

# Energetische Optimierung der Regelung eines Bürogebäudes



Durchführung eines Messprogramms – Forschungsvorhaben 0327246E im Verbundprojekt „Energieoptimiertes Bauen – Optimierung der Bausubstanz – OASE“

## 1 Abstract

Die durch die FfE durchgeführten messtechnischen Untersuchungen eines Bürogebäudes dienten der Anwendung und Optimierung des Analyse-Tools OASE durch den Projektpartner Ebert-Ingenieure München GbR. Durch die Erstellung von messtechnisch gestützten Energiebilanzen unter bekannten Randbedingungen konnte das Potenzial des Analyse-Tools bewertet werden. Im Rahmen des Projektes wurde ein Messkonzept entwickelt und umgesetzt. Hierfür wurde Messtechnik eingebaut, deren Messergebnisse mit denen aus der Gebäudeleittechnik über etwa ein Jahr erfasst und ausgewertet wurden. Somit konnten Maßnahmen zur Energieeinsparung identifiziert und quantifiziert werden.

## 2 Allgemeiner Kontext und Zielsetzung

Mit dem Förderprogramm EnSan wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) ein langfristig angelegtes Forschungs- und Demonstrationsprogramm für die energetische Verbesserung der Bausubstanz gestartet. Als Ergebnis werden Konzepte aufgezeigt, mit denen zielgerichtet und beschleunigt der Energieaufwand für Altbauten reduziert werden kann. Ein Ansatz ist hierbei, allein durch die Optimierung der Regelung der Gebäudetechnik ohne investive Maßnahmen, schnell und einfach energetische Einsparungen zu erzielen. Die messtechnischen Untersuchungen der FfE wurden mit dem Ziel durchgeführt, das Potenzial und die Hemmnisse dieses Ansatzes aufzuzeigen.

## 3 Vorgehensweise

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

### **Bestandsaufnahme der durch die GLT erfassten Daten**

Die Gebäudeleittechnik des untersuchten Gebäudes weist mehrere Tausend GLT-Kennungen auf. Jede GLT-Kennung steht hierbei für ein Messsignal. Des Weiteren bestehen Pläne über alle Messstellen. Es musste zunächst jede GLT-Kennung einer Messstelle zugeordnet werden, wovon jedoch nur ein begrenzter Anteil (knapp 200) auch auf von der GLT gespeichert werden konnte.

### **Plausibilisierung der Messdaten aus der Gebäudeleittechnik**

Um eine für die folgenden Arbeitsschritte ausreichende Qualität der Daten aus der Gebäudeleittechnik sicherzustellen, erfolgte eine erste Plausibilisierung der Messdaten. Fehler in der Messtechnik wurden so frühzeitig erkannt und unplausible Daten entfernt.

### **Programmierung eines Tools zur effizienten Nutzung der GLT-Daten**

Die FfE hat ein Programm erstellt, das die von der GLT gelieferten Dateien so umformt und archiviert, dass ein einfacher und zeitsparender Zugriff auf die Daten möglich ist. Dies war notwendig, da keine rationell nutzbare Schnittstelle zwischen der GLT und dem Programm MatLab bestand und darüber hinaus für die Darstellungen in OASE kontinuierliche Datensätze mit gleich bleibenden Zeitschritten erforderlich waren. Die GLT zeichnete jedoch nur einen Wert mit dem entsprechenden Zeitstempel auf, sobald sich ein Wert ändert.

### **Erstellung eines Messkonzeptes**

Um einen Überblick über den gesamten Energieverbrauch des Gebäudes zu erhalten, wurden Messungen des Fernwärmebezugs sowie der gesamten elektrischen Leistung in der Energiezentrale des Gebäudes durchgeführt. Des Weiteren wurden Messungen der Energieflüsse in einzelnen Anlagen und Verteilsträngen durchgeführt. Bei der Auswahl der Messstellen wurde darauf geachtet, dass die Bilanzräume erfasst werden, in denen sich Änderungen in der Regelung energetisch bemerkbar machen. Grundsätzliches Ziel war es die bereits installierte Messtechnik möglichst effizient miteinzubeziehen. Des Weiteren wurden die Bilanzräume so gewählt, dass sich die Energieflüsse von weiteren Bilanzräumen berechnen ließen. Die Energieflussmessungen wurden um Messungen elektrischer Größen ergänzt, um das Verhalten ausgewählter Anlagen besser bewerten zu können.

### **Planung und Installation von Messtechnik**

Eine Schwierigkeit beim Einbau der Messtechnik war, den laufenden Betrieb nicht zu stören. Die Nutzer sollten keine Beeinträchtigung des Komforts haben. Die neu installierte Messtechnik wurde auf die GLT geschaltet. Neben Temperatur- und Feuchtesensoren wurden zur Messung der Volumenströme magnetisch-induktive Messgeräte eingebaut.

### **Auswertung der Messdaten**

Wegen der erheblichen Datenmengen wurde eine kontinuierliche Auswertung der Messdaten durchgeführt. Aufgrund der Limitierung der Speicherbarkeit von Messpunkten in der GLT musste eine Auswahl von Messpunkte für den Winter- und Sommerbetrieb getroffen werden. Jeder ausgelesene und übermittelte Datensatz wurde zunächst plausibilisiert. Im Laufe des Projektes erhöhte sich die Anzahl der erfassten Daten auf über 10 Millionen Werte. Eine einfache Auswertung in Excel war dadurch nicht mehr möglich. Es wurde daher eine Datenbank in Access eingerichtet. Des Weiteren wurden einige Auswertetools programmiert, um eine Darstellung von ausgewählten Energiebilanzen zu ermöglichen.

### **Erstellung von Energiebilanzen**

Wesentliche Ergebnisse der laufenden Auswertung waren die Energiebilanzen des betrachteten Gebäudes. Mit den installierten Messungen konnte zunächst eine Bilanz für verschiedene Gebäudeteile bzw. Aggregate erstellt werden. Anschließend konnten diese zu einer idealisierten Gesamt-Bilanz für das betrachtete Gebäude synthetisiert werden. Es mussten geeignete Zeiträume festgelegt werden, wie z. B. Tages- oder Jahresbilanzen. Des Weiteren wurde darauf geachtet, dass über einen ausreichend langen Zeitraum die Energiebilanzen ermittelt wurden, damit die Auswirkungen der

Witterung auf den Energieverbrauch klar dargestellt und bewertet werden konnten. Die Energiebilanzen halfen zudem eine Priorisierung der Verbraucher vorzunehmen. Hierdurch konnte festgestellt werden, in welchen Bereichen eine Detailanalyse zur Ermittlung von Maßnahmenpaketen sinnvoll war. Mit der Erfahrung aus bereits durchgeführten messtechnischen Analysen konnte zudem in einer ersten Abschätzung festgestellt werden, ob die untersuchten Bereiche untypische Verbrauchswerte aufzeigten.

#### **Entwicklung von Verbesserungsmaßnahmen**

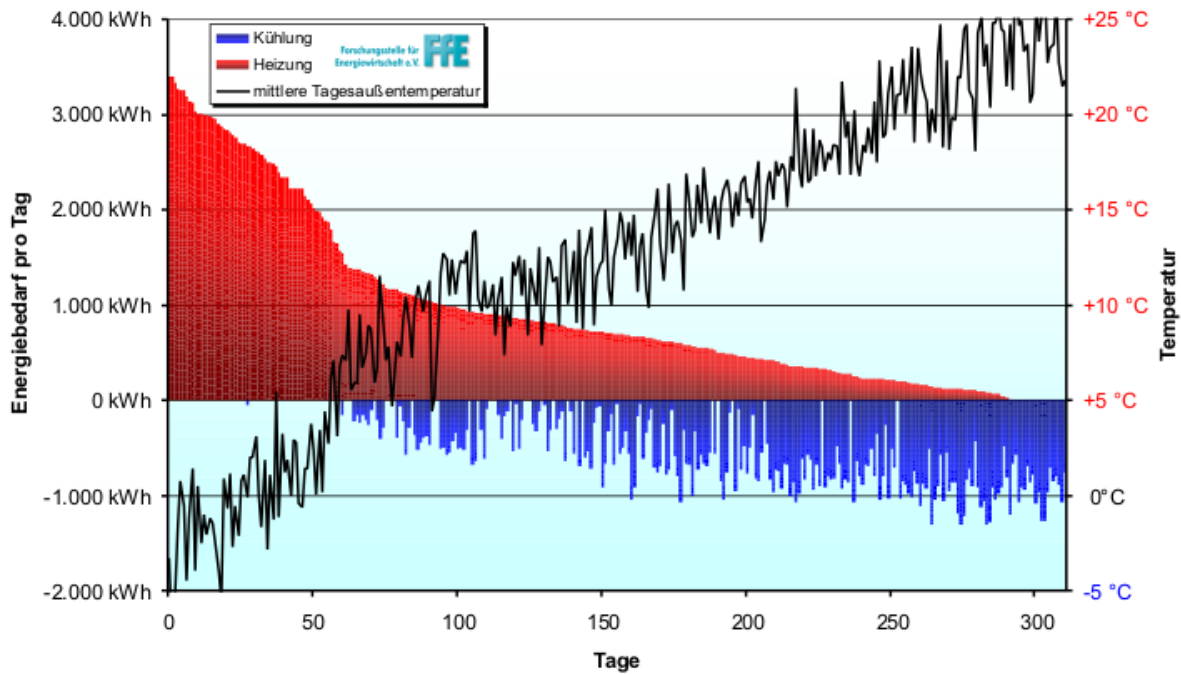
Mit Hilfe von OASE wurde vom Projektpartner Ebert-Ingenieure eine Vielzahl von Maßnahmen zur Energieeinsparung formuliert. Durch die zusätzlich installierte Messtechnik und den daraus gewonnen Kenntnissen über die Anlagen konnten durch die FfE weitere ergänzende Maßnahmen vorgeschlagen werden.

#### **Quantifizierung der Einsparpotenziale**

Das Einsparpotenzial der Maßnahmen konnte bereits vor der Umsetzung mit Hilfe der aufgestellten Energiebilanzen abgeschätzt werden. Mögliche Rückwirkungen durch die Maßnahmen auf andere Bilanzräume konnten so ebenfalls besser eingeschätzt werden.

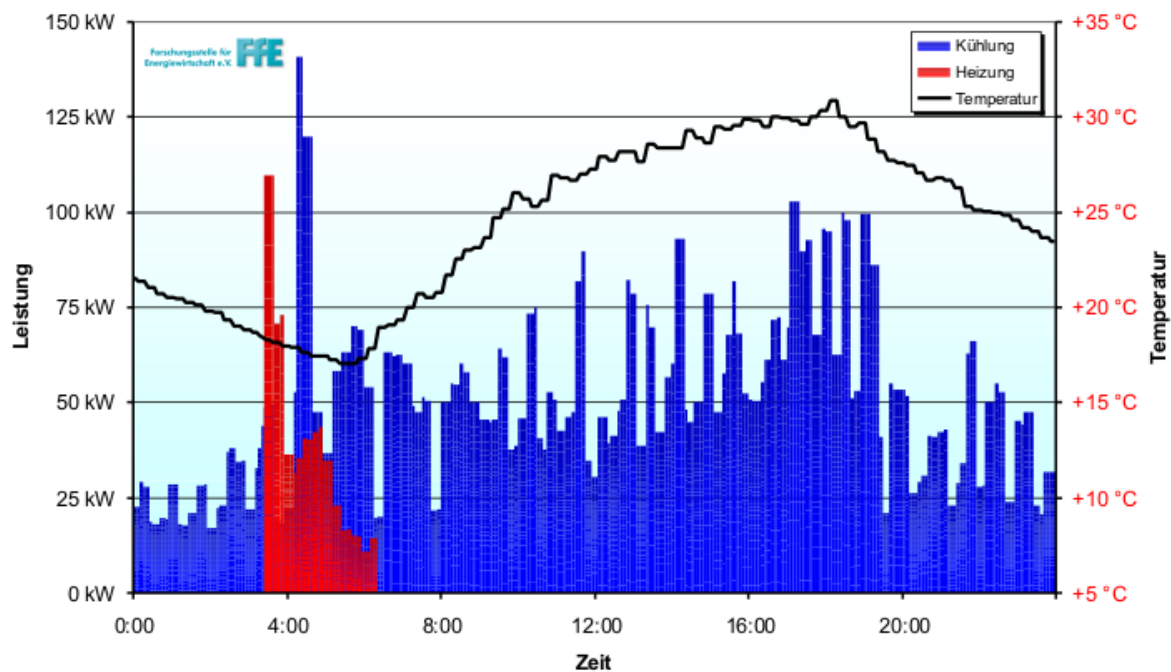
## **4 Ergebnisse**

Es wurden zahlreiche Maßnahmen zur Energieeinsparung identifiziert. Eine genaue Erläuterung findet sich in der Langfassung des Berichts. Im Folgenden werden zwei Beispiele erläutert. Die Auswertung zeigte, dass an den meisten Tagen sowohl Heizwärmebedarf als auch Kühlbedarf bilanziert wurde. In **Abbildung 1** ist der Heiz- und Kühlbedarf von jedem Tag als Jahresdauerlinie des Heizwärmebedarfs aufgetragen.



**Abbildung 1: Jahresdauerlinie des Tagesheizwärmebedarfs**

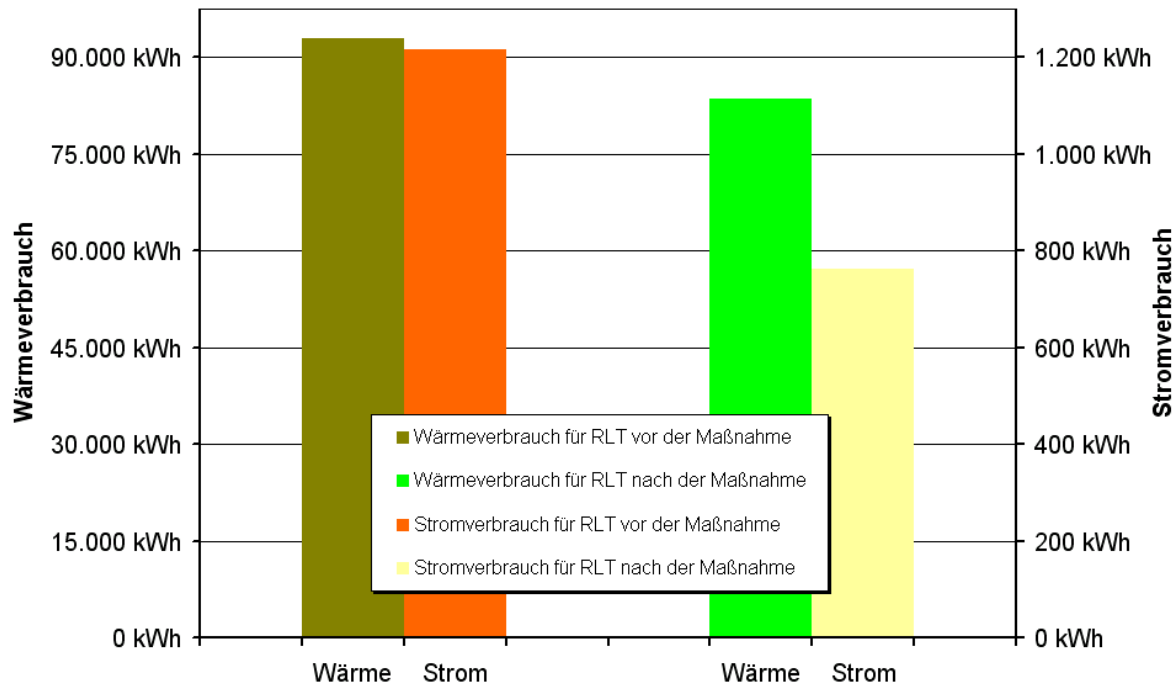
Es ist gut zu erkennen, dass der Heizwärmebedarf tendenziell mit steigender Außentemperatur sinkt. Jedoch wird nur an sehr wenigen Tagen im Jahr gar nicht geheizt und an vielen Tagen wird sowohl geheizt als auch gekühlt. Die Ursache hierfür wird in einer Betrachtung der viertelstündlichen Leistungswerte deutlich (vgl. **Abbildung 2**).



**Abbildung 2: Tagesverlauf der Heiz- und Kühlleistung vom 21.06.2005**

Am 21.06.2005 wurden sehr hohe Außentemperaturen von über 30 °C erreicht, was einen hohen Kühlbedarf über den gesamten Tag zur Folge hatte. Dennoch wurde nachts geheizt, was den Kühlbedarf sogar noch weiter erhöhte. Die Ursache hierfür liegt in einer Freigabe für den Heizbetrieb ab einer Außentemperatur kleiner 18 °C. Dieses Kriterium wurde in den entsprechenden Nachtstunden erfüllt. Als eine mögliche Maßnahme wurde vorgeschlagen, anstelle der aktuellen Außentemperatur die mittlere Außentemperatur der letzten 24 Stunden zu verwenden.

In dem zweiten Beispiel für energetische Einsparungen durch Optimierung der Regelung wurde festgestellt, dass die Umwälzpumpen der Heizkreise für die Raumlufttechnik auch an warmen Tagen und auch außerhalb der Bürozeiten betrieben werden. Die Betriebszeiten den Bürozeiten anzupassen und lediglich an kalten Tagen für den Frostschutz die Umwälzpumpe in verminderter Stufe zu betreiben, führt zu den in **Abbildung 3** gezeigten Einsparungen.



**Abbildung 3: Energetische Einsparungen im Heizkreis für die Raumlufttechnik**

Zur zukünftigen Erschließung der gezeigten hohen Einsparpotenziale mittels Betriebsdiagnose werden folgende Empfehlungen auf Basis der Projekterfahrungen gegeben:

- Die Datenschnittstelle der GLT sollte standardisiert einen einfachen und umfangreichen Datenexport ermöglichen.
- Änderungen der Regelung sollten ohne großen Zeitaufwand und technisches Detailwissen durch die Gebäudedienstleister ausführbar sein.
- Die von Seiten des Projektpartners Ebert-Ingenieure vorgeschlagene Entwicklung und Implementierung von typischen Betriebsmustern in die Bedienoberfläche der GLT würde eine einfache fortlaufende Betriebsdiagnose durch das Personal vor Ort ermöglichen. Der Einbau dieser Muster in die GLT müsste vom deren Hersteller vorgenommen werden.
- Die Überprüfung und Behebung von fehlerhaften Messwerten in der GLT sollte einerseits einen wichtigen und überprüfbaren Schwerpunkt bei der Wartung bilden und andererseits sollten Routinen entwickelt werden, die eine Identifikation und rechnerische Behebung von Messwertabweichung allein auf Basis der GLT-Daten ermöglicht.
- Begleitende Vor-Ort-Analysen der Anlagentechnik sowie die Erfassung der elektrischen Leistung der wichtigsten Verbraucher sind notwendig, um Erklärungen für energetisch ungünstiges Regelverhalten zu finden und Rückwirkungen von Maßnahmen auf indirekt betroffene Aggregate besser abschätzen zu können.

Die energetische Bilanzierung der Energieverbräuche im Gebäude und der vorgeschlagenen Maßnahmen ist ein wichtiger Bestandteil der Betriebsdiagnose. Hierdurch können die Auswahl von Detailanalysen und die Priorisierungen der

Maßnahmen erleichtert werden. Des Weiteren können die Ergebnisse auch Teil von Vergütungsmodellen werden, wie z. B. im Bereich des Contracting. Die nachträgliche Installation von Messtechnik erweist sich als sehr kostenintensiv, daher wird empfohlen, bereits bei der Installation der Gebäudetechnik Messtechnik zur Erfassung der wichtigsten Energieflüsse zu berücksichtigen.

Auftraggeber:	BMW
Ansprechpartner:	Dipl.-Ing. Serafin von Roon
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Thomas Gobmaier