

Autoren

Dipl.-Ing. Arne Feldmeier M.Eng.¹,
Prof. Dr.-Ing. Peter Glösekötter²

¹ Fachhochschule Münster,
Fachbereich Energie . Gebäude . Umwelt,
Labor für MSR-Technik und Gebäude-
automation, 48565 Steinfurt

² Fachhochschule Münster, Fachbereich
Elektrotechnik und Informatik, Labor für
Halbleiter-Bauelemente und Bussysteme,
48565 Steinfurt

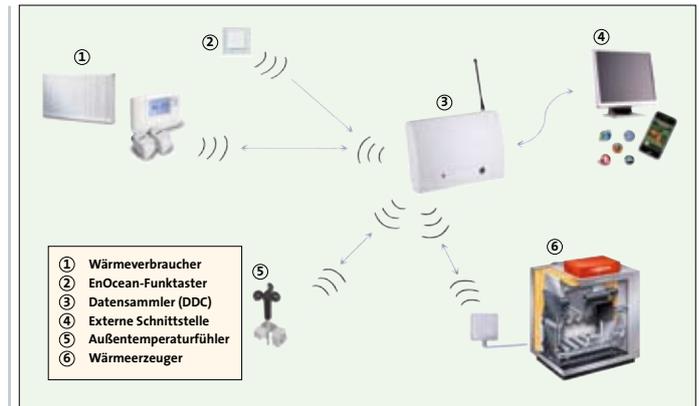


Bild 1: Beispiel für eine EnOcean-Funkregelung

Thermostatventil 2.0

Energieautarke funkgesteuerte Stellantriebe und dadurch mögliche neuartige Regelkonzepte

In Kooperation zwischen dem Labor für elektronische Bauelemente des Fachbereichs Elektrotechnik und dem Labor für MSR-Technik und Gebäudeautomation des Fachbereichs Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik der Fachhochschule Münster wird derzeit daran geforscht, dass das klassische Thermostatventil durch eine neue Lösung, das „Thermostatventil 2.0“ zu ersetzen. Dies ermöglicht zugleich neuartige Regelkonzepte.

Wir sind umgeben von Energie. Allein die innere Energie der Zeitschrift die Sie hier gerade lesen, würde ausreichen um Ihren heimischen Fernseher für etwa 20 min erstrahlen zu lassen¹. Diese hier so bildhaft beschriebene Energie ist vom Grundsatz her nichts anderes als Wärme. Wir sind zwar in vielen Bereichen Experten darin geworden, aus hochwertiger nutzbarer Energie (Stichwort: hoher Exergiegehalt) einen Arbeitsprozess zum Laufen zu bringen, aber die dabei als Nebenprodukt anfallende Wärme betrachten wir meist immer noch als eher unnützlich wenn nicht gar störend. Selbst bei gezielter Umwandlung von z.B. fossilen Energieträgern zur Beheizung unserer Häuser, Wohnungen oder Arbeitsstätten blieb uns das über die Raumtemperaturerhebung hinausgehende Potential der Energiequelle Wärme bisher weitestgehend verborgen. Dieses Potential nutzbar zu machen und die sich daraus in Kombination mit der modernen MSR-Technik ergebenden Möglichkeiten in einem Produkt zu vereinen, wird momentan an der Fachhochschule Münster versucht.

In Kooperation zwischen dem Labor für elektronische Bauelemente des Fachbereichs Elektrotechnik und dem Labor für MSR-Technik und Gebäudeautomation des Fachbereichs Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik liegt der Fokus für ein neuartiges Anwendungsgebiet dabei momentan auf der Ablösung des klassischen Thermostatventils. Denn durch den möglichen Energiegewinn am Wärmeverbraucher ergeben sich bezüglich Datengewinnung, bidirektionaler Übermitt-

lung sowie evtl. nachfolgendem Aktoreingriff (Stellantrieb mit zugehörigem Regelventil), völlig neuartige Regelkonzepte. Dadurch kann effektiv ein Beitrag zu Primärenergieeinsparung bei gleichzeitiger Steigerung des Bedienkomforts und des Behaglichkeitsempfindens geleistet werden.

Als Kommunikationsstandard wurde die EnOcean-Funktechnologie (Bild 1) gewählt um möglichst gänzlich auf eine zusätzliche Verkabelung an den Aktoren verzichten zu können. Dadurch lässt sich zudem der immer größer werdende Markt der Bestandsgebäude erschließen, in welchen gleichzeitig das größte Energieeinsparpotential zu suchen ist. Gleichzeitig kann durch diesen vereinheitlichten Standard auf eine Vielzahl von bereits am Markt erhältliche Komponenten zurückgegriffen werden. So ist z.B. für eine gewünschte Heizkörperverriegelung bei geöffnetem Fenster die Hardware in Form eines EnOcean-Fenstergriffs als Serienprodukt bereits verfügbar und kann problemlos in die Regelung (DDC) integriert werden.

Darüber hinaus kann durch die am Verbraucher gewonnenen Temperaturmesswerte eine direkte Adaption der Vorlauftemperatur erfolgen. Dadurch kann die heutzutage standardmäßig in der Kesselregelung hinterlegte Heizkurve noch weiter optimiert bzw. die stellvertretend für die Betriebszeiten stehende eingeschlossene Fläche der Heizkurve noch weiter reduziert werden. Auch diese Maßnahme trägt wiederum entscheidend zur Energieeffizienzsteigerung der Beheizung unserer

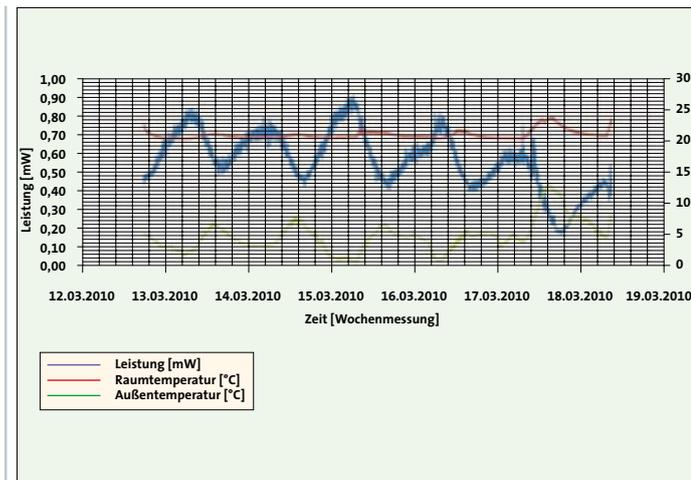


Bild 2: Grafische Aufarbeitung einer fünfeinhalb-tägigen Messung eines an einem Heizkörper verbauten microplet-Seebeckgenerators

Gebäude bei. Enormes zusätzliches Einsparpotential verspricht die Tatsache dass dem Nutzer über intuitiv bedienbare und frei platzierbare Funk-Wandtaster die Möglichkeit gegeben wird, über einen einfachen Tastendruck die gesamte Wohnungsbeheizung sinnbildlich an- bzw. auszuschalten. Dadurch erhält der Nutzer die denkbar einfachste Bedienmöglichkeit und muss sich nicht in eine meist komplizierte Touch-Panel-Steuerung einarbeiten. Von den wesentlich kürzeren Bedienzeiten und den geringeren Anschaffungskosten mal ganz abgesehen.

Die sich dabei aufdrängende Frage ist allerdings, wie viel Energie kann überhaupt aus dem Wärmeprozess gewonnen werden, und vor allem, reicht diese Energie auch tatsächlich aus, um die Kommunikation und den Stellvorgang am jeweiligen Verbraucher ausreichend zu versorgen? Die grafische Aufarbeitung einer fünfeinhalb-tägigen Messung eines an einem Heizkörper verbauten microplet-Seebeckgenerators (Bild 2) spiegelt stellvertretend den vom Heizverhalten abhängigen möglichen elektrischen Energiegewinn wieder. Die aus dem Prozess gewonnene Energie steht, wie zu erwarten, in direkter Abhängigkeit zum tatsächlichen Wärmebedarf. Denn wenn keine Wärme im Raum benötigt wird, kann logischerweise auch aus keiner Wärme Energie für die Stellantriebe und die Regelungselektronik zurückgewonnen werden.

In dem beispielhaft dargestellten Messzeitraum konnten bei einer mittleren Außentemperatur von 4,86 °C und einem Raumtemperatur-Sollwert von 21 °C (Regelung über handelsübliches Thermostatventil 2 K) etwa 280 Ws an elektrischer Arbeit akkumuliert werden. Oder anders formuliert, um ein Gespür dafür zu erhalten, in welchen winzigen Dimensionen sich an dieser Stelle bewegt wird, gerade einmal genug Energie um vier 70 W-Glühlampen für eine einzige Sekunde erleuchten zu lassen.

Aus diesem bildlichen Vergleich ist zu erkennen, dass vor allem auf der Verbraucherseite eine Optimierungsarbeit für die eingesetzten Komponenten geleistet werden musste. Denn die winzigen gewonnen Energiemengen reichen nur dann aus, wenn die energieintensiven Komponenten im zeitlichen Mittel so selten wie möglich im Einsatz sind.

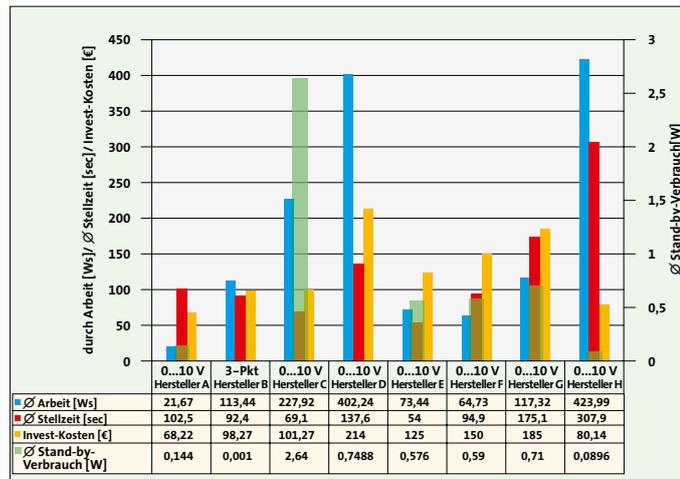


Bild 3: Stand-by-Verluste herkömmlicher Stellantriebe

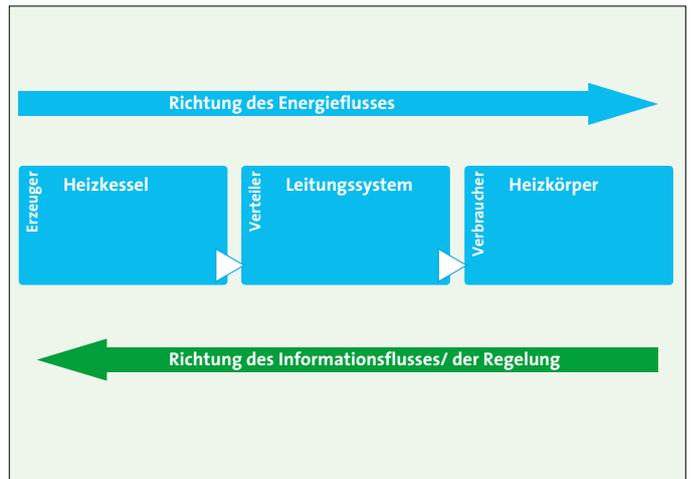


Bild 4: Aus Effizienzgründen ist die Regelung entgegen der Richtung des Energieflusses aufzubauen

Die Zeitschrift „Economist“ brachte einmal folgende Feststellung zu Papier: „Der Schlüssel zu einem langen Leben liegt offensichtlich darin, dass man möglichst nicht viel tut.“ Diese Aussage hatte zwar einen anderweitigen Hintergrund, passt aber dennoch vorzüglich auf die Problematik der dezentralen autark versorgten Regler.

Auf der Verbraucherseite wurde daher auf den speziell für die Energy-Harvesting Anwendung konzipierten „STM300“-Chip von EnOcean zurückgegriffen. Dieser ermöglicht die Kommunikation auf Basis des 868 MHz-Funkprotokolls bei gleichzeitiger hardwaremäßiger Optimierung der schaltbaren Ein- und Ausgänge auf eine möglichst geringe Energieaufnahme. Im Zuge der Entwicklungsarbeit des „STM300“-Chips wurde seitens EnOcean dafür eine energiesparende Zeitschaltelctronik namens „Smart ACK(nowledge)“ konzipiert, welche EnOcean selbst wie folgt beschreibt: „Die Zeitschaltelctronik weckt den Prozessor in periodischen Abständen. „Smart ACK“ erlaubt dem Prozessor des Aktors, bidirektional mit der Zentrale zu kommunizieren. Der Prozessor fragt über den Funksender bei der Zentrale an, ob Aktionsbedarf besteht und erhält die Antwort in einem genau definierten Zeitintervall. Bei Bedarf kommt nun die Aktorkomponente mit hohem Strombedarf zum Einsatz. Danach schaltet sich der Aktor wieder in den stromsparenden Zustand.“

Diese Handhabung ermöglicht es, nicht nur den für die Kommunikation und den Stellmotor benötigten Energiebedarf auf ein Minimum zu reduzieren, sondern führt darüber hinaus zu einer erheblichen Reduktion der Stand-by-Verluste. Wie Bild 3 zeigt, sind die Stand-by-Verluste herkömmlicher handelsüblicher Stellantriebe durchaus beachtenswert. Diese Thematik aufgreifende detaillierte Untersuchungen [1] zeigen zwar, dass Stand-by-Verbräuche von Gebäudeautomationskomponenten bezogen auf die erzielbaren gebäudeumfassenden Energieeinsparungen eine untergeordnete Rolle spielen, aber dennoch sollten speziell diese Komponenten bezogen auf die Energieeffizienz beispielhaft vorgehen. Wie aus Bild 3 ebenfalls anschaulich entnommen werden kann, variieren neben den Stand-by-Verbräuchen (Messungen gemäß DIN EN 62301) auch weitere elementare Kenngrößen wie die benötigte elektrische Arbeit für einen Gesamthubweg, die zugehörige durchschnittliche Stellzeit und natürlich die jeweiligen Anschaf-

fungskosten von Hersteller zu Hersteller immens. Dabei schneiden die teureren Antriebe erstaunlicherweise eher schlecht ab. Ebenfalls zu beachten ist der hohe Energiebedarf des einzigen thermoelektrischen Stellantriebes im Test (Hersteller H). Diese thermoelektrischen Antriebe werden aufgrund ihrer geringen Anschaffungskosten gerade bei Generalunternehmer-Baumaßnahmen in den letzten Jahren mehr und mehr eingesetzt. Sie bedeuten aber für den späteren Betreiber langjährige unnötige und wie das Produkt von Hersteller A zeigt vor allem auch vermeidbare zusätzliche Betriebskosten.

Noch sind die aktuell auf dem Markt befindlichen Heizkörperstellantriebe neben der viel zu hoch liegenden benötigten Versorgungsspannung (24 V) bezogen auf einen gesamten Stellzyklus zu energieintensiv, um über einen Seebeckgenerator betrieben werden zu können. Daher wird momentan innerhalb des Forschungsvorhabens ebenfalls intensiv an einem neuartigen Motortreiber gearbeitet, der in Kombination mit der „SMART ACK“-Technologie in der Lage sein wird, den Energiekonsum für einen vollständigen Stellvorgang am Ventil (100 % Hubweg) inklusive des zugehörigen Versendens und dem Empfangens der Zustandswerte auf unter 3 Ws zu reduzieren (bei einer angestrebten Stellzeit von unter 40 s und einem mittleren Stand-by-Verbrauch von weniger als 1,5 µW). Ein erster Prototyp erfüllt diese Bedingungen bereits. Dies ist der notwendige Effizienzsteigerungsschritt, um mit den winzigen über den Seebeck-Generator gewonnenen Energiemengen zu Recht zu kommen.

Über die dezentral erfassten Messwerte kann zudem ein automatischer statischer hydraulischer Abgleich erfolgen. Neben der Platzierung der Seebeck-Generatoren im Gehäuse der Stellantriebe erscheint ebenfalls eine direkte werkseitige Montage zwischen Vor- und Rücklaufleitung im Heizkörper äußerst sinnvoll. Ein in diese Richtung gehendes Patent ist bereits von der Fa. Micropelt angemeldet. So kann speziell im länger andauernden Heizfall eine kontinuierliche Spreizungsaufrechterhaltung zwischen Warm- und Kaltseite der Generatoren gewährleistet werden. Da diese Spreizung linear in die erzielbare Energiegewinnung eingeht, stellt dies einen nicht zu verachtenden Vorteil dar.

Ein weiterer innerhalb des Forschungsvorhabens in Arbeit befindlicher Teil fällt auf die Wetterprognose gestützte vorausschauende Gebäudebeheizung. Denn im Standardfall wird die Vorlauftempera-

tur im Heizungssystem nur über einen im Kessel verbauten Fühler erfasst und außentemperaturabhängig geregelt. Eine zweite Variante ist die Regelung über die Rücklauftemperatur, wobei die inneren Lasten besser erfasst werden. Mit Hilfe der innerhalb des Forschungsvorhabens geschaffenen dezentralen „Intelligenz“ an jedem Wärmeverbraucher ist jedoch der Ansatz der Erstellung eines Lastprofils jedes Einzelraumreglers möglich. Kombiniert mit der Verarbeitung von prognostizierten Wetterdaten kehrt dies den Ansatz um, die Richtung der Regelung mit der Richtung des Energieflusses gleichzusetzen. Der korrekte Ansatz muss entsprechend Bild 4 gegenläufig sein. Aufgrund der Analyse des Istzustandes des Raumes und einer Prognose für die nächsten Stunden gibt jeder Raum seine Informationen an den/die Erzeuger. Dort wird nun nur die tatsächlich zu diesem Zeitpunkt benötigte Menge Energie zur Verfügung gestellt. Bild 4 zeigt, wie die Richtung der Regelung entgegen der Richtung des Energieflusses aufzubauen ist, um energieeffizient zu arbeiten:

Dieser Ansatz ist speziell bei Flächenheiz- oder Kühlsystemen bedingt durch die sehr träge reagierenden zugehörigen Massen empfehlenswert. Für die Implementierung der Wetterdaten werden zwei Datensätze in den Prognosealgorithmen verarbeitet. Zum einen sind dies die Wetterdaten abgeschlossener Jahre, ähnlich wie es beispielsweise auch für die Witterungsbereinigung mit Hilfe der Gradtagszahlen nach der VDI 2067 oder der VDI 3807 gemacht wird. Auf der anderen Seite werden aber auch Wettervorhersagedaten für die kommenden drei Tage über ein MeteoModul empfangen und primär gewichtet verarbeitet. Das Modul filtert dabei die benötigten Informationen aus den regelmäßig versandten Funkuhr-Stellsignalen heraus und übermittelt sie an die zentrale SPS. Diese wiederum senkt dann z.B. die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage anhand der berechneten Daten, bevor eine unerwünschte Überhitzung der Räumlichkeiten auftreten kann. Bei aktivierter Wetteradaption hätte zum Beispiel der Anstieg der Raumtemperatur auf fast 24 °C am letzten dargestellten Messtag der Seebeckgenerator-Messung (Bild 2) verhindert werden können bzw. die unnötig aufgebrauchte Wärmebereitstellung eingespart werden.

In den nächsten Monaten sollen die erläuterten Regelungskonzepte in die sehr vielversprechend anmutende digitalStrom-Technik (www.digitalstrom.org) integriert werden. Genauer formuliert wird neben der direkten Umsetzung auf dem digitalStrom-Server (dSS) auch an einer Gateway-Lösung (dS-Link) zur Übertragung der EnOcean-Funkprotokolle auf den standardisierten RS485-Bus auf welchem das dS485-Protokoll verarbeitet wird. Denn nicht neben jeden Wärmeverbraucher befindet sich eine Steckdose. Darüber hinaus bietet die digitalStrom-Technik die Möglichkeit auch in weit verzweigten Gebäudetrakten ohne zusätzliche Repeater/Signalverstärker auszukommen und erleichtert voraussichtlich die Kommunikation mit der Kesselregelung.

¹(Berechnet wurde eine Temperaturabsenkung auf 0 K und einer beispielhaften Leistungsaufnahme von 100 W des TV-Geräts, einer spez. Wärmespeicherkapazität von 1,7 kJ/kgK des Papiers und einer Raumtemperatur von 25 °C. Für eine angenommene Masse der Zeitschrift von 240 g)

Literatur

- [1] „Buskomponenten für die Raumautomation“, Dipl.-Ing. (FH) Peter Knoll, Prof. Dr.-Ing. Martin Becker, Hochschule Biberach, TAB 9/2009, Seite 51 bis 55