

Pioneering for You

wilo

Informationen für Lehrer und Ausbilder

Wilo-Brain Box

Versuchsbeschreibungen



BiBB

Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung

Fachthemen	Bauteile und Verbindungen	Versuche	
Pumpe und Regelung (P)	<ul style="list-style-type: none"> → Ungeregelte Pumpe → Hocheffizienzpumpe → Rohrverbindungen → Elektrische Anschlüsse → Elektrisches Leistungsmessgerät → Volumenstrom-Messumformer → Differenzdruck-Messgerät → Getriebekugelhahn → Kugelhähne → u. a. m. 	P1	Rohrnetzkenlinie
		P2	Pumpenkennlinien der unregelmten Heizungsumwälpumpe
		P3	Pumpenkennlinien der Hocheffizienzpumpe bei Rege-lungsart Δp konstant
		P4	Pumpenkennlinien der Hocheffizienzpumpe bei Rege-lungsart Δp variabel
		P5	Elektrische Leistungsaufnahme der unregelmten Heizungsumwälpumpe
		P6	Elektrische Leistungsaufnahme einer Hocheffizienz-pumpe bei der Regelungsart Δp konstant
		P7	Elektrische Leistungsaufnahme einer Hocheffizienz-pumpe bei der Regelungsart Δp variabel
Hydraulik (H)	<ul style="list-style-type: none"> → Thermostatventile → Volumenstrombegrenzung → Überstromventil → Differenzdruckregler → Differenzdruck-Messgerät → Strangreguliertventil → Ungeregelte Pumpe → Hocheffizienzpumpe → Kugelhähne/Bypass → Rücklaufverschraubungen → Differenzdruckregler → u. a. m. 	H1	Hydraulisches und elektrisches Verhalten einer unge-regelmten Heizungsumwälpumpe beim Einbau eines Bypasses mit Überströmventil
		H2	Hydraulisches und elektrisches Verhalten einer Hoch-effizienzpumpe beim Einbau eines Bypasses mit Über-strömventil bei der Regelungsart Δp konstant
		H3	Hydraulisches und elektrisches Verhalten einer Hoch-effizienzpumpe beim Einbau eines Bypasses mit Über-strömventil bei der Regelungsart Δp variabel
		H4	Hydraulisches Verhalten einer Wärmeverteilungsanlage mit nicht abgeglichenen Wärmeverbrauchern
		H5	Hydraulischer Abgleich der Heizkörper mit Thermostat-ventilen
		H6	Hydraulischer Abgleich des Stranges mit Differenz-druckregler
		H7	Hydraulisches Verhalten des Heizkreises bei Verwen-dung von Volumenstrombegrenzer
		H8	Hydraulisches Verhalten des Heizkreises bei Verwen-dung von Strangreguliertventilen
Druckhaltung (D)	<ul style="list-style-type: none"> → Membranausdehnungsgefäß → Sicherheitsventil → Überströmventil → Anlagenmanometer → Kugelhähne → Getriebekugelhahn → Ungeregelte Pumpe → Hocheffizienzpumpe → Thermostatventile → Rücklaufverschraubung → u. a. m. 	D1	Druckverluste in einer Rohrleitung
		D2	Druckabfall in der Wärmeverteilungsanlage bzw. fehler-hafter Vordruck
		D3	Füllen von Heizungsanlagen
		D4	MAG falsch eingestellt bzw. defekt
Entlüftung (E)	<ul style="list-style-type: none"> → Lufttopf waagrecht → Lufttopf senkrecht → Schnellentlüfter → Sicherheitsventile → Membranausdehnungsgefäß (MAG) → u. a. m. 	E1	Entlüften von Heizungsanlagen
		E2	Vergleich der Entlüftungseinrichtungen
		E3	Wirksamkeit der Entlüftungseinrichtungen
		E4	Montageort für Lufttopf
Kontrolle/Wartung/Service (K)	<ul style="list-style-type: none"> → Handpumpe → Kappenventil → Manometer → Schmutzfänger → Membranausdehnungsgefäß → Kugelhähne → Getriebekugelhahn → Thermostatventile → Rücklaufverschraubungen → u. a. m. 	K1	Inbetriebnahme der Heizungsanlage
		K2	Wartungsaufgaben (z. B. Schmutzfänger verstopft/Ent-lüfter falsch positioniert usw.)

Versuch P1

Rohrnetzkenlinie

Ziel des Experiments

Aufnahme der Rohrnetzkenlinie bei einem bestimmten Betriebszustand in der Wärmeverteilungsanlage.

Versuchsaufbau

- Den Kugelhahn im Strang 1 öffnen
- Die Kugelhähne der Stränge 2 bis 5 schließen
- Die Kugelhähne im Vor- und Rücklauf von Strang 6 schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregelmäßige Heizungsumwälzpumpe öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgerätes oberhalb und den blauen Schlauch des Differenzdruck-Messgerätes unterhalb der unregelmäßige Heizungsumwälzpumpe anschließen
- Die unregelmäßige Heizungsumwälzpumpe auf die höchste Leistungsstufe (Stufe I) einstellen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Versuchsdurchführung

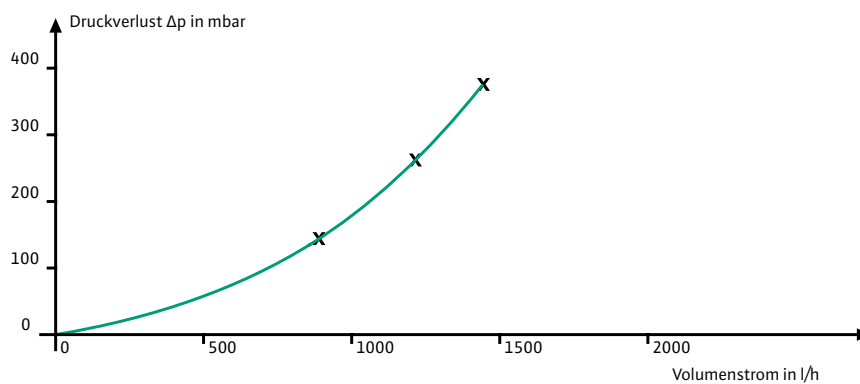
- Die Pumpe anschalten
- Den Gesamtvolumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen
- Den Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust Δp am Differenzdruck-Messgerät ablesen
- Den Messwert in die Tabelle übertragen
- Die Pumpe ausschalten
- Die unregelmäßige Heizungsumwälzpumpe auf mittlere Leistungsstufe (Stufe II) stellen
- Die Pumpe anschalten
- Den Gesamtvolumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen
- Den Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust Δp am Differenzdruck-Messgerät ablesen
- Den Messwert in die Tabelle übertragen
- Die Pumpe ausschalten
- Die unregelmäßige Heizungsumwälzpumpe auf niedrigste Leistungsstufe (Stufe III) stellen
- Die Pumpe anschalten
- Den Gesamtvolumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen
- Den Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust Δp am Differenzdruck-Messgerät ablesen
- Den Messwert in die Tabelle übertragen
- Die Pumpe ausschalten
- Anschließend die Messwerte in das vorgefertigte Diagramm übertragen. Sie erhalten die Rohrnetzkenlinie.

Messwerte

Wertetabelle Rohrnetzkenlinie

Schaltungsstufe	Stufe I	Stufe II	Stufe III
Volumenstrom in l/h	1475	1200	900
Druckverlust Δp in mbar	380	270	140

Rohrnetzkenlinie



Bedeutung für die Heizungstechnik

Mit Hilfe der Rohrnetzparabel ist eine Kontrolle und Anpassung der Heizleistungen im System möglich.

Versuch P2

Pumpenkennlinien der unregelmäßig betriebenen Heizungsumwälzpumpe

Ziel des Experiments

Aufnahme der Pumpenkennlinien der unregelmäßig betriebenen Heizungsumwälzpumpe. Herleitung des Betriebspunktes durch Interpretation der Schnittstellen zwischen Pumpenkennlinien und Rohrnetzkenlinie.

Versuchsaufbau

- Die Kugelhähne der Stränge 1 bis 5 öffnen
- Die Kugelhähne im Vor- und Rücklauf von Strang 6 schließen
- Den Kugelhahn der Hocheffizienzpumpe schließen
- Den Kugelhahn der unregelmäßig betriebenen Heizungsumwälzpumpe öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgeräts oberhalb und den blauen Schlauch unterhalb der unregelmäßig betriebenen Heizungsumwälzpumpe anschließen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 voll aufdrehen
- Die unregelmäßig betriebene Heizungsumwälzpumpe auf höchste Leistungsstufe (Stufe I) stellen.

Versuchsdurchführung

- Die unregelmäßig betriebene Heizungsumwälzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn soweit schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1500 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1200 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 900 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 600 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 300 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen

- Den Getriebekugelhahn ganz schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 0 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Die unregelmäßige Heizungsumwälzpumpe ausschalten
- Den Vorgang für die mittlere (Stufe II) und niedrigste (Stufe III) Leistungsstufe der unregelmäßigen Heizungsumwälzpumpe wiederholen
- Die ermittelten Werte für alle drei Leistungsstufen in ein Diagramm übertragen
- Die Rohrnetzcharakteristik aus Experiment P1 in das Diagramm übertragen und im Vergleich mit den Pumpencharakteristiken interpretieren.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

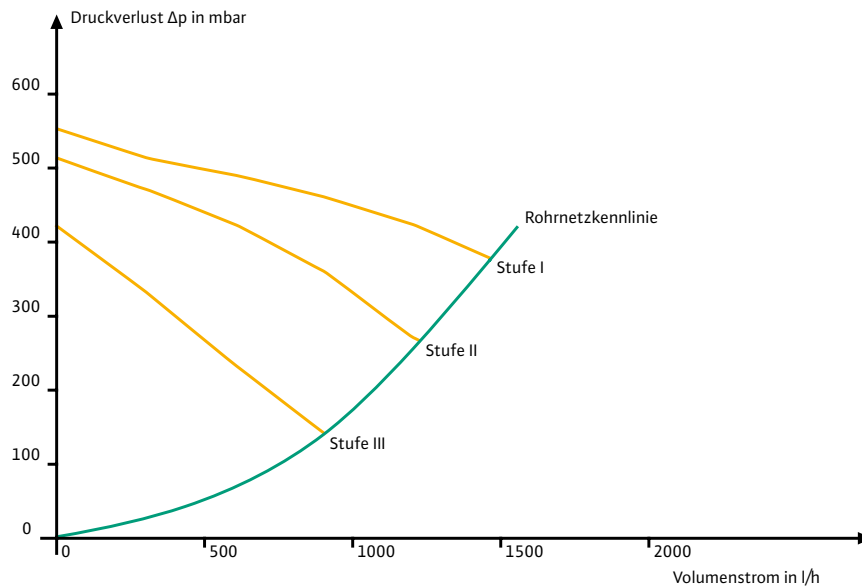
Messwerte

Höchste Leistungsstufe (Stufe I)		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1700	340
schließen auf	1500	370
schließen auf	1200	420
schließen auf	900	460
schließen auf	600	490
schließen auf	300	510
schließen auf	0	550

Mittlere Leistungsstufe (Stufe II)		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1400	230
schließen auf	1200	270
schließen auf	900	360
schließen auf	600	420
schließen auf	300	470
schließen auf	0	510

Niedrigste Leistungsstufe (Stufe III)		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	970	120
schließen auf	600	230
schließen auf	300	330
schließen auf	0	420

Pumpenkennlinie



Pumpenkennlinien der unregulierten Heizungsumwälzpumpe und Rohrnetzkenlinie bei geöffneten Absperrarmaturen

Bedeutung für die Heizungstechnik

Mittels Drehzahländerung können verschiedene Leistungen (Durchfluss bzw. Wärmestrom) in dem selben Rohrnetz erreicht werden.

Versuch P3

Pumpenkennlinien der Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp konstant

Ziel des Experiments

Aufnahme der Pumpenkennlinien der Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp konstant. Herleitung des Betriebspunktes durch Interpretation der Schnittstellen zwischen Pumpenkennlinien und Rohrnetzkenlinie bei geöffneten Absperrarmaturen.

Versuchsaufbau

- Die Kugelhähne der Stränge 1 bis 5 öffnen
- Die Kugelhähne im Vor- und Rücklauf von Strang 6 schließen
- Den Kugelhahn der unregelmäßig geordneten Heizungsumwälzpumpe schließen
- Den Kugelhahn der Hocheffizienzpumpe öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgeräts oberhalb und den blauen Schlauch unterhalb der Hocheffizienzpumpe anschließen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 voll aufdrehen
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Regelungsart Δp konstant einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe auf eine Förderhöhe von 6 m einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten.

Versuchsdurchführung

- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 soweit schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1500 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1200 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 900 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 600 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 300 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen

- Den Getriebekugelhahn ganz schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 0 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten
- Den Vorgang für die Förderhöhen von 5 m, 4 m, 3 m, 2 m und 1 m wiederholen
- Sämtliche Werte aus den Tabellen in das Diagramm übertragen und die Pumpenkennlinie für jede Förderhöhe zeichnen
- Die Rohrnetzkenlinie aus Experiment P1 in das Diagramm übertragen und die Schnittpunkte mit den Pumpenkennlinien interpretieren
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Regelungsart Δp konstant einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe auf eine Förderhöhe von 6 m einstellen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Messwerte

Förderhöhe H = 6 Meter, Δp konstant		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1750	350
schließen auf	1500	380
schließen auf	1200	440
schließen auf	900	500
schließen auf	600	560
schließen auf	300	590
schließen auf	0	900

Förderhöhe H = 5 Meter, Δp konstant		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1750	350
schließen auf	1500	390
schließen auf	1200	440
schließen auf	900	500
schließen auf	600	510
schließen auf	300	510
schließen auf	0	500

Förderhöhe H = 4 Meter, Δp konstant

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1600	350
schließen auf	1500	370
schließen auf	1200	410
schließen auf	900	420
schließen auf	600	420
schließen auf	300	415
schließen auf	0	410

Förderhöhe H = 3 Meter, Δp konstant

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1400	300
schließen auf	1200	300
schließen auf	900	310
schließen auf	600	310
schließen auf	300	305
schließen auf	0	300

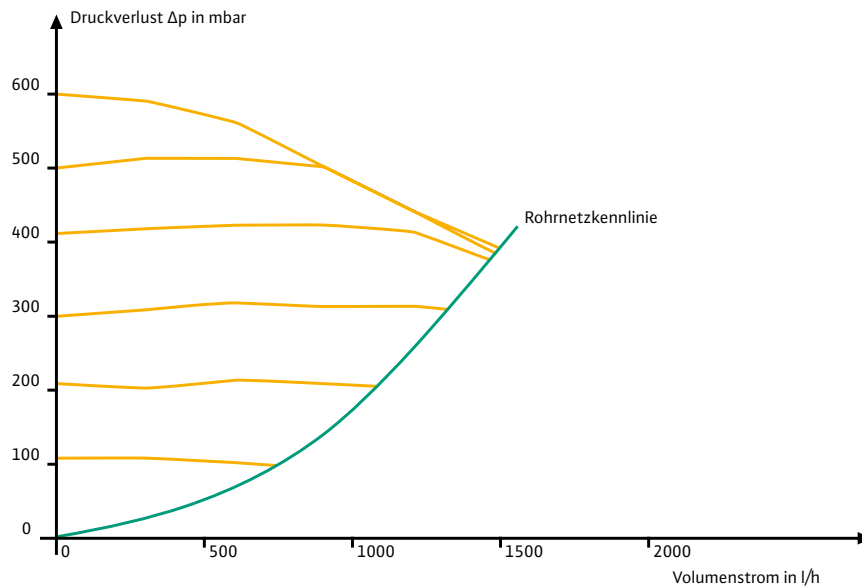
Förderhöhe H = 2 Meter, Δp konstant

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1290	195
schließen auf	1200	200
schließen auf	900	205
schließen auf	600	210
schließen auf	300	200
schließen auf	0	205

Förderhöhe H = 1 Meter, Δp konstant

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	930	95
schließen auf	900	95
schließen auf	600	100
schließen auf	300	105
schließen auf	0	105

Pumpenkennlinie



Pumpenkennlinien der Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp konstant und Rohrnetzkenlinie bei geöffneten Absperrarmaturen

Bedeutung für die Heizungstechnik

Es ergibt sich ein Pumpenkennlinienfeld (Begrenzung durch grüne Linien und der senkrechten Differenzdruckachse). Eine konkrete Regelung kann nur innerhalb der maximalen Pumpenleistung (obere Kurve) erfolgen. Die Elektronik hält den von der Pumpe erzeugten Differenzdruck über den zulässigen Förderstrombereich konstant auf dem eingestellten Differenzdruck-Sollwert HS bis zur Maximal-Kennlinie.

Versuch P4

Pumpenkennlinien der Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp variabel

Ziel des Experiments

Aufnahme von Pumpenkennlinien einer Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp variabel. Herleitung des Betriebspunktes durch Interpretation der Schnittstellen zwischen Pumpenkennlinien und Rohrnetzkenlinie bei geöffneten Absperrarmaturen.

Versuchsaufbau

- Die Kugelhähne der Stränge 1 bis 5 öffnen
- Die Kugelhähne im Vor- und Rücklauf von Strang 6 schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregelmäßig umwälzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgeräts oberhalb und den blauen Schlauch unterhalb der Hocheffizienzpumpe anschließen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 voll aufdrehen
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Regelungsart $\Delta p =$ variabel einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe auf eine Förderhöhe von 6 m einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten.

Versuchsdurchführung

- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 soweit schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1500 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1200 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 900 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 600 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 300 l/h beträgt
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Den Getriebekugelhahn ganz schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 0 l/h beträgt

- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten
- Den Vorgang für die Förderhöhen von 5 m, 4 m, 3 m, 2 m und 1 m wiederholen
- Sämtliche Werte aus den Tabellen in das Diagramm übertragen und die Pumpenkennlinie für jede Förderhöhe zeichnen
- Die Rohrnetzkenlinie aus Experiment P1 in das Diagramm übertragen und mit den Pumpenkennlinien vergleichen
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Regelungsart $\Delta p = \text{variabel}$ einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe auf eine Förderhöhe von 6 m einstellen

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Messwerte

Förderhöhe H = 6 Meter, Δp variabel		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1750	360
schließen auf	1500	390
schließen auf	1200	440
schließen auf	900	500
schließen auf	600	560
schließen auf	300	500
schließen auf	0	310

Förderhöhe H = 5 Meter, Δp variabel		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1750	360
schließen auf	1500	390
schließen auf	1200	450
schließen auf	900	500
schließen auf	600	440
schließen auf	300	340
schließen auf	0	270

Förderhöhe H = 4 Meter, Δp variabel		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1750	350
schließen auf	1500	390
schließen auf	1200	385
schließen auf	900	350
schließen auf	600	310
schließen auf	300	240
schließen auf	0	210

Förderhöhe H = 3 Meter, Δp variabel

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1750	300
schließen auf	1500	290
schließen auf	1200	265
schließen auf	900	230
schließen auf	600	210
schließen auf	300	170
schließen auf	0	160

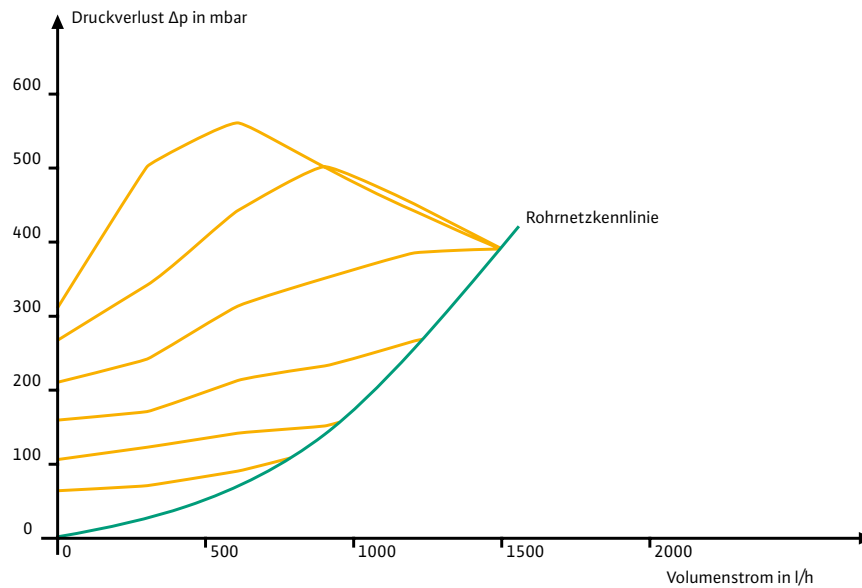
Förderhöhe H = 2 Meter, Δp variabel

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	1320	200
schließen auf	1200	190
schließen auf	900	150
schließen auf	600	140
schließen auf	300	120
schließen auf	0	105

Förderhöhe H = 1 Meter, Δp variabel

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Druckdifferenz Δp in mbar
voll auf	830	110
schließen auf	600	90
schließen auf	300	70
schließen auf	0	65

Pumpenkennlinie



Pumpenkennlinien der Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp variabel und Rohrnetzkenlinie bei geöffneten Absperrarmaturen

Bedeutung für die Heizungstechnik

Es ergibt sich ein Pumpenkennlinienfeld. Bei abnehmendem Volumenstrom bleibt jedoch der Pumpendruck nicht konstant, sondern nimmt ebenfalls ab.

Eine konkrete Regelung kann nur innerhalb der maximalen Pumpenleistung (obere Kurve) erfolgen.

Die Elektronik verändert den von der Pumpe einzuhaltenden Differenzdruck-Sollwert linear zwischen HS und 1/2 HS. Der Differenzdruck-Sollwert H nimmt mit der Fördermenge ab bzw. zu.

Durch diese Regelart kann im Teillastfall der Energieaufwand gesenkt werden und Fließgeräusche werden vermieden bzw. reduziert.

Versuch P5

Elektrische Leistungsaufnahme einer unregelmäßig arbeitenden Heizungsumwälzpumpe

Ziel des Experiments

Messen der elektrischen Leistungsaufnahme einer unregelmäßig arbeitenden Heizungsumwälzpumpe bei verschiedenen Betriebszuständen.

Versuchsaufbau

- Die Kugelhähne der Stränge 1 bis 5 öffnen
- Die Kugelhähne im Vor- und Rücklauf von Strang 6 schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregelmäßig arbeitenden Heizungsumwälzpumpe öffnen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 voll aufdrehen
- Die unregelmäßig arbeitende Heizungsumwälzpumpe auf höchste Leistungsstufe (Stufe I) stellen.

Versuchsdurchführung

- Die Heizungsumwälzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn soweit schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1500 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1200 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 900 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 600 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 300 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn ganz schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 0 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen

- Die unregelte Heizungsumwälzpumpe ausschalten
- Den Vorgang für die mittlere (Stufe II) und niedrigste (Stufe III) Leistungsstufe der unregelten Heizungsumwälzpumpe wiederholen
- Die ermittelten Werte für alle drei Leistungsstufen in ein Diagramm übertragen
- Die unregelte Heizungsumwälzpumpe auf höchste Leistungsstufe (Stufe I) stellen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Messwerte

Höchste Leistungsstufe (Stufe I)

Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	1720	61,0
schließen auf	1500	59,0
schließen auf	1200	56,0
schließen auf	900	52,5
schließen auf	600	49,5
schließen auf	300	46,0
schließen auf	0	43,5

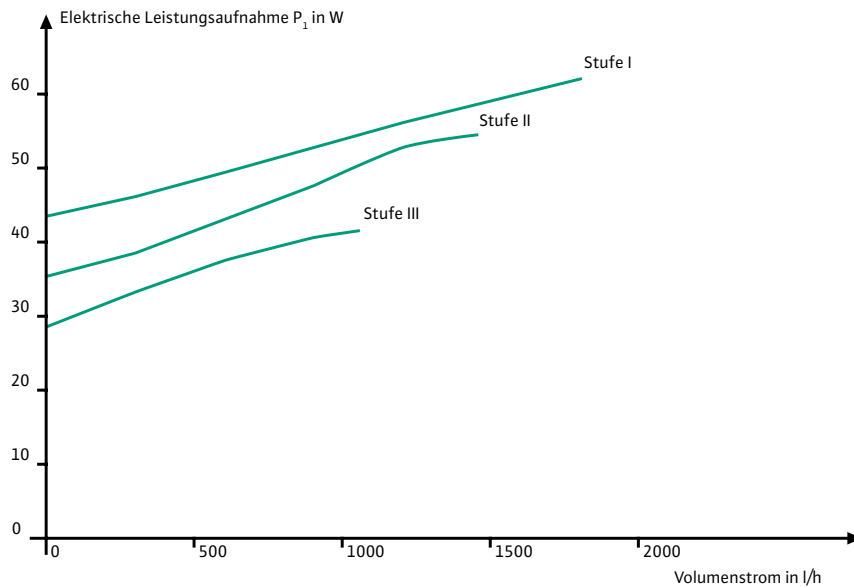
Mittlere Leistungsstufe (Stufe II)

Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	1400	54,0
schließen auf	1200	52,5
schließen auf	900	47,5
schließen auf	600	42,9
schließen auf	300	38,5
schließen auf	0	35,5

Niedrigste Leistungsstufe (Stufe III)

Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	1000	40,8
schließen auf	900	40,1
schließen auf	600	37,5
schließen auf	300	33,0
schließen auf	0	28,8

Kennlinie elektronische Leistungsaufnahme



Elektrische Leistungsaufnahme der unregulierten Heizungsumwälzpumpe bei höchster (Stufe I), mittlerer (Stufe II) und niedrigster (Stufe III) Leistungsstufe in Abhängigkeit vom geförderten Volumenstrom.

Bedeutung für die Heizungstechnik

Je niedriger die Leistungsstufe ist, um so geringer ist die Leistungsaufnahme.

Versuch P6

Elektrische Leistungsaufnahme einer Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp konstant

Ziel des Experiments

Messen der elektrischen Leistungsaufnahme einer Hocheffizienzpumpe bei verschiedenen Betriebszuständen bei der Regelungsart Δp konstant.

Versuchsaufbau

- Die Kugelhähne der Stränge 1 bis 5 öffnen
- Die Kugelhähne im Vor- und Rücklauf von Strang 6 schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregelmäßigen Heizungsumwälzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgeräts oberhalb und den blauen Schlauch unterhalb der Hocheffizienzpumpe anschließen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 voll aufdrehen
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Regelungsart $\Delta p = \text{konstant}$ einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe auf eine Förderhöhe von 6 m einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten.

Versuchsdurchführung

- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 soweit schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1500 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1200 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 900 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 600 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 300 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn ganz schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 0 l/h beträgt

- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten
- Den Vorgang für die Förderhöhen von 5 m, 4 m, 3 m, 2 m und 1 m wiederholen
- Sämtliche Werte aus den Tabellen in ein Diagramm übertragen und die Kennlinie der elektrischen Leistungsaufnahme für jede Förderhöhe zeichnen
- Die Kennlinien der elektrischen Leistungsaufnahme der unregulierten Heizungsumwälzpumpe (Experiment P5) in das Diagramm übertragen und beide Kennlinienfelder vergleichen
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Regelungsart $\Delta p = \text{konstant}$ einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe auf eine Förderhöhe von 6 m einstellen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Messwerte

Förderhöhe H = 6 Meter, Δp konstant		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	1730	38,1
schließen auf	1500	37,4
schließen auf	1200	39,0
schließen auf	900	37,0
schließen auf	600	36,0
schließen auf	300	32,3
schließen auf	0	25,7

Förderhöhe H = 5 Meter, Δp konstant		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	1730	38,0
schließen auf	1400	37,5
schließen auf	1200	37,2
schließen auf	900	37,6
schließen auf	600	32,0
schließen auf	300	25,5
schließen auf	0	21,0

Förderhöhe H = 4 Meter, Δp konstant

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnah- me in W
voll auf	1710	38,0
schließen auf	1500	37,0
schließen auf	1200	34,0
schließen auf	900	30,0
schließen auf	600	24,4
schließen auf	300	20,0
schließen auf	0	16,2

Förderhöhe H = 3 Meter, Δp konstant

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnah- me in W
voll auf	1590	33,2
schließen auf	1500	31,7
schließen auf	1200	27,1
schließen auf	900	22,5
schließen auf	600	19,2
schließen auf	300	14,9
schließen auf	0	11,8

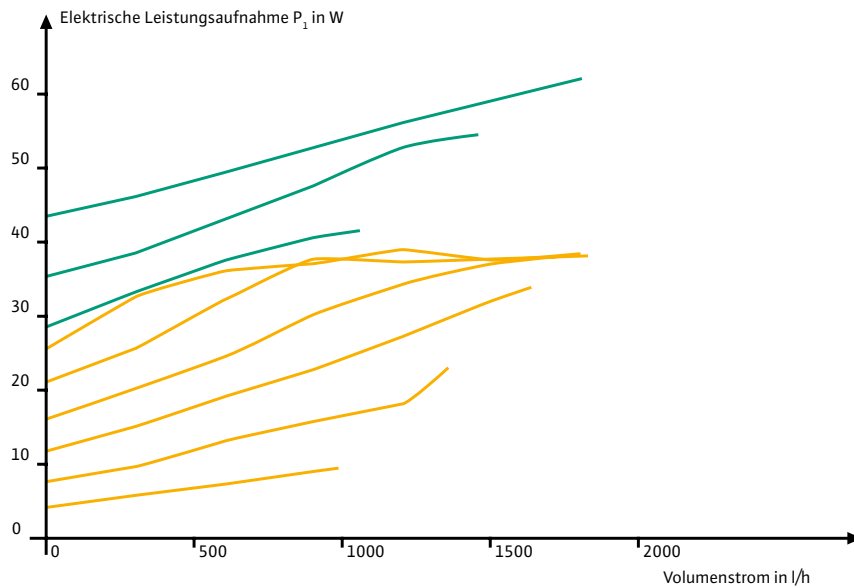
Förderhöhe H = 2 Meter, Δp konstant

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnah- me in W
voll auf	1310	21,2
schließen auf	1200	18,1
schließen auf	900	15,4
schließen auf	600	12,9
schließen auf	300	9,7
schließen auf	0	7,8

Förderhöhe H = 1 Meter, Δp konstant

Getriebekugel- hahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnah- me in W
voll auf	950	9,2
schließen auf	900	9,0
schließen auf	600	7,2
schließen auf	300	5,6
schließen auf	0	4,2

Kennlinie elektronische Leistungsaufnahme



Elektrische Leistungsaufnahme der Hocheffizienzpumpe bei Regelungsart Δp konstant und unterschiedlich eingestellten maximalen Förderhöhen H in mWS (Pumpendrücken) (gelbe Kurven) im Vergleich mit der elektrischen Leistungsaufnahme der unregulierten Heizungsumwälzpumpe (grüne Kurven) in Abhängigkeit vom geförderten Volumenstrom.

Bedeutung für die Heizungstechnik

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Leistungsaufnahme der Hocheffizienzpumpe auch bei eingestellten hohen maximalen Förderhöhen immer erheblich unter den Leistungsaufnahmen der unregulierten Heizungsumwälzpumpe liegt. Dabei wird von der Hocheffizienzpumpe in jedem Regelbereich auch noch ein höherer Volumenstrom gefördert.

Versuch P7

Elektrische Leistungsaufnahme einer Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp variabel

Ziel des Experiments

Messen der elektrischen Leistungsaufnahme einer Hocheffizienzpumpe bei verschiedenen Betriebszuständen bei der Regelungsart Δp variabel.

Versuchsaufbau

- Die Kugelhähne der Stränge 1 bis 5 öffnen
- Die Kugelhähne im Vor- und Rücklauf von Strang 6 schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregelmäßigen Heizungsumwälzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgeräts oberhalb und den blauen Schlauch unterhalb der Hocheffizienzpumpe anschließen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 voll aufdrehen
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Regelungsart $\Delta p =$ variabel einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe auf eine Förderhöhe von 6 m einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten.

Versuchsdurchführung

- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen, Messwert in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 soweit schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1500 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 1200 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 900 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 600 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn weiter schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 300 l/h beträgt
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Den Getriebekugelhahn ganz schließen, bis der Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer 0 l/h beträgt

- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in Tabelle eintragen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten
- Den Vorgang für die Förderhöhen von 5 m, 4 m, 3 m, 2 m und 1 m wiederholen
- Sämtliche Werte aus den Tabellen in ein Diagramm übertragen und die Kennlinie der elektrischen Leistungsaufnahme für jede Förderhöhe zeichnen
- Die Kennlinien der elektrischen Leistungsaufnahme der unregulierten Heizungsumwälzpumpe (Experiment P5) in das Diagramm übertragen und beide Kennlinienfelder vergleichen
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Regelungsart $\Delta p = \text{variabel}$ einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe auf eine Förderhöhe von 6 m einstellen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Messwerte

Förderhöhe H = 6 Meter, Δp variabel		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	1730	37,2
schließen auf	1500	36,7
schließen auf	1200	36,5
schließen auf	900	35,6
schließen auf	600	35,5
schließen auf	300	21,0
schließen auf	0	11,4

Förderhöhe H = 5 Meter, Δp variabel		
Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	1730	37,2
schließen auf	1400	36,7
schließen auf	1200	36,7
schließen auf	900	35,7
schließen auf	600	25,5
schließen auf	300	16,6
schließen auf	0	9,4

Förderhöhe H = 4 Meter, Δp variabel

Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	1730	37,3
schließen auf	1400	36,6
schließen auf	1200	30,7
schließen auf	900	22,8
schließen auf	600	17,0
schließen auf	300	11,6
schließen auf	0	7,5

Förderhöhe H = 3 Meter, Δp variabel

Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	1560	30,7
schließen auf	1500	29,4
schließen auf	1200	23,1
schließen auf	900	17,8
schließen auf	600	14,0
schließen auf	300	10,9
schließen auf	0	7,1

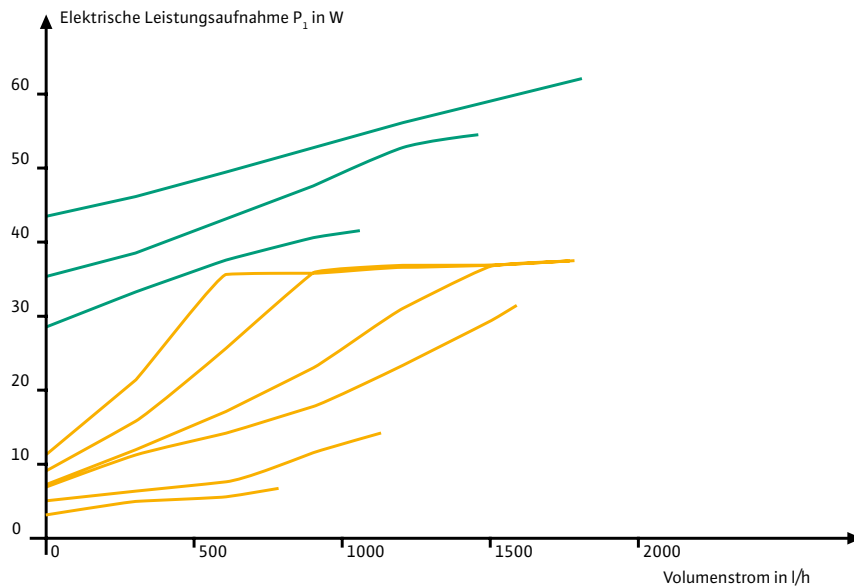
Förderhöhe H = 2 Meter, Δp variabel

Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	1090	13,6
schließen auf	900	11,2
schließen auf	600	7,5
schließen auf	300	6,2
schließen auf	0	5,1

Förderhöhe H = 1 Meter, Δp variabel

Getriebekugelhahn	Volumenstrom in l/h	Leistungsaufnahme in W
voll auf	750	6,4
schließen auf	600	5,4
schließen auf	300	4,8
schließen auf	0	3,1

Kennlinie elektronische Leistungsaufnahme



Elektrische Leistungsaufnahme der Hocheffizienzpumpe bei Regelungsart Δp variabel und unterschiedlich eingestellten maximalen Förderhöhen H in mWS (Pumpendrücken) (gelbe Kurven) im Vergleich mit der elektrischen Leistungsaufnahme der unregulierten Heizungsumwälzpumpe (grüne Kurven) in Abhängigkeit vom geförderten Volumenstrom.

Bedeutung für die Heizungstechnik

Zu erkennen ist deutlich, dass die Leistungsaufnahmen der Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp variabel noch einmal deutlich unter denen bei der Regelungsart Δp konstant im Versuch P6 liegen.

Versuch H1

Hydraulisches und elektrisches Verhalten einer unregelmäßig betriebenen Heizungsumwälzpumpe beim Einbau eines Bypasses mit Überströmventil

Ziel des Experiments

Es soll ermittelt werden, wie sich eine unregelmäßig betriebene Heizungsumwälzpumpe hinsichtlich des aufgebauten Druckes (Förderhöhe), des Volumenstroms im Bypass (Förderstrom) und der elektrischen Leistungsaufnahme beim Einbau eines Bypasses mit Überströmventil in die Wärmeverteilungsanlage beim Schließen der Thermostatventile an den Wärmeverbrauchern verhält.

Versuchsaufbau

- Das Überströmventil auf etwa 200 mbar voreinstellen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgeräts oberhalb und den blauen Schlauch unterhalb der unregelmäßig betriebenen Heizungsumwälzpumpe anschließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregelmäßig betriebenen Heizungsumwälzpumpe öffnen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe schließen
- Die Kugelhähne im Bypass sowie im Vorlauf und im Rücklauf von Strang 6 öffnen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge
- 1 bis 5 schließen
- Alle Thermostatventile und Rücklaufverschraubungen an den Heizkörpern voll öffnen
- Die unregelmäßig betriebene Heizungsumwälzpumpe auf niedrigste Leistungsstufe (Stufe III) stellen.

Versuchsdurchführung

- Die unregelmäßig betriebene Heizungsumwälzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen. Es dürfte kein Durchfluss über den Bypass feststellbar sein
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 1 schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 2 schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 3 schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen

- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Bypass schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Messwerte

Förderhöhe 2,5 m (= 250 mbar), Δp konstant					
	Alle TV offen	TV 1 geschlossen	TV 1 + 2 geschlossen	TV 1, 2, 3 geschlossen	TV 1 – 3 + Bypass geschlossen
Druckverlust in mbar	200	230	260	280	420
Volumenstrom über Bypass in l/h	0	0	140	440	0
Elektrische Leistungsaufnahme in W	38,4	37,3	36,4	35,3	28,6

Bedeutung für die Heizungstechnik

Um Fließgeräusche und Schäden an der Pumpe zu vermeiden, wurden bei der Verwendung unregelter Heizungsumwälzpumpen in Wärmeverteilungsanlagen Bypässe mit Überströmventilen eingebaut.

Nachteil: Bei geschlossenen Thermostatventilen fließt ein großer Volumenstrom (440 l/h) über den Bypass. Dabei nimmt die Pumpe erhebliche elektrische Leistung auf (35,3 W), obwohl dieser Volumenstrom gar nicht benötigt wird. Beobachtung: Wenn alle TV und Bypass geschlossen sind, treten Arbeitsgeräusche der Pumpe auf.

Versuch H2

Hydraulisches und elektrisches Verhalten einer Hocheffizienzpumpe beim Einbau eines Bypasses mit Überströmventil bei der Regelungsart Δp konstant – Förderhöhe 2,5 m und 1,5 m

Ziel des Experiments

Es soll ermittelt werden, wie sich eine Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp konstant hinsichtlich des aufgebauten Druckes (Förderhöhe), des Volumenstromes im Bypass (Förderstrom) und der elektrischen Leistungsaufnahme beim Einbau eines Bypasses mit Überströmventil in die Wärmeverteilungsanlage beim Schließen der Thermostatventile an den Wärmeverbrauchern verhält.

Versuchsaufbau

- Das Überströmventil auf etwa 200 mbar voreinstellen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgeräts oberhalb und den blauen Schlauch unterhalb der Hocheffizienzpumpe anschließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe öffnen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregulierten Heizungsumwälzpumpe schließen
- Die Kugelhähne im Bypass sowie im Vorlauf und im Rücklauf von Strang 6 öffnen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 schließen
- Alle Thermostatventile und Rücklaufverschraubungen an den Heizkörpern voll öffnen. Darauf achten, dass die Voreinstellungen der Heizkörper den größten Durchfluss ermöglichen (Stufe 6)
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Hocheffizienzpumpe auf 2,5 m Förderhöhe (=250 mbar) und Δp konstant einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten.

Versuchsdurchführung

- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen. Es dürfte kein Durchfluss über den Bypass feststellbar sein.
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 1 schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 2 schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 3 schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen

- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Bypass schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Versuch mit einer Pumpen-Förderhöhe von 1,5 m (=150 mbar) und Δp konstant wiederholen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Messwerte

Förderhöhe 2,5 m (= 250 mbar), Δp konstant					
	Alle TV offen	TV 1 geschlossen	TV 1 + 2 geschlossen	TV 1, 2, 3 geschlossen	TV 1 – 3 + Bypass geschlossen
Druckverlust in mbar	250	250	250	250	250
Volumenstrom über Bypass in l/h	0	40	170	360	0
Elektrische Leistungsaufnahme in W	17,0	15,5	14,5	13,0	9,7

Förderhöhe 1,5 m (= 150 mbar), Δp konstant					
	Alle TV offen	TV 1 geschlossen	TV 1 + 2 geschlossen	TV 1, 2, 3 geschlossen	TV 1 – 3 + Bypass geschlossen
Druckverlust in mbar	150	150	150	150	150
Volumenstrom über Bypass in l/h	0	0	0	0	0
Elektrische Leistungsaufnahme in W	9,4	8,6	7,4	5,8	5,8

Bedeutung für die Heizungstechnik

Förderhöhe und Überströmventil müssen aufeinander abgestimmt sein. Es ist zu erkennen, dass bei korrekter Abstimmung von Förderhöhe und Überströmventil (Förderhöhe < Überströmventil) kein Wasser über den Bypass fließt. Diese Einstellung ist bei Hocheffizienzpumpen energetisch optimal. Es muss darauf geachtet werden, dass die Förderhöhe stets kleiner als die Druckbegrenzung des Überströmventils ist.

Achtung! Bei Anlagen, in denen ein Zwangsumlauf für den Wärmeerzeugerbetrieb gefordert wird, muss der Sollwert der geregelten Pumpe immer um 0,5 m über den Ansprechdruck des Überströmventils liegen!

Versuch H3

Hydraulisches und elektrisches Verhalten einer Hocheffizienzpumpe beim Einbau eines Bypasses mit Überströmventil bei der Regelungsart Δp variabel – Förderhöhe 2,5 m

Ziel des Experiments

Es soll ermittelt werden, wie sich eine Hocheffizienzpumpe hinsichtlich des aufgebauten Druckes (Förderhöhe), des Volumenstromes im Bypass (Förderstrom) und der elektrischen Leistungsaufnahme beim Einbau eines Bypasses mit Überströmventil in die Wärmeverteilungsanlage beim Schließen der Thermostatventile an den Wärmeverbrauchern verhält.

Versuchsaufbau

- Das Überströmventil auf etwa 200 mbar voreinstellen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgeräts oberhalb und den blauen Schlauch unterhalb der Hocheffizienzpumpe anschließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe öffnen
- Den Kugelhahn oberhalb der ungeregelten Heizungsumwälzpumpe schließen
- Die Kugelhähne im Bypass sowie im Vorlauf und im Rücklauf von Strang 6 öffnen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 schließen
- Alle Thermostatventile und Rücklaufverschraubungen an den Heizkörpern voll öffnen. Darauf achten, dass die Voreinstellungen der Heizkörper den größten Durchfluss ermöglichen (Stufe 6)
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Hocheffizienzpumpe auf 2,5 m Förderhöhe (=250 mbar) und Δp variabel einstellen.
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten.

Versuchsdurchführung

- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen. Es dürfte kein Durchfluss über den Bypass feststellbar sein.
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 1 schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 2 schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 3 schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen

- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Bypass schließen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messgerät am Überströmventil ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Druckverlust am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Messwerte

Förderhöhe 2,5 m (= 250 mbar), Δp variabel					
	Alle TV offen	TV 1 geschlossen	TV 1 + 2 geschlossen	TV 1, 2, 3 geschlossen	TV 1 – 3 + Bypass geschlossen
Druckverlust in mbar	150	150	145	135	135
Volumenstrom über Bypass in l/h	0	0	0	0	0
Elektrische Leistungsaufnahme in W	8,8	8,3	6,8	4,9	4,9

Bedeutung für die Heizungstechnik

Wenn alle TV geöffnet sind, nimmt die Hocheffizienzpumpe bei der Regelungsart Δp variabel nur 8,8 W auf. Das ist weniger als bei gleicher Förderhöhe der Regelungsart Δp konstant bei geschlossenem TV.

Fazit: Beim Betrieb einer Hocheffizienzpumpe wird weder Bypass noch Überströmventil benötigt. Dies spart Kosten für deren Installation und elektrische Energie im Betrieb.

Achtung! Bei Anlagen, in denen ein Zwangsumlauf für den Wärmeerzeugerbetrieb gefordert wird, ist eine Δp variabel Regelung der Kesselkreispumpe nicht erlaubt!

Beobachtung: Wenn alle TV und Bypass geschlossen sind, treten keine Geräusche auf.

Versuch H4

Hydraulisches Verhalten einer Wärmeverteilungsanlage mit nicht abgeglichenen Wärmeverbrauchern

Ziel des Experiments

Demonstrieren der Heizwasserverteilung in einer Wärmeverteilungsanlage bei hydraulisch nicht abgeglichenen Wärmeverbrauchern.

Versuchsaufbau

- Die Kugelhähne von Strang 6 im Vorlauf und im Rücklauf öffnen
- Den Kugelhahn im Bypass am Überströmventil schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregulierten Heizungsumwälzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruckmessgeräts oberhalb und den blauen Schlauch unterhalb der Hocheffizienzpumpe anschließen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 schließen
- Die Thermostatventile der Heizkörper 1, 2 und 3 voll öffnen
- Die Rücklaufverschraubungen der Heizkörper ebenfalls voll öffnen
- Die Hocheffizienzpumpe einschalten
- Die Hocheffizienzpumpe auf 1 m Förderhöhe (=100 mbar) und Δp konstant einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Versuchsdurchführung

- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Volumenströme an den Volumenstrom-Messgeräten der Heizkörper 1,2 und 3 erfassen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die Thermostatventile der Heizkörper 2 und 3 schließen
- Die Rücklaufverschraubung am Heizkörper 1 soweit schließen, bis der Volumenstrom 70 l/h beträgt.
- Die Volumenströme an den Volumenstrom-Messgeräten der Heizkörper 2 und 3 erfassen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 2 voll öffnen
- Die Volumenströme an den Volumenstrom-Messgeräten der Heizkörper 1,2 und 3 erfassen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Das Thermostatventil am Heizkörper 3 voll öffnen
- Die Volumenströme an den Volumenstrom-Messgeräten der Heizkörper 1,2 und 3 erfassen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät erfassen und in die Tabelle übertragen

Messwerte

Volumenstrom in l/h				
Heizkörper 1	Heizkörper 2	Heizkörper 3	Differenzdruck in mbar	Elektrische Leistungsaufnahme in W
>110	>110	>110	100	5,4
70	0	0	100	4,0
65	>110	0	100	4,5
55	>110	>110	100	5,2

Bedeutung für die Heizungstechnik

Bei hydraulischen Wärmeverteilungsanlagen sind die Verbraucher voneinander abhängig. Das Experiment geht von der Annahme aus, dass der Heizkörper 1 mit einem Volumenstrom von 70 l/h den Wärmebedarf des Raumes, in dem er sich befindet, abdeckt. Daher wird er mit Hilfe der Rücklaufverschraubung auf diesen Volumenstrom voreingestellt.

Bei hydraulisch nicht abgeglichenen Verbrauchern sinkt durch Öffnen der Thermostatventile der Heizkörper 2 und 3 der Volumenstrom am Heizkörper 1. Der Heizkörper wird unterversorgt. Der erforderliche Wärmebedarf kann nicht mehr gedeckt werden.

Versuch H5

Hydraulischer Abgleich der Heizkörper mit Thermostatventilen

Ziel des Experiments

Demonstrieren der Heizwasserverteilung in einer Wärmeverteilungsanlage bei hydraulisch abgeglichenen Wärmeverbrauchern.

Versuchsaufbau

- Die Kugelhähne und den Getriebekugelhahn der Stränge 1 bis 6 öffnen,
- Den Kugelhahn im Bypass am Überströmventil schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der ungeregelten Heizungsumwälzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruckmessgeräts oberhalb und den blauen Schlauch unterhalb der Hocheffizienzpumpe anschließen
- Die Thermostatventile der Heizkörper 1,2 und 3 voll öffnen
- Die Rücklaufverschraubungen der Heizkörper ebenfalls voll öffnen
- Die Voreinstellungen an den Heizkörpern voll öffnen (Stufe 6)
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten.
- Die Hocheffizienzpumpe auf 0,5 m Förderhöhe (=50 mbar) und Δp konstant einstellen
- Die Hocheffizienzpumpe ausschalten.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Versuchsdurchführung

- Die Hocheffizienzpumpe anschalten
- Die Volumenströme an den Volumenstrom-Messgeräten der Heizkörper 1,2 und 3 erfassen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die Rücklaufverschraubung am ersten Heizkörper soweit schließen, bis der Volumenstrom 70 l/h beträgt.
- Die Volumenströme an den Volumenstrom-Messgeräten der Heizkörper 2 und 3 erfassen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die Voreinstellungen an den Thermostatventilen der Heizkörper 2 und 3 auf die Stufe 3 einstellen.
- Die Volumenströme an den Volumenstrom-Messgeräten der Heizkörper 1,2 und 3 erfassen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die Voreinstellung des Heizkörpers 1 an der Rücklaufverschraubung nachregeln, bis der Volumenstrom 70 l/h beträgt.
- Die Volumenströme an den Volumenstrom-Messgeräten der Heizkörper 2 und 3 erfassen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät erfassen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät erfassen und in die Tabelle übertragen.

Messwerte

Volumenstrom in l/h					
Voreinstellung	Heizkörper 1	Heizkörper 2	Heizkörper 3	Differenzdruck in mbar	Elektrische Leistungsaufnahme in W
offen	73	98	>110	52	4,4
H1 auf 70 l	70	99	>110	52	4,5
H2 und H3 auf 3 vorstellen	88	54	50	52	4,3
H1 auf 70 l nachregulieren	70	53	52	52	4,3

Bedeutung für die Heizungstechnik

Bei hydraulischen Wärmeverteilungsanlagen sind die Verbraucher voneinander abhängig. Das Experiment geht von der Annahme aus, dass der Heizkörper 1 mit einem Volumenstrom von 70 l/h den Wärmebedarf des Raumes, in dem er sich befindet, abdeckt. Daher wird er mit Hilfe der Rücklaufverschraubung auf diesen Volumenstrom voreingestellt.

Bei hydraulisch abgeglichenen Wärmeverbrauchern ergibt sich auch bei der dynamischen Nutzung der Wärmeverbraucher eine nahezu gleichmäßige Wärmeverteilung.

Versuch H6

Hydraulischer Strangabgleich mit Differenzdruckregler

Ziel des Experiments

Ein gesamter Heizkreis soll so hydraulisch abgeglichen werden, dass er maximal von dem in der Heizlastberechnung ermittelten Volumenstrom durchflossen wird. Dabei soll der erzeugte Druckverlust möglichst konstant bleiben, damit andere Heizkreise ebenfalls gleichmäßig mit Heizwasser versorgt werden.

Versuchsaufbau

- Die Kugelhähne der Stränge 1 bis 4 und 6 schließen
- Den Kugelhahn von Strang 5 öffnen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregelmäßig umwälzenden Heizungsumwälzpumpe öffnen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 voll aufdrehen
- Links vom Getriebekugelhahn den roten und rechts vom Getriebekugelhahn den blauen Schlauch des Differenzdruck-Messgerätes anschließen (Strang 5)
- Den Differenzdruck am Differenzdruckregler im Strang 5 auf 100 mbar einstellen
- Den Getriebekugelhahn des Differenzdruckreglers im Strang 5 voll öffnen
- Die unregelmäßig umwälzende Heizungsumwälzpumpe auf höchste Leistungsstufe (Stufe I) einstellen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Versuchsdurchführung

- Die unregelmäßig umwälzende Heizungsumwälzpumpe einschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruckmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Volumenstrom mit Hilfe des Getriebekugelhahns (Strang 5) auf 300 l/h einstellen. Auf diese Weise wird die Voreinstellung der Verbraucher simuliert
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die Kugelhähne im Vor- und Rücklauf von Strang 6 öffnen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die elektrische Leistungsaufnahme am Leistungsmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die unregelmäßig umwälzende Heizungsumwälzpumpe ausschalten
- Den Versuch mit der mittleren (Stufe II) und der niedrigsten (Stufe III) Leistungsstufe wiederholen
- Anschließend den Getriebekugelhahn (Strang 5) langsam schließen.

Messwerte

Pumpe max (Stufe I)	Volumenstrom in l/h	Differenzdruck in mbar	Leistungsaufnahme in W
Getriebekugelhahn auf voll	1420	5	58,0
Getriebekugelhahn schliessen auf 300 l/h	300	110	46
Strang 6 öffnen und wieder schliessen	300	110	58,5
Pumpe mittel (Stufe I)	300	110	39
Pumpe niedrig (Stufe III)	300	110	32,9
Getriebekugelhahn zu	0	150	28,9

Bedeutung für die Heizungstechnik

Die Druckveränderungen werden im Strang 5 durch den Differenzdruckregler immer konstant gehalten. Der Durchfluss bleibt solange konstant bis die Verbraucher (Getriebekugelhahn Strang 5) schließen. Parallele Stränge oder verschiedene Pumpendrucke werden im Strang 5 durch den Differenzdruckregler ausgeglichen.

Erst beim Schließen der Verbraucher steigt der Differenzdruck etwas, dies ist durch die proportionale Arbeitsweise des Differenzdruckregler begründet.

Versuch H7

Hydraulisches Verhalten des Heizkreises bei Verwendung eines Volumenstrombegrenzers

Ziel des Experiments

Ein gesamter Heizkreis soll so hydraulisch abgeglichen werden, dass er maximal von dem in der Heizlastberechnung ermittelten Volumenstrom durchflossen wird. Dabei soll der erzeugte Druckverlust möglichst konstant bleiben, damit andere Heizkreise ebenfalls gleichmäßig mit Heizwasser versorgt werden.

Versuchsaufbau

- Den Kugelhahn von Strang 4 öffnen
- Die Kugelhähne der Stränge 1,2,3,5 und 6 schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregelmäßig geordneten Heizungsumwälzpumpe öffnen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 voll öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgeräts an die linke und den blauen Schlauch an die rechte Kupplung des Volumenstrombegrenzers anschließen (Strang 4)
- Der Volumenstrom wird vom Volumenstrombegrenzer durch einen vorinstallierten Einsatz auf 450 l/h begrenzt.
- Die unregelmäßig geordnete Heizungsumwälzpumpe auf höchste Leistungsstufe (Stufe I) einstellen

Versuchsdurchführung

- Die unregelmäßig geordnete Heizungsumwälzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die unregelmäßig geordnete Heizungsumwälzpumpe ausschalten
- Die unregelmäßig geordnete Heizungsumwälzpumpe auf die mittlere Leistungsstufe (Stufe II) einstellen
- Die unregelmäßig geordnete Heizungsumwälzpumpe einschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die unregelmäßig geordnete Heizungsumwälzpumpe ausschalten
- Die unregelmäßig geordnete Heizungsumwälzpumpe auf die niedrigste Leistungsstufe (Stufe III) einstellen
- Die unregelmäßig geordnete Heizungsumwälzpumpe einschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die unregelmäßig geordnete Heizungsumwälzpumpe ausschalten
- Den Kugelhahn oberhalb der unregelmäßig geordneten Heizungsumwälzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe öffnen
- Hocheffizienzpumpe anschalten und auf Δp konstant stellen

- Die Förderhöhe der Hocheffizienzpumpe auf 0,5 m einstellen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die Förderhöhe der Hocheffizienzpumpe auf 1,0 m einstellen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die Förderhöhe der Hocheffizienzpumpe auf 1,5 m einstellen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die Kugelhähne von Strang 6 öffnen
- Die Förderhöhe der Hocheffizienzpumpe auf 0,5 m einstellen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die Förderhöhe der Hocheffizienzpumpe auf 1,0 m einstellen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Die Förderhöhe der Hocheffizienzpumpe auf 1,5 m einstellen
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

MesswerteFörderhöhe 2,5 m (=250 mbar), Δp variabel

Leistungsstufe	Volumenstrom in l/h	Differenzdruck in mbar
Stufe I	420	450
Stufe II	300	110
Stufe II	300	110

Hocheffizienzpumpe, Strang 4

Förderhöhe in m	Volumenstrom in l/h	Differenzdruck in mbar
0,5	340	40
1,0	410	70
1,5	420	120

Hocheffizienzpumpe, Strang 4 und Strang 6

Förderhöhe in m	Volumenstrom in l/h	Differenzdruck in mbar
0,5	320	40
1,0	410	80
1,5	420	105

Hinweis: Die unterschiedlichen Werte „Volumenstrombegrenzer“ durch einen vorinstallierten Einsatz auf 450 l/h begrenzt und die Anzeige von 420 l/h“ sind in der Mess- und Fertigungstoleranz der Bauteile (Volumenstrombegrenzer und Durchflussmessgerät) begründet.

Bedeutung für die Heizungstechnik

Bei dem Volumenstrombegrenzer handelt es sich um einen dynamischen Widerstand, der den Volumenstrom unabhängig von Leistungsstufe oder Förderhöhe der Pumpe konstant begrenzt.

Je nach Pumpenart und -einstellung werden unterschiedliche Differenzdrücke erzeugt. Diese haben unterschiedliche Widerstände in der Rohrleitung zur Folge, weshalb die einzelnen Heizungsstränge auch unterschiedlich mit Wasser versorgt werden.

Ein hydraulischer Abgleich der Wärmeverteilungsanlage ist durch die alleinige Verwendung von Volumenstrombegrenzer nicht möglich. Ein Volumenstrombegrenzer begrenzt lediglich den Volumenstrom durch einen Rohrleitungsteil auf einen maximalen Wert!

Versuch H8

Hydraulisches Verhalten des Heizkreises bei Verwendung von Strangregulierventilen

Ziel des Experiments

Ein gesamter Heizkreis soll so hydraulisch abgeglichen werden, dass er maximal von dem in der Heizlastberechnung ermittelten Volumenstrom durchflossen wird. Dabei soll der erzeugte Druckverlust möglichst konstant bleiben, damit andere Heizkreise ebenfalls gleichmäßig mit Heizwasser versorgt werden.

Versuchsaufbau

- Den Kugelhahn von Strang 3 öffnen
- Die Kugelhähne der Stränge 1,2,4,5 und 6 schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregulierten Heizungsumwälzpumpe öffnen
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 voll öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgeräts an die linke und den blauen Schlauch an die rechte Kupplung des Strangregulierventils anschließen (Strang 3)
- Das Strangregulierventil mit dem Handrad voll öffnen (Stellung 7,0)
- Die unregulierte Heizungsumwälzpumpe auf höchste Leistungsstufe (Stufe I) einstellen.

Versuchsdurchführung

- Die unregulierte Heizungsumwälzpumpe anschalten
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Mit dem Handrad das Strangregulierventil langsam zudrehen, bis die Stellung 4,0 erreicht ist. Auf diese Weise wird das Schließen der Heizkörperthermostatventile simuliert
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruck-Messgerät ablesen und in die Tabelle übertragen
- Mit dem Handrad das Strangregulierventil weiter zudrehen, bis die Stellung 0,0 erreicht ist
- Den Volumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen und in die Tabelle übertragen
- Den Differenzdruck am Differenzdruckmessgerät ablesen und in die Tabelle übertragen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Messwerte

Strangreguliert Stellung	Volumenstrom in l/h	Differenzdruck in mbar
7,0	1550	80
4,0	1300	210
0	0	540

Bedeutung für die Heizungstechnik

Mit kleiner werdender Voreinstellung verringert sich der Volumenstrom und es erhöht sich der Differenzdruck. Aus diesen Messergebnissen ergibt sich, dass nur bei einem konstanten Volumenstrom auch ein konstanter Druckverlust zu verzeichnen ist. Weil jedoch das Regelverhalten der Thermostatventile sich nach der Wärmeanforderung richtet und damit ständig unterschiedliche Volumenströme durch eine Wärmeverteilungsanlage fließen, ist die Anlage nur im Auslegungsfall (Volllast) hydraulisch abgeglichen.

Versuch D1

Druckverlust in einer Rohrleitung

Ziel des Experiments

Demonstrieren der Druckverluste (Rohrreibung und Einzelwiderstände) beim Fließen des Heizungswassers durch eine Wärmeverteilungsanlage.

Versuchsaufbau

- Den Kugelhahn im Strang 1 öffnen
- Die Kugelhähne der Stränge 2 bis 5 schließen
- Die Kugelhähne im Vor- und Rücklauf von Strang 6 schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregelmäßigen Heizungsumwälzpumpe öffnen
- Den roten Schlauch des Differenzdruck-Messgerätes oberhalb und den blauen Schlauch des Differenzdruck-Messgerätes unterhalb der unregelmäßigen Heizungsumwälzpumpe anschließen
- Die unregelmäßige Heizungsumwälzpumpe auf maximale Leistung (Stufe I) stellen.

Bedeutung für die Heizungstechnik

Es ergibt sich ein Volumenstrom $V \approx 1475 \text{ l/h}$ und ein Druckverlust/Differenzdruck von $\Delta p = 0,380 \text{ bar} = 380 \text{ mbar}$ beim Betrieb der unregelmäßigen Heizungsumwälzpumpe bei höchster Leistungsstufe. Das Ergebnis spiegelt den Betriebspunkt (Volumenstrom bei einem bestimmten Differenzdruck) eines nicht veränderbaren Rohrnetzes.

Versuchsdurchführung

- Die unregelmäßige Heizungsumwälzpumpe einschalten
- Den Gesamtvolumenstrom am Volumenstrom-Messumformer ablesen
- Den Druckverlust Δp am Differenzdruck-Messgerät ablesen
- Beide Werte notieren.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Versuch D2

Druckabfall in der Wärmeverteilungsanlage

Ziel des Experiments

Es soll untersucht werden, welche Phänomene in einer Wärmeverteilungsanlage auftreten, wenn der Systemdruck abfällt.

Versuchsaufbau

- Die Kugelhähne der Stränge 1, 2 und 6 öffnen
- Die Kugelhähne der Stränge 3 bis 5 schließen
- Den Kugelhahn im Bypass am Überströmventil öffnen
- Den Kugelhahn oberhalb der Hocheffizienzpumpe schließen
- Den Kugelhahn oberhalb der unregulierten Heizungsumwälzpumpe öffnen
- Die unregulierte Heizungsumwälzpumpe auf höchste Leistungsstufe (Stufe I) einstellen.
- Den Getriebekugelhahn im Rücklauf der Stränge 1 bis 5 öffnen
- Alle Thermostatventile und Rücklaufverschraubungen voll aufdrehen
- Den oberen flexiblen Luft-Schlauch der Handpumpe an MAG-Anschluss-Vordruck anschließen.

Versuchsdurchführung

- Die unregulierte Heizungsumwälzpumpe einschalten
- Den Kugelhahn des flexiblen Luft-Schlauchs an der Handpumpe öffnen
- Das Ventil für das Luftpolster im oberen Bereich der Handpumpe zum Befüllen öffnen und damit den Systemdruck senken
- Die Membran des Membran-Ausdehnungs-Gefäßes (MAG) und die transparenten Rohrleitungsteile beobachten.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Bedeutung für die Heizungstechnik

Die Membrane des MAG bewegt sich an den oberen Rand des MAG. In den transparenten Teilen der Rohrleitungen können Luftbläschen beobachtet werden. Infolge des Abfalls des Systemdruckes löst sich die Luft aus dem Heizungswasser der Wärmeverteilungsanlage. Die Strömung von Luft und Wasser erzeugt Geräusche.

Die Luft in der Wärmeverteilungsanlage führt zu Korrosionsschäden und zur Verringerung der Wärmekapazität des Heizungswassers. Das hat wiederum den Abfall des thermischen Wirkungsgrades und damit Erhöhung des Brennstoffverbrauchs zur Folge.

Versuch K1

Inbetriebnahme der Heizungsanlage

Ziel des Experiments

Technisch korrekte Inbetriebnahme einer Heizungsanlage.

Versuchsaufbau

Vorbereitung der Handpumpe zum Befüllen der Anlage

- Den oberen und unteren Hahn der Handpumpe schließen
- Die Handpumpe gemäß der Betriebsanleitung mit Wasser füllen
- Durch Pumpen den Druck der Handpumpe nach Manometer-Anzeige auf 3 bar voreinstellen.

Vorbereitung der Experimentierwand

- Die Verplombung vom Kappenventil lösen und Kappenventil schließen
- Den Entleerungshahn am Kappenventil öffnen und das MAG durch Entleeren drucklos machen
- Sämtliche Kugelhähne und Getriebekugelhähne der Experimentierwand öffnen
- Die Thermostatventile öffnen. Dabei überprüfen, ob die Voreinstellungen den größten Durchfluss haben (Stufe 6)
- Die Rücklaufverschraubungen an den Heizkörpern öffnen
- Sämtliche Heizkörper-Entlüfter und Schnellentlüfter öffnen
- Den Entleerungshahn am Kappenventil vom MAG schließen
- Das Kappenventil öffnen und verplomben.

Versuchsdurchführung

Anlage Befüllen

- Den oberen flexiblen Luft-Schlauch der Handpumpe an MAG-Anschluss-Vordruck anschließen
- Den oberen Hahn der Handpumpe solange öffnen, bis der Vordruck des MAG am Vordruck-Manometer 1,5 bar anzeigt
- Den oberen Hahn der Handpumpe schließen
- Den Flexiblen Luft-Schlauch vom MAG-Anschluss-Vordruck lösen
- Die Handpumpe zum Befüllen wieder auf 3 bar aufpumpen
- Den Füllschlauch am Füllanschluss anschließen. Darauf achten, dass der Bajonettverschluss einschnappt
- Den unteren Hahn der Handpumpe öffnen
- Das Wasser in der Anlage aufsteigen lassen
- Mit der Handpumpe nachpumpen
- Bei Wasseraustritt manuelle Entlüfter an den Heizkörpern schließen
- Weiter nachpumpen, bis die Anlage vollständig gefüllt ist
- Bei Wasseraustritt Schnellentlüfter schließen
- Das Wasser nachpumpen, bis Anlagendruck von 2,0 bar erreicht ist
- Beim Druckaufbau bewegt sich die Membran des MAG nach oben. Falls nicht, ist das MAG defekt
- Den unteren Hahn der Handpumpe schließen.

Anlage Entlüften und in Betrieb nehmen

- Den Kugelhahn der Hocheffizienzpumpe schließen
- Die unregelmäßige Heizungsumwälzpumpe auf maximale Leistung (Stufe I) einstellen
- Die unregelmäßige Heizungsumwälzpumpe anschalten
- Im oberen Strangbereich bildet sich sichtbare Luft
- Die Pumpe ausschalten, warten bis sich die Luft abgesetzt hat
- Die Anlage über Entlüfter und Schnellentlüfter nachentlüften
- Die Anlage mit der Handpumpe nachfüllen bis Anlagendruck von 2,0 bar erreicht ist

- Den Kugelhahn der unregelmäßig betriebenen Heizungsumwälzpumpe schließen
- Den Kugelhahn der Hocheffizienzpumpe öffnen
- Die Hocheffizienzpumpe anschalten und Entlüftungsroutine aktivieren
- Nach Ablauf der Routine Hocheffizienzpumpe ausschalten
- Die Anlage über Entlüfter nachentlüften
- Die Anlage mit der Handpumpe nachfüllen bis Anlagendruck von 2,0 bar erreicht ist
- Den Kugelhahn der Hocheffizienzpumpe schließen
- Alle Kugelhähne der Stränge 1 bis 5 (rechte Seite) schließen
- Das Überströmventil auf kleinsten Öffnungsdruck stellen (100 mbar)
- Die unregelmäßig betriebene Heizungsumwälzpumpe einschalten
- Es bildet sich Luft im Strang 6 (linke Seite)
- Die unregelmäßig betriebene Heizungsumwälzpumpe ausschalten
- Die Kugelhähne Strang 1 und 2 öffnen
- Die Kugelhahn am Überströmventil schließen
- Die unregelmäßig betriebene Heizungsumwälzpumpe einschalten
- Die Kugelhähne der Stränge 1, 2 und 6 schließen
- Die Lufttöpfe und Heizkörper nachentlüften
- Die Anlage mit der Handpumpe nachfüllen bis Anlagendruck von 2,0 bar erreicht ist
- Den Vorgang solange wiederholen, bis die Anlage luftfrei ist
- Die Schnellentlüfter im Vorlaufsteigstrang schließen
- Den unteren Hahn am Füllschlauch der Handpumpe schließen und Füllschlauch vom Füllanschluss entfernen.

Hinweise zur Durchführung des Experiments

Vor dem Experiment den MAG-Vordruck und den Anlagendruck kontrollieren. Für die fehlerfreie Durchführung des Versuchs werden folgende Betriebsdrücke empfohlen: MAG-Vordruck 1,5 bar, Anlagendruck 2,0 bar. Den Versuch in der Reihenfolge der oben aufgeführten Schritte durchführen. Zwischen den einzelnen Schritten etwas Zeit vergehen lassen, damit das System reagieren kann.

Bedeutung für die Heizungstechnik

Schon während des langsamen Befüllens der Rohrleitungsanlage kann man an den transparenten Bauteilen der Wilo-Brain Experimentierwand deutlich sehen, wie sich die Rohrleitung langsam mit Wasser füllt. Sowie Wasser durch die Luftschauben nach außen dringt, werden diese geschlossen.

Nun ist auch deutlich zusehen, wie infolge des aufgebrachten Druckes die Membran des MAG nach oben gedrückt wird. Nachdem die Anlage vollständig mit Wasser gefüllt ist und die Pumpen in Betrieb genommen wurden, zeigt sich, dass sich noch immer Luft in der Rohrleitung befindet. Auch nach dem Befüllen einer Heizungsanlage mit Wasser muss diese weiter entlüftet werden.

BIBB
Bundesinstitut für
Berufsbildung
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
T 0228 107-0
F 0228 107-2977
zentrale@bibb.de
www.bibb.de

Dr.-Ing. Paul Christiani
GmbH & Co. KG
Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung
Hermann-Hesse-Weg 2
78464 Konstanz
T 07531 5801-26
F 07531 5801-85
info@christiani.de
www.christiani.de

WILO SE
Wilo-Brain Zentrale
Nortkirchenstraße 100
44263 Dortmund
T 0231 4102-7603
F 0231 4102-7602
brain@wilo.com
www.wilo.de

BIBB ▶

Christiani

Technisches Institut für
Aus- und Weiterbildung



www.shk-optimal.de