

Qirion



Bericht Funktionstests W&S RS350S Regler

Qirion TFG
Spaklerweg 32B
1096BA Amsterdam

Tel: 0611923972
TFG@qirion.nl
www.qirion.nl

Colofon	Titel	Bericht Funktionstests RS350S Regler W&S
	Projekt Nummer	4000040017
	Projekt Name	TFG testen RS350S W&S 2022
	Version	1.2
	Datum	14 juni 2022
	Auftraggeber	Wigersma & Sikkema B.V.
	Projektleiter	Qirion EC: Stefan Brussel
	Autor(en)	Qirion EC: Stefan Brussel; René Warmerdam
	Verteilerliste	Wigersma & Sikkema B.V.

© 2022 Qirion B.V.

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form oder mit irgendwelchen Mitteln - elektronisch, mechanisch, durch Fotokopie, Aufzeichnung oder auf andere Weise - vervielfältigt, in einem Abrufsystem gespeichert oder übertragen werden.

Inhalt

1 Projektleitung	4
1.1 Grund	4
1.2 Zweck.....	4
1.3 Ansatz und Voraussetzungen für die Prüfung.....	4
2 Testaufbau	5
2.1 Konfiguration der Installation.....	5
2.2 TFG-Druckmessstellen	5
2.2.1 Druckmessstelle Eingangsseite (P_u)	5
2.2.2 Druckmessstelle Hilfsdruck (P_{up})	5
2.2.3 Druckmessstelle Steuerdruck (P_m)	5
2.2.4 Druckmessstelle Messort (P_d)	5
2.2.5 Druckmessstelle Netzdruck ($P_{d,net}$).....	6
2.3 TFG-Leistungsregelung (Regelventile 31 und 32)	6
2.4 Ejektorsystem für Unterdruck.....	6
3 Testergebnisse	7
3.1 Test 1: Bestimmung der Genauigkeit der Testregler	7
3.1.1 Regelgenauigkeit bei $P_u = 1$ bar und $P_d = 100$ mbar	8
3.1.2 Regelgenauigkeit bei $P_u = 7$ bar und $P_d = 100$ mbar	9
3.1.3 Regelgenauigkeit bei $P_u = 1$ bar und $P_d = 21$ mbar	10
3.1.4 Regelgenauigkeit bei $P_u = 7$ bar und $P_d = 21$ mbar	11
3.2 Test 2: Bestimmung des Reaktionsgeschwindigkeits des Reglers	12
3.2.1 Reaktionsgeschwindigkeit bei $P_u = 1$ bar und $P_d = 100$ mbar	12
3.2.2 Reaktionsgeschwindigkeit bei $P_u = 7$ bar und $P_d = 100$ mbar	14
3.2.3 Reaktionsgeschwindigkeit bei $P_u = 1$ bar und $P_d = 21$ mbar	16
3.2.4 Reaktionsgeschwindigkeit bei $P_u = 7$ bar und $P_d = 21$ mbar	18
3.3 Prüfung 3: Bestimmung der Eingangsdruckempfindlichkeit des Reglers.....	20
3.3.1 Eingangsdruckempfindlichkeit bei einem Ausgangsdruck (P_d) von 100 mbar	20
3.3.2 Eingangsdruckempfindlichkeit bei einem Ausgangsdruck (P_d) von 21 mbar	21
5. Schlussfolgerung	22
Anhang	23
Anhang A - P&ID-Testaufbau	23
Anhang B - Kalibrierungsdaten der verwendeten Sensoren.....	24
Anhang C - Technische Daten W&S RS350S Gasdruckregler.....	24
Anhang D - Prüfprogramm für den Druckregler V2022 (Fluvious).....	25

1 Projektleitung

1.1 Grund

Im Auftrag von Wigersma & Sikkema B.V. führte Qirion EC am 16. und 17. März 2022 in der Test Facility Gas (TFG) in Amsterdam eine Reihe von Funktionstests an einem Gasdruckregler RS350S DN50 PN16 mit einem 22,5 mm-Einsteckmodul durch. Der gelieferte Regler hat die Seriennummer 35000388 und wurde für Netzbetrieb (nicht für Kundenbetrieb) abgestimmt. Grundlage hierfür ist das vom Netzbetreiber Fluvius zur Verfügung gestellte Prüfprogramm Gasdruckregler V2022, das im Anhang beigefügt ist.

1.2 Zweck

Mit diesen Tests soll die Funktionsfähigkeit dieses Reglers bei Eingangsdrücken von 1 und 7 bar und Ausgangsdrücken von 100 und 21 mbar geprüft werden. Dabei werden die Regelgenauigkeit, die Ansprechzeit und die Eingangsdruckempfindlichkeit des RS350S ermittelt.

1.3 Ansatz und Voraussetzungen für die Prüfung

Um den gewünschten Eingangsdruck von 1, 2, 5 und 7 bar zu erreichen, wird der modifizierte Regler Fisher 298 verwendet, der Teil der Eingangsseite der Prüfleitung ist. Der Regler ist mit einem elektronischen Steuerdruckregler ausgestattet, mit dem der Sollwert und die Steigung (Geschwindigkeit, mit der dieser Sollwert angefahren wird) ferngesteuert eingegeben werden können.

Die Kapazitätserhöhung und -verringerng wird über ferngesteuerte Ventile gesteuert, die an der Auslassseite der Testleitung angebracht sind. Die Position und die Steigung können angegeben werden. Derzeit ist es möglich, etwa 4.000-5.000 m³(n)/h Erdgas über die TFG in das Amsterdamer Gasnetz einzuspeisen, bevor der Ausgangsdruck zu hoch wird. Dieser darf 120 mbar nicht überschreiten.

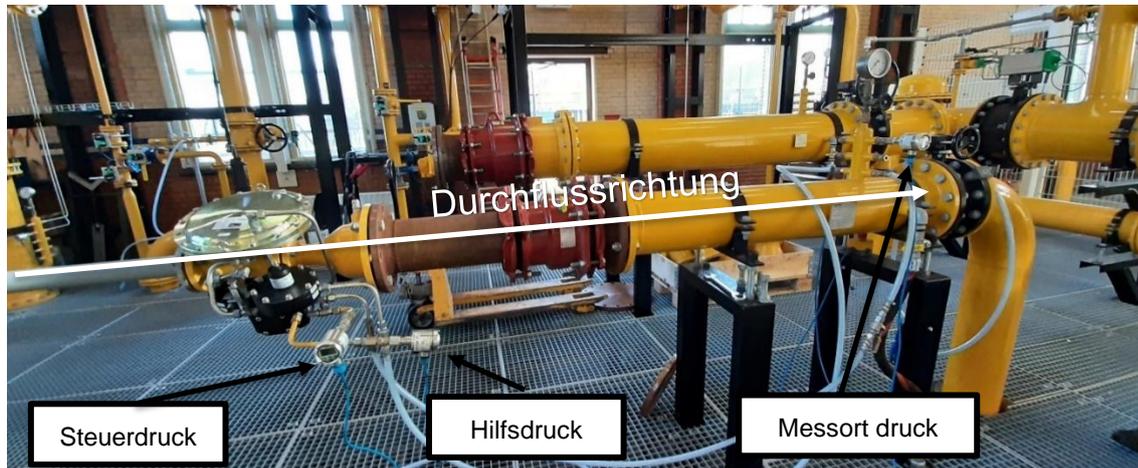
Für die Durchführung der 100 mbar-Tests ist es erforderlich, Vorrang vor dem Amsterdamer Gasnetz zu haben, das mit 100 mbar betrieben wird. Indem der Sollwert des Reglers ca. 10 mbar höher als der herrschende Netzdruck eingestellt wird, steht ausreichend Prüfkapazität zur Verfügung. Der verwendete Sollwert ist auf 109 mbar(o) eingestellt. Dieser Wert wird bei einem Eingangsdruck von 2,5 bar und einer Kapazität von 5% der maximalen Kapazität eingestellt.

Um den gewünschten Druck von 21 mbar zu erreichen, wird ein Ejektorsystem verwendet. Hier wird ein Gasstrom von 8 bar mit hoher Geschwindigkeit direkt in den Ausgangsstrom eingespritzt. Diese Einspritzung verursacht einen Druckabfall an der Rückseite des zu prüfenden Reglers. Diese Injektion geht jedoch auf Kosten der verfügbaren Prüfkapazität. In Abschnitt 2.4 wird die Funktionsweise des Auswerfers ausführlich beschrieben.

2 Testaufbau

2.1 Konfiguration der Installation

Für diese Prüfung wird sowohl die DN200-Prüfleitung als auch die kleine Messleitung ($Q_{\max} \sim 1700 \text{ m}_{(n)}^3 / \text{h}$) und die große Messleitung ($Q_{\max} \sim 8000 \text{ m}_{(n)}^3 / \text{h}$) verwendet. An der Vorderseite ist der Regler mit einem DN50-Rohr verbunden. Auf der Ausgangsseite wird der Regler auf DN150 und dann auf DN200 aufgeweitet, wobei der Messort $>5D$ vom letzten Störelement entfernt ist. Ein P&ID des gesamten Aufbaus ist im Anhang enthalten.



2.2 TFG-Druckmessstellen

Bei dieser Prüfung wird der Druck im Gasstrom an mehreren Stellen gemessen:

1. Auf der Eingangsseite der DN200-Prüfleitung (P_u)
2. Am Steuerdruckregler (P_{up} und P_m) (optional)
3. An der Messort, mindestens $5D$ gerade von der Ausgangsseite des Prüfgeräts, an der die Messleitung zum Piloten angeschlossen ist (P_d)
4. Auf der Ausgangsseite der TFG im Auftrag der Liander Gasnetzüberwachung ($P_{d,net}$)

2.2.1 Druckmessstelle Eingangsseite (P_u)

Für die Messung des Eingangsdrucks (P_u) wird ein ABB 216GS Drucksensor mit einem Einstellbereich von 0-10bar verwendet. Die Messwerte werden digital aus dem Sensor selbst ausgelesen.

2.2.2 Druckmessstelle Hilfsdruck (P_{up})

Für die Messung des Hilfsdrucks (P_{up}) wird ein ABB 216GS Drucksensor mit einem Einstellbereich von 0-400mbar verwendet. Die Messwerte werden digital aus dem Sensor selbst ausgelesen. Diese Messung wurde auf Wunsch von W&S für interne Zwecke durchgeführt und ist daher in diesem Bericht nicht enthalten.

2.2.3 Druckmessstelle Steuerdruck (P_m)

Zur Messung des Steuerdrucks (P_m) wird ein ABB 216GS Druckmessumformer mit einem Einstellbereich von 0-400mbar verwendet. Die Messwerte werden digital aus dem Sensor selbst ausgelesen. Diese Messung wurde auf Wunsch von W&S für interne Zwecke durchgeführt und ist daher in diesem Bericht nicht enthalten.

2.2.4 Druckmessstelle Messort (P_d)

Zur Messung des Messort (P_d) wird ein ABB 216GS Druckmessumformer mit einem Einstellbereich von 0-400mbar verwendet. Die Messwerte werden digital aus dem Sensor selbst ausgelesen.

2.2.5 Druckmessstelle Netzdruck (Pd,net)

Zur Messung des Netzdrucks wird ein ABB 216GS Druckmessumformer mit einem Einstellbereich von 0-400mbar verwendet. Die Messwerte werden digital aus dem Sensor selbst ausgelesen. Diese Messung dient der Liander-Gasnetzüberwachung und bestimmt die maximal zulässige Kapazität des TFG-Prüfsystems.

2.3 TFG-Leistungsregelung (Regelventile 31 und 32)

Zur Messung und Regelung des Kapazitätsbedarfs werden ein Bronkhorst High Tech INFLOW Massendurchflussmesser (08) und (09) in Kombination mit einem Schubert & Salzer Kugelsektor-Regelventil (31) und (32) verwendet. Die maximale Kapazität des kleinen Zählers beträgt $1.700\text{m}_{(n)}^3/\text{h}$ und die des großen Zählers $8.000\text{m}_{(n)}^3/\text{h}$.

2.4 Ejektorsystem für Unterdruck

Wie bereits erwähnt, hat das TFG eine direkte Verbindung zum 100 mbar Gasnetz von Amsterdam. Um jedoch auch mit niedrigeren Ausgangsdrücken arbeiten zu können, muss der Ausgangsdruck künstlich gesenkt werden. Dies geschieht über einen Ejektor, der sich kurz vor dem Anschlusspunkt an das Amsterdamer Gasnetz befindet. Von der Einlassseite wird ein Teil des Gases mit einem Druck von 8 bar durch einen Bypass zum Ejektor geleitet. Indem dieses Gas mit hoher Geschwindigkeit in die Auslassseite der Prüfstraße eingespritzt wird, entsteht ein Venturi-Effekt.

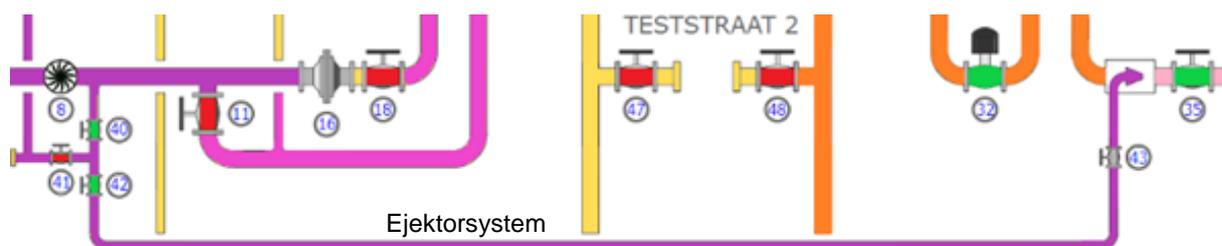


Abbildung 1 Detail des Ejektorsystems (violette Linie) mit Versorgung von der Einlassseite und Einspritzpunkt auf der Auslassseite

Über das Regelventil (42) kann mehr oder weniger Gas durch den Ejektor eingespritzt werden. Je höher die eingespritzte Gasmenge ist, desto geringer ist der zu erreichende Unterdruck. Der Einsatz des Ejektors ist jedoch nur begrenzt möglich. Eine dieser Einschränkungen besteht darin, dass die verfügbare Kapazität des Amsterdamer Gasnetzes durch das Gas aus dem Ejektor bereits teilweise ausgeschöpft ist, da zur Erzeugung des Unterdrucks eine relativ große Gasmenge erforderlich ist. Dadurch steigt der Netzdruck und es verbleibt weniger Kapazität, die durch das zu prüfende Objekt geleitet werden kann. Die Einspritzung von Gas in die Auslassseite verursacht ebenfalls einen unregelmäßigen Druckverlauf. Es ist nicht so stabil wie bei den regulären Tests mit 100 mbar. Dies ist auch in der nachstehenden Grafik und in den Messdaten zu erkennen.

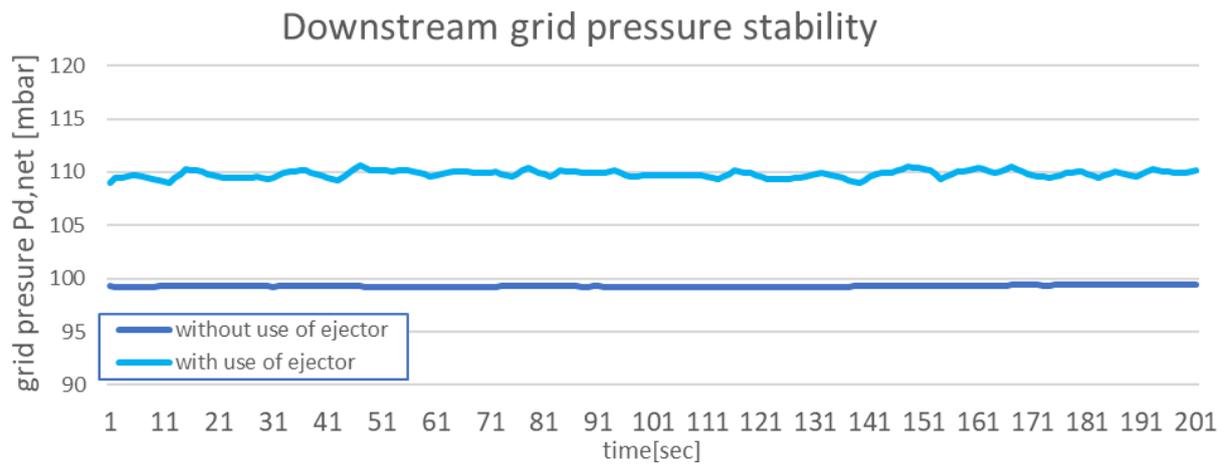


Abbildung 2 Unterschied in der Stabilität des Ausgangsdrucks zum Amsterdamer Gasnetz mit und ohne Verwendung des Ejektorsystems; mit Ejektor wird der Ausgangsdruck höher und unregelmäßiger

3 Testergebnisse

3.1 Test 1: Bestimmung der Genauigkeit der Testregler

Bei diesem Test wurde die Regelgenauigkeit des Reglers ermittelt. Der Gasbedarf aus dem Netz wird mit konstanter Geschwindigkeit von 0 auf Q_{max} mittels TFG-Leistungsregelventil (31) oder (32) erhöht. Dann wird der Gasbedarf mit konstanter Geschwindigkeit wieder von Q_{max} auf 0 mit dem gleichen Ventil reduziert. Während der Messung wird die Kapazität mit TFG-Referenzzählern (07) oder (09) erfasst, der Eingangsdruck mit Drucksensor (Pu), der Messortdruck mit Drucksensor (Pd) und der Nettodruck mit Drucksensor (Pd,net) protokolliert. Zusätzlich wurden auch der Hilfsdruck (Pup) und der Steuerdruck (Pm) aufgezeichnet.

Die Prüfung wurde bei einem Versorgungsdruck von 1 bar und 7 bar durchgeführt, der von einem TFG-Druckregler (16) geliefert und geregelt wird.

Zur Erinnerung: Um Vorrang vor dem regulären Amsterdamer Niederdruckgasnetz zu haben, das mit 100 mbar betrieben wird, wird der eingestellte Ausgangsdruck des zu prüfenden Reglers auf ca. 109 mbar statt der im Prüfprogramm genannten 100 mbar eingestellt.

3.1.1 Regelgenauigkeit bei $P_u = 1$ bar und $P_d = 100$ mbar

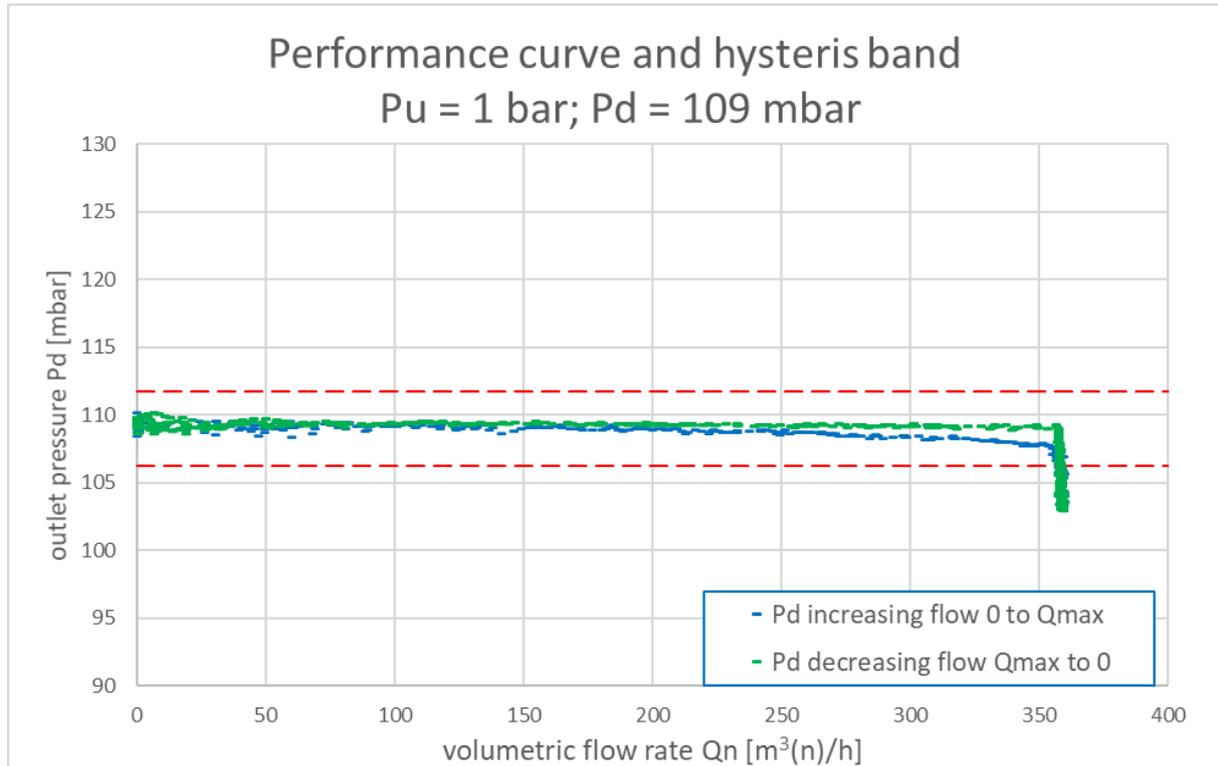


Abbildung 3 Regelgenauigkeit des Reglers bei einem Eingangsdruck von 1 bar und einem Ausgangsdruck von 109 mbar

Kapazität (Q_n) [m ³ (n)/h]	Ausgangsdruck (P_d) aufsteigend [mbar]	Ausgangsdruck (P_d) absteigend [mbar]
0	109,4	109,5
50	109,2	109,7
100	109,2	109,4
150	108,9	109,3
200	108,9	109,2
250	108,6	109,2
300	108,3	109,1
350	107,7	109,2

3.1.2 Regelgenauigkeit bei $P_u = 7 \text{ bar}$ und $P_d = 100 \text{ mbar}$

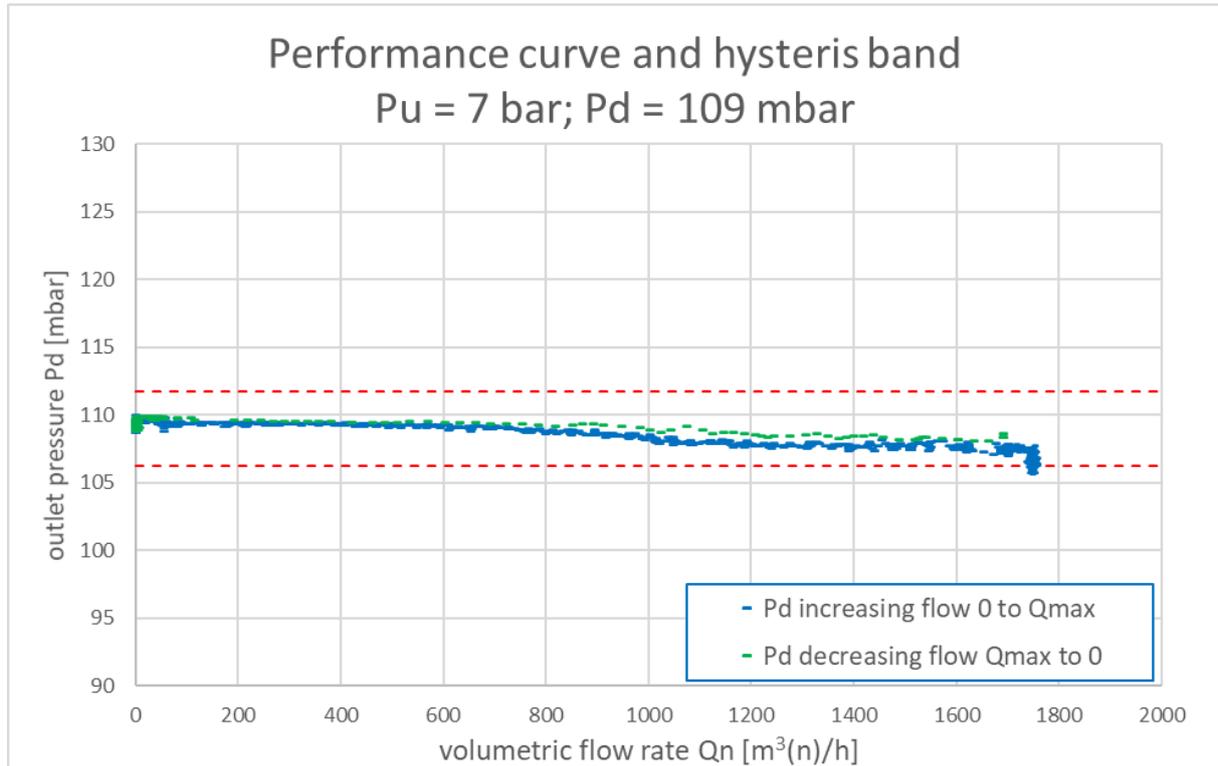


Abbildung 4 Regelgenauigkeit des Reglers bei einem Eingangsdruck von 7 bar und einem Ausgangsdruck von 109 mbar

Kapazität (Q_n) [m ³ (n)/h]	Ausgangsdruck (P_d) aufsteigend [mbar]	Ausgangsdruck (P_d) absteigend [mbar]
0	109,4	109,5
200	109,3	109,6
400	109,3	109,5
600	109,0	109,4
800	108,6	109,1
1000	108,4	108,9
1200	107,8	108,5
1400	107,6	108,4
1600	107,7	108,1

3.1.3 Regelgenauigkeit bei $P_u = 1$ bar und $P_d = 21$ mbar

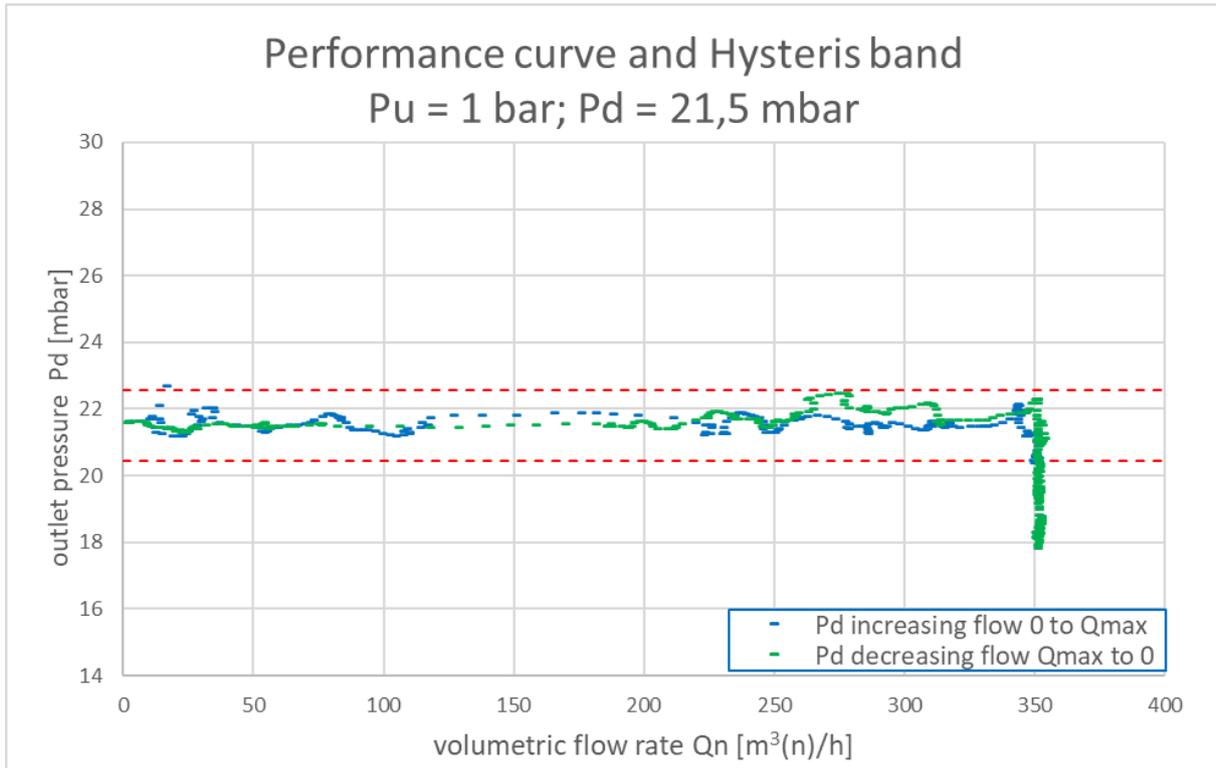


Abbildung 5 Regelgenauigkeit des Reglers bei einem Eingangsdruck von 1 bar und einem Ausgangsdruck von 21 mbar*.

Kapazität [m ³ (n)/h]	Ausgangsdruck aufsteigend [mbar(o)]	Ausgangsdruck absteigend [mbar(o)]
0	21,7	21,7
50	21,4	21,5
100	21,2	21,3
150	22,1	21,4
200	21,8	21,0
250	21,2	21,5
300	21,5	21,3
350	21,3	21,4

*) Der sprunghafte Verlauf der Grafik ist ausschließlich auf Schwankungen des nachgelagerten Netzes zurückzuführen. Diese Schwankungen entstehen durch die Einspritzung von 8 bar Gas, um den gewünschten Unterdruck von 21 mbar zu erreichen.

3.1.4 Regelgenauigkeit bei $P_u = 7$ bar und $P_d = 21$ mbar

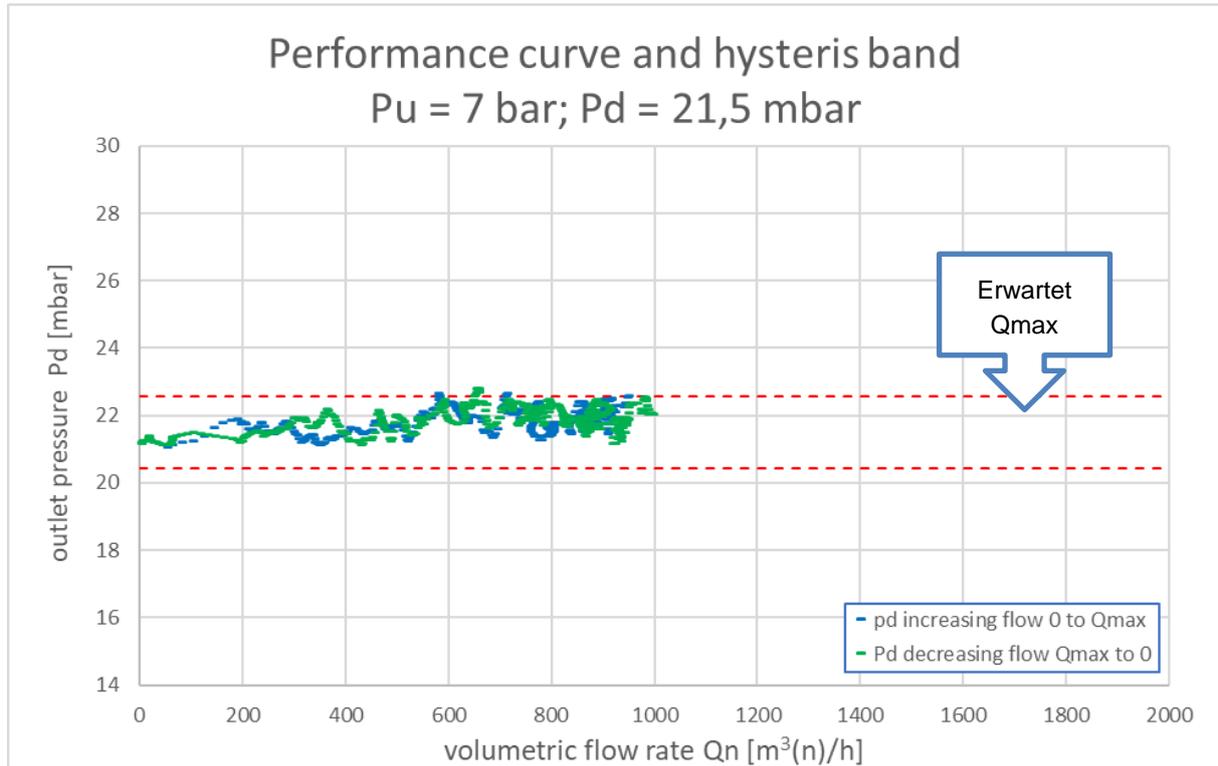


Abbildung 6 Regelgenauigkeit des Reglers bei einem Eingangsdruck von 7 bar und einem Ausgangsdruck von 21 mbar

Kapazität [m^3 (n)/h]	Ausgangsdruck aufsteigend [mbar]	Ausgangsdruck absteigend [mbar]
0	21,5	21,2
200	21,3	21,0
400	21,6	21,3
600	22,5	21,5
800	21,5	22,2
1000	22,4	22,2

Anmerkung zur letzten Prüfung (7 bar - 21 mbar):

Die erreichte Kapazität ist nicht die maximale Kapazität, die der Regler liefern könnte. Zum Zeitpunkt der Prüfung war nicht genügend Kapazität im Netz vorhanden, um den gesamten Regelbereich bei $P_u = 21$ mbar abzudecken. Dies ist auf die Gasmenge zurückzuführen, die benötigt wird, um den für diesen Test erforderlichen Unterdruck zu erreichen.

3.2 Test 2: Bestimmung des Reaktionsgeschwindigkeits des Reglers

Bei diesem Test wird die Reaktionsgeschwindigkeit des Testreglers und damit der auftretende Schließdruck beim normalen Schließen eines Ventils, das mit 10 Sekunden angegeben ist, und beim schnellen Schließen eines Ventils, das mit < 2 Sekunden angegeben ist, untersucht. Der Test wird sowohl bei 1 bar als auch bei 7 bar und bei 20 % der maximalen Kapazität des Reglers bei diesem Drücken durchgeführt. Pro Eingangs-/Ausgangsdruck wird die Prüfung dreimal durchgeführt.

Hinweis: Für das normale Schließen wird die minimale Schließzeit der Regelventile verwendet, die bei den kleinen Ventilen etwa 10 Sekunden und bei den großen Ventilen etwa 16 Sekunden beträgt. Zum schnellen Schließen wird ein DN400-Sicherheitsventil verwendet, das Teil der Testleitung ist. Hier erfolgt der Abschluss in weniger als 1 Sekunde. Das Volumen zwischen dem Steuergerät und diesem Sicherheitsventil beträgt etwa 0,7 m³(n).

Die wichtigsten Ausgangsdrücke, die während der Tests auftraten, nämlich der maximale Druck nach dem Schließen und der minimale Druck nach dem Öffnen des Ventils, sind ebenfalls in Tabellenform dargestellt.

3.2.1 Reaktionsgeschwindigkeit bei $P_u = 1$ bar und $P_d = 100$ mbar

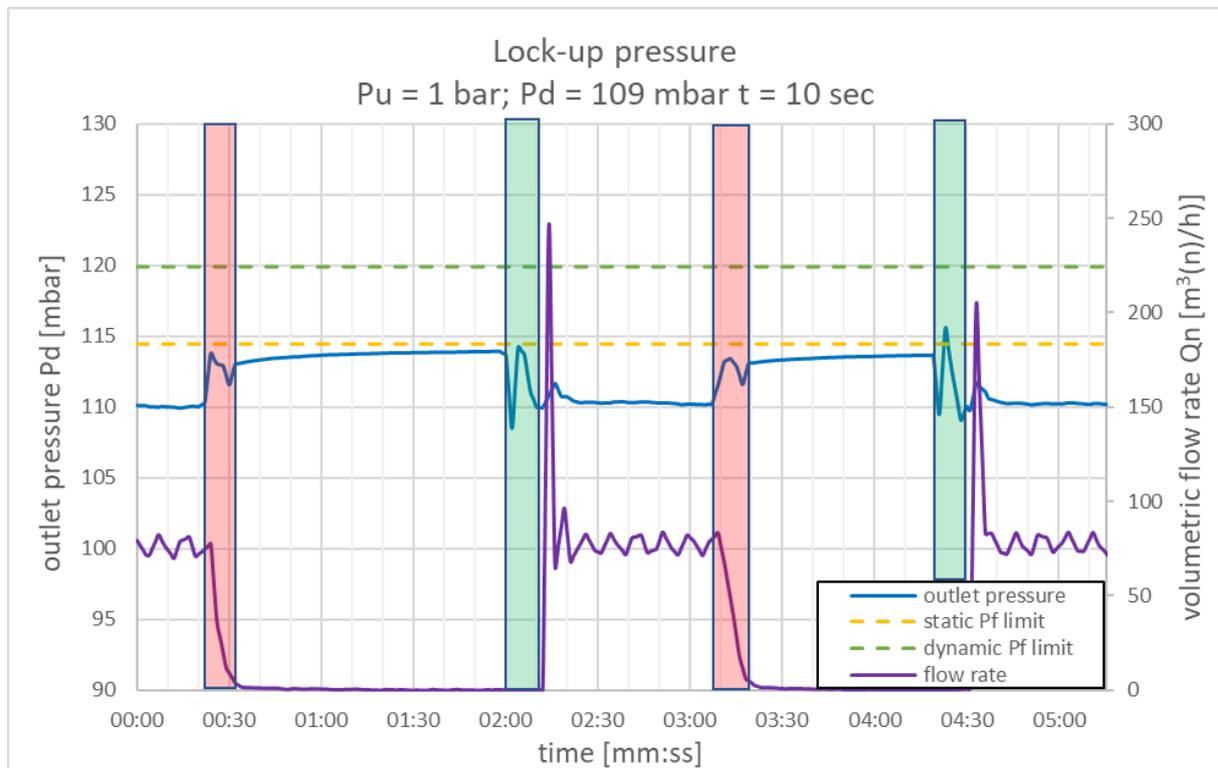


Abbildung 7 Reaktionsgeschwindigkeit bei normalem Schließen (10 sec) $P_u=1$ bar; $P_d = 109$ mbar

Messung	P_d zum Schließen [mbar]	$P_{d,max}$ nach Schließung [mbar]	$P_{d,min}$ nach dem Öffnen [mbar]
1	110,0	113,9	108,5
2	110,1	113,6	109,0

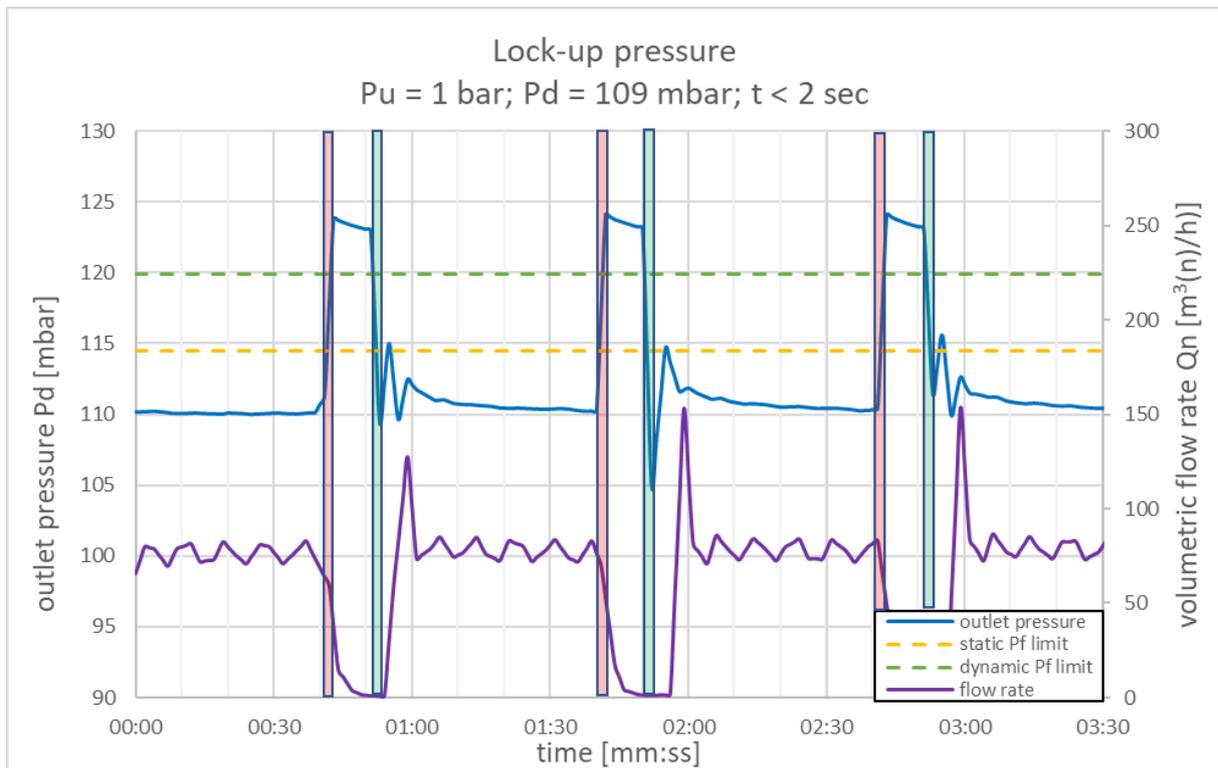


Abbildung 8 Reaktionsgeschwindigkeit bei schnellem Schließen ($< 2 \text{ sec}$) $P_u = 1 \text{ bar}$; $P_d = 109 \text{ mbar}$

Messung	P_d zum Schließen [mbar]	$P_{d,max}$ nach Schließung [mbar]	$P_{d,min}$ nach dem Öffnen [mbar]
1	110,0	123,8	109,4
2	110,1	124,0	104,8
3	110,3	124,0	109,9

3.2.2 Reaktionsgeschwindigkeit bei $P_u = 7$ bar und $P_d = 100$ mbar

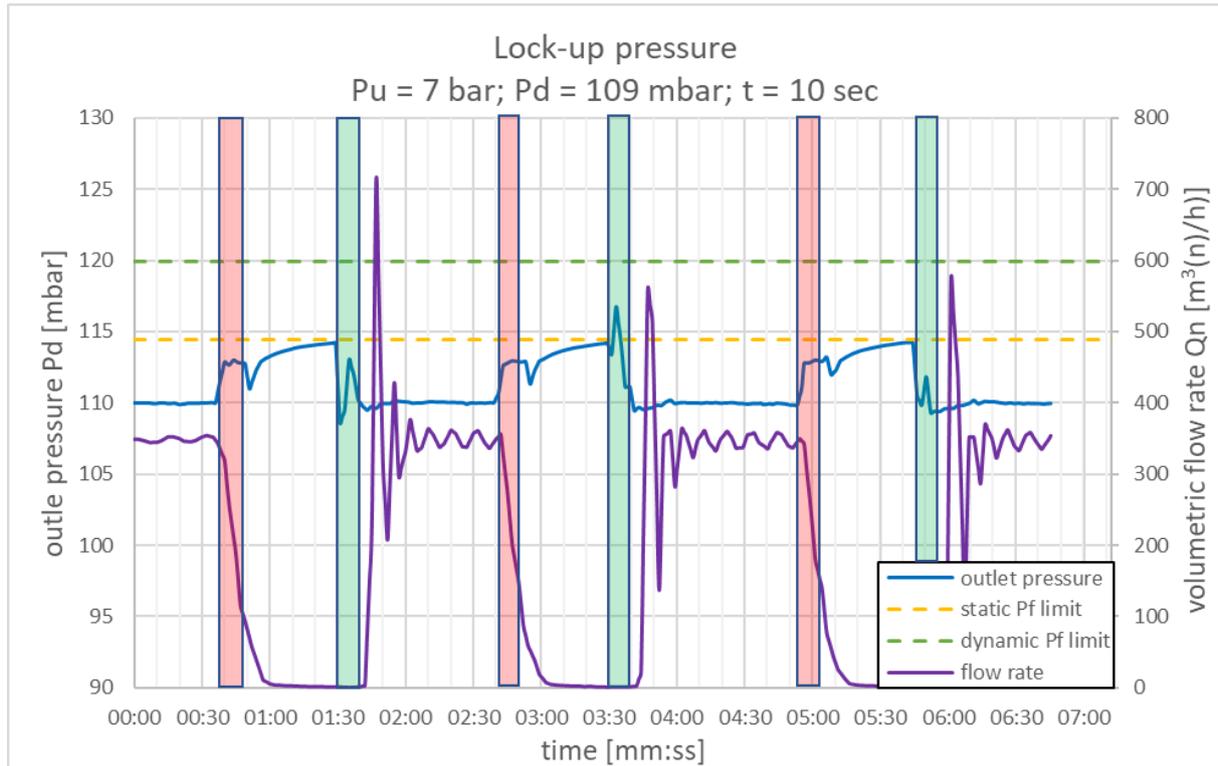


Abbildung 9 Reaktionsgeschwindigkeit bei normalem Schließen (10 sec) $P_u=7$ bar; $P_d = 110$ mbar

Messung	P_d zum Schließen [mbar]	$P_{d,max}$ nach Schließung [mbar]	$P_{d,min}$ nach dem Öffnen [mbar]
1	110,0	114,0	108,6
2	110,0	114,0	109,5
3	109,8	114,0	109,4

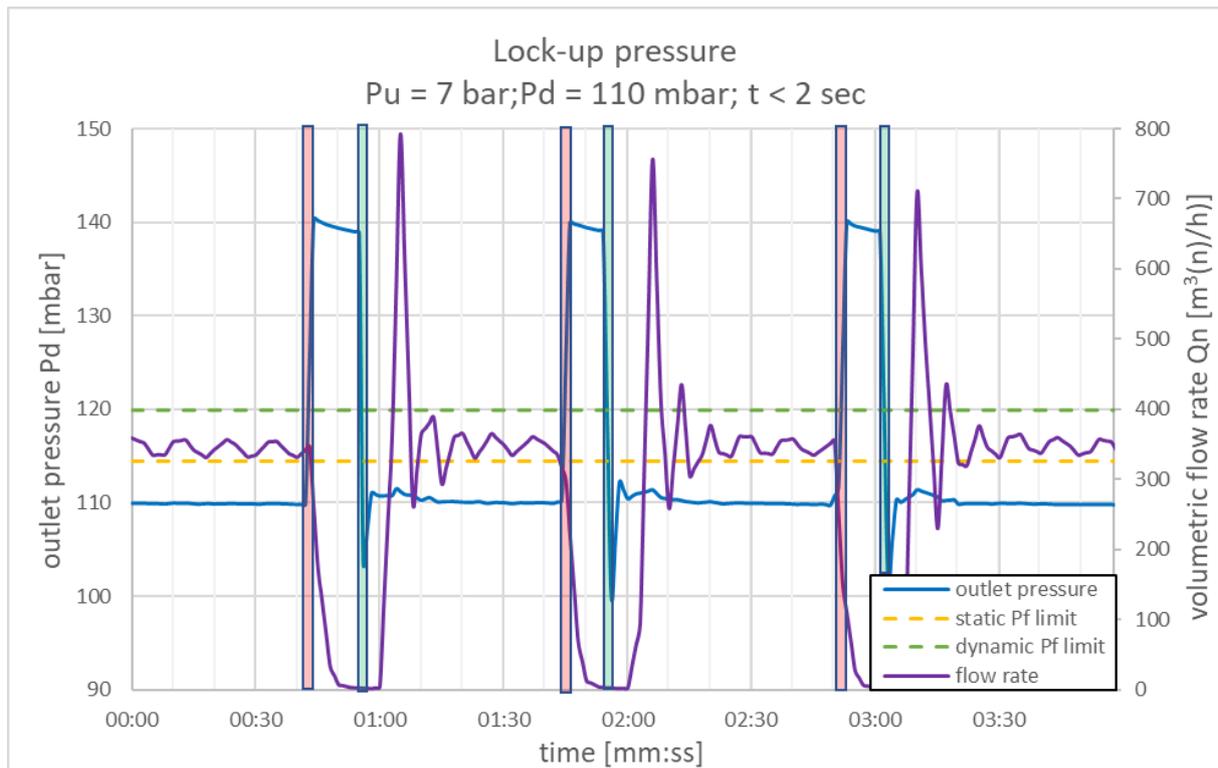


Abbildung 10 Reaktionsgeschwindigkeit bei schnellem Schließen (<2 sec) $P_u = 7 \text{ bar}; P_d = 110 \text{ mbar}$

Messung	P_d zum Schließen [mbar]	$P_{d,max}$ nach Schließung [mbar]	$P_{d,min}$ nach dem Öffnen [mbar]
1	109,8	140,2	103,6
2	109,9	139,8	100,0
3	109,9	139,8	101,7

3.2.3 Reaktionsgeschwindigkeit bei $P_u = 1$ bar und $P_d = 21$ mbar

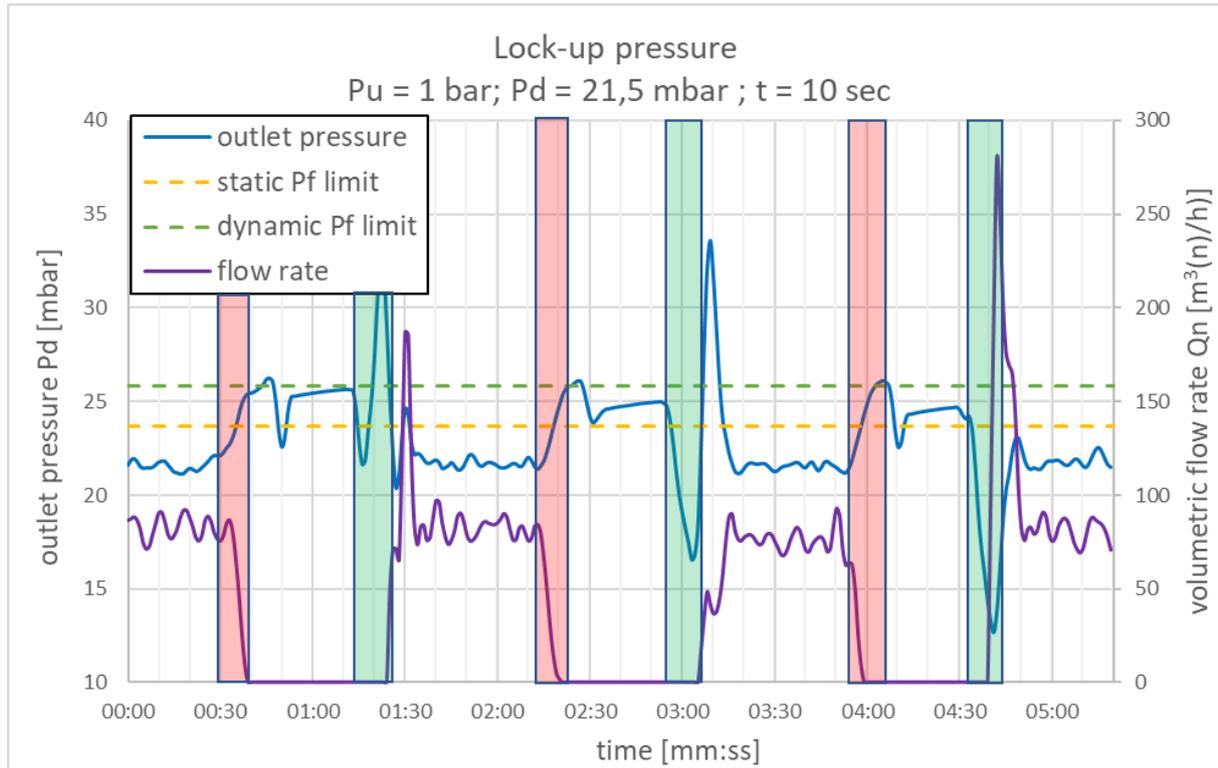


Abbildung 11 Reaktionsgeschwindigkeit bei normalem Schließen (10 sec) $P_u=1$ bar; $P_d = 21$ mbar

Messung	P_d zum Schließen [mbar]	$P_{d,max}$ nach Schließung [mbar]	$P_{d,min}$ nach dem Öffnen [mbar]
1	21,9	26,5	20,2
2	21,4	26,2	15,6
3	21,2	25,8	13,2

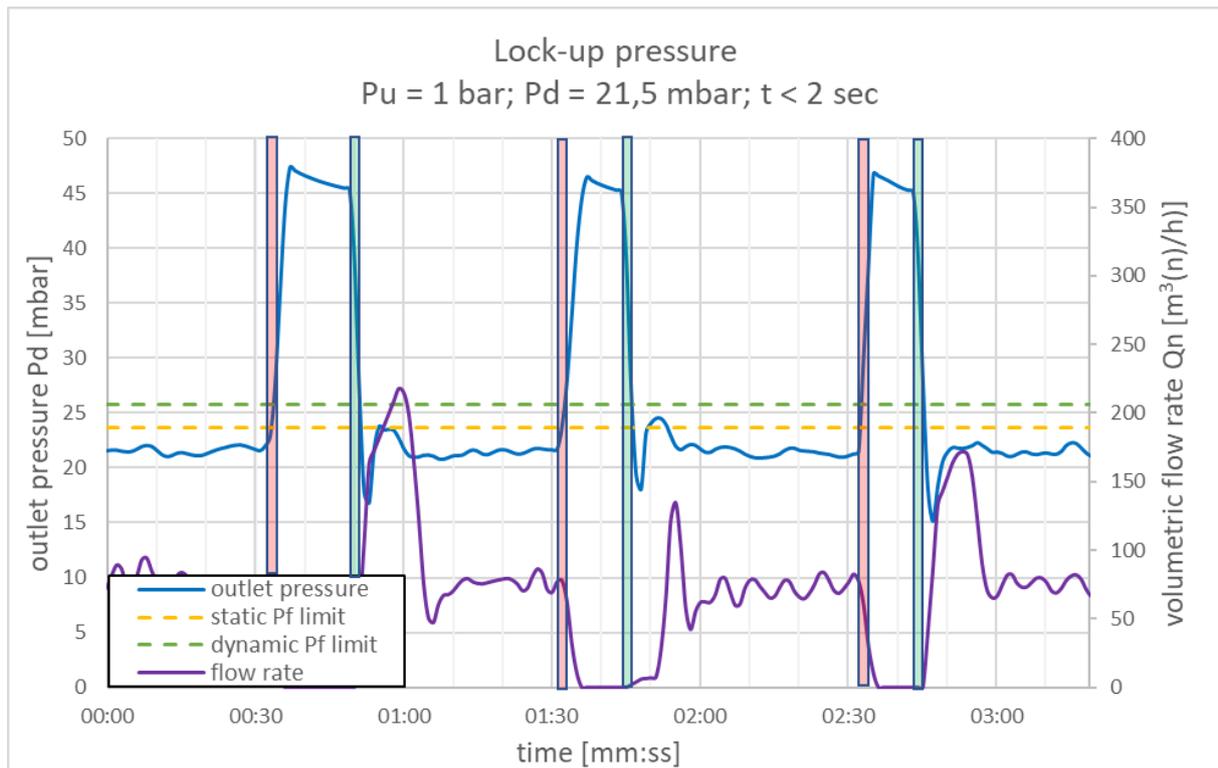


Abbildung 12 Reaktionsgeschwindigkeit bei schnellem Schließen (<2 sec) $P_u = 1 \text{ bar}$; $P_d = 21 \text{ mbar}$

Messung	P_d zum Schließen [mbar]	$P_{d,max}$ nach Schließung [mbar]	$P_{d,min}$ nach dem Öffnen [mbar]
1	21,5	47,3	9,1
2	21,7	46,7	9,1
3	21,6	47,0	11,0

3.2.4 Reaktionsgeschwindigkeit bei $P_u = 7$ bar und $P_d = 21$ mbar

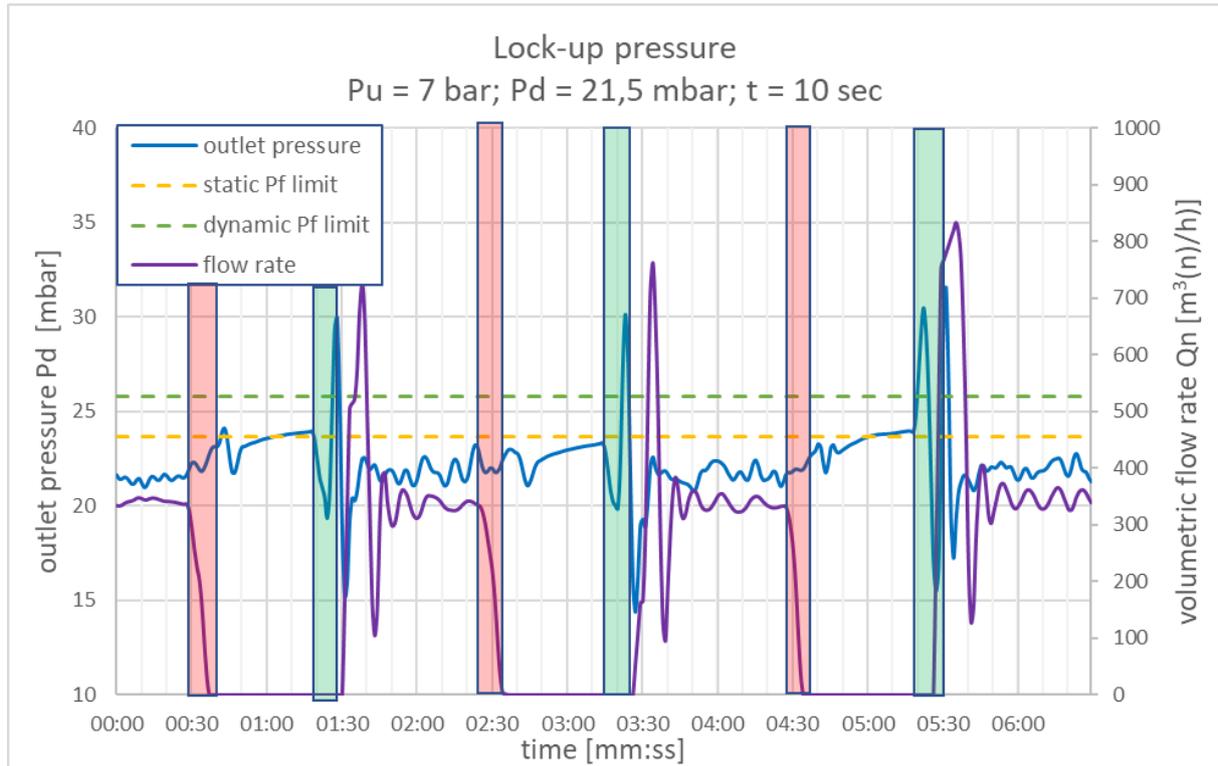


Abbildung 13 Reaktionsgeschwindigkeit bei normalem Schließen (10 sec) $P_u=7$ bar; $P_d = 21$ mbar

Messung	P_d zum Schließen [mbar]	$P_{d,max}$ nach Schließung [mbar]	$P_{d,min}$ nach dem Öffnen [mbar]
1	21,3	24,9	10,8
2	22,0	23,4	11,0
3	21,9	23,7	12,8

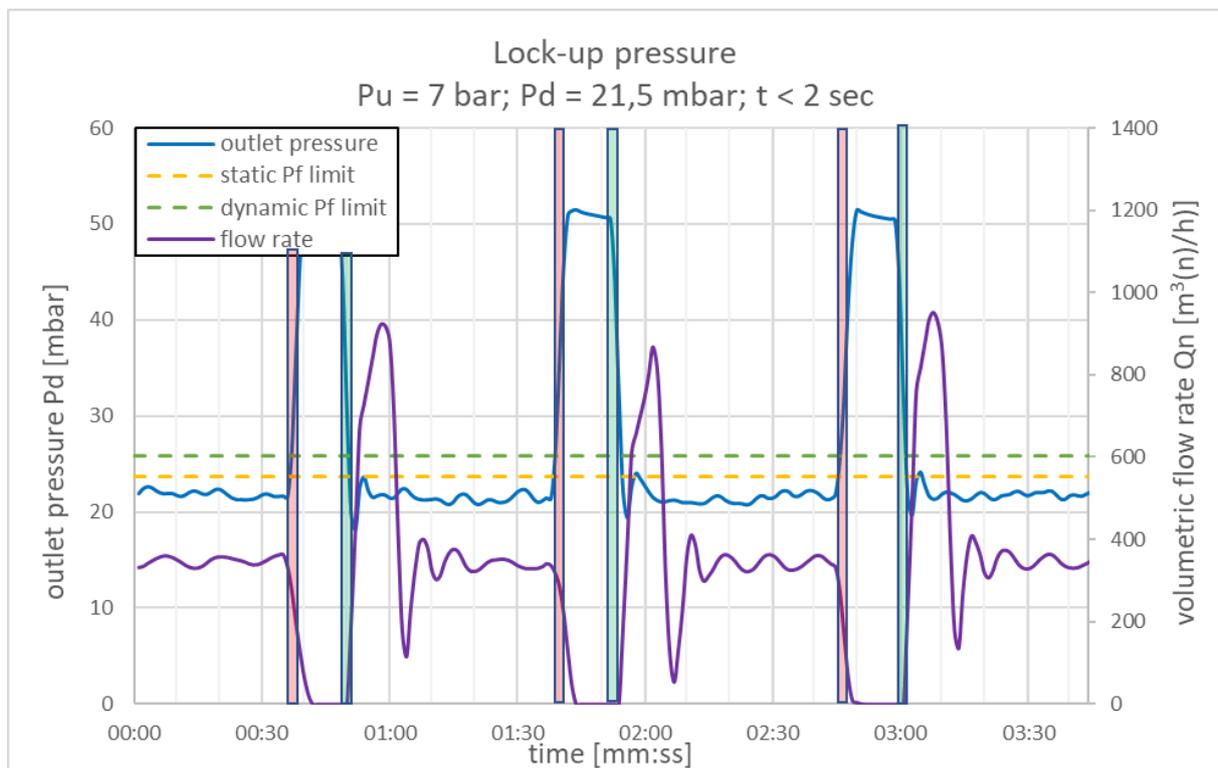


Abbildung 14 Reaktionsgeschwindigkeit bei schnellem Schließen (<2 sec) $P_u = 7 \text{ bar}; P_d = 21 \text{ mbar}$

Messung	P_d zum Schließen [mbar]	$P_{d,max}$ nach Schließung [mbar]	$P_{d,min}$ nach dem Öffnen [mbar]
1	21,9	51,6	10,6
2	21,9	51,4	14,4
3	21,6	51,5	13,6

3.3 Prüfung 3: Bestimmung der Eingangsdruckempfindlichkeit des Reglers

Bei diesem Test wurde die Empfindlichkeit des Reglers bei wechselndem Versorgungsdruck ermittelt. Der Regler wurde auf 50% Q_{\max} eingestellt, bei einem maximalen Vordruck von 7 bar, und dann wurde der Eingangsdruck langsam auf 0 bar reduziert.

3.3.1 Eingangsdruckempfindlichkeit bei einem Ausgangsdruck (P_d) von 100 mbar

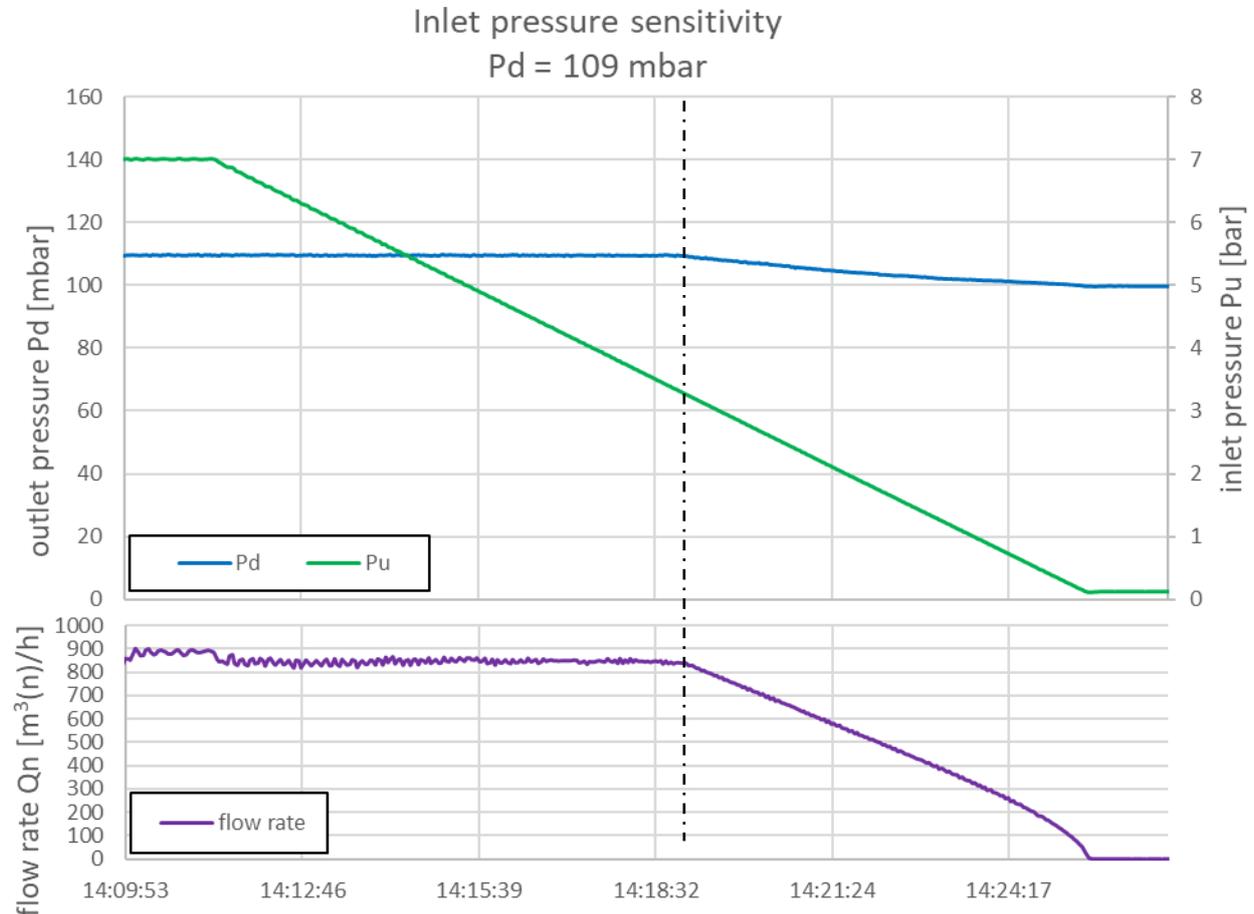


Abbildung 15 Eingangsdruckempfindlichkeit des Ausgangsdrucks bei abnehmendem Eingangsdruck (gestrichelte Linie ist vollständig geöffnetes Ventil) $P_d=109,6 \text{ bar}$

Eingangsdruck P_u [bar]	Ausgangsdruck P_d [mbar]	Kapazität Q_n [$\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$]
7,0	109,6	890
6,5	109,6	842
6,0	109,6	827
5,5	109,5	840
5,0	109,5	861
4,5	109,5	845
4,0	109,5	845
3,5	109,4	847
3,0	108,0	778
2,5	106,2	668
2,0	104,3	559
1,5	102,9	444
1,0	101,7	327
0,5	100,8	190
0,123	99,7	0

3.3.2 Eingangsdrukempfindlichkeit bei einem Ausgangsdruck (Pd) von 21 mbar

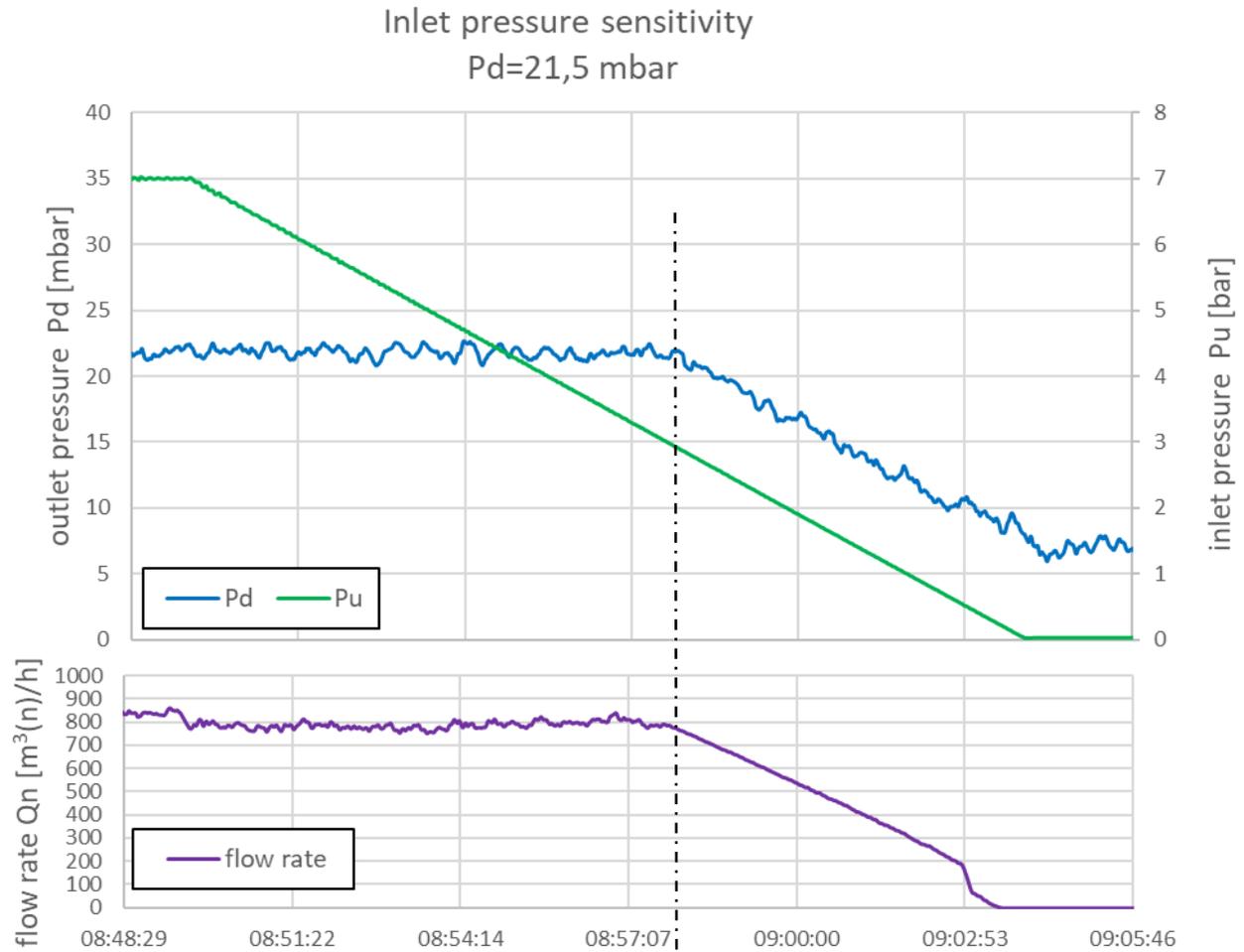


Abbildung 16 Eingangsdrukempfindlichkeit des Ausgangsdrucks bei abnehmendem Eingangsdruk (gestrichelte Linie ist vollständig geöffnetes Ventil) Pd=21 bar

Eingangsdruk Pu [bar]	Ausgangsdruck Pd [mbar]	Kapazität Qn [m³ (n)/h]
7,0	21,5	881
6,5	21,8	761
6,0	21,7	795
5,5	21,8	803
5,0	22,1	725
4,5	21,9	780
4,0	21,8	839
3,5	21,6	844
3,0	20,9	787
2,5	19,8	675
2,0	16,7	554
1,5	15,7	445
1,0	13,1	320
0,5	10,2	133
0,037	5,0	0

Hinweis: Die Erzeugung des erforderlichen Unterdrucks durch unseren Ejektor ist leider mit Schwankungen des Unterdrucks verbunden. Dies führt zu einem unregelmäßigeren Verlauf sowohl des Ausstoßdrucks als auch der Kapazität.

5. Schlussfolgerung

Aus den festgestellten Messergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Regelgenauigkeit:

Aus den Prüfungen der Regelgenauigkeit sowohl bei einem Eingangsdruck von 1 bar und 7 bar als auch bei einem Ausgangsdruck von 21 und 100 (110) mbar liegen die gemessenen Ausgangsdrücke über den gesamten Regelbereich¹⁾ innerhalb der angegebenen Genauigkeitsklasse von 2,5 % für Ausgangsdrücke >50 mbar und 5 % für Ausgangsdrücke < 50 mbar.

- 1) *Bei dem Versuch mit 7 bar Eingangsdruck und 21 mbar Ausgangsdruck konnte wegen Kapazitätsmangels leider nicht der gesamte Bereich gemessen werden, aber aus dem gemessenen Verlauf lässt sich mit hinreichender Sicherheit vorhersagen, dass auch die Genauigkeitsklasse über den gesamten Bereich innerhalb der Grenzen bleiben wird.*

Reaktionsgeschwindigkeit:

Die Tests zur Reaktionsgeschwindigkeit zeigten, dass bei normalem Schließen (ca. 10 Sekunden) der Ausgangsdruck in den Tests mit 110 mbar innerhalb der eingestellten Schließdruckklasse von 5% liegt. Bei den Versuchen mit einem Ausgangsdruck von 21 mbar wurde bei dem Versuch mit 1 bar Eingangsdruck eine geringe Überschreitung der Schließklasse von 10 % festgestellt. Die Volatilität des Ausgangsdruckes durch unseren Auswerfer zur Entstörung ist höchstwahrscheinlich die Ursache dafür. Bei einem Eingangsdruck von 7 bar lag der Schließdruck innerhalb der 10%-Grenze.

Die für das schnelle Schließen gefundenen Werte waren höher als der oben genannte Wert. Unter Berücksichtigung der tatsächlichen Schließgeschwindigkeit von <1s und der begrenzten Kapazität des Auslassnetzes (ca. 0,7 m³) sind diese Werte nicht unangemessen.

Ansaugdruck-Empfindlichkeit:

Das festgestellte Gradient zwischen einem Eingangsdruck von 7 bar (Startwert) und der vollen Ventilöffnung (ca. 3,5 bar) beträgt 0,2 % bei den 110 mbar-Tests und 0,4 % bei den 21 mbar-Tests. Dies liegt innerhalb der angegebenen Steigungsklasse von 0,5% bzw. 1,0%.

Anhang

Anhang A - P&ID-Testaufbau

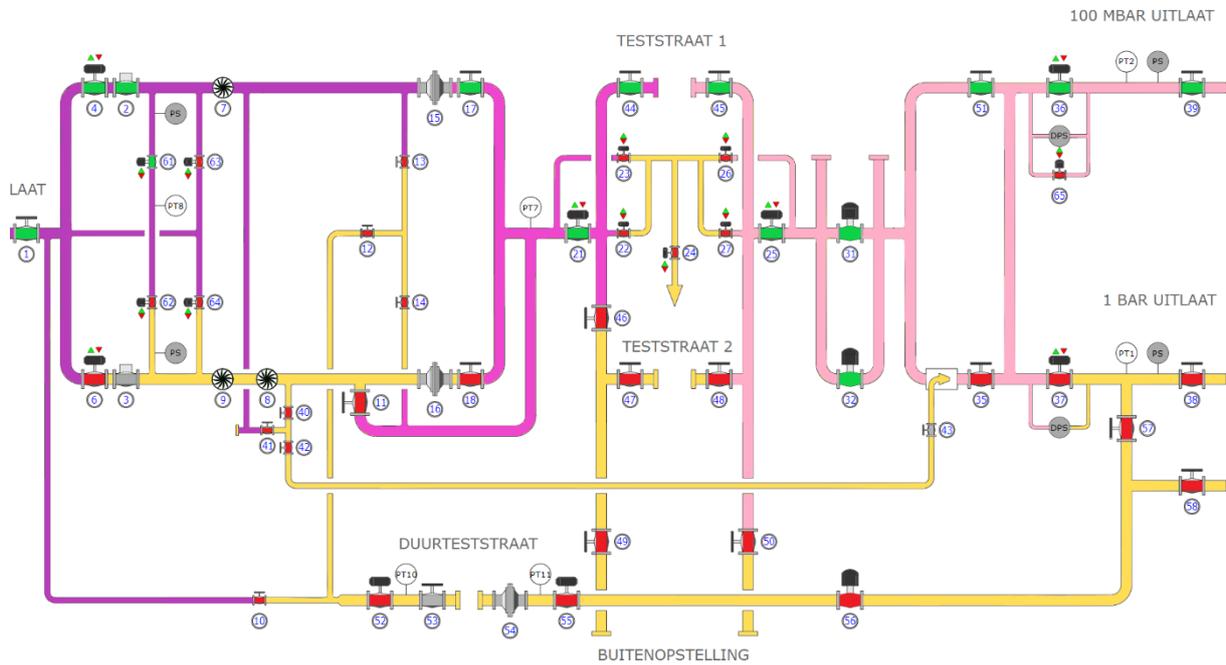


Abbildung 17 Flussdiagramm für 100 mbar-Tests

Lila: 8 bar; lila: 1-7 bar; rosa: 100 mbar; gelb: drucklos

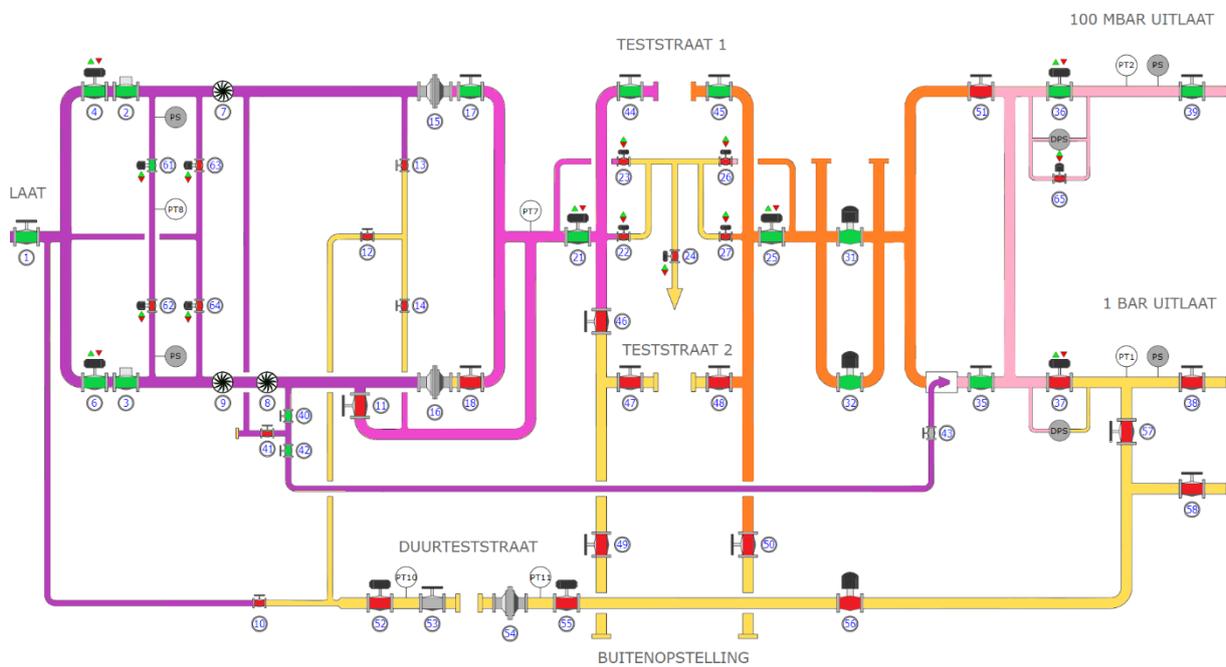


Abbildung 18 Flussdiagramm für 21 mbar Ejektor tests

Lila: 8 bar; lila: 1-7 bar; rosa: 100 mbar; orange: 21 mbar; gelb: drucklos

Anhang B - Kalibrierungsdaten der verwendeten Sensoren

Sensor	Typ	Bereich	Genauigkeit	Seriennummer	Messwert	Kalibrierung Datum
PT08	ABB 261AS	0-10 Bara	0,1%	6505006661	1 pro Sekunde	5-11-2020
PT07	ABB 261GS	0-10.000 mbarg	0,1%	6600101218	1 pro Sekunde	5-11-2020
TFG1LD	ABB 261GS	0-400 mbarg	0,1%	6600101220	1 pro Sekunde	21-11-2020
TFG1MD	ABB 261GS	0-2500 mbarg	0,1%	6600101223	1 pro Sekunde	22-11-2020
TFG2LD	ABB 261GS	0-400 mbarg	0,1%	6600118489	1 pro Sekunde	21-11-2020
TFG2MD	ABB 261GS	0-2500 mbarg	0,1%	6600118490	1 pro Sekunde	22-11-2020
TFG3LD	ABB 261GS	0-400 mbarg	0,1%	6600101219	1 pro Sekunde	21-11-2020
TFG4LD	ABB 261GS	0-400 mbarg	0,1%	6600101221	1 pro Sekunde	21-11-2020
TFG5HD	ABB 261GS	0-10 bar	0,1%	6600094485	1 pro Sekunde	21-11-2020
TFG6HD	ABB 261GS	0-10.000 mbarg	0,1%	6600101216	1 pro Sekunde	21-11-2020
PT02	ABB 261GS	0-400 mbarg	0,1%	6600101221	1 pro Sekunde	5-11-2020
FT07	Bronkhorst INFLOW	0-1300 Nm ³ /h	1,0% FS	M16200011B	1 pro Sekunde	16-3-2020
FT09	Bronkhorst INFLOW	0-8000 Nm ³ /h	1,0% FS	160181215203D1	1 pro Sekunde	26-4-2020

Spezifikation Regelventil und Sicherheitsventil:

Nein.	Ventil	Marke und Typ	Durchmesser	Feierabend
25	Sicherheitsventil	Wouter Witzel Absperrklappe, Typ EVFL	DN400	<1 Sekunde
31	Regelventil	Schubert & Salzer Kugel-Sektor	DN150	±10 Sekunden
32	Regelventil	Schubert & Salzer Kugel-Sektor	DN250	±16 Sekunden

Anhang C - Technische Daten W&S RS350S Gasdruckregler

Standardwerten	Pd ≥ 50 mbar	Pd < 50 mbar	
Genauigkeitsklasse AC (EN 334)	2,5	5	%
Schließdruckklasse SG (EN 334)	5	10	%
Hysterese	< 0,4	< 1	%
Schließdruckbereich Klasse SZ	< 1	< 1	%
Abgasdruckänderung bei Eingangsdruckänderung			
von 16 zu 1,5 bar bei Q _{max}	+ 0,5	+ 1	%
Startzeit ab Nullverbrauch:			
DN50	< 0,2	< 0,2	s
Öffnungszeit von 0-100 % Ventilhub:			
DN50	< 2	< 2	s
Schließzeit von 100-0 % Ventilhub:			
DN50	< 1	< 1	s
Überschwingen bei Ventilhub von 100-0 % innerhalb der Verriegelungszeit			
	< 10	< 20	%
Unterschreitung bei Ventilhub von 0-100 % innerhalb der Öffnungszeit			
	< 10	< 20	%
Gasgeschwindigkeit in der Ausgangsseite			
	< 150	< 150	m/s
AG Überdruck Sicherheitsabsperrventil			
	2,5	10	%
AG Unterdruck Sicherheitsabsperrventil			
	10	20	%

Testprogramma drukregelaar

Algemeen

Bedoeling van dit testprogramma is om een beeld te hebben van de performantie van de drukregelaar, onder verschillende omstandigheden.

Voor de drukregelaar zijn er 4 testprocedures:

- **Test 1: Regelnauwkeurigheid regelaar:** De regelnauwkeurigheid van de regelaar wordt getest bij de verschillende inlaatdrukken.
- **Test 2: Reactiesnelheid van de regelaar:** De reactiesnelheid van het snel sluiten en het snel openen van de regelaar wordt getest.
- **Test 3: Inlaatdrukgevoeligheid van de regelaar:** De voordrukgevoeligheid van de regelaar wordt getest.

Test 1: Regelnauwkeurigheid

Doel: De regelnauwkeurigheid van de drukregelaar testen bij verschillende inlaatdrukken.

Beschrijving:

Het instelpunt van de regelaar wordt ingesteld op 3 à 5% van het maximum debiet van de installatie en bij een inlaatdruk van 2,5 bar. Het maximum debiet van de installatie wordt in overleg bepaald of meegegeven.

De uitlaatdruk wordt ingesteld op 100 mbar, nadien worden de testen herhaald voor Puit 21mbar.

Bij een inlaatdruk van respectievelijk 7 en 1 bar wordt de evolutie van de uitlaatdruk nagegaan bij:

- een verhoging van het debiet tot $Q_{\max \text{ regelaar}}$
- en de verdere evolutie bij een afname van het debiet tot 0 nagegaan.

De bekomen hysteresis wordt weergegeven in een grafiek.

Test	Uitlaatdruk Puit	Inlaatdruk	Instelpunt	Gevraagd
1	100mbar	7bar	3 à 5% van het maximum debiet – bij een inlaatdruk van 2,5bar.	Evolutie uitlaatdruk bij verhoging van debiet naar $Q_{\max \text{ regelaar}}$ + evolutie uitlaatdruk bij afname debiet van $Q_{\max \text{ regelaar}}$ tot 0.
2		1bar		
3	21mbar	7bar		
4		1 bar		

Weergave resultaten: Alle gegevens worden zowel in tabelvorm als op grafiek weergegeven.

Test 2: Reactiesnelheid

Doel: De reactiesnelheid van de regelaar testen. Zowel het snel sluiten als het snel openen worden getest.

Beschrijving:

Het instelpunt van de regelaar wordt ingesteld op 3 à 5% van het maximum debiet van de installatie en bij een inlaatdruk van 2,5 bar.

De inlaatdruk wordt ingesteld op 7 bar.

De uitlaatdruk wordt ingesteld op 100 mbar.

Wanneer het debiet 20% van het maximale debiet bedraagt, wordt de sluitdruk van de regelaar getest bij het sluiten van de uitlaatafsluiter in 10s. Na 10 seconden wordt de uitlaatafsluiter opnieuw in 10s geopend en wordt de uitlaatdruk van de regelaar nagegaan.

Nadien wordt de test opnieuw uitgevoerd bij een snelle sluiting en opening (<2s).

Vervolgens wordt de inlaatdruk geregeld op 1 bar en wordt de test herhaald.

De volledige test wordt herhaald bij een uitlaatdruk van 21mbar.

Test	Instelpunt	Inlaatdruk	Uitlaatdruk	Test
5	3 à 5% van het maximum debiet – bij een inlaatdruk van 2,5bar.	7bar	100mbar	<ul style="list-style-type: none"> • Debiet ↗ tot ±20% van Qmax • Sluiten uitlaatafsluiter in 10s • 10s wachten • Openen uitlaatafsluiter in 10s • Controle uitlaatdruk regelaar • Sluiten uitlaatafsluiter in <2s • 10s wachten • Openen uitlaatafsluiter in <2s • Controle uitlaatdruk regelaar
6			21mbar	Zie hierboven
7		1bar	100mbar	
8			21mbar	

Weergave resultaten: Alle gegevens worden zowel in tabelvorm als op grafiek weergegeven.

Test 3: Inlaatdrukgevoeligheid

Doel: de voordrukgevoeligheid van de drukregelaar testen.

Beschrijving:

Het instelpunt van de regelaar wordt ingesteld op 3 à 5% van het maximum debiet van de installatie en bij een inlaatdruk van 2,5 bar.

Het debiet wordt geregeld op 50% van het maximale debiet van de installatie.

De uitlaatdruk wordt ingesteld op 100 mbar.

De inlaatdruk wordt ingesteld op 7 bar.

De evolutie van de uitlaatdruk wordt nagegaan bij het langzaam laten dalen van de inlaatdruk tot 0 bar.

De volledige test wordt herhaald bij een uitlaatdruk van 21mbar.

Test	Instelpunt	Inlaatdruk	Uitlaatdruk	Test
9	3 à 5% van het maximum debiet – bij een inlaatdruk van 2,5bar.	7bar	100mbar	<ul style="list-style-type: none"> • Debiet ↗ tot ±50% van Qmax • Inlaatdruk ↘ 7bar naar 0bar • Evolutie Puit wordt gelogd.
10		7bar	21mbar	

Weergave resultaten: Alle gegevens worden zowel in tabelvorm als op grafiek weergegeven.