

**QM Holzheizwerke empfiehlt, wenn möglich Holzheizungsanlagen mit Speicher zu bauen. Was sind die Vorteile eines Speichers und wie soll er ausgelegt werden?**

Im Gegensatz zu einem fossil befeuerten Kessel kann die Leistung eines Holzkessels sehr viel langsamer der erforderlichen Last angepasst werden. Dies gilt sowohl für das Herauf- wie das Herunterfahren. Typischerweise dauert das Herauffahren der Holzkesselleistung von 30% auf 100% etwa 30 bis 45 Minuten. Auf der Wärmeabnehmerseite kann sich die Last jedoch, sowohl nach oben wie nach unten, viel schneller ändern, als der Holzkessel die Leistung anzupassen vermag. Wenn nun ein Speicher als Puffer zwischen Wärmeerzeuger und Wärmeabnehmer geschaltet wird, kann das unterschiedliche Zeitverhalten der beiden Systeme ausgeglichen werden.

Sowohl bei der Wärmeerzeugung wie bei der Wärmeabnahme gibt es flinkere und trägere Systeme. Beispielsweise ist eine Unterschubfeuerung für trockene Hackschnitzel wesentlich schneller regelbar als eine Rostfeuerung für feuchte Rinde, und ein langes Wärmenetz (grosser Wasserinhalt) mit vielen kleinen Abnehmern ist träger als ein kurzes Wärmenetz (kleiner Wasserinhalt) mit wenigen grossen Abnehmern.

Lastspitzen im Wärmenetz entstehen, wenn plötzlich eine tiefe Rücklauftemperatur (kaltes Abgabesystem) mit hohem Durchfluss (infolge voll aufgesteuerter Regelventile und oft noch überdimensionierter Pumpen) zurückkommt.

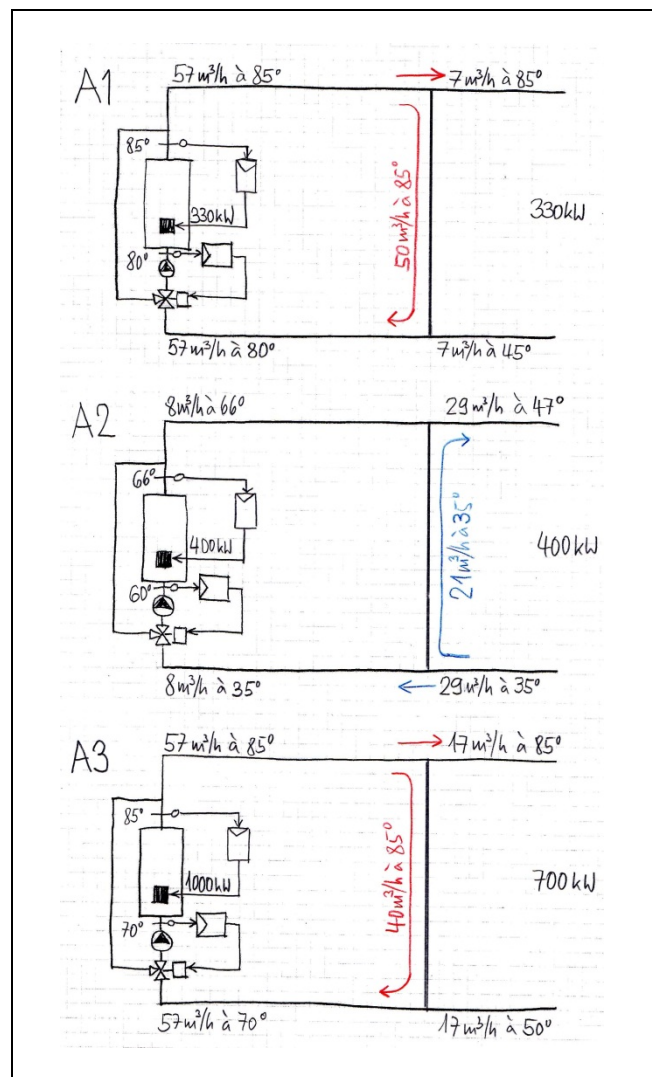
Eine flinke Wärmeerzeugung kombiniert mit einem trägen Abgabesystem kann ohne Speicher auskommen. Hingegen ist ein Speicher umso zwingender je träger die Wärmeerzeugung und je flinker das Abgabesystem ist.

FAQ 21 Abbildung 1 und FAQ 21 Abbildung 2 zeigen das Verhalten einer Anlage mit träger Wärmeerzeugung und flinker Wärmeabgabe bei plötzlicher Laständerung ohne und mit Speicher. Es sind jeweils drei typische Lastzustände angegeben:

1. Ausgeglichener Betrieb bei kleiner Leistung (Holzkessel = 330 kW; Wärmeabnahme = 330 kW).
2. Etwa 10 Minuten nach einer plötzlichen Laständerung, wenn zahlreiche Gruppen plötzlich öffnen. Der Durchfluss auf der Abnehmerseite steigt auf das Maximum und der Rücklauf kommt praktisch kalt zurück.
3. Etwa 45 Minuten nach der Laständerung, unter der Annahme, dass zu diesem Zeitpunkt die Feuerungsleistung annähernd auf die Maximalleistung von 1000 kW hochgefahren ist.

**Verhalten ohne Speicher**

- A1 Ausgeglichener Betrieb, Bypass zirkuliert von oben nach unten, alle Temperaturen auf Sollwert.
- A2 Der Bypass zirkuliert plötzlich von unten nach oben und die Vorlauftemperatur zu den Wärmeabnehmern bricht zusammen. Folge: Die Gruppen können die Sollwerte nicht halten und öffnen die Regelventile bis auf Anschlag. Der Rücklauf zum Holzkessel kommt infolge des kalten Abgabesystems mit 35°C zurück. Damit



FAQ 21 Abbildung 1: Verhalten einer Anlage ohne Speicher bei plötzlicher Laständerung

kommt die Rücklaufhochhaltung zum Eingriff und die Kesselaustrittstemperatur bricht entsprechend ein.

Infolge der grossen Sollwertabweichung der Austrittstemperatur wird die Feuerungsleistung hochgefahren.

A3 Erst wenn die Feuerungsleistung genügend hochgefahren ist, zirkuliert der Bypass wieder von oben nach unten, die Wärmeabnehmer werden wieder regulär mit 85-grädigem Heizwasser versorgt, die Gruppen können die Störung ausregeln und die Regelventile erreichen eine mittlere Position.

Der Holzkessel läuft jetzt auf Maximalleistung, aber die Wärmeabnehmer brauchen deutlich weniger. Kann die Feuerungsleistung genügend schnell zurückgeregelt werden?

### Verhalten mit Speicher

B1 Ausgeglichener Betrieb, Speicher ist konstant zu 60% gefüllt, alle Temperaturen auf Sollwert.

B2 Anstelle des Bypasses zirkuliert hier der Speicher von unten nach oben. Da ein Speicher eine Art «Bypass mit sehr grossem Durchmesser» ist, der zu 60% mit 85-grädigem Wasser gefüllt ist, bricht die Vorlauf-temperatur zu den Wärmeabnehmern nicht zusammen. Folge: Die Gruppen können die Störung ausregeln und die Regelventile sind bald wieder auf einer mittleren Position. Der Rücklauf zum Holzkessel ist auch hier so tief, dass die Rücklaufhochhaltung möglicherweise kurz zum Einsatz kommt, sehr bald wird aber die Austrittstemperaturregulierung dafür sorgen, dass die Kesselaustrittstemperatur wieder auf Sollwert ist. Im Unterschied zu A2 bricht hier die Kesselaustrittstemperatur, wenn überhaupt, nur kurzzeitig ein.

Auffallend ist hier, welche grosse Leistungen kurzzeitig abgegeben werden können. Bei Maximaldurchfluss von 29 m<sup>3</sup>/h (Auslegung auf 85/55°C) und einer momentanen Rücklauf-temperatur von 35°C (kaltes Abgabesystem) ist kurzzeitig eine Leistungsspitze von 1700 kW möglich!

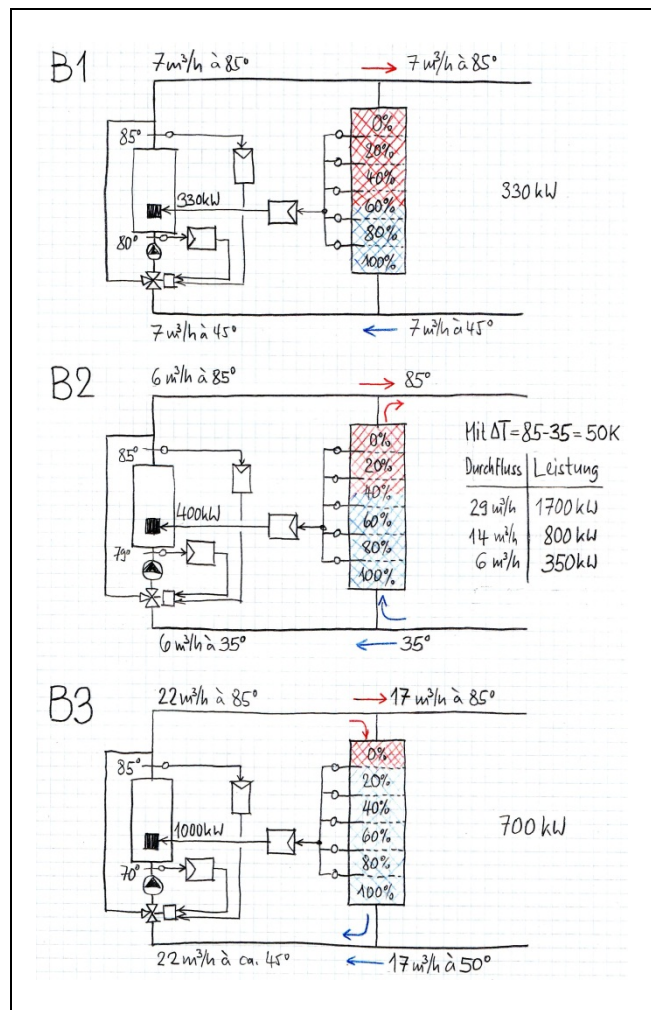
Infolge des sinkenden Speicherladezustandes wird die Feuerungsleistung hochgefahren.

B3 Da die in A2 beschriebene Störung bei B2 weitgehend ausgeblieben ist, wird hier schneller wieder ein ausgeglichener Betrieb erreicht. Die vom Holzkessel zu viel produzierte Leistung wird wieder in den Speicher gesteckt (dieser zirkuliert jetzt wieder von oben nach unten). Mit steigendem Speicherladezustand wird die Feuerungsleistung kontinuierlich reduziert bis bei 60% wieder ein ausgeglichener Zustand erreicht ist.

### Speicherauslegung auf eine Speicherkapazität von 1 Stunde

QM Holzheizwerke empfiehlt die Auslegung des Speichervolumen auf  $\geq 1$  h Speicherkapazität (bezogen auf die maximale Holzkesselleistung mit Referenzbrennstoff). Für die Anlage gemäss FAQ 21 Abbildung 2 würde sich mit einer maximalen Holzkesselleistung von 1000 kW, einer Kesselaustrittstemperatur von 85°C und einer maximalen Hauptrücklauf-temperatur von 55°C etwa folgende Auslegung ergeben:

$$\text{Speichergrösse} = 0,86 \times 1000 \text{ kW} \times 1 \text{ h} / (85 - 55) \text{ K} = 29 \text{ m}^3$$



FAQ 21 Abbildung 2: Verhalten einer Anlage mit Speicher bei plötzlicher Laständerung

## Wieso kann der Holzkessel bei einer Anlage mit Speicher kleiner ausgelegt werden?

Lastzustand B2 in FAQ 21 Abbildung 2 hat gezeigt, dass mit einem Speicher während kurzer Zeit eine sehr grosse Leistungsspitze abgegeben werden kann. Begrenzt wird diese Leistungsspitze nur durch die Hauptrücklauf­temperatur und den Durchfluss (gegeben durch den Druckabfall der Leitungen/Armaturen und die Pumpenleistungen).

Annahme: Obige Speicherauslegung, der Holzkessel läuft bereits mit 1000 kW, der Speicher ist zu 60% gefüllt. Wenn jetzt plötzlich eine grosse Last mit Auslegedurchfluss (29 m<sup>3</sup>/h) zugeschaltet wird und die Hauptrücklauf­temperatur auf 35°C absinkt (kaltes Abgabesystem), beträgt die maximale Leistungsabgabe

$$29 \text{ m}^3/\text{h} \times 50 \text{ K} / 0,86 = 1700 \text{ kW}$$

und dies (bis der Speicher leer ist) über eine maximale Zeitdauer von

$$(17,4 \text{ m}^3 \times 50 \text{ K}) / (0,86 \times 700 \text{ kW}) = 1,45 \text{ Stunden.}$$

Für 1,45 Stunden kann so die 1,7-fache Holzkesselleistung abgegeben werden. Deshalb kann der Holzkessel bei Anlagen mit Speicher entsprechend kleiner dimensioniert werden. QM Holzheizwerke empfiehlt:

- Bei monovalenten Anlagen ohne Speicher (WE1, WE5) muss der/die Holzkessel auf 100% des Wärmeleistungsbedarfs inklusive Lastspitzen (Situationserfassung [7]: ausgezogene Lastkennlinie) ausgelegt werden.
- Bei monovalenten Anlagen mit Speicher (WE2, WE6) kann der/die Holzkessel auf 100% des Wärmeleistungsbedarfs ohne Lastspitzen (Situationserfassung [7]: gestrichelte Lastkennlinie) ausgelegt werden (gilt nur für Anlagen mit vorwiegend Raumwärme).
- Um 80...90% des Jahreswärmebedarfs mit Holzenergie abdecken zu können, kann der/die Holzkessel bivalenter Anlagen ohne Speicher (WE3, WE7) auf 60...70% des Wärmeleistungsbedarfs ausgelegt werden (Richtwert für Anlagen mit vorwiegend Raumwärme).
- Um 80...90% des Jahreswärmebedarfs mit Holzenergie abdecken zu können, kann der/die Holzkessel bivalenter Anlagen mit Speicher (WE4, WE8) noch tiefer auf 50...60% des Wärmeleistungsbedarfs ausgelegt werden (Richtwert für Anlagen mit vorwiegend Raumwärme).

## Wieso wird der Speicher nur auf 60% gefüllt?

Wieso nicht auf 100% füllen? Dann wäre die Speicherkapazität bei einer plötzlichen Lastzunahme entsprechend höher! Die Antwort ist, dass es eben auch den umgekehrten Lastfall gibt, wenn zahlreiche Gruppen plötzlich schliessen und der Durchfluss auf der Abnehmerseite plötzlich gegen null geht. Und auch bei Glutbettunterhalt ist es am einfachsten, wenn man die überschüssige Wärme an den Speicher abgeben kann.

## Wieso die Stufung 0% – 20% – 40% – 60% – 80% – 100%?

Diese Stufung ergibt sich, wenn 5 Fühler zur Verfügung stehen und damit der Speicher in 6 gleich grosse Zonen unterteilt wird (entsprechend FAQ 21 Abbildung 2). «Alle Fühler kalt» entspricht dann 0% und «alle Fühler warm» bedeutet 100%. In jedem Fall sollte als Sollwert ein Stufenwert gewählt werden (auch bei Glättung des Signals durch Interpolation oder ein PT1-Glied).

Mehr als 5 Fühler (z. B. 10 Fühler mit 10%-Stufung) sind unbedingt empfehlenswert, weil durch die feinere Stufung das Regelverhalten wesentlich verbessert werden kann.

## Wann macht die Speicherauslegung auf eine grössere Speicherkapazität als 1...1,5 Stunden Sinn?

Da ein grösserer Speicher mehr kostet, mehr Platz braucht (und damit höhere Baukosten verursacht) und zudem auch grössere Speicher­verluste hat, macht eine grössere Speicherkapazität nur Sinn, wenn diese auch tatsächlich genutzt werden kann. Bei normalen Anlagen mit vorwiegend Raumheizung ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis in der Regel zu schlecht.

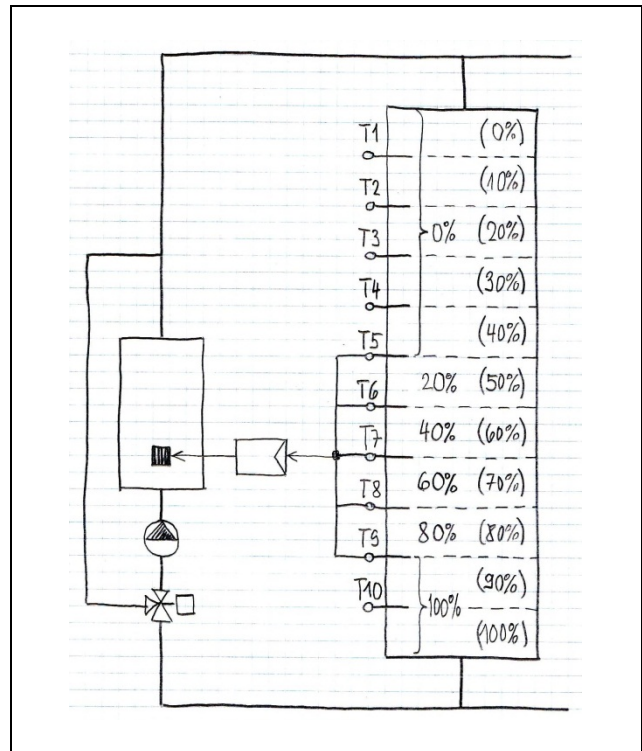
Eine Auslegung auf 1,5 Stunden Speicherkapazität kann sinnvoll sein, wenn vorwiegend feuchter Brennstoff (> 50%) verbrannt wird.

Ein übergrosser Speicher mit deutlich über 1,5 Stunden Speicherkapazität kann bei Verbrauchern mit extremen Lastspitzen (z. B. Gewächshäuser in der Nacht) Sinn machen, um mit einer wesentlich reduzierten Holzkesselnennleistung den täglichen Wärmebedarf abdecken zu können (mit Ausnahme der kältesten Wintertage). Mit der reduzierten Holzkesselnennleistung kann die Auslastung des Holzkessels (bzw. die Vollbe-

triebsstundenzahl) bedeutend erhöht werden. In einer tatsächlich realisierten Anlage konnte so der Holzkessel zur Beheizung von Gewächshäusern um etwa die Hälfte kleiner ausgelegt werden.

Da zu solchen übergrossen Speichern kaum Erfahrungen vorliegen, ist ein Regelkonzept zu realisieren, welches im Laufe der Betriebsoptimierung mit möglichst geringem Aufwand angepasst werden kann. FAQ 21 Abbildung 3 zeigt einen Vorschlag für extrem grosse Lastspitzen:

- Über die Speicherhöhe werden mindestens 10 Messfühler montiert, so dass sich 11 gleich grosse Zonen ergeben. Von den 10 Messfühlern ist nur eine frei wählbare Zahl (z. B. 5 Fühler) für die Leistungsregelung aktiv, aber alle 10 Fühler werden zur Betriebsoptimierung aufgezeichnet und visualisiert.
- Der obere Speicherbereich T1 bis T4 steht nun zusätzlich für extreme Lastspitzen zur Verfügung. Die Fühler T5 bis T9 erfassen den Speicherladezustand 0% – 20% – 40% – 60% – 80% für die Leistungsregelung. Der untere Speicherbereich T10 steht als zusätzliche Wärmeabfuhr zur Verfügung, wenn die Last plötzlich abfällt oder bei Glutbettunterhaltsbetrieb. Die Zonen 0% und 100% sind damit wesentlich grösser als im Standard-Regelkonzept.



FAQ 21 Abbildung 3: Vorschlag für das Regelkonzept mit einen übergrossen Speicher

- Die Zahl und die Zuordnung der aktiven Messfühler zur Erfassung des Speicherladezustandes für die Leistungsregelung soll im Laufe der Betriebsoptimierung beliebig angepasst werden können. Im Extremfall können alle 10 Fühler für die Regelung aktiviert werden; die entspricht dann dem Standardregelkonzept mit 10 Fühlern (die entsprechenden Wertigkeiten der Zonen sind in Klammern angegeben).