



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

ENERGIE IM GEBÄUDE ONLINE (EGON)

HAUPTPHASE

Jahresbericht 2008

Autor und Koautoren	Sandra Stettler, Peter Toggweiler
beauftragte Institution	Enecolo AG
Adresse	Lindhofstrasse 52, 8617 Mönchaltorf
Telefon, E-mail, Internetadresse	Tel. 044 994 90 00, info@enecolo.ch , www.enecolo.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	102242 / 153203
BFE-Projektleiter	Charles Filleux
Dauer des Projekts (von – bis)	1.3.2008 – 28.2.2009
Datum	12.11.2008

ZUSAMMENFASSUNG

Trotz zunehmender Sensibilisierung der Gebäudebesitzer auf Umweltfragen, gibt es bisher keine Möglichkeit, die Energieflüsse in Gebäuden (v.a. Heizenergie und Stromverbrauch) automatisiert und kostengünstig zu überwachen und im Internet darzustellen. Mit dem Ansatz EGon soll dies ermöglicht werden, da vor Ort nur der Energieverbrauch gemessen werden muss. Die Einstrahlung und Außentemperatur werden aus Wettermodellen und Satellitenbildern bestimmt. Alle Daten werden automatisch auf einen zentralen Server geschickt und dort ausgewertet. Die Resultate sind auf einer passwortgeschützten Homepage im Internet einfach verständlich und jederzeit abrufbar dargestellt. Als Resultat soll der durchschnittliche jährliche Heizenergieverbrauch des Gebäudes bestimmt werden.

Mit Unterstützung des BFEs und in Zusammenarbeit mit dem Gebäudeprogramm der Stiftung Klimarappen wird EGon nun umgesetzt und im Winter 2008/09 an mehreren Gebäuden der Stiftung Klimarappen ausgetestet. Im Herbst 2008 wurden die Messgeräte in den Gebäuden installiert. Die Datenübertragung und das Berechnen der Temperatur- und Einstrahlungsdaten sind bereits automatisiert, eine erste Version des EGon Internetportals bis Ende 2008 funktionstüchtig. Das Prinzip zur Datenauswertung wurde erstellt und wird anhand der Messdaten bis Anfang 2009 evaluiert und falls nötig überarbeitet.

Die ersten Erfahrungen zeigen, dass die Hardware innerhalb von ca. 30 Minuten installiert werden kann und zuverlässig funktioniert. Probleme traten bei schlechtem GPRS-Empfang und Stromunterbrüchen auf. Eine verbesserte Software und stärkere Antennen sollen Abhilfe schaffen.

Es wurden verschiedene Auswertungsmethoden mit unterschiedlichen Regressionsintervallen und – parametern untersucht. Es zeichnet sich ab, dass der Jahresenergieverbrauch bereits nach wenigen Messtagen relativ zuverlässig prognostiziert werden kann. Die Auswertung aller Messdaten im Frühjahr 2009 wird zeigen, ob die Regressionsmethode bei allen Gebäuden robuste und zuverlässige Resultate erzielt. Ab 2009 soll der Service EGon für Gebäudebesitzer kommerziell verfügbar sein.

Projektziele

Trotz zunehmender Sensibilisierung der Gebäudebesitzer auf Umweltfragen, gibt es bisher keine Möglichkeit, die Energieflüsse in Gebäuden (v.a. Heizenergie und Stromverbrauch) automatisiert und kostengünstig zu überwachen und im Internet darzustellen. Besonders nach einer Sanierung oder bei einem Neubau wäre es aber sinnvoll mit Messungen zu überprüfen, ob ein Gebäude die energetischen Zielwerte tatsächlich erreicht. So könnten Baumängel rechtzeitig erkannt werden.

Durch die permanente Visualisierung des Energieverbrauchs im Internet könnte außerdem der Einfluss des Benutzerverhaltens direkt aufgezeigt und mit ähnlichen Objekten verglichen werden. Somit entsteht ein Anreiz, den Energieverbrauch zu senken. Wird der Energieverbrauch über längere Zeit gemessen und automatisch ausgewertet, kann dies auch zur Optimierung des Heizsystems und zur Erkennung von Defekten eingesetzt werden.

In einer Vorphase (BFE Vertrag Nr. 152849 [1]) wurde aufgezeigt, dass eine kostengünstige Messung der Energieflüsse im Gebäude prinzipiell machbar ist (Hardware-Kosten ca. CHF 1000.-). Es konnte ebenfalls gezeigt werden, dass vielversprechende Auswertungskonzepte existieren. In einem Praxistest sollen nun verschiedene Gebäude mit einer Messeinrichtung ausgestattet werden und die Messdaten anschliessend analysiert werden.

Das Projekt hat folgende Ziele:

1. Abklärung der Praxistauglichkeit des Messkonzepts, das im Vorprojekt ausgearbeitet wurde. Dies beinhaltet die Punkte Zuverlässigkeit, einfache Installation, Preis und Genauigkeit der Daten.
2. Überprüfung des Analyseverfahrens, das im Vorprojekt erarbeitet wurde. Dies beinhaltet die Punkte Aussagekraft, notwendige Datenbasis (Messdauer) und Automatisierbarkeit.
3. Marktevaluation. Es soll abgeklärt werden, welche Bedürfnisse die Kundengruppen bezüglich Datenvizualisierung und Darstellung der Resultate haben.
4. Aufbau eines funktionsfähigen *EGon* Internetportals

Das Projekt *EGon* wird mit Unterstützung des BFEs und in Zusammenarbeit mit dem Gebäudeprogramm der Stiftung Klimarappen umgesetzt.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

EGON PRINZIP

Zur Bestimmung der realen Energiekennzahl eines Gebäudes mit geringem Aufwand benutzt *EGon* einen neuen Ansatz. Dabei werden die Einstrahlung und Außentemperatur anstatt mit Messgeräten aus Wettermodellen und Satellitenbildern bestimmt. Im Gebäude selbst muss somit nur noch der Energieverbrauch gemessen werden. Dieser wird an einen zentralen Server übermittelt und dort gemeinsam mit den Wetterdaten automatisiert ausgewertet. Die Resultate werden auf einer passwortgeschützten Homepage im Internet einfach verständlich und jederzeit abrufbar dargestellt (Fig. 1).

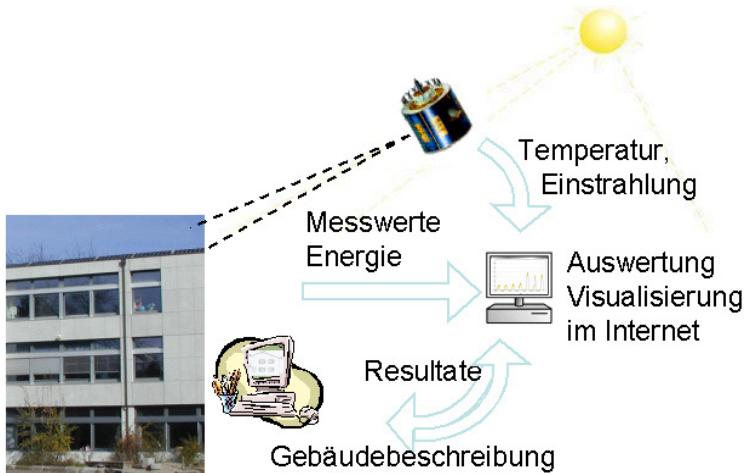


Fig. 1: Prinzipschema von *EGon* (Quelle: Enecolo AG)

Damit EGon funktionstüchtig ist, müssen somit folgende Arbeitsschritte erarbeitet werden:

Messung der Energieflüsse (Heizenergie und Strom) vor Ort. Die Messdaten werden von einem Low-Cost Datenlogger gesammelt und in regelmässigen Abständen an einen zentralen Server (Standort Meteotest, Bern) geschickt.

Bestimmung der Aussentemperatur und Sonneneinstrahlung am Gebäudestandort mit Hilfe von Satellitendaten und Wettersimulationsmodellen in stündlicher Auflösung. Dies geschieht völlig automatisch auf dem zentralen Server. Die Installation von Messgeräten zur Erfassung der Meteodaten ist nicht notwendig.

Auswertung: Der gemessene Heizenergieverbrauch wird mit den Temperatur- und Einstrahlungswerten verglichen und ausgewertet.

Visualisierung: Alle Messdaten sowie die Auswertungen werden in einem passwort-geschützten Bereich im Internet visualisiert. Das selbe Internetportal dient auch als Eingabeschnittstelle zum Kunden. Er hat dort die Möglichkeit, eine energetische Beschreibung seines Gebäudes zu hinterlegen.

MESSUNG DER ENERGIEFLÜSSE

Es wurden verschiedenste Datenlogger und Messverfahren getestet [1]. Als geeignet hat sich bei Gasheizungen ein Reedkontakt am Gaszähler und bei Ölheizungen das Messen des Ölflusses erwiesen. Weitere Heizungstypen werden vorerst nicht berücksichtigt, sind grundsätzlich aber auch möglich. Bei Wärmepumpen könnte der Stromverbrauch z.B. einfach über einen Impulausgang am Stromzähler erfasst werden. Die Daten werden vom Datenlogger Barionet über einen digitalen Eingang erfasst und in stündlichen Intervallen abgespeichert. Jede Nacht schickt der Datenlogger die Daten automatisch via Ethernet an den zentralen Server. Falls vor Ort kein Internetanschluss vorhanden ist, wird zusätzlich noch ein GPRS Router benötigt, der über das GPRS-Netz (analog Handy) eine Verbindung mit dem Internet herstellt. Tabelle 2 zeigt die beiden Messkonzepte und die jeweiligen Kosten. In Figur 2 bis 5 sind die Messgeräte abgebildet.

	Datenlogger Barionet Ethernet	Ölflussmesser Satronic SOG 960	Reedrelais für Gaszähler	Option GPRS/EDGE Router SIEMENS ER75
Ölheizung	CHF 450.-	CHF 200.-		CHF 550.-
Gasheizung			CHF 70.-	

Tabelle 1: Messkonzept und Kosten (Katalogpreis)

Im Frühjahr 2007 wurde ein Gebäude mit diesen Messgeräten ausgestattet und während zwei Wochen gemessen. Im Herbst 2008 wurden 4 Gebäude der Stiftung Klimarappen mit den Messungen ausgestattet. Bis Ende 2008 soll die Hardware bei insgesamt 10 Gebäuden der Stiftung Klimarappen installiert werden.



Fig. 2: Satronic Durchflussmesser [2]



Fig. 3: Reedkontakt an Gaszähler

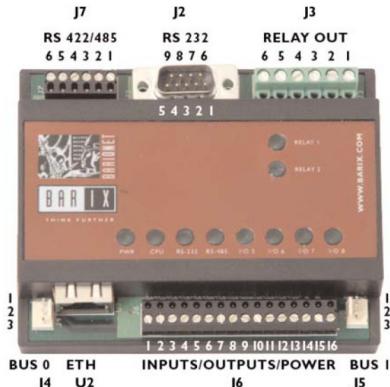


Fig. 4: Datenlogger Barionet (Quelle: [3])



Fig. 5: GPRS-Router (Quelle: [4])

BESTIMMUNG VON AUSSENTEMPERATUR UND EINSTRAHLUNG

Die Bestimmung der Aussentemperatur und der Sonneneinstrahlung mit Hilfe von Satellitendaten ist bereits im Web-Service SPYCE [5] zur Überwachung von Photovoltaik-Anlagen realisiert (www.spyce.ch). In SPYCE werden die Einstrahlung und die Aussentemperatur in stündlicher Auflösung für jede überwachte Photovoltaik-Anlage aus Satellitendaten und Wetterprognosemodellen berechnet. Die Daten werden analysiert und auf dem Internetportal von SPYCE visualisiert. Die Kunden können über eine passwortgeschützte Homepage auf die Daten zugreifen.

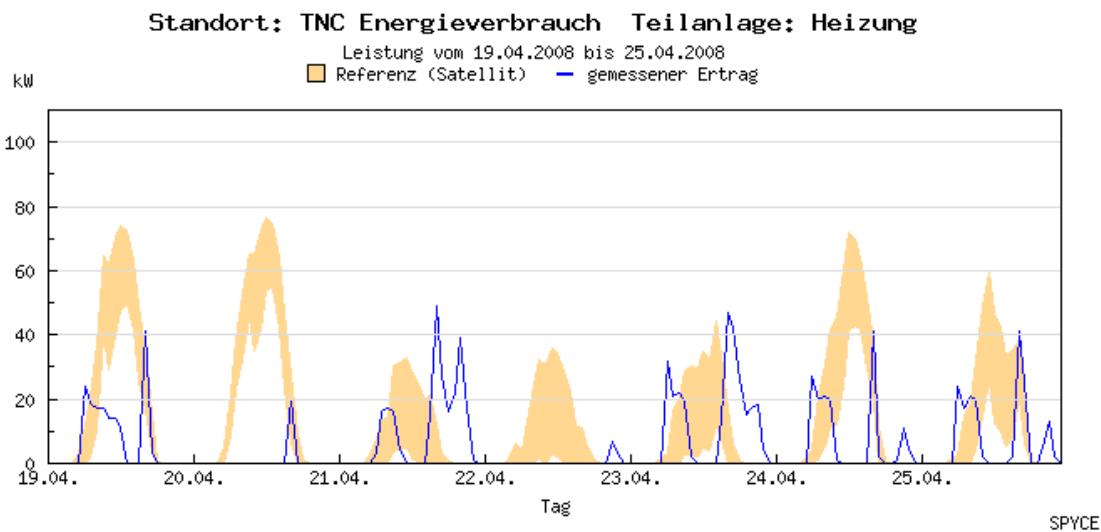


Fig. 6: Daten einer Gasheizung im April 2008. Blaue Linie: Stundenwerte des Gasverbrauchs der Heizung für eine Woche. Oranger Bereich: Verlauf der Sonneneinstrahlung.

Für das Projekt EGon wird im November und Dezember 2008 analog zum SPYCE Portal ein EGon Portal aufgebaut. Darin werden die Einstrahlungs- und Temperaturwerte am Gebäudestandort sowie die gemessenen Energieverbräuche abgespeichert und als Grafiken und Tabellen zur Verfügung gestellt. Bei den Monats- und Wochensummen soll ein „Sollwert“ des Energieverbrauchs angezeigt werden. Dieser wird mit einer Regression aus den Messwerten berechnet.

In einem zweiten Schritt sollen auf dem EGon Portal auch die Auswertungen des Energieverbrauchs zur Verfügung gestellt werden. Für die Stiftung Klimarappen und Fachpersonen werden wissenschaftliche Darstellungen der Regressionsgeraden zur Verfügung gestellt, für die Hausbesitzer wird der jährliche Energieverbrauch (in l Öl bzw. m³ Gas) prognostiziert und mit dem Energieverbrauch-Standards (z.B. Minergie) verglichen (Fig. 7). Die Besitzer sollen die Möglichkeit haben, das Zeitintervall für die Analyse zu definieren. So können sie z.B. neue Einstellungen an der Heizung während einiger Wochen testen und den Einfluss auf den Energieverbrauch gezielt für diese Periode im EGon Portal analysieren.



Fig. 7: Mögliche Darstellung der Messauswertung [6]

Die Hardware sowie die Organisation der Datenflüsse und das Berechnen der Temperatur- und Einstrahlungsdaten sind bereits funktionstüchtig. Das Prinzip zur Datenauswertung ist erstellt und wird anhand der Messdaten evaluiert werden. Als Resultat wird der durchschnittliche jährliche Heizenergieverbrauch des Gebäudes bestimmt. Ab 2009 soll der Service für Gebäudebesitzer kommerziell verfügbar sein.

AUSWERTUNG

Die gemessenen Daten werden kontinuierlich gesammelt und in Abhängigkeit zur Außentemperatur (und evtl. Einstrahlung) gesetzt. So kann aufgrund der Messdaten das Verhalten des Gebäudes als Funktion der Temperatur charakterisiert werden. Sobald diese Funktion bekannt ist, kann der Energieverbrauch des Gebäudes für eine beliebige Temperatur vorhergesagt werden. Mit Hilfe der klimatischen Daten für den jeweiligen Standort ist es dann möglich, den Energieverbrauch des Gebäudes für ein Standardjahr vorherzusagen. Der prognostizierte Jahresenergieverbrauch kann mit dem typischen Jahresenergieverbrauch ähnlicher Gebäude oder (falls vorhanden) mit der berechneten Energiekennzahl verglichen werden.

Im Jahr 2008 wurden verschiedene Regressionsparameter untersucht und die Regression über verschiedene Zeiträume an Modelldatensätzen ausgetestet (siehe Fig. 8 bis 13). Es zeigt sich, dass die Regression am besten mit Summen über mehrere Stunden (z.B. Tag-Nacht oder Tag-Nacht-Morgen) gebildet wird (Fig. 11 und 13). Im weiteren Verlauf des Projekts wird die Regression an den Messdaten der untersuchten Gebäude ausgetestet.

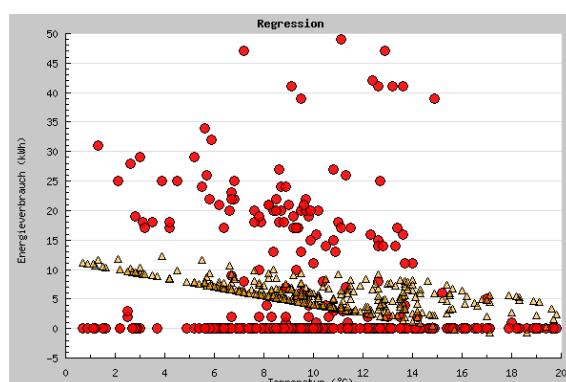


Fig. 8: Stundenwerte des Energieverbrauchs
Punkte: Messwerte
Dreiecke: Aus Regression berechnete Werte

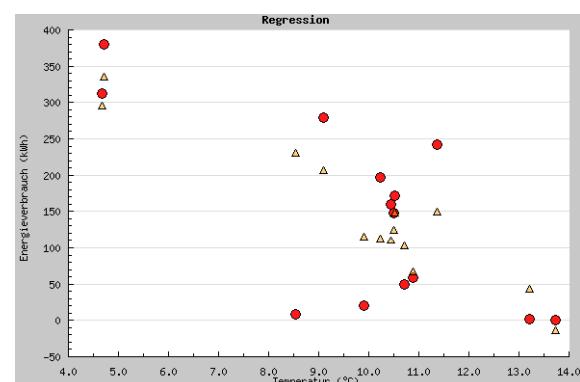


Fig. 9: Tagessummen des Energieverbrauchs
Punkte: Messwerte
Dreiecke: Aus Regression berechnete Werte

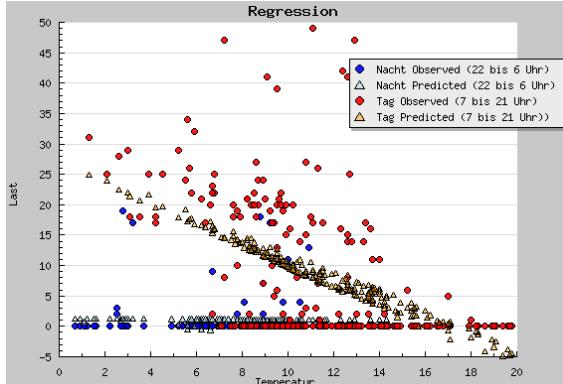


Fig. 10: Stundenwerte des Energieverbrauchs. Punkte: Messwerte
Dreiecke: Aus Regression berechnete Werte

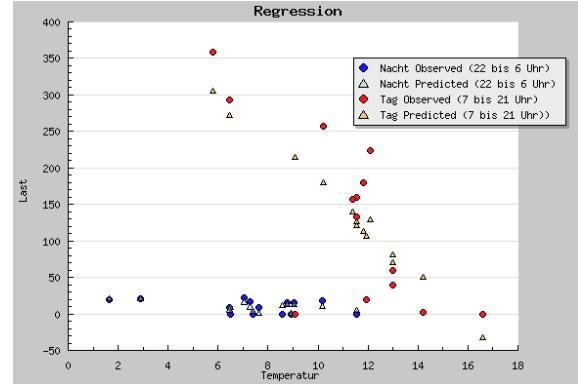


Fig. 11: Halbtagssummen Tag / Nacht des Energieverbrauchs.
Punkte: Messwerte
Dreiecke: Aus Regression berechnete Werte

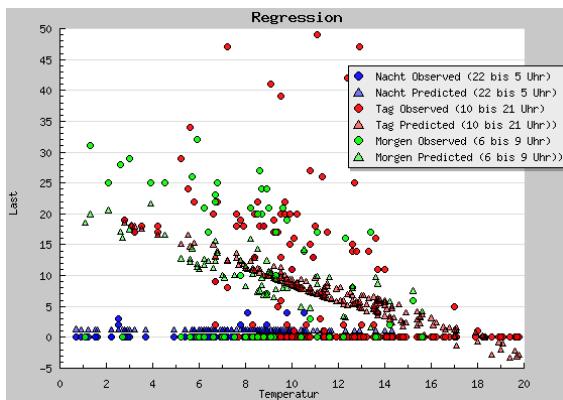


Fig. 12: Stundenwerte Tag, Nacht und Morgen des Energieverbrauchs.
Punkte: Messwerte
Dreiecke: Aus Regression berechnete Werte

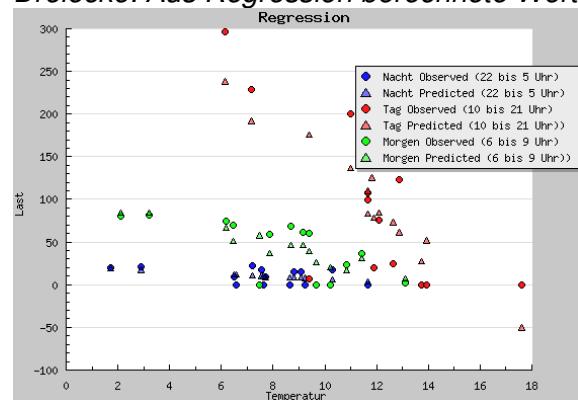


Fig. 13: Summen Tag / Nacht / Morgen des Energieverbrauchs.
Punkte: Messwerte
Dreiecke: Aus Regression berechnete Werte

Nationale Zusammenarbeit

Das Projekt erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Gebäudeprogramm der Stiftung Klimarappen, welche die 10 Testgebäude zur Verfügung stellt. Die Hardware wird mit Unterstützung der Firma TNC (Herr Thomas Nordmann und Herr Luzi Clavadetscher) installiert. Weiter ist Herr Dürrenberger von der Stiftung Klimarappen an der Installation der Hardware beteiligt. Das Internetportal EGon wird von der Firma Meteotest implementiert.

Internationale Zusammenarbeit

Das Projekt EGon ist zur Zeit auf die Schweiz beschränkt, es findet keine internationale Zusammenarbeit statt.

Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Ein grosser Teil der Arbeit im 2008 bestand in der Installation und Inbetriebnahme der Messgeräte. Bereits im Frühjahr 2008 hätten 10 Gebäude der Stiftung Klimarappen mit Messgeräten ausgerüstet werden sollen. Der zuerst ausgewählte Datenlogger *PEPPER* war nicht fähig, mit dem GPRS Router zu kommunizieren. Die Messung wird deshalb nun mit dem Datenlogger *Barionet* durchgeführt. Die Problembehebung und Umstellung auf einen neuen Datenlogger führte dazu, dass erst im April 2008 mit den ersten Messungen an einem Gebäude begonnen werden konnte. Da die Heizsaison schon bald darauf beendet war, konnten nur wenige Daten gemessen werden.

Im Herbst 2008 wurde mit der Installation der Hardware bei verschiedenen Gebäuden der Stiftung Klimarappen begonnen. Die Installation ist meistens innerhalb von ca. 30 Minuten möglich. Für den Einbau der Ölmengenzähler haben sich die zuständigen Heizungsfirmen bisher sehr kooperativ ge-

zeigt. Probleme bei der Hardware bestehen zur Zeit noch mit dem Empfang des GPRS-Routers. Die Heizung befindet sich meistens im Keller, so dass der Empfang nicht immer für eine Datenübertragung ausreicht. Es werden deshalb nun Versuche mit einer stärkeren Antenne und einem längeren Antennenkabel durchgeführt. Außerdem hat sich gezeigt, dass der Datenlogger nach einem Stromausfall oft nicht mehr mit dem Router kommunizieren kann. Es wurde deshalb eine verbesserte Software für den Datenlogger entwickelt.

Das Internetportal befindet sich im Aufbau. Die Erfassung und Darstellung der Mess- und Klimadaten kann von der Firma Meteotest problemlos umgesetzt werden, da aus dem Projekt SPYCE bereits entsprechende Erfahrungen vorhanden sind. Eine Herausforderung besteht darin, die Benutzeroberfläche so zu gestalten, dass sie auch für Laien intuitiv verständlich ist und interessierte Hausbesitzer sehr einfach ihren Energieverbrauch überprüfen können. Das Portal soll bis Ende 2008 fertig gestellt sein. Die Besitzer der Testgebäude werden dann zu Beginn des Jahres 2009 zu ihren Erfahrungen mit dem Portal befragt.

Für die Auswertung der Daten wurden verschiedene Regressionsverfahren getestet. Dabei haben sich einige Hinweise auf geeignete Verfahren ergeben. Diese wurden nun in einem PHP-Programm automatisiert. In der Heizsaison 2008/09 werden die Regressionsverfahren anhand der gemessenen Daten auf ihre Robustheit und Genauigkeit überprüft. Noch unklar ist z.B., wie lange die Messdauer sein muss, um eine zuverlässige Aussage über den Jahresenergieverbrauch zu ermöglichen. Erste Auswertungen deuten darauf hin, dass dies bereits nach wenigen Tagen Messzeit möglich ist (Fig. 14). Zu Beginn der Messperiode tritt eine Lernkurve auf, bis sich der prognostizierte Jahresenergieverbrauch auf einem stabilen Niveau einpendelt.

Ebenfalls noch unklar ist, welcher Temperaturbereich während der Messdauer auftreten muss, um zuverlässige Aussagen treffen zu können. Außerdem deuten die ersten Auswertungen darauf hin, dass für gut isolierte Häuser ein längerer Messzeitraum und evtl. auch ein anderes Regressionsintervall sinnvoll ist als für Gebäude mit schlechter Isolation.

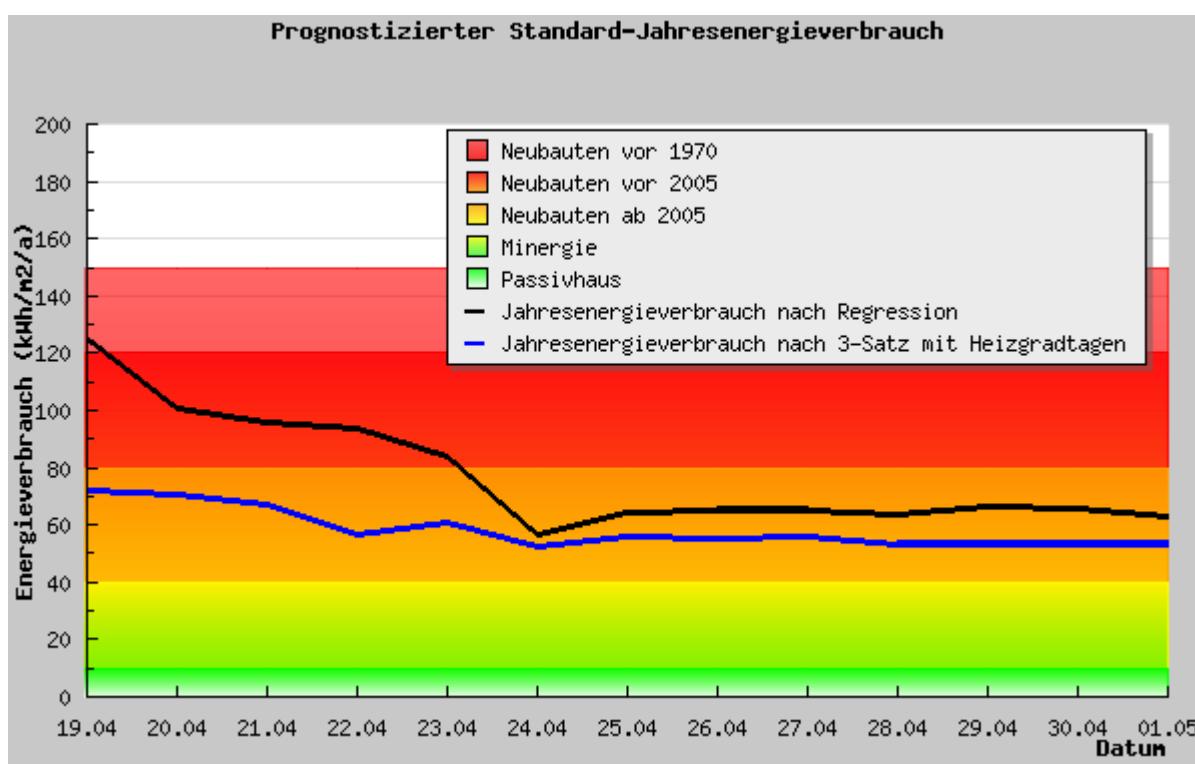


Fig. 14: Prognostizierter Jahresenergieverbrauch für ein Gebäude mit zwei unterschiedlichen Auswertemethoden. Im Verlauf der Messdauer kann der Jahresenergieverbrauch immer zuverlässiger prognostiziert werden. Nach einigen Tagen Messzeit verändert sich der Prognosewert nur noch minimal.

Referenzen

Das Projekt EGon wurde am Brenet Status-Seminar „Energie- und Umweltforschung im Bauwesen“ dem Schweizer Fachpublikum vorgestellt. Ebenfalls erwähnt wurde EGon an der ERFA Veranstaltung der Stiftung Klimarappen am 19. November 2008.

- [1] S. Stettler, P. Toggweiler: Schlussbericht Energie im Gebäude Online (Egon), 7.12.2007; Im Auftrag des Bundesamts für Energie; www.energieforschung.ch
- [2] Escort Energietechnik AG
- [3] Barix AG www.barix.com
- [4] Rosenberg Information Systems – Consulting, www.risc.ch
- [5] SPYCE www.spyce.ch
- [6] www.zentralheizung.de
- [7] S. Stettler, Energie im Gebäude online, brenet Status-Seminar „Energie- und Umweltforschung im Bauwesen“, ETH Zürich, 12.9.2008

Anhang

Benötigte Angaben zum Gebäude und der Messtechnik

1	Gebäudedaten		
2	Projekt Nummer	Gebäudeprogramm	
3	Strasse	Adresse des Gebäudes	
4	Ort	PLZ und Ort an welchem das Gebäude steht	
5	Breitengrad	°	
6	Längengrad	°	
7	Höhe über Meer	m. ü. M	
8	Ausrichtung Fassade 1	Wie sind die Seiten des Gebäudes ausgerichtet? Bitte entweder für die Süd-, West- und Ostfassade die genaue Ausrichtung eintragen, oder einen Plan / Foto beilegen, auf dem die Ausrichtung ersichtlich wird.	
9	Ausrichtung Fassade 2		
10	Ausrichtung Fassade 3		
11	Fensterfläche Fassade 1	m ²	siehe Fotos, muss noch die Pläne ansehen
12	Fensterfläche Fassade 2	m ²	
13	Fensterfläche Fassade 3	m ²	
14	Zertifizierung	Ist Ihr Gebäude mit einem Label zertifiziert? (Passivhaus, Minergie)	
15	Baujahr		
16	Energiebezugsfläche (EBZ)	m ²	vor Sanierung
17	Energiebezugsfläche (EBZ)	m ²	nach Sanierung
1	Heizsystem		
2	Art der Heizung	(Heizöl oder Erdgas?)	
3	Typenbezeichnung Wärmeerzeuger		
4	Baujahr		
5	Typenbezeichnung Brenner		
6	Kondensationskessel?	(Handelt es sich um eine kondensierende Heizung? ja oder nein.)	
7	modulierende Heizung?	kW (Kann der Brenner auf verschiedenen Leistungsstufen arbeiten? Ja oder nein)	
8	Leistung des Brenners	kW (bei modulierendem Brenner Leistungsbereich angeben)	
9	Verteilsystem	(Bodenheizung oder Radiatoren?)	
10	externer Speicher	(ja oder nein. Falls bekannt, Grösse des Speichers in Liter angeben)	
11	Warmwasser	(Wird das Warmwasser ebenfalls durch die Heizung erwärmt?)	
12	wann?	(Sommer, Winter)	
13	WW Speicher	Liter	
1	Messung		
2	Telfonnummer Modem		
3	Seriennummer Datenlogger	(Diese ist auf der Rückseite des Datenloggers aufgedruckt)	
4	Kanalnummer Datenlogger		
5	Messart	(Wird Brenndauer oder Volumen gemessen? Bei modulierender Heizung ist nur Volumenmessung möglich)	
6	Typ		
7	Impulsrate Impulsgeber	l/imp	(Nur bei Volumenmessung ausfüllen. Ölheizung: l/Impuls; Gasheizung: m ³ /Impuls)
1	früherer Jahresenergieverbrauch		
2	Energieverbrauch	l Öl	(Diese Angabe entspricht einem Sollwert. Falls bekannt geben Sie die Energiekennzahl Ihres Gebäudes in kWh/m ² /Jahr ein. Beispiel MINERGIE-Haus: 42 kWh/m ² /Jahr)
3	Heizsaison	Jahr	
4	Energiekennzahl Wärme (EKZ)	MJ/m ²	
1	Benutzerverhalten		
2	Durchschnittliche Raumtemperatur	°C	mit Raumthermostat
3	Anzahl ständige Bewohner	Pers	
4	Nutzungsart		(Wohnhaus, Büro, Gewerbe, Einkaufscenter, Spital, andere)
5	EBZ A	m ²	
6	EBZ B	m ²	
7	Nachtabsenkung	h	(Findet eine Nachtabsenkung statt? Ja oder nein. Falls ja auf welche Temperatur?)
8	Beginn Heizperiode	manuell	(Wann beginnt bzw. endet die Heizperiode? Was sind die Kriterien, um die Heizung manuell ein- / auszuschalten?)
9	Ende Heizperiode	manuell	Bsp: Heizung wird beim ersten Nachtfrost eingeschaltet, etc..