

Bedarfsgerechte Brauchwasserzirkulation – Hintergründe und Stand der Technik

DR.-ING. ULRICH CLAUSS

Energie zu sparen und den CO₂-Ausstoß zu reduzieren wird in der Heizungs- und Sanitärtechnik – nicht zuletzt wegen wachsender Nachfrage der Kunden – zunehmend zum Wettbewerbsargument für den Handwerksbetrieb.

Neben der Heizwasserzirkulation, die dank moderner Pumpentechnologie bereits viel an Effizienz gewonnen hat, bietet auch die Warmwasserzirkulation großes Einsparpotenzial, das weit höher ist, als die Betriebsenergie der Pumpe selbst. Für eine energieeffiziente Steuerung von Brauchwasser-Zirkulationspumpen gelten deshalb besondere Anforderungen und Lösungen, die im Folgenden näher erklärt werden.

Wozu Bedarfsabhängigkeit?

Brauchwasser-Zirkulationssysteme mit Umwälzpumpen werden installiert, damit trotz zentralisierter Wärmeversorgung an jeder Warmwasser-Zapfstelle jederzeit warmes Wasser bereit steht. Das erhöht nicht nur den Komfort, sondern vermeidet auch erhöhten Wasserverbrauch, der sonst durch häufiges Entleeren abgekühlter Rohrleitungen entstehen würde.

Nachteilig dabei ist aber, dass Warmwasser- und Zirkulationsleitungen ständig warm gehalten werden, so dass eine permanente Wärmeabgabe an die Umgebung auch dann erfolgt, wenn eigentlich kein Warmwasser-Bedarf vorliegt, also während des überwiegenden Teils der Betriebszeit. Allein hierfür kann der Energieverlust für ein Einfamilienhaus bis zu 1 MWh im Jahr erreichen!

Die verbreitetste Form, solche Verluste zu reduzieren, ist immer noch die programmierbare Zeitschaltuhr. Weder für den Installateur, noch für den Nutzer zählt das Programmieren dieser Geräte zu den beliebten Tätigkeiten. Eine automatische Sommer-/Winterzeit-Umstellung bieten auch nicht alle Modelle an. Vor allem aber zeigt die praktische Erfahrung, dass entweder übermäßig lange Betriebsperioden vorprogrammiert werden, oder oftmals

bei Bedarf kein Warmwasser bereit steht und so das Zirkulationssystem seinen eigentlichen Sinn verliert. Mitunter wird auch die irrtümliche Ansicht vertreten, durch Programmieren von abwechselnden Ein- und Ausschaltintervallen der Umwälzpumpe eine maßgebliche Energieersparnis zu bewirken.

Als eine andere Alternative gelten Fernsteuerschalter, die bei direktem Bedarf von verschiedenen Orten innerhalb des Hauses aus das Starten der Zirkulationspumpe per Draht oder Funk ermöglichen. Tatsächlich sind damit große Einspareffekte erreichbar. Wenn aber vor einer jeden Warmwasserentnahme erst abgewartet werden muss, bis die Pumpe nach manueller Aktivierung das Zirkulationssystem in Gang gebracht und erwärmt hat, wird das nicht als Komfort empfunden.

Wichtige Sonderfunktionen zur Sicherung der Trinkwasserhygiene und zur Abschaltung bei längerer Abwesenheit sind in den genannten Lösungen generell nicht gewährleistet.

Von einer bedarfsgerechten Zirkulationssteuerung nach dem Stand der Technik muss also erwartet werden, dass sie vollautomatisch und zuverlässig jeden Bedarf erkennt und die Zirkulationspumpe dementsprechend – möglichst vorausschauend – schaltet.

Mit anderen Worten: Ideal wäre eine Zeitschaltuhr, die sich nach den statistisch erfassten Nutzergewohnheiten selbst programmiert und sich an tendenzielle Veränderungen dieser Gewohnheiten von selbst anpasst. Wird zu nicht vorhersehbaren Zeiten Wasser gezapft, so soll dennoch eine automatische Fernbedienungs-Funktion für den augenblicklichen Start der Pumpe sorgen.

Auch besondere Betriebssituationen, wie thermische Desinfektion oder längere Abwesenheit der Nutzer, z. B. Urlaub, sollen erkannt und richtig umgesetzt werden.

Ferner sollen für alle diese Funktionen keinerlei Wartungs- oder Einstellarbeiten abverlangt werden.

Energiebilanz und Effizienz: Lohnt sich der Aufwand wirklich?

Zentralheizungsanlagen werden ebenfalls mit Umwälzpumpen betrieben. Im Vergleich zur Brauchwasser-Zirkulation gibt es aber einen gravierenden Unterschied: Während eine kontinuierliche Wärmeabgabe über die Heizkörper gewollt ist, soll die Brauchwasserversorgung möglichst keine Heizenergie an die Umgebung verlieren. Das heißt, die Bereitstellung von Warmwasser sollte sich möglichst auf die Zapfzeiten beschränken. Die unvermeidliche Wärmeabgabe über die Rohrleitung in allen übrigen Betriebszeiten ist eben-

so wenig erwünscht, wie ein unnötiger Energiebedarf der Pumpe. Man spricht deshalb von *Bereitstellungsverlusten*. Je nach Beschaffenheit des Heizungssystems können weitere negative Auswirkungen auf die Energieeffizienz des Gesamtsystems entstehen, zum Beispiel durch Störung der Temperatur-Schichtung in Pufferspeichern. Gerade bei der Nutzung alternativer Energiequellen senkt dies die Effizienz der Anlage.

Bild 1 zeigt die Energiebilanz eines Brauchwasser-Zirkulationssystems. Die eigentliche Nutzenergie W_N , besteht in der Wärmemenge, die dem System beim Zapfen des Warmwassers entzogen wird. Neben den Leitungsverlusten W_L während der Wasserentnahme werden die Bereitstellungsverluste hauptsächlich dadurch verursacht, dass von den Rohrleitungen während der Zirkulation ständig Wärmeenergie W_W an die Umgebung abgegeben wird. Außerdem wird für den Betrieb der Umwälzpumpe mechanische Energie verbraucht. Eingangsseitig wird das System durch die Heizenergie W_H aus dem Boiler und die elektrische Energie W_E für die Pumpe gespeist. Ein kleiner Teil der elektrischen Energie W_E wird als zusätzliche Heizenergie W_{HE} wirksam.

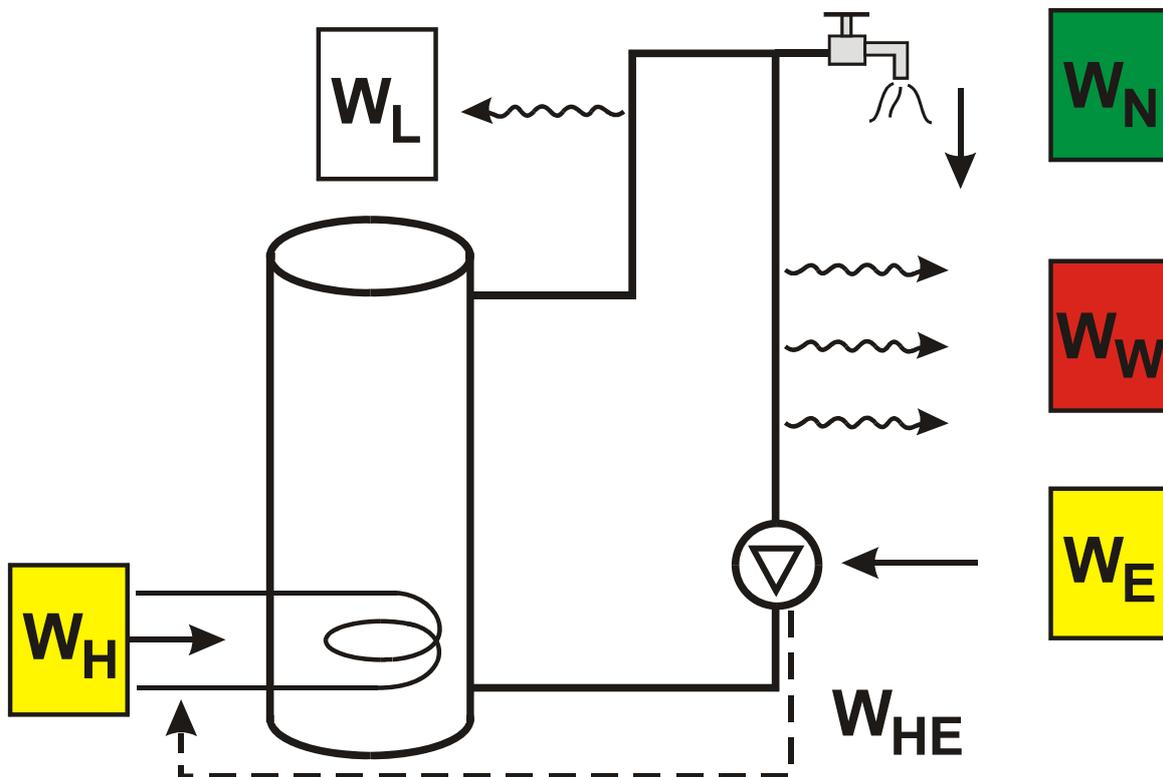


Bild1: Energiebilanz eines Brauchwasser-Zirkulationssystems

Auch bei gut gedämmten Rohrleitungen werden die Bereitstellungsverluste in der Praxis überwiegend von der verlorenen Wärmeenergie ($W_L + W_W$) bestimmt. Wegen der höheren spezifischen Kosten für Elektroenergie darf aber auch die elektrische Betriebsenergie der Umwälzpumpe W_E nicht vernachlässigt werden. Für die Energieeffizienz einer Brauchwasserzirkulation insgesamt ist im physikalischen Sinne der Wirkungsgrad als Quotient aus ausgangsseitiger Nutzenergie zur eingangsseitigen Gesamtenergie zu ermitteln, also

$$\eta = \frac{W_N}{W_N + W_L + W_W + W_P} .$$

Die Wärmeenergie W_W als Hauptverlust ist proportional zur mittleren Differenz aus der Temperatur des Mediums und der Umgebungstemperatur. Arbeitet die Umwälzpumpe nur für eine begrenzte Zeit T_{Zirk} am Tage und sieht man von Übergangsphasen einmal ab, so gilt die vereinfachte Gleichung

$$W_W = \frac{T_{Zirk}}{24 h} \cdot (\theta_W - \theta_U) \cdot c_D$$

mit der Warmwassertemperatur θ_W und der Umgebungstemperatur θ_U . Der Koeffizient c_D ist von der Wärmedämmung der Rohrleitungen abhängig.

Herkömmlichen Maßnahmen zur Kostensenkung durch niedrige Warmwassertemperatur und bestmögliche Wärmedämmung sind Grenzen gesetzt. Eine weitere Senkung dieser Verluste kann also nur über *Einschränkungen der Zirkulationszeiten* T_{Zirk} erfolgen.

Für eine maximale Effizienz genügte $T_{Zirk} \rightarrow 0$, also das vollständige Abschalten der Zirkulation, was wiederum nicht im Sinne der Sache wäre. Im Unterschied zur Heizungs-Zirkulation, die auf eine kontinuierliche Wärmeversorgung der Heizkreise abzielt, soll die Brauchwasserzirkulation aber die Entnahme von Warmwasser nur vorbereiten. Jede darüber hinaus gehende Zirkulationsdauer erhöht hingegen die Energieverluste.

Die Forderung an eine energieeffiziente Brauchwasser-Zirkulationssteuerung besteht in der drastischen Verkürzung der Pumpenlaufzeit bei gleichzeitiger Wahrung der Verfügbarkeit für gewöhnliche Bedarfszeiten.

Einschalten nach Bedarf

Ist es überhaupt praktikabel und zumutbar, in Intervallen ohne Warmwasser-Bedarf die Zirkulationspumpe ganz abzuschalten?

Ja, denn dies ist physikalisch der einzige Weg zur wirksamen Minimierung der Energieverluste.

Allerdings soll das für den Verbraucher so sanft wie möglich erfolgen, von ihm also kaum bemerkt werden und keine aktive Mitwirkung erfordern. Außerdem sind Maßnahmen zur Gewährleistung der Trinkwasserhygiene automatisch zu unterstützen. Somit muss eine hohe Funktionssicherheit und Treffgenauigkeit der automatischen Entscheidungen der Steuerung erzielt werden.

Um einen Zapfvorgang im Warmwasser-Leitungsnetz zu erkennen, sind in Seriengeräten folgende Messprinzipie verbreitet:

- Strömungssensor im Kaltwasser-Zulauf oder im Warmwasser-Vorlauf,
- Temperaturmessung am Vorlaufrohr und Vergleich mit einem Festwert oder mit der Temperatur im Rücklauf,
- Temperatur-Verlaufsanalyse am Vor- und Rücklaufrohr.

Strömungssensoren erlauben eine vergleichsweise einfache Signalauswertung. Wird gezapft, so erzeugen sie ein Anforderungssignal zum Einschalten der Zirkulationspumpe. Nachteilig ist, dass diese Geber in das Rohrleitungsnetz eingefügt werden müssen und als hydraulisch-mechanische Geräte der Verschmutzung, der Verkalkung – besonders im heißen Warmwasser-Vorlauf – und mechanischem Verschleiß ausgesetzt sind.

Anlege-Temperaturfühler, die außen an der Rohrleitung befestigt werden, haben diese Nachteile nicht. Geräten mit Anlegefühler wird aber zuweilen unterstellt, unzuverlässig zu funktionieren. Dies trifft tatsächlich auch auf Produkte zu, deren Sensorik den hohen Anforderungen nicht genügt. Oft ist dies bereits äußerlich an ungeeignet konstruierten Temperaturfühlern erkennbar. Ein Standard-Tauchfühler im zylindrischen Hülsengehäuse, außen angebracht am Leitungsrohr, kann hier nicht ausreichend schnell und sicher funktionieren – schon gar nicht, wenn das Rohr aus einem wärmeisolierenden Kunststoff oder einem Verbundmaterial besteht. Ebenso können fest eingestellte Schwellentemperaturen

oder ein Temperaturvergleich mit der Rücklauftemperatur niemals für alle praktisch auftretenden Einsatzbedingungen und -situationen geeignet sein.

Demgegenüber haben Produkte, die mit spezialisierter Sensorik [1] ausgestattet sind, aber bewiesen, dass mit optimierten Temperaturfühlern (Bild 2, vergl. [2]) und durch hoch entwickelte selbstanpassende Analyse des Temperaturverlaufs nicht nur alle Zapfvorgänge bei beliebigen Rohrmaterialien schnell und zuverlässig erkannt, sondern gleichzeitig weitere wertvolle Informationen gewonnen werden können.

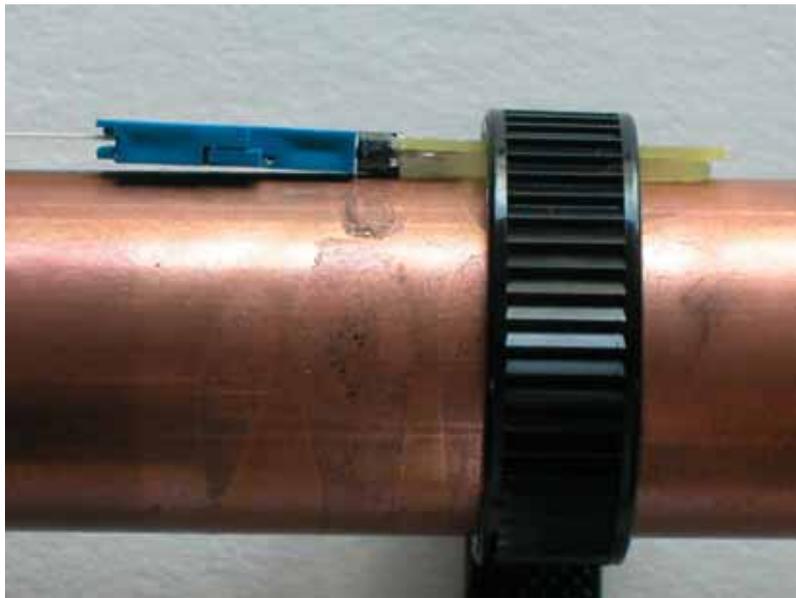


Bild 2: Schneller Anlege-Temperaturfühler für Rohrleitungen

Bild 3 zeigt das Messprinzip: Ein Anlegefühler AF befindet sich am Warmwasser-Rohr unmittelbar hinter der Warmwasser-Wärmequelle. Durch einen Zapfvorgang Z an beliebiger Stelle im Netz strömt heißes Wasser in das Vorlaufrohr, wo der Temperaturanstieg

$\frac{\Delta\theta_v}{\Delta t} > S$ oberhalb einer Schaltschwelle S schnell erkannt und ausgewertet wird, wo-

raufhin die Pumpe startet. Eine bereits vorher fühlbar höhere Temperatur an der Messstelle aufgrund von stetiger Wärmeleitung und Mikrozirkulation ist für das Erkennen des Wasserbedarfs unproblematisch, weil die Ruhetemperatur bei Anstiegserkennung ohne Bedeutung ist und bei einsetzender Strömung eine weitere Erwärmung erfolgt. Je nach Begleitumständen, wie vorgehaltener Temperatur und Wärmeleitfähigkeit des Rohrmaterials

fällt der beobachtete Temperaturanstieg mehr oder minder steil aus. Deshalb gleicht sich die Schaltschwelle S automatisch auf diese Gegebenheiten an.

Prinzipbedingt könnte der Erkennungsprozess wenige Sekunden länger dauern, als bei einem Strömungssensor. In der Praxis werden aber für Strömungsgeber künstliche Einschalt-Verzögerungen eingesetzt, um ein falsches Auslösen durch Ausgleichsströmungen und Restzirkulation zu verhindern. Praktisch ist deshalb kein spürbarer Unterschied in der Reaktionszeit feststellbar. Nach einem kurzen Wasserstoß kann das Zapfventil vom Nutzer zunächst wieder geschlossen werden, während die aktivierte Zirkulation zur zügigen Erwärmung aller Zapfstellen führt.

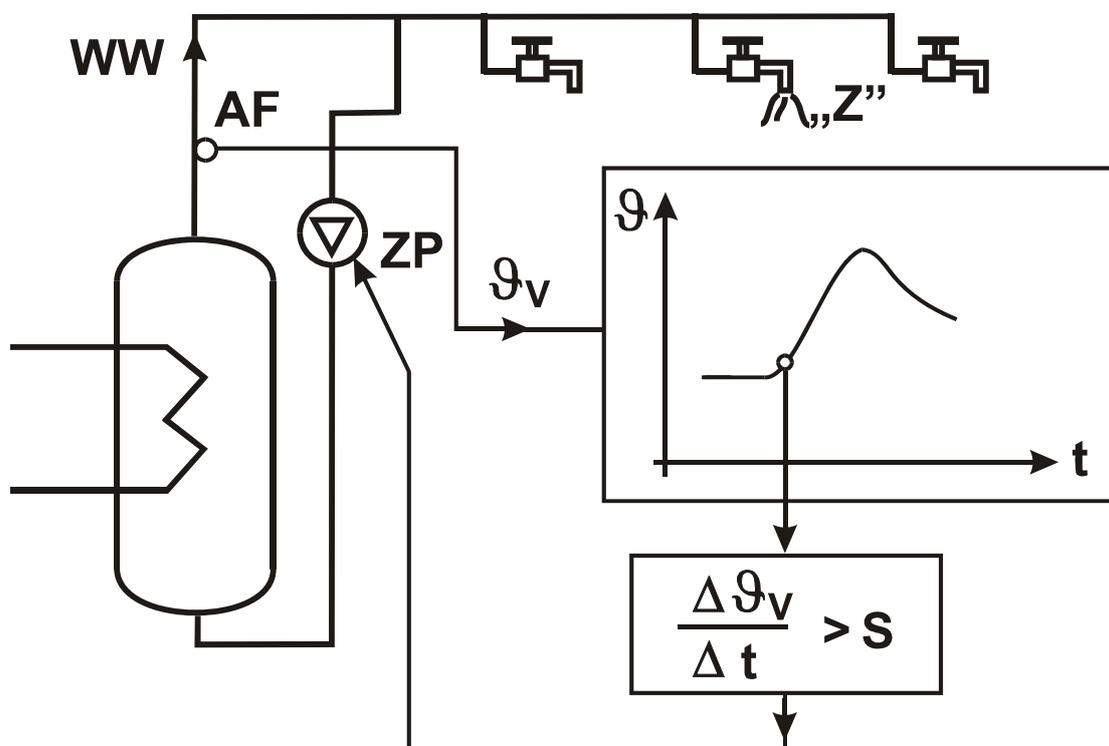


Bild 3: Messprinzip zur Gewinnung des Zapf-Signals

Welche Zirkulationsdauer ist optimal?

Die Zirkulationsdauer vom Starten bis zum Ausschalten der Pumpe muss so bemessen sein, dass zumindest alle Zapfstellen versorgt sind. Das kann mittels Timer vorprogrammiert sein oder aus dem Temperaturanstieg am Rücklauf erkannt werden.

Die Nachteile einer etwas länger als unbedingt nötig andauernden Zirkulation werden oft überbewertet. Weder der Wärmeverlust, noch die ohnehin bei jeder Zirkulation durch Tur-

bulenzen auftretende Störung der Schichtung im Pufferspeicher nehmen dadurch dramatisch zu. Umgekehrt würde eine unzureichende Versorgung einzelner Zapfstellen wegen einer zu kurzen Zirkulationsdauer schnell zur Unzufriedenheit der Nutzer führen.

In vielen Zirkulationssystemen gibt es Verzweigungen, die aufgrund unterschiedlicher Länge und hydraulischer Ungleichheiten dazu führen, dass die vollständigen Umlaufzeiten für diese Teilzweige voneinander abweichen. Würde hier bereits der beginnende Temperaturanstieg im Rücklauf zur Festlegung der Zirkulationsdauer genutzt, käme es zu einer Unterversorgung längerer Teilzweige. Deshalb ist die komplexe Auswertung des gesamten zeitlichen Temperaturverhaltens im Rücklauf gemäß [3] erforderlich, um daraus die optimale Laufzeit festlegen zu können. Natürlich wird bei dieser Methode auch berücksichtigt, dass nicht der Rücklauf sondern nur der Vorlauf bis zu jeder Zapfstelle erwärmt werden muss, weshalb die Messergebnisse für die Zirkulationsdauer entsprechend verkürzt werden. Sind hydraulische Zirkulationsregler vorhanden, so stören diese die Auswertung nicht, sondern führen im Gegenteil sogar zu einer kürzeren Gesamt-Zirkulationsdauer.

Variable Regelmäßigkeit und vorausschauende Entscheidungen

Löst die Zirkulation immer erst mit dem direkten Bedarf aus, so wird die Wartezeit bis zur Erwärmung der Zapfstelle als sehr unkomfortabel wahrgenommen, was zwangsläufig zu einer Unzufriedenheit der Nutzer führt. Abhilfe bringt das vorausschauende Aktivieren der Zirkulationspumpe entsprechend erkannter regelmäßiger Bedarfsgewohnheiten.

Der Warmwasser-Bedarf in einem Haus geht niemals genau nach der Uhrzeit. Dennoch gibt es bestimmte Regelmäßigkeiten:

- Bedarfsintervalle mit hoher Vorhersagbarkeit bei einer Streuung bis ca. 15 Minuten, typischer Weise z. B. morgens bei berufstätigen Bewohnern,
- Bedarfsintervalle bis zu mehreren Stunden mit schwankenden, eher zufälligen, Entnahmezeiten aber erhöhter durchschnittlicher Bedarfswahrscheinlichkeit, z. B. während „Hauswirtschaftszeiten“ in den Abendstunden,
- Intervalle mit geringer Bedarfswahrscheinlichkeit, z. B. in den Nachtstunden, tagsüber bei berufsbedingter Abwesenheit der Bewohner oder bei bewusster Vermeidung von Warmwasser-Zapfvorgängen aus Sparsamkeit, indem Mischbatterien im Anschlag „kalt“ geöffnet werden.

Dem entsprechend soll eine adäquate Steuerung vor Tageszeiten hoher Vorhersagbarkeit die Zirkulationspumpe stets einschalten, in Intervallen erhöhter durchschnittlicher Bedarfs-wahrscheinlichkeit in quasi-zufälliger Folge einzelne Zirkulationsläufe ausführen, so dass stets ein mittleres Temperaturniveau gewährleistet bleibt und in Zeiten geringer Bedarfs-wahrscheinlichkeit die Pumpe ganz abschalten.

Das in [1] veröffentlichte Prinzip ermöglicht diese Betriebsweise, sowie die im Folgenden beschriebenen Zusatzfunktionen.

Der zyklisch adressierte Datenspeicher eines eingebauten Mikrorechners bildet den Ta-gesverlauf und die jeweils erkannten Zapfvorgänge in einer 24-Stunden-Periode ab und ermittelt statistische Wahrscheinlichkeitsprofile. Über einige vorhergegangene Tage hin-weg wird so die mittlere Bedarfswahrscheinlichkeit für jede Tageszeit abgebildet. Damit die Pumpe vorausschauend starten kann wird der zyklische Speicher im Voraus ausge-wertet. Der zeitliche Vorlauf richtet sich dabei nach der ermittelten Zirkulationsdauer, um alle Zapfstellen rechtzeitig zu erwärmen. Je länger dafür gebraucht wird, desto eher startet die Zirkulation.

Eine besondere Maßnahme gewährleistet, dass bereits am Folgetag nach der Inbetrieb-nahme die Bedarfszeiten des Vortags als Gewohnheiten aktiv sind, dann aber mit jedem weiteren Tag statistisch präzisiert werden.

Die beschriebene Funktionsweise ist für größere Installationen mit einer großen Anzahl von Bewohnern ebenso geeignet, wie für Einfamilienhäuser. Mit zunehmender Anzahl von Nutzern steigt zwar insgesamt der Anteil der Pumpenlaufzeit an, mit keiner anderen tech-nischen Lösung werden aber diese Zeiten automatisch so optimal an die tatsächlichen Bedarfszeiten angeglichen.

Trinkwasserqualität und thermische Desinfektion

Besonders in größeren Anlagen wird eine regelmäßige thermische Desinfektion prakti-ziert, die auch das Leitungsnetz einbeziehen muss. Deshalb ist zu fordern, dass in dieser Zeit die Zirkulationspumpe eingeschaltet ist, wozu ein sehr zuverlässiges und dennoch energiesparendes Detektionsverfahren zur Synchronisation der Pumpenlaufzeiten mit den Speicheraufheizzeiten dient [3]. Suchläufe, die während Grundtemperatur-Spitzen am Vorlaufrohr ausgelöst werden, bestimmen hierzu wöchentlich wiederkehrende Desinfek-tionszeiten und präzisieren und verifizieren diese im laufenden Betrieb ständig weiter. Spo-

radische Temperaturspitzen, z. B. Bei Solareinspeisung, werden sicher unterschieden. Werden andererseits keine Desinfektionszeiten erkannt, so wird die Pumpe nur nach längeren bedarfsbedingten Stillstandszeiten – zum Beispiel bei Abwesenheit der Mieter – zusätzlich gestartet, um das Leitungsnetz regelmäßig durchzuspülen.

Wochenrhythmus und Abwesenheit

In vielen Haushalten gibt es deutliche Unterschiede des Bedarfsprofils zwischen den Werktagen und dem Wochenende. Andererseits trifft aber Samstags und Sonntags häufig auch nur eine kleine Regelmäßigkeit der Bedarfszeiten zu, so dass eine Vorhersage an diesen Tagen nur wenig zielsicher und darum wenig sinnvoll ist.

Nach [3] wird der Wochenrhythmus anhand des durchschnittlichen Grades der Übereinstimmung des jeweiligen Tagesprofils zum Wochenmittel im 7-Tage-Intervall statistisch analysiert und damit das Wochenende mit seiner größten Abweichung automatisch erkannt. Nur dann, wenn die Periodizität genügend markant ist, das Wochenende sich also deutlich unterscheidet, wird zyklisch während dieser beiden Tage das vorausschauende Starten der Pumpe unterbunden. Liegt statt dessen für alle Tage der Woche ein kontinuierliches Bedarfsverhalten vor, so erfolgt keine Differenzierung.

Auch eine spontane längere Abwesenheit der Nutzer, z. B. bei einer Urlaubsfahrt, ist automatisch erkennbar. Erfolgt innerhalb mehrerer aufeinander folgender Intervalle, in denen erfahrungsgemäß Zapfvorgänge stattfinden, oder maximal über eine Zeit von 18 Stunden, keine Warmwasser-Entnahme, so wird Abwesenheit der Bewohner angenommen. Somit werden alle Pumpenstarts, ausgenommen jene, die der Trinkwasserhygiene dienen, unterbunden. Gleichzeitig werden die Gewohnheitsprofile jetzt nicht mehr verändert, also auch nicht „verlernt“. Ob nach einem Tag oder mehreren Wochen: Sobald sich ein Bewohner durch die erste Warmwasser-Entnahme „zurück meldet“, schaltet die Steuerung sofort wieder in ihren gewohnten Rhythmus.

Selbstdiagnose

Gelangt nach Installationsarbeiten Luft in die Pumpe, setzt sie sich – unterstützt vom Rückschlagventil – dort gern fest und verhindert die weitere Förderung. Abgesehen davon, dass hierdurch keine Zirkulation mehr erfolgt, führt der Trockenlauf wegen dann fehlender Kühl- und Schmierfunktion schnell zum vorzeitigen Ausfall der Pumpe.

Auch die korrekte Funktion des Rückschlagventils in der Zirkulationsleitung ist sehr wichtig, zum Beispiel, damit die Pumpe nicht rückwärts mit heißem Wasser durchströmt wird und um die Schwerkraftzirkulation zu unterbinden. Ausfälle des Rückschlagventils durch Verkalken und Blockieren bleiben aber oft über lange Zeit unbemerkt.

Sowohl Trockenlauf-, wie auch Rückschlagventil-Fehler werden von einer modernen Steuerelektronik nach [4] ständig mit diagnostiziert und angezeigt, wodurch sich teure Folgefehler vermeiden lassen.

Besonderheiten bei Frischwasser-Stationen

Frischwasser-Stationen mit Wärmetauschern finden immer mehr Verbreitung, vor allem wegen ihrer hygienischen Vorteile. Ein Frischwasser-Wärmetauscher besitzt, ebenso wie ein Pufferspeicher, einen Primärkreislauf mit einer Ladepumpe. Der grundlegende Unterschied zwischen beiden besteht aber darin, dass der Wärmetauscher kein Speichervolumen besitzt, um eine größere vorgeheizte Brauchwassermenge vorzuhalten. Daneben gibt es Systeme, die in den Heizungs-Pufferspeicher integriert sind, z. B. als Wärmetauscher-Lanze oder Heizschlange.

Bild 4a zeigt einen Wärmetauscher *WT* in der allgemein üblichen Anordnung, wobei interne Thermostat-Regelkreise nicht dargestellt sind. Zum Einschalten der Ladepumpe *LP* und der Zirkulationspumpe *ZP* sind unterschiedliche Varianten für die Pumpensteuerung *PS* in Gebrauch. Die energetisch sparsamste schaltet nur bei Warmwasser-Anforderung beide Pumpen ein – in aller Regel mittels Strömungssensor *SF* in der Kaltwasserzufuhr – und nach vorgewählter Zeit *T* oder Erwärmung des Rücklaufs wieder aus. Weil nach einer Warmwasser-Anforderung der gesamte Komplex aus Ladekreislauf, Wärmetauscher und Warmwasserkreislauf erst erwärmt und diese Erwärmung transportiert werden muss, vergeht aber viel Zeit bis zur Versorgung der anfordernden Zapfstellen mit heißem Wasser – zu viel, um die Versorgung als bedarfsgerecht zu empfinden. Erst durch den Einsatz einer vorausschauenden bedarfsabhängigen Steuerung der oben beschriebenen Art wird es möglich, den bereits bestehenden energetischen Vorteil mit gutem Versorgungskomfort zu verbinden.

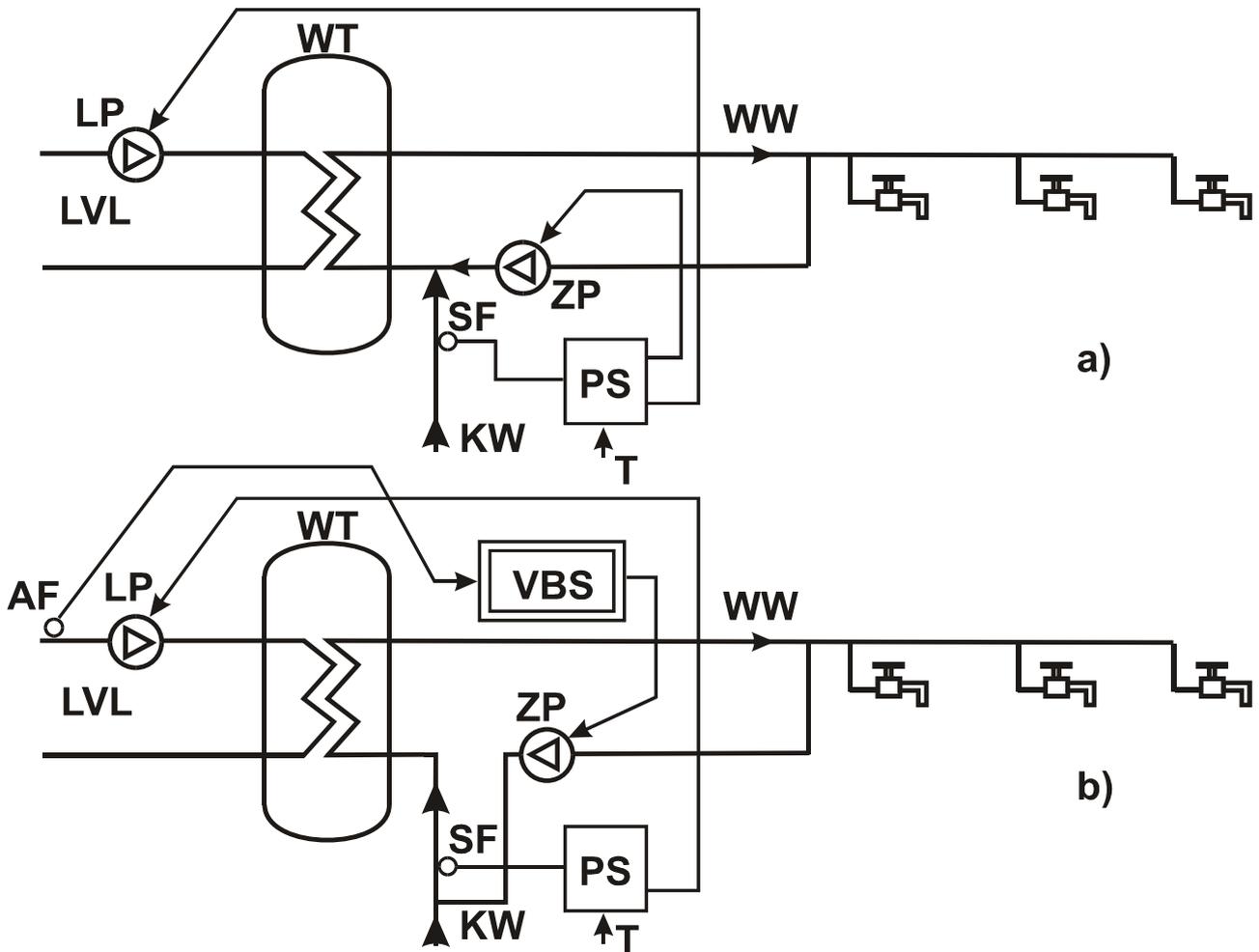


Bild 4: Grundlegendes Schema für Wärmetauscher-Systeme

Abweichend von der sonst üblichen Installationsweise müssen lediglich folgende Unterschiede gemäß Bild 4b für das Einfügen einer bedarfsabhängigen vorausschauenden Steuerung beachtet werden:

- 1) Der Vorlauffühler AF wird nicht am Warmwasserrohr sondern am Ladekreis-Vorlauf angebracht.
- 2) Der Strömungsschalter SF für die Ladepumpe des Wärmetauschers muss vom gesamten durchlaufenden Brauchwasser, also nicht nur vom Kaltwasserzulauf, sondern auch vom Zirkulationskreislauf betätigt werden. Falls an der vorgefertigten Wärmetauscher-Gruppe bereits zwei separate Anschlüsse für Kalt- und Zirkulationswasser bestehen, muss der Anschluss für die Zirkulationsleitung verschlossen und diese mit dem Kaltwasserzulauf verbunden werden.

- 3) Die Zirkulationspumpe wird nicht gemeinsam mit der Ladepumpe vom Strömungsschalter SF über die Steuerung PS eingeschaltet, sondern ist mit der vorausschauend schaltenden Steuerung VBS verbunden.
- 4) Sofern am Timer der Frischwasserstation eine Nachlaufzeit T für die Ladepumpe nach Beendigung des Zapfens einstellbar ist, sollte diese unabhängig von der erwarteten Zirkulationsdauer möglichst kurz, wenn möglich sogar auf Null eingestellt werden.
- 5) Falls eine Temperaturüberwachung im Rücklauf die Ladepumpe ausschaltet, muss diese deaktiviert werden.

Diese Regeln erklären sich aus folgender Funktionsweise: Als Reaktion auf eine nicht vorhergesehene, also zufällige, Wasserentnahme schaltet zuerst der Strömungsschalter SF die Ladepumpe LP ein. Kurz darauf führt die ansteigende Temperatur im Primärkreislauf über den Vorlauffühler AF und die vorausschauende bedarfsabhängige Steuerung VBS zum Einschalten der Zirkulationspumpe ZP . Hierdurch bleibt wiederum der Strömungsschalter so lange aktiv, wie die Zirkulationspumpe läuft, und belässt so lange auch die Ladepumpe eingeschaltet. Der Rücklauffühler – hier nicht dargestellt – erfasst wie gewohnt die Rücklaufftemperatur und steuert über VBS die Zirkulationsdauer. Schaltet die Zirkulationspumpe wieder aus und wird auch kein Warmwasser mehr gezapft, so schaltet der Strömungsschalter wieder ab. Auch die Ladepumpe wird hierdurch wieder abgeschaltet, eventuell aber erst nach der vorgewählten Nachlaufzeit.

Bei einem vorausschauenden Start wird zunächst die Zirkulationspumpe von der Elektronik selbsttätig gestartet und löst mittelbar über den Strömungsschalter auch die Ladepumpe aus. Alles weitere läuft ebenso ab, wie nach direkter Anforderung. Hierbei ist aber genügend Zeit, alle Leitungswege zu erwärmen, bevor mit einer Warmwasser-Anforderung zu rechnen ist.

Auch in allen anderen Frischwasser-Systemen, die vom hier dargestellten Grundsystem etwas abweichen können, ist der vorteilhafte Betrieb mit einer solchen vorausschauenden Steuerung möglich, wenn die Installation nach ähnlichem Schema erfolgt.

Grau ist alle Theorie

Am Markt werden verschiedene Systeme als bedarfsabhängig und lernfähig angeboten, von denen derzeit aber nur drei Produkte die aufgezeigten Anforderungen vollständig erfüllen.

Der *Zirkulationscontroller CIRCON* (Bild 5), als erstes derartiges Gerät seit 2001 am Markt und inzwischen in der dritten weiterentwickelten Generation erhältlich, ist ein einfach zu installierendes Vorschaltgerät zum Einfügen in die elektrische Zuleitung jeder beliebigen Brauchwasserpumpe. Damit ist es besonders zum problemlosen Nachrüsten in bestehende Systeme und zum Steuern unregelter Pumpen geeignet (Hersteller: *Dr. Clauß Bild- und Datentechnik GmbH* in Zwönitz, circon.dr-clauss.de).



Bild 5: Zirkulationscontroller CIRCON (Quelle: Dr. Clauß GmbH)

Die *Brauchwasser-Zirkulationspumpe BW-SL 154 autolearn* (Bild 6, [5]) ist die erste ihrer Art mit integrierter bedarfsabhängiger Steuerung (Hersteller: *Deutsche Vortex GmbH und Co. KG* in Ludwigsburg, www.deutsche-vortex.de).



*Bild 6: Brauchwasser-Zirkulationspumpe BW-SL 154
(Quelle: Deutsche Vortex GmbH und Co. KG)*



Bild 7: Brauchwasser-Zirkulationspumpe AXW smart (Quelle: Biral AG)

Die *Brauchwasser-Zirkulationspumpen der Serie AXW smart* (Bild 7) mit einer ähnlichen integrierten Steuerung sind für größere Förderleistungen geeignet und mit einem energieeffizienten Permanentmagnet-Motor ausgestattet (Hersteller: *Biral AG* in Münsingen, Schweiz, www.biral.ch).

Beide Pumpen erfüllen auch die Kriterien der KfW-Förderung.

Charakteristisch für alle diese elektronischen Steuerungen ist, dass sie 'im Verborgenen' ihren Dienst tun und vom Nutzer kaum bemerkt werden. Alle Funktionen passen sich stetig und automatisch an die Gegebenheiten der Anlage und an die Nutzergewohnheiten an.

Bei diesen Geräten wird je ein Spezial-Rohr-Anlegefühler am Vor- und Rücklauf befestigt und mit dem Gerät verbunden. In den beiden Pumpen mit integrierter Elektronik ist der Rücklauf-Fühler bereits im Pumpengehäuse integriert, so dass nur ein einziger externer Fühler für den Vorlauf zu montieren ist. Mehr ist nicht zu installieren. Sofort nach der Inbetriebnahme wird jeder Zapfvorgang erkannt und die Pumpe daraufhin gestartet. Gleichzeitig beginnt die Steuerung mit der Sammlung zahlreicher Systemdaten und natürlich aller Zapfzeiten. Es sind keinerlei Einstellungen erforderlich. Je nach individuellem Empfinden kann die Komfort-Stufe vom Nutzer reduziert oder erhöht werden, wodurch vorausschauende Pumpenstarts verglichen mit der jeweiligen Bedarfswahrscheinlichkeit eher zurückhaltend oder eher progressiv erfolgen.

Bild 8 zeigt einen beispielhaften Temperaturverlauf für Vor- und Rücklauf in den ersten 24 Stunden nach der Inbetriebnahme an einem Wärmetauscher-System. Die Vorlauftemperatur wurde hier also eigentlich am Ladekreislauf gemessen, zeigt aber gegenüber einer Installation mit einem Trinkwasser-Pufferspeicher keine erkennbaren Unterschiede. Eine dritte Kurve (Status) gibt hier die Schaltzustände an. Weil die Messwerte im 5s-Takt erfasst werden, ergeben sich auf der Zeitachse 17280 Zähler für 24 Stunden. Die Temperaturskala ist hier nicht geeicht. Es sei erwähnt, dass Beginn und Ende des Analyse-Tages nicht mit 0 Uhr des Kalendertages übereinstimmen, was aber auch nicht notwendig ist. Im dargestellten Beispiel wurde das Gerät um ca. 18.00 Uhr gestartet, weshalb die längere Pause zwischen den Zählern 5000 und 9000 auf der Zeitachse den Nachtstunden von ca. 1.00 bis 6.30 Uhr entspricht.

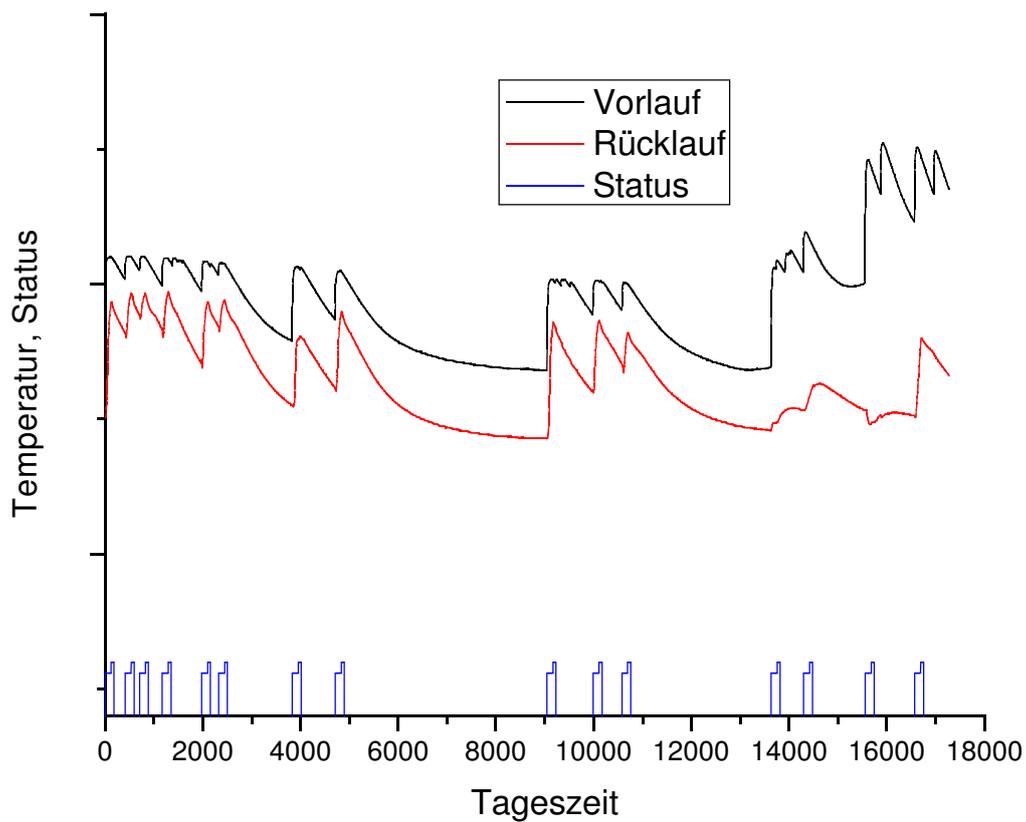


Bild 8: Tag 1 nach Inbetriebnahme

An diesem ersten Tag wurde zunächst nur auf direkte Anforderung reagiert. Die verschiedenen Temperaturniveaus, die sich sowohl in den Lauf-, wie auch den Stillstandsphasen deutlich voneinander unterscheiden, sind von einem einspeisenden Solarkreislauf verursacht worden. Hier ist sichtbar, dass die Funktion auch bei schwankenden Temperaturen der Wärmequelle ohne Einschränkung gewährleistet ist.

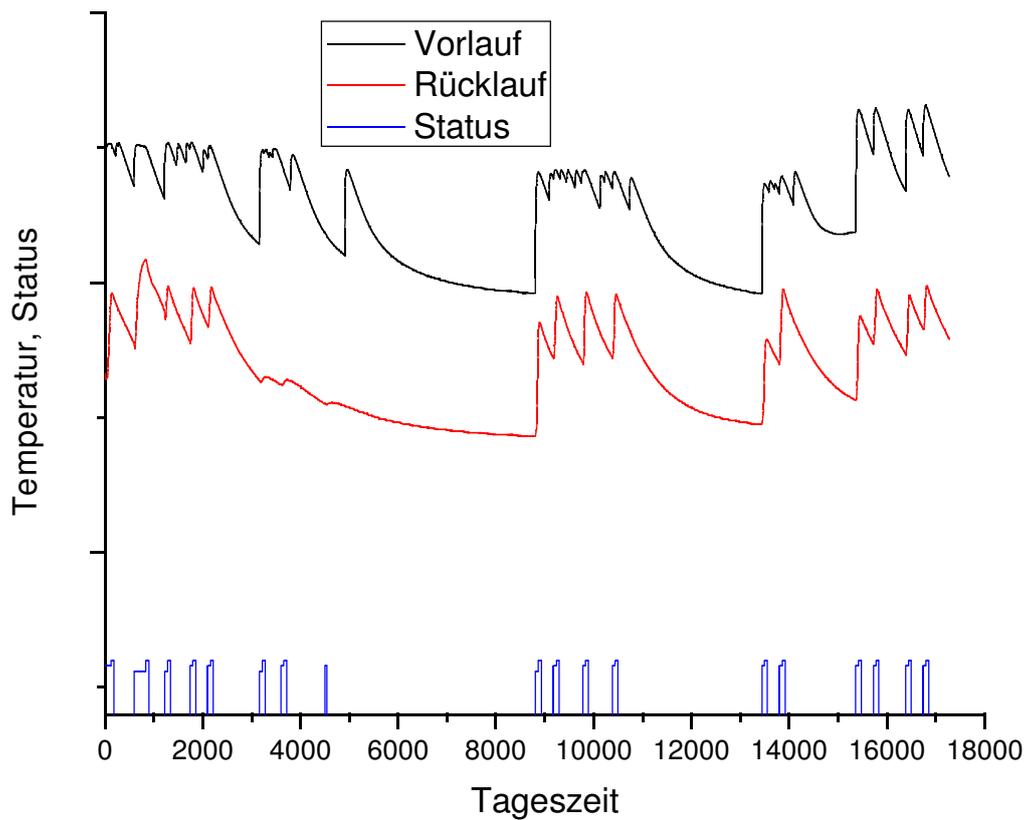


Bild 9: Tag 2 nach Inbetriebnahme

Im Bild 9 sind die Verläufe des zweiten Tages erfasst. Aus allen Zapfzeiten des ersten Tages erwachsen hier vorausschauende Starts. Ob dann zu dieser Zeit tatsächlich gezapft wurde oder nicht, erkennt man in der Aufzeichnung meist daran, ob die Vorlauftemperatur nach dem Pumpenstop monoton abklingt, oder sich weitere kleinere Wellen anschließen. Auch die Steuerelektronik erkennt im erwärmten System auf ähnliche Weise, ob gezapft wurde, oder nicht. Einzelne Starts der Pumpe waren hier offenbar unnötig, neue Starts nach Zapfvorgängen kamen hinzu.

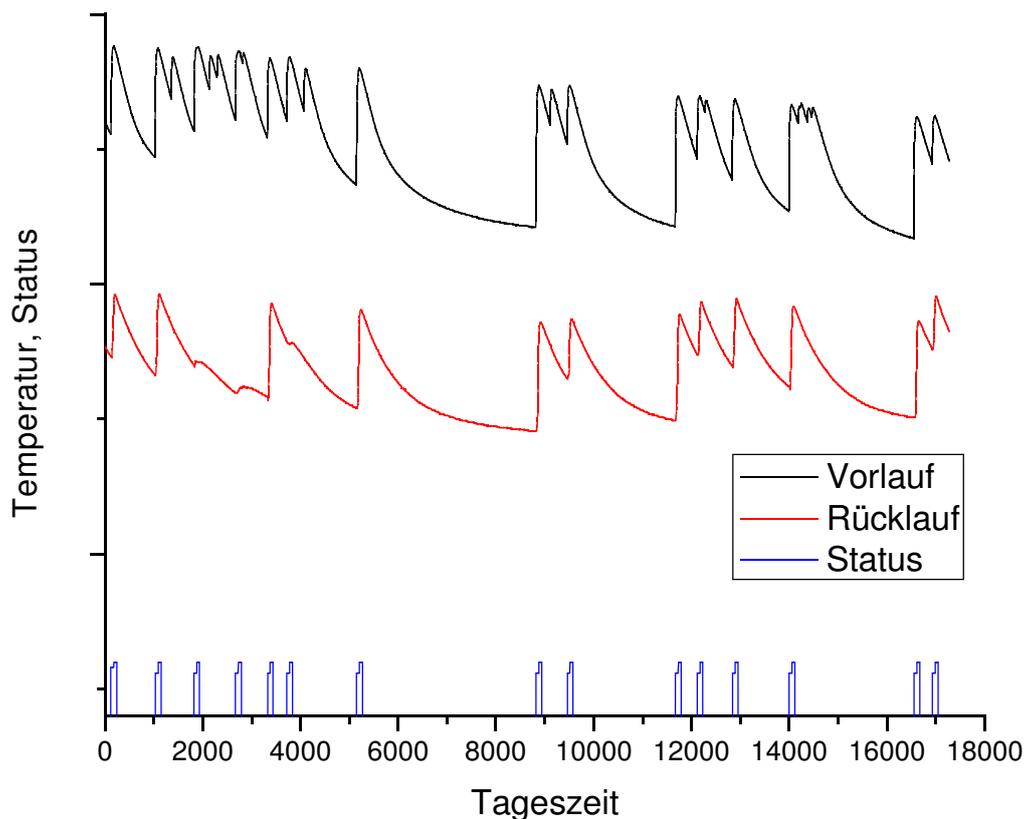


Bild 10: Tag 8 nach Inbetriebnahme

In den weiteren Tagen wird automatisch weiter differenziert, mit welcher Wahrscheinlichkeit zu bestimmten Zeiten Wasser gezapft wird. Bild 11 zeigt die von der Elektronik ermittelte Statistik vom Tag 8 für das gleiche Beispiel. Hierfür werden 5-Minuten-Intervalle unterschieden, was in 24 Stunden zu 288 Intervallen führt. Die eingetragene horizontale Linie kennzeichnet die wirksame Schwelle für die Entscheidung, ob ein vorausschauender Start für ein bestimmtes Intervall erfolgen soll. Dem entspricht auch der im Bild 10 wiedergegebene Verlauf für diesen Tag.

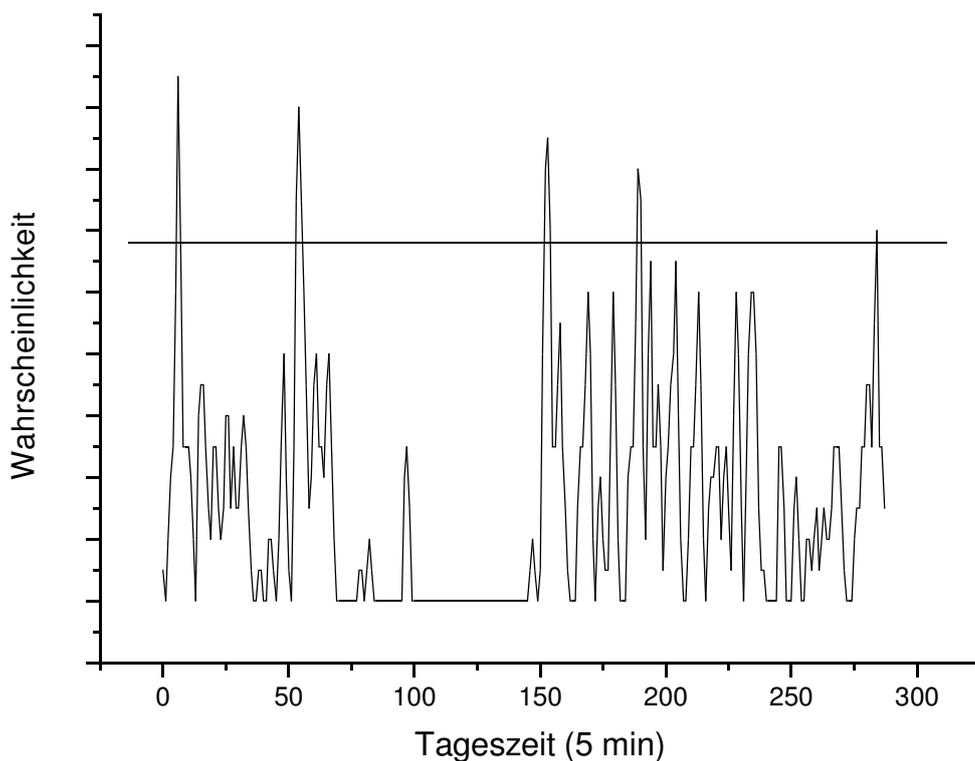


Bild 11: Bedarfswahrscheinlichkeit am Tag 8 nach Inbetriebnahme

Zu kompliziert für Installateur und Nutzer?

Alle hier dargestellten Detailkenntnisse sind für den interessierten Fachmann bestimmt. Weder der Installateur, noch der Nutzer werden „genötigt“, sich damit näher zu befassen. Im Gegenteil: Der praktische Einsatz ist einfacher als bei jeder anderen Steuerung. Werden die Geräte im Lieferzustand belassen, so kann nichts schief gehen. Es ist also gar nichts einzustellen. Der Nutzer hat später die Möglichkeit, das Verhältnis zwischen Komfort und Sparsamkeit seinen individuellen Bedürfnissen anzupassen, wenn er will – er muss es aber nicht. Weitere Einstellungen sind nicht nötig!

Wie gezeigt wurde, funktioniert eine gut konzipierte bedarfsabhängige Zirkulationssteuerung ohne jede bewusste Mitwirkung der Verbraucher. Dennoch ist es von Vorteil, die Nut-

zer einer damit ausgestatteten Anlage darüber aufzuklären, wie sie ihren Energiebedarf durch gezieltes Verhalten steuern können. Hierzu genügen einige wenige Informationen:

- 1) Liegt beim Öffnen des Warmwasser-Ventils einmal kein warmes Wasser an, so soll man keinesfalls das abgekühlte Wasser unnütz ablaufen lassen, sondern das Ventil wieder schließen. Nach einer von der Anlage abhängigen Wartezeit steht beim wiederholten Öffnen das warme Wasser bereit. Ebenso kann beispielsweise vor dem Duschen zu ungewöhnlichen Zeiten bereits vor dem Auskleiden das Warmwasserventil kurz geöffnet werden, um die Zirkulation zu starten.
- 2) Jede spontane Warmwasserentnahme führt zu einem zusätzlichen Zirkulationslauf, der den Spareffekt verringert. Auch beim weit verbreiteten Händewaschen in Mittelstellung der Einhebel-Mischbatterie ist das der Fall. Wer seine Hände warm waschen will, kann das auch weiterhin tun. Dies führt dann auf Dauer auch zu vorausschauender Bereitstellung. Wer dies nicht unbedingt muss und nicht will, kann durch sein Verbrauchsverhalten bewusst sparen.
- 3) Eine nutzerfreundliche Einknopf-Bedienung gestattet das Einstellen eines individuellen Optimums zwischen Komfort und Energieeinsparung und kann, wenn gewünscht, bewusst dafür genutzt werden.

Fazit

Um eine Brauchwasserzirkulation möglichst energiesparend und trotzdem komfortabel zu betreiben, muss vor allem der Wärmeverlust während unnötiger Warmwasser-Bereitstellung reduziert werden, was nur mit einer bedarfsabhängigen und selbstlernenden Steuerung der Umwälzpumpe bei Verwendung spezialisierter Temperatursensorik erreicht wird. Die vorgestellten Produkte mit modernster Steuerelektronik und komplexen Analyse- und Auswerte-Algorithmen ermöglichen diese Funktionen. Gleichzeitig werden alle Anlagespezifischen Einstellungen automatisch vorgenommen. Anstatt den Nutzer mit Kodierschaltern oder endlosen Konfigurationsmenüs zu nerven, zeigt die moderne Technik hier ihr Potenzial, ihn hiervon spürbar zu entlasten und dabei eine energiebewusste Lebensweise zu unterstützen.

Literatur:

- [1] Clauß, U.: Anordnung und Verfahren zur bedarfsabhängigen automatischen Steuerung von Warmwasser-Zirkulationspumpen. - Patentschrift DE 101 28 444 B4, 2001
- [2] Clauß, U.: Temperatur-Anlegesensor. - Gebrauchsmusterschrift DE 202 08 698 U1, 2002
- [3] Clauß, U.: Zirkulationsautomat. - Patentschrift DE 10 2006 054 729 B3, 2006
- [4] Clauß, U.: Zirkulationsautomat. - Patentschrift DE10 2007 007 414 B3, 2007
- [5] Die Pumpe mit „Köpfchen“. - SANITÄR+HEIZUNGSTECHNIK 4/2008