

Fachartikel zur
Bachelor-Diplomarbeit BDA_G_14_05
an der Abteilung Gebäudetechnik

Regelqualität von Frischwasserstationen und Untersuchung der Ladezyklen von Speicherwassererwärmern

Studenten	Martina Schwarz Stefan Reinhart
Dozenten	Prof. Reto von Euw Prof. Werner Betschart Andreas Odermatt
Experte	Roger Neukom
Auftraggeber	Hochschule Luzern – Technik & Architektur
Abgabedatum	06. Juni 2014

Hinweis Dieser Fachartikel ist Teil der Bachelor-Diplomarbeit und wurde von keinem Dozenten nachbearbeitet. Veröffentlichungen (auch auszugsweise) sind ohne das Einverständnis der Abteilung Gebäudetechnik der Hochschule Luzern – Technik & Architektur nicht erlaubt.

Regelqualität von Frischwasserstationen

Die stets steigenden Anforderungen an einen nachhaltigen Umgang mit Energie fordern immer effizientere Systeme. Während der Wärmebedarf für die Raumheizung stetig verschärft und minimiert wurde, hielt sich der Energiebedarf für die Warmwasserproduktion konstant hoch. Diese Tatsache ist hauptsächlich auf die hygienetechnischen Aspekte zurückzuführen. Frischwasserstationen unterliegen diesen Anforderungen nur bedingt und ermöglichen eine effiziente und bedarfsgerechte Warmwasserproduktion.

Variierender Verbrauch, variable Vorlauftemperaturen sowie Druckschwankungen im Netz können jedoch den Betrieb einer Frischwasserstation unterschiedlich stark beeinflussen. Mögliche Auswirkungen sind Temperaturschwankungen des Brauchwarmwassers, welche als Komforteinbußen wahrgenommen werden.

Danfoss hat ein System entwickelt, das mit Hilfe einer neuartigen Regelarmatur solchen Einflüssen entgegenwirken resp. diese vermeiden soll. In einem Laborversuch wurde dieses dezentrale System auf seine Funktion und Betriebssicherheit geprüft.

Frischwasserstation Firma Danfoss

Mit der Entwicklung der sogenannten Kompaktwohnungsstation EvoFlat™ bietet die Firma Danfoss ein kompaktes dezentrales System, welches Heizungsverteiler und Frischwasserstation kombiniert. Die Besonderheit liegt dabei an der Frischwasserstation und deren neuartigen Regelarmatur.



Abb. 1: EvoFlat™ Station Firma Danfoss

Die rein mechanische Regelarmatur vereint drei unterschiedliche Regelfunktionen in einer Armatur und bietet den Vorteil, dass lange Regelwege und die damit verbundenen Totzeiten umgangen werden können.

Wird Warmwasser gezapft, bewirkt der Proportional-Mengenregler eine sofortige Ventilöffnung auf der Primärseite. Der integrierte Thermostat, misst die sekundäre Austrittstemperatur und korrigiert, je nach Wert, den Ventilhub bzw. den primärseitigen Durchfluss. Damit das System unabhängig von anderen am Netz angeschlossenen Verbrauchern arbeiten kann, trennt ein Diffe-

renzdruckregler die Station hydraulisch vom Netz.

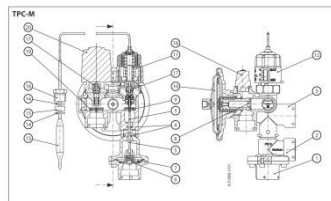


Abb. 2: TPC-M Regler

Laborversuch

Die Prüfung der Frischwasserstation erfolgte im hausinternen Labor der Hochschule Luzern bzw. dem Zentrum für integrale Gebäudetechnik (ZIG). Hier wurde ein bestehender Versuchsaufbau an die neuen Gegebenheiten angepasst.

Bedarfsprofile

Grundlage zur Prüfung der Station und deren Komponenten bildeten die verschiedenen Bedarfsprofile und Betriebsszenarien. Damit eine vollumfängliche Untersuchung stattfinden konnte, wurden neben möglichst realitätsnahen Zapfprofilen auch Grenz- und Extremsituationen simuliert. Ziel war es, das Regelsystem der Anlage mit einer möglichst grossen Variation von Einflüssen zu belasten, um das Verhalten und die Funktionalität der einzelnen Komponenten zu prüfen.

So wurden neben sekundärseitigen Einflüssen, wie variabler Warmwasserbezug, parallele Kaltwasserzapfungen oder kurze bzw. lange Pausen zwischen einer Zap-

fung auch primärseitige Einflüsse wie Druckschwankungen betrachtet. Die unterschiedlichen Szenarien wurden jeweils auf 120-300 Sekunden begrenzt.

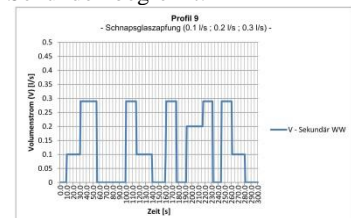


Abb. 3: Bedarfsprofil mit variab. Verbrauch

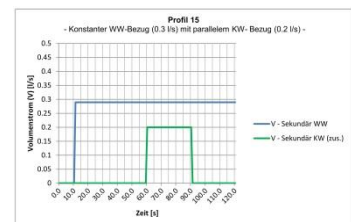


Abb. 4: Bedarfsprofil mit parall. KW-Bezug

Kalt- & Warmstart

Nach Beendigung einer Warmwasserzapfung wird das Ventil durch den Proportional-Mengenregler sofort geschlossen. Da alle heissen Abgänge des Wärmeübertragers nach unten hin abgehen, kühlt sich dieser nach der Zapfung rasch ab. Bei Bezügen nach längerem Stillstand, muss also die Masse des Wärmeübertragers jeweils aufgeheizt werden. Diesem Umstand wurde bei den Messungen mit dem sogenannten "Kaltstart" bzw. "Warmstart" Rechnung getragen.

Auswertung & Resultate

Im Fokus der Messung standen hauptsächlich Komfort, Energieeffizienz und die Einsatzmöglichkeit der Frischwasserstation.

Komfort

Die Auswertungen der Untersuchungen haben gezeigt, dass die Frischwasserstation sowohl sekundäre als auch primäre Druckschwankungen im System problemlos ausregulieren kann.

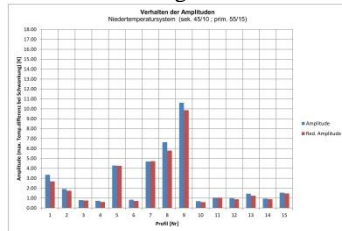


Abb. 5: Max. Amplituden der Temperaturschwankungen über alle Profile

Bei stark variierendem Verbrauch treten jedoch grössere Temperaturschwankungen auf. Da solche Profile aber keiner realitätsnahen Situation entsprechen,

bezogen auf eine Wohneinheit, ist die Bewertung dieser Extremfälle mit Vorbehalt zu bewerten.

Energieeffizienz

Betrachtet man die Rücklauftemperaturen über sämtliche Profile, zeichnet sich ein äusserst tiefes Temperaturniveau ab.

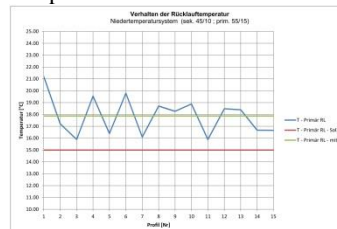


Abb. 6: Verhalten der Rücklauftemperatur über alle Profile

Diese Eigenschaft kann in Verbindung mit einer thermischen Solaranlage oder mit der Brennwerttechnik zu einer Effizienzsteigerung der Systeme führen.

Beachtung sollte man hingegen der Auskühlung des Wärmeübertragers schenken. Nach weniger als

fünf Stunden ist der Wärmeübertrager annähernd auf Umgebungstemperatur abgekühlt. Der darauf folgende sogenannte Kaltstart birgt sowohl Komfort-, als auch Energieverluste. Eine Warmhaltung in Form einer Zirkulation (primärseitig) oder einer Wärmedämmung aus einem Latentspeichermaterial, einem sogenannten „Phase-Change-Material“, könnte die Problematik entschärfen.

Ausblick & Diskussion

Die geprüfte Frischwasserstation eignet sich zur dezentralen Anwendung einer Wohneinheit. Die tieferen Brauchwarmwassertemperaturen ermöglichen einen energieeffizienten und vielseitigen Einsatz. In Anlehnung an das grosse Sanierungspotential von Altbauten, kann die Umnutzung eines Elektrospeichers zum Energiespeicher in Kombination mit einer Frischwasserstation eine sinnvolle Lösung darstellen.

Untersuchung der Ladezyklen von Speicherwassererwärmern

Speicherwassererwärmer mit innenliegendem Register werden mit unterschiedlichen Regelsystemen betrieben. Zum Einsatz kommen Zweipunktregler (Thermostate) sowie Ein-/Aus-Fühler mit separatem Regelgerät. Erfahrungen zeigen, dass Systeme mit Thermostat oftmals vermehrt Ladevorgänge und damit ein hohes Takten der Wärmeerzeuger bewirken.

Dennoch werden Thermostate sehr oft eingesetzt, da sie mit einem Bimetall und damit stromfrei funktionieren. Es wird daher auch kein Regelgerät benötigt, der Thermostat gibt sein Ein- und Aussignal direkt an die Pumpe weiter. Die Ladevorgänge werden, sofern kein Energiespeicher vorgesehen ist, direkt auf den Wärmeerzeuger abgewälzt und beeinflussen den Wirkungsgrad des Erzeugers. Besonders Luft-Wasser Wärmepumpenboiler werden durch hoch frequentierte Ladevorgänge in ihrer Energieeffizienz und Lebensdauer reduziert.

Speicherwassererwärmer mit innenliegendem Rohrbündelwärmetauscher

Speicherwassererwärmer mit innenliegendem Rohrbündelwärmetauscher gehören zu den am häufigsten eingesetzten Trinkwarmwassersystemen. Ihre einfache und kompakte Bauweise eignet sich für den universellen Einsatz und bietet oftmals die einfachste und kostengünstigste Systemlösung. Seit dem Verbot von reinen Widerstandsheizungen bei

Wohnungsbauten zur Bereitstellung von Warmwasser, sind die Speicherwassererwärmer nicht mehr gänzlich unabhängig vom Heizsystem. Der Laderegulation muss daher eine grössere Gewichtung zugesprochen werden. Verwendet werden Thermostate oder Ein-/Aus-Fühler mit separatem Regelgerät.

Laborversuch

In einem Laborversuch wurde das Verhalten der beiden Regelsysteme untersucht. Hierfür

wurde ein 500 Liter Warmwasserspeicher mit innenliegendem Rohrregister mit beiden Regelsystemen ausgestattet und abwechselungsweise in Betrieb genommen.

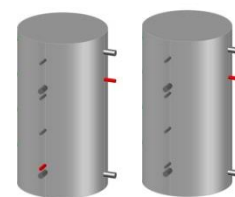


Abb. 7: Speicher mit unterschiedlichem Regelsystem (rot)

Bedarfsprofil

Die Grundlage für die Messung bildete ein reales Tageszapfprofil, das eine beliebige Wiederholung des Versuches ermöglichte.

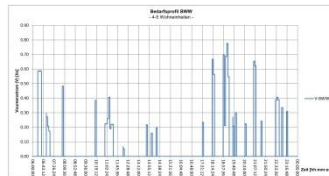


Abbildung 8: Bedarfsprofil eines MFH's
Das verwendete Bedarfsprofil entspricht einer empirischen Messung der Firma BK Energie Mess AG Zürich bei einem MFH mit ca. 4-5 Wohneinheiten und bezieht sich ausschliesslich auf den Warmwasserbedarf.

Fühlerposition

Um den Einfluss der Fühlerposition, insbesondere bei der Regelstrategie mit dem Thermostaten, beurteilen zu können, werden die Untersuchungen mit zwei unterschiedlichen Standorten durchgeführt. Dabei wird der Thermostat in einer zusätzlichen Messung nach unten verlegt.

Auswertung & Resultate

Im Vordergrund der Untersuchung standen neben den Komfort- und hygienetechnischen auch die energetischen Aspekte der beiden Regelsysteme.

Komfort

Die Analyse der Brauchwarmwasseraustrittstemperaturen zeigt bei beiden Systemen keine grossen Unterschiede und die Solltemperaturen werden grundsätzlich gut eingehalten. Ein Einbruch der Temperaturen wird zwar bei beiden Regelstrategien festgestellt, dieser ist jedoch auf das zu geringe Volumen des Speichers (in Bezug auf das Zapfprofil) zurückzuführen.

Bei der Betrachtung der Speichertemperaturen zeigen sich aber deutliche Unterschiede.

Während sich die Temperaturen beim Ein-/Aus-Fühlersystem über den ganzen Speicher mehrheitlich im Bereich von 60°C bewegen (siehe Abbildung 9)

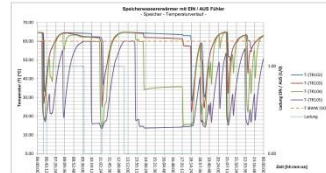


Abb. 9: Speichertemperaturen Ein-/Aus-Fühlersystem

sind es bei der Thermostatregelung nur die oberen zwei Drittel des Speichers. Der Rest befindet sich im hygienisch kritischen Bereich von ca. 40-45°C. (siehe Abbildung 10)

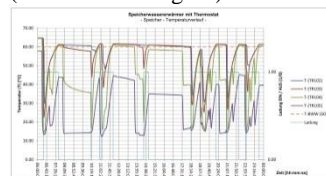


Abb. 10: Speichertemperatur Thermostatregelung

Energieeffizienz

Hinsichtlich der omnipräsenten Energiedebatte, kommt besonders der Trinkwarmwasserproduktion eine grosse Relevanz zu Teil. Das hohe Temperaturniveau sowie die Tatsache, dass die grossen Energiemengen im Brauchwarmwasser nur bedingt benötigt werden, fordert eine Umstellung auf kleinere, bedarfsgerechte Warmwasserspeicher. In diesem Zusammenhang ist die effiziente Ausnutzung des Speichervolumens sowohl energetisch als auch wirtschaftlich und hygienetechnisch erstrebenswert.

Die Ausnutzung des Speichervolumens steht wiederum in direktem Zusammenhang mit der jeweiligen Regelstrategie. Visualisiert man die Tempera-

turverteilung und damit die Schichtung im Speicher der beiden Regelsysteme wird klar, dass beim Thermostatsystem nur etwa 2/3 des effektiven Volumens genutzt wird.

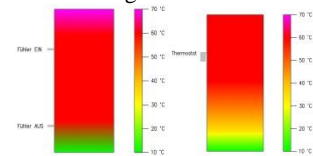


Abbildung 11: Vergleich der Speichervolumenausnutzung

Ein weiteres Kriterium der Energieeffizienz stellen die Ladezyklen eines Warmwassersystems dar. Je nach Erzeugerkonzept können vermehrte Ladungen zu schlechten Wirkungsgraden und damit zu höherem Energiebedarf führen. Auch hier zeigt sich beim Vergleich der Regelsysteme ein deutlicher Unterschied. Während das Fühlersystem drei Ladungen ausführt, sind es beim Thermostaten mehr als doppelt so viele.

Ausblick & Diskussion

Der Vergleich der zwei Ladestrategien untermauert die bereits kursierenden Thesen der unvollständigen Speicherladung bei Thermostatregelungen. Eine erhöhte Anzahl Ladevorgänge, wie sie beim Thermostaten gemessen wurde, kann die Effizienz und Lebensdauer von Wärmeerzeugern massiv reduzieren. Zudem besteht aufgrund der unvollständigen Ladung erhöhtes Legionellenrisiko. Von Thermostaten zur Regulierung der Speicherladung im Bereich Brauchwarmwasser ist daher abzusehen.