss bei einmaligem bzw. Mittelwert des Durchflusses bei n -maligem Hin- und Herschalten,
V bzw. $\sum \Delta V_i$	Volumen bei einmaligem bzw. Summe der Teilvolumina bei n -maligem Hin- und Herschalten,
t bzw. $\sum t_i$	Prüfzeit bei einmaligem bzw. Summe der Prüfzeiten bei n -maligem Hin- und Herschalten.

(DIN EN ISO 8316, 11/1995, Anhang A.1.1²)

Aus (mindestens 5) Wiederholungsmessungen lassen sich der Mittelwert der relativen Volumenmessabweichung und die relative Standardunsicherheit des Mittelwertes berechnen. Die Anzahl der Wiederholungsmessungen ist ausreichend, wenn zusätzliche Wiederholungsmessungen den Mittelwert nicht wesentlich verändern. Die Durchflusswerte q und q_i sind mit einem separaten Durchflussmessgerät im Prüfstand zu bestimmen.

Anmerkung

Bei der Bestimmung der durch die Umschalteinrichtung verursachten relativen Volumenmessabweichung $\Delta V/V$ und deren Standardabweichung sollte die relative Durchflussänderung $(q/\bar{q}_i) - 1$ klein gegenüber der relativen Volumenmessabweichung sein.

² Beuth Verlag, Berlin

Beispiel 1: Zeitvergleich für einen Durchfluss von 175 m³/h

Voraussetzungen

Der Prüfstandsrechner bzw. die Zeitmesseinrichtung muss in der Lage sein, entweder die Zeit t_i (Zeit für eine Teilbefüllung des Normalmessbehälters) einzeln oder die Summe der Zeiten für die Teilbefüllungen $\sum t_i$ (ohne die Stillstandzeiten) zu erfassen.

Verfahrensablauf

1. Bei einem bestimmten stationären Durchfluss q wird über die Zeit t der Normalmessbehälter bis zur Ableseeinrichtung kontinuierlich gefüllt (Standardmessung).
2. Wiederholung der Messung, jedoch mit mehrmaliger Betätigung der Umschalt-einrichtung, sodass der Normalmessbehälter schrittweise gefüllt wird. Für die n Teilbefüllungen werden die Durchflüsse q_i , die Zeiten t_i bzw. die Summe der Zeiten $\sum t_i$ und die Summe der Teilvolumina $\sum \Delta V_i$ ermittelt. Die schrittweise Befüllung des Normalmessbehälters sollte in der Regel mit $n = 10$ Teilbefüllungen erfolgen. Die einzelnen Teilvolumina ΔV_i müssen nicht erfasst werden.
3. Berechnung der relativen Volumenmessabweichung $\Delta V/V$ bezogen auf das Volumen V der kontinuierlichen Messung bzw. die durch die Umschalt-einrichtung verursachte relative Messabweichung $\Delta t/t$ der Prüfzeit.
4. Mehrmalige Wiederholung der vorgenannten Punkte.

Beispiel

1. Standardmessung (kontinuierliche Füllung)

q in m³/h	V in ℓ	t in s
175	10003	206,89

2. Messung mit n -maliger Teilbefüllung (schrittweise Füllung)

i	q_i in m³/h	ΔV_i in ℓ	t_i in s
1	177,6	-	
2	176,3	-	
3	172,9	-	
4	176,9	-	
5	176,2	-	
6	174,9	-	
7	174,6	-	
8	176,4	-	
9	175,5	-	
10	176,2	-	
n	\bar{q}_i in m³/h	$\sum \Delta V_i$ in ℓ	$\sum t_i$ in s
10	175,75	9990	206,33

3. Berechnung

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{n-1} \cdot \left[\frac{q}{\bar{q}_i} \cdot \frac{\frac{\sum_1^n \Delta V_i}{1}}{\frac{\sum_1^n t_i}{1} \cdot \frac{V}{t}} - 1 \right]$$

Wiederholungsmessungen (Auflistung der Messwerte und der relativen Messabweichungen einschließlich der ersten Standardmessung und der ersten Messung mit Teilbefüllungen).

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta t}{t} = \frac{1}{10-1} \left[\frac{175 \text{ m}^3/\text{h}}{175,75 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot \frac{\frac{9990 \ell}{206,33 \text{ s}}}{\frac{10003 \ell}{206,89 \text{ s}}} - 1 \right] = -0,0003 \hat{=} -0,03\%$$

4. Mehrmalige Wiederholung

Standardmessung				Messung mit Teilbefüllungen					relative Messabweichung	
Nr.	q in m ³ /h	V in ℓ	t in s	Nr.	n	\bar{q}_i in m ³ /h	$\sum \Delta V_i$ in ℓ	$\sum t_i$ in s	$\Delta V/V$ in %*	$\Delta V/V$ in %**
1	175	10003	206,89	1	10	175,75	9990	206,33	-0,03	+0,01
2	176	10004	206,45	2	10	175,42	9977	206,26	+0,02	+0,03
3	176	10005	206,78	3	10	175,68	9982	206,45	+0,01	-0,04
4	175	10004	207,04	4	10	175,71	9993	206,14	-0,01	-0,02
5	175	10004	206,82	5	10	175,53	9981	206,52	-0,04	

* Relative Messabweichung bezogen auf die Standardmessung **vor** den Teilbefüllungen.

** Relative Messabweichung bezogen auf die Standardmessung **nach** den Teilbefüllungen.

Mittelwert der relativen Volumen- bzw. Zeitmessabweichung: $\overline{\Delta V/V} = \overline{\Delta t/t} = -0,008\%$ bei einer Prüfzeit $t = 207 \text{ s}$.

$$\Rightarrow \Delta t = -0,00008 \cdot 207 \text{ s} = -0,017 \text{ s}$$

Bei einer maximal zulässigen Messabweichung von 0,10 % nach Nr. 4.2.5.2 ergibt sich eine Mindestprüfzeit t von 16,6 s für einen Durchfluss q von 175 ℓ/h.

$$\Delta t/t = 0,10\% \Rightarrow t = \frac{\Delta t}{0,10\%} = \frac{0,017 \text{ s}}{0,001} = 16,6 \text{ s}$$

Anhang 8.6

Bestimmung der Messunsicherheit und Festlegung von Grenzrichtwerten für einzelne Komponenten der kombinierten Standardunsicherheit (Kaltwasserprüfstände)

1. Allgemeines

Die Anforderungen an die Messunsicherheit bei der Prüfung eines Wasserzählers werden in den Abschnitten 4.2.1 und 6.3 der Prüfanweisung festgelegt.

Wichtigste Forderung dabei ist die an die Messunsicherheit der Prüfstände, deren relative kombinierte Standardunsicherheit 0,1 % (Kaltwasserprüfstände) bzw. 0,15 % (Warmwasserprüfstände) nicht überschreiten darf. Auf die Bestimmung dieser Unsicherheit werden daher die folgenden Ausführungen konzentriert.

Daneben wird die kombinierte Standardunsicherheit des Messergebnisses der Eichung, d. h. der festgestellten Messabweichung des Wasserzählers, genannt (Abschnitt 6.3.3 der Prüfanweisung), die kleiner als 0,4 % sein muss.

In den Abschnitten 3, 4 und 5 wird die Bestimmung der relativen kombinierten Standardunsicherheit für die wichtigsten Arten von Prüfständen beispielhaft dargestellt. Gleichzeitig werden die anzustrebenden Grenzrichtwerte für die einzelnen Komponenten der Standardunsicherheit festgelegt.

2. Methoden zum Schätzen von Standardunsicherheiten

Beim Vorliegen von n wiederholten Messungen x_i mit dem Mittelwert \bar{x} kann die statistische Methode angewandt werden (Typ A nach GUM). Hier ist die zu bestimmende Standardunsicherheit identisch mit der Standardabweichung s , die nach der folgenden bekannten Formel berechnet wird:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Die Anzahl der Freiheitsgrade ist $n - 1$.

Bei allen anderen Unsicherheitskomponenten, die nicht mit statistischen Methoden geschätzt werden können (Typ B nach GUM), wird i.a. folgende Schätzmethode angewandt:

Von den betrachteten Einflussgrößen werden die maximal erwarteten Grenzwerte $\pm a$ geschätzt. Unter der Annahme, dass alle Werte in diesem Bereich gleich wahrscheinlich sind (Rechteckverteilung), beträgt die zulässige Standardunsicherheit u :

$$u = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

Als Anzahl der Freiheitsgrade gilt unendlich (∞).

3. Gravimetrischer Prüfstand mit Umschalteneinrichtung und statischer Wägung (Kaltwasser)

3.1 Messgröße

Als zu bestimmende Messgröße wird das Wasservolumen V_N definiert, das während der Messzeit (zwischen zwei Schaltungen der Umschalteneinrichtung) tatsächlich durch den zu prüfenden Wasserzähler geströmt ist. Dies entspricht dem in Abschnitt 6.3.1 der Prüfanweisung genannten, "abgegebenen Volumen".

Auf diese Messgröße bezieht sich die folgende Messunsicherheitsbetrachtung. Sie berücksichtigt nur die Einflüsse durch den Prüfstand und nicht diejenigen, die von dem zu prüfenden Wasserzähler selbst herrühren.

3.2 Mathematisches Modell des Messvorganges

Die Aufstellung der Modellgleichung basiert auf der in Abschnitt 6.2.3.2 der Prüfanweisung angegebenen Berechnungsgleichung, ergänzt durch einige zusätzliche Einflussgrößen:

$$V_N = \frac{W + \delta W_{\text{flex}}}{\rho_w(\vartheta_w, p_w)} \cdot K_{\text{LA}} \cdot K_{\text{RA}} + \delta V_{\text{KI}} + \delta V_{\text{ZR}} + \delta V_{\text{Ver}} + \delta V_{\text{G}}$$

mit

- V_N : Abgegebenes Wasservolumen, das durch den Prüfling geströmt ist
- W : Wägewert der Wassermenge (Anzeige der Waage)
- δW_{flex} : Messabweichungen durch flexible Anschlüsse am Wägebehälter
- $\rho_w(\vartheta_w, p_w)$: Wasserdichte bei der Temperatur ϑ_w und dem Druck p_w des Wassers im Prüfling während der Messung
- K_{LA} : Faktor der Luftauftriebskorrektur
- K_{RA} : Faktor der Korrektur für den Tauchrohrtrieb
- δV_{KI} : Volumenmessabweichung durch die Umschalteneinrichtung (beim Start/Stop-Verfahren tritt an diese Stelle der Messunsicherheitseinfluss durch die Abgrenzungsstelle)
- δV_{ZR} : Einfluss des Wasservolumens im Zwischenrohr vom Prüfling zur Abgrenzungsstelle (Umschalteneinrichtung oder Überlauf)
- δV_{Ver} : Volumenverluste durch Verdampfen
- δV_{G} : Einfluss von Gasblasen in der Messflüssigkeit

3.3 Bestimmung der kombinierten Standardunsicherheit

Die relative kombinierte Standardunsicherheit u_c von V_N kann unter Vernachlässigung von Ausdrücken 2. Ordnung kleiner Größen in folgender Weise dargestellt werden (Unkorreliertheit der einzelnen Unsicherheitskomponenten vorausgesetzt):

$$\frac{u_c(V_N)}{V_N} = \sqrt{\left(\frac{u_W}{W}\right)^2 + \left(\frac{u_{W \text{ flex}}}{W}\right)^2 + \left(\frac{u_{\rho_w}}{\rho_w}\right)^2 + \left(\frac{u_{LA}}{K_{LA}}\right)^2 + \left(\frac{u_{RA}}{K_{RA}}\right)^2 + \left(\frac{u_{KI}}{V_N}\right)^2 + \left(\frac{u_{ZR}}{V_N}\right)^2 + \left(\frac{u_{Ver}}{V_N}\right)^2 + \left(\frac{u_G}{V_N}\right)^2}$$

Darin bedeuten:

$u_c(V_N)/V_N$: die relative kombinierte Standardunsicherheit des Messergebnisses V_N ,

$u_W = u(W)$: die Standardunsicherheit des Wägewertes W ,

$u_{\rho_w} = u(\rho_w(g_w, p_w))$: die Standardunsicherheit der Wasserdichte ρ_w ,

$u_{LA} = u(K_{LA})$: die Standardunsicherheit des Faktors der Luftauftriebskorrektur K_{LA}

usw.

Diese Standardunsicherheiten sind in der Regel nicht nur als Standardabweichung der Ergebnisse wiederholter Messungen zu verstehen (Typ A nach GUM), sondern enthalten in fast allen Fällen auch Teile, die mit anderen als statistischen Methoden geschätzt werden müssen (Typ B nach GUM).

3.4 Hinweise zur Schätzung der einzelnen Unsicherheitskomponenten

3.4.1 Wägewert und Einflüsse durch flexible Anschlüsse

Die Standardunsicherheit des Wägewertes W lässt sich aus der Fehlergrenze (siehe Abschnitt 4.3.1.1) plus Ablesunsicherheit der Waage schätzen. Beträgt dieser Wert (relativ) 0,1 %, so ist:

$$\frac{u_W}{W} = \frac{0,1\%}{\sqrt{3}} = 0,058\%$$

Sind am Wägebehälter flexible Anschlüsse vorhanden, ist durch vergleichende Messungen (mit und ohne die flexiblen Anschlüsse) deren Einfluss festzustellen. Betragen die maximalen Differenzen relativ zu W 0,05 %, so beträgt die entsprechende Komponente der relativen Standardunsicherheit:

$$\frac{u_{W \text{ flex}}}{W} = \frac{0,05\%}{\sqrt{3}} = 0,029\%$$

3.4.2 Wasserdichte

Bei der Dichte ρ_w sind mehrere Einflüsse zu berücksichtigen. Bei Verwendung der Tabelle für destilliertes Wasser gilt:

$$\rho_w(g_w, p_w) = (\rho_{w \text{ dest}} + K_{pw})(1 - \gamma_w \cdot \delta g_w)(1 + \chi_w \cdot \delta p_w)$$

Die Unsicherheit der Tabellenwerte $\rho_{w \text{ dest}}$ ist vernachlässigbar.

Die Unsicherheit des Korrekturwertes $K_{\rho W}$ des verwendeten Wassers gegenüber dem destillierten ist auf der Grundlage der Unsicherheit der Messung von $K_{\rho W}$ und möglicher Dichteänderungen durch Verschmutzung über längere Zeit zu schätzen.

Die maximale Standardunsicherheit der Messung von $K_{\rho W}$ ist 0,03 % (siehe Abschnitt 6.2.3.1 der Prüfanweisung). Wird für sonstige Einflüsse ein Wert in gleicher Größenordnung angenommen, so ergibt sich als Standardunsicherheit von $K_{\rho W}$:

$$\frac{u(K_{\rho W})}{\rho_W} < 0,045\%$$

Der Temperatureinfluss auf die relative Unsicherheit der Dichte wird durch $\gamma_W \cdot \delta \vartheta_W$ bestimmt. Der Koeffizient γ_W des Wassers ist im Bereich von 20 °C etwa $\gamma_W = 0,0002 \text{ °C}^{-1}$. Die Abweichung $\delta \vartheta_W$ der Wassertemperatur im Prüfling von der am Thermometer angezeigten Temperatur kann aus der Fehlergrenze des Thermometers und angenommenen örtlichen Temperaturunterschieden geschätzt werden. Werden hierfür Grenzen von $\delta \vartheta_W = \pm 1 \text{ °C}$ angesetzt, ist die Standardunsicherheitskomponente:

$$u(\gamma_W \cdot \delta \vartheta_W) = \frac{0,0002}{\sqrt{3}} \cdot 100\% = 0,012\%$$

Die Kompressibilität des Wassers wird i.a. vernachlässigt. Bei einem maximalen Druck von 6 bar und dem Kompressibilitätskoeffizienten $\chi_W = 0,00005 \text{ bar}^{-1}$ wäre $u(\chi_W \cdot \delta p_W) < 0,018 \%$ abzuschätzen.

Damit ist die relative Standardunsicherheit der Wasserdichte:

$$\frac{u_{\rho W}}{\rho_W} = \sqrt{\frac{u^2(K_{\rho W})}{\rho_W^2} + u^2(\gamma_W \delta \vartheta_W) + u^2(\chi_W \delta p_W)}$$

$$\frac{u_{\rho W}}{\rho_W} = 0,05\%$$

3.4.3 Luftauftrieb des Wägegutes

Die möglichen Abweichungen des Faktors der Luftauftriebskorrektur vom verwendeten Durchschnittswert $K_{LA} = 1,00105$ sind kleiner als 0,0001. Die entsprechende Komponente der Standardunsicherheit ist dann $u_{LA}/K_{LA} < 0,006 \%$ und damit vernachlässigbar.

3.4.4 Auftrieb durch das Tauchrohr

Im konkreten Fall ist zu prüfen, ob die Tauchrohr-Auftriebskorrektur K_{RA} vernachlässigt werden kann, d. h. ob $u_{RA}/K_{RA} < 0,01 \%$ ist.

3.4.5 Umschaltvorrichtung

Der Unsicherheitseinfluss durch die Umschaltvorrichtung ist eine wesentliche Komponente. Die nach Anhang 8.5 ermittelte Zeitdifferenz Δt für einen Schaltvorgang (Hin- und Rückschaltung) bezogen auf die Mindestprüfzeit t_{\min} entspricht der maximal zu erwartenden relativen Volumenmessabweichung:

$$\left(\frac{\delta V_{\text{KI}}}{V_{\text{N}}} \right)_{\max} = \frac{\Delta t}{t_{\min}}$$

Ergibt sich hierfür z.B. ein Grenzwert von 0,1 %, so ist die anzusetzende relative Standardunsicherheit:

$$\frac{u_{\text{KI}}}{V_{\text{N}}} = \frac{0,10\%}{\sqrt{3}} = 0,058\%$$

3.4.6 Zwischenrohr

Ein nur selten beachteter Einfluss auf die Messunsicherheit sind Volumenänderungen im Zwischenrohr vom Prüfling bis zur Abgrenzungsstelle. Die relative Volumenmessabweichung beträgt:

$$\frac{\delta V_{\text{ZR}}}{V_{\text{N}}} = \frac{V_{\text{ZR}}}{V_{\text{N}}} \cdot (\gamma_{\text{W}} - \gamma_{\text{ZR}}) \cdot (g_{\text{W}_1} - g_{\text{W}_2})$$

Dabei sind V_{ZR} das Volumen des Zwischenrohrs, V_{N} das zu messende Wasservolumen, γ_{W} und γ_{ZR} die thermischen Volumenausdehnungskoeffizienten des Wassers bzw. des Zwischenrohrmaterials und g_{W_1} , g_{W_2} die Temperaturen im Zwischenrohr am Anfang und am Ende der Messung.

In den Fällen, wo das Zwischenrohrvolumen wesentlich kleiner als das Messvolumen ist, kann der Einfluss meist vernachlässigt werden. In anderen Fällen aber, wo das Zwischenrohrvolumen etwa der Größe des Messvolumens entspricht, verursacht eine Temperaturänderung von 1 °C im Zwischenrohr zu Beginn und am Ende der Messung eine Messabweichung von etwa 0,025 %, was einer relativen Standardunsicherheit von $u_{\text{ZR}} / V_{\text{N}} \approx 0,015 \%$ entspricht.

Im Unsicherheitsbudget wird daher ein Wert von 0,02 % berücksichtigt.

3.4.7 Verdunstungsverluste

Verdunstungsverluste lassen sich allgemein nur grob abschätzen. Für die Bedingungen der Kaltwasserzählerprüfung kann dieser Einfluss aber als vernachlässigbar angesehen werden.

3.4.8 Gasblasen

Gasblasen in der Flüssigkeit können große Fehler verursachen. Sie müssen kontrollierbar vermieden werden. Dazu muss ein Gasanzeiger in der Nähe des Prüflings vor-

handen sein (siehe Abschnitt 4.2.3 der Prüfanweisung). Unter dieser Voraussetzung wird u_G/V_N als vernachlässigbar betrachtet.

3.5 Unsicherheitsbudget

In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Standardunsicherheitskomponenten in Form eines Unsicherheitsbudgets zusammengefasst.

Für jede Einflussgröße sind die maximal zulässigen Abweichungen vom richtigen Wert und die daraus abgeleitete Standardunsicherheit angegeben. Der Sensitivitätskoeffizient (d.h. der Faktor, mit dem die Standardunsicherheit einer Einflussgröße multipliziert werden muss, um deren Beitrag zur kombinierten Standardunsicherheit des Messergebnisses zu erhalten) ist bei den verwendeten Relativwerten immer „1“. Als Freiheitsgrad gilt bei geschätzten Unsicherheiten generell „∞“.

Die in der Tabelle eingetragenen Werte stellen Richtwerte für die Obergrenzen der jeweiligen Standardunsicherheit dar (Grenzrichtwerte). Werden alle einzelnen Grenzrichtwerte eingehalten, dann wird auch die Forderung an die relative kombinierte Standardabweichung (siehe Abschnitt 6.3.1 der Prüfanweisung) von

$$\frac{u_c(V_N)}{V_N} \leq 0,1\%$$

erfüllt.

Ist dies bei einzelnen Grenzrichtwerten nicht der Fall, muss ein entsprechend verändertes Messunsicherheitsbudget für den konkreten Einzelfall aufgestellt werden.

4. Volumetrischer Prüfstand mit Normalmessbehälter und Überlauf für statischen Start/Stop-Betrieb (Kaltwasser)

4.1 Messgröße

Als zu bestimmende Messgröße wird das Wasservolumen V_N definiert, das während der Messzeit (zwischen Start und Stop der Messung) tatsächlich durch den zu prüfenden Wasserzähler geströmt ist. Dies entspricht dem in Abschnitt 6.3.1 der Prüfanweisung genannten, "abgegebenen Volumen".

Auf diese Messgröße bezieht sich die folgende Messunsicherheitsbetrachtung. Sie berücksichtigt nur die Einflüsse durch den Prüfstand und nicht diejenigen, die von dem zu prüfenden Wasserzähler selbst herrühren.

4.2. Mathematisches Modell des Messvorganges

Für die Unsicherheitsanalyse wird folgende Modellgleichung zu Grunde gelegt:

$$V_N = (V_A + K_{VA} + \delta A_{SK} + \delta V_B + \delta V_{St}) \cdot K_{qW} \cdot K_{qMG} \cdot K_p + \delta V_{ZR} + \delta V_{\ddot{U}} + \delta V_{Ver} + \delta V_G$$

mit

- V_N : Abgegebenes Wasservolumen, das durch den Prüfling geströmt ist
 V_A : Volumenanzeige des Normalmessbehälters, dazu gehören:
 K_{VA} : Korrektur der Volumenanzeige (bei der Kalibrierung des Normalmessbehälters ermittelte Abweichung vom Sollwert der Anzeige)
 δA_{Sk} : Einfluss der Ableseunsicherheit der Skale des Normalmessbehälters
 δV_B : Volumenunterschiede bei der Begrenzung des Gefäßvolumens (Benetzung, Ablassarmatur, Ausbeulung der Gefäßwandung)
 δV_{St} : Volumenabweichungen durch Temperaturunterschiede im Standrohr des Normalmessbehälters (soweit vorhanden) und im Normalmessbehälter selbst
 K_{gW} : Korrektur der Wassertemperaturunterschiede am Prüfling und im Normalmessbehälter
 K_{gMG} : Korrektur der Temperaturabweichungen des Normalmessbehälters von der Bezugstemperatur
 K_p : Korrektur der Kompressibilität des Wassers
 δV_{ZR} : Einfluss des Wasservolumens im Zwischenrohr vom Prüfling bis zur Abgrenzungsstelle (Überlauf)
 $\delta V_{\ddot{U}}$: Höhenunterschiede des Wasserspiegels am Überlauf
 δV_{Ver} : Volumenverluste durch Verdunsten
 δV_G : Einfluss von Gasblasen in der Messflüssigkeit

4.3. Bestimmung der kombinierten Standardunsicherheit

Die relative kombinierte Standardunsicherheit u_c von V_N kann unter Vernachlässigung von Ausdrücken 2. Ordnung kleiner Größen in folgender Weise dargestellt werden (Unkorreliertheit der einzelnen Unsicherheitskomponenten vorausgesetzt):

$$\frac{u_c(V_N)}{V_N} = \sqrt{\left(\frac{u_{VA}}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u_{Sk}}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u_B}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u_{St}}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u_{gW}}{K_{gW}}\right)^2 + \left(\frac{u_{gMG}}{K_{gMG}}\right)^2 + \left(\frac{u_p}{K_p}\right)^2 + \left(\frac{u_{ZR}}{V_N}\right)^2 + \left(\frac{u_{\ddot{U}}}{V_N}\right)^2 + \left(\frac{u_{Ver}}{V_N}\right)^2 + \left(\frac{u_G}{V_N}\right)^2}$$

Darin bedeuten:

$u_c(V_N)/V_N$: die relative kombinierte Standardunsicherheit des Messergebnisses V_N ,

$u_{VA} = u(K_{VA})$: die Standardunsicherheit der Korrektur K_{VA} der Volumenanzeige des Normalmessbehälters,

$u_{Sk} = u(\delta A_{Sk})$: die Standardunsicherheit der Ablesung der Skale des Normalmessbehälters,

$u_B = u(\delta V_B)$: die Standardunsicherheit, die durch die Unsicherheit δV_B der Begrenzung des Gefäßvolumens (Benetzung, Ablassarmatur, Ausbeulung der Gefäßwandung) hervorgerufen wird,

usw.

Diese Standardunsicherheiten sind in der Regel nicht nur als Standardabweichung der Ergebnisse wiederholter Messungen zu verstehen (Typ A nach GUM), sondern enthalten in fast allen Fällen auch Teile, die mit anderen als statistischen Methoden geschätzt werden müssen (Typ B nach GUM).

4.4 Hinweise zur Schätzung der einzelnen Unsicherheitskomponenten

4.4.1 Volumenanzeige des Normalmessbehälters

4.4.1.1 Korrektur der Volumenanzeige

Die Unsicherheit der Volumenanzeige des Normalmessbehälters wird in erster Linie bestimmt durch die Korrektur K_{VA} der Volumenanzeige (negativer Wert der bei der Kalibrierung des Normalmessbehälters festgestellten Messabweichung). Diese Korrektur wird i. a. beim Einsatz des Prüfstandes nicht rechnerisch berücksichtigt und geht damit voll in die Messunsicherheit ein. Liegen die relativen Werte (einschließlich der Messunsicherheit der Kalibrierung) im gesamten Messbereich des Normalmessbehälters innerhalb von $\pm 0,10\%$, so ist die zugehörige relative Standardunsicherheit:

$$\frac{u_{VA}}{V_A} = \frac{0,10\%}{\sqrt{3}} = 0,058\%$$

Wird die Korrektur rechnerisch berücksichtigt, so tritt an die Stelle dieses Wertes die Messunsicherheit der Kalibrierung des Normalmessbehälters.

4.4.1.2 Ableseunsicherheit der Skale

Die Ableseunsicherheit kann aus der Empfindlichkeit der Skale geschätzt oder, zusammen mit anderen zufälligen Komponenten, aus Messreihen mit einem geeigneten Vergleichszähler ermittelt werden (siehe Abschnitt 4.4.1.3).

Nimmt man eine Unsicherheit der Ablesung von ± 2 mm und eine Empfindlichkeit der Skale von 40 mm je 2 % Volumenanzeigeänderung (siehe Abschnitt 4.3.2.1.1 der Prüfanweisung) an, so ergibt sich eine relative Standardunsicherheit von:

$$\frac{u_{Sk}}{V_A} = \frac{0,10\%}{\sqrt{3}} = 0,058\%$$

4.4.1.3 Begrenzung des Normalmessbehältervolumens

Das Innenvolumen des messbereiten (d. h. benetzten) Normalmessbehälters wird beeinflusst vom Benetzungsvolumen, vorhandenen Toträumen in der Ablassarmatur

sowie ggf. von Ausbeulungen der Gefäßwandung, Ablagerungen, Anstrichablösung u. ä.

Die letztgenannten Einflüsse können durch sorgfältige Wahl von Material und Ausführung (siehe Abschnitt 4.3.2.1.1 der Prüfanweisung) vernachlässigbar klein gehalten werden. Ebenso sollte nach Möglichkeit eine tottraumfreie Ablassarmatur eingesetzt werden.

Das Benetzungsvolumen kann durch strikte Beachtung der Benetzungsvorschrift (Einhaltung der Abtropfzeit) genügend konstant gehalten und damit u_B i.a. vernachlässigt werden. Lediglich bei Gefäßen mit einer im Verhältnis zum Volumen großen Wandungsoberfläche (z.B. hohe, schlanke Zylinder) können Benetzungsschwankungen eine Rolle spielen. In diesen oder anderen Zweifelsfällen sollte der Unsicherheitseinfluss experimentell bestimmt werden.

Dazu sind mit Hilfe eines geeigneten Volumenzählers, der eine Wiederhol-Standardunsicherheit von $< 0,02$ % gewährleistet (MID oder Turbinenzähler), Messreihen von mindestens 10 Messungen bei konstantem Durchfluss durchzuführen und die Standardabweichung s nach Abschnitt 2 zu bestimmen. Diese enthält dann auch den Einfluss der Ableseunsicherheit der Normalmessbehälterskala sowie des Überlaufs und ist, sofern ihr relativer Wert $0,07$ % überschreitet, im Unsicherheitsbudget zu berücksichtigen.

4.4.1.4 Temperaturunterschiede in Standrohr und Normalmessbehälter

Bei Normalmessbehältern mit Standrohr können unter ungünstigen Temperaturbedingungen Messabweichungen durch unterschiedliche Füllstände in Standrohr und Normalmessbehälter auftreten. Eine entsprechende Korrekturgröße könnte in folgender Form dargestellt werden:

$$\delta V_{St} = A_{MG} \cdot h_{St} \cdot \gamma_F \cdot (\vartheta_{F_{St}} - \vartheta_{F_{MG}})$$

Dabei ist

δV_{St} : Volumenkorrektur für Temperaturunterschiede in Standrohr und Normalmessbehälter

A_{MG} : Querschnittsfläche des Normalmessbehälters im Ablesebereich

h_{St} : Höhe des Standrohres

γ_F : Volumenausdehnungskoeffizient der Flüssigkeit (Wasser)

$\vartheta_{F_{St}}$: Temperatur des Wassers im Standrohr

$\vartheta_{F_{MG}}$: Temperatur des Wassers im Normalmessbehälter

Im Allgemeinen kann dieser Einfluss vernachlässigt werden. Wenn jedoch durch große Unterschiede von Raum- und Wassertemperatur sowie lange Prüfzeiten eine Temperaturdifferenz zwischen Standrohr und Normalmessbehälter von z. B. 2 °C entsteht und der Normalmessbehälter im Ablesebereich nicht eingeeengt ist, wird dadurch eine relative Messabweichung von etwa $0,04$ % verursacht, was einer relativen Standardunsicherheit von $u_{St}/V_A = 0,023$ % entspricht. Ein solcher Wert wäre dann im Messunsicherheitsbudget zu berücksichtigen.

4.4.2 Temperaturunterschiede zwischen Prüfling und Normalmessbehälter

Die Korrektur der Messabweichungen durch Wassertemperaturunterschiede am Prüfling und im Normalmessbehälter wird beim Einsatz des Prüfstandes nicht berücksichtigt. Ihre Größe kann nach folgender Formel berechnet bzw. abgeschätzt werden:

$$K_{\vartheta_W} = 1 + \gamma_W \cdot (\vartheta_{WP} - \vartheta_{WMG})$$

Nimmt man maximale Differenzen zwischen der Wassertemperatur am Prüfling (ϑ_{WP}) und im Normalmessbehälter (ϑ_{WMG}) von 2 °C an, so ergibt sich bei 20 °C ($\gamma_W \approx 0,0002 \text{ °C}^{-1}$) eine relative Messabweichung von 0,04 %, was einer relativen Standardunsicherheit von $u_{\vartheta_W}/K_{\vartheta_W} = 0,023 \%$ entspricht.

4.4.3 Abweichungen der Bezugstemperatur

Die Korrektur für Temperaturabweichungen des Normalmessbehälters von der Bezugstemperatur beträgt:

$$K_{\vartheta_{MG}} = 1 + \gamma_{MG} \cdot (\vartheta_{MG} - \vartheta_0)$$

Für rostfreien Stahl ist der Volumenausdehnungskoeffizient $\gamma_{MG} = 0,000048 \text{ °C}^{-1}$. Bei Abweichungen der Normalmessbehältertemperatur ϑ_{MG} von der Bezugstemperatur ϑ_0 von maximal 5°C entsteht eine Messabweichung von 0,024 %, was einer relativen Standardunsicherheit von $u_{\vartheta_{MG}}/K_{\vartheta_{MG}} = 0,014 \%$ entspricht. Dieser Wert kann vernachlässigt werden.

4.4.4 Kompressibilität des Wassers

Die Kompressibilität des Wassers wird nicht berücksichtigt. Bei einem maximalen Druck von $p_W = 6 \text{ bar}$ und dem Kompressibilitätskoeffizienten $\chi_W \approx 0,00005 \text{ bar}^{-1}$ wäre als vernachlässigte Korrektur $K_p = 1 - \chi_W \cdot p_W$ anzusetzen und daraus eine relative Standardunsicherheit von $u_p/K_p < 0,018 \%$ abzuschätzen.

4.4.5 Einfluss des Überlaufs

Bei einem gut gestalteten Überlauf als definiertem Abgabepunkt mit scharfer Überlaufkante, kleiner Wasserspiegeloberfläche und kurzem Ablauf zum Normalmessbehälter ist der Unsicherheitseinfluss i. a. vernachlässigbar. Er lässt sich ggf. aus den möglichen Höhenschwankungen des Wasserspiegels schätzen oder im Rahmen von Messreihen mit einem Vergleichszähler (siehe Abschnitt 4.4.1.3) mit erfassen.

Als Grenzwert der relativen Standardunsicherheit wird $u_{\ddot{U}}/V_N = 0,04 \%$ (siehe Abschnitt 4.2.5.1 der Prüfanweisung) angesetzt.

4.4.6 Volumenänderungen im Zwischenrohr

Ein nur selten beachteter Einfluss auf die Messunsicherheit sind Volumenänderungen im Zwischenrohr vom Prüfling zur Abgrenzungsstelle. Die relative Volumenmessabweichung beträgt:

$$\frac{\delta V_{ZR}}{V_N} = \frac{V_{ZR}}{V_N} \cdot (\gamma_w - \gamma_{ZR}) \cdot (\vartheta_{W1} - \vartheta_{W2})$$

Dabei sind V_{ZR} das Volumen des Zwischenrohrs, V_N das zu messende Wasservolumen, γ_w und γ_{ZR} die thermischen Volumenausdehnungskoeffizienten des Wassers bzw. des Zwischenrohrmaterials und ϑ_{W1} , ϑ_{W2} die Temperaturen im Zwischenrohr am Anfang und am Ende der Messung.

In den Fällen, wo das Zwischenrohrvolumen wesentlich kleiner als das Messvolumen ist, kann der Einfluss meist vernachlässigt werden. In anderen Fällen aber, wo das Zwischenrohrvolumen etwa der Größe des Messvolumens entspricht, verursacht eine Temperaturänderung von 1 °C im Zwischenrohr zu Beginn und am Ende der Messung eine Messabweichung von etwa 0,025 %, was einer relativen Standardunsicherheit von $u_{ZR}/V_N \approx 0,014$ % entspricht.

4.4.7 Verdunstungsverluste

Verdunstungsverluste lassen sich allgemein nur grob abschätzen. Für die Bedingungen der Kaltwasserzählerprüfung kann dieser Einfluss aber als vernachlässigbar angesehen werden.

4.4.8 Gasblasen

Gasblasen in der Flüssigkeit können große Fehler verursachen. Sie müssen kontrollierbar vermieden werden. Dazu muss ein Gasanzeiger in der Nähe des Prüflings vorhanden sein (siehe Abschnitt 4.2.3 der Prüfanweisung). Unter dieser Voraussetzung wird u_G/V_N als vernachlässigbar betrachtet.

4.5 Unsicherheitsbudget

In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Standardunsicherheitskomponenten in Form eines Unsicherheitsbudgets zusammengefasst.

Für jede Einflussgröße sind die maximal zulässigen Abweichungen vom richtigen Wert und die daraus abgeleitete Standardunsicherheit angegeben. Der Sensitivitätskoeffizient (d.h. der Faktor, mit dem die Standardunsicherheit einer Einflussgröße multipliziert werden muss, um deren Beitrag zur kombinierten Standardunsicherheit des Messergebnisses zu erhalten) ist bei den verwendeten Relativwerten immer „1“. Als Freiheitsgrad gilt bei geschätzten Unsicherheiten generell „∞“.

Die in der Tabelle eingetragenen Werte stellen Richtwerte für die Obergrenzen der jeweiligen Standardunsicherheit dar (Grenzrichtwerte). Werden alle einzelnen Grenzrichtwerte eingehalten, dann wird auch die Forderung an die kombinierte relative Standardabweichung (siehe Abschnitt 6.3.1 der Prüfanweisung)

$$\frac{u_c(V_N)}{V_N} \leq 0,1\%$$

erfüllt.

Ist dies bei einzelnen Grenzwerten nicht der Fall, muss ein entsprechend verändertes Messunsicherheitsbudget für den konkreten Einzelfall aufgestellt werden.

5. Gravimetrischer Prüfstand mit Umschalteneinrichtung und statischer Wägung (Warmwasser)

5.1 Messgröße

Als zu bestimmende Messgröße wird das Wasservolumen V_N definiert, das während der Messzeit (zwischen zwei Schaltungen der Umschalteneinrichtung) tatsächlich durch den zu prüfenden Wasserzähler geströmt ist. Dies entspricht dem in Abschnitt 6.3.1 genannten, "abgegebenen Volumen V_N ".

Auf diese Messgröße bezieht sich die folgende Messunsicherheitsbetrachtung. Sie berücksichtigt nur die Einflüsse durch den Prüfstand und nicht diejenigen, die von dem zu prüfenden Wasserzähler selbst herrühren.

5.2 Mathematisches Modell des Messvorganges

Die Aufstellung der Modellgleichung basiert auf der in Abschnitt 6.2.3.2 angegebenen Berechnungsgleichung, ergänzt durch einige zusätzliche Einflussgrößen:

$$V_N = \frac{W}{\rho_w(\vartheta_w, p_w)} \cdot K_{LA} \cdot K_{RA} + \delta V_{KI} + \delta V_{ZR} + \delta V_{Ver} + \delta V_G$$

mit

V_N : Abgegebenes Wasservolumen, das durch den Prüfling geströmt ist

W : Wägewert der Wassermenge (Anzeige der Waage)

$\rho_w(\vartheta_w, p_w)$: Wasserdichte bei der Temperatur ϑ_w und dem Druck p_w des Wassers im Prüfling während der Messung

K_{LA} : Faktor der Luftauftriebskorrektur

K_{RA} : Faktor der Korrektur für den Tauchrohrtrieb

δV_{KI} : Volumenmessabweichung durch die Umschalteneinrichtung (beim Start/Stop-Verfahren tritt an diese Stelle der Messunsicherheitseinfluss durch die Abgrenzungsstelle)

δV_{ZR} : Einfluss des Wasservolumens im Zwischenrohr vom Prüfling zur Abgrenzungsstelle (Umschalteneinrichtung oder Überlauf)

- δV_{Ver} : Volumenverluste durch Verdampfen
 δV_{G} : Einfluss von Gasblasen in der Messflüssigkeit

5.3 Bestimmung der kombinierten Standardunsicherheit

Die relative kombinierte Standardunsicherheit u_c von V_N kann unter Vernachlässigung von Ausdrücken 2. Ordnung kleiner Größen in folgender Weise dargestellt werden (Unkorreliertheit der einzelnen Unsicherheitskomponenten vorausgesetzt):

$$\frac{u_c(V_N)}{V_N} = \sqrt{\left(\frac{u_W}{W}\right)^2 + \left(\frac{u_{\rho W}}{\rho_w}\right)^2 + \left(\frac{u_{LA}}{K_{LA}}\right)^2 + \left(\frac{u_{RA}}{K_{RA}}\right)^2 + \left(\frac{u_{KI}}{V_N}\right)^2 + \left(\frac{u_{ZR}}{V_N}\right)^2 + \left(\frac{u_{\text{Ver}}}{V_N}\right)^2 + \left(\frac{u_G}{V_N}\right)^2}$$

Darin bedeuten:

- $\frac{u_c(V_N)}{V_N}$: die relative kombinierte Standardunsicherheit des Messergebnisses V_N ,
 $u_W = u(W)$: die Standardunsicherheit des Wägewertes W ,
 $u_{\rho W} = u(\rho_w(g_w, \rho_w))$: die Standardunsicherheit der Wasserdichte ρ_w ,
 $u_{LA} = u(K_{LA})$: die Standardunsicherheit des Faktors der Luftauftriebskorrektur K_{LA} usw. .

Diese Standardunsicherheiten sind in der Regel nicht nur als Standardabweichung der Ergebnisse wiederholter Messungen zu verstehen (Typ A nach ISO-Guide), sondern enthalten in fast allen Fällen auch Teile, die mit anderen als statistischen Methoden geschätzt werden müssen (Typ B nach ISO-Guide).

5.4 Hinweise zur Schätzung der einzelnen Unsicherheitskomponenten

5.4.1 Wägewert

Die Standardunsicherheit des Wägewertes W lässt sich aus der Fehlergrenze (siehe Abschnitt 4.3.1.1) plus Ableseunsicherheit der Waage schätzen. Beträgt dieser Wert (relativ) 0,1 %, so ist:

$$\frac{u_W}{W} = \frac{0,1\%}{\sqrt{3}} = 0,058\%$$

5.4.2 Wasserdichte

Bei der Dichte ρ_w sind mehrere Einflüsse zu berücksichtigen. Bei Verwendung der Tabelle für destilliertes Wasser gilt:

$$\rho_w(g_w, \rho_w) = (\rho_{w\text{dest}} + K_{\rho w})(1 - \gamma_w \cdot \delta g_w)(1 + \chi_w \cdot \delta \rho_w)$$

Die Unsicherheit der Tabellenwerte $\rho_{w\text{dest}}$ ist vernachlässigbar.

Die Unsicherheit des Korrekturwertes $K_{\rho w}$ des verwendeten Wassers gegenüber

dem destillierten ist auf der Grundlage der Unsicherheit der Messung von K_{ρ_w} und möglicher Dichteänderungen durch Verschmutzung über längere Zeit zu schätzen. Nimmt man hierfür relative Grenzen von 0,1 % an, so ist die Standardunsicherheit:

$$\frac{u(K_{\rho_w})}{\rho_w} = \frac{0,1\%}{\sqrt{3}} = 0,058\%$$

Der Temperatureinfluss auf die relative Unsicherheit der Dichte wird durch $\gamma_w \cdot \delta\vartheta_w$ bestimmt. Der Koeffizient γ_w des Wassers ist im Bereich von 50 °C etwa $\gamma_w = 0,0005 \text{ °C}^{-1}$. Die Abweichung $\delta\vartheta_w$ der Wassertemperatur im Prüfling von der am Thermometer angezeigten Temperatur kann aus der Fehlergrenze des Thermometers und angenommenen örtlichen Temperaturunterschieden geschätzt werden. Werden hierfür Grenzen von $\delta\vartheta_w = \pm 1 \text{ °C}$ angesetzt, ist die Standardunsicherheitskomponente:

$$u(\gamma_w \cdot \delta\vartheta_w) = \frac{0,0005}{\sqrt{3}} \cdot 100\% = 0,029\%$$

Die Kompressibilität des Wassers wird i.a. vernachlässigt. Bei einem maximalen Druck von 6 bar und dem Kompressibilitätskoeffizienten $\chi_w = 0,00005 \text{ bar}^{-1}$ wäre $u(\chi_w \cdot \delta p_w) < 0,018 \%$ abzuschätzen.

Damit ist die relative Standardunsicherheit der Wasserdichte:

$$\frac{u(\rho_w)}{\rho_w} = \sqrt{\frac{u^2(K_{\rho_w})}{\rho_w^2} + u^2(\gamma_w \delta\vartheta_w) + u^2(\chi_w \delta p_w)}$$

$$\frac{u(\rho_w)}{\rho_w} = 0,067\%$$

5.4.3 Luftauftrieb des Wägegutes

Die möglichen Abweichungen des Faktors der Luftauftriebskorrektur vom verwendeten Durchschnittswert $K_{LA} = 1,0010$ sind kleiner als 0,0001. Die entsprechende Komponente der Standardunsicherheit ist $u_{LA} / K_{LA} < 0,006 \%$ und damit vernachlässigbar.

5.4.4 Auftrieb durch das Tauchrohr

Im konkreten Fall ist zu prüfen, ob die Tauchrohr-Auftriebskorrektur K_{RA} vernachlässigt werden kann. Sie kann vernachlässigt werden, wenn $u_{RA} / K_{RA} < 0,01 \%$ ist.

5.4.5 Umschalteinrichtung

Der Unsicherheitseinfluss der Umschalteinrichtung ist dagegen eine wesentliche Komponente. Die nach Anhang 8.5 ermittelte Zeitdifferenz Δt für einen Schaltvorgang (Hin- und Rückschaltung) bezogen auf die Mindestprüfzeit t_{\min} entspricht der maximal zu erwartenden relativen Volumenmessabweichung:

$$\left(\frac{\delta V_{\text{KI}}}{V_{\text{N}}} \right)_{\max} = \frac{\Delta t}{t_{\min}}$$

Ergibt sich hierfür z.B. ein Grenzwert von 0,17 %, so ist die anzusetzende relative Standardunsicherheit:

$$\frac{u_{\text{KI}}}{V_{\text{N}}} = \frac{0,17\%}{\sqrt{3}} = 0,1\%$$

5.4.6 Zwischenrohr

Ein nur selten beachteter Einfluss auf die Messunsicherheit sind Volumenänderungen im Zwischenrohr vom Prüfling zur Abgrenzungsstelle. Die relative Volumenmessabweichung beträgt:

$$\frac{\delta V_{\text{ZR}}}{V_{\text{N}}} = \frac{V_{\text{ZR}}}{V_{\text{N}}} \cdot (\gamma_{\text{w}} - \gamma_{\text{ZR}}) \cdot (\vartheta_{\text{w}_1} - \vartheta_{\text{w}_2})$$

Dabei sind V_{ZR} das Volumen des Zwischenrohrs, V_{N} das zu messende Wasservolumen, γ_{w} und γ_{ZR} die thermischen Volumenausdehnungskoeffizienten des Wassers bzw. des Zwischenrohrmaterials und ϑ_{w_1} , ϑ_{w_2} die Temperaturen im Zwischenrohr am Anfang und am Ende der Messung.

In den Fällen, wo das Zwischenrohrvolumen wesentlich kleiner als das Messvolumen ist, kann der Einfluss meist vernachlässigt werden. In anderen Fällen aber, wo das Zwischenrohrvolumen etwa der Größe des Messvolumens entspricht, verursachen schon 1,5 °C Temperaturänderung im Zwischenrohr zu Beginn und am Ende der Messung eine Messabweichung von etwa 0,07 %, was einer relativen Standardunsicherheit von $u_{\text{ZR}} / V_{\text{N}} = 0,04 \%$ entspricht. Dieser Wert wird daher im Unsicherheitsbudget berücksichtigt.

5.4.7 Verdampfungsverluste

Auf jeden Fall zu berücksichtigen sind die entstehenden Verdampfungsverluste. Sie lassen sich allgemein nur grob abschätzen.

Ausgehend von einem angenommenen relativen Grenzwert von kleiner 0,1 % sollte ein Standardunsicherheitsbeitrag von etwa $u_{\text{Ver}} / V_{\text{N}} = 0,05 \%$ berücksichtigt werden.

5.4.8 Gasblasen

Gasblasen in der Flüssigkeit können große Fehler verursachen. Sie müssen kontrollierbar vermieden werden (ein Gasanzeiger siehe Abschnitt 4.2.3 in der Nähe des Prüflings muss vorhanden sein). Unter dieser Voraussetzung wird $u_{\text{G}} / V_{\text{N}}$ als vernachlässigbar betrachtet.

5.5 Unsicherheitsbudget

In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Standardunsicherheitskomponenten in Form eines Unsicherheitsbudgets zusammengefasst.

Für jede Einflussgröße sind die maximal zulässigen Abweichungen vom richtigen Wert und die daraus abgeleitete Standardunsicherheit angegeben. Der Sensitivitätskoeffizient (d.h. der Faktor, mit dem die Standardunsicherheit einer Einflussgröße multipliziert werden muss, um deren Beitrag zur kombinierten Standardunsicherheit des Messergebnisses zu erhalten) ist bei den verwendeten Relativwerten immer „1“. Als Freiheitsgrad gilt bei geschätzten Unsicherheiten generell „∞“.

Die in der Tabelle eingetragenen Werte stellen Richtwerte für die Obergrenzen der jeweiligen Standardunsicherheit dar (Grenzrichtwerte). Werden alle einzelnen Grenzrichtwerte eingehalten, dann wird auch die Forderung an die kombinierte relative Standardabweichung (siehe Abschnitt 6.3.1)

$$\frac{u_c(V_N)}{V_N} \leq 0,15 \%$$

erfüllt.

Ist dies bei einzelnen Grenzrichtwerten nicht der Fall, muss ein entsprechend verändertes Messunsicherheitsbudget für den konkreten Einzelfall aufgestellt werden.

Tabelle zum Anhang 8.6, Abschnitt 3: Standardunsicherheitskomponenten bei einem Prüfstand mit Waage und Umschaltseinrichtung

Unsicherheits- einfluss	Größe (Symbol)	maximale Abweichung des Wertes der Einflussgröße (Grenzrichtwert)	relative Standard- unsicherheit		Freiheits- grad	Sensitivitäts- koeffizient	relativer Beitrag zur kombinierten Standardunsicherheit
			Symbol	Grenz- richtwert			
Wägewert	W	$\pm 0,1 \%$	$\frac{u_W}{W}$	0,06 %	∞	1	0,06 %
Flexible Anschlüsse	δW_{flex}	$\pm 0,05 \%$	$\frac{u_{W flex}}{W}$	0,03 %	∞		0,03 %
Wasserdichte	ρ_w	-	$\frac{u_{\rho w}}{\rho_w}$	0,04 %	∞	1	0,04 %
davon: Korrekturwert	$K_{\rho w}$	$\pm 0,05 \%$	$\frac{u(K_{\rho w})}{\rho_w}$	0,03 %	-	-	
Temperatureinfluss	$\delta \vartheta_w$	$\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	$u(\gamma_w \cdot \delta \vartheta_w)$	0,01 %	-	-	
Kompressibilität	$\delta \rho_w$	$p_w < 6 \text{ bar}$	$u(\chi_w \cdot \delta \rho_w)$	0,02 %	-	-	
Luftauftrieb	$K_{LA} = 1,00105$	$\pm 0,01 \%$ (vernachlässigt)	$\frac{u_{LA}}{K_{LA}}$	<0,006 %	-	-	-
Tauchrohr	K_{RA}	vernachlässigt (überprüfen!)	-	-	-	-	-
Umschaltseinrichtung	Δt	$\frac{\Delta t}{t_{min}} \leq 0,1 \%$	$\frac{u_{KI}}{V_N}$	0,06 %	∞	1	0,06 %
Zwischenrohr	V_{ZR}	$\pm 0,03 \%$	$\frac{u_{ZR}}{V_N}$	0,02 %	∞	1	0,02 %
Verdunstung	V_{Ver}	vernachlässigt	$\frac{u_{Ver}}{V_N}$	-	-	-	-
Gasblasen	V_G	vernachlässigt (Überprüfung im Betrieb an der Sichtstrecke)	-	-	-	-	-
Messergebnis	V_N		$\frac{u_c(V_N)}{V_N}$				0,1 %

Tabelle zum Anhang 8.6, Abschnitt 4: Standardunsicherheitskomponenten bei einem Prüfstand mit Normalmessbehälter und Überlauf

Unsicherheits-einfluss	Größe (Symbol)	max. relative Abwei-chung des Wertes der Einflussgröße: $\pm a$ (Grenzrichtwert)	relative Standard-unsicherheit		Freiheits-grad	Sensitivitäts-koeffizient	relativer Beitrag zur kombinierten Standardunsicherheit
			Symbol	Grenzricht-wert			
Volumenanzeige des Normalmessbehälters	V_A	-					
davon: Korrektion der Volumenanzeige	K_{VA}	$\pm 0,10 \%$	u_{VA}/K_{VA}	0,058 %	∞	1	0,06 %
Ableseunsicherheit	δA_{Sk}	$\pm 2 \text{ mm}$	u_{Sk}/V_A	0,058 %	∞	1	0,06 %
Benetzung, ...	δV_B	vernachlässigt (ggf. überprüfen)	u_B/V_A	-	-	-	-
Standrohrtemperatur	δV_{St}	vernachlässigt (ggf. überprüfen)	u_{St}/V_A	-	-	-	-
Temperaturdifferenz Prüfling-Messgefäß	K_{gW}	Temperaturdifferenz $< 2^\circ\text{C}$	u_{gW}/K_{gW}	$< 0,023 \%$	∞	1	0,02 %
Abweichung von der Bezugstemperatur	K_{gMG}	Temperaturabweich. $< 5^\circ\text{C}$	u_{gMG}/K_{gMG}	0,014 %	∞	1	0,014 %
Kompressibilität	K_p	$< 6 \text{ bar}$	u_p/K_p	0,018 %	∞	1	0,02 %
Überlauf	$\delta V_{Ü}$	überprüfen!	$u_{Ü}/V_N$	0,04 %	-	1	0,04 %
Zwischenrohr	δV_{ZR}	$\pm 0,025 \%$	u_{ZR}/V_N	0,015 %	∞	1	0,015 %
Verdunstung	δV_{Ver}	vernachlässigt	u_{Ver}/V_N	-	-	-	-
Gasblasen	δV_G	vernachlässigt (Überprüfung im Betrieb an der Sichtstrecke)	u_G/V_N	-	-	-	-
Messergebnis	V_N		$\frac{u_c(V_N)}{V_N}$				0,1 %

Tabelle zum Anhang 8.6, Abschnitt 5: Standardunsicherheitskomponenten bei einem Prüfstand mit Waage und Umschalteneinrichtung

Unsicherheits- einfluss	Größe (Symbol)	max. relative Abwei- chung des Wertes der Einflussgröße: $\pm a$ (Grenzrichtwert)	relative Standard- unsicherheit		Freiheits- grad	Sensitivitäts- koeffizient	relativer Beitrag zur kombinierten Standardunsicherheit
			Symbol	Grenz- richtwert			
Wägewert	W	$\pm 0,1 \%$	$\frac{u_w}{W}$	0,06 %	∞	1	0,06 %
Wasserdichte	ρ_w	-	$\frac{u_{\rho w}}{\rho_w}$	0,07 %	∞	1	0,07 %
davon: Korrekturwert	$K_{\rho w}$	$\pm 0,1 \%$	$\frac{u(K_{\rho w})}{\rho_w}$	0,06 %	-	-	-
Temperatureinfluss	δg_w	$\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$	$u(\gamma_w \cdot \delta g_w)$	0,03 %	-	-	-
Kompressibilität	$\delta \rho_w$	6 bar	$u(\chi_w \cdot \delta \rho_w)$	0,02 %	-	-	-
Luftauftrieb	$K_{LA} = 1,0010$	$\pm 0,01 \%$	$\frac{u_{LA}}{K_{LA}}$	0,006 %	∞	1	< 0,01 %
Tauchrohr	K_{RA}	vernachlässigt (überprüfen!)	-	-	-	-	-
Umschalteneinrichtung	Δt	$\frac{\Delta t}{t_{\min}} \leq 0,17 \%$	$\frac{u_{KI}}{V_N}$	0,1 %	∞	1	0,1 %
Zwischenrohr	V_{ZR}	$\pm 0,07 \%$	$\frac{u_{ZR}}{V_N}$	0,04 %	∞	1	0,04 %
Verdampfung	V_{Ver}	< 0,1 % (angenommen)	$\frac{u_{Ver}}{V_N}$	0,05 %	∞	1	0,05 %
Gasblasen	V_G	vernachlässigt (Überprüfung im Betrieb an der Sichtstrecke)	-	-	-	-	-
Messergebnis	V_N		$\frac{u_c(V_N)}{V_N}$				0,15 %

Anhang 8.7

Beispiel für die Bestimmung des Mindestprüfvolumens

Gemäß Abschnitt 6.3.2 darf die relative Standardunsicherheit bei der Erfassung der Zähleranzeige (u_{Anz}) nicht größer als 0,25 % vom Prüfvolumen sein.

a) Analoge Anzeigen

Bei analogen Anzeigen soll ein Ablesefehler (entsprechend der erweiterten Unsicherheit mit $k=2$) angenommen werden, der die Hälfte des kleinsten Teilstrichabstandes e (Eichwert bei analoger Anzeige) nicht überschreitet. Da der Ablesefehler i.a. am Anfang und Ende der Messung auftritt, ergibt sich bei einem Eichwert von z.B. 0,05 l folgende Standardunsicherheit u_{Anz} der Anzeige (in Volumeneinheiten):

$$u_{\text{Anz}} = \sqrt{\left(\frac{e}{2}\right)^2 + \left(\frac{e}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{k} = \sqrt{\left(\frac{0,05 \text{ l}}{2}\right)^2 + \left(\frac{0,05 \text{ l}}{2}\right)^2} \cdot \frac{1}{2} = 0,01767 \text{ l}$$

Hieraus lässt sich das Mindestprüfvolumen V_{min} errechnen:

$$V_{\text{min}} = \frac{u_{\text{Anz}}}{0,25 \%} \cdot 100\% = \frac{0,01767 \text{ l}}{0,25 \%} \cdot 100\%$$

$$V_{\text{min}} = 7,07 \text{ l} \text{ entspricht } 141 \text{ Eichwerten}$$

b) Digitale Anzeigen

Die kleinste digitale Anzeigeänderung entspricht dem Eichwert e . Da die Ablesung am Anfang und Ende der Messung auftritt, ergibt sich bei einem Eichwert von z.B. 0,05 l folgende Standardunsicherheit u_{Anz} der Anzeige (als Rundungsunsicherheit $u(V)_R$, in Volumeneinheiten, wobei eine Gleichverteilung ($1/\sqrt{3}$) angenommen wird) von:

$$u_{\text{Anz}} = \sqrt{e^2 + e^2} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \sqrt{(0,05 \text{ l})^2 + (0,05 \text{ l})^2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,02041 \text{ l}$$

Hieraus lässt sich das Mindestprüfvolumen V_{min} errechnen:

$$V_{\text{min}} = \frac{u_{\text{Anz}}}{0,25 \%} \cdot 100\% = \frac{0,02041 \text{ l}}{0,25 \%} \cdot 100\%$$

$$V_{\text{min}} = 8,17 \text{ l} \text{ entspricht } 163 \text{ Eichwerten}$$

Anhang 8.8

Abnahme und Überwachung von Prüfständen

1 Vorbereitung der Abnahme

Für die Abnahme durch die überwachende Eichbehörde muss der Prüfstand betriebsfertig hergerichtet sein.

Folgende Dokumentationen sind bereitzuhalten und der Eichaufsichtsbehörde auf deren Verlangen ggf. schon vor dem Abnahmetermin zur Verfügung zu stellen:

1.1 Hardware

- detaillierte Beschreibung des gesamten Prüfstandes
- Rohrleitungsschema (mit eingezeichneten Prüfmitteln, Armaturen usw.)
- Angaben zu den verwendeten Prüfmitteln und zur Wasserversorgung des Prüfstands
- Prüfscheine der Prüfmittel
- ggf. Anerkennung der Bauart der Normalzähler durch die PTB bzw. Eichbehörde
- Auflistung der vorhandenen Einlauf- und Auslaufstrecken mit Angabe der Nennweiten und Längen
- Berechnung des Volumens des Zwischenrohrs (siehe Abschnitt 4.2.2)
- ggf. Berechnung des Querschnitts der Tauchrohrwand A_{TR} und des freien Behälterquerschnitts A_B (siehe Abschnitt 6.2.3.2)
- Angaben zu den einzelnen Zählertypen und -größen, die auf dem Prüfstand geprüft werden sollen, ggf. auch zur Anwendung des Prüfgehäuseverfahrens

1.2 Software

- Beschreibung der Software u.a.
 - Identifizierung und Kennzeichnung
 - Handling der Datenerfassung
 - Zugangsberechtigungen / Sicherung gegen unbeabsichtigten Zugriff
 - Dokumentation und Datensicherung
- Berechnung der Messabweichungen der Prüflinge mit allen Korrekturfaktoren
- Programmlisting mit Variablenliste bzw. ein Flussplan der Berechnung
- Beispiel eines Ausdrucks aller Messwerte und relevanter Parameter, die zur Berechnung der Messabweichungen verwendet werden
- Beispiel eines Protokolls für amtliche Prüfungen (siehe Abschnitt 7.3)

1.3 Berechnung bzw. Bestimmung der Prüfvolumen (siehe Abschnitte 6.2.3.3 bis 6.2.6.3)

- 1.4 Berechnung der relativen kombinierten Standardunsicherheit, wenn die in der Prüfanweisung genannten Grenzrichtwerte (siehe Abschnitt 6.3 und Anhang 8.6) für die einzelnen Unsicherheitskomponenten nicht eingehalten werden oder ein Normalzähler als Gebrauchsnorm zur Volumenbestimmung (siehe Abschnitt 4.3.3) verwendet wird.
- 1.5 Liste mit den Impulswertigkeiten der zu prüfenden Zähler, wenn diese abgetastet werden.
- 1.6 Prüfstandshandbuch bzw. -ordner.

Es muss sichergestellt sein, dass die verwendeten Prüfmittel für sonstige relevante Messgrößen den in Abschnitt 4.5 definierten Anforderungen entsprechen.

2 Abnahme

Die Abnahme führt die zuständige Behörde in der Prüfstelle am Gebrauchsort des Prüfstands durch.

Die Abnahme umfasst insbesondere folgende Punkte:

- 2.1 Die Überprüfung der Dokumentation, insbesondere Berechnungen, Spezifikationen und Nachweise einschließlich der Kontrolle der Prüfstandsausführung mit den Unterlagen.
- 2.2 Die Prüfmittel werden hinsichtlich Kennzeichnung, Ausführung, Einhaltung der entsprechenden Anforderungen überprüft.
- 2.3 Die Funktionsfähigkeit des Prüfstandes ist zu kontrollieren.
- 2.4 Die konstruktive Ausführung des Prüfstands ist hinsichtlich der Gefahr der Bypassbildung zu untersuchen.
- 2.5 Der Nachweis, dass alle für amtliche Prüfungen erforderlichen Durchflüsse innerhalb der festgelegten Grenzen der Prüfdurchflüsse realisierbar sind, ist zu führen.
- 2.6 Prüfstände, die für die Prüfungen bei Durchflüssen unterhalb von 200l/h keinen Hochbehälter verwenden, sind hinsichtlich der Pulsation zu überprüfen, ggf. durch Vergleichsmessungen mit anderen Prüfständen. Die Abweichung der Mittelwerte darf 0,6 % nicht überschreiten (siehe Nr. 2.14).
- 2.7 Die Konstanz des Durchflusses ist zu überprüfen (siehe Abschnitt 4.2.9).
- 2.8 Es ist zu überprüfen ob die Wirkungsweise der Normale durch vorhandene Prüfstandsteile, Hilfsmessgeräte und Umgebungseinflüsse beeinträchtigt wird (z.B. flexible Anschlüsse am Wägebehälter, Luftzug, Reibung, Erschütterungen).

- 2.9 Sofern die Prüfungshilfsmittel nach Abschnitt 4.5 bzw. die Messwertaufnehmer noch nicht mit der Signalverarbeitung des Prüfstandes geprüft sind, muss dies im Rahmen der Abnahme erfolgen.
- 2.10 Vorhandene Ein- und Auslaufrohre für die Prüflinge sind u.a. auf ihre Nennweite und Länge hin zu überprüfen.
- 2.11 Wird bei der Bestimmung der Messabweichung des Prüflings das Doppelstoppuhr-Verfahren angewendet, ist entweder die verwendete interne Quarzfrequenz oder noch besser die Zeitmessung über die gesamte Messkette von der Impulserfassung am Prüfplatz bis zur Auswertung zu kontrollieren. Dazu kann z.B. an Stelle des Prüflings ein mit DCF77 funkgesteuerter bzw. mittelbar geprüfter Impulsgeber an einem beliebigen Prüfplatz eingesetzt und dessen von der Messsoftware ausgegebene Signale gemessen werden.
- 2.12 Die Software ist hinsichtlich der Prüfabläufe, Grenzwerteingaben, Berechnung der Messabweichungen, Protokollierung, Datensicherung, Zugangsberechtigung und Sicherung gegen unbeabsichtigten Zugriff zu verifizieren. Ist dies bereits vorher an baugleichen Prüfständen geschehen, kann auf diese Überprüfung verwiesen werden. Voraussetzung für die Erkennung identischer Software ist die Versionskennzeichnung. Es ist zu überprüfen, ob alle zur Berechnung der Messabweichung erforderlichen Messwerte und relevanten Parameter abrufbar sind und die Protokollführung den entsprechenden Anforderungen in Abschnitt 7.3 genügt.
- 2.13 Das Einhalten der Grenzrichtwerte der relativen Standardunsicherheiten der Abgrenzungsstellen gemäß Abschnitt 4.2.5 ist zu überprüfen.
- 2.14 Zur Überprüfung der Messrichtigkeit und Wiederholgenauigkeit des Prüfstands sind Wiederholungsprüfungen durchzuführen. Dies soll mit besonders messstabilen Prüflingen erfolgen, deren Messverhalten hinreichend bekannt ist. Dazu sind mindestens je zehn Wiederholungsprüfungen mit den benötigten Prüfschritten und -parametern durchzuführen. Aus den Wiederholungsprüfungen wird die relative Standardabweichung bestimmt. Sie darf im oberen Belastungsbereich 0,15 % und im unteren Belastungsbereich 0,3 % nicht überschreiten
- 2.15 Im Anschluss ist die Unsicherheit bei der Bestimmung des Zählwerkfortschrittes der eingestellten Prüfvolumen an den in der Prüfstelle üblicherweise geprüften Zählertypen durch mindestens je zehn Wiederholungsprüfungen zu bestimmen und ggf. die Prüfvolumen anzupassen. In diese Prüfungen sind ggf. die jeweils anwendbaren Abtastvorrichtungen für die Volumenerfassung einzubeziehen.

Aus den Wiederholungsprüfungen wird die relative Standardabweichung bestimmt. Sie darf im oberen Belastungsbereich 0,15 % und im unteren Belastungsbereich 0,3 % nicht überschreiten.

- 2.16 Bei Reihenprüfständen ist nachzuweisen, dass sich die Zähler bei der Prüfung gegenseitig nicht beeinflussen (siehe Abschnitt 4.2.1). Hierzu sind Messungen mit den Zählern durchzuführen, die zur Bestimmung der Unsicherheit bei der Volumenbestimmung verwendet wurden. Die einzelnen Zähler werden in der vollbestückten Prüfreihe auf verschiedenen Prüfplätzen geprüft. Die Mittelwerte der Messabweichungen auf den verschiedenen Prüfplätzen dürfen sich von den

Mittelwerten der Wiederholungsprüfungen nach Nummer 2.15 im oberen Belastungsbereich um nicht mehr als 0,3 % und im unteren Belastungsbereich um nicht mehr als 0,6 % unterscheiden.

- 2.17 Bei Prüfständen, die nach dem Vergleichsverfahren arbeiten sind Vergleichsmessungen mit konventionellen Prüfständen durchzuführen (siehe Abschnitt 4.4). Hierzu sind an einigen bei der Prüfstelle üblicherweise zu prüfenden Zählertypen, beim jeweils größten Prüfdurchfluss Q_{max}/Q_3 , durch mindestens je zehn Wiederholungsprüfungen die Mittelwerte aus den Einzelmessungen der einzelnen Zählertypen miteinander zu vergleichen. Die Abweichung der Mittelwerte darf 0,6 % nicht überschreiten.
- 2.18 Bei Prüfständen für Zähler mit Nenndurchflüssen $Q_n \geq 15\text{m}^3/\text{h}$ bzw. $Q_3 \geq 25\text{m}^3/\text{h}$ sollten im Rahmen der Abnahme interne oder externe Vergleichsmessungen durchgeführt werden. Die zulässigen Abweichungen dürfen 0,6 % nicht überschreiten.
- 2.19 Die für die zu prüfenden Zählertypen und -größen erforderlichen Prüfabläufe und Prüfvolumen sind endgültig festzulegen und u.a. im Prüfstandshandbuch bzw. -ordner einzutragen.
- 2.20 Verschiedene messtechnische Prüfungen gemäß den Nummern 2.14 bis 2.18 können mit Zustimmung der zuständigen Eichaufsichtsbehörde zusammengefasst und bereits vor dem Abnahmetermin von der Prüfstelle durchgeführt werden. Die Anzahl der Wiederholungsmessungen kann verringert werden, wenn weitere Messungen den Mittelwert nicht mehr wesentlich verändern.

3 Überwachung

Eine regelmäßige Überwachung der Prüfstände hat durch die Prüfstelle entsprechend den Festlegungen zu erfolgen, u.a.:

- 3.1 Überprüfung der lotrechten Aufstellung der Normalmessbehälter
- 3.2 ggf. Überprüfung der Waagen mit Prüfgewichten
- 3.3 Prüfung der Durchflussanzeiger
- 3.4 Überprüfung der Dichtheit der Prüfstrecken und der Normalmessbehälter
- 3.5 besondere Prüfungen gemäß den Auflagen bei der Abnahme der Prüfstände
- 3.6 Kontrolle der Impulswertigkeiten der zu prüfenden Zähler, insbesondere bei neuen Bauarten bzw. Zählerausführungen
- 3.7 gelegentliche Kontrolle der Wasserdichte bei Verwendung einer Waage als Normal (grundsätzlich bei jedem Wasserwechsel erforderlich)
- 3.8 Pflege der Prüfstandshandbücher bzw. -ordner.