HOCHSCHULE
WEIHENSTEPHAN-TRIESDORF
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Abschlussbericht

Vergleichende Untersuchungen zur Dosiergenauigkeit der SMART Digital DDA 7.5-16 und der DMI 3-10

Anwendungsbezogenes Forschungsvorhaben im Rahmen einer Zusammenarbeit der Grundfos Water Treatment GmbH und der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. Die Durchführung des Projektes erfolgte Institut für Lebensmitteltechnologie der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.

Datum: Juli 2013
Projektleitung: Prof. Dr. Dirk Rehmann
Projektkoordination: M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Peter Rose
Projektbearbeitung: B.Sc. Heiner Sistig

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis 2
2. Zielsetzung 3
3. Material und Methoden 3
3.1 Versuchsvorbereitung 3
3.1.1 Aufbau der Dosieranlage 3
3.1.2 Dichtebestimmung 3
3.1.3 Kalibrierung 3
3.1.3.1 SMART Digital DDA 7.5-16 3
3.1.3.2 Kalibrierung DMI 3-10 4
3.1.4 Festlegen der Dosiervolumenströme 4
3.1.5 Versuchsaufbau 4
3.1.6 Versuchsdurchführung 5
3.1.7 Auswertung 5
4. Ergebnisse Pumpengenauigkeitsuntersuchungen 6
4.1 Dosiermedium: Wasser bei 20°C 6
4.1.1 DMI 3-10 6
4.1.2 Smart Digital DDA 7,5-16 7
4.2 Dosiermedium: 13-prozentige Chlorbleichlauge bei 35°C 9
4.2.1 DMI 3-10 9
4.2.2 Smart Digital DDA 7,5-16 10
5. Diskussion 12

2. Zielsetzung

Im Rahmen eines anwendungsbezogenen Forschungsvorhabens werden seitens der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf Untersuchungen zur Dosiergenauigkeit von Präzisions-Membranpumpen der Grundfos Water Treatment GmbH durchgeführt.

Es wird der Pumpentyp SMART Digital DDA 7.5-16 mit einem Vorgängermodell, der DMI 3-10, verglichen. Untersucht wird die Dosiergenauigkeit der Pumpen im Hinblick auf die Beförderung von Wasser bei 20°C und von 13-prozentiger Chlorbleichlauge bei 35°C.

3. Material und Methoden

Für die Genauigkeitsuntersuchungen wurden zwei Medien gewählt. Einerseits vollentsalztes Wasser (VE-Wasser), das auf 20°C temperiert und befördert wurde und andererseits Chlorbleichlauge (Natriumhypochlorit (NaClO)), die auf 35°C erhitzt und befördert wurde. Chlorbleichlauge hat die Eigenschaft durch Sonnenlicht oder Erwärmung zu zerfallen und die Gase Chlor, Chlorwasserstoff, Chlordioxid und Sauerstoff freizusetzten. Die SMART Digital DDA 7.5-16 ist laut Herstellerangaben in der Lage eventuell entstehende Gase im Dosierkopf zu registrieren, daraufhin die Hubfrequenz anzupassen und so den eingestellten Dosiervolumenstrom zu erreichen. Die gewählte Temperatur von 35°C bedingt die Freisetzung oben erwähnter Gase und simuliert die Bedingungen in einem Schwimmbad an einem heißen Sommertag.

3.1 Versuchsvorbereitung

3.1.1 Aufbau der Dosieranlage

Als Material für die Medienberührteile beider Pumpen wurde seitens des Herstellers PP, mit EPDM Dichtungen und Keramik Kugeln gewählt. Die Pumpen wurden standardgemäß mit einem Fußventil, einem Druckhalteventil und einer Impfarmatur bestückt.

3.1.2 Dichtebestimmung

- Temperierung der zu untersuchenden Flüssigkeit auf die beabsichtigte Temperatur in einem Wasserbad
- Dichtebestimmung des temperierten Mediums mittels Pyknometer

3.1.3 Kalibrierung

3.1.3.1 SMART Digital DDA 7.5-16

- Kalibrierung der Pumpe gemäß Bedien- und Montageanleitung Kap. 5.3, d.h. Entnahme von 200 Hüben Flüssigkeit, Gewichtsbestimmung der entnommenen Flüssigkeit, Errechnung des Dosiervolumens über die ermittelte Dichte gemäß nachfolgender Formel:

$V = m/\rho$ (1)

V : Volumen
M: Masse
ρ: Dichte

3.1.3.2 Kalibrierung DMI 3-10

- Bestimmung der des maximalen Dosiervolumens bei maximalem Hub und maximaler Hubfrequenz über den Zeitraum einer Stunde, Gewichtsbestimmung der geförderten Flüssigkeit, Errechnung des Dosiervolumens über die ermittelte Dichte

3.1.4 Festlegen der Dosiervolumenströme

Die Dosiergenauigkeit beider Pumpen wird über den gesamten Einsatzbereich untersucht. Laut Herstellerangaben dosiert die SMART Digital DDA 7.5-16 von 2,5 ml/h bis maximal 7,5 l/h, die DMI 3-10 bis maximal 3 l/h. Die Einstellung der Dosiervolumenströme der DMI 3-10 wurde vorgenommen, indem über das ermittelte maximale Dosiervolumen (vgl. 4.1.1) die erforderliche Hubfrequenz und Hublänge berechnet wird, um definierte Nennvolumenströme festzulegen. Folgende Soll-Volumenströme werden festgelegt:

- DDA 7.5-16: 2,5 ml/h, 5 ml/h, 10 ml/h, 50 ml/h, 100 ml/h, 1000 ml/h, 5000 ml/h, 7500 ml/h
- DMI 3-10: 15 ml/h (Hub 10%, Hubfrequenz 4,2%), 50 ml/h (Hub 20%, Hubfrequenz 7%), 100 ml/h (Hub 40%, Hubfrequenz 7%), 1000 ml/h (Hub 100%, Hubfrequenz 28,2%), 3000 ml/h (Hub 100%, Hubfrequenz 84,5%); Hub und Hubfrequenz sind angegeben in Prozent des maximalen Hubes und der maximalen Hubfrequenz; das maximale Hubvolumen bei der DMI 3-10 beträgt 0,42 cm³, die maximale Hubfrequenz 120 n/min.

3.1.5 Versuchsaufbau

Der Aufbau der Pumpenversuche erfolgt gemäß nachfolgender Abbildung. Ein Kunststoffkanister wird mit dem zu untersuchenden Medium befüllt und in ein temperierbares Wasserbad (1) eingebracht. Die Pumpe (3) entnimmt die zu untersuchende Flüssigkeit aus dem Kanister und befördert diese in einen gegen Verdunstung abgedichteten Messzylinder (4). Mittels einer Stoppuhr (2) wird die Zeit genommen, ein Eintauchthermometer (5) dient der Temperaturkontrolle.

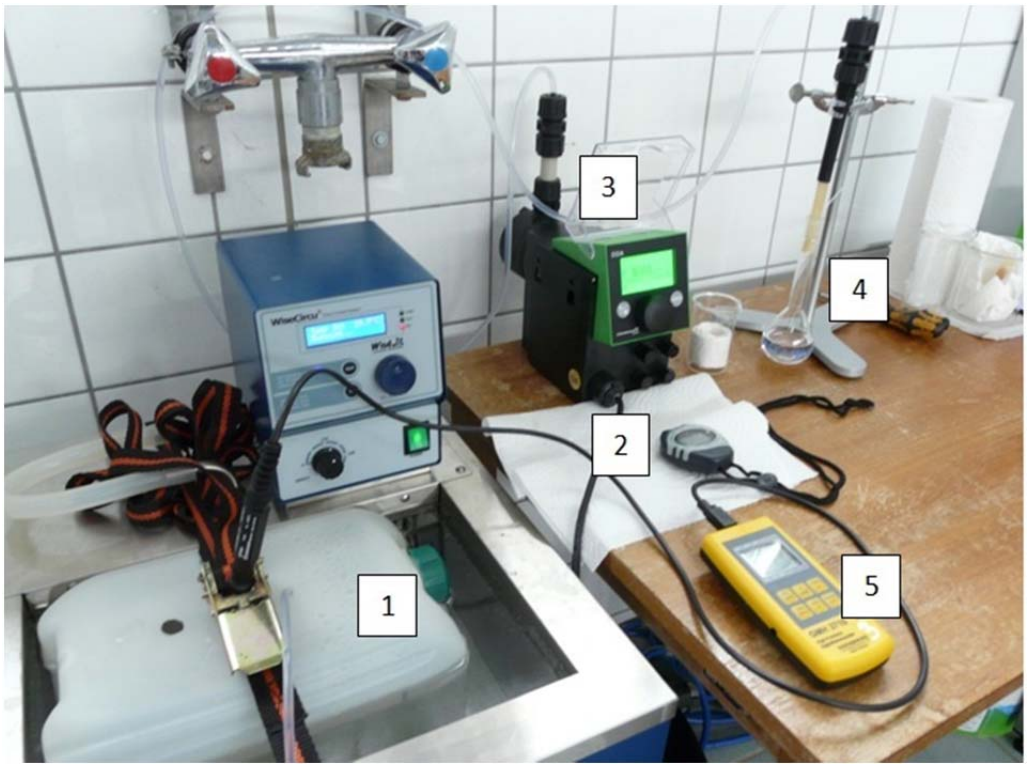

Abbildung 1: Versuchsaufbau

3.1.6 Versuchsdurchführung

- Einstellen der Pumpe auf den Soll-Volumenstrom (Q_{Soll})
- Erhitzen der zu untersuchenden Flüssigkeit im Wasserbad
- Einschalten der Pumpe bei Erreichen der Soll-Temperatur und gleichzeitige Zeitnahme
- Ausschalten der Pumpe nach einer Versuchsdauer von einer Stunde

Für jeden der festgelegten Volumenströme wird eine Dreifachbestimmung durchgeführt.

3.1.7 Auswertung

- Gewichtsbestimmung der dosierten Flüssigkeit (Gesamtgewicht Kolben abzüglich Leergewicht Kolben)
- Volumenbestimmung mittels Formel (1)
- Berechnung des Ist-Volumenstroms Q_{Ist}
- Bestimmung des mittleren Ist-Volumenstroms $\overline{Q_{Ist}}$
- Berechnung der maximalen absoluten Abweichung, d.h. des absoluten Fehlers $F_{Max} = Q_{Ist\ min/max} - Q_{Soll}$
- Berechnung der mittleren absoluten Abweichung $e = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}|Q_i - \bar{Q}_{Ist}|$
- Berechnung der **absoluten Genauigkeit** (Grad der Übereinstimmung zwischen angezeigtem und wahrem Wert) mittels: $F_{Max}/Q_{Soll} * 100\ [\%]$
- Berechnung der **Wiederholgenauigkeit** (Streuung der Ist-Volumenströme um den mittleren Ist-Volumenstrom) mittels: $e/\overline{Q_{Ist}} * 100\ [\%]$

4. Ergebnisse Pumpengenauigkeitsuntersuchungen

4.1 Dosiermedium: Wasser bei 20°C

Die mit dem Pyknometer ermittelte Dichte des analysierten VE-Wassers bei 20°C beträgt 0,9982 g/ml. Die Ergebnisse der vergleichenden Genauigkeitsuntersuchungen sind den nachfolgenden Tabellen 1 und 2 zu entnehmen.

4.1.1 DMI 3-10

Bei maximalem Hub und maximaler Hubfrequenz beträgt der Dosiervolumenstrom der hier getesteten DMI 3-10 3391,8 ml/h.

Tabelle 1: Dosier-Genauigkeitsuntersuchung der DMI 3-10 - Dosiermedium: Wasser bei 20°C

Soll-Volumenstrom $Q_{Soll}[ml/h]$	Wdhl.	Ist-Volumenstrom $Q_{Ist}[ml/h]$	Mittelwert Volumenstrom $\overline{Q_{Ist}}\ [ml/h]$	Maximale abs. Abweichung $F_{Max}[ml/h]$	Mittlere abs. Abweichung $e\ [ml/h]$	Absolute Genauigkeit $F_{Max}/Q_{Soll} * 100$ [%]	Wiederhol-Genauigkeit $e/\overline{Q_{Ist}} * 100$ [%]
15	1 2 3	18,15 16,24 16,14	16,84	3,15	0,87	**21,00**	**5,17**
50	1 2 3	53,48 55,10 51,71	53,43	5,10	1,14	**10,20**	**2,14**
100	1 2 3	85,58 102,70 103,56	97,28	14,42	7,80	**14,42**	**8,02**
1000	1 2 3	1043,35 1046,89 1045,08	1045,11	46,89	1,19	**4,69**	**0,11**
3000	1 2 3	2937,69 2831,99 2840,16	2869,95	168,01	45,16	**5,60**	**1,57**

4.1.2 Smart Digital DDA 7,5-16

Tabelle 2: Dosier-Genauigkeitsuntersuchung der SMART Digital DDA7,5-16 – Dosiermedium Wasser bei 20°C

Soll-Volumenstrom $Q_{Soll}[ml/h]$	Wdhl.	Ist-Volumenstrom $Q_{Ist}[ml/h]$	Mittelwert Volumenstrom $\overline{Q_{Ist}}\ [ml/h]$	Maximale abs. Abweichung $F_{Max}[ml/h]$	Mittlere abs. Abweichung $e\ [ml/h]$	Absolute Genauigkeit $F_{Max}/Q_{Soll} * 100$ [%]	Wiederhol-Genauigkeit $e/\overline{Q_{Ist}} * 100$ [%]
2,5	1 2 3	2,67 2,60 2,58	2,62	0,17	0,04	**6,99**	**1,36**
5	1 2 3	5,01 5,09 5,02	5,04	0,09	0,03	**1,78**	**0,66**
10	1 2 3	10,10 10,18 10,00	10,09	0,18	0,06	**1,78**	**0,62**
50	1 2 3	50,21 50,00 49,83	50,01	0,21	0,13	**0,42**	**0,26**
100	1 2 3	100,31 100,86 100,21	100,46	0,86	0,27	**0,86**	**0,27**
1000	1 2 3	1001,61 1009,46 1001,57	1004,21	9,46	3,50	**0,95**	**0,35**
5000	1 2 3	5047,18 4996,23 5015,91	5019,78	47,18	18,27	**0,94**	**0,36**
7500	1 2 3	7556,75 7503,42 7525,31	7528,49	56,75	18,84	**0,76**	**0,25**

Vergleicht man die Ergebnisse der beiden Pumpentypen untereinander so wird deutlich, dass die DDA Smart Digital 7,5-16 deutlich präziser dosiert als ihr Vorgängermodell, die DMI 3-10.

Die DMI 3-10 dosiert mit einer absoluten Genauigkeit von maximal 37 Prozent. Tendenziell wird bei der DMI die Dosiergenauigkeit ungenauer, je kleiner der eingestellte Volumenstrom ist. Während bei vollem Hub und einer Hubfrequenz 84,5 Prozent die Differenz zwischen dem auf dem Display angezeigten und dem ermittelten durchschnittlichen Volumenstrom 5,6 Prozent beträgt, wächst diese Differenz bei einem Dosiervolumenstrom von 15 ml/h (Hub 10 Prozent, Hubfrequenz 4,2 Prozent) auf über 20 Prozent.
Die Wiederholgenauigkeit, d.h. die Streuung der ermittelten Dosiervolumenströme um den durchschnittlichen Dosiervolumenstrom, zeigt uneinheitliche Werte, sie schwankt zwischen 0,1 und 8 Prozent.

Bei der DDA variiert der relative Unterschied zwischen dem auf dem Display angezeigten und dem ermittelten durchschnittlichen Volumenstrom je nach Einstellung zwischen 0,42 und 6,99 Prozent. Auch hier gilt es zu bemerken, dass die absolute Dosiergenauigkeit der DDA nachlässt je geringer der eingestellte Volumenstrom ist. Während bei Dosiermengen von größer 50 ml/h die absolute Genauigkeit kleiner 1 Prozent ist, liegt sie bei 5 und 10 ml/h Nennvolumenstrom unter 2 Prozent. Erst am äußersten unteren Rand der Range, d.h. bei 2,5 ml/l, beträgt die absolute Genauigkeit rund 7 Prozent.
Die DDA erreicht bei einer Wasserdosierung die laut Hersteller angegebene Wiederholgenauigkeit von maximal 1 Prozent. Eine Ausnahme bildet der Nennvolumenstrom von 2,5 ml/h, hier beträgt die Wiederholgenauigkeit 1,66 Prozent.

4.2 Dosiermedium: 13-prozentige Chlorbleichlauge bei 35°C

4.2.1 DMI 3-10

Die mit dem Pyknometer ermittelte Dichte des analysierten VE-Wassers bei 20°C beträgt 0,9982 g/ml. Die Ergebnisse Genauigkeitsuntersuchungen sind der nachfolgenden Tabellen 3 und 4 zu entnehmen.

Tabelle 3: Dosier-Genauigkeitsuntersuchung der DDI 3-10 - Dosiermedium 13-prozentige Chlorbleichlauge bei 35°C

Soll-Volumenstrom $Q_{Soll}[ml/h]$	Wdhl.	Ist-Volumenstrom $Q_{Ist}[ml/h]$	Mittelwert Volumenstrom $\overline{Q_{Ist}}\ [ml/h]$	Maximale abs. Abweichung $F_{Max}[ml/h]$	Mittlere abs. Abweichung $e\ [ml/h]$	Absolute Genauigkeit $F_{Max}/Q_{Soll} * 100$ [%]	Wiederhol-Genauigkeit $e/\overline{Q_{Ist}} * 100$ [%]
15	1	17,58	19,29	5,49	1,14	**36,61**	**5,91**
	2	20,49					
	3	19,80					
50	1	54,22	53,97	4,95	0,82	**9,89**	**1,51**
	2	54,95					
	3	52,75					
100	1	97,32	96,28	5,05	0,88	**5,05**	**0,92**
	2	96,56					
	3	94,95					
1000	1	1040,45	1023,55	44,99	25,57	**4,50**	**2,50**
	2	985,20					
	3	1044,99					
3000	1	2887,36	2832,42	218,00	36,63	**7,27**	**1,29**
	2	2827,89					
	3	2782,00					

4.2.2 Smart Digital DDA 7,5-16

Tabelle 4: Dosier-Genauigkeitsuntersuchung der SMART Digital DDA 7,5-16 - Dosiermedium 13-prozentige Chlorbleichlauge bei 35°C

Soll-Volumenstrom $Q_{Soll}[ml/h]$	Wdhl.	Ist-Volumenstrom $Q_{Ist}[ml/h]$	Mittelwert Volumenstrom $\overline{Q_{Ist}}\ [ml/h]$	Maximale abs. Abweichung $F_{Max}[ml/h]$	Mittlere abs. Abweichung $e\ [ml/h]$	Absolute Genauigkeit $F_{Max}/Q_{Soll} * 100$ [%]	Wiederhol-Genauigkeit $e/\overline{Q_{Ist}} * 100$ [%]
2,5	1 2 3	5,33 5,41 5,45	5,40	2,95	0,04	**117,84**	**0,80**
5	1 2 3	8,97 8,15 7,64	8,26	3,97	0,48	**79,38**	**5,76**
10	1 2 3	12,44 12,04 12,04	12,17	2,44	0,18	**24,43**	**1,47**
50	1 2 3	50,98 49,47 50,68	50,38	0,98	0,60	**1,96**	**1,19**
100	1 2 3	97,73 100,60 99,37	99,23	2,27	1,00	**2,27**	**1,01**
1000	1 2 3	987,74 996,04 999,97	994,58	12,26	4,56	**1,23**	**0,46**
5000	1 2 3	4924,37 4976,73 4931,08	4944,06	75,63	21,78	**1,51**	**0,44**
7500	1 2 3	7352,19 7396,65 7425,12	7391,32	147,81	26,09	**1,97**	**0,35**

Wie erwartet trat bei einer Temperierung der Chlorbleichlauge auf 35 °C eine starke Gasentwicklung auf. Entsprechend waren während der Versuchsdurchführung bei beiden Pumpentypen entsprechende Gasblasen in den Dosierschläuchen zu beobachten (vgl. Abbildung 2).

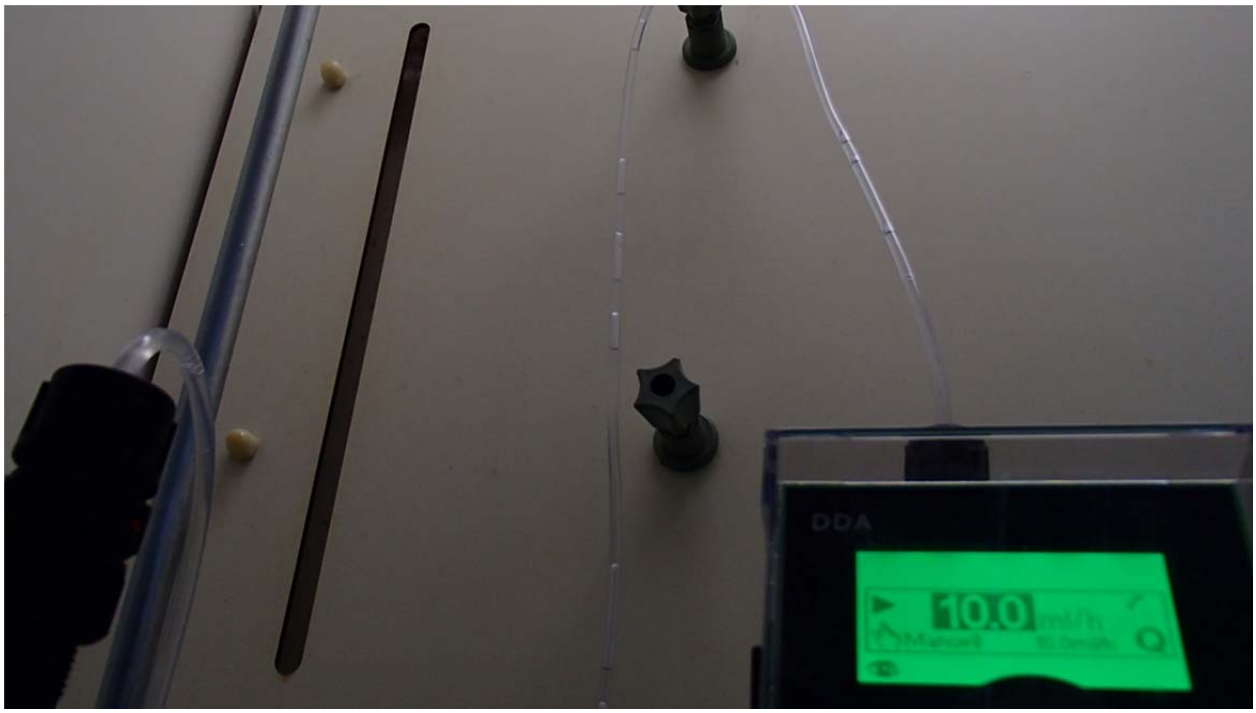

Abbildung 2: Blasenentwicklung in den Dosierschläuchen während der Versuchsdurchführung

Eventuelle Blasenbildung wird von der DDA registriert. Durch Erhöhung der Hubfrequenz versucht die DDA den Volumenstrom konstant zu halten.
Die DMI verfügt nicht über diese Technologie.

Betrachtet man die Ergebnisse der Pumpengenauigkeitsuntersuchungen mit Chlorbleichlauge als Dosiermedium, so zeigt sich auch hier, dass die Präzision der DDA gegenüber der DMI größer ist, zumindest was Dosiervolumenströme größer 50 ml/h betrifft.

Die absolute Genauigkeit der DMI schwankt je nach voreingestellten Volumenstrom zwischen 4,5 Prozent und 36,6 Prozent. Wiederum lässt sich tendenziell sagen, dass, je höher der voreingestellte Volumenstrom, desto geringer ist die Diskrepanz zwischen Soll- und Ist-Volumenstrom. Die Wiederholgenauigkeit zeigt erneut uneinheitliche Werte. Sie beträgt maximal 5,9 Prozent (bei einem Nennvolumenstrom von 15 ml/h).

Die absolute Genauigkeit der DDA nimmt bei einem voreingestellten Dosiervolumenstrom von kleiner 10 ml/h Werte größer 20 Prozent ein. Bei einer Einstellung eines Soll-Volumenstroms von 2,5 ml/h dosiert die DDA unter den gegebenen Versuchsbedingungen im Durchschnitt mehr als doppelt so viel Chlorbleichlauge (durchschn. 5,4 ml/h in den Messkolben).
Die Wiederholgenauigkeit nimmt bei eingestellten Volumenströmen größer 100 ml/h Werte kleiner 1 Prozent ein und erfüllt damit die Herstellerangaben. Bei den Dosiervolumenströmen von 5, 10 und 50 ml/h ist die Wiederholgenauigkeit größer 1

Prozent, mit einem Maximum von rund 5,8 Prozent bei 5 ml/h. Hier werden die Herstellerangaben nicht erreicht.

Während der Versuche mit der Chlorbleichlauge trat bei Volumenströmen bis 50 ml/h wiederholt die Fehlermeldung „Leck Druckventil" auf. Die Pumpe ging jedoch nicht in Störung, sondern dosierte über den vorgegebenen Zeitraum weiter.

5. Diskussion

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass sowohl bei einer Dosierung von Wasser als auch der Dosierung von erwärmter Chlorbleichlauge die DDA 7,5-16 der DMI 3-10 in puncto Präzision überlegen ist.

Eine Ausnahme bildet die absolute Genauigkeit der DDA im Rahmen der Versuche mit der temperierten Chlorbleichlauge. Bei geringen Dosiermengen von 10 ml/h und darunter war der tatsächliche Volumenstrom gegenüber dem Nennvolumenstrom deutlich erhöht. Diese Abweichung lässt sich in erster Linie vermutlich auf die Tatsache zurückführen, dass es im Rahmen aller in diesen Bereichen durchgeführten Versuche zu einem durch die Gasblasen bedingten Druckabfall kam. Die DDA registrierte den abfallenden Druck und zeigte die entsprechende Warnung „Leck Druckventil" an.

Im Rahmen der Wasserdosierung unterschreitet die Wiederholgenauigkeit der DDA die Vorgaben des Herstellers bei sämtlichen Nennvolumenströmen. Eine Ausnahme bildet der Nennvolumenstrom von 2,5 ml/h. Hier liegt die Wiederholgenauigkeit mit 1,36 Prozent leicht über den Vorgaben des Herstellers. Erklären lässt sich diese Abweichung durch die Tatsache, dass die Membran der Pumpe eine Sinusbewegung vollzieht. Dies bedingt, dass der dosierte Volumenstrom während der Kompressionsphase nicht linear gleichbleibend ist. Da das Hubvolumen der DDA 7,5-16 ca. 0,74 ml beträgt, macht also die Pumpe während einer Zeit von 60 Minuten rund 3,3 Hübe. Eine präzisere Dosierung ließe sich demnach erreichen, wenn die Versuchsdauer entsprechend der Dauer des Druckhubes angepasst werden würde. Dieser beträgt bei einem Nennvolumenstrom von 2,5 ml/h rund 18 Minuten. Die Versuchsdauer sollte demnach ein Vielfaches von 18 Minuten betragen. Weitere mögliche Gründe für Ungenauigkeiten in der Dosierung sind systematische Fehler. Hier sind Volumenveränderungen zu nennen, die durch die Temperaturveränderung des Dosiermediums während des Transportes in den Schläuchen bedingt werden. Mögliche Verluste können auftreten, wenn die verbauten Ventile nicht absolut dicht sind. Auch Messungenauigkeiten im Rahmen der Volumenbestimmung mittels Pyknometer lassen sich diskutieren, ebenso wie Messungenauigkeiten der verwendeten Waagen. Zudem könnten zufällige Fehler durch eine häufigere Wiederholung der Versuche minimiert werden.

Die Wiederholgenauigkeit der DDA im Rahmen der Dosierung von Chlorbleichlauge unterschreitet die Wiederholgenauigkeit von 1 Prozent bei Nennvolumenströmen von 2,5 ml/h, 1000 ml/h, 5000 ml/h und 7500 ml/h. Bei 10 ml/h, 50 ml/h und 100 ml/h liegt sie leicht über dem Sollwert vom 1 Prozent. Lediglich bei einer Dosierung von 5 ml/h ist sie mit knapp 6 Prozent deutlich erhöht. Auch im Rahmen dieser Versuche können als mögliche Fehlerquellen wiederum die oben genannten Fehler angeführt werden. Wobei hier die Volumenveränderungen während der Dosierung von Chlorbleichlauge größer ausfallen. Grund hierfür ist die Erwärmung der Chlorbleichlauge auf 35 °C (statt 20 °C beim Wasser) und die damit verbundene größere Temperaturdifferenz zwischen Medium und

Außentemperatur. Weitere Gründe für die geringere Genauigkeit liegen in der Tatsache begründet, dass sich die Gasblasenbildung, die sich in den Dosierschläuchen zeigt, ungleichmäßig ausgeprägt ist. Es kann also nicht abgesehen werden, ob am Ende eines Versuchsdurchlaufes tatsächlich Flüssigkeit oder Blasen „dosiert“ wurden. Bei höheren Volumenströmen minimiert sich dieser Fehler (Wiederholgenauigkeit kleiner 0,5 Prozent bei Nennvolumenströmen von größer 1000 ml/h).

Abschließend lässt sich sagen, dass die Versuchsbedingungen weiter verfeinert werden müssten, um aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten.

Nichtsdestotrotz lässt es sich anhand der gewonnenen Versuchsergebnisse sagen, dass die DDA 7,5-16 bei nicht ausgasenden Medien nahezu über die gesamte Range sehr präzise dosiert. Bei ausgasenden Medien wird ebenfalls eine hohe Präzision bei Nennvolumenströmen über 1000 ml/h erreicht.