

Planungsunterstützung

Pufferspeichermanagement
Kaskadensteuerung



Hinweis

Alle in dieser Broschüre beschriebenen und dargestellten Funktionen sind genauso mit den Kesseltypen Turbomatic, T4 und TX möglich, es ist lediglich auf die Einbindung der Rücklaufanhebung zu achten!

1) Pufferspeichermanagement

Bei Anlagen mit Pufferspeicher wird die Betriebsart "Übergangsbetrieb" gewählt. In dieser Betriebsart stehen vier Pufferladezeitfenster mit höchster Priorität zur Verfügung. Der Kessel startet nur innerhalb dieser Zeitfenster, außerhalb der Zeitfenster werden Wärmeanforderungen ignoriert.

1.1) 2-Fühler-Pufferspeichermanagement

Beim 2-Fühler-Pufferspeichermanagement werden die obere und untere Temperatur im Pufferspeicher für die Berechnung des Startkriteriums herangezogen. Folgende Formeln sollen die Kriterien für den Start bzw. Stopp des Kessels veranschaulichen:

START-KRITERIUM:

Die Einstellung der minimalen Pufferspeichertemperatur erfolgt über die Kessel-Solltemperatur (KT_{Soll}) minus eines einstellbaren Wertes (T_{Start}). Unterschreitet die obere Pufferspeichertemperatur (PU_{oben}) innerhalb des definierten Pufferladezeitfensters die eingestellte minimale Pufferspeichertemperatur, startet der Kessel.

$$KE_{Start} = ZF_{aktiv} \ \& \ [PU_{oben} < (KT_{Soll} - T_{Start})]$$

STOPP-KRITERIUM:

Endet das eingestellte Pufferladezeitfenster während des Heizbetriebs stellt der Kessel geregelt ab.

$$KE_{Stopp} = ZF_{inaktiv}$$

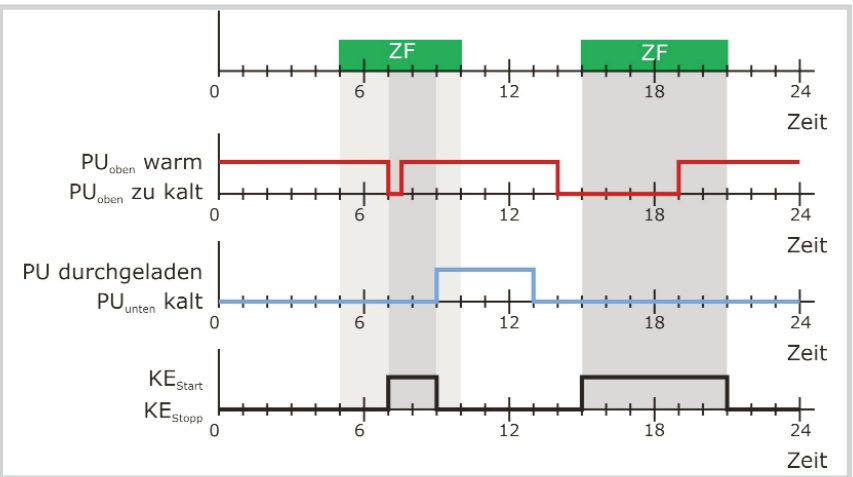
Ist das Durchladekriterium nach der unteren Pufferspeichertemperatur erreicht, stellt der Kessel geregelt ab.

$$KE_{Stopp} = PU_{unten} > (KT_{Soll} - T_{Stopp})$$

Begriffserklärungen

KE _{Start}	... Kesselstart
KE _{Stopp}	... Kesselstopp
ZF _{aktiv}	... Innerhalb des Zeitfensters
ZF _{inaktiv}	... Außerhalb des Zeitfensters
PU _{oben}	... Puffertemperatur oben
PU _{unten}	... Puffertemperatur unten
KT _{Soll}	... Kessel-Solltemperatur
T _{Start}	... Einstellbarer Wert
T _{Stopp}	... Einstellbarer Wert

Ablaufdiagramm für Kesselstart/-stopp



Standardwerte für Pelletskessel P4

ZF _{aktiv}	... Innerhalb des Zeitfensters [06:00 - 22:00]
ZF _{inaktiv}	... Außerhalb des Zeitfensters [22:00 - 06:00]
KT _{Soll}	... Kessel-Solltemperatur [70°C]
T _{Start}	... Einstellbarer Wert [15°C]
T _{Stopp}	... Einstellbarer Wert [10°C]
BT _{Soll}	... Boiler-Solltemperatur [55°C]
BT _{min}	... minimale Boilertemperatur [45°C]
NLZ	... einstellbare Nachlaufzeit [10min]
SP	... Startpunkt [75%]

1.2) 2-Fühler-Pufferspeichermanagement mit bedarfsgeführter Anforderung

Bei dieser Funktion meldet das Systemumfeld (Heizkreise, Boiler) Temperaturvorgaben an die Regelung zurück und vergleicht diese mit der aktuellen Pufferspeichertemperatur. Folgende Formeln sollen die Kriterien für den Start bzw. Stopp des Kessels veranschaulichen:

START-KRITERIUM:

Unterschreitet die obere Pufferspeichertemperatur (PU_{oben}) innerhalb des eingestellten Zeitfensters die höchste aktuell benötigte Temperatur am Vorlauf (VL_{Soll}) bzw. die gewünschte Boiler-Solltemperatur (BT_{Soll}) plus einer Hysterese von 2 °C, startet die Kesselanlage.

$$KE_{Start} = ZF_{aktiv} \& [PU_{oben} < ((VL_{Soll} \text{ oder } BT_{Soll}) + 2 \text{ °C})]$$

STOPP-KRITERIUM:

Endet das eingestellte Pufferladezeitfenster während des Heizbetriebs stellt der Kessel geregelt ab.

$$KE_{Stopp} = ZF_{inaktiv}$$

Stoppen die Heizkreise oder der Boiler benötigt keine Wärme mehr, stellt nach einer einstellbaren Nachlaufzeit der Kessel geregelt ab.

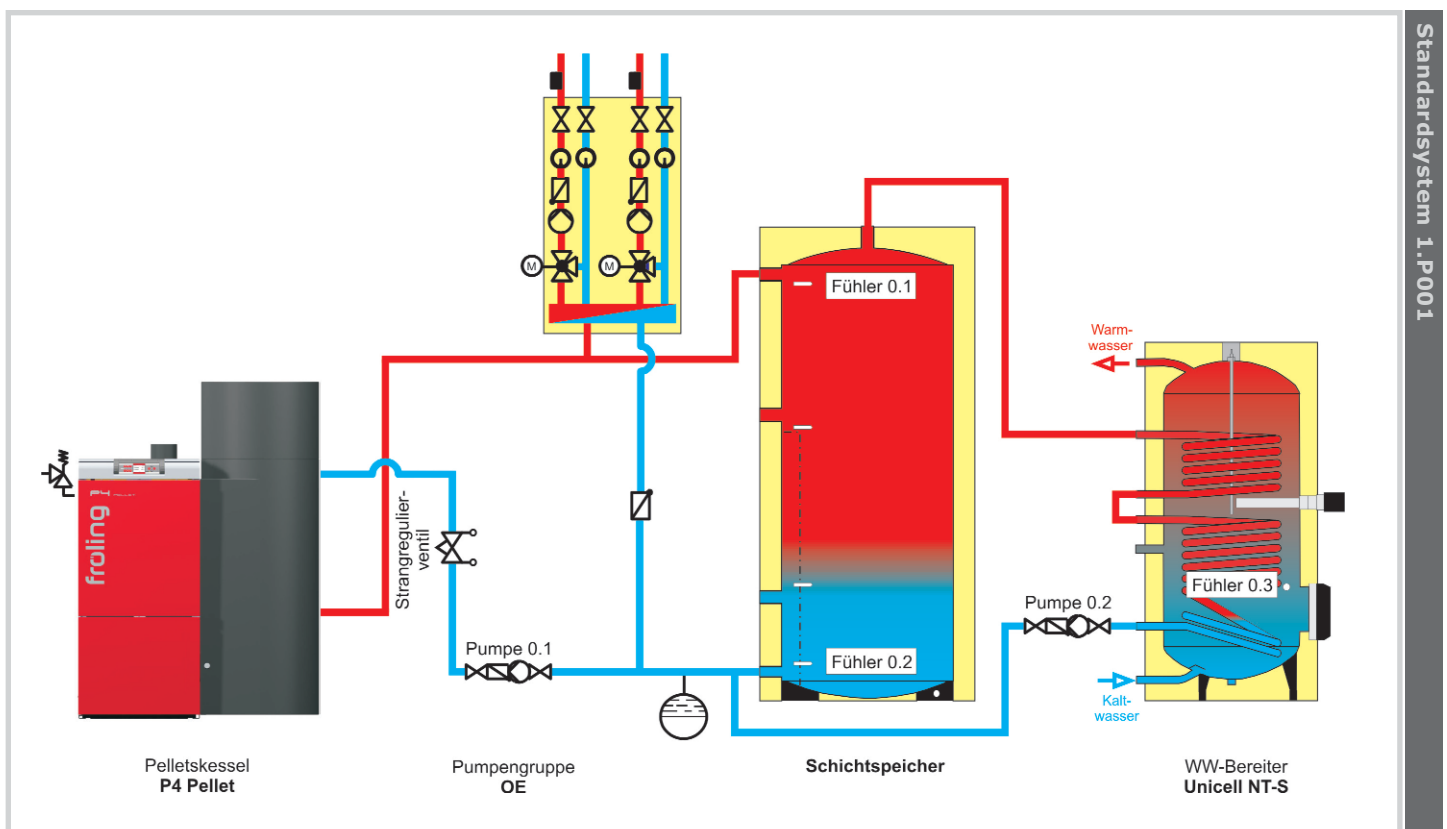
$$KE_{Stopp} = [HK_{inaktiv} \text{ oder } (BT_{aktuell} > BT_{min})] + NLZ$$

Ist das Durchladekriterium nach der unteren Pufferspeichertemperatur erreicht, stellt der Kessel geregelt ab.

$$KE_{Stopp} = PU_{unten} > (KT_{Soll} - T_{Stopp})$$

Begriffserklärungen

KE _{Start}	... Kesselstart
KE _{Stopp}	... Kesselstopp
ZF _{aktiv}	... Innerhalb des Zeitfensters
ZF _{inaktiv}	... Außerhalb des Zeitfensters
PU _{oben}	... Puffertemperatur oben
PU _{unten}	... Puffertemperatur unten
KT _{Soll}	... Kessel-Solltemperatur
T _{Stopp}	... Einstellbarer Wert
VL _{Soll}	... Vorlauf-Solltemperatur
BT _{aktuell}	... Aktuelle Boilertemperatur
BT _{Soll}	... Boiler-Solltemperatur
BT _{min}	... minimale Boilertemperatur
HK _{inaktiv}	... Heizkreispumpe stoppt
NLZ	... einstellbare Nachlaufzeit



Mehrfühlermanagement

1.3) Mehrfühlermanagement

Bei dieser Funktion werden vier Fühler gleichmäßig über die gesamte Pufferspeicherhöhe verteilt. Die Regelung ermittelt daraus einen Pufferladezustand zwischen 0 und 100%. Kurzfristige Lastwechsel lassen sich dadurch schnell erkennen (z.B. Heizlüfter, Lackierkabine, ...)

Bei größeren Anlagen mit einem knapp dimensionierten Pufferspeicher kann somit ein konstanter Lastpunkt erreicht werden, da die Leistung der Kesselanlage reduziert wird bevor der Pufferspeicher durchgeladen ist.

Folgende Formeln sollen die Kriterien für den Start bzw. Stopp des Kessels veranschaulichen:

START-KRITERIUM:

Die Einstellung der Ladekurve erfolgt über die Definition der mittleren Pufferspeichertemperatur für 0 bzw. 100%.

Unterschreitet der Ladezustand den Startpunkt, startet der Kessel.

$$KE_{Start} = ZF_{aktiv} \ \& \ LZ \ [\%] < SP \ [\%]$$

STOPP-KRITERIUM:

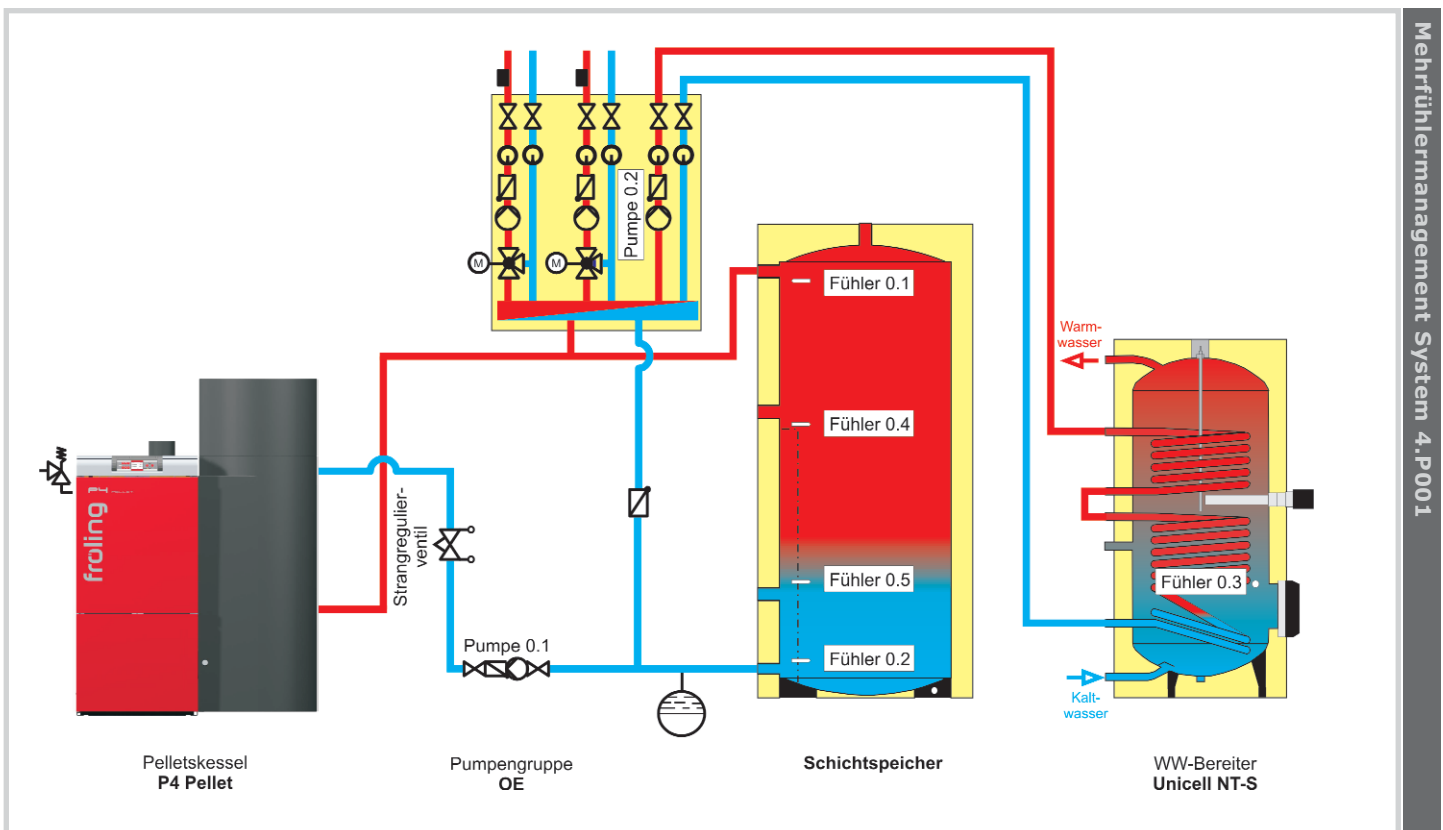
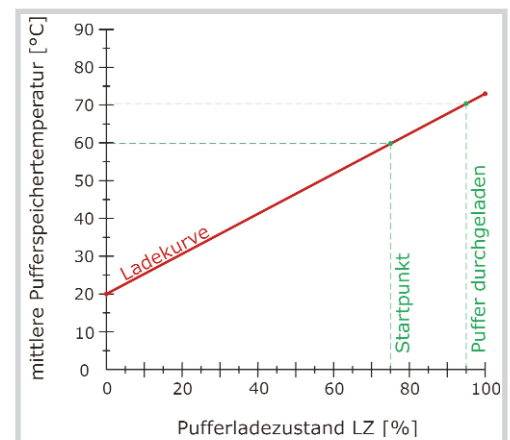
Endet das eingestellte Pufferladezeitfenster während des Heizbetriebs, stellt der Kessel geregelt ab.

$$KE_{Stopp} = ZF_{inaktiv}$$

Ist das Durchladekriterium nach dem maximalen Pufferladezustand erreicht, stellt der Kessel geregelt ab.

$$KE_{Stopp} = LZ > 95\%$$

Begriffserklärung	
KE _{Start}	... Kesselstart
KE _{Stopp}	... Kesselstopp
ZF _{aktiv}	... Innerhalb des Zeitfensters
ZF _{inaktiv}	... Außerhalb des Zeitfensters
LZ	... Ladezustand
SP	... Startpunkt



2) Kaskadensteuerung

Bei der Fröling Kaskadensteuerung können bis zu vier Kessel im Verbund betrieben werden. Die Vorteile einer Kaskade zeigen sich auch in der warmen Jahreszeit. An den meisten Heiztagen im Jahr reicht ein Kessel zur Deckung des Wärmebedarfs aus. Ein weiteres Plus ist die erhöhte Betriebssicherheit, denn die Erbringung der Wärmeleistung ist auf mehrere Kessel aufgeteilt.

Da die Kaskadensteuerung unterschiedliche Möglichkeiten bietet, können sowohl Kessel mit gleicher als auch unterschiedlicher Nennwärmeleistung kombiniert werden. Hierzu vergibt man unterschiedliche Startprioritäten, wodurch nicht der Kessel mit der größten Nennwärmeleistung als erstes startet, sondern jener, welcher z.B. für die Brauchwasserbereitung ausreicht. Kommen Kessel mit gleicher Nennwärmeleistung zum Einsatz und man vergibt jedem Kessel die gleiche Startpriorität, werden die Betriebsstunden als Startkriterium herangezogen. So wird eine gleiche Auslastung und eine überaus effiziente Heizlösung erreicht.

Nähere Details zu den verschiedensten Einstellungsmöglichkeiten können aus der Bedienungsanleitung des Kaskadenmodul/Busrepeater entnommen werden!

2.1) Funktionsprinzip der Kesselansteuerung

Folgende Parameter sind in der Regelung eingestellt:

- Kesselsolltemperatur: **75 °C**
- Pufferladezustand ist 100% bei Kesselsoll - Parameter **2 K**
- Pufferladezustand ist 0% bei **20 °C**

Daraus ergibt sich, dass der Pufferspeicher bei einer mittleren Pufferspeichertemperatur von **73 °C** einen Ladezustand von 100% aufweist.

Formel:

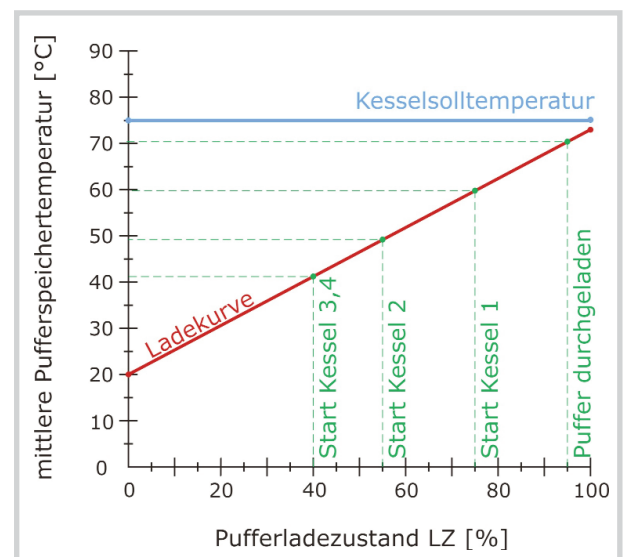
$$\text{Start/Stopptemperatur} = \text{LZ 0\%} + \frac{(\text{LZ 100\%} - \text{LZ 0\%}) \times \text{Startpunkt}}{100\%}$$

Erreicht der Pufferspeicher einen Ladezustand von **95%** werden alle Kessel abgestellt.

$$\text{Stopptemperatur} = 20 \text{ °C} + \frac{(73 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) \times 95\%}{100\%} \approx \underline{\underline{70,4 \text{ °C}}}$$

Aus oben dargestellter Formel ergeben sich als Startpunkte der Kessel 1, 2 sowie 3 und 4 (sofern vorhanden) folgende Temperaturen:

Startpunkt Kessel 1:	LZ 75%	59,8 °C
Startpunkt Kessel 2:	LZ 55%	49,2 °C
Startpunkt Kessel 3 und 4	LZ 40%	41,2 °C
Schnellstart [%/10 min]	15%	8,0 °C

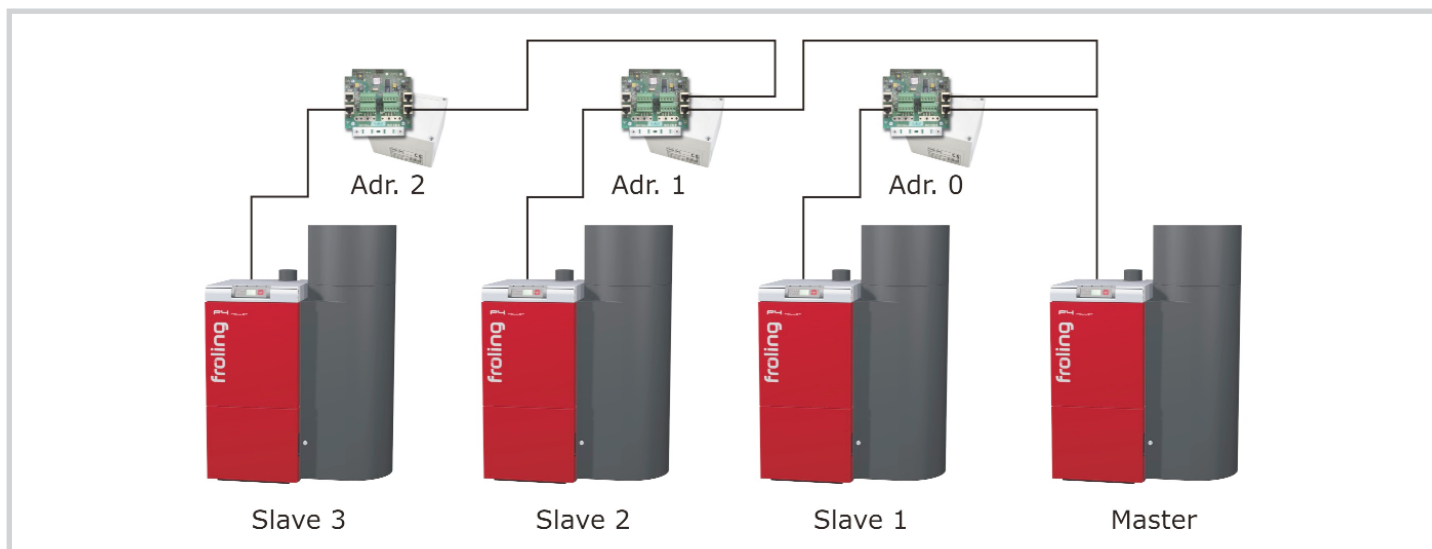


Unverbindliche Planungsvorschläge

2.2) Verdrahtung der Module

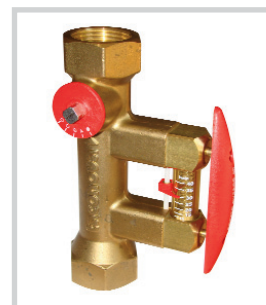
Hinweis

Zwischen den einzelnen Kesseln ist jeweils ein Kaskadenmodul erforderlich.
Die Anzahl der Kaskadenmodule ergibt sich aus der Anzahl der Kessel minus eins.



2.3) Strangreguliertventil

Das Strangreguliertventil ermöglicht eine exakte und einfache Einregulierung. Der Durchflusswert wird in l/min einjustiert, sodass die zeitraubende Ermittlung von Einstellwerten über Diagramme oder andere Hilfsmittel entfällt. Der Durchflusswert kann an der Skala des im Bypass integrierten Messkörpers, wobei die untere Kante des Schwimmer-Körpers als Ablesemarke dient, eingestellt werden. Der Bypass wird nur durchströmt, wenn der Bügel gedrückt gehalten wird. Sind Anlagen nicht korrekt abgeglichen, tritt meist ein zu hoher Volumenstrom durch den Kessel auf, welcher eine relativ geringe Spreizung zwischen Kesselvor- und rücklauf zur Folge hat.

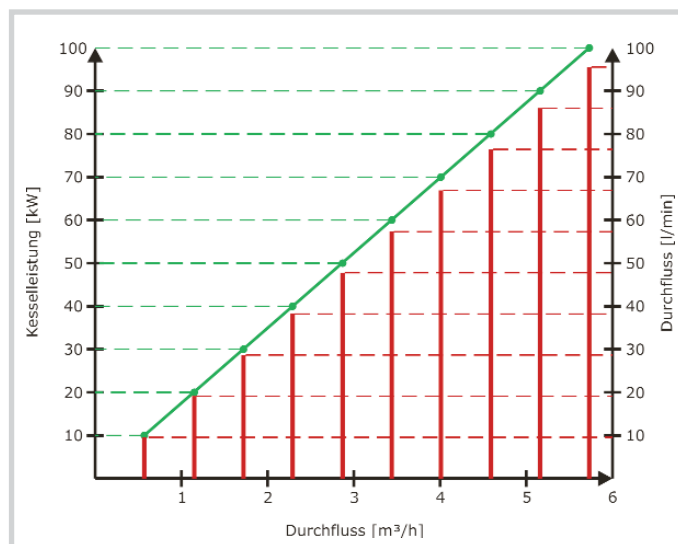


2.3.1 Beispiel für die Einstellung

Pelletsessel P4 Pellet 15 kW, Spreizung 15 K:

$$\dot{m} = \frac{Q_{\text{Ges}}}{c \cdot \Delta T} = \frac{15 \text{ kW}}{1,163 \text{ (kWh/m}^3 \cdot \text{K)} \cdot 15 \text{ K}} \\ \approx 0,86 \text{ m}^3/\text{h} = \underline{14,33 \text{ l/min}}$$

Daraus ergibt sich, dass man bei einer Spreizung von **15 K** näherungsweise die Leistung in kW als Durchfluss in l/min am Strangreguliertventil einstellen kann.

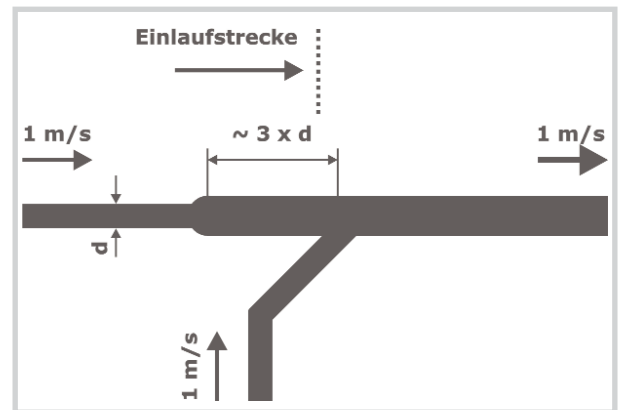


2.4) Hinweise zur Rohrleitungsauslegung

Bei Kaskadenanlagen mit einer Gesamtkesselleistung $> 100 \text{ kW}$ ist aufgrund der Wassermengen darauf zu achten, dass die Anschlüsse der Standard-Schichtspeicher (DN40) einen zu geringen Durchfluss aufweisen. Hier sind Sonder-Schichtspeicher mit größeren Anschlüssen (Heizspeicher SL) einzusetzen. Auch ist auf die hydraulische Einbindung der einzelnen Komponenten besonders zu achten. Im Bereich der Zusammenführung zweier Kesselvor- und rückläufe können zwei Ausführungsvarianten angewendet werden:

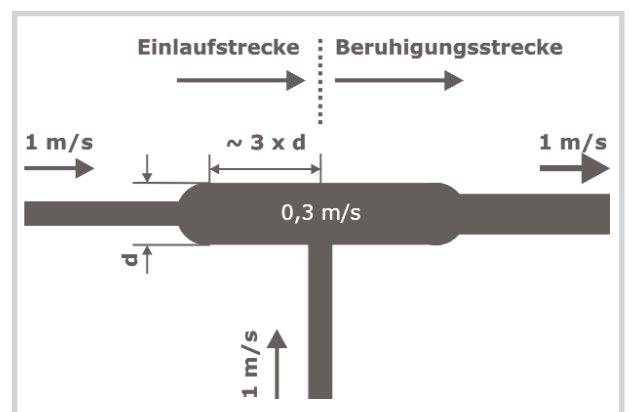
2.4.1) Strömungstechnisch günstige Einbindung

Bei dieser Einbindungsvariante wird vor der Zusammenführung der Kesselvor- bzw. rückläufe auf die der Gesamtkesselleistung entsprechende Dimension erweitert. Der zweite Kesselvor- bzw. rücklauf wird im 45° Winkel in Strömungsrichtung in die Vor- bzw. Rücklaufleitung eingebunden. Als Einlaufstrecke sollte hier in etwa die 3-fache Länge der vorhergehenden Dimension berücksichtigt werden. Die Geschwindigkeit im neuen Teilstück ist auf ca. 1 m/s ausulegen.

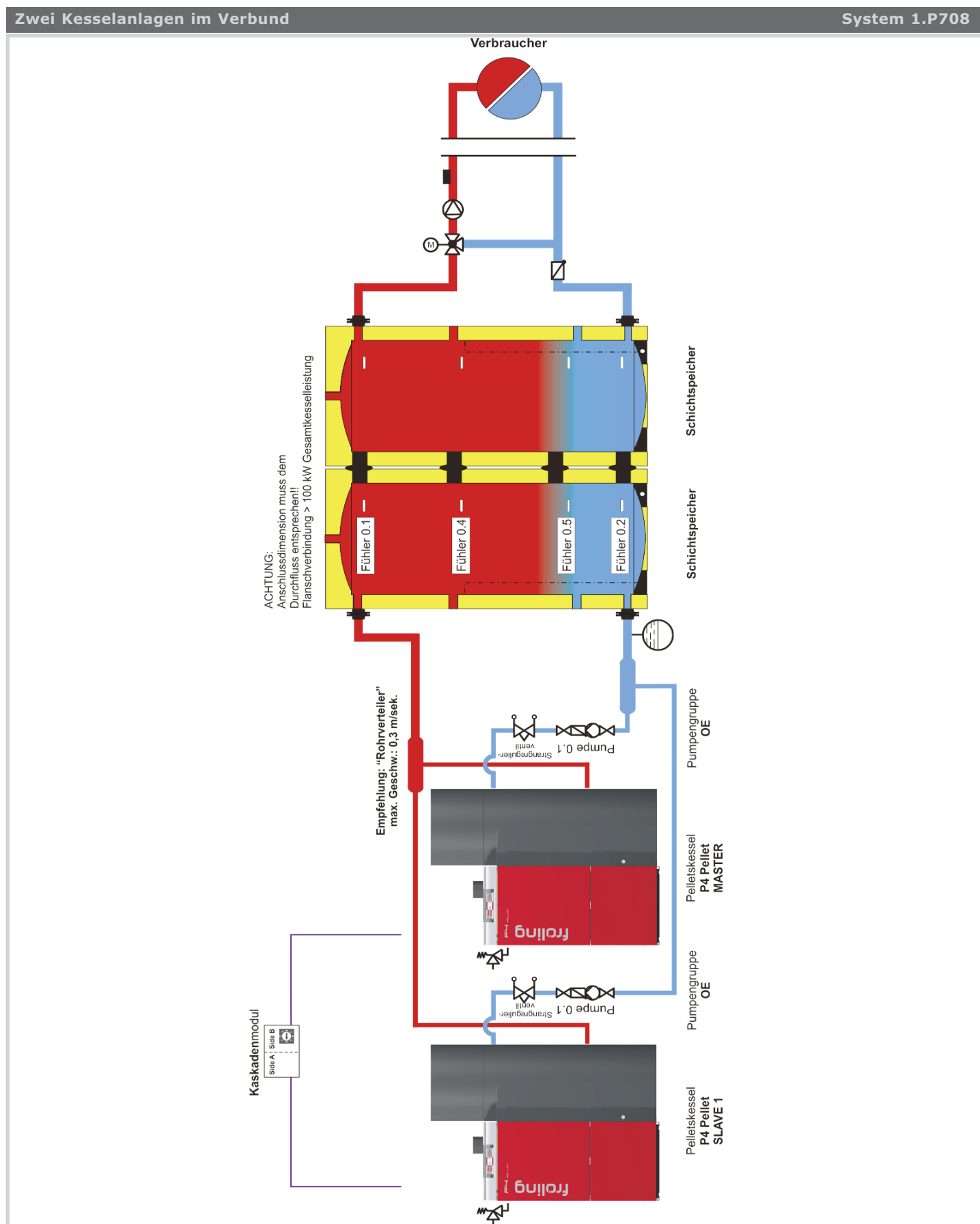


2.4.2) Installation eines Rohrverteilers

Empfehlenswert ist es im Bereich der Zusammenführung zweier Kesselvor- bzw. rückläufe einen Rohrverteiler zu installieren. Wird kein Rohrverteiler eingebaut und die Rohrleitung nicht auf die Leistung abgestimmt, wird das Wasser aufgrund der zu geringen Rohrleitungsdimension stark beschleunigt. Dies kann einerseits zu Lärmentwicklung aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeit und andererseits zu Schichtungsproblemen im Pufferspeicher führen. Installiert man einen Rohrverteiler mit einer entsprechenden Länge, verringert man kurzfristig die Geschwindigkeit auf ca. $0,3 \text{ m/s}$. Die Einlauf- sowie Beruhigungsstrecke des Rohrverteilers sollte dem 3-fachen Durchmesser des Rohrverteilers entsprechen, jedoch mindestens 30 cm betragen. Ab dem Ende des Rohrverteilers ist die Rohrleitung auf die maximal mögliche Gesamtkesselleistung sowie einer Geschwindigkeit von ca. 1 m/s ausulegen.

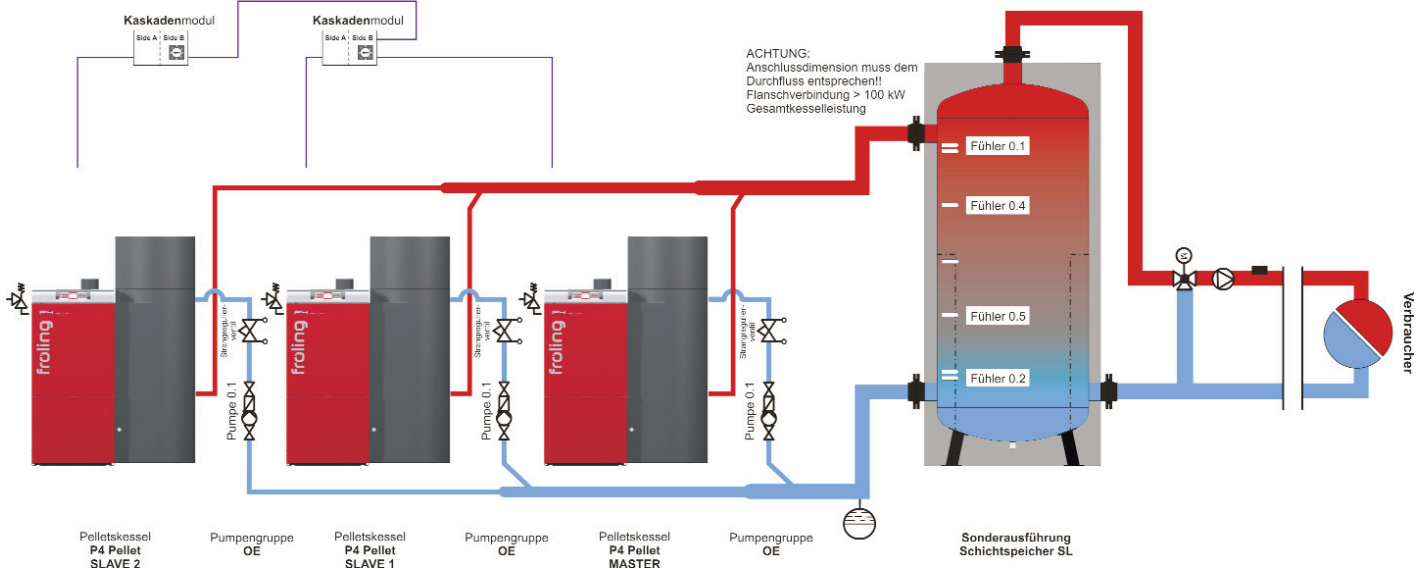


3) Unverbindliche Planungsvorschläge



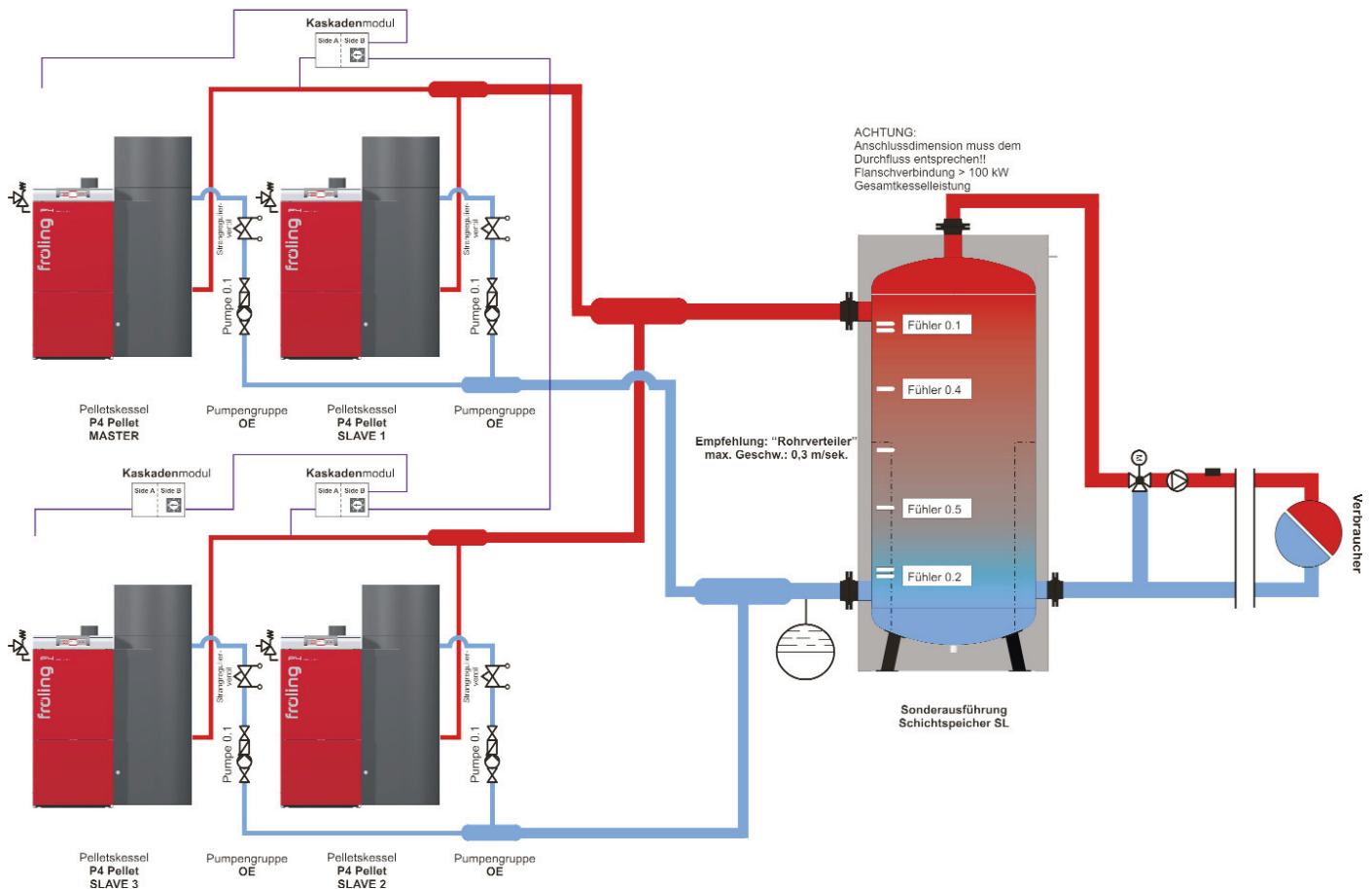
Drei Kesselanlagen im Verbund

System 1.P709



Vier Kesselanlagen im Verbund

System 1.P710



4) Dimensionierungshinweise

Folgende Tabelle stellt einen Auszug der erforderlichen Wassermenge aus den möglichen Leistungskonstellationen der Kessel in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf des Kessels dar. Für die Ermittlung der Rohrleitungsdimensionen kann der untere Bereich folgender Tabelle herangezogen werden, aus welcher die entsprechenden Durchflussmenge in Abhängigkeit der Wassergeschwindigkeit hervor geht. (Temperatur = 70 °C, Rohrleitungsmaterial = Stahl)

Durchflussmenge von Wasser in m³/h																
ΔT kW	10	15	20	25	32	38	48	60	80	100	105	120	180	200	300	400
5	1,72	2,58	3,44	4,30	5,50	6,53	8,25	10,31	13,75	17,18	18,04	20,62	30,93	34,37	51,55	68,74
10	0,86	1,29	1,72	2,15	2,75	3,26	4,12	5,16	6,87	8,59	9,02	10,31	15,47	17,18	25,78	34,37
15	0,57	0,86	1,15	1,43	1,83	2,18	2,75	3,44	4,58	5,73	6,01	6,87	10,31	11,46	17,18	22,91
20	0,43	0,64	0,86	1,07	1,37	1,63	2,06	2,58	3,44	4,30	4,51	5,16	7,73	8,59	12,89	17,18
25	0,34	0,52	0,69	0,86	1,10	1,31	1,65	2,06	2,75	3,44	3,61	4,12	6,19	6,87	10,31	13,75
30	0,29	0,43	0,57	0,72	0,92	1,09	1,37	1,72	2,29	2,86	3,01	3,44	5,16	5,73	8,59	11,46
Geschw. m/sec. Nennweite in mm Geschw. m/sec.																
C Zoll	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	10"	12"	C Zoll
DN	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	[175]	200	250	300	DN
0,3	0,189	0,336	0,552	0,867	1,35	2,10	3,57	5,40	8,40	13,2	19,2	26,1	33,6	52,8	75,6	0,3
0,4	0,252	0,448	0,736	1,16	1,80	2,40	4,76	7,20	11,2	17,6	25,6	34,8	44,8	70,4	101	0,4
0,5	0,315	0,560	0,920	1,45	2,25	3,50	5,95	9,00	14,0	22,0	32,0	43,5	56,0	88,0	126	0,5
0,6	0,379	0,672	1,10	1,73	2,70	4,20	7,14	10,8	16,8	26,4	38,4	52,2	67,2	106	151	0,6
0,7	0,441	0,784	1,28	2,02	3,15	4,90	8,33	12,6	19,6	30,8	44,8	60,9	78,4	123	176	0,7
0,9	0,567	1,01	1,66	2,60	4,05	6,30	10,7	16,2	25,2	39,6	57,6	78,3	101	158	227	0,9
1,0	0,635	1,12	1,84	2,89	4,50	7,00	11,9	18,0	28,0	44,0	64,0	87,0	112	176	252	1,0
1,1	0,698	1,32	2,02	3,18	4,95	7,70	13,9	19,8	30,8	48,4	70,4	95,7	123	194	277	1,1
1,2	0,761	1,34	2,21	3,47	5,40	8,40	14,3	21,6	33,6	52,8	76,8	104	134	211	302	1,2
1,5	0,950	1,68	2,76	4,34	6,75	10,5	17,9	27,0	42,0	66,0	96,0	104	168	264	378	1,5
1,75	1,11	1,96	3,22	5,06	7,87	12,3	20,8	31,5	49,0	77,0	112	152	196	308	441	1,75
2,0	1,26	2,24	3,68	5,78	9,00	14,0	23,8	36,0	56,0	88,0	128	174	224	352	504	2,0

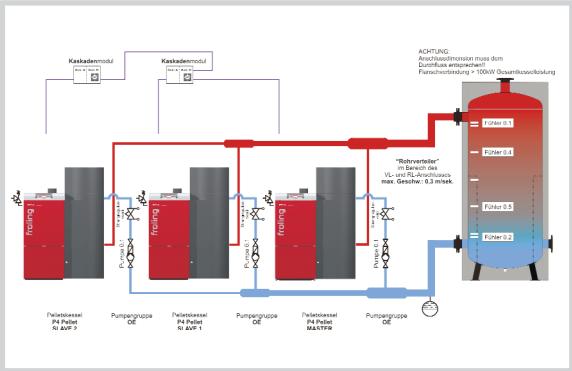
4.1) Beispiel zur Rohrleitungsdimensionierung

Gesucht wird die Dimensionierung der einzelnen Rohrleitungen sowie der Rohrverteiler. Folgende Hydraulik soll realisiert werden. Kesselleistung jeweils **100 kW**.

Begonnen wird mit der kleinsten Rohrleitungsdimension. Das ist jene vom jeweiligen Kessel zum Rohrverteiler. Aus der Tabelle geht bei einer Leistung von **100 kW** und einer Spreizung von **15 K** ein benötigter Wasserdurchfluss von **5,73 m³/h** hervor.

32	38	48	60	80	100	105
5,50	6,53	8,25	10,31	13,75	17,18	18,04
2,75	3,26	4,12	5,16	6,87	8,59	9,02
1,83	2,18	2,75	3,44	4,58	5,73	6,01
1,37	1,63	2,06	2,58	3,44	4,30	4,51
1,10	1,31	1,65	2,06	2,75	3,44	3,61
0,92	1,09	1,37	1,72	2,29	2,86	3,01
Nennweite in mm						
6/4"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
40	50	65	80	100	125	150
1,35	2,10	3,57	5,40	8,40	13,2	19,2
1,80	2,40	4,76	7,20	11,2	17,6	25,6
2,25	3,50	5,95	9,00	14,0	22,0	32,0
2,70	4,20	7,14	10,8	16,8	26,4	38,4
3,15	4,90	8,33	12,6	19,6	30,8	44,8
4,05	6,30	10,7	16,2	25,2	39,6	57,6
4,50	7,00	11,9	18,0	28,0	44,0	64,0
4,95	7,70	13,9	19,8	30,8	48,4	70,4

Für Vor- bzw. Rücklaufleitung der Kessel ergibt sich eine Dimension von **DN50**.



Die Auslegung des ersten Rohrverteilers erfolgt nach der selben Vorgehensweise. Im ersten Rohrverteiler treffen der Slavekessel 2 und Slavekessel 1 aufeinander. Werden beide Kessel auf Nennwärmeleistung betrieben, ergibt sich eine Gesamtkesselleistung von **200 kW**. Laut Hinweis im Schema sollte die maximale Geschwindigkeit von **0,3 m/s** im Rohrverteiler nicht überschritten werden. Nach dem Rohrverteiler ist die Rohrleitung auf die maximale Gesamtkesselleistung und einer Geschwindigkeit von ca. **1 m/s** auszulegen.

80	100	105	120	180	200	300
13,75	17,18	18,04	20,62	30,93	34,37	51,55
6,87	8,59	9,02	10,31	15,47	17,18	25,78
4,58	5,73	6,01	6,87	10,31	11,46	17,18
3,44	4,30	4,51	5,16	7,73	8,59	12,89
2,75	3,44	3,61	4,12	6,19	6,87	10,31
2,29	2,86	3,01	3,44	5,16	5,73	8,59

n mm

4"	5"	6"	7"	8"	10"	12"
100	125	150	175	200	250	300
8,40	13,2	19,2	26,1	33,6	52,8	75,6
11,2	17,6	25,6	34,8	44,8	70,4	101

Daraus ergibt sich für den ersten Rohrverteiler eine Dimension von **DN125** und für die Verbindungsleitung zum zweiten Rohrverteiler von **DN65**.

38	48	60	80	100	105	120	180	200	300
6,53	8,25	10,31	13,75	17,18	18,04	20,62	30,93	34,37	51,55
3,26	4,12	5,16	6,87	8,59	9,02	10,31	15,47	17,18	25,78
2,18	2,75	3,44	4,58	5,73	6,01	6,87	10,31	11,46	17,18
1,63	2,06	2,58	3,44	4,30	4,51	5,16	7,73	8,59	12,89
1,31	1,65	2,06	2,75	3,44	3,61	4,12	6,19	6,87	10,31
1,09	1,37	1,72	2,29	2,86	3,01	3,44	5,16	5,73	8,59

Nennweite in mm

2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	10"	12"
50	65	80	100	125	150	175	200	250	300
2,10	3,57	5,40	8,40	13,2	19,2	26,1	33,6	52,8	75,6
2,40	4,76	7,20	11,2	17,6	25,6	34,8	44,8	70,4	101
3,50	5,95	9,00	14,0	22,0	32,0	43,5	56,0	88,0	126
4,20	7,14	10,8	16,8	26,4	38,4	52,2	67,2	106	151
4,90	8,33	12,5	19,6	30,8	44,8	60,9	78,4	123	176
6,30	10,7	16,2	25,2	39,6	57,6	78,3	101	158	227
7,00	11,9	18,0	28,0	44,0	64,0	87,0	112	176	252
7,70	13,9	19,8	30,8	48,4	70,4	95,7	123	194	277

Der zweite Rohrverteiler sowie die Verbindungsleitung zum Puffer wird auf die maximal mögliche Gesamtkesselleistung von **300 kW** ausgelegt.

100	105	120	180	200	300	400
17,18	18,04	20,62	30,93	34,37	51,55	68,74
8,59	9,02	10,31	15,47	17,18	25,78	34,37
5,73	6,01	6,87	10,31	11,46	17,18	22,91
4,30	4,51	5,16	7,73	8,59	12,89	17,18
3,44	3,61	4,12	6,19	6,87	10,31	13,75
2,86	3,01	3,44	5,16	5,73	8,59	11,46

Geschw m/sec

5"	6"	7"	8"	10"	12"	Zoll
125	150	175	200	250	300	DN
13,2	19,2	26,1	33,6	52,8	75,6	0,3
17,6	25,6	34,8	44,8	70,4	101	0,4

Daraus ergibt sich für den zweiten Rohrverteiler eine Dimension von **DN150** und für die Verbindungsleitung zum Puffer von **DN80**.

Hinweis

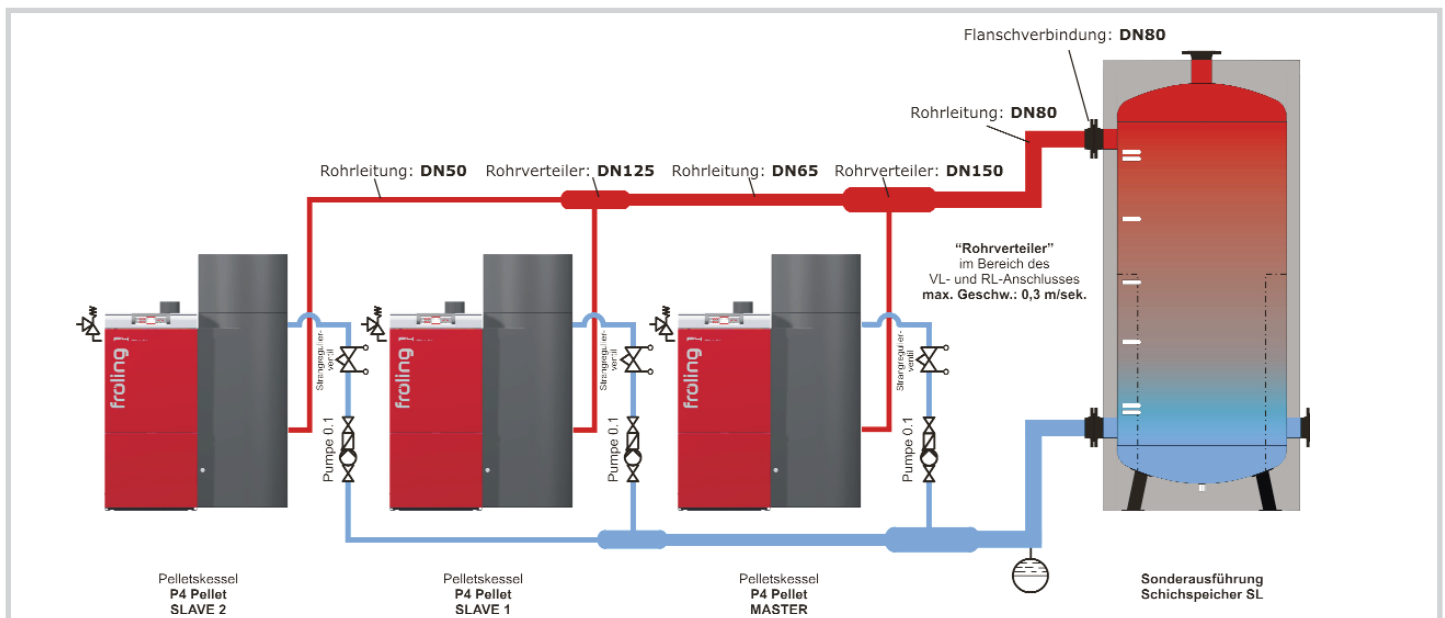
Die Verbindungsleitung zum Puffer definiert die Anschlussdimension der Stutzen am Puffer!

48	60	80	100	105	120	180	200	300	400
8,25	10,31	13,75	17,18	18,04	20,62	30,93	34,37	51,55	68,74
4,12	5,16	6,87	8,59	9,02	10,31	15,47	17,18	25,78	34,37
2,75	3,44	4,58	5,73	6,01	6,87	10,31	11,46	17,18	22,91
2,06	2,58	3,44	4,30	4,51	5,16	7,73	8,59	12,89	17,18
1,65	2,06	2,75	3,44	3,61	4,12	6,19	6,87	10,31	13,75
1,37	1,72	2,29	2,86	3,01	3,44	5,16	5,73	8,59	11,46

Geschw m/sec

2 1/2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	10"	12"	Zoll
65	80	100	125	150	175	200	250	300	DN
3,57	5,40	8,40	13,2	19,2	26,1	33,6	52,8	75,6	0,3
4,76	7,20	11,2	17,6	25,6	34,8	44,8	70,4	101	0,4
5,95	9,00	14,0	22,0	32,0	43,5	56,0	88,0	126	0,5
7,14	10,8	16,8	26,4	38,4	52,2	67,2	106	151	0,6
8,33	12,6	19,6	30,8	44,8	60,9	78,4	123	176	0,7
10,7	16,2	25,2	39,6	57,6	78,3	101	158	227	0,9
11,9	18,0	28,0	44,0	64,0	87,0	112	176	252	1,0
13,9	19,8	30,8	48,4	70,4	95,7	123	194	277	1,1

4.2 Darstellung der Ergebnisse im Planungsvorschlag



Der große Name für Heizen mit Biomasse



**Heizkessel- und Behälterbau GesmbH
A-4710 Grieskirchen, Industriestr. 12**

AUT: Tel +43 (0) 7248 606 • Fax +43 (0) 7248 606-600
GER: Tel +49 (0) 89 927 926 0 • Fax +49 (0) 89 927 926-219
E-mail: info@froeling.com • Internet: www.froeling.com