

Ewald Brahms und Jarmo Schrader

Die Smart Library UB Hildesheim

Energieverbrauch senken durch intelligente Steuerungssysteme

Zusammenfassung: Der Beitrag benennt die aufgrund überholter Gebäudetechnik erforderlichen Modernisierungsmaßnahmen auf der Grundlage netzbasierter Steuerungstechniken, umgesetzt im Rahmen eines Forschungsprojekts und in Zusammenarbeit mit Studierenden der Studiengänge „Umweltsicherung“ und „Umweltwissenschaft und Naturschutz“ der Universität Hildesheim und zwei mittelständischen Firmen. Ziel ist die Reduzierung des Energieverbrauchs und die Erhöhung der Lern- und Arbeitsqualität durch den Einsatz digital gesteuerter Heizungsventile sowie Jalousie- und Lüftermotoren, die über eine zentral funkgesteuerte Gebäudeleittechnik kontrolliert wird. Es handelt sich um ein Referenzobjekt, das auch über die eigene Nutzung hinaus anwendbar ist.

Abstract: This paper outlines the required modernisation measures due to out-of-date building technology based on networked-based control technology, implemented in the context of a research project and in collaboration with students of “Environmental Protection” and “Environmental Science and Nature Protection” at Hildesheim University. Other partners were two middle-sized companies. The aim is to reduce power consumption and to improve the quality of learning and work by using digitally controlled heating valves as well as Venetian blinds and ventilator motors, which are controlled and monitored from a centrally radio-controlled building services management system. This is a building which can be used as a reference point for other projects as the results are generally applicable.

Ewald Brahms und Jarmo Schrader: Universität Hildesheim, Mail: brahms@uni-hildesheim.de; jarmo.schrader@uni-hildesheim.de

1 Einleitung

Den Energieverbrauch senken, gleichzeitig die Qualität der Lern- und Arbeitsbedingungen erhöhen und im laufenden Betrieb möglichst lärm- und staubfrei

modernisieren: Mit diesem Ziel hat die Universitätsbibliothek Hildesheim (UB)¹ in Zusammenarbeit mit dem Institut für Betriebswirtschaft und Wirtschaftsinformatik sowie dem Dezernat für Bau- und Liegenschaftsangelegenheiten an der Stiftung Universität Hildesheim ein Projekt konzipiert und realisiert, um mit Hilfe von Smart-Home-Technologien das interne Energiemanagement und die Energieeffizienz spürbar zu verbessern.

2 Anlass und Projektkonzeption

Die Universitätsbibliothek Hildesheim ist Lern- und Arbeitsort für über 6.000 Studierende und rund 400 Lehrende. Das zweigeschossige Gebäude wurde 1990 in Betrieb genommen, entsprechend war die Gebäudetechnik zu Projektbeginn über zwanzig Jahre alt und bot nur begrenzte Möglichkeiten zur Steuerung von Licht und Klima. Die Beleuchtung der sich über zwei Etagen erstreckenden Benutzungs- und Freihandbereiche geschah mit ineffizienten Leuchtmitteln und ließ sich nur großflächig steuern, sodass auch die Bereiche dauerhaft beleuchtet wurden, in denen tagsüber eine Reduzierung der Beleuchtung sinnvoll erschien. Bei starker Sonnenstrahlung heizten sich die Bereiche andererseits stark auf, da die Außenjalousien der umfangreichen Fensterfronten über einen Sensor gesteuert wurden, der sich an einem benachbarten Gebäude befand und die für die UB relevanten Parameter nur ungenau erfasste. Zwar ließen sich die Außenjalousien manuell nachsteuern, doch war dieses nur für mehrere Segmente und über eine längere Fensterfront möglich. Darüber hinaus erfolgte die Belüftung über das manuelle Öffnen von Fenstern und wenigen Lüftungsklappen in Deckennähe. Keinen Einfluss hatte die UB auf die Heizungssteuerung, da diese zentral am Campus erfolgte. Zudem funktionierten die installierten Heizkörperthermostate nur teilweise und unzureichend. Im internen Verwaltungsbereich gab es vergleichbare Probleme mit der Beleuchtung, Klimatisierung und Heizung. Insgesamt bestand ein erheblicher Bedarf für eine nutzungsbezogene Regelung der UB-Gebäudetechnik sowie einer spezifischen Erfassung des Energieverbrauchs an Strom und Wärme.

Durch den Kontakt der Bibliotheksleitung zum Institut für Betriebswirtschaft und Wirtschaftsinformatik² an der Stiftung Universität Hildesheim (Prof. Dr. rer. nat. habil. Helmut Lessing) ergaben sich erste Überlegungen zur Modernisierung der UB-Gebäudetechnik und zur Erprobung neuer netzbasierter Steuerungs-

1 www.uni-hildesheim.de/. Letzter Zugriff am 26. Februar 2013.

2 www.uni-hildesheim.de/index.php?id=bwl. Letzter Zugriff am 26. Februar 2013.

techniken im Rahmen eines Forschungsprojekts sowie in Zusammenhang mit Lehrveranstaltungen. Eingebunden wurden anschließend das Dezernat für Bau- und Liegenschaftsangelegenheiten sowie Betriebstechnik³ und die beiden mittelständischen Firmen *Ben Said Elektrotechnik*⁴ und *INGA Ingenieurgesellschaft für Gebäudeautomation*,⁵ die ihre Expertise in den Bereichen Beleuchtung, Klimatisierung und Heizung einbrachten. Beteiligt waren zudem Studierende der Bachelor- und Master-Studiengänge „Umweltsicherung“ und „Umweltwissenschaft und Naturschutz“ an der Universität Hildesheim. Neben der Reduzierung des Energieverbrauchs und einer Erhöhung der Lern- und Arbeitsqualität stand die Umrüstung eines öffentlichen, vielgenutzten Gebäudes mit moderner Betriebs- und Steuerungstechnik während des laufenden Betriebs und ohne Schließung der Universitätsbibliothek im Mittelpunkt der Überlegungen. Das eröffnete zugleich die Möglichkeit, die UB Hildesheim im Sinne eines Referenzobjektes zu modernisieren, um die hierbei gewonnenen Erfahrungen sowohl innerhalb als auch außerhalb der Hochschule nachnutzbar zu machen.

In der Projektgruppe bestand schnell Konsens darin, im Rahmen dieses Projekts moderne Smart-Home-Technologien (SHT) zu nutzen und die Universitätsbibliothek im Sinne einer ‚Smart Library‘ zu modernisieren. Als SHT bezeichnet man intelligente Steuerungssysteme in der Gebäudeautomatisierung auf der Basis moderner Sensoren-, Aktoren- und Netzwerktechnologien. In einem Netzwerk wird so die Gebäudetechnik effizient zusammengeführt, und die Licht-, Heizungs- und Lüftungssteuerungen erfolgen differenziert und bedarfsbezogen. Darüber hinaus wurde die UB in sogenannte Verbrauchssegmente unterteilt, um einzelne Bereiche innerhalb der Bibliothek separat steuern zu können. Statt einem ‚viel hilft viel‘ folgt die Steuerung einem ‚weniger und gezielter hilft mehr‘.

Zentrales Element der Steuerung ist eine Software, mit der die neu eingerichteten Verbrauchssegmente der UB geregelt werden. Die SHT-Installation konnte zudem ohne größere Baumaßnahmen erfolgen, da die Licht-, Heizungs- und Lüftungssysteme nur einen überschaubaren Austausch einzelner Komponenten erfordern und die Sensoren und Aktoren leicht montiert werden können und funkbasiert arbeiten. Zudem lässt sich dieses System später beliebig erweitern. Erfahrungen aus einem Pilotprojekt zur SHT-Ausstattung in Seminarräumen auf dem Campus flossen in das Projekt ein.

3 www.uni-hildesheim.de/index.php?id=dez4. Letzter Zugriff am 26. Februar 2013.

4 <http://immer-strom-aufwaerts.de/>. Letzter Zugriff am 26. Februar 2013.

5 www.inga.de/. Letzter Zugriff am 26. Februar 2013.

3 Projektrealisierung

Den Kern der Smart Library bildet ein auf Basis von SHT realisiertes ‚intelligentes Netzwerk‘, in dem verschiedene Sensoren und Aktoren mit dezentralen Direct-Digital-Control (DDC-)Steuereinheiten vernetzt sind. In den DDC-Einheiten werden die Signale der Sensoren verarbeitet und in Steuerbefehle für Heizungsventile sowie Jalousie- und Lüftermotoren umgesetzt. Die Überwachung und Bedienung der gesamten Anlage geschieht über einen zentralen Gebäudeleittechnik-Server (GLT-Server), der über eine remote-access-Funktion auch von extern gesteuert werden kann.

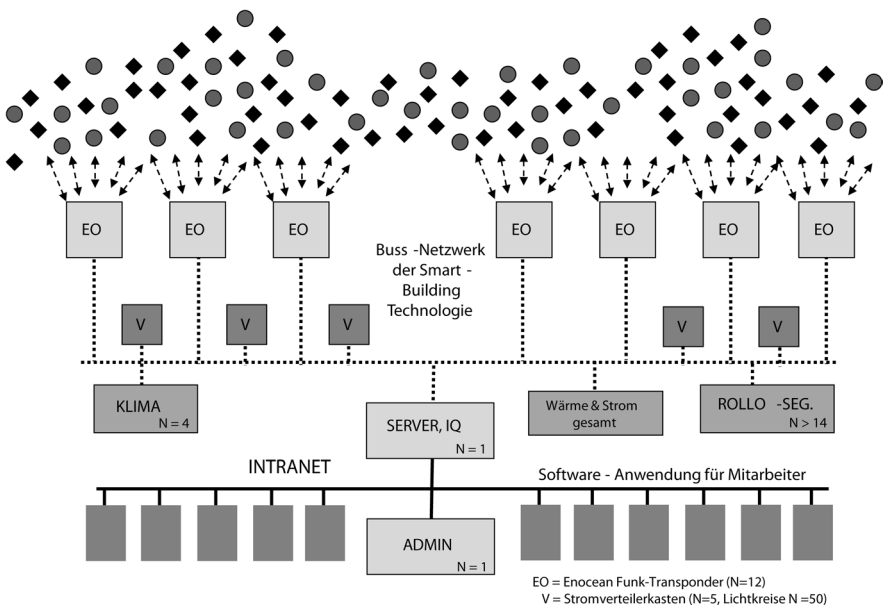


Abb. 16.1: Struktur des ‚intelligenten Netzwerkes‘ auf der Basis der SHT in der Universitätsbibliothek.

Die Bedienung der Anlage geschieht sehr komfortabel über eine browserbasierte grafische Benutzeroberfläche, über die alle relevanten Systemkomponenten und Parameter mit wenigen Klicks aufgerufen werden können. Nach einer kurzen Einweisung können auch Laien dieses System bedienen. Darüber hinaus speichert das System alle Mess- und Stellwerte und warnt bei Störungen in den einzelnen Komponenten.

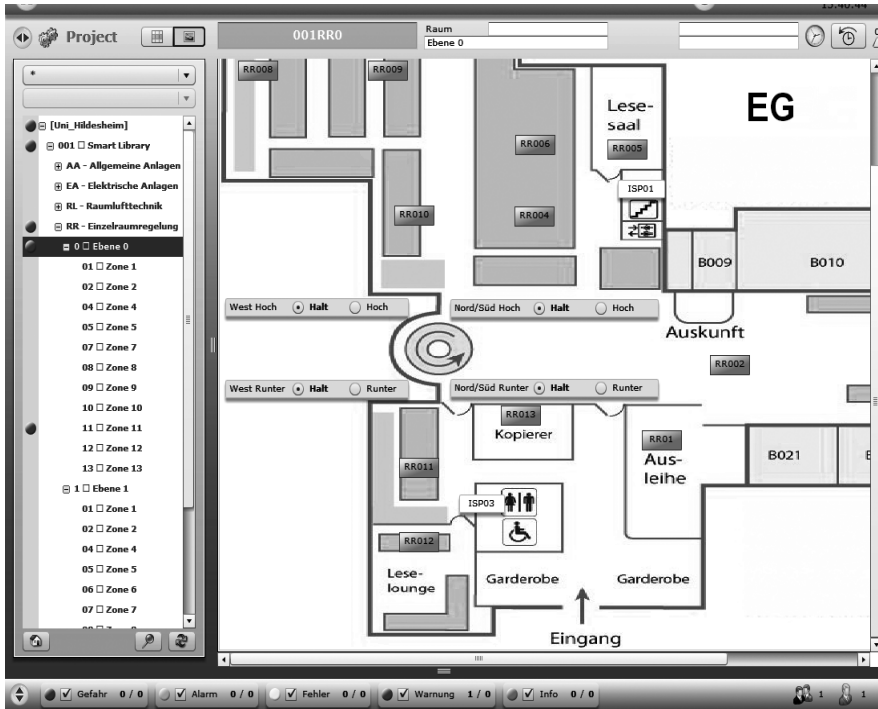


Abb. 16.2: Die grafische Benutzeroberfläche ermöglicht eine komfortable Bedienung des Systems.

Um das ‚intelligente Netz‘ der Smart Library zu realisieren, mussten über 100 Sensoren und Aktoren in allen Bereichen der Bibliothek mit möglichst geringem Aufwand mit den 4 DDC-Steureinheiten vernetzt werden. Die Option einer klassischen Verkabelung wurde rasch verworfen, da dies zu erheblichem Montageaufwand und entsprechender Störung des Bibliotheksbetriebs geführt hätte. Stattdessen kam eine auf dem EnOcean-Standard⁶ basierende Funktechnik zum Einsatz, die es erlaubt, Sensoren und Aktoren mit minimalem Aufwand zu montieren und zu vernetzen. Lediglich die 4 DDC-Einheiten, 13 Funksender und der zentrale GLT-Server mussten über Kabel verbunden werden, wobei vorhandene Kabelwege und Netzwerkverbindungen genutzt werden konnten.

Die Regelung der Temperatur erfolgt getrennt für die einzelnen Verbrauchsegmente, dabei erfassen digitale Temperaturfühler die Raumtemperatur genau

⁶ www.enocean.com. Letzter Zugriff am 27. Januar 2013.

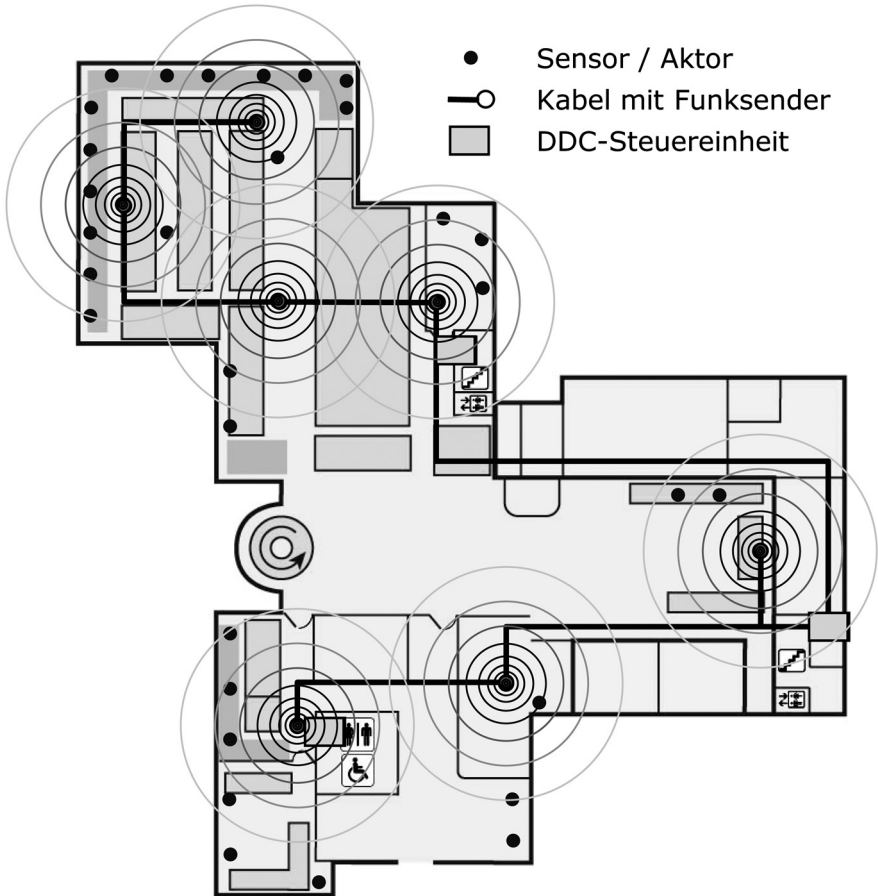


Abb. 16.3: Vernetzung der Datenpunkte in der Universitätsbibliothek über Kabel und Funkverbindungen.

dort, wo sich die Nutzer tatsächlich aufhalten, und geben diese Information über die DDC-Einheiten an elektrische Stellventile an den Heizkörpern weiter. Dadurch kann die Temperatur zuverlässiger so eingestellt werden, dass es einerseits warm genug ist, andererseits aber unnötig hohe Temperaturen vermieden werden. Nach der abendlichen Schließung der Bibliothek wird die Solltemperatur über ein Zeitprogramm gesenkt. Diese Nachtabsenkung kann für jedes Verbrauchssegment individuell konfiguriert werden, um so eine maximale Einsparung ohne Komfortverlust zu ermöglichen. Um beim notwendigen Lüften der Bibliothek möglichst wenig Wärme zu verlieren, wurden die Fenster mit Kontakten aus-

gestattet, die der Steuerzentrale das geöffnete Fenster melden, damit diese wiederum das sofortige Schließen der Heizungsventile veranlasst. Die Temperaturfühler und Fensterkontakte werden über integrierte Solarzellen mit Strom versorgt und sind damit wartungsfrei, lediglich bei den Stellantrieben der Heizung kommen handelsübliche Batterien zum Einsatz. Gehen diese zur Neige, erhält der Administrator rechtzeitig eine entsprechende Systemwarnung.

Bei der Modernisierung der Beleuchtungsanlage wurden zwei Ansätze verfolgt: Zum einen wurden die vorhandenen Leuchtstoffröhren gegen effektivere Röhren des T5-Typs mit elektronischen Vorschaltgeräten ausgetauscht. Dabei gelang es, den Austausch unter Beibehaltung der vorhandenen Leuchtenkörper vorzunehmen, wodurch sich eine erhebliche Kostenersparnis gegenüber einem vollständigen Austausch der Leuchtenkörper ergab. Darüber hinaus sollte durch den Einsatz von Lichtsensoren die Beleuchtung immer dann ausgeschaltet werden, wenn von außen genug Sonnenlicht zur Verfügung steht. Vorversuche ergaben, dass die helligkeitsabhängige Steuerung nur in einem vergleichsweise überschaubaren Bereich entlang der Fensterfronten wirtschaftlich ist. Weiter innen im Freihandbereich reicht das Sonnenlicht auch an hellen Tagen nicht für eine ausreichende Beleuchtung aus. Auch eine Steuerung über Präsenzmelder wurde schnell verworfen, da diese durch die Regale abgeschirmt werden. Somit wäre mindestens ein Melder pro Regalgang erforderlich gewesen, was den Kostenrahmen gesprengt hätte.

Die Steuerung der Außenjalousien richtet sich nun nach den tatsächlichen Erfordernissen in der UB. Die Sensoren am Nachbargebäude wurden durch eine neue Wetterstation auf dem Dach der UB ersetzt, die als Teil des ‚intelligenten Netzes‘ eine licht- und wärmeabhängige Steuerung der Jalousien ermöglicht. Bewusst beibehalten wurde hier die Möglichkeit der manuellen Übersteuerung der Automatik.

An heißen Sommertagen sorgt eine Nachtkühlung für ein angenehmes Klima in den Bibliotheksräumen. Dazu werden die Räume nachts ‚durchgespült‘ (Luftwechsel), indem Ventilatoren die verbrauchte Luft nach außen befördern, während gleichzeitig frische Luft über Belüftungsschlitze in den Fenstern in die UB strömt.

Die Umrüstung der Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatisierungstechnik erfolgte während der Vorlesungszeit im Sommersemester 2012. Eine Schließung der UB war nicht erforderlich. Zudem geschah die Umrüstung nahezu lärm- und staubfrei. Auf Rückfrage erläuterten Studierende, dass sie die Umrüstung kaum bemerkt hätten und von normalen Wartungsarbeiten ausgegangen seien.

4 Bisherige Erfahrungen

In der Smart Library Hildesheim wurde Steuerungstechnik des 21. Jahrhunderts mit vorhandener Gebäudetechnik des ausgehenden 20. Jahrhunderts kombiniert. Dieser Ansatz hat die Effektivität der alten Anlage spürbar erhöht, aber auch vorhandene Schwächen in neuer Deutlichkeit zu Tage gefördert. So zeigte sich zu Beginn der Heizperiode, dass einzelne Heizkörper trotz vollständig geöffneter Ventile nicht warm wurden. Als Ursache wurden ein fehlender hydraulischer Abgleich und eine ungünstige Leitungsführung der 23 Jahre alten Heizungsanlage ermittelt. Schwächen in der Grundkonstruktion der installierten Heizungsanlage waren zwar vermutet worden, konnten aber bis dahin nicht anhand belastbarer Messdaten nachgewiesen werden. Durch die Nachtabsenkung entsteht nun jedoch morgens ein deutlich höherer Wärmebedarf als bisher, wie sich durch die Messdaten belegen lässt. Als Konsequenz ist vorgesehen, die Rohrleitungen nach Ende der Heizperiode zu optimieren und einen hydraulischen Abgleich der Anlage durchzuführen.

Wichtig für die Akzeptanz einer intelligenten Steuerung ist, dass die Nutzer der Räume nicht das Gefühl haben, von einer Automatik abhängig zu sein, auf die sie keinen Einfluss nehmen können. Zu Beginn der Heizperiode kam es vereinzelt zu Klagen über zu niedrige Temperaturen in einigen Bereichen der UB. In der Folge versuchten Nutzer sich selbst zu helfen, indem sie an den automatischen Stellantrieben der Heizkörper drehten, wie sie es von den klassischen Thermostaten gewohnt waren. Um eine Beschädigung der Antriebe durch diese Eingriffe zu vermeiden, wurden alle Antriebe mit einem Aufkleber versehen, der deutlich darauf hinweist, dass eine manuelle Bedienung der Ventile nicht möglich ist und eventuelle Probleme an die Auskunft zu melden sind. Diese Aufkleber haben sich als sehr wirkungsvoll erwiesen, denn nach dem Anbringen wurden keine verdrehten Antriebe mehr vorgefunden.

In der Steuerungssoftware der Smart Library werden sämtliche Messwerte und Steuerbefehle in einer Datenbank protokolliert. Dadurch lassen sich mit wenigen Klicks z.B. Temperaturverläufe oder Stromverbrauchskurven am Bildschirm aufrufen. Dies dient nicht nur der Diagnose bei eventuellen Störungen, sondern führt durch die größere Transparenz der Verbrauchswerte auch zu Einsparungen durch Verhaltensänderungen. So konnte den Mitarbeitern der UB anhand der Temperaturkurven sehr anschaulich vermittelt werden, wie lange die Heizung benötigt, um die beim morgendlichen Lüften verlorene Wärme wieder auszugleichen. In der Folge wurden und werden in den Wintermonaten die Art und der Umfang des Lüftens angepasst, und es erfolgt nun ein kurzes, aber intensives ‚Querlüften‘, das die Wärmeverluste minimiert.

Mit Hilfe der gespeicherten Messdaten kann zudem belegt werden, ob es zu bestimmten Zeiten tatsächlich zu kalt war und somit korrigierend eingegriffen werden muss oder ob es sich um subjektive Wahrnehmungen handelte.

Das wichtigste Ziel beim Aufbau der Smart Library war die Energieeinsparung. Für den Bereich der Beleuchtung lässt sich die erreichte Einsparung rechnerisch leicht ermitteln und auch durch Messungen nachweisen. Der Austausch der vorhandenen Leuchtmittel durch energieeffiziente Leuchtstoffröhren sollte nach Berechnungen während der Projektplanung zu einer Einsparung von 48% führen. Tatsächlich wurde in den umgerüsteten Bereichen ein um 45%–50% niedrigerer Stromverbrauch gemessen. Der Einsatz von LED-Röhren hätte den Verbrauch noch weiter senken können, allerdings waren diese zu Beginn des Projektes für einen wirtschaftlichen Austausch noch zu teuer, wären aber heute sicherlich die richtige Wahl. Zusätzliche Einsparungen ergeben sich durch die Helligkeitsabhängige Steuerung des Lichtes. Hier zeigen Messungen, dass das künstliche Licht in den Sommermonaten im Mittel etwa vier Stunden weniger notwendig ist. Bei der Auswahl geeigneter Lichtregler ist darauf zu achten, dass das Eigenlicht der zu schaltenden Leuchten die Regelung nicht stören darf. Dies kann durch eine Abschirmung des Sensors oder den Einsatz von Filtern, durch eine elektronische Kompensation des Eigenlichts oder durch getrennt einstellbare Werte für die Ein- und Ausschaltswelle erreicht werden.

Der Austausch der Leuchtstoffröhren hat auch spürbaren Einfluss auf die Temperaturen in der Bibliothek – ein Effekt, der sich erst im Laufe des Projektes deutlich zeigte. Die neuen Röhren erzeugen ca. 11 kW weniger Wärme – das entspricht in etwa der Leistung eines Heizkessels in einem Einfamilienhaus. Dies macht sich durch spürbar geringere Innentemperaturen an heißen Sommertagen angenehm bemerkbar. Umgekehrt muss allerdings im Winter die Heizungsanlage die fehlenden 11 kW zusätzlich an Wärme aufbringen.

Die erwarteten Einsparungen bei der Heizung setzen sich aus drei Komponenten zusammen: Einer besseren Einstellung der Solltemperaturen, verringerten Verlusten durch eine Nachtabsenkung und einer Abschaltung der Heizung bei geöffneten Fenstern. Bei einer Nachtabsenkung sollen die Energieverluste durch eine nächtliche Absenkung der Innentemperatur verringert werden. Die Einsparung ist hierbei umso größer, je stärker die Innentemperatur abgesenkt werden kann und je länger die Absenkung andauert. Wie schnell die Absenkung erfolgt, hängt von der Dämmung und der Masse des Gebäudes ab. An der UB Hildesheim zeigte sich bislang, dass sich Bereiche mit Regalen durch das hohe Wärmespeichervermögen der darin aufgestellten Bücher nur vergleichsweise langsam abkühlten – trotz geringer Dämmung der Außenwände. Umgekehrt benötigen diese Bereiche morgens wieder lange, um die gewünschte Solltemperatur zu erreichen. Durch die erreichte geringe Temperaturdifferenz ist hier also das

Einsparpotenzial geringer als beispielsweise in den Gruppenarbeitsräumen oder im Lesesaal, die sehr wenig Wärme speichernde Masse enthalten. Aufgrund der komplexen bauphysikalischen Zusammenhänge lassen sich die Einsparungen bei den Heizkosten nicht so präzise vorausberechnen wie beim Stromverbrauch. Verlässliche Werte sind daher frühestens am Ende der nächsten Heizperiode zu erwarten, wenn die erwähnten Optimierungen am Heizungssystem durchgeführt wurden. Erfahrungen aus einem Pilotprojekt in Seminarräumen legen jedoch nahe, dass bis zu 30% Einsparung möglich sind.

5 Resümee

Zusammenfassen lassen sich die bisherigen Erfahrungen wie folgt:

- Die Smart Library funktioniert und bewährt sich im Praxisbetrieb, d.h., die Lichtsteuerung über Sensoren, die Sensoren an den Fenstern und die Aktoren an den Heizungskörpern, die Adressierung über das Netzwerk sowie die Klimatisierung funktionierten zuverlässig;
- für die Steuerung der Außenjalousien stehen noch Arbeiten aus, die demnächst vorgenommen werden;
- der nachträgliche Einbau wurde kaum wahrgenommen. Die Modernisierung erfolgte nahezu lärm- und staubfrei im laufenden Betrieb;
- die erwarteten Ergebnisse / Einsparungen wurden im Bereich der Beleuchtung bereits erzielt und deuten sich für den Bereich Heizung ebenfalls an;
- die Verbesserung des Raumklimas und der Arbeits- und Lernbedingungen wurde erreicht.

Die Smart Library war bereits Gegenstand einer Bachelorarbeit und dient als anschauliches Beispiel in der Lehre für den Einsatz von moderner Automatisierungstechnik bei der Modernisierung im Altbestand. Zusätzlich ergaben sich aus dem Projekt heraus Impulse, um an der Universität das Thema Usability bei der Steuerung von Gebäudeautomatisierung zu untersuchen.

Das Konzept der Smart Library lässt sich auf andere Bibliotheken, Verwaltungs- und Bürogebäude oder auch Schulen übertragen. Die jeweiligen Einspar-effekte hängen allerdings davon ab, wie das jeweilige Gebäude ausgestattet ist und welche Steuerungstechnik eingesetzt wird. Wenn schon relativ moderne Technik und eine gute Wärmedämmung vorhanden sind, sind die Einsparpotenziale entsprechend geringer. Es gibt aber noch eine Vielzahl von Gebäuden, die vor ca. 1990 gebaut worden sind und die einen ähnlichen Standard haben wie die UB vor ihrer Modernisierung im Sinne einer Smart Library.