

# Aufbau eines Energiedatenmanagementsystems für Einfamilienhäuser

Paul WIMMER<sup>1</sup>, Werner SCHÖFFER<sup>2</sup>, Alfons HABER<sup>3</sup>

Wissenschaftszentrum Straubing, Schulgasse 16, 94315 Straubing, +49 (0) 9421 187 173,  
p.wimmer@wz-straubing.de, www.wz-straubing.de

**Kurzfassung:** Energiedaten werden häufig dezentral und nur lokal verfügbar erfasst. Um wissenschaftliche Analysen und Vergleiche zeitnah durchzuführen wird ein Managementsystem aufgebaut, bei dem sowohl Datensicherheit, Verfügbarkeit und leichte Auswertbarkeit im Vordergrund stehen. Außerdem können möglichst viele, auf dem Markt befindliche, Messgeräte in das System integriert werden. Damit kann dieses Energiedatenmanagementsystem in unterschiedlichsten Szenarien eingesetzt werden, unter anderem zur Energiedatenauswertung von verschiedenen Einfamilienhäusern.

**Keywords:** Energiedaten, Cloudmanagement, wissenschaftliche Analysen, Datensicherheit

## 1 Motivation und zentrale Fragestellung

Im Zuge einer projektbezogenen Analyse der Energieverbräuche in Einfamilienhäusern galt es die Energiedaten zeitgleich zu erfassen, um so ein nachvollziehbares und wissenschaftlich auswertbares Energiedatenmanagement zu ermöglichen. Hierzu bestand die Aufgabe darin, insbesondere die angeführten Größen zu messen, über 3 Jahre zu speichern, ständig sicher und zuverlässig zu übertragen und in einer Art und Weise zur Verfügung zu stellen, dass sowohl Forschende als auch Interessierte bequem über das Internet darauf Zugriff haben.

- Durchschnittliche elektrische Leistung, pro Minute [kW]
- Innen- und Außentemperatur, pro Minute [°C]
- Relative Luftfeuchtigkeit Innen und Außen, pro Minute [%]
- Durchschnittliche Durchflussmenge der Heizung, pro Minute [m<sup>3</sup>/min]
- Durchschnittliche Vorlauf- und Rücklauftemperatur der Heizung, pro Minute [°C]
- Akkumulierte Wärmemenge (Fließgeschwindigkeit \* Temperaturdifferenz), pro Minute [kWh]

Im Zuge der durchgeführten Recherchen von am Markt befindlichen Messkonzepten hat sich rasch gezeigt, dass hier keine umfassenden Messsysteme verfügbar sind, welche hier eine zeitgleiche und über ein Onlineportal zugängliche Aufzeichnung, insbesondere zur fortwährenden Überwachung, ermöglichen. Es existieren die unterschiedlichsten Messgeräte

---

<sup>1</sup> Wissenschaftszentrum Straubing, Schulgasse 16, 94315 Straubing, +49 (0)9421 187 172, Fax: +49 (0)871 506 9230, p.wimmer@wz-straubing.de, www.haw-landshut.de

<sup>2</sup> ARTEMES GmbH, Hautplatz 105, A-8552 Eibiswald, +43 3466 42071, Fax: +43 810 9554 069 389, werner.schoeffler@artemes.org, www.artemes.org

<sup>3</sup> Hochschule Landshut, Am Lurzenhof 1, D-84036 Landshut, +49 (0)871 506 230, Fax: +49 (0)871 506 9230, alfons.haber@haw-landshut.de, www.haw-landshut.de

mit verschiedenen Schnittstellen und Auswertungsmöglichkeiten. Mehrere unterschiedliche Messwerte können deshalb nur schwer kombiniert und ausgewertet werden. Eine direkte verschlüsselte Übertragung über das Internet ist bei den wenigsten Einzelkomponenten integriert.

Auf Basis der messtechnisch erfassten Werte sollen weiterführend individuelle Lastprofile für Strom und Wärme in Abhängigkeit von Temperaturen und Feuchtigkeit über ein Jahr erstellbar sein, Regressionsanalysen durchgeführt und automatisierte Berichte sowie Protokolle mit an Universitäten und Hochschulen üblichen Softwaremitteln erstellt werden [1].

## 2 Methodische Vorgehensweise

Bei der Entwicklung eines Messkonzepts, welches neben den angeführten Werten eine umfassende Auswertung ermöglicht, galt es weiterführend eine laufende Überwachung der Messaufzeichnungen und eine hohe Datensicherheit auf hohem wissenschaftlichem Niveau zu gewährleisten. Hierbei sollte zusätzlich gesichert sein, dass die Aufzeichnung lokal möglich ist, die Messungen selbständig - z.B. nach einem Stromausfall - wieder gestartet wird, eine Verschlüsselung der Daten sowie eine Datenspeicherung unter Pseudonymen und eine leichte Auswertbarkeit möglich ist. Bei der Hardware war vor allem wichtig, dass diese im täglichen Leben nicht stört (z.B. Geräusche durch Lüfter, blinkende LEDs) und auch kein ungewollter oder gewollter Zugriff bzw. Abschaltung möglich ist.

### 2.1 Ausfallsicherheit, Verschlüsselung und Schutz vor Ort

Das System wurde bewusst so ausgelegt, dass es bei Verwendung vor Ort, z.B. Einfamilienhaus, nicht durch äußere Einflüsse gestört werden kann. Bewusstes Stören, z.B. durch Lösen von Schraubverbindungen oder Lösen von Verbindungen, kann nicht verhindert werden.

Es wurde insbesondere auf Folgendes geachtet:

- Um das Interesse nicht auf die Messtechnik zu lenken und eine Abschaltung oder Umparametrierung zu vermeiden, wurden keine optischen Anzeigen, keine Schalter oder Bedienelemente verbaut.
- Verschraubbare Anschlüsse wurden verwendet, damit es zu keiner unbeabsichtigten Öffnung bzw. Lösung von Datenleitungen kommen kann.
- Durch die kompakte Bauweise wird nur wenig Platz benötigt und die Messtechnik kann auch an schwer zugänglichen Stellen verbaut werden – eine vergleichbare Lösung mittels Einzelkomponenten würde aus bis zu 15 einzelnen Baugruppen bestehen und hätte somit in einem praktischen Messaufbau über 2 Jahre hinweg in einem Wohnraum (eventuell mit Kindern) nicht praktikabel angewendet werden können.
- Die Messgeräte verfügen durch ihren Aufbau auch über einen mechanischen Schutz, d.h. sie sind vor Staub, Schmutz und Spritzwasser bzw. Kondenswasser geschützt.
- Der Einbau des Messsystems in ein bestehendes System, z.B. ohne Öffnung von Leitungen, möglich und individuell erweiterbar ist.

## 2.2 Clog-Box mit Fehlermanagement



Abbildung 1: ARTEMES Clog-Box mit Wärmemengenzähler, Stromzähler und Außentemperaturfühler [Quelle: eigene Darstellung]

Die eingesetzte Technik selbst basiert auf einem Minicomputer mit Linux Betriebssystem, dieser ist von Grund her stromsparend und ausfallsicher, siehe Abbildung 1. Der Computer startet automatisch, sobald er eine Stromverbindung hat und setzt zuvor konfigurierte Messungen fort. Wenn eine Internetverbindung besteht, wird ein VPN-Tunnel zu einem zentralen Server, der Cloud, aufgebaut. Dort werden alle Messdaten gespiegelt. Dadurch entsteht eine automatische zentrale und dezentrale Sicherung der Messwerte, von der aus ein Zugriff und die Auswertungen an den Arbeitsplätzen der Forschenden durchgeführt werden können.

Außerdem lassen sich spezielle Fehlerereignisse einstellen, wodurch z.B. eine E-Mail verschickt wird, wenn der Vorlauffühler keine Temperaturen zwischen 4 und 90 Grad erfasst. Durch diese automatisierten Fehlermeldungen kann schnell im Fehlerfall eingegriffen, der Fehler analysiert und über den externen Zugriff behoben werden. Alle Daten werden verschlüsselt auf der Clog-Box gespeichert. Je nach Datenauflösung ist der Speicherplatz für 5-100 Jahre ausgerichtet.

## 2.3 Webinterface zur Konfiguration und Datenbetrachtung sowie Datenanalyse

Zur Konfiguration ist keine spezielle Software notwendig, da die Clog-Boxen ein Webinterface besitzen. Das heißt, es gibt keine Systemvoraussetzungen für das Messequipment. Betrachtungen und Konfigurationen sind sogar mit Tablet oder Smartphone möglich. Eine Internetverbindung kann über LAN, WLAN oder UMTS realisiert werden.

Geschützt ist das Webinterface über eine Anmelde-routine. Dabei können auch unterschiedliche Rollen vergeben werden – z.B. Administrator, Gast nur zur Betrachtung. Die Konfiguration ist sehr flexibel, so können die 8 Kanäle für Niederspannungssignale (10V, 10Hz) beziehungsweise die 2\* RS485-Anschlüsse unterschiedlich parametrisiert und somit sehr viele analoge Messgeräte verwendet werden. Diese Einstellungen können leicht gespeichert und für eine andere Clog-Box exportiert werden. Die Messparameter können individuell an die wissenschaftlichen Bedürfnisse angepasst werden. So lassen sich auch andere analoge Messgeräte schnell integrieren und die Aufzeichnungsabstände können gegen die Datenmengen abgewogen werden. Dabei ist die minimale Abtastrate eine Sekunde. Beim Starten der Messungen können Titel, Ort und Kommentare vergeben werden, wodurch auch mit Pseudonymen gearbeitet werden kann, d.h. eine Anonymisierung

der Messwerte ermöglicht wird. Nach dem Start der Messung sieht man sofort eine Übersicht der Live-Messwerte. Die gestarteten und auch die alten Aufzeichnungen können komfortabel grafisch betrachtet werden, siehe Abbildung 2. Dies ermöglicht u.a. einen sofortigen Plausibilitätscheck.



Abbildung 2: Grafische Betrachtung der Messwerte (Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur der Heizung) von einer Woche über das Webinterface [3]

Eine automatisierte Datenauswertung ist z.B. mit Hilfe MATLAB®/OCTAVE und LaTeX möglich. Dazu müssen einmalig Skripte erstellt werden. Diese werden lokal auf den Boxen oder auf dem Cloud-Server angestoßen und erzeugen eine PDF-Datei. Dadurch ist es von überall möglich schnelle vorgefertigte Auswertungen anhand von aktuellen Daten zu erhalten.

Alternativ zum Webinterface können die Messdaten auch über gängige Mathematikprogramme sowie direkt über Laderoutinen ausgewertet werden.

## 2.4 Optimale Kombination von zentralen und dezentralen Lösungen

Durch den Aufbau eines VPN-Tunnels zu einem zentralen Server und die damit verbundene Spiegelung der Messdaten verhindert Datenverluste. Außerdem können über diese gesicherte Verbindung die Clog-Boxen mit Updates versorgt und gegebenenfalls erweitert werden. Dadurch können auch Softwarefehler und andere Probleme sehr schnell behoben werden. Einige Probleme können außerdem über den direkten Zugriff (SSH) analysiert und gelöst werden. Auch die Veränderung von Parametern, das Starten von Messungen und die Live-Messdatenbetrachtung ist problemlos möglich. Spezielle Analysen und Plausibilitätsprüfungen durch Vergleich der gesammelten Messdaten können zentral durchgeführt werden. Anhand dieser Daten können auch Routinen für Fehlermeldungen entwickelt werden.



Abbildung 3: Clog-Box mit Temperatur und Feuchtigkeitsfühler (links), mit Strommessgerät (mitte, rechts) [3]

Oftmals muss man an unterschiedlichen Stellen messen, die zu weit räumlich auseinanderliegen, dass sie mit Kabel direkt verbunden werden können. Mit mehreren Clog-Boxen und der Spiegelung der Messdaten zum zentralen Server umgeht man diese Problematik, da man direkt alle Daten von allen Boxen in der Cloud zur Verfügung hat. Bei Abbildung 3 sieht man links eine Clog-Box mit Temperatur- und Feuchtigkeitsfühler, die zum Beispiel im Wohnzimmer aufgebaut wird. Der Stromzähler befindet sich in der Regel im Keller und wird an eine zusätzliche Clog-Box angeschlossen.

Durch den Tunnel kann man zusätzlich sicher in das Intranet vor Ort, was oft nützlich sein kann um Router, Firewall oder ähnliches im Intranet zu konfigurieren.

Vor Ort wird auch keine spezielle Technik benötigt um die Messtechnik einzustellen oder Messergebnisse zu betrachten. Mit jedem Laptop oder Tablet kann der Messaufbau stattfinden. Die Clog-Boxen können auch schon vor der Installation konfiguriert werden, um so den Aufwand während des Messaufbaus zu reduzieren.

Deshalb sind die Clog-Boxen grundsätzlich auch für den mobilen Einsatz geeignet. Man könnte die Messtechnik an einem Ort installieren, eine Messung starten und nach Abschluss der Messdauer könnte sie an einem anderen Ort aufgebaut und eine neue Messung unter einem anderen Namen gestartet werden. Alle Messungen fließen dann komfortabel und klar definiert in der Cloud zusammen.

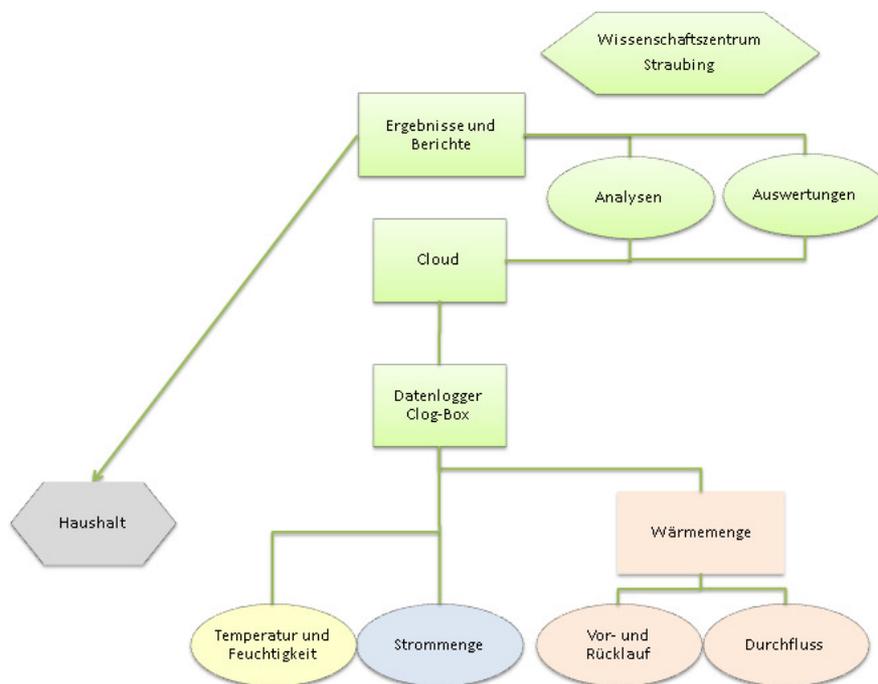


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Informations- und Datenflusses. Die Messwerte werden vom Haushalt über die Clog-Boxen und den Datenserver zur Auswertung an das Wissenschaftszentrum übermittelt. Anschließend können Ergebnisse und Berichte an die Haushalte verteilt werden. [Quelle: eigene Darstellung]

### 3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Mit Hilfe dieses neu entwickelten Messkonzepts konnte neben der umfassenden, gesicherten Erfassung sowie der redundanten Speicherung die Datensicherheit erhöht und ein zielgerichtetes Energiedatenmanagement entwickelt werden. Hierzu können neben den individuellen Messwerten ebenfalls umfassende Auswertungen durchgeführt werden, welche für wissenschaftliche Analysen zielgerichtet und äußerst dienlich sind. Der Informations- und Datenfluss ist schematisch in Abbildung 4 dargestellt. Das konzipierte Konzept erlaubt ebenfalls eine äußerst zielgerichtete und zeitsynchronisierte Auswertung von Lastprofilen für Strom und Wärme, welche auch eine Reihe von Korrelationsanalysen zulassen. Zusätzlich sind über die vorliegende, hohe Aggregation von Daten Rückschlüsse auf die Gebäudebeschaffenheit möglich.

Weiterführend hat sich gezeigt, dass dieses Messkonzept sehr gut erweiterbar ist und ebenfalls für zusätzliche Anwendungen, wie z.B. im Gewerbebereich oder zur Analyse von Lastmanagement, einsetzbar ist [2].

Eine Kombinierbarkeit mit anderen Messgeräten der Energietechnik wurde ebenfalls von Beginn der Entwicklung berücksichtigt und Applikationen, wie zum Beispiel Photovoltaiküberwachungen, in denen Netzqualitätsparameter im Verteiler im Keller mit entsprechenden Geräten (AM-10-PA) parallel zu Umweltdaten (Helligkeit und Temperatur am Dach) kombiniert werden können, wurden bereits auch in der Praxis eingeführt. Speziell durch seine lokale Verteilbarkeit ohne Verkabelungsaufwand und gleichzeitig überregionale Kommunikationsfähigkeiten (Messungen an mehreren Standorten und Auswertung im Labor) sind für dieses Konzept viele Anwendungen möglich. Der Bedien- und Auswertekomfort sowie die Datensicherheit sind dabei oberstes Gebot und zukunftsweisend für ein Energiedatenmanagementsystem.

#### Quellen:

[1] Haber, Alfons; Bliem, Markus .G.: „Smart Grids und Nutzeneffekte“, Electrosuisse und Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE), Bulletin SEV/VSE, 9/2011

[2] Haber, Alfons; Baier, Hubert; Banerjee, Sibaprosad: „Energiewende nur mit Netzen – Neue Rollen für Aggregatoren und die aktive Netzintegration“, 13. Symposium Energieinnovation, TU Graz, Österreich, 12.-14. Februar 2014

[3] ARTEMES GmbH, <http://artemes.org>