

Planungsregeln für den Einsatz drehzahl geregelter Pumpen in Heizanlagen

1. Gesetzliche Forderung nach Einsatz von Regelpumpen

ZIELSETZUNG:

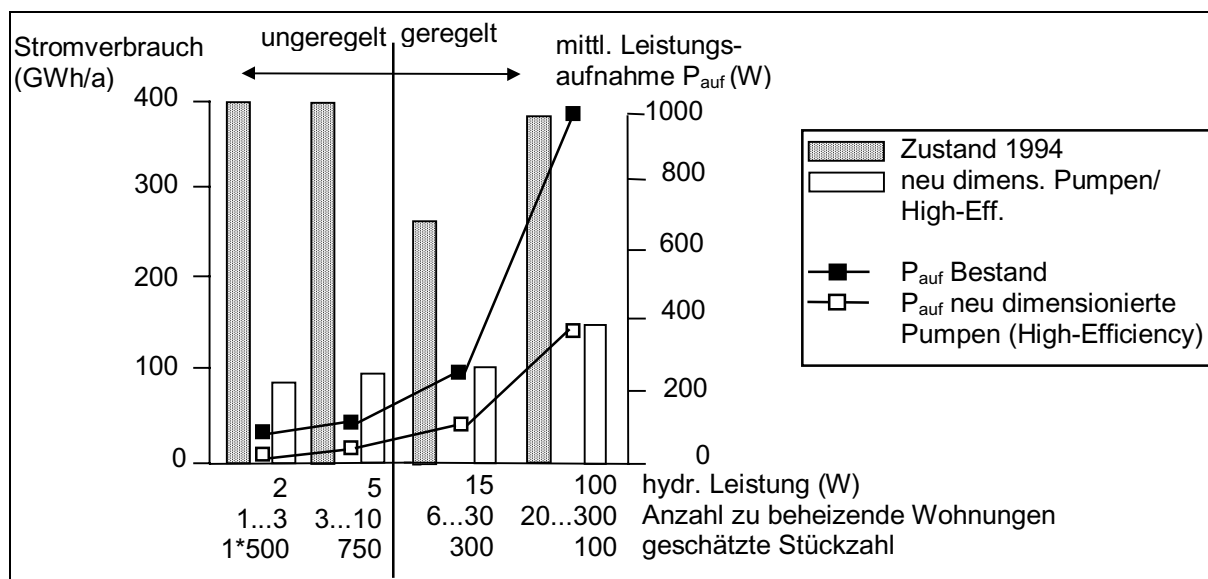
- Kriterien für die gesetzliche Vorschrift des Einsatzes von Regelpumpen schaffen.

PLANUNGSREGEL:

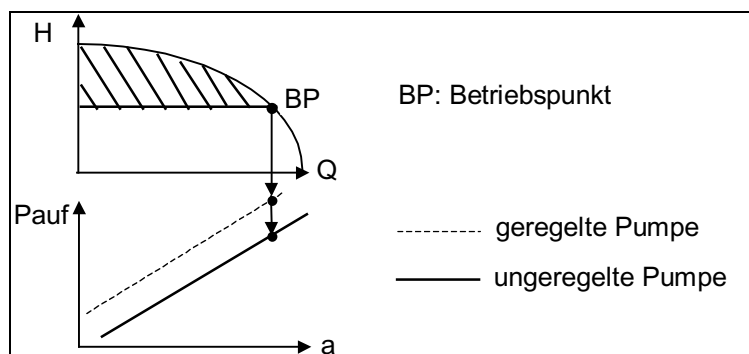
- Drehzahl geregelte Pumpen sind einzusetzen, wenn ihr zu erwartender Elektroenergiebedarf niedriger liegt als bei unregulierten Pumpen. Sinnvoll nur bei veränderlichem Förderbedarf, d.h. $\Delta \dot{V}$ beträgt mehr als 30 - 50 %.

BEMERKUNGEN:

- Für drehzahl geregelte Pumpen mit einer Leistungsaufnahme zwischen 40 - 100 W entspricht dies Heizkreisleistungen von ca. 30 - 60 kW.
- Schweizer Forderung: $P_{el} = 1 \text{ ‰}$ von \dot{Q}_{th} oder 1 W je Heizkörper.
- Bei Kleinanlagen $P_{el} = 2 \dots 3 \text{ ‰}$ von \dot{Q}_{th} , bei Großanlagen $P_{el} = 0,5 \dots 1 \text{ ‰}$ von \dot{Q}_{th} .



Stromverbrauch und Leistungsaufnahme haustechnischer Umwälzpumpen nach Leistungsklassen (Abschätzung Schweiz 1994 und zukünftig, vgl. Text)



Leistungsaufnahme (qualitativ) von geregelten Pumpen im Betriebspunkt

2. Gesetzliche Forderung: Primärenergiebedarf elektrischer Zusatzenergien begrenzen

ZIELSETZUNG:

- der elektrische Energiebedarf für Pumpen ist auf 0,5...1,5 kWh/(m²a) zu begrenzen
- ein Mehrverbrauch ist durch andere anlagen- und gebäudetechnische Maßnahmen auszugleichen, um einen geforderten Gesamt-Kennwert einzuhalten

PLANUNGSREGEL:

- Definieren eines Kennwertes für die jährliche elektrische Arbeit, mit Überarbeitung der zur Zeit verwendeten "Erfahrungswerte"
- Schweizer Erkenntnisse: In einem Niedrigenergiehaus können die Umwälzpumpen bei der leider üblichen Überdimensionierung Stromkosten in ähnlicher Höhe wie die Brennstoffkosten verursachen!
- Im Neubau (EFH, zwei FH) ist heute keine drehzahlgeregelte Pumpe erforderlich.

Bereich Leistungsaufnahme	Gebäude	Anzahl Wohnungen pro Anlage	Anzahl Anlagen	Anzahl* Pumpen inkl. Kessel-, WW-, Lüftung etc.	mittlere Leistung W	eff. nötige hydr. Nutzleistung W	Energieverbrauch (5000 h/a) GWh/a	Leistung redimensioniert W	Energieverbrauch redim. + Hochw.-grad GHh/a
0...80 W	EFH, MF bis ca. 3 Wohng.	1...3	800.000	1.500.000	55	2	413	12	90
81...150 W	MFH, kleine DL-Gebäude	3...10	400.000	750.000	110	5	413	25	94
151...500 W	MFH, kl.+ mittl. DL-Gebäude	6...30	200.000	300.000	220	15	330	80	120
501...(5000)	MFH, Siedlungen DL- und Industriegebäude	20...300	70.000	100.000	1.000	100	500	400	200
Total			1.470.000	2.650.000			1.655		504
* Ohne Pumpen mit wenigen Betriebsstunden (Ladepumpen etc.)									

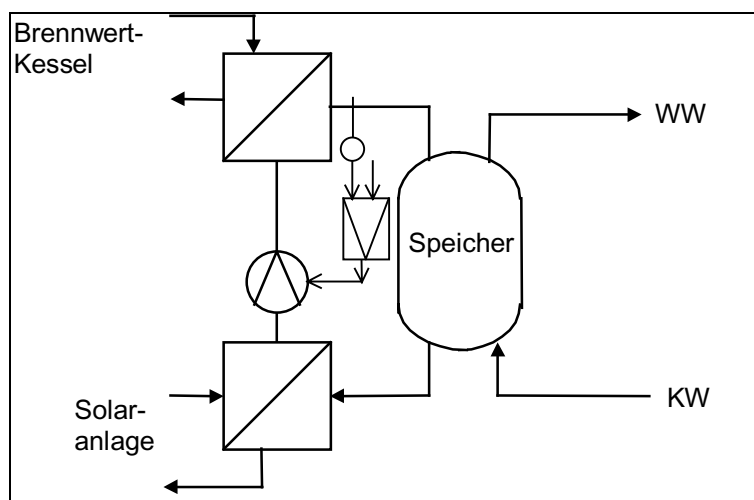
3. Regelung von Schichtladespeichern in bivalenten Anlagen (Solar + Brennwert)

ZIELSETZUNG:

- Verbesserte Solarenergieausbeute und vermehrte Brennwertnutzung bei der Warmwasserbereitung

PLANUNGSREGEL:

- Einsatz drehzahl geregelter Pumpen in größeren Anlagen zur Warmwasserbereitung in Schichtladespeichern mit variierenden Wärmequellenleistungen (Solar - Brennwert) sinnvoll, weil die beiden Wärmequellen sehr unterschiedliche Wärmeleistungen erbringen. Dies hat stark unterschiedliche Volumenströme zur Folge, wenn das Kaltwasser in einem Durchlauf von Kalt- auf Warmwassertemperatur zu bringen
- Nur über integrierte Regelungen erreichbar.



Bivalentes System zur Warmwasserbereitung

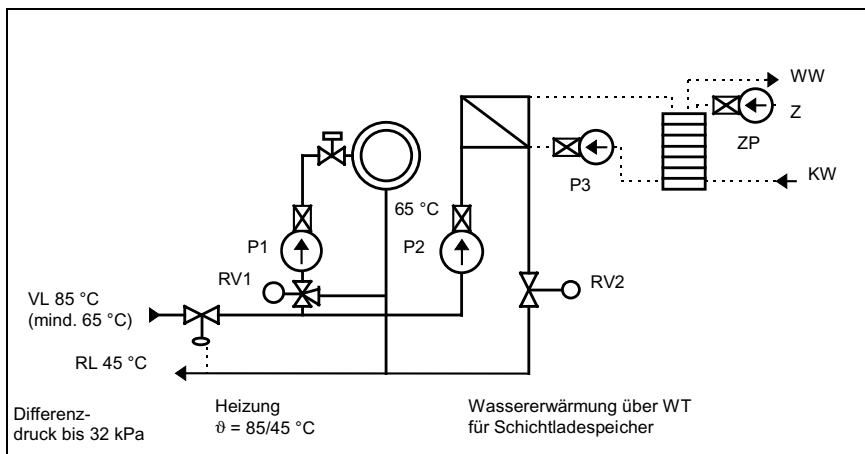
4. Forderungen an die Hydraulik bei größeren Primärnetzen - Fernwärme bzw. Nahwärme

ZIELSETZUNG:

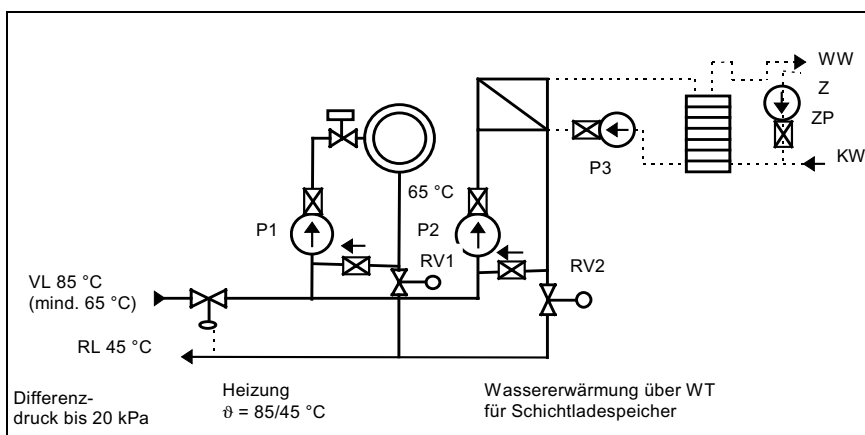
- Einsatz drehzahl geregelter Primärkreispumpen mit Volumenstrom- und Rücklauftemperaturebegrenzung. Reihenschaltung: Primär-, Sekundärkreis.

PLANUNGSREGEL:

- Zur Anpassung an variable Primärkreis-Volumenströme sind drehzahl geregelte Pumpen einzusetzen. Der Einsatz einer Δp -const-Regelung, einer Δp -variabel oder einer Auswahl mehrerer Δp -Messungen (Schlechtpunkt) hängt vom Komplexitätsgrad des Netzes ab
- eine Verzicht auf Drosselventile ist möglich bzw. eine Reduzierung des vom Ventil zu erbringenden Differenzdruckes kann durch die geregelte Pumpe ermöglicht werden.
- Reihenschaltungen von geregelten Pumpen sind zu vermeiden bzw. auf notwendige Sonderfälle zu beschränken. Geregelte Pumpen in Parallelschaltungen bei Systemen mit erheblichen Volumenstromschwankungen sind im Haupt/Reservebetrieb zu betreiben. eine Pumpe deckte die Grundlast ab, die zweite stellt den veränderlichen Bedarf sicher.
- Ähnliche Forderungen werden auch bei größeren Brennwertanlagen gestellt.
- Bei NEH-Gebäuden sollten wegen verminderter Anschlußleistung Wassererwärmer nicht mehr im Durchfluss- sondern im Speicherprinzip konzipiert werden.
- Hinweise AGFW-Richtlinie



Vorgefundene Prinzipschaltung



Empfohlene Prinzipschaltung

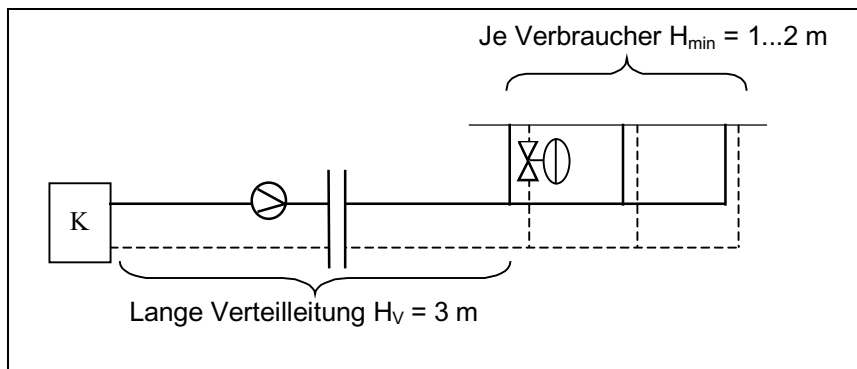
5. Δp -const oder Δp -variabel

ZIELSETZUNG:

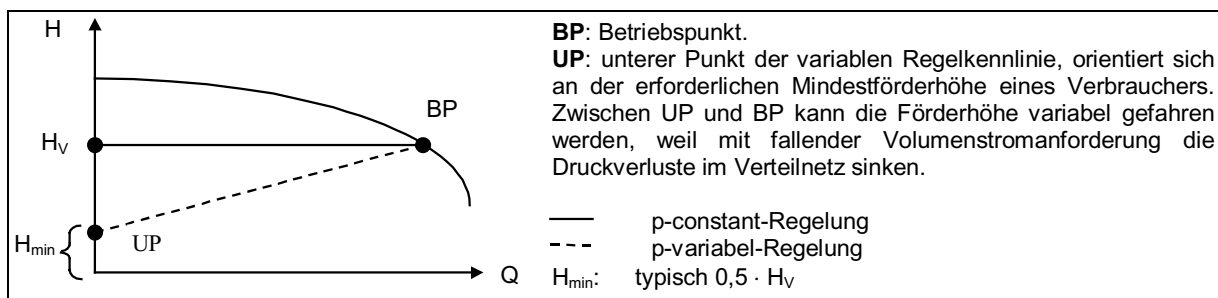
Wirtschaftliche Kriterien für die Auswahl. Für vergleichbare Wirtschaftlichkeitsberechnung
Definition einer mittleren Belastung. Vergleiche derzeitige Hersteller-Software-Programme.

PLANUNGSREGEL:

- Der Einsatz von Δp -variabel gegenüber Δp -const ist zu erwägen, wenn im häufigsten Teillastfall $\Delta p \cdot \dot{V} / \eta_p$ wesentlich höher liegt.
- Eine Rückschaltung von Δp_{var} auf Δp_{const} ist in jedem Fall vorzusehen!
- Bei Anlagen mit großen Druckverlusten im Hauptstrang (Verteilleitung) kann eine Empfehlung für Δp -variabel-Regelung ausgesprochen werden.
- Forderung an Pumpenhersteller: Eindeutige Angaben über η_p bzw. P_{el} in allen Lastfällen treffen.
- Entwicklung von Regelpumpen im Bereich:
 - 0,5 ... 1 m³/h
 - 5 ... 25 kPa
 - 10 - 30 W (P_{el})



Anlagenbeispiel, lange Verteilleitung



Unterschiedliche Pumpenkennlinien

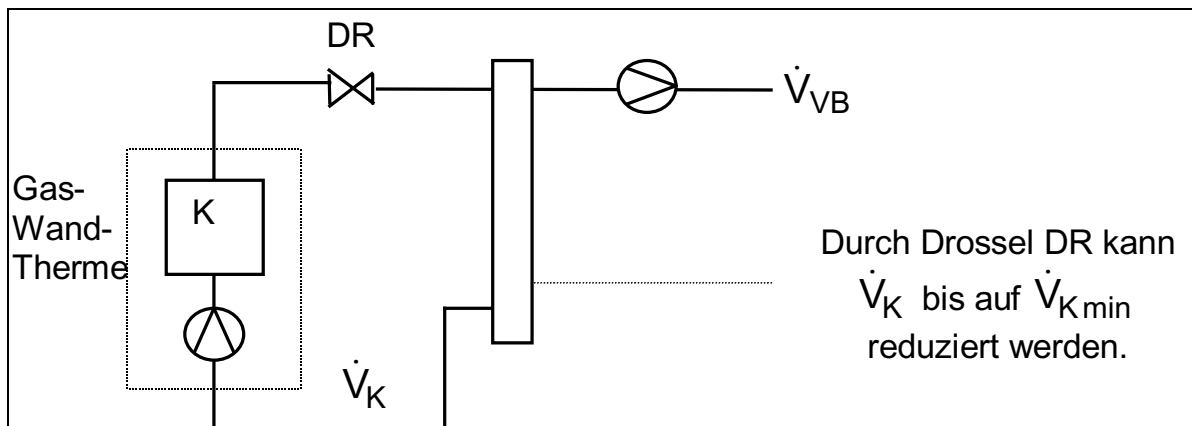
6. Drehzahlveränderliche Pumpen in (Brennwert)-Gaswandgeräten

ZIELSETZUNG:

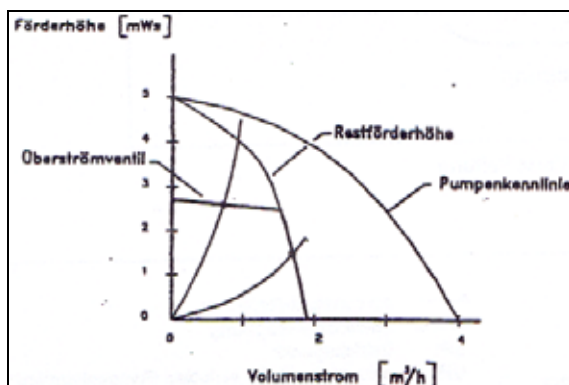
- Auflösung des Konflikts zwischen Mindestdurchfluss - Thermostatventilen - verminderter Brennwertnutzung - Schalhäufigkeit

PLANUNGSREGEL:

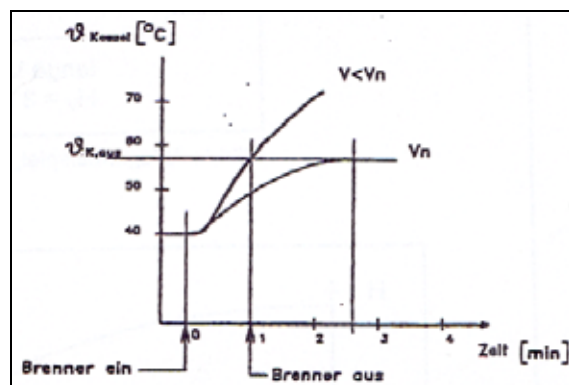
- Gasbrennwert-Wandgeräte sollten nicht mit geregelten Pumpen kombiniert werden
- Eine verbesserte Brennwertnutzung ist möglich bei:
 - Raumtemperatur - (Zweipunkt-) Regelung auf Pumpe und Brenner
 - Ideal modulierendem Brenner
 - wenn keine Anforderungen an Mindestvolumenstrom bestehen
- Neue Überlegungen: Brennwertwandgeräte mit hydraulischer Weiche und vermindertem Primär-Volumenstrom schaffen keine Abhilfe. Das gleiche gilt für Überlegungen zur Volumenstromreduzierung in der Brenner-Aus-Phase zur Verminderung der Schalhäufigkeit. Im NEH sind Überströmventile bereits im Auslegungsfall im Einsatz!



Brennwerttherme mit Drosselventil statt Überströmventil



Kombination Überströmventil - Pumpe



Schaltperiode Brenner

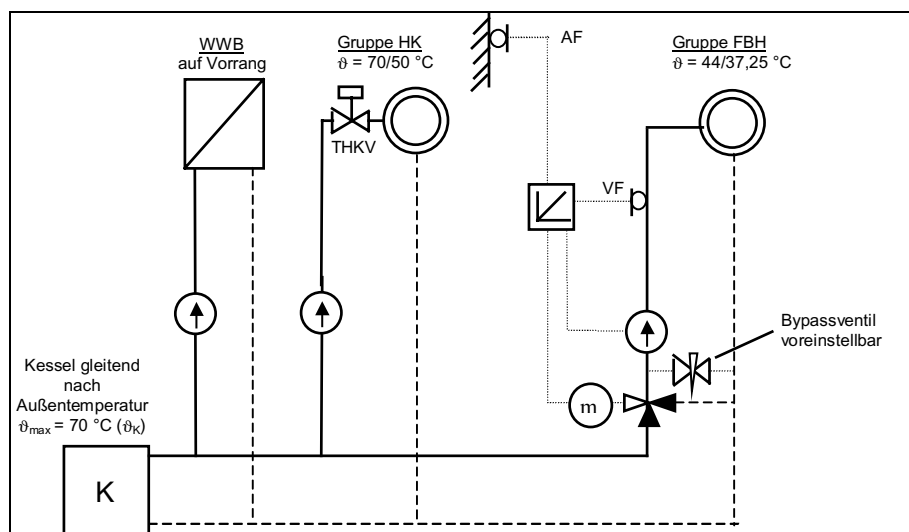
7. Fußbodenheizsystemen mit Einzelraumregelung

ZIELSETZUNG:

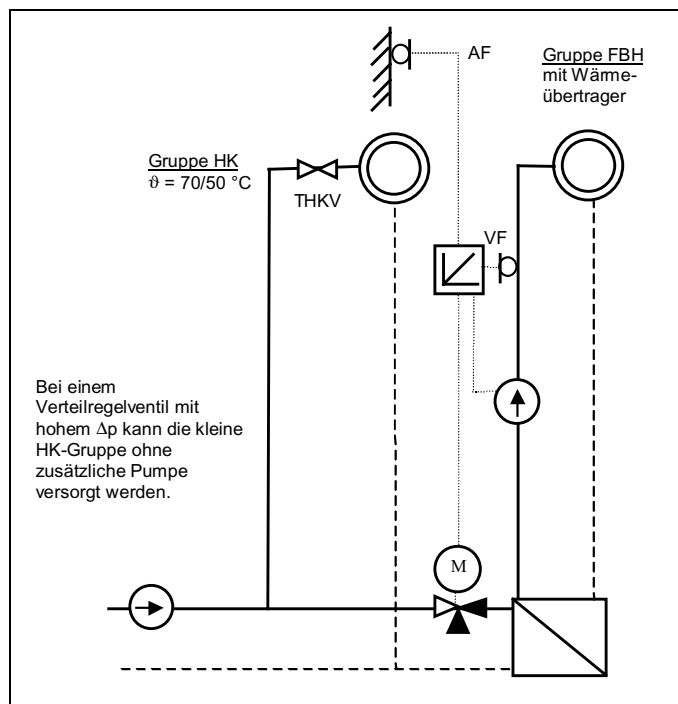
- Empfehlung für den Einsatz von drehzahlgeregelten Pumpen

PLANUNGSREGEL:

- Da Fußbodenheizsysteme gegenüber Heizkörpern einen höheren Volumenstrombedarf aufweisen, ist beim Einsatz von ERR-Systemen die Verwendung drehzahlgeregelter Pumpen zu prüfen.
- Doppelbeimischschaltung wenn: $\dot{m}_{\text{FB-Kreis}} \geq 2 \cdot \dot{m}_{\text{Primär-Kreis}}$
- Bei ERR-Systemen mit Zonenverteilern kann drehzahlgeregelte Pumpe eingesetzt werden.
- Begrenzung des max. Massenstroms bei Kupferrohren mit Stegmantel (14 x 0,8) auf 150 kg/h bei 20 kPa Druckabfall, und 120 m Länge.



Vereinfachtes Schaltschema mit Fußbodenheizgruppe, direkter Anschluss



Systemtrennung bei FBH

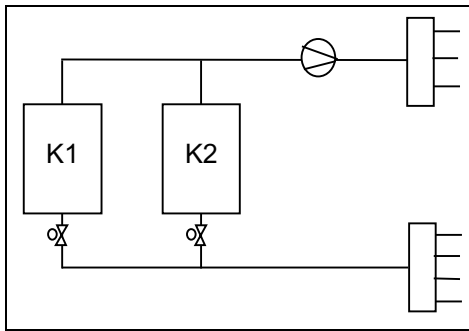
8. Hydraulische Schaltungen für Kesselanlagen

ZIELSETZUNG:

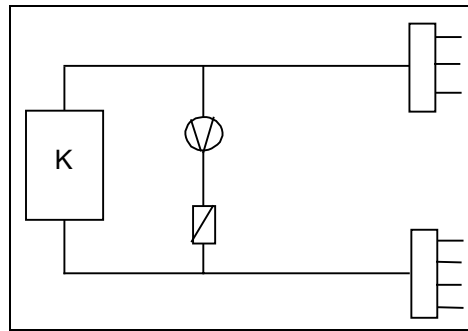
- Regeln für evtl. Einsatz drehzahl geregelter Pumpen auf der Wärmeerzeugerseite

PLANUNGSREGEL:

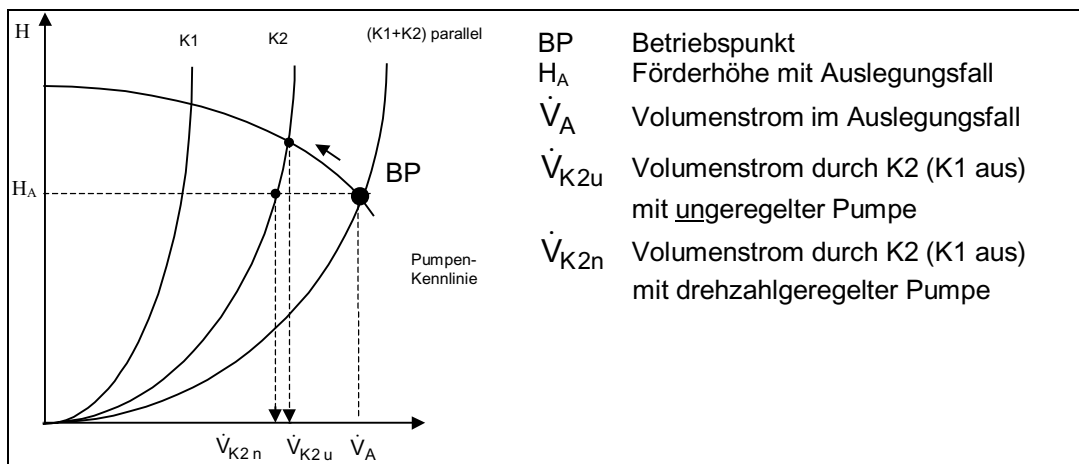
- Bei einer Vorschubpumpe für mehrere Kessel mit und ohne gemeinsamer Rücklaufstemperaturerhöhung ist der Volumenstrom der Zahl der in Betrieb befindlichen Kessel anzupassen. Pumpen mit mehreren Stufen oder Drehzahlregelung sind vorteilhaft, um die Volumenstromschwankungen in den einzelnen Kesseln klein zu halten.
- Mehrstufige Kesselkreispumpen bei einem Verteiler-/Sammleranschluß vermeiden. Im Teillastfall entsteht sonst eine Überversorgung auf der Verbraucherseite. Besser drehzahl geregelte Pumpen einsetzen.
- Bei Kessel mit großem Widerstand auf Pumpen im Primärkreis nicht verzichten
- Primärkreise, die auf Durchgangsventile arbeiten, sind mit geregelten Pumpen auszustatten.
- Kesselbeimischpumpen sollten in Neuanlagen und nach Kesselaustausch vermieden werden, weil die hydraulischen Verhältnisse unklar sind.
- Die \dot{V} -Stufen der Vorschubpumpen sind entsprechend den Anforderungen der Kesselhersteller (Mindestvolumenstrom) und entsprechend regelungstechnischer Anforderungen sorgfältig einzustellen. Eine Anpassung der Kesselvorlauftemperatur ist ebenfalls zu beachten!



Vorschubpumpe



Kesselbeimischpumpe



Vorschubpumpe in Zweikesselanlage, geregelt (n) und ungeregelt (u)

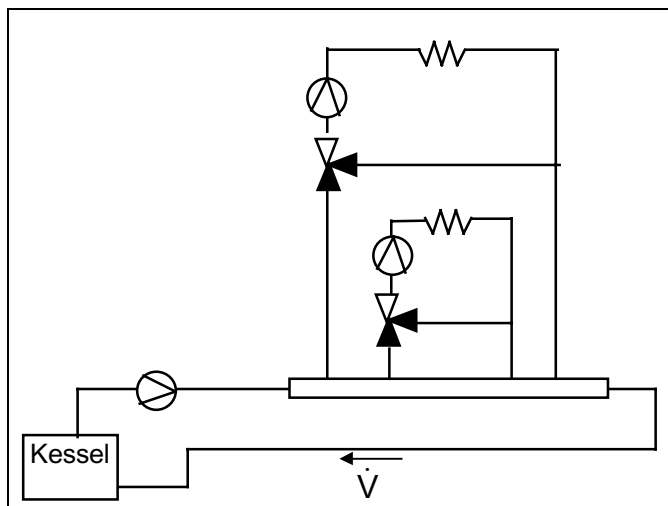
9. Gegenseitige Beeinflussung von Heizgruppen mit drehzahlregelten Pumpen

ZIELSETZUNG:

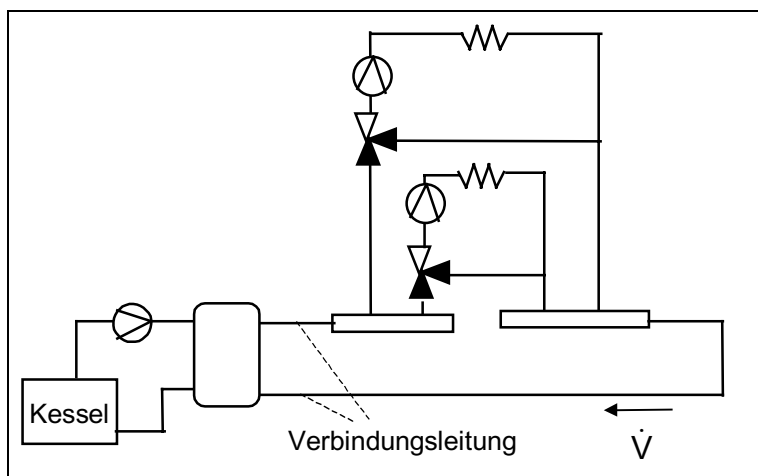
- Untersuchen, ob für Regelpumpen an Verteilern oder hydraulischen Entkopplern besondere Regeln zu beachten sind.

PLANUNGSREGEL:

- Durch den Einsatz drehzahl geregelter Pumpen an differenzdruckarmen Verteilern wird die gegenseitige Beeinflussung gegenüber unregulierten Pumpen verbessert.
- Parallel an differenzdruckbehafteten Verteilern angeschlossene Regelpumpen können sich gegenseitig beeinflussen; abhängig vom Widerstand des Primärkreises mit und ohne Pumpe.
- Bei der hydraulischen Weiche mit nachgeschaltetem Verteiler/Sammler ist die Verbindungsleitung großzügig zu dimensionieren.
- Bei direktem Anschluß an einen hydraulischen Entkoppler können Fehlströmungen zwischen den Heizgruppen ausgeschlossen werden. Auf den Einbau von Rückschlagklappen in den Rücklauf oder Bypass der Heizgruppen kann verzichtet werden.



Differenzdruckarmer Verteiler



Hydraulische Weiche

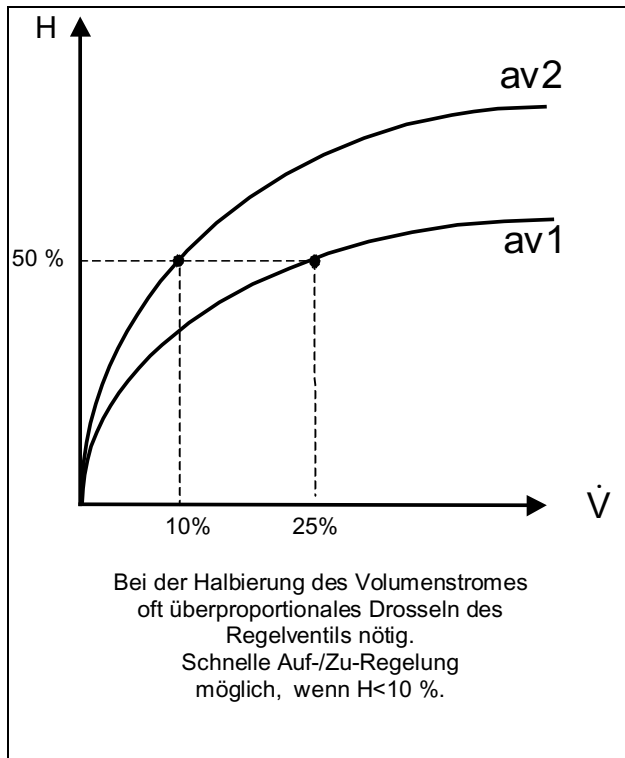
10. Erweiterung des Regelbereichs einfacher oder doppelter Regelventile

ZIELSETZUNG:

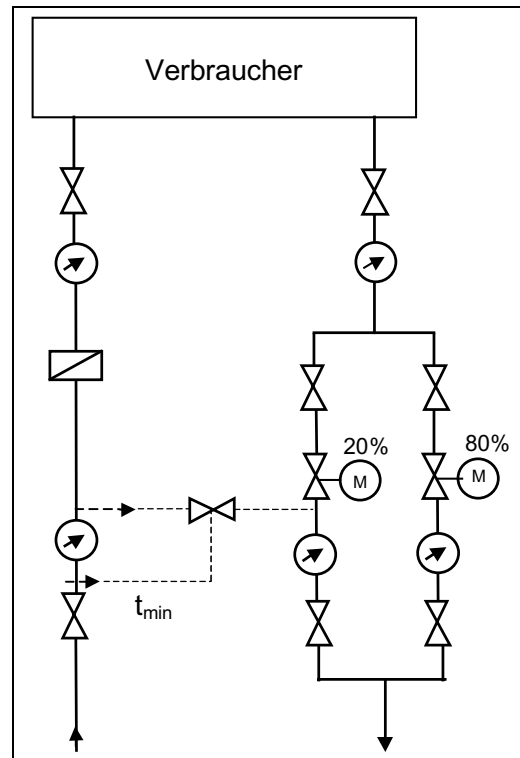
- Geringere Investitionen für größere Anlagen durch Vermeidung von Mehrfachregelventilen.

PLANUNGSREGEL:

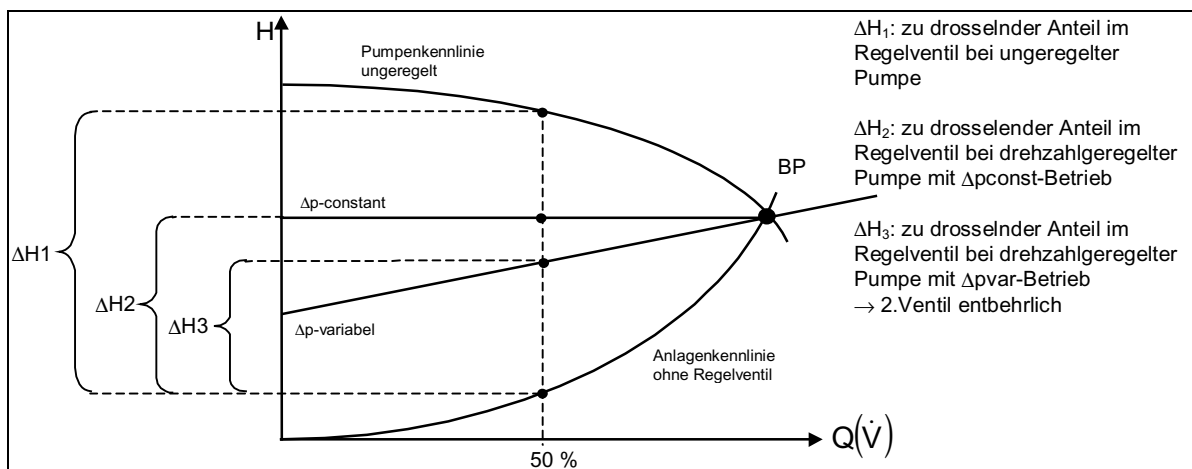
- Durch Einsatz drehzahl geregelter Pumpen kann der Regelbereich (Stellverhältnis) von Regelventilen vergrößert werden.



Kennlinien Regelventil



Mehrfach-Regelventile



Kombination Regelventil mit verschiedenen Pumpen-Regelungsarten

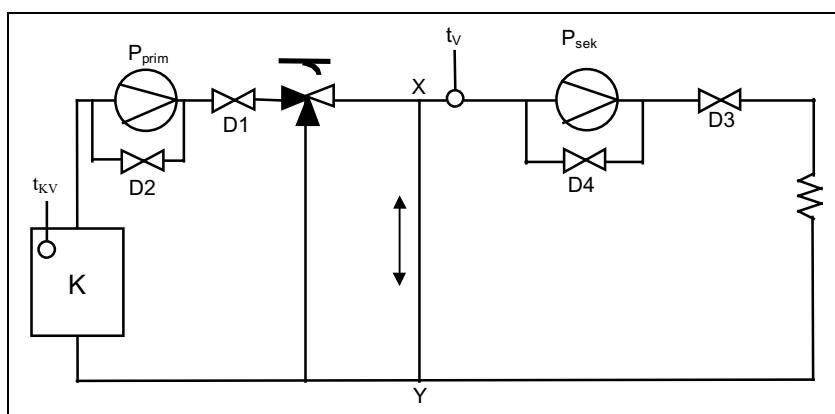
11. Vereinfachung des hydraulischen Abgleichs bei Einspritzschaltungen

ZIELSETZUNG:

- Verzicht auf Einstelldrosseln im Primär- und Sekundärkreis durch Anpassen der Betriebspunkte.
- Durch Einsatz von Regelpumpen im Primär- und Sekundärkreis und mit Möglichkeit der H, \dot{V} -Einstellung ist ein hydraulischer Abgleich denkbar. Auf die Einstelldrosseln kann somit bei große Anlagen verzichtet werden.

PLANUNGSREGEL:

- Für einen hydraulischen Abgleich ist der Widerstand der hydraulischen Schaltweise durch entsprechende Dimensionierung (hydraulische Berechnung) sowie durch Einstellung der Differenzdrücke (Drosselung von Ventilen, Verschraubungen) bei Nennlast aufeinander abzustimmen.
- Beispiel zum hydraulischen Abgleich einer Anlage mit Einspritzschaltung: Die vorgesehene Funktionsweise kann anhand der Temperaturen t_{KV} und t_V kontrolliert werden (Bild). Es soll im Auslegungsfall (d. h. bei voll geöffnetem Dreiwegeventil) $t_{KV} = t_V$ sein. Ist jedoch $t_{KV} > t_V$, können zwei Lösungswege betrachtet werden:
 1. Die sekundärseitige Pumpe P_{sek} kann durch folgende Maßnahmen gedrosselt werden:
 - durch Schließen von D 3 oder
 - durch Öffnen von D 4 oder
 - durch Reduzieren der Pumpendrehzahl (beste Möglichkeit)
 2. Kommt es bei zu starker Förderung der Primärpumpe P_{prim} und daraus folgender zusätzlicher Verringerung des Stellhubs am Dreiwegeventil immer noch zu keiner Beimischung von Rücklaufwasser (Ziel: $t_{KV} = t_V$), dann ist der Förderstrom der Pumpe P_{prim} folgendermaßen zu drosseln:
 - durch Schließen von D1 oder
 - durch Öffnen von D 2 oder
 - durch Reduzieren der Pumpendrehzahl (beste Möglichkeit).



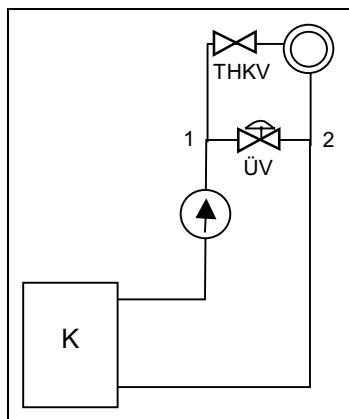
12. Überströmventile und Differenzdruckregler in Steigsträngen

ZIELSETZUNG:

- Regeln für die jeweiligen Einsatzgrenzen

PLANUNGSREGEL:

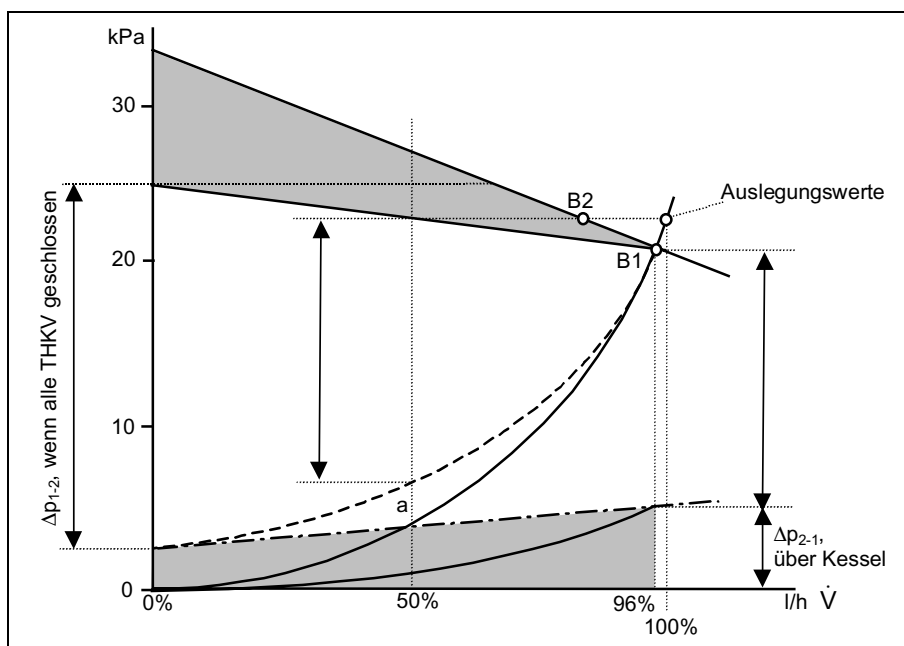
- Auf Überströmventile verzichten, wenn der Auslegungsbetriebspunkt kleiner 20 kPa liegt.
- In einer Anlage sollten Überströmventile und geregelte Pumpe nicht kombiniert werden. Die sicherheitstechnischen Anforderungen des Wärmeerzeugers dürfen dem nicht widersprechen - Mindestvolumenstrom des Kessels ist zu gewährleisten. Das Augenmerk ist aus Gaswand-Thermen zu richten: dort ist die Kombination von Überströmventil und geregelter Pumpe (überdimensioniert) vorzufinden.
- Der Einsatz von Differenzdruckreglern in Steigsträngen (meist pumpennah) wird erforderlich, wenn trotz geregelter Pumpen Strangdifferenzdrücke größer 20...30 kPa auftreten.
- Die Kombination einer zentralen und dezentralen Differenzdruckregelung erzielt besonders gute Ergebnisse in weit verzweigten Netzen.



Einbausituation

Pumpe arbeitet im Punkt B1, Überströmventil ÜV ist noch geschlossen. Wenn THKV drosseln, steigt der Differenzdruck der Anlage an und ein Teilstrom fließt über das ÜV. Der Differenzdruck des ÜV ist nicht konstant, sondern steigt mit der Zunahme des Volumenstromes durch das ÜV an. Der Betriebspunkt verschiebt sich nach B2. Der Kessel-druckverlust fällt wegen des reduzierten Volumenstromes ebenfalls (graues Feld unten). Begrenzung des steilen Druckanstiegs der Pumpe durch das ÜV. Der obere graue Druckanteil der Pumpenkennlinie wird durch das Überströmen abgeschnitten.

$$\Delta p_{\max. \text{THKV}} = \Delta p_{\max. \text{ÜV}}$$



Zusammenwirken von Pumpe und Rohrnetz bei Anlage mit Überströmventil

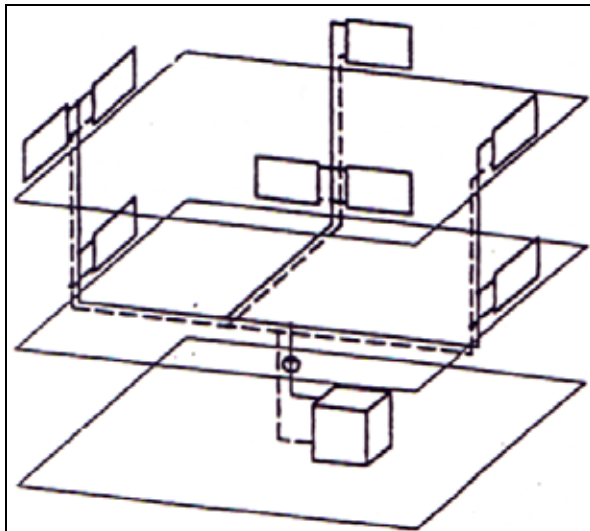
13. Regelungsarten: Δp -const oder Δp -variabel

ZIELSETZUNG:

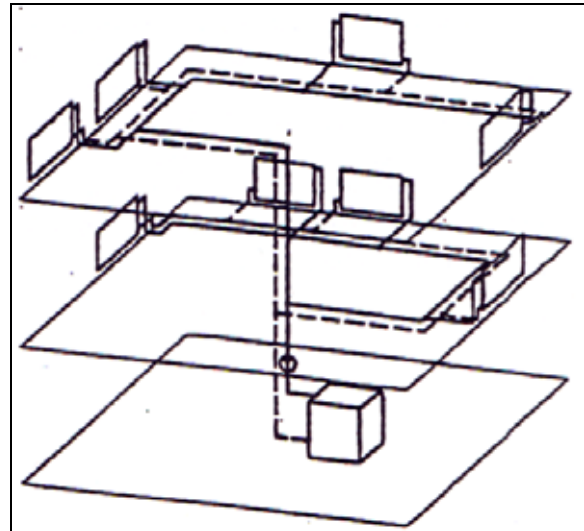
- Empfehlung (grob) für Einsatzfelder

PLANUNGSREGEL:

- Die Differenzdruckerfordernis bei völlig ungemischten Verbrauchern, z. B. Steigstränge, die nur Wohn- oder Schlafräume versorgen, führt zum bevorzugten Einsatz von Δp -constant-Regelungen (Bild 1).
- Die Differenzdruckerfordernis bei gut gemischten Verbrauchssträngen, z. B. wohnungsweiser Anschluß mit waagerechten Anbindungsleitungen, führt zum bevorzugten Einsatz von Δp -variabel-Regelung (Bild 2).
- Förderhöhe im Betriebspunkt sorgfältig nach Rohrnetzrechnung durchführen.
- Bei Neuanlagen sollten für Heizgruppen mit thermostatischen Heizkörperventilen Betriebsförderhöhen über 2m vermieden werden.
- Mit Ausnahme der Einrohrheizung variieren die Volumenströme in Anlagen mit Thermostatventilen, Regelpumpen sind zu empfehlen, wenn ihr Elektroenergiebedarf wesentlich geringer ist als der von unregulierten Pumpen.



1: Zweirohrsystem mit unterer Verteilung



2: Zweirohrsystem mit waagerechter Verteilung und ringförmiger Rohrführung

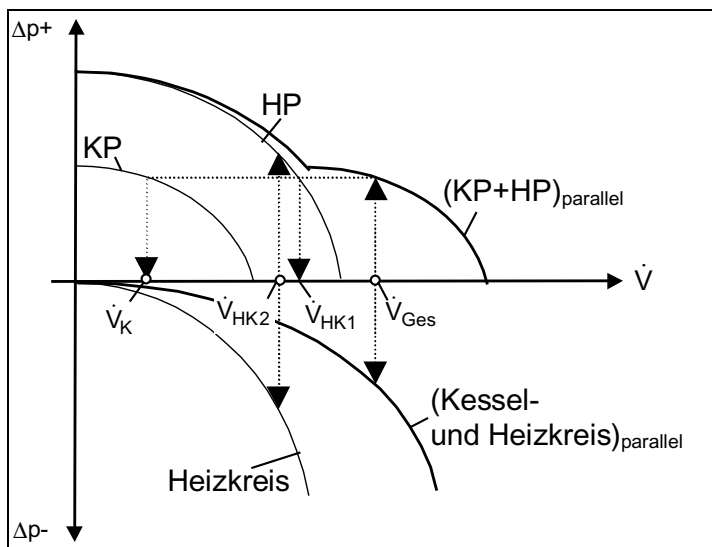
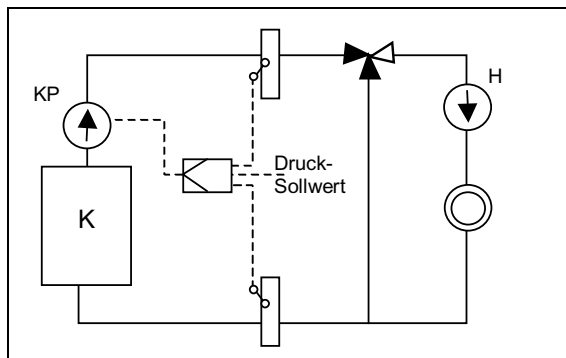
14. Gegenseitige Beeinflussung von Pumpen an Verteilern und Sammlern

ZIELSETZUNG:

- Eine gegenseitige Beeinflussung kann sicher nur durch Einzelanschluß der Verbrauchergruppen an einen hydraulischen Entkoppler angeschlossen werden. Es ergeben sich dann ungünstige Betriebsbedingungen bei Brennwertkesseln

PLANUNGSREGEL:

- Eine Reduzierung ist durch folgende Maßnahmen möglich:
 - Mit Hilfe der Kesselkreispumpe den Differenzdruck am Verteiler auf minimalen Wert ($\rightarrow 0$) regeln. Bei Erreichen eines Mindestvolumenstroms und laufendem Brenner können Brenner und Pumpe gleichzeitig in ihrer Leistung reduziert werden
 - Bei Kessel mit großem wasserseitigen Widerstand eine geregelte Pumpe vorsehen.
 - Auf der Sekundärseite Pumpen mit Δp -variabel-Regelung vermeiden - vermehrt Probleme im Teillastbereich.
 - Zur Kompensation der auftretenden Unterversorgungen im Teillastbetrieb bei Anlagen ohne Kesselkreispumpe auf der Verbraucherseite mehrstufige Pumpe einsetzen.
 - Mehrstufige Pumpen bei unregelmäßigen Verbraucherkreisen einsetzen - günstige Betriebsbedingungen im Teillastbetrieb
- Gegenseitige Beeinflussung abhängig vom Widerstand (keine Primärpumpe) bzw. vom Drucküberschuß (primärseitige Pumpe) mit Überströmventil oder Differenzdruckregler in Reihe (Fernwärme).



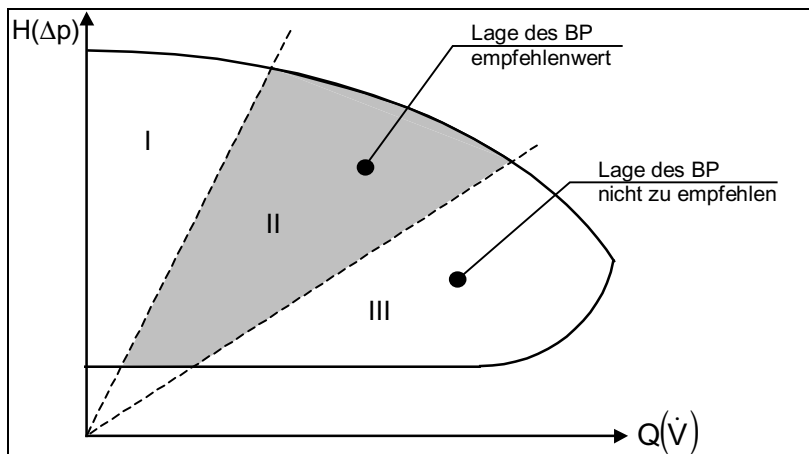
15. Fehleinschätzungen beim Betrieb geregelter Pumpen

ZIELSETZUNG:

- Vermeidung von Planungsfehlern bei der Wahl

PLANUNGSREGEL:

- Die Drehzahlregelung ersetzt nicht die sorgfältige Dimensionierung der Pumpe. Die korrekte Förderhöhe ist auch künftig gemäß der Rohrnetzrechnung einzustellen.
- Der berechnete Betriebspunkt sollte im oberen Bereich des Segments II in der Nähe der maximalen Drehzahl liegen. Im Segment II sind der Wirkungsgrad und die Betriebssicherheit der Pumpe am größten.
- Die Förderhöhe der Pumpe steht mit der Höhe des zu beheizenden Gebäudes in keinem Zusammenhang.
- Die Aufgabe der Heizungsumwälzpumpen besteht darin, die erforderliche Wasserzirkulation zwischen Wärmeerzeugung und Wärmeabnehmer zu gewährleisten. Gleichzeitig muss die Pumpe die Druckverluste des Rohrnetzes inklusive der Einzelwiderstände überwinden, sie soll das Wasser nicht in einen Hochbehälter pumpen.
- Die Steuerung einer Primärpumpe über die Kesselregelung erfüllt nicht die Anforderungen (der EnEV) einer bedarfsabhängigen Regelung in mindestens drei Stufen.
- Die Steuerung der Pumpe über die Kesselregelung (Pumpenlogik) richtet sich nach den Anforderungen des Wärmeerzeugers und nicht nach den Verbrauchern. Die Pumpe soll dem Volumenstrombedarf der Verbraucher angepasst werden, der sich durchaus vom Kesselvolumenstrom unterscheiden kann. Eine Kombination der Regelung von Pumpe, Heizkreis und Kessel ist anzustreben.
- Durch den Einsatz einer geregelten Pumpe sind Geräuschprobleme nicht generell vermeidbar bzw. ausgeschlossen.



Quelle: Datenpool IfHK, FH Wolfenbüttel