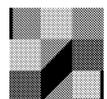


Gerhard Hausladen, Ekkehart Frieling, Fritz Frenkler

Schnittstelle Mensch – Gebäudetechnik



F 2714

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2009

ISBN 978-3-8167-8010-6

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/tauforschung



Abschlussbericht
Schnittstelle Mensch- Gebäudetechnik
31.05.2008



Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen, TU München
Prof. Dr. phil. Ekkehart Frieling, Uni Kassel
Prof. Dipl. Des. Fritz Frenkler, TU München
Fon +49 89 289 - 22475
Fax +49 89 289 - 23851

Forschungsprogramm, Forschungsinitiative Zukunft Bau

In dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse des Forschungsprojekts:

Schnittstellen Mensch – Gebäudetechnik,

Intuitiv zu handhabende Bedienungseinheiten als Schnittstelle zwischen Mensch und Gebäudetechnik zur Verbesserung der Bedienbarkeit, Nutzerakzeptanz und damit verbundener Energieeinsparung durch effizienten Anlagenbetrieb zusammengefasst.

Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen der **Forschungsinitiative Zukunft Bau** des deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (bbr) gefördert.

Ferner unterstützte das Forschungsprojekt finanziell die **Siemens Building Technologies GmbH & Co. oHG**.

Das Forschungsthema wurde in Zusammenarbeit von drei Lehrstühlen unterschiedlicher Universitäten und Fachrichtungen interdisziplinär bearbeitet.

Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik, TU-München
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen
Ansprechpartner
Dipl.-Math. Alois Schärfl, M.Sc.
alois.schaerfl@lrz.tu-muenchen.de

Institut für Arbeitswissenschaften und Prozessmanagement,
Universität Kassel
Prof. Dr. phil. Ekkehart Frieling
Ansprechpartner
Dr. Jürgen Pfitzmann
pfitzmann@ifa.uni-kassel.de

Lehrstuhl für Industrial Design, TU-München
Prof. Dipl. Des. Fritz Frenkler
Ansprechpartner
Dipl. Des. Wotan Wilden
wilden@lrz.tu-muenchen.de

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln des Bundesamtes für
Bauwesen und Raumordnung gefördert.
(Aktenzeichen: Z6- 10.08. 18. 7- 06. 20)
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim
Autor.

0. Inhalt

1.	Ziel der Forschungsarbeit.....	- 6 -
2.	Ergebnisse der Forschungsarbeit.....	- 7 -
2.1	Recherche.....	- 8 -
2.1.1	Bedienelemente der Gebäudetechnik	- 12 -
2.1.2	Fachfremde Bedienelemente.....	- 22 -
2.1.3	Vernetzung von Bedienelementen.....	- 25 -
2.1.4	Dialogfähiges Energiemanagementsystem	- 28 -
2.2	Potential zur Energieverbrauchsreduktion	- 33 -
2.2.1	Optimierungspotential durch Automation	- 34 -
2.2.2	Optimierungspotential durch Nutzerschulung / Nutzerbeeinflussung	- 39 -
3.	Lösungsansätze.....	- 44 -
3.1	Ergonomische Anforderungen.....	- 45 -
3.2	Gestaltungsrichtlinien	- 48 -
3.3	Erläuterung Gestaltungsrichtlinien.....	- 49 -
4.	Piktogrammgestaltung.....	- 54 -
4.1	Piktogrammgestaltung in Abhängigkeit unterschiedlicher Nutzergruppen.....	- 54 -
4.2	Piktogrammgestaltung Zusammenfassung nach Schaltfunktionen.....	- 76 -
5.	Beispielschnittstelle	- 80 -
5.1	System.....	- 80 -
5.2	Bedieneinheit	- 81 -
5.3	Hauptmenu	- 83 -
5.4	Automatikmodus.....	- 84 -
5.5	Untermenü Einstellungen.....	- 86 -
6.	Zusammenfassung und Ausblick	- 88 -
7.	Abbildungsverzeichnis.....	- 90 -
8.	Dokumentation	-92-

1. Ziel der Forschungsarbeit

Die Forschungsarbeit „Schnittstellen Mensch-Gebäudetechnik“ beschreibt Richtlinien zur verbesserten Gestaltung der Interaktion des Nutzers mit der Gebäudetechnik. Als Ergebnis sollen Hinweise gegeben werden, wie intuitiv bedienbare Regel- und Steuereinheiten gestaltet werden sollen, um Fehlbedienungen und dadurch Energieverschwendung vermeiden zu können. Außerdem sollen alte und junge sowie wechselnde Bewohner und Nutzer in der Lage sein, durch leicht interpretierbare Einstellparameter ein gewünschtes Raumklima zu erhalten. Dabei werden die Parameter für Wärme, Lüftung, Licht und Verschattung berücksichtigt. Diese werden für die Bereiche Wohnen, Wohnen auf Zeit - Hotel, Büro - Arbeiten sowie Büro - Konferenz untersucht und entsprechende Lösungsvorschläge erarbeitet.

In diesem Sinne sollen Hinweise und Verbesserungsvorschläge bezüglich der Gestaltung, Platzierung und Anwendung dieser Geräte gegeben werden. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, Informationen und Verhaltensvorschläge, wie zum Beispiel „Fenster schließen“, „Licht aus“ usw. an den Nutzer weiterzugeben um energiesparendes Verhalten anzuregen. In diesem Zusammenhang wird auch untersucht, durch welche Einstellparameter sich die gewünschten Behaglichkeitskriterien abbilden lassen. Es ist sinnvoll, dem Nutzer schon während der Einstellung der Bedienelemente nach Möglichkeit einen Hinweis auf Energieverbrauch und Energiesparmöglichkeit zu geben.

Die Richtlinien werden sind für eine möglichst große Nutzergruppe entwickelt worden. Es werden nicht die Mensch – Maschine – Schnittstellen behandelt, die dem professionellen Bediener wie zum Beispiel Hausmeistern, Gebäudemanager, Energieversorgern etc. über abstrakte Parameter die Einstellung und Optimierung der gebäudetechnischen Anlagen erlauben.

Stattdessen wird nach Standards für Grundfunktionen gesucht, die sich in der Praxis bewähren und ein hohes Maß an Wiedererkennungswert besitzen.

2. Ergebnisse der Forschungsarbeit

Seit der Beauftragung im Dezember 2006 wurde in einem ersten Schritt eine umfangreiche Recherche zu marktgängigen Bedienelementen und zu fachfremden Interfaces durchgeführt. Hinzu kommt eine Vor-Ort-Begehung beispielhafter Gebäude und Analyse der dort vorhandenen Bedienelemente. Darüber hinaus wurde der gebäudetechnische Regelbedarf ermittelt. In einem zweiten Schritt wurden Lösungsansätze zu den Problemstellungen entwickelt. Aus den Lösungsansätzen wurden Gestaltungsrichtlinien formuliert und deren beabsichtigte Wirkung auf den Nutzer und die gebäudetechnischen Anlagen beschrieben. In einer weiteren Studie wurde die Erkennbarkeit von Piktogrammen, unabhängig von konkreten Bedienelementen untersucht. Im letzten Kapitel wird ein Beispiel eines nach den beschriebenen Gestaltungsrichtlinien konzipierten Bedienelements vorgestellt.

2.1 Recherche

Die Forschungsarbeit setzt auf bereits vorhandenen Bedienelemente der Gebäudetechnik auf. Die dem Bewohner bzw. Nutzer verborgenen und im Hintergrund ablaufenden Regel- und Steuerungsalgorithmen werden unverändert übernommen. Der Bewohner soll mit möglichst intuitiven Parametern das gewünschte Raumklima vorwählen und bestimmen können.

Die Vor-Ort-Begehung in ausgewählten Gebäuden und die Erfahrung aus der Praxis zeigen, dass die derzeit verfügbaren und mit der Anlagentechnik mitgelieferten Steuerungen und Regler eine Vielzahl von Einstellungsmöglichkeiten anhand von oftmals sehr abstrakten Parametern bieten. Mit deren Interpretation ist der unbedarfte Nutzer überfordert. In der Praxis zeigt sich, dass selbst Fachpersonal und Fachhandwerker bei der Abstimmung von unterschiedlichen Anlagen (Heizung, Lüftung) überfordert sind, weil sehr viele Zustände berücksichtigt werden müssen und zum Teil die Anlagen die gegenseitige Beeinflussung nur eingeschränkt zulassen.

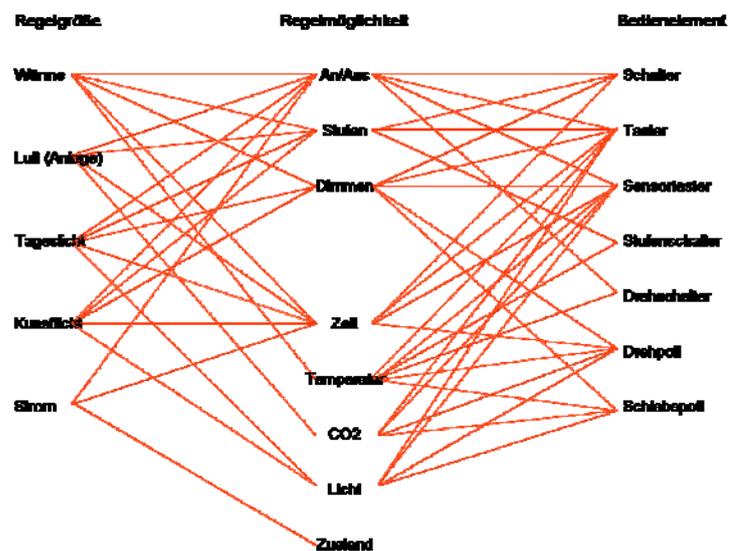


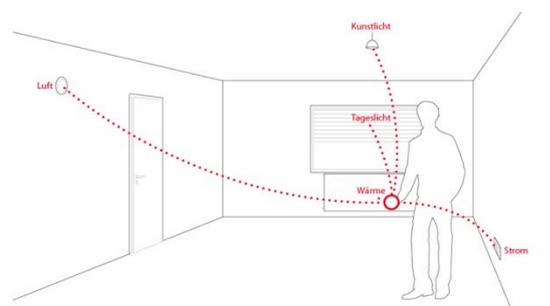
Abb. 2.1 In der Praxis vorkommende Bezüge zwischen Regelgröße und Einstellparameter

Strukturiert man die möglichen Schalter- und Bedienarten nach sinnvollen Einsatzgebieten ergibt sich immer noch eine Vielzahl von Möglichkeiten, die durch neue technische Entwicklungen noch größer werden. Bedienelemente werden dadurch in ihrer Flexibilität und Einstellmöglichkeit immer mächtiger, aber auch komplexer und für den Nutzer deshalb schwer verständlich, wodurch die Akzeptanz bei einem

Großteil der Nutzer abnimmt. Sinnvolle Einstellungen unterbleiben oder es werden gar versehentlich ungünstige Parameter gewählt.

Es ist festzustellen, dass trotz der zahlreichen Einstellmöglichkeiten der existierenden Bedienelemente oftmals nicht direkt der angestrebte Behaglichkeitswert einstellbar ist, sondern ein abstrakter physikalischer Wert wie zum Beispiel ein Volumenstrom oder nur eine dimensionslose Zahl zur Auswahl steht.

Im Rahmen der technischen Entwicklungen im Mikroelektronikbereich, insbesondere in den Bereichen Steuerung, Regelung und Datenkommunikation entstanden zahlreiche Möglichkeiten der Automatisierung und Steuerung unter Einsatz logischer Verknüpfungen. Diese mit der Anzahl der verknüpften Zustände exponentiell steigenden Möglichkeiten führen bei vielen Nutzern zur Überforderung während der energieoptimalen Einstellung der technischen Anlagen. Der scheinbare Komfortgewinn kann sich dadurch in ein erhöhtes Energieverschwendungspotential verkehren. Bei den Lösungsansätzen wurde darauf geachtet, dass Fehlbedienung möglichst ausgeschlossen ist und beim Nutzer ein Bewusstsein für Energieverbraucher erzeugt wird.



mobiles zentrales
 Bedienelement

Abb. 2.2 Vielfältige Steuerungsmöglichkeiten des Bewohners bzw. Nutzers in einem typischen Raum

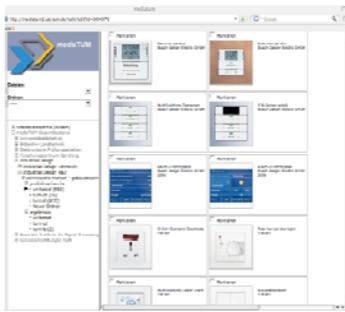


Abb. 2.3
Screenshot aus der online-Produktdatenbank

Die zurzeit auf dem Markt verfügbaren Schalt-, Regel- und Steuerungseinrichtungen wurden hinsichtlich ihrer Gebrauchsfähigkeit und Bedienerfreundlichkeit als Ein-/Ausgabeschnittstelle untersucht. Die daraus gewonnenen Kenntnisse über die Anwendung und Gebrauchstauglichkeit zum vorbestimmten Zweck flossen in die beschriebenen Richtlinien ein. Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde für die Marktrecherche eine zentrale Datenbank eingerichtet. Die forschenden Parteien hatten darauf über das World Wide Web jederzeit Zugang. Der aktuelle Stand zeigt 1280 gespeicherte und kategorisierte Produkte. Die Datenbank dient dem interdisziplinären Arbeiten und schnellen Datenaustausch. In die Datenbank wurden Produkte verschiedener Hersteller eingepflegt. Die Recherche erstreckte sich auch auf Produkte, die außerhalb Europa vor allem in Japan und den USA angeboten werden. Die Bedienelemente reichen vom einfachen Schalter und Regler für eine Funktion bis zu Multifunktionseinheiten mit Display. Die Steuerung wird je nach Element über Knöpfe und Räder bis zu berührungsempfindlichen Displays ermöglicht. Fest eingebaute Bedienelemente wurden ebenso berücksichtigt wie Fernbedienungen.

Die auf der Recherche aufbauende und in Abb. 2.2 zusammengefasste Systemanalyse ermöglicht einen Überblick über die aktuell eingesetzten Produkte und Produktlösungen mit dem Fokus auf das Bedienen von Heizungs-, Lüftungs- und Lichtsteuerung sowie der Kommunikation der Komponenten untereinander. Hierbei wurden unterschiedliche Schalterarten nach ihrem Einsatzgebiet z.B. für Licht oder Heizung sortiert. Ein besonderer Fokus liegt außerdem auf den unterschiedlichen Ausführungen und Möglichkeiten zur Regelung der Bedienelemente bezüglich ihrer Funktionen. Die Übersichtsmatrix Abb. 2.2 zeigt die Vielfalt der technischen Möglichkeiten und deren Umsetzung in der Praxis. Die unterschiedlichen Bedienweisen gleicher Funktionen sind für den Nutzer unübersichtlich. Deshalb sollten die zukünftigen Bedienelemente eine einheitliche Gestaltung und Bedienung ihrer Grundfunktionen beinhalten.

2.1.1 Bedienelemente der Gebäudetechnik

Die Energieschnittstelle

Im Rahmen der Recherche wurden auch einfache Bedienelemente wie zum Beispiel eine Steckdose untersucht. Diese Elemente stellen zwar in der Bedienung selten ein Problem dar, bilden aber die Schnittstelle zum Nutzer, über die (Elektrische-) Energie, oftmals unbemerkt und in unbekannter Menge „verbraucht“ wird. Ziel des Forschungsprojekts ist hier, den unbemerkten und unbewussten Energieverbrauch zu verhindern.

Systematik der Bedienelemente von Heizungsanlagen



Abb. 2.5 Heizungssteuerung

a) automatische Kesselsteuerung / manuelle Heizkörperregelung

Die zentrale Steuerung der Heizungsanlage im Heizkeller, mit den Funktionen Ein/Aus und Durchlauftemperatur, wird durch eine Tages-, Wochen- oder Jahreszeitprogrammierung und die Außentemperatur geregelt.

Die einzelnen Räume können mechanisch am Heizkörper geregelt werden.

Anwendungsbereiche:

- Schulen
- Krankenhäuser
- Wohnanlagen mit Zentralheizung
- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Siedlungen mit Heizzentrale
- Hotelanlagen
-



Abb. 2.6 Heizkörperregelung

Mögliche Fehlbedienungen:

- keine Rücksicht auf sich ändernde Bedingungen (Wintereinbruch)
- komplexe und dezentrale Regelung
- auf dem Bedienfeld befinden sich Einstellmöglichkeiten, die dem Techniker vorbehalten sind (Durchlauftemperatur)
- Heizen während automatischer Nachtabschaltung nicht möglich (Party / Wochenende)
- Vergessen der Regulierung vor Verlassen eines Raumes bzw. Hauses

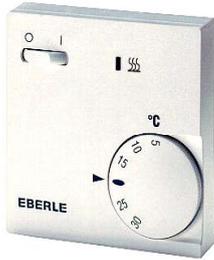


Abb. 2.7 Raumthermostat

b) automatische Kesselsteuerung / manuelle Heizkörperregelung / zentraler Raumthermostat

Die zentrale Steuerung der Heizungsanlage im Heizkeller, mit den Funktionen Ein/Aus und Durchlauftemperatur, wird durch eine Tages-, Wochen- oder Jahreszeitprogrammierung und die Außentemperatur geregelt.

Zusätzlich wird die Anlage durch ein Raumthermostat (meistens im Wohnzimmer oder Flur montiert) gesteuert.

Die einzelnen Räume können mechanisch am Heizkörper geregelt werden.

Anwendungsbereiche:

- Etagenheizungen
- Einfamilienhäuser

Mögliche Fehlbedienungen:

- die Anlage reagiert nur auf einen Temperatursensor
- ist in diesem Zimmer die Heizung abgedreht, heizt die Anlage ununterbrochen
- ein offenes Fenster im Bereich des Sensors führt zum Heizen
- auf dem Bedienfeld befinden sich Einstellmöglichkeiten, die dem Techniker vorbehalten sind
- Vergessen der Regulierung vor Verlassen eines Raumes bzw. Hauses

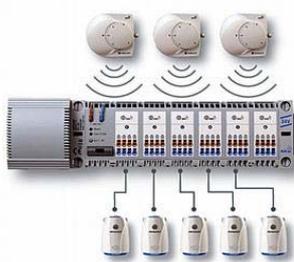


Abb. 2.8 Automatische Heizkörperregelung

c) automatische Kesselsteuerung / automatische Heizkörperregelung / zentraler Raumthermostat

Die zentrale Steuerung der Heizungsanlage im Heizkeller, mit den Funktionen Ein/Aus und Durchlauftemperatur, wird durch eine Tages-, Wochen- oder Jahreszeitprogrammierung und die Außentemperatur geregelt.

Zusätzlich wird die Anlage durch mehrere Raumthermostate gesteuert.

Die einzelnen Räume können durch die Einstellung am jeweiligen Raumthermostat geregelt werden.

Die Steuerung der jeweiligen Heizkörper erfolgt elektronisch.

Anwendungsbereiche:

- Etagenheizungen
- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Siedlungen mit Heizzentrale

Mögliche Fehlbedienungen:

- Ein offenes Fenster im Bereich des Sensors führt zum Heizen.
- Durch z.B. Nachtabstaltung des Brenners ist kein Heizen möglich (Party).
- Vergessen der Regulierung vor Verlassen eines Raumes bzw. Hauses



Abb. 2.9 Digitale Heizkörperregelung

d) automatische Kesselsteuerung / digitale Heizkörperregelung / elektronischer Raumthermostat

Die Heizungsanlage im Heizkeller mit den Funktionen Ein/Aus und Durchlauftemperatur, geregelt durch eine Tages-, Wochen- oder Jahreszeitprogrammierung und die Außentemperatur, wird zentral gesteuert und durch mehrere Raumthermostate geregelt.

Die einzelnen Räume können durch die Einstellung an einem zentralen Bildschirm gesteuert werden. Zudem befinden sich Steuermöglichkeiten im jeweiligen Raum.

Die Regelung der jeweiligen Heizkörper erfolgt elektronisch.



Abb. 2.10 Elektronischer Raumthermostat

Anwendungsbereiche:

- Etagenheizungen
- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Siedlungen mit Heizzentrale
- Hotelanlagen
- Verringerte Fehlbedienung, da zentrale Übersicht und Bedienung möglich ist

Mögliche Fehlbedienungen:

Ein offenes Fenster im Bereich des Sensors führt zum Heizen

e) automatische Kesselsteuerung / digitale Heizkörperregelung / elektronischer Raumthermostat / Sensoren

Im Wohnbereich wird die Heizungsanlage, geregelt durch mehrere Raumthermostate, zentral gesteuert.

Die einzelnen Räume können durch die Einstellung an einem zentralen Bildschirm geregelt werden. Zudem befinden sich Steuermöglichkeiten im jeweiligen Raum.

Die Räume werden durch Anwesenheits-, Tür- und Fenstersensoren überwacht. Die Regelung der Heizkörper erfolgt elektronisch.

Anwendungsbereiche:

- Etagenheizungen
- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Siedlungen mit Heizzentrale
- Hotelanlagen

Mögliche Fehlbedienungen:

- Hohe Komplexität der Grundeinstellung

f) automatische Kesselsteuerung / digitale Heizkörperregelung / elektronischer Raumthermostat / Sensoren / weitere Steuerungselemente

Im Wohnbereich wird die Heizungsanlage, geregelt durch mehrere Raumthermostate, zentral gesteuert. Einzelne Räume können durch die Einstellung an einem zentralen Bildschirm bzw. einer Fernbedienung gesteuert werden. Zudem befinden sich Regelmöglichkeiten im jeweiligen Raum.

Die Steuerung kann auch über das Internet und somit auch über das Telefon erfolgen.

Die Räume werden durch Anwesenheits-, Tür- und Fenstersensoren überwacht.

Durch eine Computersteuerung der Lüftung bzw. Fenstersteuerung können Wetterdaten und Sensoren positiv auf den Energieverbrauch wirken. Die Regelung der Heizkörper erfolgt elektronisch.

Anwendungsbereiche:

- Etagenheizungen
- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Siedlungen mit Heizzentrale
- Hotelanlagen

Mögliche Fehlbedienungen:

- Hohe Komplexität der Grundeinstellung
- Virenbefall aus dem Internet



Abb. 2.11 Wohnungszentrale Steuerung

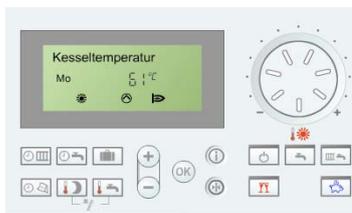


Abb. 2.12 Heizungssteuerung mittels Browserapplikation



Abb. 2.13 Funkthermostat



Abb. 2.14 Bedieneinheit mit Anzeige einer Außerhaus-Funktion

Zusatzgeräte, die zur Steuerung der Heizung und Raumtemperatur angeboten werden

Wohnungszentrale Steuerung: Diese Systeme dienen zur Verbesserung der Brennersteuerung, indem sie den aktuellen nutzungsabhängigen Wärmebedarf ermitteln und damit die Anforderung des Brenners und die Höhe der Vorlauf-temperatur beeinflussen.

Internetapplikation einer Haustechniksteuerung: Andere Systeme ermöglichen die Steuerung der Heizanlage über Internet oder Handy. Damit soll die Anforderung der Heizung besser dem Bedarf angepasst werden können. Ein Vorteil durch diese manuell zu bedienende Bedarfssteuerung ergibt sich nur, wenn der Bedarf stark wechselnd ist. Bei regelmäßigen Schaltvorgängen bietet eine zeitlich programmierbare Steuerung den höheren Komfort.

Thermostate mit Zusatzfunktionen: Zur Verbesserung der Heizkörperregulierung werden Thermostate mit Zusatzfunktionen angeboten. Dies kann eine automatisierte Nachtabschaltung pro Heizkörper oder auch ein zeitprogrammierbarer Heizkörperthermostat mit mehreren verschiedenen Schaltzeiten sein.

Zentrale Bedieneinheit: Um den Installationsaufwand der nachträglichen Montage zentral gesteuerter Systeme gering zu halten, werden für die Kommunikation zwischen den einzelnen Komponenten Funkmodule angeboten. Mittels der Vernetzung von Regelungs- und Einstellkomponenten lassen sich auch sogenannte Szenarien vorbereiten und bei Bedarf an zentraler Stelle aktivieren. Die „Außer-Haus“-Funktion ist ein Beispiel dafür.

Bedienelemente zur Lichtsteuerung



Abb. 2.15 Wippschalter



Abb. 2.16 Druckschalter



Abb. 2.17 Berührungsempfindlich



Abb. 2.18 Drehdimmer



Abb. 2.19 Schiebemer

Die klassischen Bedienelemente zur Steuerung des Lichts sind dezentral angebracht und bieten einen engen Bezug zwischen der Aktion des Nutzers (Ein / Aus) und der Steuergröße Helligkeit.

In der Vergangenheit wurden zahlreiche unterschiedliche Schaltsysteme entwickelt, die sich in der Art der Bedienung und vor allem im optischen Design unterscheiden. Beispielfhaft werden einige dieser Bedienelemente gezeigt. Derzeit weit verbreitet sind Modelle als Wipp- und Druckschalter. Mit ihnen kann man Licht an- und ausschalten.

Dieselbe Funktion bieten berührungsempfindliche Sensor-schalter, die über nachgeschaltete Elektronik bereits bei Berührung den Schaltvorgang auslösen. Mechanische Kraft ist für die Schaltfunktion nicht aufzubringen. Der Schaltvorgang wird auch lautlos durchgeführt, dies kann ein Vorteil sein. Die Kontrolle des durchgeführten Schaltvorgangs muss dann aber anhand anderer Merkmale möglich sein.

Dem Schalter können noch weitere Funktionen des Komforts zugewiesen werden, wie zum Beispiel das Schalten desselben Lichts von unterschiedlichen Stellen. Einige Schalter haben eine entsprechende Kontrollleuchte eingebaut, die über den aktuellen Schaltzustand informiert.

Zusätzliche Funktionen zur Lichtsteuerung bieten so genannte Dimmer, die zur Steuerung der Helligkeit eingesetzt werden. Die gängigsten Methoden zur Helligkeitseinstellung sind das Drehen eines Rades oder das Drücken einer Taste. Solange die Taste gedrückt wird, verändert sich die Helligkeit, wird die Taste losgelassen, bleibt die Helligkeit konstant.

Es gibt auch Ausführungen von Dimmern, die Helligkeit durch einen Schiebeknopf regulieren.



Abb. 2.20 Bewegungsmelder für Wand- und Deckenmontage

Sensoren zur automatisierten Lichtsteuerung

Die eben genannten Schaltvorgänge können automatisiert werden. Generell sind die dezentralen Bedienelemente mit Zeitschaltfunktionen erhältlich.

Für weitere bedarfsorientierte Steuerung des Lichts stehen Sensoren zur Verfügung, die das Licht in Abhängigkeit von der Anwesenheit oder das Licht in Abhängigkeit von der Helligkeit des Tageslichts ein- und ausschalten. Kombinationen aus diesen Sensoren werden ebenfalls angeboten. Je nach Ausstattung der so genannten Bewegungsmelder kann der Nutzer selbst die Schaltpunkte für Lichtempfindlichkeit und Einschaltdauer einstellen. Die Sensoren sind für zentrale wie dezentrale Anordnung einsetzbar. Zu beachten ist, dass die Sensortechnik einen eigenen Betriebsstrom benötigt und somit im Bereitschaftsfall Energie verbraucht.



Abb. 2.21 Dreistufiger Schalter für Lüftung

Bedienelemente zur Steuerung der Lüftung

Die einfachsten Bedienelemente zur Steuerung der Lüftung sind Ein-, Ausschalter. Meist kann der Volumenstrom der Lüftungsanlage in einem bestimmten Bereich in Stufen, oder stufenlos reguliert werden. In seltenen Fällen wird der Luftwechsel dem tatsächlichen Bedarf angepasst, der anhand der Luftqualität ermittelt wird.



Abb. 2.22 Abgesetzte Bedieneinheit

Oftmals werden zur Lüftungsanlagen separate Bedieneinheiten mitgeliefert, über die Zeitprogramme und Lüfterstufen eingestellt werden können. Diese Bedienteile sind meist mit programmierbaren Displays und zusätzlichen Tasten zur Navigation ausgestattet. Diese Bedienelemente werden weiter unten im Kapitel Displays beschrieben.



Abb. 2.23 Steuerung durch Knöpfe / Rad

Displayarten

Durch neue technische Möglichkeiten können Displays mit relativ geringem Energieverbrauch im Betrieb kostengünstig hergestellt und somit auch in separaten Bedienelementen eingesetzt werden. Die Oberflächendarstellung wird von den Internet- und PC-Anwendungen übernommen. Bedient werden diese Systeme über zusätzliche Knöpfe und Einstellräder an den Bedienelementen oder über berührungsempfindliche Displayoberflächen, so genannte Touchscreens. Bereits vorhandene Komponenten wie zum Beispiel PC oder TV-Gerät können eventuell in die Haussteuerung integriert und mittels Fernsteuerung bedient werden. Ferner müssen die Bedienelemente nicht mehr fest montiert sein, sondern können mobil im Haus platziert werden und stehen drahtlos mit den technischen Anlagen des Gebäudes in Verbindung.

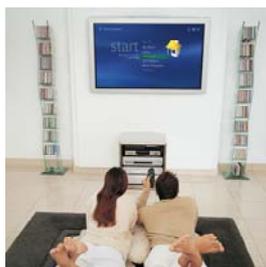


Abb. 2.24 TV-Gerät als Anzeigem



Abb. 2.25 Schrift



Abb. 2.26 Piktogramme

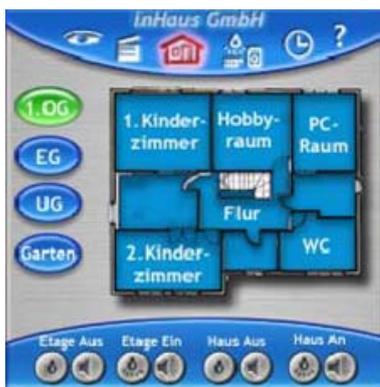


Abb. 2.27 Plandarstellung



Abb. 2.28 Aktivbilder

Menüdarstellungen

Für die Gestaltung der Oberflächen werden unterschiedliche Konzepte verfolgt.

Programmierbare Displays bieten die Möglichkeit, längere Texte und Erklärungen darzustellen. Manche Anbieter versuchen daher die Funktionen auf den entsprechenden Tastenfeldern zu beschreiben. Zusätzlich werden Schaltzustände angezeigt und Zustandsgrößen in physikalischen Einheiten angegeben. Dadurch werden die Bedienelemente wissensabhängig und zur Interpretation der physikalischen Größen werden oftmals technische Kenntnisse benötigt.

In anderen Bedienelementen mit Displays wird die Schrift durch Piktogramme ersetzt. Die Analyse hat ergeben, dass es keinen einheitlichen Standard für die Zuordnung der Piktogramme zu den Funktionen gibt. Manchmal ist den Bedienelementen nicht eindeutig anzusehen, ob der aktuelle oder der gewünschte wählbare Zustand auf den Berührungsfeldern angezeigt wird.

Andere Hersteller versuchen über das Display den Bezug von Steuergrößen zu deren Wirkungsbereich herzustellen. Eine Möglichkeit ist die abstrahierte Plandarstellung. Das hilft dem Nutzer zu erkennen, welche Wirkung seine Einstellungen erzielt und verschafft ihm somit größere Sicherheit bei der richtigen Wahl der Einstellparameter.

Einen Schritt weiter in Richtung „virtuelle Welt“ bieten manche Hersteller in Form von Aktivbildern an. Dort werden visuelle Bilder der realen Räume als Hintergrundbilder auf dem Display eingespielt und die relevanten Schaltzustände in Form von Symbolen und Textboxen zeichnerisch dargestellt. Diese Systeme sind aufgrund der objektspezifischen Darstellung in jedem Einzelfall neu zu konfigurieren und damit relativ teuer in der Anschaffung.

Vielen Menüdarstellungen ist gemeinsam, dass Tasten und Reglerelemente simuliert werden. Die Navigation auf dem Display orientiert sich oft an den Bedienoberflächen von Computer-Betriebssystemen.

Zusammenfassung der Analyse

Die Bedienelemente sind durch freie Programmierung flexibel einsetzbar und umfassend in ihrer Funktionalität. Was im ersten Moment als sehr vorteilhaft erscheint, erweist sich bei näherer Betrachtung aus folgenden Gründen als Nach-

teil:

Aus der flexiblen Einsetzbarkeit der Bedienelemente entstehen in der Praxis zahlreiche unterschiedliche Konfigurationen, die alle im Einzelfall optimiert werden müssen. Dies überfordert oft den Nutzer und auch den Installateur, und macht diese teuer in der Anschaffung und Wartung. Der Nutzen, der sich aus der Serienfertigung und -anwendung dadurch ergibt, dass Systeme von Experten ein für alle Mal optimiert werden, kommt bei Einzelfalllösungen nicht zum Tragen.

In den meisten Fällen sind die zu schaltenden Größen zeitlich und örtlich zusammenhangslos einzustellen. Der Nutzer verliert den Bezug zwischen den von ihm vorgenommenen Einstellungen und deren energetischen Auswirkungen.

Aufgrund der zahlreichen Einstellungsmöglichkeiten, die von den Bedienelementen angeboten werden, verlieren Nutzer schnell den Überblick und werden vom Wesentlichen abgelenkt. Oftmals werden zahlreiche logische Verknüpfungsmöglichkeiten von Zeitschaltuhr, angeboten, die für viele Nutzer eine intellektuelle und zeitliche Herausforderung darstellen. Die Bereitschaft sich dieser Herausforderung zu stellen, darf Nutzern, die sich solche Systeme bewusst anschaffen unterstellt werden. Bei alle Anderen, die ebenfalls gezwungen sind, haustechnische Anlagen zu bedienen, kann sie nicht vorausgesetzt werden. Dies ist der Grund für die oftmals geringe Nutzerakzeptanz.

Zur Verdeutlichung seien zwei Beispiele aus der Praxis genannt:

Wer traut sich zu, Samstag Morgen um 8 Uhr vor Verlassen des Hauses die digitale Zeitschaltuhr seines Elektroherdes so zu programmieren, dass dieser um 10 Uhr auf 190°C einschaltet und um 11 Uhr ausschaltet, damit nach der Rückkehr um 12 Uhr zusammen mit dem Besuch gegessen werden kann? Bei einer analogen Schaltzeituhr mit zwei zusätzlichen Zeigern für Ein- und Ausschaltzeit trauen sich die Programmierung mehr Nutzer zu. Einschlägige Problembeschreibungen zu diesem Thema können im Internet unter forum.frag-mutti.de (Suchwort Elektroherd) nachgelesen werden.

Für individuell angebotenen Service elektronischer Geräte wie zum Beispiel dem Mobiltelefon würden insbesondere ältere Menschen in Deutschland extra bezahlen und für übersichtlichere Bedienung gerne auf Sonderfeatures, die nicht zum telefonieren benötigt werden verzichten. Nach einer 2006 veröffentlichten Umfrage des Unternehmens M&S-Medienservice finden 56 Prozent aller Befragten technische Geräte wie Handys oder Digitalkameras in ihrer Be-

dienbarkeit als viel zu kompliziert. Dabei klagen sogar mehr Männer (36 Prozent) als Frauen (24 Prozent) über eine viel zu umständliche Bedienung der Geräte. Die Analyse von Bedienelementen, die nicht zur gebäudetechnischen Anlage gehören, wird in 2.1.2 vorgestellt.

Aus der Recherche fachfremder Bedienelemente der Universität Kassel können folgende Schwierigkeiten bei der Nutzung komplexerer Bedieneinheiten zusammengefasst werden.

- Ablesen des Displays ist schwierig
- Das Prinzip der Menüsteuerung ist unverständlich
- Probleme mit der Tastenbetätigung treten auf
- Es gibt Probleme beim Umgang mit technischen Geräten
- Das Handbuch ist zu umfangreich und schwer verständlich
- Zu viele Tasten sind auf dem Bedienfeld
- Die Gestaltung der elektronischen Geräte wird häufig nicht auf die menschlichen Bedürfnisse und Benutzergruppen abgestimmt
- Die Bediensysteme von elektronischen Geräten sind oft unterschiedlich gestaltet
- Bei elektronischen Bedienelementen ist das Bedienen durch komplexe Menüführung schwierig

Rein durch Software gesteuerten Bedieneinheiten machen zusätzlich folgende Schwierigkeiten:

- Die Programme sind für ungeübte Benutzer schwer zu bedienen, es ist umständlich und dauert lang, außerdem sind sie nicht leicht zu erlernen
- Ohne Handbuch und Hilfe sind sie nicht selbsterklärend und nicht bedienbar, auch die Menüführung ist nicht direkt verständlich
- Benutzungsfehler sind für ungeübte Benutzer nicht leicht zu erkennen und zu korrigieren
- Die Software gibt auch keine konkreten Hinweise zur Fehlerbehebung
- Das Programm kann nur von geübten Benutzer steuerbar sein
- Benutzerbedürfnisse und Eigenschaften sind nicht an-

gepasst

- Strukturen für die programmunterstützten Arbeitsabläufe sind nicht erkennbar
- Die Software ist nicht auf die Anforderungen der Arbeit zugeschnitten

2.1.2 Fachfremde Bedienelemente

Im Rahmen der oben genannten Recherche wurden auch fachfremde Bedienelemente auf Gebrauchstauglichkeit und deren Übertragung auf Anwendungen in der Gebäudetechnik untersucht. Bei den untersuchten „alltäglichen“ Geräten, wie zum Beispiel Mobiltelefon, Digitaler Assistent, Navigationssysteme usw. ist festzustellen, dass die Schnittstelle zum Nutzer, unter der Verwendung neuester technischer Möglichkeiten, generell durch Software und ein programmierbares Display realisiert wird. Dies ermöglicht einerseits die Umsetzung unterschiedlicher Funktionalität auf gleicher Hardwareplattform, andererseits erlaubt diese Organisationsstruktur die Implementierung zahlreicher Funktionen und fast beliebig vieler Menüebenen.

Von diesen Möglichkeiten wird auch Gebrauch gemacht. Dies dient aber nicht immer der Usability (Gebrauchstauglichkeit) und schadet der Akzeptanz dieser Geräte durch den Nutzer.

Für die im Folgenden abgebildeten Geräte werden jeweils einige ergonomische Merkmale aufgeführt.

Mobiltelefon



Abb. 2.29 Mobiltelefon mit großem Display

- Bedienen durch Tastendruck
- Kleine Bedientasten
- Angemessene Displaygröße
- Kleine Symbole
- Die Beschriftung auf dem Display ist lesbar
- Einfacher Zugriff auf Daten und Bedienelemente
- Einfache Bildschirminhalte
- Keine Fehlerbehandlung



Abb. 2.30 MP3-Player

MP3-Player

- Bedienen durch Tastendruck
- Kleines Display
- Kleine Bedientasten



Abb. 2.31 Navigationssystem

- Symbole auf den Bedientasten verständlich
- Einfach zu bedienen
- Intuitive Bedienung

Navigationssystem

- Bedienen durch Berühren des Bildschirms
- Lautstärke einstellbar
- Symbole auf dem Display verständlich
- Klare Texte auf dem Display
- Angemessene Schriftzeichengröße
- Kein heller Bildschirmhintergrund
- Gute grafische Darstellung

Übersicht über die fachfremden Bedienelemente und Anzeigen auf der Bedienoberfläche

- Bedientasten
- Anzeigedisplay
- Anzeigelampe
- Symbole und Ziffern

Bedientasten werden wie folgt klassifiziert:

- Nummerntasten
- Symboltasten
- Beschriftungstasten
- Berührungstasten mit PDA-Stift

Die Bedienarten werden wie folgt klassifiziert:

- Drücken der Taste
- Tippen mit PDA-Stift

Vorschläge zur Verbesserung und Optimierung der Bedienoberfläche:

- Die Größe der Tasten ist so zu gestalten, dass sie auch von breiten und zittrigen Fingern sicher bedient werden können
- Bedienbeschriftung und -symbolik muss so groß sein, dass sie auch mit leichter Sehschwäche lesbar ist
- Anzeigelampen müssen so groß und leuchtstark sein,

dass sie auch bei Tageslicht erkennbar sind

- Die Bediensprache muss einfach, deutlich und verständlich für jeden sein
- Das Bediendisplay muss gut lesbar und übersichtlich sein
- Die einzelnen Schriftzeichen müssen verständlich und groß genug sein
- Die Displaygröße muss der darauf dargestellten Information entsprechen
- Die Bedienbarkeit muss auch im Dunkeln problemlos möglich sein
- Die Schaltzustände der Bedientasten (z. B. aktiviert/deaktiviert) müssen erkennbar sein
- Die Größen der Symbole auf dem Display muss der Displaygröße angemessen sein
- Die Zeichen sind dann scharf eingestellt, wenn der Benutzer z. B. "S" und "5" mühelos voneinander unterscheiden kann.
- Starke Hell-Dunkel-Kontraste erleichtern das Lesen

Vorschläge zur Verbesserung der Handhabung akustischer und visueller Komponenten.

- Mobilteile müssen ergonomisch geformt sein, d. h. es sollte an die erwachsene Hand angepasst sein, vorzugsweise tailliert, so dass es beim Benutzen gut umfasst und gehalten werden kann.
- Hörerlautstärke (falls vorhanden) am Mobilteil sollte einstellbar sein.
- Die gewählte Nummer sollte auf dem Display zur visuellen Kontrolle groß angezeigt werden
- Große, kontrastreiche Tasten, die beim Drücken durch deutliches Klicken reagieren sind vorteilhaft
- Eine Paging-Funktion, d. h. ein verlegtes Mobilteil kann über die Basisstation „angerufen“ und durch das Klingeln geortet werden, erleichtert die Handhabung

2.1.3 Vernetzung von Bedienelementen

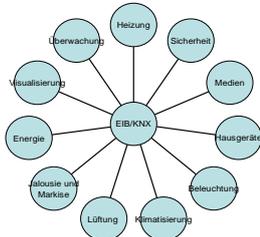


Abb. 2.32 Vernetzung gebäudetechnischer Anlagen

Während früher die „Bedienung“ der Haustechnik direkt am Gerät stattfand (Holz-/Kohle-/Ölofen), werden die Geräte heute entsprechend der technischen Möglichkeiten durch eine Fernbedienung und oftmals auch zeitgesteuert „bedient“. Durch diese Entwicklung ging in zunehmendem Maße der Bezug des Nutzers zum Energieverbrauch und den Einschaltzeiten der Haustechnik verloren.

Ein „Höhepunkt“ dieser Entwicklung ist die Vernetzung der Haustechnikanlagen mittels so genannter Bussysteme. Einerseits werden damit aufwendige ereignisorientierte Schaltalgorithmen realisierbar, andererseits sind die momentanen Systeme kaum in der Lage selbständig auf veränderte (Nutzer-) Bedingungen zu reagieren.

Die Gründungsmitglieder der [Konnex Association](#)

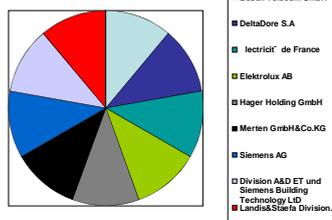


Abb. 2.33 EIB/KNX

Bereits Mitte der 80er Jahre sind die ersten Überlegungen zur Anwendung der Bustechnologien für die elektrische Installationstechnik und zur Gebäudetechnik parallel von verschiedenen Firmen angeregt worden. Man hat erkannt, dass die Markteinführung von herstellereigenen Systemen einer breiten Marktdurchdringung im Wege stehen und dem Bauherrn die unterschiedlichsten proprietären "Standards" und "Systeme" bescheren würden. Führende Hersteller der elektrischen Installationstechnik haben sich 1990 im Rahmen der EIBA und später der Konnex Association mit der Zielsetzung zusammengeschlossen, einen Standard in den Markt einzuführen (Gründungsmitglieder waren Berker, Jung, Gira, Merten und Siemens). Dieser Standard garantiert die Kompatibilität und Interoperabilität der verschiedenen Geräte und Systeme unterschiedlicher Hersteller aus vielen Bereichen, nicht nur der Elektroinstallationstechnik, sondern beispielsweise auch aus den Bereichen Klima & Lüftung oder Hausgeräte, wie z.B. Herde.

Die Bedienung der durch ein Bussystem vernetzten Anlagentechnik kann nur durch eine elektronische Nutzerschnittstelle erfolgen.

Im Folgenden sind einige Kriterien zusammengefasst, die an ein solches Bedienelement zu stellen sind.

- Eingaben sind leicht korrigierbar
- Alle Aufgaben sind einfach zu steuern
- Das System ist einfach an Benutzerbedürfnisse und Eigenschaften anzupassen
- Das Menu ist leicht zu erlernen

- Ohne Handbuch und Hilfe kann auch der ungeübte Benutzer alle Funktionen selbst bedienen
- Die angebotenen Bedienelemente sind direkt steuerbar
- Die Verwendung von Symbolen ermöglicht ein schnelles Lernen
- Die Software lässt sich von dem Benutzer leicht erweitern
- Die Software gibt konkrete Hinweise zur Fehlerbehebung
- Die Software erleichtert die Orientierung durch eine einheitliche Gestaltung
- Die Software erzwingt keine unnötig starre Einhaltung von Bearbeitungsschritten
- Die Software ist auf die Anforderungen der Arbeit zugeschnitten
- Die Software liefert in ausreichendem Maße Informationen darüber, welche Eingaben zulässig oder notwendig sind
- Die Software ist intuitiv bedienbar
- Die Erweiterung von Funktionen ist leicht erlernbar
- Leichte Verständlichkeit der Menüführung ist erforderlich
- Anhand von Bildern, Zeichnungen, Symbolen oder Soundunterstützung ist die Software besser benutzbar
- Die angemessene Kombination von Text und Bild sorgt für eine einfache Bedienung

In der Praxis zeigt sich, dass selten benötigte Funktionen eines Bedienelements leicht vergessen werden (z.B. Zeitschaltuhr eines E-Herds), auch deshalb ist eine intuitiv gestaltete Bedienoberfläche nötig.

Zusammenfassung der Negativbeispiele der Recherche als Grundlage für neue Lösungsansätze:

- Ablesen des Displays ist schwierig
- Das Prinzip der Menüsteuerung ist unverständlich
- Probleme mit der Tastenbetätigung kommen vor
- Probleme beim Umgang mit technischen Geräten
- Wegen der komplizierten Bedienung werden Anlagen nicht mehr genutzt

- Handbuch ist zu umfangreich und schwer verständlich
- Zu viele Bedientasten
- Die Gestaltung der elektronischen Geräte wird häufig nicht auf die menschlichen Bedürfnisse und wechselnde Benutzergruppen abgestimmt
- Die Bediensysteme von elektronischen Geräten sind unterschiedlich gestaltet
- Wegen der starken Konkurrenz zwischen den Herstellern konzentrieren sich die Entwickler auf proprietäre technische Entwicklung in der Haustechnik statt auf Vereinheitlichung und Vereinfachung der Bediensysteme
- Schwierig zu bedienende elektronischen Geräte auf Grund komplexer Funktionen



Abb. 2.34 analoge Zeitschaltuhr



Abb. 2.35 digitale Zeitschaltuhr

Als Beispiel für unterschiedliche Bedienmöglichkeiten von identischen Funktionen sind hier zwei Zeitschaltuhren angeführt.

Beide Zeitschaltuhren besitzen dieselbe Grundfunktion, sie schalten zu einem vorzugebenden Zeitpunkt ein angeschlossenes Gerät ein und wieder aus.

Bei der analogen Uhr ist an der Markierung sofort die aktuelle Zeit abzulesen, bzw. einzustellen. Über die Reiter können im $\frac{1}{4}$ Stunden Rhythmus die Ein- und Ausschaltzeiten eingestellt und ebenfalls ohne weitere Bedienung abgelesen werden. Durch den Abstand der gesetzten Reiter von der Markierung der aktuellen Zeit kann die Dauer bis zum nächsten Schaltvorgang abgeschätzt werden. Über den Schalter auf der linken Seite kann noch zusätzlich zwischen Automatikbetrieb und Ein / Aus umgeschaltet werden.

Die digitale Schaltuhr wird über sechs Druckknöpfe eingestellt. Diese müssen abwechselnd und in bestimmter Reihenfolge gedrückt werden. Dabei ist zwischen unterschiedlichen Modi zu wechseln und die Eingabe jeweils zu bestätigen. Diese Zeitschaltuhr kann ohne Lesen der relativ kleinen Beschriftung der Tasten nicht bedient werden. Das Einstellen der Zeiten dürfte vermutlich länger dauern als beim obigen Modell, jedoch bietet sie dafür mehr Schaltmöglichkeiten.

2.1.4 Dialogfähiges Energiemanagementsystem

Erfahrungen bezüglich der vom Nutzer gewünschten Einflussmöglichkeiten auf Behaglichkeitsparameter und die Akzeptanz von Bedienelementen wurden im Rahmen der Dissertation von Ingo Stadler in Kassel im Jahre 2000 gesammelt.

Die Dissertation mit dem Titel „Dialogfähige Energiemanagementsysteme im Kontext von Energieverbrauch und Nutzerverhalten“ beschreibt mit Hilfe eines Installationsbusses und marktverfügbaren Sensoren und Aktoren ein Energiemanagement, das über eine eigens entwickelte Internetplattform bedienbar war. Somit konnte über bereits verfügbare Rechner und das Gebäudenetzwerk auf das Energiemanagementsystem zugegriffen werden. Installiert wurde das System in den Räumen des Instituts für Elektrotechnik an der Universität Kassel. Die Nutzer konnten mittels Internetbrowser Heizung, Licht und Jalousie beeinflussen sowie Zeitprogramme zur automatischen Steuerung der Anlagen eingeben.

In dieser Arbeit wurde auch die Notwendigkeit des Feedbacks von Energieverbräuchen betont. Als Mögliche Rückmeldungen wurden Werte mit physikalischen (z.B. kWh), ökologischen (z.B. CO₂-Äquivalente) oder ökonomischen (z.B. €) Einheiten vorgeschlagen. Zur Ermittlung korrekter physikalischer Werte müssen eventuell zusätzliche Messeinrichtungen installiert werden und die Angabe von Kosten erfordert die Eingabe und Aktualisierung der Energiepreise. Außerdem könnten Nutzer bei der Angabe konkreter Werte und eventuellen Abweichungen von Prognosen oder Abrechnungen Haftungsansprüche ableiten. Um diesen Problemen zu begegnen und die Anzeige möglichst einfach und verständlich zu gestalten, werden in den noch zu formulierenden Gestaltungsrichtlinien bewusst auf die Angabe von Werten und Einheiten verzichtet. Das Feedback an den Nutzer soll in der Form von „erhöhtem Energieverbrauch“ und stark „erhöhtem Energieverbrauch“ gegeben werden. Die Darstellung kann durch Symbole oder/und Farbe erfolgen, dies bleibt dem Designer der Bedienelemente überlassen.

Als Gründe für Akzeptanzprobleme werden der Autoritätsverlust durch vorgegebene und nicht veränderbare Einstellungen genannt sowie Unverständlichkeit der Anzeigen und umständliche Bedienung. Diese Aspekte sind bei der Gestaltung neuer Bedienelemente zu berücksichtigen und können durch einfach gehaltene Bedienoberflächen, we-

nigstens in den Grundfunktionen, realisiert werden.

Innovativ an diesem System ist, dass dem Nutzer über das Internetportal die Lastgänge des Energieverbrauchs in seinem Büro angezeigt wurden und er damit Energieanalysen durchführen konnte. Ferner wurde der Nutzer per E-Mail automatisch über Energieeinsparmöglichkeiten informiert. So wurde zum Beispiel gemeldet, wenn trotz ausreichend Tageslicht die künstliche Beleuchtung eingeschaltet war oder die Heizung bei geöffnetem Fenster an war.

Interessant für das Forschungsprojekt Schnittstelle Mensch – Gebäudetechnik sind die Ergebnisse zweier Umfragen. Eine Umfrage wurde unter Experten der Gebäudetechnik, der Gebäudeautomation und des Facility Managements durchgeführt, die zweite neun Monate nach der Inbetriebnahme des Energiemanagements unter den Nutzern. Gefragt wurde nach den Erwartungen, Erfahrungen mit und Wünschen an das installierte Energiemanagementsystem.

Das Experten-Hearing ergab folgende Ergebnisse, die in der Tabelle (Abb. 2.42) zusammengestellt sind.

Tabelle 8-1: Ausgewählte Ergebnisse aus der Expertenbefragung

Allgemein		
Kennen Sie Ihren Energieverbrauch im Büro?	%	28
Kennen Sie Ihren Energieverbrauch zu Hause?	%	61
Wenn BySyS Ihnen Informationen zur Energieeinsparung geben würde, würden Sie Ihr Nutzerverhalten ändern?	%	79
Insgesamt, ist BySyS nützlich?	%	87
Eigene Erfahrung		
Möchten Sie permanent Einstellungen in Ihrem Raum verändern?	%	30
Möchten Sie regelmäßig Ihre Einstellungen verändern?	%	38
Möchten Sie zu unterschiedlichen Zeiten in verschiedenen Jahreszeiten Einstellungen ändern?	%	90
Wollen Sie Einstellungen verändern, machen es aber nicht?	%	44
Erreichen Sie alle Änderungen, die Sie sich wünschen?	%	40
Liegt es am Konflikt mit Kollegen, wenn Sie eine Einstellung nicht ändern?	%	30
Erfahrung aus dem Betrieb von Gebäuden		
Gibt es Konflikte mit den Nutzern wegen der Raumwärme?	%	86
Gibt es Konflikte mit den Nutzern wegen der Beleuchtungsstärke?	%	43
Sind diese Konflikte leicht zu lösen?	%	33
Macht es BySyS einfacher oder schwieriger, diese Probleme zu lösen? (Skala von 1 bis 7; 1 = leichter)	Ø	3,1
Wo sollte man den Nutzereinfluss beschränken?		
Soll es Bereiche geben, die nur die Betriebsleitung ändern darf?	%	71
Beschränken: maximale Wintertemperatur?	%	100
Beschränken: minimale Sommertemperatur?	%	100
Beschränken: Zeitplan (z. B. Wochenende)?	%	80
Beschränken: Beleuchtungsstärke?	%	60
Beschränken: Jalousie hoch und runter?	%	40
Was sollte zusätzlich integriert werden?		
Zusätzliche Module z. B. für Sicherheit? (Skala von 1 bis 7; 1 = unwichtig; 7 = wichtig)	Ø	5.1
Erkennung von Samstag / Sonntag und u. U. automatisches Zurücksetzen? (Skala von 1 bis 7; 1 = unwichtig; 7 = wichtig)	Ø	6.0
System soll Änderungsvorgänge protokollieren zur Nachvollziehbarkeit? (Skala von 1 bis 7; 1 = unwichtig; 7 = wichtig)	Ø	5.5
Soll der Energie- und Wasserverbrauch protokolliert werden? (Skala von 1 bis 7; 1 = unwichtig; 7 = wichtig)	Ø	5.9

Abb. 2.42 Ausgewählte Ergebnisse aus der Expertenbefragung, Dissertation von Ingo Stadler

Den Ergebnissen lässt sich entnehmen, dass 79 % der Befragten der Meinung sind, dass Hinweise zum energiesparenden Verhalten auch Änderungen mit sich bringen würden. Es hat sich gezeigt, dass Grafiken und Symbole anstelle textueller Erklärungen gewünscht und oftmals verständlicher sind. Insbesondere sollte der Nutzer auf systembedingte Totzeiten hingewiesen werden, um „hektisches“ hin- und herregeln zu vermeiden.

Das Managementsystem sollte die aktuellen Schaltzustände anzeigen und nicht zu häufig schalten. Auch für den Nutzer sollten die automatisierten Schaltvorgänge bewusst und nachvollziehbar sein.

Die konkrete Angabe des Einsparpotentials durch das Managementsystem wäre wünschenswert. Bei dem getesteten System wurde die Internetanwendung als sinnvolle und hilfreiche Ergänzung gesehen, es wurde aber auch betont, dass dies kein Ersatz für zum Beispiel „einfache Lichtschalter“ sein kann.

Die Nutzerbefragung nach neun Monaten Anwendung hat zu den in der Tabelle (Abb. 2.43) zusammengefassten Ergebnissen geführt.

Tabelle 8-2: Ausgewählte Ergebnisse aus der Nutzerbefragung

Nutzungshäufigkeit		
Wie häufig ändern Sie die Einstellungen für Ihren Raum? (1 = täglich, 2 = wöchentlich, 3 = monatlich, 4 = halbjährlich, 5 = seltener)	Ø	3,4
Gibt es Änderungen, die von der Tageszeit abhängen?	%	14
Gibt es Änderungen, die von der Jahreszeit abhängen?	%	33
Würden Sie gerne öfters Änderungen vornehmen, es ist Ihnen aber zu umständlich?	%	57
Zufriedenheit		
Macht BySyS das, was Sie wollen?	%	56
Funktioniert die Eingabe schnell genug?	%	33
Sind die Auswahloptionen verständlich?	%	100
Sind Sie mit der Auswahl der Optionen zufrieden?	%	95
Sind Sie mit der Regelung zufrieden?	%	50
Alles in allem, ist BySyS für Sie eine sinnvolle Unterstützung zum Komfort- und Energiemanagement?	%	100
Energieinformation		
Wenn BySyS Ihnen Informationen zum Energieverbrauch und zum Energiesparen anbietet, würden Sie Ihr Verhalten ändern, um Ener- gie zu sparen?	%	86
Einschätzungen		
Sollte man dem Nutzer überlassen, im Winter die maximal mögliche Temperatur einzustellen?	%	71
Sollte man dem Nutzer überlassen, im Sommer (bei Vorhandensein einer Klimaanlage) die minimal mögliche Temperatur einzustellen?	%	43
Sollte man dem Nutzer überlassen, die Helligkeit selbst zu wählen?	%	100
Sollte man dem Nutzer überlassen, ein eigenes Zeitprogramm zu wählen, z. B. auch am Wochenende?	%	86
Sollte man dem Nutzer überlassen, die Regelung der Jalousien zu bestimmen?	%	86
Könnten mit BySyS Konflikte, die in vielen Gebäuden bezüglich Temperatur, Helligkeit, Gebäudeautomation etc. bestehen, verrin- gern? Oder werden sie sogar vergrößert? (1 = verringert, 0 = vergrößert)	Ø	0,86

Abb. 2.43 Ausgewählte Ergebnisse aus der Nutzerbefragung, Dissertation von Ingo Stadler

Aus den Ergebnissen lässt sich entnehmen, dass 86 % der Befragten den Wunsch nach eigenmächtigem Einstellen der Haustechnik haben. Das bedeutet nicht, dass die Einstellungen häufig geändert werden, aber der Nutzer wünscht sich ein System mit dem diese Veränderungen einfach und in leicht verständlicher Weise vornehmen kann. 86% der Nutzer würden auch ihr Verhalten aufgrund von Empfehlungen des Systems ändern.

2.2 Potential zur Energieverbrauchsreduktion

Im folgenden Kapitel wird das Optimierungspotential anhand von konkreten Zahlenwerten aus in der Praxis umgesetzten Projekten gezeigt. Dabei werden die Einspareffekte in zwei Kategorien aufgeteilt und jeweils deren Potentiale dargestellt.

- Einspareffekte, die sich aus Automation und zentraler Bedienung ergeben. Durch diese Maßnahmen lassen sich energetisch widersprüchliche Einstellungen vermeiden und Energie bedarfsgerecht einsetzen.
- Einspareffekte, die sich aus verändertem Nutzerverhalten ergeben. Voraussetzung für einen großen Einspareffekt ist, dass der Nutzer die Informationen bekommt, zum Beispiel über Schulungen oder das Bedienelement, die er als Handlungsanleitung verwenden kann.

Manche Effekte der Automatisierung und des Nutzerverhaltens haben zwar dieselbe Wirkung, unterscheiden sich aber in der Art der Investition und der Unabhängigkeit gegenüber wechselnder Nutzer. Deshalb werden die Einsparpotentiale nach diesen beiden Kategorien getrennt beschrieben.

Beispiel: Energetisch ist es gleichwertig, ob eine Beleuchtung automatisch oder von Hand ausgeschaltet wird. Im Falle der automatischen Steuerung muss allerdings in die Gerätschaft der Anlagentechnik investiert werden, bei der manuellen Steuerung in die Bildung des Nutzers, was meist günstiger ist. Wenn nicht informierten Nutzer ständig wechseln, lässt sich damit eventuell kein Einspareffekt realisieren.

2.2.1 Optimierungspotential durch Automation

In diesem Schritt werden die notwendigen Regel- und Steuerungsmöglichkeiten von Seiten des Bewohners und Nutzers zusammengestellt. Die Einspareffekte durch entsprechende Steuerungen und Regelungen werden dem Energieverbrauch der dazu benötigten Anlagenkomponenten gegenübergestellt.

Wenn ein System aus so komplexen Komponenten wie Gebäude, Anlagentechnik, Klima und Nutzer besteht, lassen sich Optimierungs- und Einsparpotentiale nicht exakt berechnen. So können zum Beispiel mit einer Tag-Nacht-Zeitsteuerung in schlecht gedämmten Gebäuden einige Prozent der ursprünglich benötigten Energie, in gut gedämmten Gebäuden nur sehr geringe Energiemengen eingespart werden. Der Einspareffekt hängt auch vom Typ und der Dimensionierung der installierten Technik ab. Intuitiv und optimal gestaltete Bedienelemente können daher optimierte Anlagentechnik und Gebäude nicht ersetzen, vielleicht aber durch Energieverbrauchsanzeigen helfen, ineffiziente Systeme aufzuspüren und den Nutzer durch dynamisch generierte Hinweise energiebewusstes Verhalten erzeugen.

Auch wenn in diesem Forschungsprojekt darauf geachtet wurde, Anforderungen an Bedienelemente so zu stellen, dass diese ohne zusätzlichen Energieaufwand in der Betriebsphase realisierbar sind, kann zur Erhöhung des Komforts und des Einsparpotentials durch automatisierte und zentrale Einstellungen ein Mehrverbrauch von Energie für die Mess- und Regelungstechnik nicht vermieden werden. An dieser Stelle sei aber gleich darauf hingewiesen, dass die Elektroeffizienz der Regelungs- und Hausautomationstechnik längst noch nicht ausgeschöpft ist, konkrete Maßnahmen werden in diesem Kapitel genannt.

Die Recherche ergab, dass die meisten Erfahrungswerte und Einsparanalysen im Bereich der Gebäudeautomation zu finden sind. Dies ist darin begründet, dass die Energieeinsparpotentiale durch bedarfsoptimierte Einstellung der Anlagentechnik in Gebäuden jeder Größe nachhaltig nur durch Automation zu erschließen sind.

Je einfacher und verständlicher die Einstellung des gewünschten Behaglichkeitsparameters am Bedienelement gestaltet wird, desto höher sind die Anforderungen an die dahinter liegende Technik um die Einsparpotentiale zu realisieren. Diese Vorgehensweise erscheint sinnvoll, da die Technik von Spezialisten entwickelt und optimiert wird und

nicht jeder Nutzer zum Anlagenfachmann ausgebildet werden kann. Allerdings müssen die Bedieneinheiten dem Nutzer die Informationen widerspiegeln, die dieser benötigt, sich seinerseits energiebewusst zu verhalten.

Die Wirkmechanismen, gewünschter Nutzerparameter – Einstellung am Bedienelement – Anlagenverhalten, können für die Behaglichkeitsparameter Temperatur, Helligkeit, Luftqualität und Verschattung wie folgt beschrieben werden.

- Heizungs- und Kühlungssteuerung

Der Nutzer gibt lediglich die gewünschte Temperatur und Zeit ein, die in der betroffenen Zone für die gewünschte Dauer eingehalten werden soll.

Die Regelung stellt zeitlich und örtlich differenzierte Raumtemperaturen ein (Zeitprogramm, Präsenzsensoren), Fremdwärmeeinträge werden erkannt und genutzt. Während der Abwesenheit wird die Raumtemperatur auf einen Mindestwert abgesenkt.

Auch die Optimierung der raumweisen Aufheizzeitpunkte vor der Nutzungsphase und die Optimierung der Energieerzeugungsanlage in Abhängigkeit der tatsächlichen Bedarfsanforderung von angeschlossenen Abnehmern unter Berücksichtigung des bauphysikalischen Gebäudezustandes (Lastoptimierung) sowie die Abschaltung der Wärmezufuhr während der Fensterlüftung ist möglich.

Die Sonnenschutzautomatik fährt an heißen Sommertagen in ungenutzten Räumen den Sonnenschutz zur Vermeidung von Überhitzung und Reduzierung der Kühllasten aus. Freie Nachtlüftung wird ebenfalls zur Reduzierung der Kühllasten eingesetzt.

- Beleuchtungssteuerung

Der Nutzer stellt das für seine Tätigkeit erforderliche Helligkeitsniveau in dem jeweiligen Raum ein.

Die Konstantlichtregelung ist mit Sensoren zur Erfassung der Raumhelligkeit und Anwesenheit ausgestattet und ermöglicht durch dimmbare Beleuchtungsaktoren eine besonders effiziente Anpassung der künstlichen Beleuchtung an das geforderte Helligkeitsniveau.

Helligkeitsabhängiges Automatiklicht ermöglicht in Räumen ohne ausreichende Tageslichtversorgung das bedarfsgesteuerte Einschalten des Kunstlichts. Die Einsparung hängt von der Aufenthaltswahrscheinlichkeit in den Räumen ab. Die Sonnenautomatik verhindert Blendung durch direkte Sonneneinstrahlung bei gleichzeitiger Optimierung der Tageslichtversorgung.

Die Lammellennachführung kann den Zeitraum der Tageslichtnutzung verlängern und dadurch Beleuchtungsenergie einsparen.

- Lüftungssteuerung

Der Nutzer stellt die gewünschte Komfortstufe ein (maximale Raumluftfeuchtigkeit, CO₂-Konzentration). Die Lüftung ermittelt über Sensoren selbständig die tatsächliche Luftbelastung und den Luftwechsel.

Die Regelung des hygienisch erforderlichen Luftaustausches unter Einbeziehung der Wärmeabgabe der Heizkörper minimiert den Energieverbrauch für Heizung und Lüftung. Bauschäden werden durch Einhaltung der Schadstoff- und Feuchtigkeitsgrenzwerte vermieden.

Auch trotz ständig geschlossener Fenster ist ausreichend Frischluft vorhanden.

Der Lärmschutz im innerstädtischen Bereich wird gewährleistet.

Zu den eben beschriebenen Maßnahmen im Bereich der Heizung, Kühlung, Beleuchtung und Lüftung wurden von im Folgenden aufgelisteten Stellen ähnliche Einsparpotentiale ermittelt.

Eine Studie LonMark Deutschland e.V. [LonMark] kommt zu folgenden Einsparpotentialen:

RA-Funktion	Einsparung	Positive Einflussfaktoren
Zeitprogramm für Betriebsarten	5-10%	⇒ Lange Betriebszeit der Heizung ⇒ Geringe Gebäudemasse
Präsenzsuschaltung	5-10%	⇒ Längere Abwesenheit während der Betriebszeit der Heizung
Fensterüberwachung	5-10%	⇒ Geringe Gebäudemasse
Freie Nachtkühlung	k.A.	⇒ Zirkulation der Außenluft muss möglich sein
Sommerkomponenten	k.A.	⇒ für alle Kühlsysteme möglich
Lastoptimierung	k.A.	⇒ für alle Heiz- und Kühlsysteme
Thermoautomatik des Sonnenschutzes	5%	⇒ gute Tageslichtversorgung ⇒ außenliegender Sonnenschutz
Zeitprogramm für Sonnenschutz	k.A.	⇒ verringerte Auskühlung in den Nachtstunden
Konstantlichtregelung (präsenzabhängig, gedimmt)	35-50%	⇒ gute Tageslichtversorgung ⇒ hohe Beleuchtungsstärke (>300lx) ⇒ besonders effizient mit Lamellennachführung (s.u.)
Automatiklicht (präsenz/ helligkeitsabh., geschaltet)	25-45%	⇒ gute Tageslichtversorgung ⇒ hohe Beleuchtungsstärke
Sonnenautomatik	5-8%	⇒ gute Tageslichtversorgung
Lamellennachführung	10-13%	⇒ gute Tageslichtversorgung ⇒ besonders effizient mit KLAR (s.o.)
Automatiklicht bzw. Treppenlicht	k.A.	⇒ geringe Anwesenheit (z.B. Flure)

Abb. 2.36 Einsparpotential nach Kategorien

Die Ergebnisse wurden von Prof. Dr. Becker am Institut für Gebäude- und Energiesysteme der Hochschule Biberach ermittelt. Ausgangsbasis war die Norm DIN V 18599 und der Vergleich des Referenzgebäudes mit einem „Best-Case“-Gebäude. Für Funktionen, deren Wirkung noch nicht durch die Norm beschrieben wurde, wurden Angaben nach der prEN15232 bzw. weiterer Studien herangezogen.

In einer Studie zum 14. Schweizer Status-Seminar < Energie- und Umweltforschung im Bauwesen > mit dem „Titel Intelligenz für Zuhause: Das Energiesparpotential innovativer Hausautomationssysteme“ kommt die Schweizer Adhoco AG [Adhoco] ebenfalls auf ein Einsparpotential von etwa 25% der thermischen Energie und 30%-60% des Energiebedarfs für Beleuchtung durch deren bedarfsgerechten Einsatz.

Nach einem Bericht im Magazin TGA Fachplaner [TGA 9/07] konnte am realen Objekt ebenfalls durch Optimierung der Regelparameter der Energieverbrauch für Heizung um 25% gesenkt werden. Die Firma Techem Energie Services GmbH [Techem] erzielt allein mit ihrem ecotech System zur dynamischen Anpassung der Vorlauftemperatur durchschnittlich eine Energieeinsparung von 10%.

Aufgrund der übereinstimmenden Erfahrungswerte aus der Praxis kann von einem Einsparpotential durch Anlagenoptimierung und bedarfsgerechten Energieeinsatz für thermische Energie von 25% und für die Beleuchtung von bis zu 60% ausgegangen werden. Das Einsparpotential bei der Klimatechnik, Lüftung und Kühlung beziffert [LonMark] mit 40%, was angesichts der immer noch rudimentären und oftmals überdimensionierten Lüftungsanlagen als realistisch erscheint.

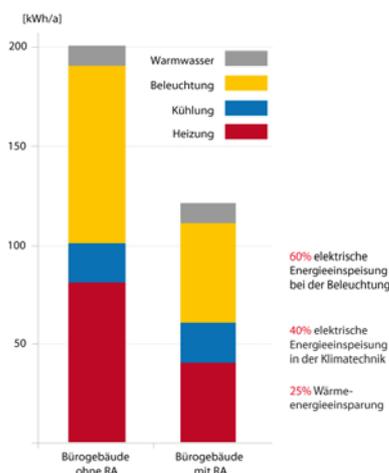


Abb. 2.37 Einsparpotentiale durch Automation
 Quelle: [LonMark]

Erkenntnisse zum Eigenverbrauch von Hausautomationssystemen liefern Studien aus der Schweiz, die im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Energie entstanden sind. In den Abschlussberichten wurden 2002 das FutureLife-Haus [FLH] und 2005 das Smarthome [SH] beschrieben. Die Gebäude wurden mit Bussystemen und vielen technischen Komponenten zur Komforterhöhung ausgestattet. Im FutureLife-Haus wurde sogar eine unterbrechungsfreie Stromversorgung installiert. Mit dieser Ausstattung lag der Stromverbrauch um das 2- bis 3-fache über dem eines konventionellen Hauses. Dies darf natürlich nicht der Effekt eines intelligenten Hauses und intuitiver Bedienung sein. Der Autor des Abschlussberichts zum FutureLife-Haus weist auch in der Einleitung des Berichts darauf hin, dass mit relativ einfachen Mitteln der Verbrauch um 95% gesenkt werden

kann. Die Entwicklung der Komponenten zur Hausautomation richtete sich bisher wohl mehr auf Effektivität als auf Effizienz, was sich bei der Entwicklung zukünftiger Komponenten ändern muss.

Wie oben beschrieben sind zentrale Bedienelemente für komfortable Bedarfssteuerungen notwendig und somit auch Aktoren, die oftmals mit elektrischer Energie versorgt werden. Obwohl die technische Realisierung entsprechender Komponenten nicht Gegenstand dieses Forschungsprojekts ist, werden hier trotzdem einige Ansatzpunkte zur Reduzierung der Betriebsenergie genannt:

- Sensoren (Analog-) messen nur 1-mal pro Minute
- Aktoren werden nur zum Verstellen eingeschaltet, kein Dauerhalt
- Anzeigen werden nur bei Bedarf eingeschaltet/beleuchtet
- Datenaustausch findet nur zeitweise statt
- Rechner sind lüfterlos
- Speichermedien haben keine beweglichen Teile

2.2.2 Optimierungspotential durch Nutzerschulung / Nutzerbeeinflussung

Erfahrungen und Resultate im Bereich des energie- und verbrauchsbewussten Nutzerverhaltens können aus dem seit 1994 an Deutschen Schulen praktizierten Fifty-Fifty-Model [FFM] gezogen werden. Dieses Model startete in Hamburg und basiert darauf, dass die eingesparten Kosten durch Reduzierung des Verbrauchs von Wärme, Strom, Wasser und Müll zur Hälfte dem Gebäudeträger und zur Hälfte der Schule zugute kommen. Allein durch bewussten Umgang mit Wärme und Strom konnten so jährlich an knapp 42.000 Schulen ca. 200 Millionen Euro eingespart werden. Die im Folgenden aufgeführten detaillierten Ergebnisse können in einer Studie zum Thema „Einsparprojekte an Schulen“ des Instituts „Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU) e.V.“ nachgelesen werden.

Wie der Erfolg des Modells zeigt, ist das Einsparpotential durch Änderung des Nutzerverhaltens enorm. Da die genannten Werte statistische Größen sind, kann im Einzelfall das Einsparpotential geringer sein, in anderen Fällen aber umso größer. Voraussetzung ist, dass der Nutzer motiviert ist und über die notwendigen Kenntnisse zur Anpassung seines Verhaltens verfügt. Die Motivation können Idealismus oder finanzielle Anreize sein. Innovative Bedienelemente sollten die Bedienung unterstützen und die notwendigen Informationen und Hinweise zum Energiesparverhalten geben.

Einsparmöglichkeiten durch Nutzerverhalten gibt es auch in Wohneinheiten, wie die Grafik (Abb. 2.46) zeigt. Die Bandbreite des tatsächlichen Energieverbrauchs liegt bei +/-50% des berechneten Energiebedarfs. Beim erwarteten Energieverbrauch werden meist Standardrandbedingungen zur Berechnung zugrunde gelegt, während die tatsächliche Nutzung davon zum Teil erheblich abweicht. Das realisierbare Einsparpotential kann erst nach weiteren Datenerhebungen beziffert werden. Der prozentuale Nutzereinfluss auf den Gesamtenergieverbrauch steigt jedoch mit der Reduzierung der Energieverluste über die Gebäudehülle und der Anlagentechnik.

Umweltmedium	Jährliche Gesamteinsparungen	Anzahl Schulen	Durchschnittliche Einsparung
Wasser	129.784 m ³	621	209 m ³
Abfall	5.567.343 t	216	26 t
Strom	5.092.510 kWh	713	7.142 kWh
Wärme	29.819.314 kWh	713	41.822 kWh
CO ₂	8.018 t	333	24 t
€	5.099.408 €	1166	4.373 €

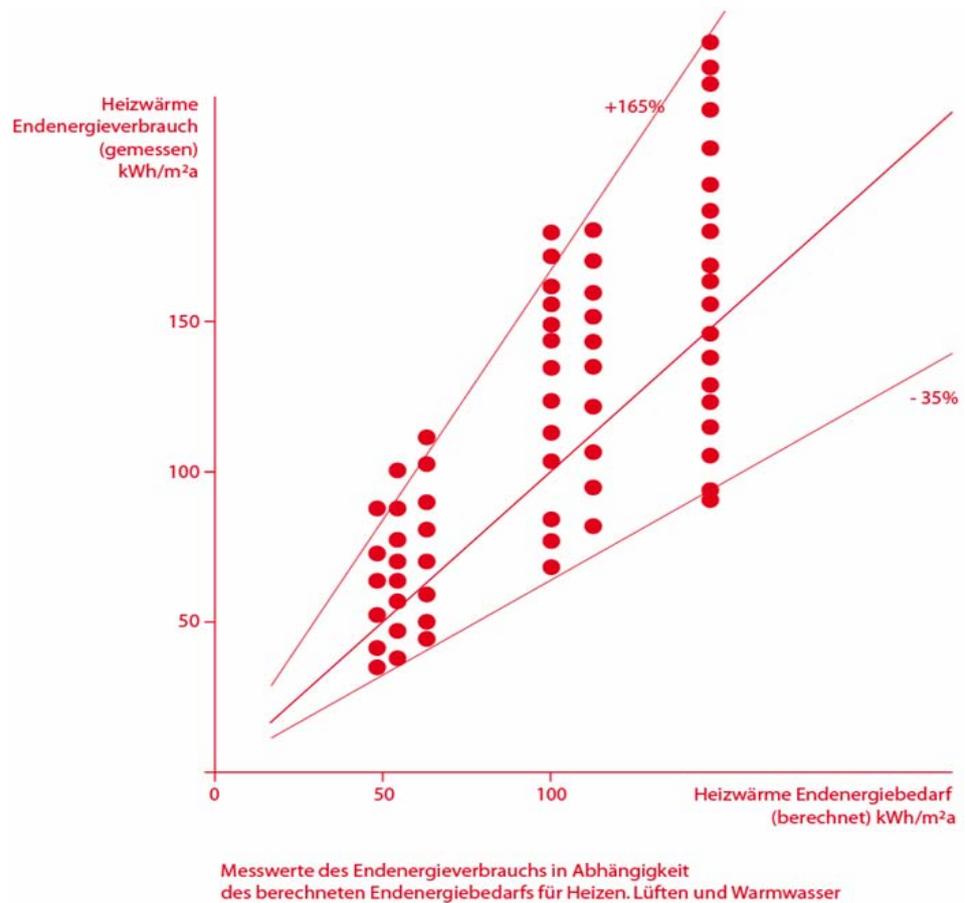


Abb. 2.38 Nutzereinfluss

Weitere Aufschlüsse über Energieeinsparpotentiale durch energiebewusstes Nutzerverhalten gibt die Firma energie impuls [ei] aus Hannover auf ihrer Homepage. Unter dem geschützten Begriff Energie Coaching bietet die Firma Schulungen für Nutzer von Gebäuden an, mit dem Ziel, die Nutzer über die Funktionsweise der Anlagentechnik zu informieren und daraus Empfehlungen für energiesparendes Verhalten abzuleiten. Durch diese Maßnahmen konnten die in der folgenden Tabelle angegebenen Einsparungen in der Praxis realisiert werden.

Projekte	Einsparung			
	Strom		Heizung	
	durchschn.	max.	durchschn.	max.
Hannover: 4 Ministerien	9,6%	14,1%	12,7%	26,8%
Springe: 6 Schulen	18,8%	29,9%	19,1%	26,6%
Passau: 10 Schulen	9,2%	13,5%	9,7%	20,8%
Senioren pension: H.Kepler	8,9%		17,7%	

Abb. 2.39 Einsparungen in der Praxis

Die Einsparungen konnten unter anderem durch folgende Maßnahmen erreicht werden.

Strom

- Der/Die Letzte macht das Licht aus
- Gezielte Nutzung der Beleuchtung
- Reinigungskräfte anweisen, nach Reinigung Beleuchtung auszuschalten
- Beleuchtung messen und ggf. reduzieren
- Schalter kennzeichnen
- Ungenutzte elektrische Geräte abstellen
- Zeitschaltuhren installieren
- Stand-by Verbrauch reduzieren
- Drucker und Kopierer erst bei "Erstgebrauch" einschalten
- Monitor bei Abwesenheit ausschalten
- Kühlschränke enteisen, Temperatureinstellung prüfen

Lüften / Fenster

- Stoßlüften umsetzen
- Entwicklung optimaler Lüftungsstrategien (energiesparend und im Alltag pragmatisch durchzuführen)
- In Räumen mit mehreren Lüftungsanlagen: Bedienung war unbekannt, Einweisung durch Fachpersonal
- Fenster und Türen abdichten

Heizung

- Thermostatventile richtig bedienen
- Heizungsregelung mit der Raumnutzung abstimmen
- Verbrauchsdaten und Einsparerfolge sichtbar machen
- Raumnutzungen koordinieren

Wasser

- tropfende Wasserhähne reparieren
- Sparperlatoren einbauen

Energiemanagement

- Einrichtung einer Energiegruppe
- Entwicklung von Plakaten, Aufklebern, Ausstellungen

Zur Realisierung der durch das Nutzerverhalten möglichen Energieeinsparpotentiale sind die Bedienelemente so zu gestalten, dass die Umsetzung der oben genannten Maßnahmen unterstützt wird.

3. Lösungsansätze

Drei wesentliche Anforderungen an Bedienelemente können im Rahmen der vorliegenden Arbeit formuliert werden:

- Vereinheitlichung

Die Recherche zeigt die notwendige Vereinheitlichung der minimalen Grundfunktionen, um die Standard-Behaglichkeitsparameter (Raumtemperatur, Helligkeit und Raumluftqualität) einstellen zu können. Diese sind Steuerungsmöglichkeiten, die sowohl Kinder wie ältere Personen vornehmen werden. Die Vereinheitlichung soll möglichst die Bereiche Symbolik, Art der Steuerung, Art der Anzeige, Art der Rückmeldung sowie die räumliche Positionierung der Steuerelemente beinhalten.

- Bedarfsorientierter Energieeinsatz

Die neue Generation von Bedienelementen muss es dem Nutzer auf komfortable Weise ermöglichen, Energie zur Sicherstellung der Behaglichkeit in Räumen bedarfsorientiert einzusetzen. Eine reine Zeitabhängigkeit in der Steuerung ist zu unflexibel, da sie nicht auf veränderte Nutzerbedingungen reagiert. Besser ist eine Steuerung in Abhängigkeit von zum Beispiel der Anwesenheit oder von gemessenen Zustandswerten.

- Bezug zwischen Nutzeraktion und Energieverbrauch

Für den Nutzer muss wieder, wie beim Holzofen, der zeitliche und örtliche Bezug zum Energieverbrauch hergestellt werden. Neben der Begrenzung des Verschwendungspotentials wird die Anzeige des Energieverbrauchs eine Hauptanforderung an neu zu gestaltende Bedienelemente darstellen.

3.1 Ergonomische Anforderungen

Die Ergonomie liefert allgemeine Hinweise für die gebrauchstaugliche und benutzerfreundliche Gestaltung von Bedienelementen. Einen Maßstab für die ergonomische Gestaltung bilden die Normen der Reihe ISO 9241 „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion“, die in den Jahren 1996 bis 1999 verabschiedet und anschließend sowohl als europäische- als auch als DIN-Normen übernommen worden sind. In Teil 110 „Grundsätze der Dialoggestaltung“ werden folgende Qualitätskriterien definiert, aus denen sich Gestaltungsrichtlinien für die Bedienelemente ergeben:

- Aufgabenangemessenheit

Die Funktionalität muss für die Aufgabenerfüllung geeignet und mit wenigen Interaktionen möglich sein. Konkret heißt das, der Nutzer möchte ein bestimmtes Raumklima erreichen und seine Zielwerte überprüfen.

Über das Bedienelement sind die oft komplexen Zusammenhänge und Daten auf der Anlagenseite zusammengefasst und vereinfacht, den kognitiven Fähigkeiten des Nutzers entsprechend dargestellt.

- Selbstbeschreibungsfähigkeit

Eine Bedieneinheit sollte sich dem Nutzer verständlich präsentieren, dies kann durch Hilfen und Rückmeldungen auf Eingaben erfolgen. Aufgrund der Verwendung von Piktogrammen können manchmal nicht geläufige Fachbegriffe in Anzeigen ersetzt werden.

- Steuerbarkeit

Die Steuerung des Dialogs sollte durch den Benutzer möglich sein, er sollte jederzeit über einen Weg zur Ausgangsposition verfügen. Bei notwendigen Reihenfolgen von Ein- bzw. Ausgaben sollte der Nutzer über ein Menü geführt werden.

- Erwartungskonformität

Ein- und Ausgaben sollten den Erwartungen des Nutzers entsprechen. Insbesondere ist auf Konsistenz zwischen gleichartigen Objekten zu achten und an das Benutzermodell anzupassen.

- Fehlertoleranz

Erkannte Fehler verhindern nicht das Benutzerziel, sondern

werden dem Nutzer möglichst unmittelbar angezeigt. Der Nutzer sollte beim Auffinden und der Korrektur von Fehlern nach Möglichkeit unterstützt werden.

- Individualisierbarkeit

Der Nutzer sollte die Gestaltung des Bedienelements individuell an seine Bedürfnisse und Ziele anpassen können.

- Lernförderlichkeit

Die Bedieneinheit sollte den Nutzer bei der Navigation wie beim Informationsaustausch anleiten und die Lernzeit minimieren.

Ergänzt wurden die sieben Grundsätze der Dialoggestaltung durch die Multimedienorm von 2003 DIN EN ISO 14915 Software-Ergonomie für Multimedia-Benutzungsschnittstellen Teil 1: „Gestaltungsgrundsätze und Rahmenbedingungen“ um vier weitere Grundprinzipien, die ebenfalls auf Bedienelemente mit programmierbaren Displays anwendbar sind:

- Eignung für kommunikatives Ziel

Die vom Bedienelement vermittelten Informationen entsprechen den vom Benutzer erwarteten. Es ist eindeutig um welche angezeigten Werte es sich handelt.

- Eignung für Wahrnehmung und Verständnis

Die Informationen werden leicht verständlich und korrekt vermittelt.

- Eignung für Informationsfindung

Informationen können ohne Fachkenntnis leicht interpretiert und eingeordnet werden. Mit Hilfe von Farbgestaltung wird angezeigt, ob Werte als gut oder kritisch zu bewerten sind.

- Eignung für Nutzerbeteiligung

Das Bedienelement soll zur Benutzung motivieren und die Aufmerksamkeit des Benutzers wecken. Der Nutzer soll wieder ein Bewusstsein für Energieströme entwickeln und den Nutzen seines energiesparenden Verhaltens erkennen.

Das Maß für Benutzerfreundlichkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit eines Produkts sind Effektivität (wird das Ziel erreicht), Effizienz (mit welchem Aufwand wird das Ziel erreicht) und Zufriedenheit (sind die Bedürfnisse des Nutzers befriedigt). Aus diesen Anforderungen lassen sich weitere

Gestaltungsrichtlinien ableiten. Einige sind hier beispielhaft erwähnt:

- Lesbarkeit

Der Farb- und Helligkeitskontrast zwischen Text oder Symbolen und Hintergrund sollte so groß sein, dass bei allen Lichtverhältnissen die Informationen gelesen bzw. erkannt werden können. Hintergründe sollten nicht ablenken, einfarbig sein oder nur dezente Muster haben. Die Anzeige muss bei heller Umgebung gut lesbar sein und die Oberfläche darf nicht spiegeln. Bei dunkler Umgebung darf eine helle Anzeige nicht blenden und muss eventuell abgedunkelt werden. Text sollte statisch sein, Hervorhebungen sind sparsam zu verwenden und die Schriftgröße sollte nicht kleiner als 12pt sein.

- Gestaltung

Durch einen klaren Aufbau und einfache Bedienung sollen die Displays so zugänglich wie möglich gemacht werden und dem Nutzer möglichst schnell die gewünschten Informationen vermitteln. Hierarchien sind eindeutig darzustellen, Informationen sinnvoll zu gruppieren. Inhalte und Bezüge lassen sich oft durch Piktogramme sprachunabhängig und anschaulich darstellen.

- Aufmerksamkeit

Die Aufmerksamkeit des Nutzers lässt sich durch intensive Farben und starken Kontrast gewinnen. Scharfe Konturen erleichtern das Erkennen der Symbole und Wörter.

- Konventionen

Es bestehen bestimmte gestalterische Konventionen, die immer wiederkehren und deshalb vom Nutzer vermutet bzw. vorausgesetzt werden. In westlichen Kulturen wird ein Textfluss von links nach rechts erwartet. Objekte haben Bedeutung entsprechend ihrer Größe. Oben auf der Seite steht das Wichtigste.

3.2 Gestaltungsrichtlinien

Aus der Analyse existierender Bedienelemente für Gebäudetechnik sowie fachfremder Geräte werden unter Berücksichtigung allgemeiner, aber auch für die Gebäudenutzung spezifischer Anforderungen die untenstehenden Gestaltungsrichtlinien formuliert.

- Alle Energieverbraucher (Heizung, Kühlung, Licht, Ventilator zur Lüftung und Strom) des Gesamtsystems (Gebäude, Wohneinheit, Nutzereinheit) müssen mit einem Bedienelement zentral abschaltbar sein.
- Alle Verbraucher (Heizung, Kühlung, Licht, Ventilator zur Lüftung und Strom) der Untereinheiten (einzelne Räume, Zonen gleicher Nutzung) müssen jeweils mit einem Bedienelement zentral abschaltbar sein.
- Wird das Gesamtsystem zentral abgeschaltet, müssen die Untereinheiten einige Minuten beleuchtet sein bzw. noch kurz aktiv bleiben und ein Signal geben, dass sie demnächst abschalten.
- Ist das Gesamtsystem abgeschaltet, kann es durch jede Untereinheit wieder eingeschaltet werden.
- Das Einschalten der Energieverbraucher ist nicht zentral und immer nur in der jeweiligen Untereinheit möglich.
- Das Bedienelement ist immer am Eingang neben der Tür anstelle des Lichtschalters angebracht. Es muss die Funktion des Lichtschalters beinhalten.
- Alle Bedienelemente haben das gleiche Erscheinungsbild.
- Das Bedienelement benötigt die Schaltzustände „Anwesend“, „Abwesend“ und „Aus“.
- Der aktuelle Schaltzustand muss angezeigt werden.
- Beim Zustand „Anwesend“ können alle Energieverbraucher aktiviert werden, um die Sollwerte zu erreichen.
- Beim Zustand „Abwesend“ kann von den Sollwerten in gewissen Grenzen abgewichen werden.
- Beim Zustand „Aus“ werden alle Energieverbraucher abgeschaltet.
- Die Zustände „Abwesend“ und „Aus“ müssen automatisch (Anwesenheitserkennung des Nutzers) nach bestimmten Zeiten aktiviert werden.
- Die wichtigsten Behaglichkeitsparameter: Temperatur, Licht und Luftqualität müssen am Bedienelement ge-

trennt einstellbar sein.

- Die Soll- und Ist-Werte der jeweiligen Behaglichkeitsgrößen müssen im Bezug zueinander dargestellt werden.
- Die Zeitspanne bis zum Erreichen des Sollwertes muss angezeigt werden.
- Energieverbrauch muss dem Nutzer angezeigt werden.
- Übermäßige Energieverbräuche müssen in 2 Stufen angezeigt werden. (hoher / überhöhter Verbrauch)
- Eine energiesparende Einstellung muss angezeigt werden.
- Energetisch sich widersprechende Einstellungen müssen angezeigt und evtl. verhindert werden.
- Piktogramme sind einer Beschriftung vorzuziehen.

3.3 Erläuterung Gestaltungsrichtlinien

Im Folgenden werden die einzelnen Gestaltungsrichtlinien und deren wesentliche Punkte im Detail erklärt, Energieeinspareffekte beschrieben sowie deren Behaglichkeits- und Komfortgewinn genannt:

- Alle Energieverbraucher (Heizung, Kühlung, Licht, Ventilator zur Lüftung und Strom) des Gesamtsystems (Gebäude, Wohneinheit, Nutzereinheit) müssen mit einem Bedienelement zentral abschaltbar sein.

Energieverbraucher werden vom Nutzer angeschlossen und eingeschaltet. Damit wird ein Energieverschwendungspotential minimiert, denn der Nutzer verlässt das Gebäude bzw. den Raum und der Verbraucher gerät in Vergessenheit und verbraucht Energie ohne jeglichen Nutzen für den Nutzer zu erzeugen. Schlimmstenfalls können von unbeabsichtigten Verbrauchern auch Gefahren für Mensch und Gebäude ausgehen. Als Beispiel für das Gefahrenpotential seien eingeschaltete Bügeleisen und Herde genannt sowie implodierende Fernseher, die Brände verursacht haben.

Mit dieser Forderung werden sowohl „heimliche“ Verbraucher vom Netz genommen, als auch haustechnische Anlagen bei Nicht-Bedarf wegen Abwesenheit abgeschaltet bzw. auf Sparschaltung zurückgesetzt.

- Alle Energieverbraucher (Heizung, Kühlung, Licht, Ventilator zur Lüftung und Strom) der Untereinheiten (einzelne Räume, Zonen gleicher Nutzung) müssen jeweils mit

einem Bedienelement zentral abschaltbar sein.

Eventuell werden nicht alle Bereiche eines Gebäudes zeitlich gleichermaßen genutzt, daher sollte die Abschaltung der Verbraucher auch raumweise bzw. zonenweise möglich sein. Dabei können Räume, deren Nutzung der Art und Zeit nach identisch ist, zu (Nutzungs- / Regel-) Zonen zusammengefasst werden. Die raum- und zonenweise Bedienung erfolgt in derselben Weise wie die Abschaltfunktion für das gesamte Gebäude.

- Wird das Gesamtsystem zentral abgeschaltet, müssen die Untereinheiten einige Minuten beleuchtet sein bzw. noch kurz aktiv bleiben und ein Signal geben, dass sie demnächst abschalten.

Personen, die sich bei der zentralen Abschaltung noch im Gebäude befinden, müssen erkennen, dass eine Abschaltung bevorsteht. An jeder dezentralen Bedieneinheit kann der zugeordnete Bereich wieder aktiviert werden, so kann ein versehentliches zentrales Abschalten für diese Zone verhindert werden.

- Ist das Gesamtsystem abgeschaltet, kann es durch jede Untereinheit wieder eingeschaltet werden.

Ist das Gesamtsystem zentral abgeschaltet, können noch im Gebäude befindende Personen das System wieder aktivieren. An Seiteneingängen wie z.B. Gartentüren kann das System aktiviert werden. Dabei werden aber nur die entsprechende Zone und die notwendigen zentralen Bereiche aktiviert. Die restlichen Gebäudebereiche bleiben im abgeschalteten Zustand.

- Das Bedienelement ist immer am Eingang neben der Tür anstelle des Lichtschalters angebracht. Es muss die Funktion des Lichtschalters beinhalten.

Die Bedieneinheit muss unmittelbar beim Betreten des Gebäudes, des Raumes oder der Zone erreichbar sein. Daher bietet sich die Platzierung anstelle des Lichtschalters an. Dies ist auch sinnvoll, da das Bedienelement die Funktion des Lichtschalters beinhalten soll und beim Betreten des Raumes das Licht bei Bedarf eingeschaltet werden muss.

- Das Einschalten der Energieverbraucher ist nicht zentral und immer nur in der jeweiligen Untereinheit möglich.

Wie oben beschrieben, werden bei Abwesenheit über die Zentraleinheit ebenfalls alle untergeordneten Einheiten abgeschaltet. Das Einschalten kann dagegen nur dezentral in

den untergeordneten Einheiten über deren jeweiligen Bedienelemente erfolgen. Somit wird ein unbeabsichtigtes Einschalten der Verbraucher in Räumen ohne Bedarf verhindert. Der Nutzer muss also bewusst aktiv werden um Energieverbraucher einzuschalten.

- Alle Bedienelemente haben das gleiche Erscheinungsbild.

Damit auch eventuell komplexere Bedienvorgänge sicher vom Nutzer ausgeführt werden können, müssen alle Bedienelemente dasselbe Erscheinungsbild und dieselbe Funktionalität aufweisen.

- Das Bedienelement benötigt die Schaltzustände „Anwesend“, „Abwesend“ und „Aus“.

Über die Bedienelemente werden dem Nutzer lediglich drei einfach zu verstehende Schaltzustände angeboten. Im Zustand „Anwesend“ werden die Verbraucher gemäß den Behaglichkeitskriterien in eine vorgegebene Grundeinstellung versetzt. Im Zustand „Abwesend“ werden alle entbehrlichen Energieverbraucher, wie zum Beispiel Standby-Geräte, Licht, TV/Radio/Sat etc. abgeschaltet und die restlichen, zum Beispiel Heizung, Lüftung, etc. soweit wie möglich reduziert. Im Zustand „Aus“ werden fast alle Verbraucher abgeschaltet, nur die Anlagen zur Vermeidung von Schäden am Gebäude bleiben auf definiert niedrigem Verbrauchsniveau in Betrieb.

- Der aktuelle Schaltzustand muss angezeigt werden.

Der Nutzer muss sofort am Bedienelement den Schaltzustand erkennen. Damit lassen sich ungewünschte Fehleinstellungen vermeiden und ungewollter Energieverbrauch abschalten.

- Beim Zustand „Anwesend“ können alle Verbraucher aktiviert werden um die Sollwerte zu erreichen.

Nur im Schaltzustand „Anwesend“ kann der Nutzer die möglichen Einstellungen zur Erlangung der gewünschten Behaglichkeit vornehmen. Daraus können sich auch energetisch ungünstige Zustände ergeben.

- Beim Zustand „Abwesend“ kann von den Sollwerten in gewissen Grenzen abgewichen werden.

Die Einstellmöglichkeiten im Zustand „Abwesend“ lassen sich nur in bestimmten Grenzen verändern und schränken somit das Energieverbrauchspotential ein. Zum Beispiel wird die Heizung und Lüftungsanlage auf eine Grundlast definiert.

- Beim Zustand „Aus“ werden alle Verbraucher abgeschaltet.

Im Zustand „Aus“ werden weitgehend alle Verbraucher abgeschaltet. Lediglich die notwendigen Anlagen zur Sicherung des Gebäudes bleiben auf „niedrigster“ Stufe in Betrieb. Der Energieverbrauch in dieser definiert niedrigen Betriebsstufe muss weitgehend Null sein.

- Die Zustände „Abwesend“ und „Aus“ müssen automatisch (Anwesenheitserkennung des Nutzers) nach bestimmten Zeiten aktiviert werden.

Um unnötigen und nutzlosen Energieverbrauch zu vermeiden müssen die energiesparenden und sicheren Zustände „Abwesenheit“ und „Aus“ nach bestimmten Zeiten automatisch aktiviert werden, da der Nutzer oftmals das Abschalten von Energieverbrauchern vergisst. Zur Erhöhung des Bedienerkomforts kann die Anwesenheitserkennung automatisch durch Sensoren erfolgen.

Mit dem letzten Wechsel in den Zustand „Anwesend“, bzw. der letzten Anwesenheitserkennung beginnt der „count down“ für den Wechsel zuerst in den Zustand „Abwesend“ und dann in den Zustand „Aus“.

- Die wichtigsten Behaglichkeitsparameter: Temperatur, Licht und Luftqualität müssen am Bedienelement getrennt einstellbar sein.

Die am Bedienelement möglichen Einstellparameter orientieren sich an Größen zur Beurteilung der Behaglichkeit. Daraus ergeben sich als mindestens geforderte einstellbare Werte die Temperatur, das Licht / Helligkeit und die Luftqualität. Weitere Größen sind vorstellbar, sollen aber aus Gründen der Übersichtlichkeit nur sparsam angeboten werden. Ferner ist darauf zu achten, dass ein und derselbe Behaglichkeitsparameter nicht durch unterschiedliche Einstellwerte geregelt wird.

- Die Soll- und Ist- Werte der jeweiligen Behaglichkeitsgrößen müssen im Bezug zueinander dargestellt werden.

Um den Nutzer vor Fehleinstellungen zu bewahren, sind dem Nutzer die aktuell eingestellten Sollwerte und eventuell davon abweichende Ist- Werte in Bezug zueinander darzustellen. Damit werden Fehlbedienungen aufgrund von Zeitverzögerungen in Anlagensystemen vermieden.

- Die Zeitspanne bis zum Erreichen des Sollwertes muss

angezeigt werden.

Zur besseren Orientierung und Erhöhung der Nutzerakzeptanz muss dem Nutzer angezeigt werden, wie lange es noch voraussichtlich dauern wird, bis der gewünschte Sollwert erreicht wird.

- Energieverbrauch muss dem Nutzer angezeigt werden.

Damit der Nutzer wieder einen Bezug zwischen den von ihm eingestellten Soll- Werten zur Erreichung der gewünschten Behaglichkeit und dem damit verbundenen Energieverbrauch bekommt, ist dem Nutzer der Energieverbrauch darzustellen, der durch Einstellungen bedingt wird. Damit die Anzeige des Energieverbrauchs für möglichst viele unterschiedliche Nutzer verständlich bleibt, ist folgende Richtlinie einzuhalten:

- Übermäßige Energieverbräuche müssen in 2 Stufen angezeigt werden (hoher / überhöhter Verbrauch).

Der sich durch die gewählten Einstellungen ergebende Verbrauch ist in Bezug zu dem niedrigst möglichen Verbrauch bezogen auf durchschnittliche Behaglichkeitswerte darzustellen. Dabei soll in 2 Stufen zwischen einem erhöhten und einem stark erhöhtem Verbrauch unterschieden werden.

- Eine energiesparende Einstellung muss angezeigt werden.

Die jeweils energiesparendste Einstellung bei gleichzeitiger Einhaltung von voreingestellten Behaglichkeitswerten ist dem Nutzer anzuzeigen. Damit bekommt der Nutzer die Möglichkeit, diese Einstellungen auf einfache Weise zu übernehmen.

- Energetisch sich widersprechende Einstellungen müssen angezeigt und evtl. verhindert werden.

Energetisch unsinnige Einstellungen, wie zum Beispiel der gleichzeitige Betrieb von Heizung und Kühlung oder Beleuchtung und Verschattung ist am Bedienelement anzuzeigen und möglichst bereits durch Voreinstellungen im Bedienelement zu verhindern.

- Piktogramme sind einer Beschriftung vorzuziehen.

Um eventuellen Sprachbarrieren vorzubeugen, ist eine Verwendung von Piktogrammen hilfreich.

4. Piktogrammgestaltung

Es wurde eine umfangreiche Symbolanalyse für Anlagentechnik und deren Funktionen durchgeführt. Hier sind die Ergebnisse zusammengestellt, die auf alle Bedieneinheiten gebäudetechnischer Anlagen anwendbar sind.

Zur Verwendung von Piktogrammen bei allgemeinen Bedienelementen wurden Untersuchungen hinsichtlich der Verständlichkeit durchgeführt.

4.1 Piktogrammgestaltung in Abhängigkeit unterschiedlicher Nutzergruppen

Um eine intuitive Bedienung für verschiedene Nutzergruppen zu gewährleisten, wurde eine Befragung unterschiedlicher Nutzergruppen durchgeführt. Ziel dieser Befragung war, Piktogramme zu ermitteln, die eindeutig den entsprechenden Parametern Licht, Temperatur, Lüftung, Jalousie etc. zuzuordnen sind. Der Fragebogen besteht aus 20 Fragen mit jeweils 16 bzw. 8 Piktogrammmöglichkeiten zur Auswahl. Die Gestaltung der Piktogramme orientierte sich dabei an den am Markt befindlichen Varianten. Zudem wurden Piktogramme erstellt, die nach Diskussion der Projektpartner als mögliche Varianten zur Verfügung stehen könnten.

Um eine statistische Absicherung zu bekommen, wurden 62 Personen unterschiedlichen Alters befragt. Hintergrund der Befragung war die Annahme, dass jüngere und ältere Personen unterschiedliche Piktogramme bevorzugen. Unterschiedlich gestaltete Piktogramme führen zu weniger Fehlbedienungen und demnach wird ein Energiespareffekt auftreten.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit konnten keine entsprechenden Untersuchungen in anderen Kulturkreisen als dem deutschen durchgeführt werden. Vor der Entwicklung und Vermarktung von Bedienelementen sollten zum Zwecke der angemessenen Verwendung von Piktogrammen entsprechende Untersuchungen in den jeweiligen Regionen durchgeführt werden.

Die Fragebögen zur durchgeführten Umfrage sind im Anhang abgebildet.

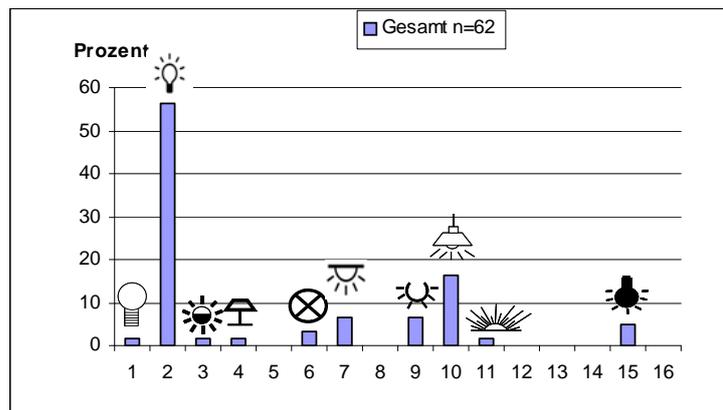


Abb. 4.1 Piktogrammdarstellung für die Steuerung von Licht für alle Befragten

Die Abbildungen 4.1 und 4.2 zeigen die grafische Darstellung der durchgeführten Umfrage für die Lichtsteuerung. Aus Abb.4.1 wird ersichtlich, dass die Mehrheit der Befragten sich für das zweite Piktogramm entschied. Abb.4.2 zeigt, dass die Auswahl des Piktogramms nicht vom Alter der Befragten abhängig ist. Mehr als die Hälfte der Befragten hat das zweite Piktogramm als bestes Piktogramm wahrgenommen. Die Differenz zwischen dem ersthäufigsten und dem zweithäufigsten Piktogramm ist eindeutig, so dass davon ausgegangen werden kann, dass diese Darstellung von allen Personengruppen gleich gut erkannt werden kann.

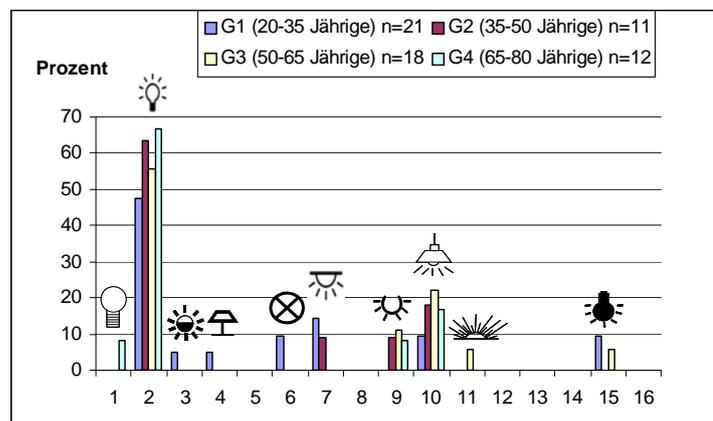
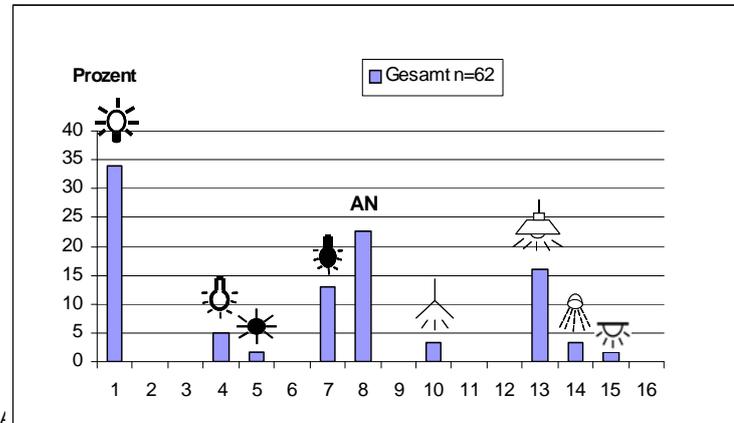
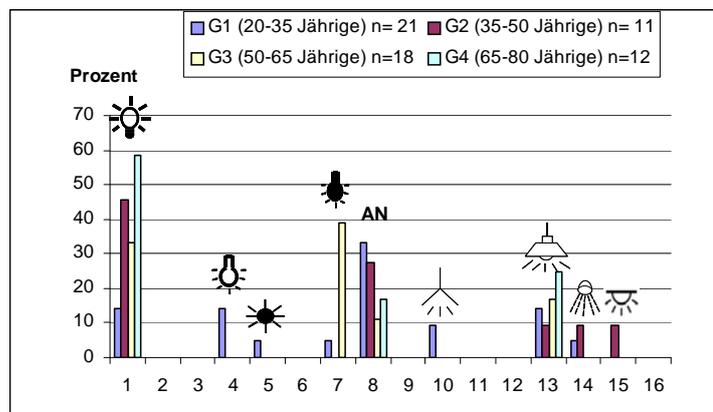


Abb. 4.2 Piktogrammdarstellung für die Steuerung von Licht nach Altersgruppen



Die Frage nach dem Piktogramm für den eingeschalteten Zustand des Lichts lässt keine eindeutige Zuordnung zu, auch wenn 34 % aller Befragten das erste Piktogramm bevorzugen würden (Abb.4.3). Dies zeigt sich in der Aufteilung nach Altersgruppen (Abb. 4.4), woraus ersichtlich wird, dass in der Gruppe der 25- bis 35-jährigen die schriftliche Form „AN“ von der Mehrheit der Befragten als Piktogramm bevorzugt wird. Von den 35- bis 50-jährigen sagen 46% das Piktogramm 1 und 23% das Piktogramm 8 stelle den eingeschalteten Zustand von Licht am besten dar. In der Gruppe 50- bis 65-jährigen wird sowohl Piktogramm 1 mit 32% als auch Piktogramm 7 mit ca. 40% bevorzugt. Besonders deutlich, mit 69%, sprechen sich die 65- bis 80-jährigen für Piktogramm 1 aus.



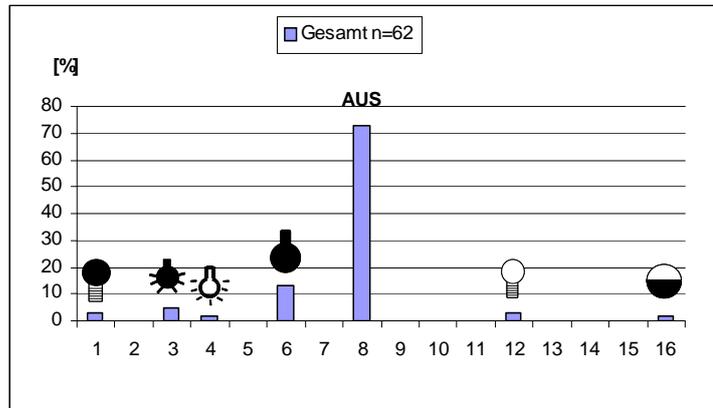


Abb. 4.5 Piktogrammdarstellung für den ausgeschalteten Zustand von Licht

Die Piktogrammdarstellung für den ausgeschalteten Zustand des Lichts beurteilen 70% der Befragten die schriftliche Darstellung „AUS“ als am geeignetsten (Abb. 4.5). Nur wenige der Befragten wählen andere Darstellungen aus. Dies verändert sich auch hinsichtlich der verschiedenen Altersgruppen nur geringfügig. Lediglich in der Gruppe der 20- bis 35-jährigen haben ca. 48% auch andere Piktogramme ausgewählt. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass Piktogramm 8 am besten für die Darstellung geeignet ist.

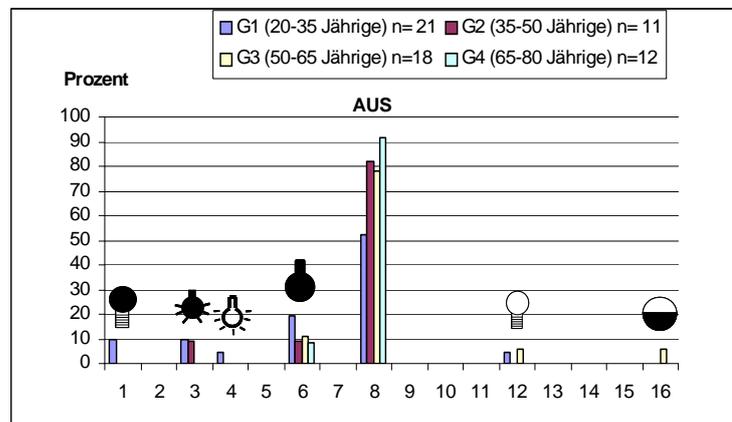


Abb. 4.6 Piktogrammdarstellung für den ausgeschalteten Zustand von Licht nach Altersgruppen

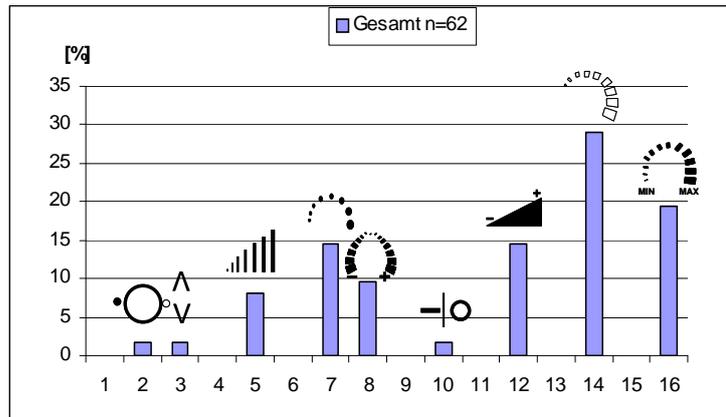


Abb. 4.7 Piktogrammdarstellung für die Regelungsmöglichkeit von Licht

Wie Abb. 4.7 zeigt, kann hinsichtlich der Regelungsmöglichkeit für Licht keine eindeutige Zuordnung, unter Betrachtung aller befragten Personen, vorgenommen werden. Lediglich Piktogramm 14 wird von fast 30% der Befragten ausgewählt. Hier ist eine Betrachtung nach Altersgruppen notwendig, denn wie Abb. 4.8 zeigt, kommt es in 3 Gruppen zu klaren Aussagen hinsichtlich der Piktogrammdarstellung. Bei der Gruppe der 35- bis 50-jährigen wird Piktogramm 16, bei der Gruppe der 50- bis 65-jährigen Piktogramm 14 und bei der Gruppe der 65- bis 80-jährigen Piktogramm 12 bevorzugt. Lediglich in der Gruppe der jüngeren ist keine eindeutige Zuordnung festzustellen. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 12, 14 und 16 verwendet.

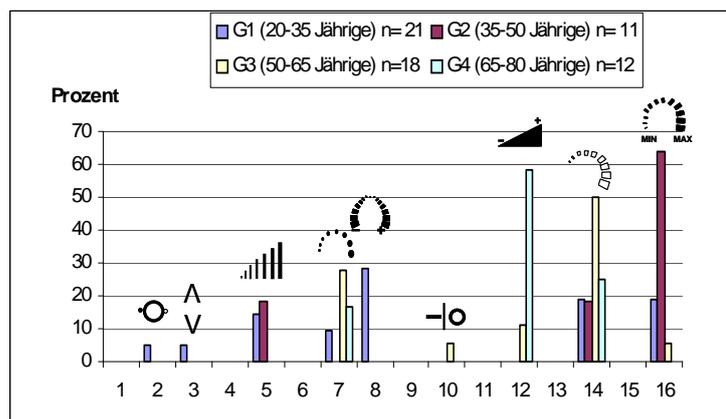


Abb. 4.8 Piktogrammdarstellung für Regelungsmöglichkeit von Licht nach Altersgruppen

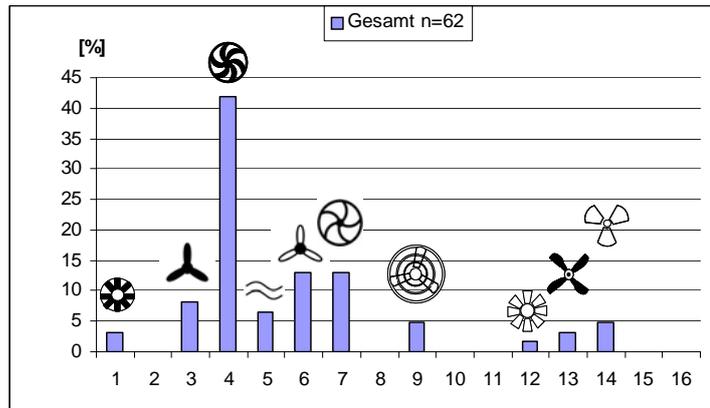


Abb. 4.9 Piktogrammdarstellung für Lüftung

Hinsichtlich der Piktogrammdarstellung für den Bereich Lüftung zeigt sich in Abb. 4.9 auf den ersten Blick eine Favorisierung für Piktogramm 4 mit 42% der Befragten. Allerdings ist die Bandbreite für die Piktogrammdarstellung mit zusätzlich 9 weiteren Varianten sehr groß. Betrachtet man die einzelnen Altersgruppen in Abb. 4.10, verschiebt sich das Bild doch erheblich. Besonders die Gruppe der 35- bis 50-jährigen hat sich mehrheitlich für Piktogramm 3 entschieden, während die Gruppen G3 und G4, also die älteren Teilnehmer Piktogramm 4 bevorzugen. In der Gruppe der 20- bis 35-jährigen haben sich nur knapp 39% für Piktogramm 4 entschieden. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 3 und 4 verwendet.

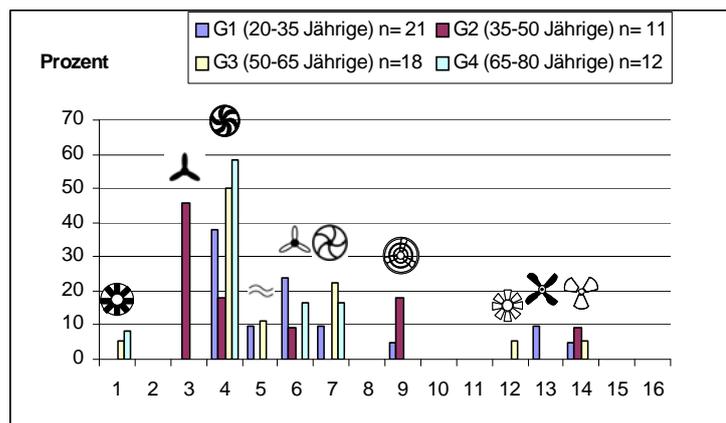


Abb. 4.10 Piktogrammdarstellung für Lüftung nach Altersklassen

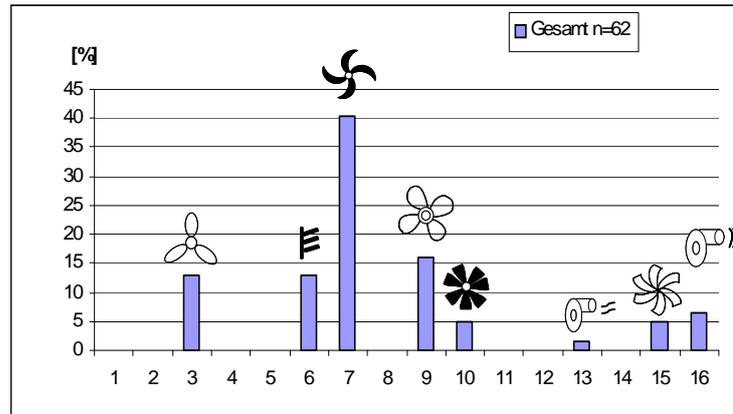


Abb. 4.11 Piktogrammdarstellung für den eingeschalteten Zustand der Lüftung

Aus Abb. 4.11 ist ersichtlich, dass Piktogramm 7 von 41% der Befragten als das geeignetste angesehen wird. Betrachtet man allerdings eine Aufteilung in die verschiedenen Altersgruppen verändert sich die Zuordnung erheblich (Abb. 4.12). So zeigt sich in der Gruppe der 35- bis 50-jährigen eine eindeutige Zuordnung zu Piktogramm 6 mit etwa 55%. Ähnlich hohe Werte zeigen noch die Gruppen G3 (50%) und G4 (59%) bei Piktogramm 7. Die Gruppe der jüngeren Befragten lässt keine klare Zuordnungen zu. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 6 und 7 verwendet.

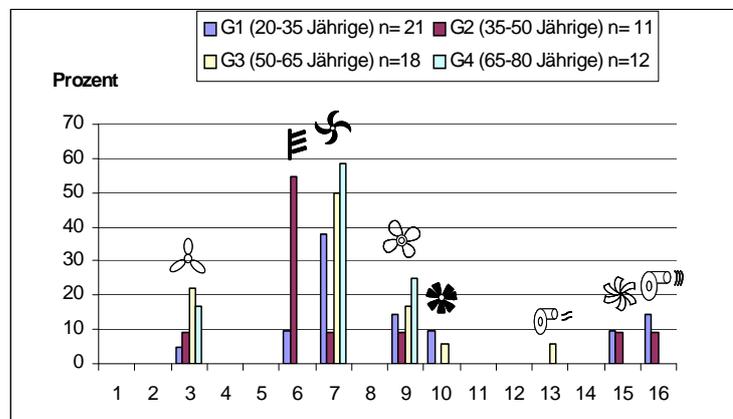


Abb. 4.12 Piktogrammdarstellung für den eingeschalteten Zustand der Lüftung nach Altersgruppen

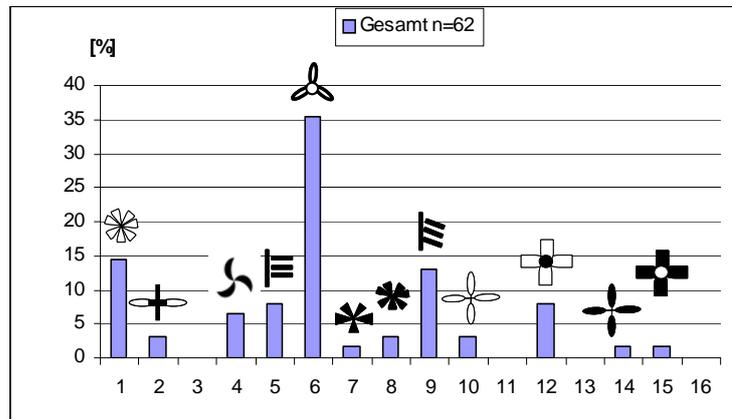


Abb. 4.13 Piktogrammdarstellung für den ausgeschalteten Zustand der Lüftung

Für den ausgeschalteten Zustand der Lüftung wird von 36% aller Befragten Piktogramm 6 bevorzugt (Abb. 4.13). Allerdings zeigt die Abbildung, dass mit 12 unterschiedlichen Piktogrammen eine sehr große Bandbreite vorhanden ist. Dies wird etwas deutlicher, wenn man sich die Aufteilung nach Altersgruppen betrachtet (Abb. 4.14). Hier wird ersichtlich, dass die Mehrheit der 35- bis 50-jährigen Piktogramm 9 und die Mehrheit der 50- bis 65-jährigen sowie der 65- bis 80-jährigen Piktogramm 6 als am geeignetsten ansehen. Keine eindeutige Zuordnung lässt sich bei der jüngeren Gruppe feststellen. Hier werden 10 Piktogramme von den Befragten ausgewählt. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 6 und 9 verwendet.

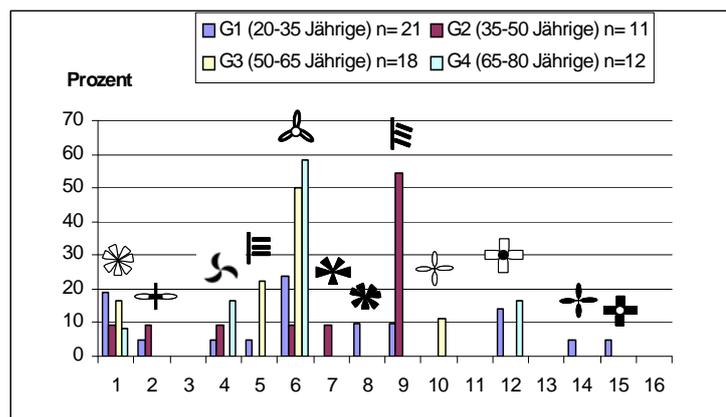


Abb. 4.14 Piktogrammdarstellung für den eingeschalteten Zustand der Lüftung nach Altersgruppen

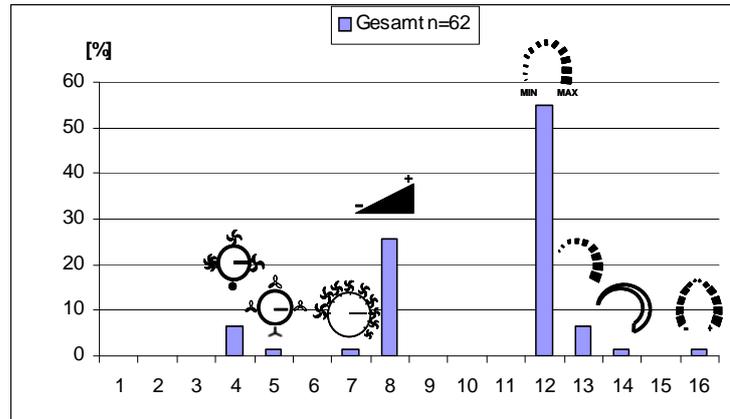


Abb. 4.15 Piktogrammdarstellung zur Regelung der Lüftung

Bezüglich der Lüftungsregelung sprechen sich ca. 55% der Befragten für Piktogramm 12 aus, weitere 26 % für Piktogramm 8 (Abb. 4.15). Die Aufteilung nach Altersgruppen zeigt, dass die Mehrheit aus der Gruppe der 65- bis 80-jährigen sich für Piktogramm 8 entschieden haben, die anderen drei Gruppen Piktogramm 12 vorziehen. 32% der älteren Befragten haben dieses Piktogramm ausgewählt, hier kann von einer Piktogrammdarstellung ausgegangen werden. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 8 und 12 verwendet.

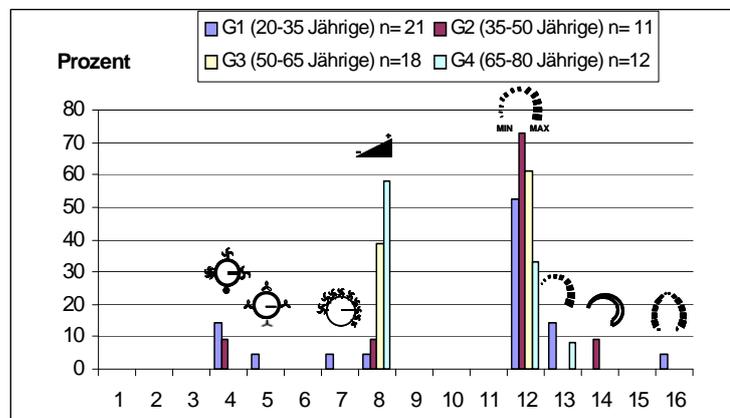


Abb. 4.16 Piktogrammdarstellung zur Regelung der Lüftung nach Altersgruppen

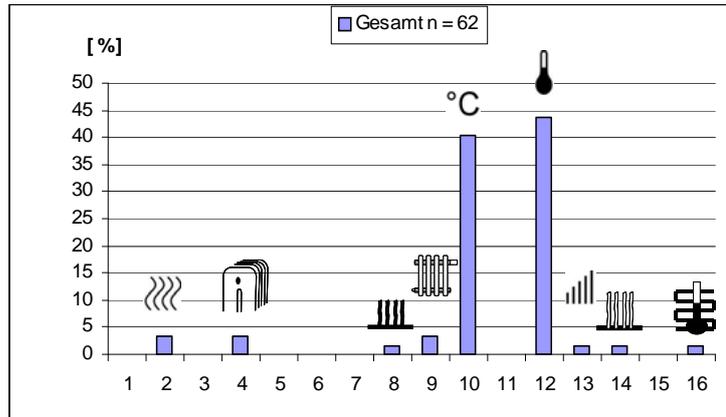


Abb. 4.17 Piktogrammdarstellung zur Temperaturregelung

Im Fall der Auswahl zur Temperaturregelung werden die Piktogramme 10 und 12 am häufigsten genannt (Abb. 4.17 und 4.18). Die Mehrzahl der 20- bis 50-jährigen bevorzugen Piktogramm 10, während die Mehrzahl der Befragten zwischen 50 und 80 Jahren Piktogramm 12 favorisieren. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 10 und 12 verwendet.

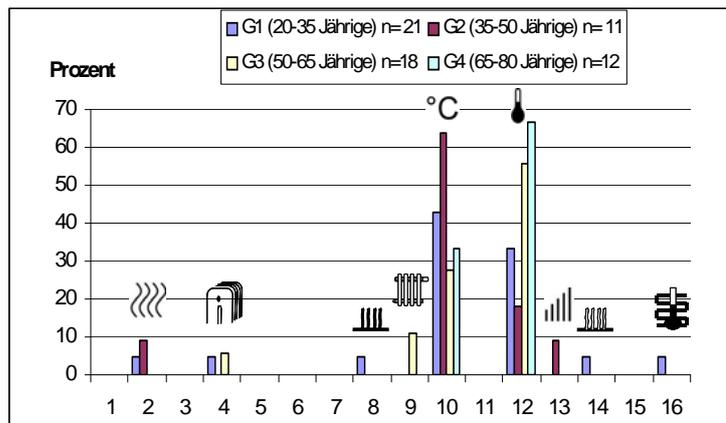


Abb. 4.18 Piktogrammdarstellung zur Temperaturregelung nach Altersgruppen

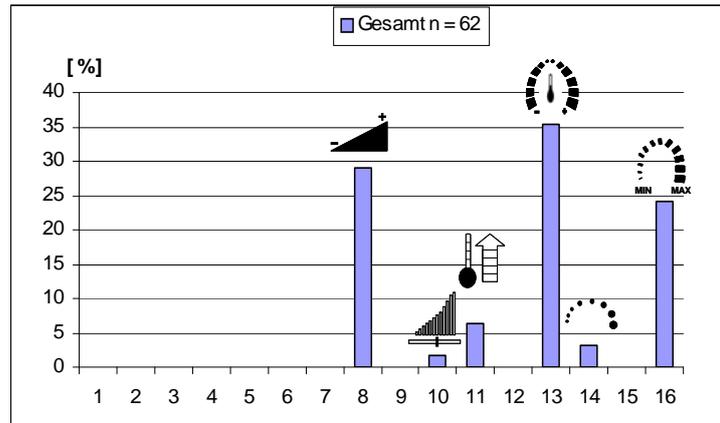


Abb. 4.19 Piktogramm zur Darstellung Temperaturveränderung

Für die Piktogrammgestaltung hinsichtlich der Temperaturveränderung werden von den Befragten Personen die Piktogramme 8, 13 und 16 vorgeschlagen (Abb. 4.19). Dies ändert sich allerdings, wenn man sich die Aufteilung nach Altersgruppen betrachtet (Abb. 4.20). Hier zeigt sich eindeutig, dass sich die älteren Befragten, also die 50- bis 80-jährigen, zu 50% für Piktogramm 8 entschieden haben. Von den 35- bis 50-jährigen wird mit 55% Piktogramm 13 ausgewählt. Bei den 20- bis 35-jährigen ist eine eindeutige Zuordnung nicht so klar möglich, da nur ca. 43% der Befragten Piktogramm 13 bevorzugen. Für die Umsetzung werden entsprechend die Piktogramme 8 und 13 vorgeschlagen.

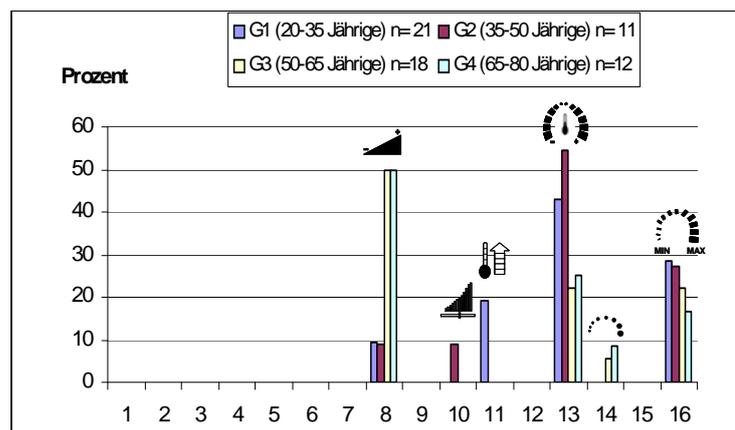


Abb. 4.20 Piktogramm zur Darstellung Temperaturveränderung nach Altersgruppen

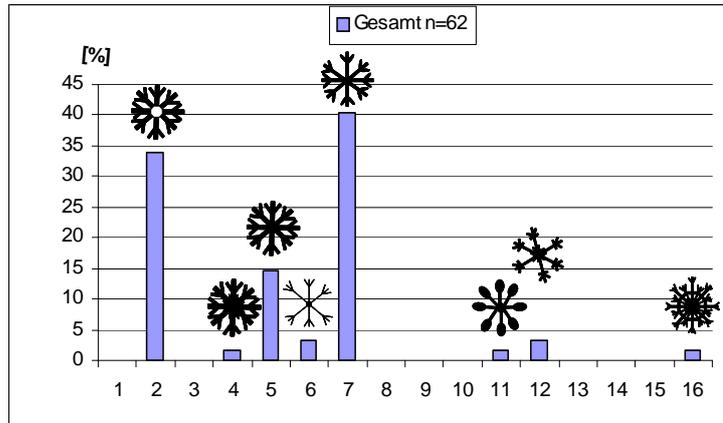


Abb. 4.21 Piktogrammdarstellung für das Kühlen der Luft

Auch bei der Darstellung für das Kühlen der Luft werden zwei Piktogramme bevorzugt (Abb. 4.21 und 4.22). So wird von den 20- bis 35-jährigen und den 35- bis 50-jährigen Piktogramm 2 mehrheitlich genannt, während die 50- bis 65-jährigen und die 65- bis 80-jährigen Piktogramm 7 bevorzugen. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 2 und 7 verwendet.

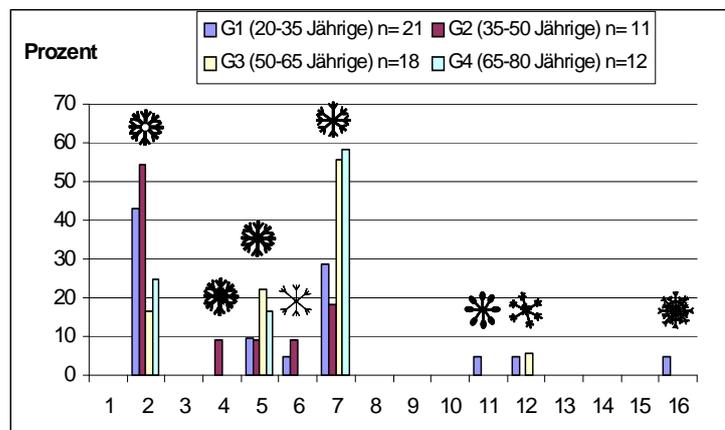


Abb. 4.22 Piktogrammdarstellung für das Kühlen der Luft nach Altersgruppen

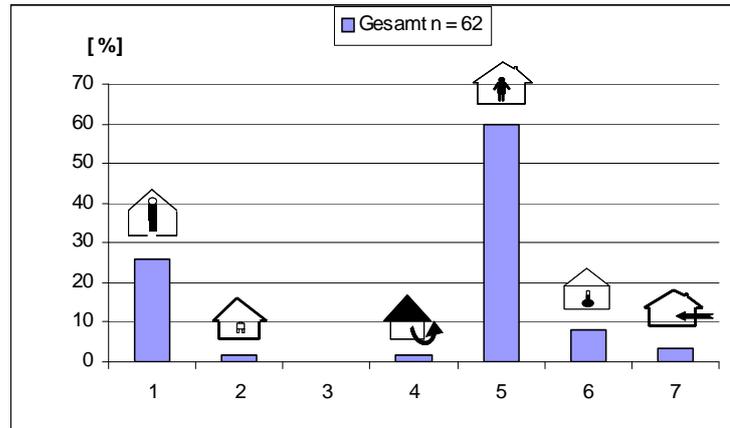


Abb. 4.23 Piktogramm zur Darstellung der Anwesenheit im Gebäude

Für die Piktogrammdarstellung zur Anwesenheit im Gebäude wird von 60% der Befragten Piktogramm 5 genannt (Abb. 4.23 und 4.24). Bei Betrachtung der Altersgruppen ergeben sich keine wesentlichen Abweichungen. Für die Umsetzung wird Piktogramm 5 verwendet.

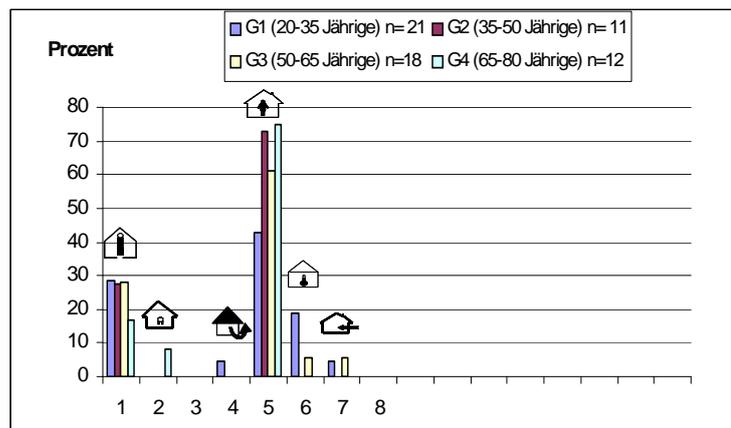


Abb. 4.24 Piktogramm zur Darstellung der Anwesenheit im Gebäude nach Altersgruppen

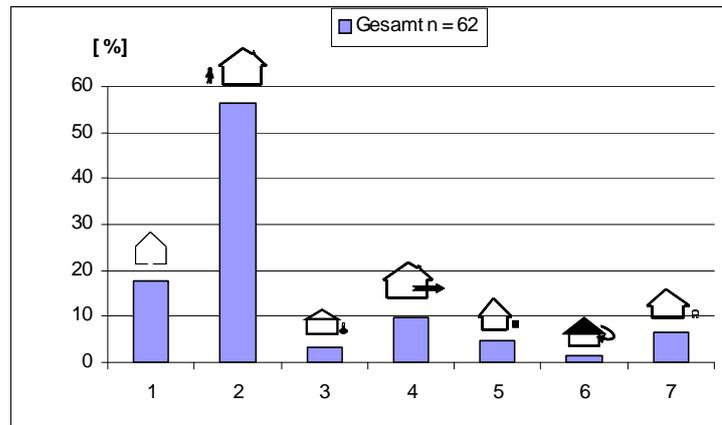


Abb. 4.25 Piktogramm zur Darstellung der Abwesenheit im Gebäude

Bei dem Piktogramm zur Darstellung für die Abwesenheit im Gebäude sieht es ähnlich aus. Hier wird Piktogramm 2 von der Mehrheit der Befragten als am geeignetsten angesehen (Abb. 4.25 und 4.26). Nur die jüngeren Befragten nennen 7 unterschiedliche Piktogramme, so dass hier keine eindeutige Zuordnung gemacht werden kann. Für die Umsetzung wird Piktogramm 2 verwendet.

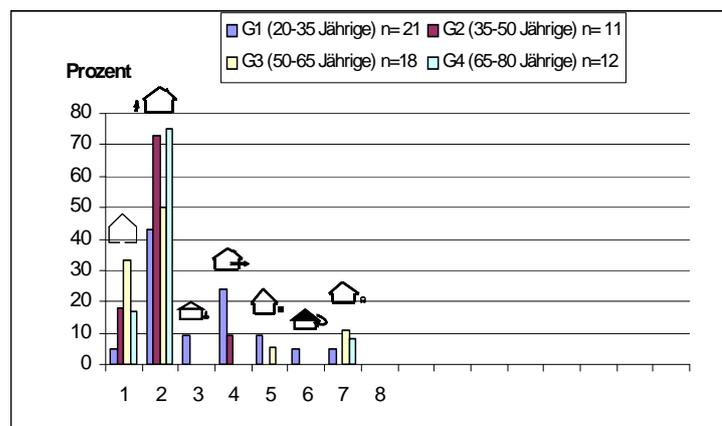


Abb. 4.26 Piktogramm zur Darstellung der Abwesenheit im Gebäude nach Altersgruppen

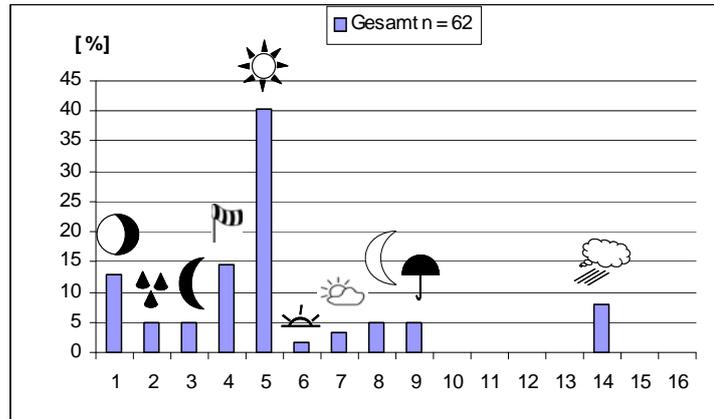


Abb. 4.27 Piktogramm zur Darstellung des Wetterzustands

Für die Darstellung des Wetterzustands wurde von ca. 40% der Befragten Piktogramm 5 ausgewählt (Abb. 4.27). Betrachtet man sich die Aufteilung nach Altersgruppen (Abb. 4.28), wird deutlich, dass die 35- bis 50-jährigen Piktogramm 14 am sinnvollsten finden, während die Mehrzahl der 50- bis 65- und 65- bis 80-jährigen Piktogramm 6 ausgewählt haben. Die 20- bis 35-jährigen geben dagegen 9 unterschiedliche Piktogramme an. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 5 und 14 verwendet.

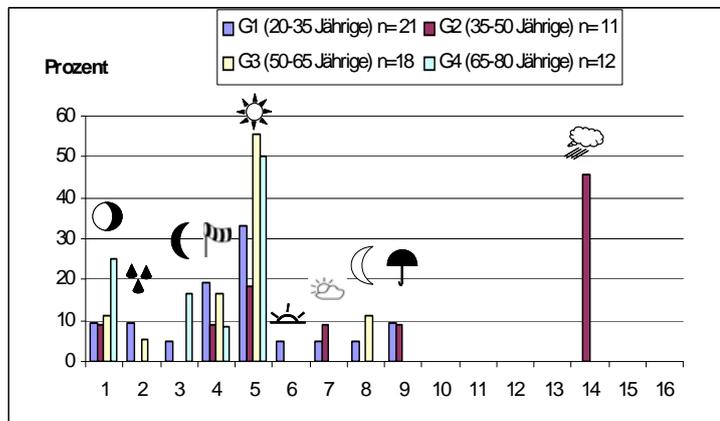


Abb. 4.28 Piktogramm zur Darstellung des Wetterzustands nach Altersklassen

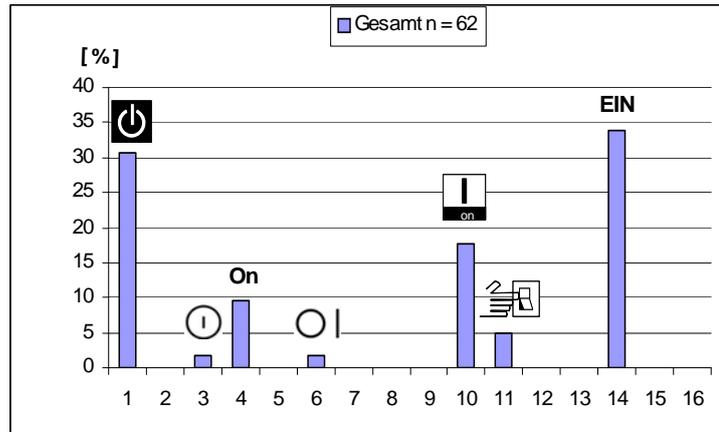


Abb. 4.29 Piktogramm zur Darstellung des Einschaltens

Für das Piktogramm, welches für das Einschalten des Systems verwendet werden soll, werden Piktogramm 1 und 14 am besten bewertet (Abb. 4.29). Die Priorisierung verteilt sich auf unterschiedliche Altersgruppen (Abb. 4.30). Die jüngeren Befragten (20- bis 50-jährige) bevorzugen Piktogramm 1 während die älteren Befragten (50- bis 80-jährigen) Piktogramm 14 und teilweise Piktogramm 10 ausgewählt haben. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 1 und 14 verwendet.

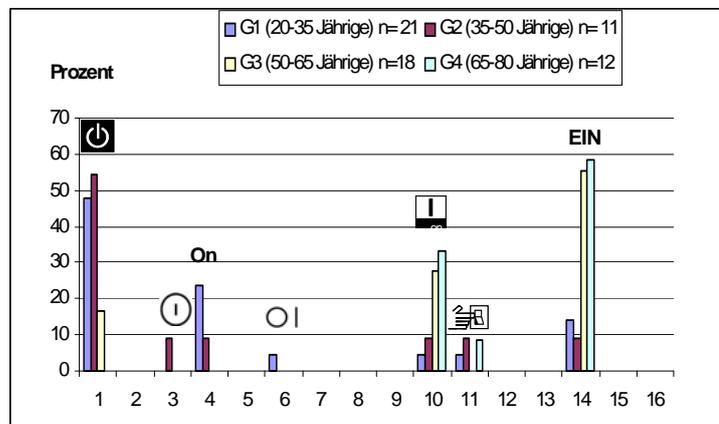


Abb. 4.30 Piktogramm zur Darstellung des Einschaltens nach Altersgruppen

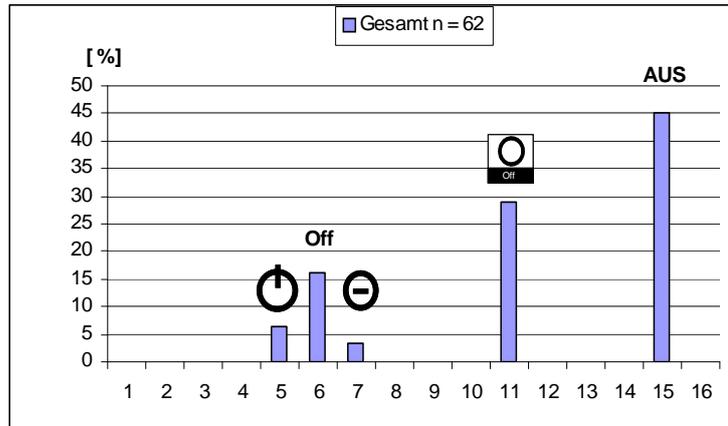


Abb. 4.31 Piktogramm zur Darstellung des Ausschaltens

Als Darstellung für das Ausschalten des Systems wird Piktogramm 15 von 45% der Befragten als am eindeutigsten gesehen (Abb. 4.31). Eine Aufteilung nach Altersgruppen zeigt hier leichte Abweichungen (Abb. 4.32). So geben die 50- bis 65-jährigen an, dass Piktogramm 11 die Funktion besser darstellt. Für die Umsetzung werden deshalb die Piktogramme 11 und 15 verwendet.

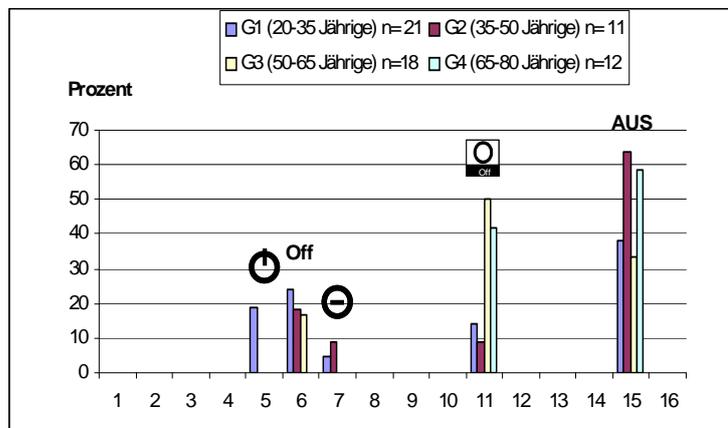


Abb. 4.32 Piktogramm zur Darstellung des Ausschaltens nach Altersgruppen

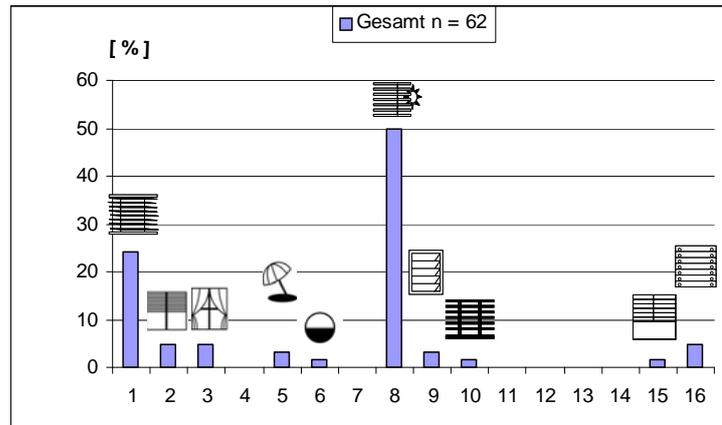


Abb. 4.33 Piktogramm zur Darstellung der Steuerung der Verschattung bzw. Jalousie

Auf der Suche nach dem geeigneten Piktogramm für die Steuerung der Verschattung bzw. der Jalousie haben sich 50% der Befragten für Piktogramm 8 entschieden (Abb. 4.33). Dies bestätigt sich auch mit einer Aufteilung nach Altersgruppen (Abb. 4.34). Für die Umsetzung wird Piktogramm 8 verwendet.

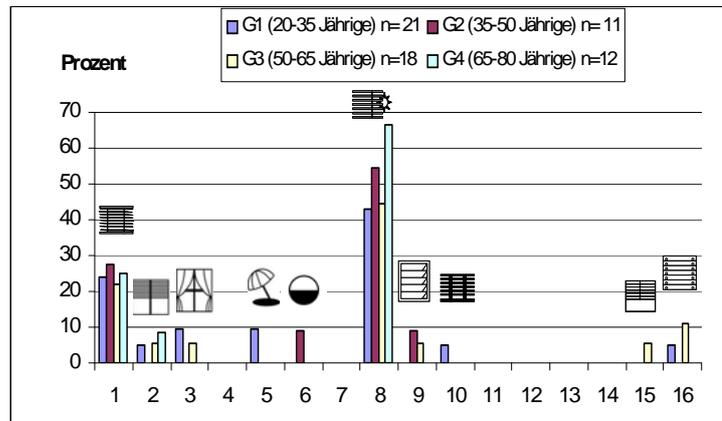


Abb. 4.34 Piktogramm zur Darstellung der Steuerung der Verschattung bzw. Jalousie nach Altersgruppen

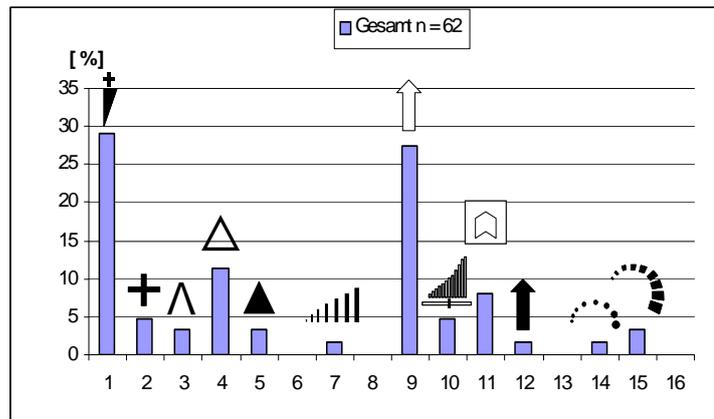


Abb. 4.35 Piktogramm zur Darstellung des Auffahrens der Jalousie

Für das Auffahren der Jalousie werden von allen Befragten, wie Abb. 4.35 zeigt, die Piktogramme 1 und 9 als sinnvoll erachtet. Eine Unterteilung in verschiedene Altersgruppen zeigt aber, dass die Auswahl sehr spezifisch ist (Abb. 4.36). So wird von den älteren Befragten (50-80 jährigen) Piktogramm 9 gewählt, während die 35-50 jährigen Piktogramm 4 als am geeignetsten einstufen. Bei den 20-35 jährigen entschieden sich knapp 40% für Piktogramm 1 und die restlichen 60% teilen sich unter 9 weiteren Piktogrammen auf. Für die Umsetzung werden deshalb die Piktogramme 1, 4 und 9 verwendet.

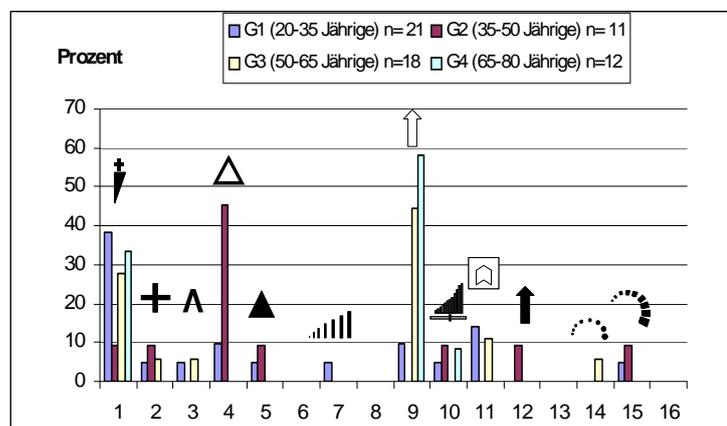


Abb. 4.36 Piktogramm zur Darstellung des Auffahrens der Jalousie nach Altersgruppen

pen

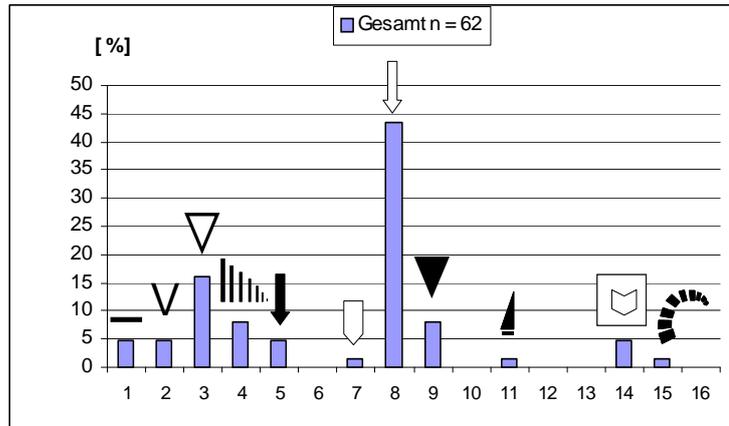


Abb. 4.37 Piktogramm zur Darstellung des Abfahrens der Jalousie

Die Frage nach dem Auffahren der Jalousie wurde von ca. 44% der Befragten mit Piktogramm 8 beantwortet (Abb. 4.37). Eine Aufteilung nach Altersgruppen zeigt in Abb. 4.38, dass zusätzlich ein weiteres Piktogramm von der Gruppe der 35- bis 50-jährigen bevorzugt wird. Besonders auffällig sind hier wieder die hohen Werte bei den 50- bis 80-jährigen, während die 20- bis 35-jährigen nur zu ca. 38% dieses Piktogramm als sinnvoll ansehen. Die Spannweite bei den jüngeren Befragten ist wieder sehr hoch. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 3 und 8 verwendet.

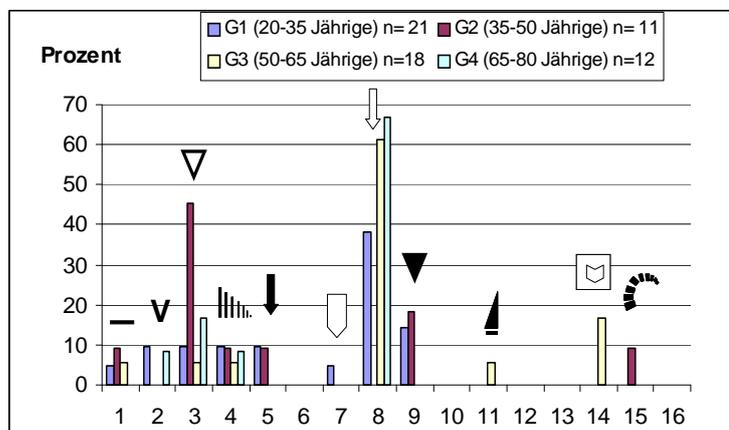


Abb. 4.38 Piktogramm zur Darstellung des Abfahrens der Jalousie nach Altersgruppen

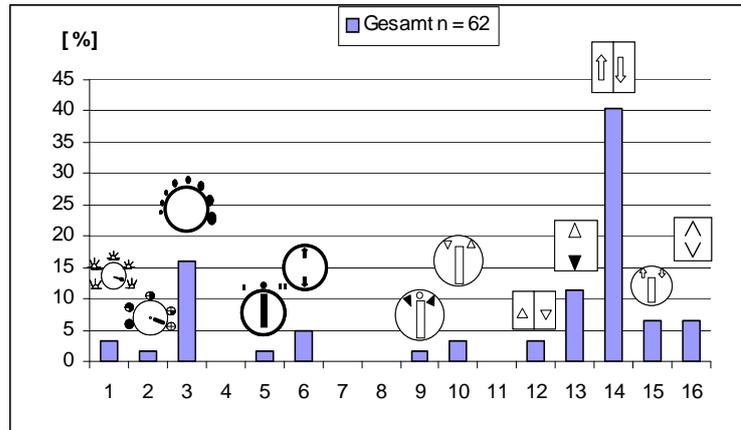


Abb. 4.39 Piktogramm zur Darstellung der Veränderung der Jalousiestellung

Bei der Auswahl für eine Veränderung der Jalousiestellung gaben ca. 40% der Befragten Piktogramm 14 an (Abb. 4.39). Die restlichen 60% teilen sich in 11 weitere Darstellungen auf. Betrachtet man hier die verschiedenen Altersgruppen (Abb. 4.40), zeigt sich, dass die Gruppe der 35- bis 50-jährigen Piktogramm 13 als am geeignetsten hält, während die 3 anderen Gruppen sich mehrheitlich für Piktogramm 14 entschieden haben. Für die Umsetzung werden die Piktogramme 13 und 14 verwendet.

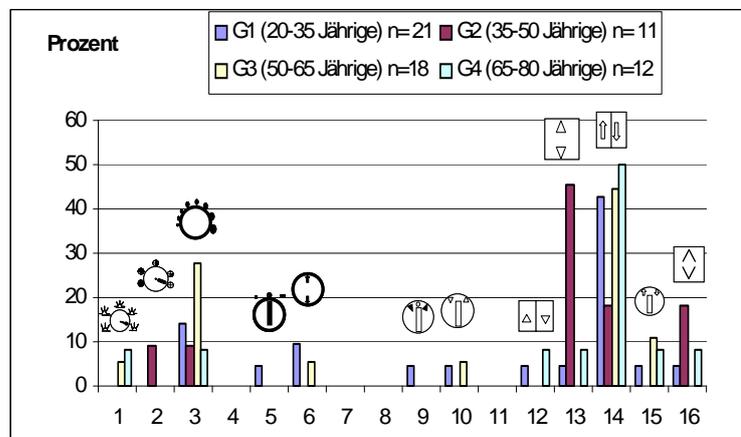
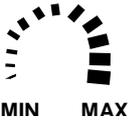
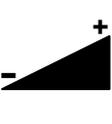


Abb. 4.40 Piktogramm zur Darstellung der Veränderung der Jalousiestellung nach Altersgruppen

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass die Verständlichkeit von Piktogrammen von unterschiedlichen Nutzergruppen bzw. Altersgruppen abhängig sind. Aus diesem Grund wird im folgenden Kapitel eine Tabelle (Abb. 4.41) angehängt, in der die verschiedenen Piktogramme den Funktionen und Altersgruppen zugeordnet sind:

4.2 Piktogrammgestaltung Zusammenfassung nach Schaltfunktionen

Funktion	Altersgruppen			
	20-35 jährig	35-50 jährig	50-65 jährig	65-80 jährig
Licht				
Licht eingeschaltet	AN			
Licht ausgeschaltet	AUS	AUS	AUS	AUS
Lichtregelung	verschiedene Piktogramme			
Lüftung				
Lüftung eingeschaltet				
Lüftung ausgeschaltet	verschiedene Piktogramme			
Lüftungsregelung				
Temperatur	°C	°C		

Temperaturregelung				
Kühlen				
Anwesenheit				
Abwesenheit				
Wetterzustand				
System einschalten			EIN	EIN
System ausschalten	AUS	AUS		AUS
Verschattung oder Jalousie				
Jalousie auffahren				
Jalousie abfahren				
Jalousieregelung				

Abb. 4.41 Zusammenfassung Piktogramme

Wie die Tabelle (Abb. 4.41) zeigt, wurden von der Mehrzahl der Befragten aller Altersgruppen für folgende fünf Funktionen identische Piktogramme gewählt:

- Licht
- Licht ausgeschaltet
- Anwesenheit
- Abwesenheit
- Verschattung oder Jalousie

Im Weiteren kann man für 4 Funktionen eine Aufteilung in zwei Gruppen, den 20- bis 50-jährigen und den 50- bis 80-jährigen, vornehmen:

- Temperaturregelung
- Temperaturveränderung
- Kühlen
- System einschalten

Eine Besonderheit tritt bei 5 Funktionen auf. Hier haben nur die 35-50 jährigen eine andere Darstellung gewählt. Inwieweit dies, auf die Stichprobe zurückzuführen ist kann ausgeschlossen werden, auch wenn die Entscheidungen in diesen Fällen sehr eindeutig waren. Dies trifft bei folgenden Funktionen zu:

- Lüftung
- Lüftung eingeschaltet
- Wetterzustand
- Jalousie abfahren
- Jalousieregelung

Bei folgenden vier Funktionen werden von der Mehrheit der Befragten 3 bzw. 4 Piktogrammvarianten ausgewählt:

- Licht eingeschaltet
- Lichtregelung
- Lüftung ausgeschaltet
- Jalousie auffahren

Bei den Funktionen Lüftungsregelung und System ausschalten wird jeweils von einer Altersgruppe ein anderes Piktogramm gewählt.

Betrachtet man die einzelnen Piktogramme, so kann fest-

gestellt werden, dass zumindest die 65- bis 80-jährigen für die Regelung von Licht, Lüftung und Temperatur das gleiche Symbol ausgewählt haben.

Insgesamt ist festzuhalten, dass bei der Gestaltung von Bedieneinheiten auf die unterschiedlichen Altersgruppen Rücksicht genommen werden muss, damit eine bessere Erkennbarkeit gewährleistet ist.

5. Beispielschnittstelle

Im Folgenden wird eine Beispielschnittstelle gezeigt, die den entwickelten Gestaltungsrichtlinien aus dem Kapitel 3 entspricht.



Abb. 5.1 Parameterveränderung

5.1 System

Das System besteht aus einem Zentralcomputer, Bedieneinheiten, die mehrfach im Gebäude mindestens einmal pro Raum verwendet werden, vielen Sensoren und schaltbaren Steckdosen.

- Steckdosen

Die Steckdosen sind mit einer Zusatzfunktion erweitert. Sie können durch einen Schiebeschalter auf die Funktion „Dauer An“ (Rot) und „Schaltbar“ (Grün) eingestellt werden. So können wichtige Geräte wie der Kühlschrank und die Telefonanlage am Netz bleiben und unwichtige wie der Herd und Standby Geräte zentral abgeschaltet werden.

- Sensoren

Die Sensoren erfassen die Werte Außenlichtstärke, Außentemperatur, Raumlichtstärke, Raumtemperatur, Bewegung im Raum, Position der Verschattung und Fensterstellung, Frischluftmenge der Lüftung und Temperatur der Frischluft.

- Bedieneinheit

Durch die Bedieneinheiten werden Licht, Temperatur, Lüftung, Verschattung und das Stromnetz zentral gesteuert.

5.2 Bedieneinheit

Die Bedieneinheit hat die Hauptfunktionen „Aus“, „An“ und „Standby“.

Das Display ist neben der Tür anstelle des gewohnten Lichtschalters angebracht.

Die Bedienung der Grundfunktionen „An, Aus und Standby“ wird von der gewohnten Drückbewegung eines Lichtschalters übernommen

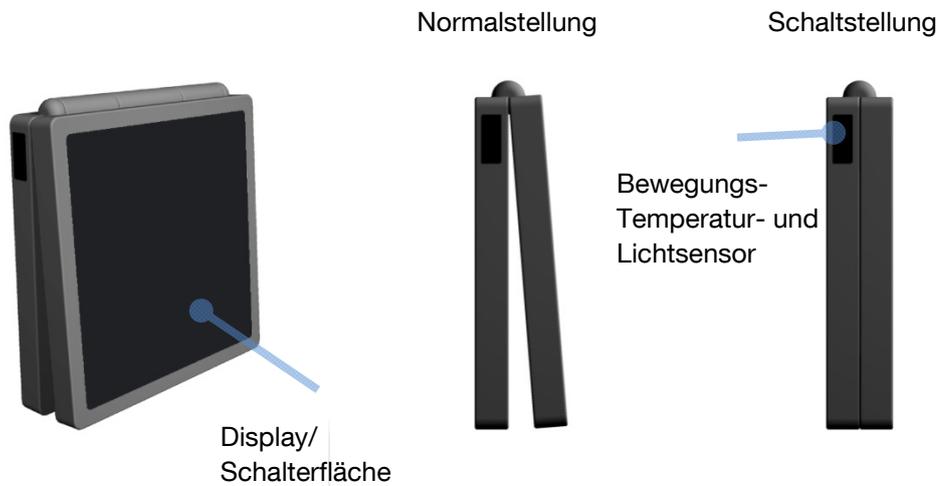


Abb. 5.2 Beispiel Bedienelement

Abb. 5.3 Normalstellung

Abb. 5.4 Schaltstellung

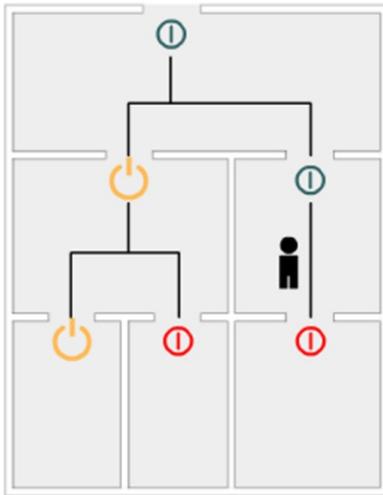


Abb. 5.5 Schaltsystem

Die Bedieneinheiten sind mindestens einmal pro Raum in dem Gebäude angeordnet und hierarchisch (Baumsystem) miteinander verbunden. Die jeweils höhere Einheit kann die darunter liegende abschalten.

Das Einschalten ist nicht zentral möglich, sondern nur an der jeweiligen Bedieneinheit.

Die höchste Bedieneinheit, die das gesamte Gebäude beeinflussen kann, muss am Haupteingang positioniert sein, die jeweils niedrigeren, die ganze Bereiche beeinflussen, an zentralen Punkten, wie z.B. der Kellertreppe bzw. der Abteilungseingangstür, und die untersten an den jeweiligen Zimmertüren. Alle Bedieneinheiten, gleich welcher Hierarchie haben das gleiche Erscheinungsbild.

Die Bedienerfreundlichkeit wird erhöht, indem der Nutzer immer wieder auf das gleiche Erscheinungsbild und Bediensystem trifft.



Abb. 5.6 „AUS“ Modus

„Aus“ Modus

Durch drei Sekunden langes Drücken bzw. nachdem der Bewegungsmelder für die Dauer einer eingestellten Zeit keine Bewegung festgestellt hat, wird dieser Modus aktiviert. Die Einheit schaltet alle Verbraucher, mit Ausnahme der auf „Rot“ gestellten Steckdosen, ab.

Das Heizsystem gewährleistet Frostschutz.

Durch ein langes akustisches Signal wird der Schaltvorgang bestätigt.



Abb. 5.7 „An“ Modus

„An“ Modus

Durch einmaliges kurzes Drücken der Gesamteinheit schaltet sich dieser Modus ein.

Er fährt Licht, Temperatur, Lüftung und Verschattung auf die eingestellten Werte der Grundeinstellung. Der Zugang zum Hauptmenu ist durch dreimaliges Tippen der Schaltfläche und hochklappen des Display möglich. Im Hauptmenu kann der Nutzer alle Werte nach seinen Wünschen verändern.

Auf Grün gestellte Steckdosen werden aktiviert.

Ein kurzes akustisches Signal bestätigt den Schaltvorgang.



Abb. 5.8 „Standby“ Modus

„Standby“ Modus

Durch zweimaliges kurzes Drücken der Einheit im „An“ Modus bzw. nachdem der Bewegungsmelder für die Dauer einer eingestellten Zeit keine Bewegung festgestellt hat, wird dieser Modus aktiviert.

Das Licht wird ausgeschaltet, die Temperatur fällt bzw. steigt maximal bis zu einem voreingestellten Wert, der ein schnelles und sparsames Erreichen des „An“ Modus Wertes ermöglicht, Lüftung und Verschattung greifen regelnd ein,

um den Temperaturwert des „An“ Modus' zu halten. Die im „An“ Modus eingestellten Werte bleiben erhalten. Durch zwei kurze akustische Signale wird der Schaltvorgang bestätigt.

5.3 Hauptmenu

Anzeige der zeitlichen Verzögerung

Stellt man einen gewünschten Soll-Wert ein, kann dieser z.B. im Fall der Temperatur nicht immer sofort erreicht werden. Damit der Nutzer dies erkennt, wird der Differenzbereich zwischen Ist- und Soll-Wert schraffiert dargestellt. Um eine Zeit- Information zu geben, blinkt dieser Bereich zusätzlich. Langsames Blinken verdeutlicht eine lange Wartezeit.

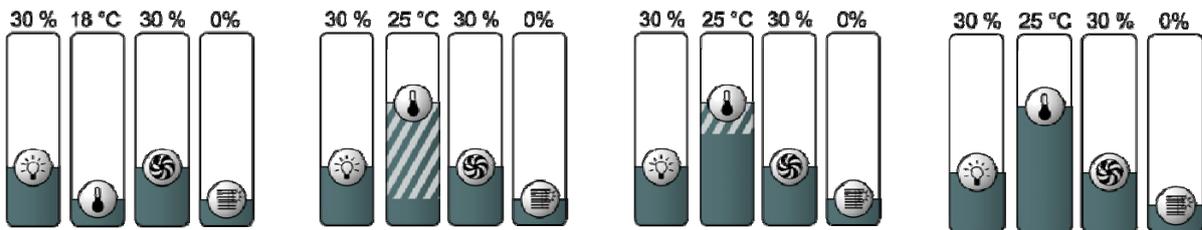


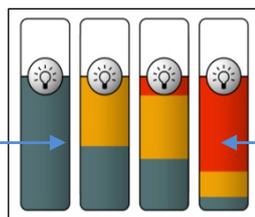
Abb. 5.9 Parameterveränderung

Energieanzeige

Mittels einer farblichen Veränderung wird ein erhöhter Energieverbrauch angezeigt. Die Energieanzeige ändert sich im Verhältnis zu den Umgebungsbedingungen und zeigt die sich mit der Einstellung widersprechenden eingestellten Werten und dem Aufwand, den es erfordert den Soll- Wert zu erreichen.

Das Beispiel zeigt die Lichteinstellung im zeitlichen Verlauf von 5 Uhr morgens bis 12 Uhr mittags. Je mehr Außenlicht zur Verfügung steht, desto weniger effektiv wird die künstliche Beleuchtung.

Der gelbe Bereich zeigt, dass diese Einstellung einen hohen Energieaufwand erfordert bzw. aufgrund der Kombination mit einer anderen Einstellung zu Energieverlust führt.



Der rote Bereich zeigt, dass diese Einstellung einen sehr hohen Energieaufwand erfordert bzw. aufgrund der Kombination mit einer anderen Einstellung zu massiven Energieverlust führt.

Abb. 5.10 Energieanzeige

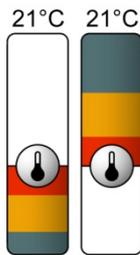


Abb. 5.11 Energieanzeige Heizen / Kühlen

Dieses Beispiel zeigt die Temperatureinstellung links im Heizfall und rechts im Kühlfall. Die Richtung der aufgewendeten Energie wird dargestellt. Da die Anzeige jeweils im Roten Bereich steht, sind die Umgebungsbedingungen stark von dem eingestellten Wert abweichend. Im hier gezeigten Heizfall -15°C und 38°C im Kühlfall.

Kombination von Energieanzeige und zeitlicher Verzögerung

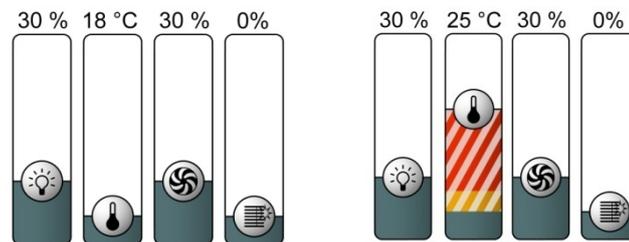


Abb. 5.12 Parameterveränderung und Energieanzeige

5.4 Automatikmodus

Der Automatikmodus kann auf unterschiedliche Szenarien eingestellt werden. So können gespeicherte Werte und Regeln für die Automatiksteuerung schnell verändert werden. Es gibt die Grundeinstellungen „sparen“ und die zwei Einstellungen „comfort“ und „manuell“. Das System startet im „An“ Modus immer mit der Einstellung „sparen“.

Sparen

Bei der Einstellung „sparen“ regelt die Automatik maximal energiesparend und verhindert sich widersprechende Einstellungen. Sollte der Nutzer eine Einstellung ändern wollen, z.B. auf 25°C, fällt diese wieder automatisch wie hier im Beispiel auf 21°C. Eine Veränderung ist nur im grünen Bereich möglich. Sich widersprechende Einstellungen werden behoben.

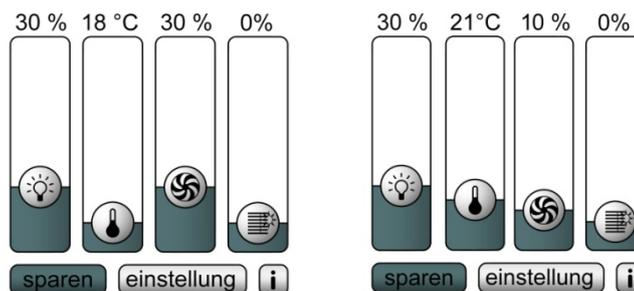


Abb. 5.13 Automatik-Modus

Comfort

Bei der Einstellung „comfort“ regelt die Automatik leicht energiesparend und reduziert sich widersprechende Einstellungen.

Die Einstellung „comfort“ wird erreicht, indem der Nutzer den gewünschten Wert 3 Sekunden hält.

Sollte der Nutzer eine Einstellung ändern, z.B. auf 25°C, ist dies möglich. Die widersprechende Einstellung der Lüftung wird automatisch behoben.

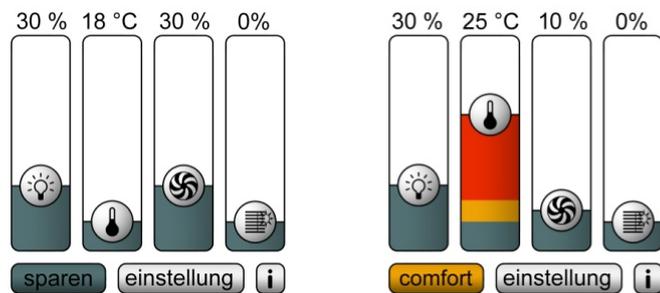


Abb. 5.14 Comfort-Modus

Manuell

Die Einstellung „manuell“ wird erreicht indem der Nutzer mindestens 2 Werte gleichzeitig 3 Sekunden hält.

Bei der Einstellung „manuell“ regelt das System nicht selbständig nach.

Sich widersprechende Einstellungen werden zugelassen.

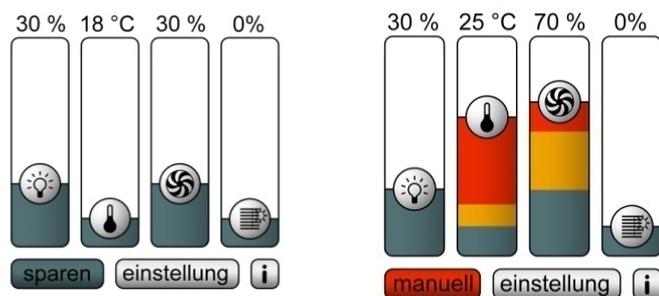


Abb. 5.15 Hand-Modus

5.5 Untermenü Einstellungen

Im Untermenü werden die Grundeinstellungen, die Toleranzen, die Automatik und die Anzeige auf die persönlich bevorzugten Werte gestellt.

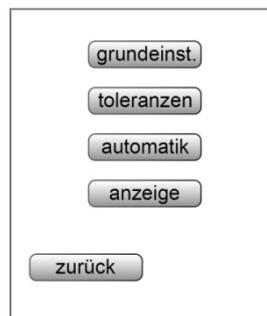


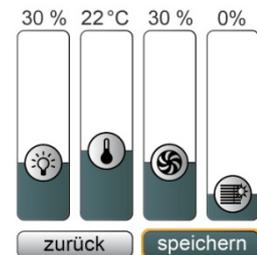
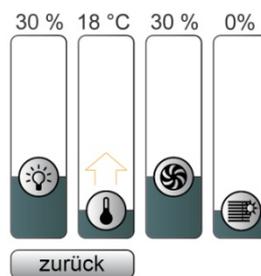
Abb. 5.16 Untermenü

Grundeinstellung

Im Untermenü Grundeinstellung werden die Startwerte für den „An“ Modus festgelegt.



Abb. 5.17 Untermenü - Grundeinstellung

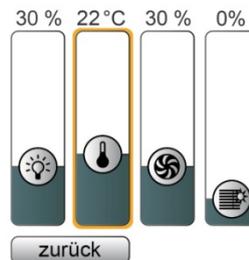


Toleranzen

Im Untermenü Toleranzen werden die Bereiche, in denen das System nicht automatisch nachregelt, festgelegt.



Abb. 5.18 Untermenü - Toleranzen



Automatik

Im Untermenü Automatik werden die Zeiten für die automatische Schaltung in die Modi „Standby“ und „Aus“ festgelegt.



Abb. 5.19 Untermenü - Automatik

Anzeige

Im Untermenü Anzeige können die Energieanzeige, die Verlaufsanzeige und die Ist-Wertanzeige ein und ausgeschaltet werden.



Abb. 5.20 Untermenü - Anzeige

6. Zusammenfassung und Ausblick

Denkt man an die gebäudetechnischen Anlagen zu Beginn der Elektrifizierung, ergibt sich folgendes Bild:

Zur Beheizung der Gebäude wurden dezentrale Wärmezeuger wie zum Beispiel Holz-, Kohle- und Ölöfen eingesetzt. Diese Anlagen mussten direkt am Gerät bedient werden und der Nutzer hatte den Energieträger manuell zum Ort des Energiebedarfs zu bringen. Dadurch war der Bezug zwischen Energieverbrauch und Nutzer in hohem Maße hergestellt. Auch wenn diese Anlagen höchst ineffizient arbeiteten, war das Energieverschwendungspotential durch die Anzahl der Nutzer, die Verfügbarkeit des Energieträgers und wegen des Bedienungsaufwandes stark beschränkt.

Aus diesen Gründen wurde Energie nur eingesetzt, wenn wirklich Bedarf bestand. Das Verhalten der Nutzer orientierte sich an den vorgegebenen Bedingungen der Tages- und Jahreszeiten. Die beschriebene Situation trifft ebenso auf die Beleuchtung zu, die Vermeidung der Überhitzung der Gebäude wurde durch passive Maßnahmen organisiert.

Im Rahmen der fortschreitenden technischen Möglichkeiten erhöhte sich die Verfügbarkeit der Energieträger und der Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen wurde automatisiert. Die Entwicklung der Anlagentechnik für Gebäude war vom Komfortgedanken getrieben, die Optimierung der Energieeffizienz stand lange nicht im Fokus der Entwicklungen. Dadurch erhöhte sich das Energieverschwendungspotential enorm. Man kann es überall und jederzeit warm und hell beleuchtet haben. Der einzige Bezug des Nutzers zum Energieverbrauch ist die Abrechnung der Energiekosten. Gerade dieser Bezug wird durch steigende Energiepreise in Zukunft auch einen Beitrag zu mehr Bewusstsein zum Energieverbrauch leisten und Einsparwünsche im Nutzer wecken. Die zukünftigen Bedienelemente müssen den Nutzer in diesem Bestreben unterstützen, indem sie Informationen über den Energieverbrauch anzeigen.

Ferner sind intuitiv zu handhabende Bedienelemente so zu gestalten, dass der Nutzer die gewünschten Behaglichkeitsparameter eindeutig einstellen kann und der Einfluss auf den Energieverbrauch visualisiert wird. Daraus erkennt der Nutzer, wie er sich energiesparend verhalten kann.

Zukünftige Bedienelemente (und die nachgeschaltete Technik) sind so zu gestalten, dass vom Nutzer für die optimale Abstimmung der unterschiedlichen Anlagen aufeinander kein Wissen über bauphysikalische und haustechnische Belange erwartet wird.

Die in diesem Forschungsbericht aufgestellten Gestaltungsrichtlinien sollten in einem nächsten Schritt in Prototypen umgesetzt werden. Diese können in ausgewählten und durch verschiedene Nutzungen belegten Gebäude installiert und die Akzeptanz durch die Nutzer erfasst werden, um daraus weiteres Optimierungspotential abzuleiten. Im Praxiseinsatz lassen sich auch die Einspareffekte genauer beziffern.

Da ein Teil der Energieeinsparung durch neue Bedienelemente auf zentraler und automatisierter Regelung beruht, müssen Komponenten eingesetzt werden, die ihrerseits Energie verbrauchen. Daher ist beim Entwurf von Prototypen ebenfalls darauf zu achten, dass energieeffiziente Technik für intuitiv zu handhabende Bedienelemente und Steuerungstechnik eingesetzt wird.

Die oben genannten Studien zeigen ein Einsparpotential durch Automationstechnik von 30% im Bereich Wärmeenergie und bis zu 60% bei der Beleuchtung und elektrischer Energie. In der Praxis wurde durch energieoptimiertes Nutzerverhalten ein Einspareffekt von bis zu 20% im Bereich Strom und 25% im Bereich Wärmeenergie realisiert. Diese Einsparpotentiale sind sicher nicht additiv zu erreichen, zeigen jedoch realisierbare Größenordnungen. Daher lohnt sich die Entwicklung intuitive zu handhabender Bedieneinheiten, die nicht nur den Komfort erhöhen, sondern vor Fehlbedienung schützen und den Nutzer zu energiesparendem Verhalten anregen und ihn beim Sparen unterstützen.

Im Sinne der Nachhaltigkeit von gebäudetechnischer Ausrüstung ist bei der Produktentwicklung darauf zu achten, dass die Bedienelemente so gestaltet werden, dass sie der üblichen Lebensdauer von Gebäudeausrüstung gerecht werden. Die betrifft die mechanische Haltbarkeit ebenso wie die langfristige Nutzbarkeit der Software. Idealerweise lassen sich durch genormte Schnittstellen die Systeme der Anlagentechnik, Bedieneinheiten und Regelstrategien leichter an neue effiziente technische Entwicklungen anpassen.

Der Nutzer soll zukünftig mittels Symbolik seine gewünschten Behaglichkeitswerte und Effizienzmodi einstellen können, die Anlagentechnik sorgt selbständig und intelligent für optimierten Energieeinsatz zur Erlangung der Behaglichkeitszustände. Die neu zu entwickelnden Bedienelemente sind dabei Bindeglied zwischen Nutzer und Anlagentechnik.

7. Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1 In der Praxis vorkommende Bezüge zwischen Regelgröße und Einstellparameter .	- 8 -
Abb. 2.2 Vielfältige Steuerungsmöglichkeiten des Bewohners bzw. Nutzers in einem typischen Raum	- 9 -
Abb. 2.3 Screenshot aus der online-Produktdatenbank	- 10 -
Abb. 2.4 Übersichtsmatrix zu den Einsatzgebiete, Bedienungsführung und Regelbarkeit von Schaltern	- 11 -
Abb. 2.5 Heizungssteuerung.....	- 12 -
Abb. 2.6 Heizkörperregelung	- 12 -
Abb. 2.7 Raumthermostat.....	- 13 -
Abb. 2.8 Automatische Heizkörperregelung	- 13 -
Abb. 2.9 Digitale Heizkörperregelung	- 14 -
Abb. 2.10 Elektronischer Raumthermostat.....	- 14 -
Abb. 2.11 Wohnungszentrale Steuerung	- 16 -
Abb. 2.12 Heizungssteuerung mittels Browserapplikation.....	- 16 -
Abb. 2.13 Funkthermostat	- 16 -
Abb. 2.14 Bedieneinheit mit Anzeige einer Außerhaus-Funktion	- 16 -
Abb. 2.15 Wippschalter.....	- 17 -
Abb. 2.16 Druckschalter	- 17 -
Abb. 2.17 Berührungsempfindlich	- 17 -
Abb. 2.18 Drehdimmer.....	- 17 -
Abb. 2.19 Schiebemer	- 17 -
Abb. 2.20 Bewegungsmelder für Wand- und Deckenmontage.....	- 18 -
Abb. 2.21 Dreistufiger Schalter für Lüftung	- 18 -
Abb. 2.22 Abgesetzte Bedieneinheit.....	- 18 -
Abb. 2.23 Steuerung durch Knöpfe / Rad	- 18 -
Abb. 2.24 TV-Gerät als Anzeigem.....	- 18 -
Abb. 2.25 Schrift	- 19 -
Abb. 2.26 Piktogramme	- 19 -
Abb. 2.27 Plandarstellung.....	- 19 -
Abb. 2.28 Aktivbilder.....	- 19 -
Abb. 2.29 Mobiltelefon mit großem Display	- 22 -
Abb. 2.30 MP3-Player	- 22 -
Abb. 2.31 Navigationssystem	- 23 -
Abb. 2.32 Vernetzung gebäudetechnischer Anlagen	- 25 -
Abb. 2.33 EIB/KNX.....	- 25 -
Abb. 2.34 analoge Zeitschaltuhr	- 27 -
Abb. 2.35 digitale Zeitschaltuhr	- 27 -
Abb. 2.36 Einsparpotential nach Kategorien	- 37 -
Abb. 2.37 Einsparpotentiale durch Automation.....	- 38 -
Abb. 2.38 Nutzereinfluss	- 41 -
Abb. 2.39 Einsparungen in der Praxis	- 42 -
Abb. 4.1 Piktogrammdarstellung für die Steuerung von Licht für alle Befragten	- 55 -
Abb. 4.2 Piktogrammdarstellung für die Steuerung von Licht nach Altersgruppen.....	- 55 -
Abb. 4.3 Piktogrammdarstellung für den eingeschalteten Zustand	- 56 -
Abb. 4.4 Piktogrammdarstellung für den eingeschalteten Zustand von Licht	- 56 -
Abb. 4.5 Piktogrammdarstellung für den ausgeschalteten Zustand von Licht	- 57 -
Abb. 4.6 Piktogrammdarstellung für den ausgeschalteten Zustand von Licht nach Altersgruppen.....	- 57 -
Abb. 4.7 Piktogrammdarstellung für die Regelungsmöglichkeit von Licht	- 58 -
	- 90 -

Abb. 4.8 Piktogrammdarstellung für Regelungsmöglichkeit von Licht nach Altersgruppen.....	- 58 -
Abb. 4.9 Piktogrammdarstellung für Lüftung.....	- 59 -
Abb. 4.10 Piktogrammdarstellung für Lüftung nach Altersklassen	- 59 -
Abb. 4.11 Piktogrammdarstellung für den eingeschalteten Zustand der Lüftung	- 61 -
Abb. 4.12 Piktogrammdarstellung für den eingeschalteten Zustand der Lüftung nach Altersgruppen.....	- 61 -
Abb. 4.13 Piktogrammdarstellung für den ausgeschalteten Zustand der Lüftung	- 62 -
Abb. 4.14 Piktogrammdarstellung für den eingeschalteten Zustand der Lüftung nach Altersgruppen.....	- 62 -
Abb. 4.15 Piktogrammdarstellung zur Regelung der Lüftung	- 63 -
Abb. 4.16 Piktogrammdarstellung zur Regelung der Lüftung nach Altersgruppen.....	- 63 -
Abb. 4.17 Piktogrammdarstellung zur Temperaturregelung	- 64 -
Abb. 4.18 Piktogrammdarstellung zur Temperaturregelung nach Altersgruppen.....	- 64 -
Abb. 4.19 Piktogramm zur Darstellung Temperaturveränderung.....	- 65 -
Abb. 4.20 Piktogramm zur Darstellung Temperaturveränderung nach Altersgruppen	- 65 -
Abb. 4.21 Piktogrammdarstellung für das Kühlen der Luft	- 66 -
Abb. 4.22 Piktogrammdarstellung für das Kühlen der Luft nach Altersgruppen.....	- 66 -
Abb. 4.23 Piktogramm zur Darstellung der Anwesenheit im Gebäude	- 67 -
Abb. 4.24 Piktogramm zur Darstellung der Anwesenheit im Gebäude nach Altersgruppen	- 67 -
Abb. 4.25 Piktogramm zur Darstellung der Abwesenheit im Gebäude.....	- 68 -
Abb. 4.26 Piktogramm zur Darstellung der Abwesenheit im Gebäude nach Altersgruppen.....	- 68 -
Abb. 4.27 Piktogramm zur Darstellung des Wetterzustands.....	- 69 -
Abb. 4.28 Piktogramm zur Darstellung des Wetterzustands nach Altersklassen	- 69 -
Abb. 4.29 Piktogramm zur Darstellung des Einschaltens	- 70 -
Abb. 4.30 Piktogramm zur Darstellung des Einschaltens nach Altersgruppen.....	- 70 -
Abb. 4.31 Piktogramm zur Darstellung des Ausschaltens	- 71 -
Abb. 4.32 Piktogramm zur Darstellung des Ausschaltens nach Altersgruppen.....	- 71 -
Abb. 4.33 Piktogramm zur Darstellung der Steuerung der Verschattung bzw. Jalousie	- 72 -
Abb. 4.34 Piktogramm zur Darstellung der Steuerung der Verschattung bzw. Jalousie nach Altersgruppen.....	- 72 -
Abb. 4.35 Piktogramm zur Darstellung des Auffahrens der Jalousie	- 73 -
Abb. 4.36 Piktogramm zur Darstellung des Auffahrens der Jalousie nach Altersgruppen ..	- 73 -
Abb. 4.37 Piktogramm zur Darstellung des Abfahrens der Jalousie.....	- 74 -
Abb. 4.38 Piktogramm zur Darstellung des Abfahrens der Jalousie nach Altersgruppen ...	- 74 -
Abb. 4.39 Piktogramm zur Darstellung der Veränderung der Jalousiestellung.....	- 75 -
Abb. 4.40 Piktogramm zur Darstellung der Veränderung der Jalousiestellung nach Altersgruppen.....	- 75 -
Abb. 4.41 Zusammenfassung Piktogramme	- 77 -
Abb. 5.1 Parameterveränderung.....	- 80 -
Abb. 5.2 Beispiel Bedienelement.....	- 81 -
Abb. 5.3 Normalstellung	- 81 -
Abb. 5.4 Schaltstellung	- 81 -
Abb. 5.5 Schaltsystem	- 82 -
Abb. 5.6 „AUS“ Modus	- 82 -
Abb. 5.7 „An“ Modus	- 82 -
Abb. 5.8 „Standby“ Modus.....	- 82 -
Abb. 5.9 Parameterveränderung.....	- 83 -
Abb. 5.10 Energieanzeige	- 83 -
Abb. 5.11 Energieanzeige Heizen / Kühlen.....	- 84 -

Abb. 5.12 Parameterveränderung und Energieanzeige.....	- 84 -
Abb. 5.13 Automatik-Modus.....	- 84 -
Abb. 5.14 Comfort-Modus.....	- 85 -
Abb. 5.15 Hand-Modus	- 85 -
Abb. 5.16 Untermenü	- 86 -
Abb. 5.17 Untermenü - Grundeinstellung	- 86 -
Abb. 5.18 Untermenü - Toleranzen.....	- 86 -
Abb. 5.19 Untermenü - Automatik.....	- 87 -
Abb. 5.20 Untermenü - Anzeige.....	- 87 -

8. Dokumentation

Quellennachweis

[Adhoco] Intelligenz für Zuhause: Das Energieeinsparpotential innovativer Hausautomations- systeme	Adhoco AG Technopark CH-8406 Winterthur www.adhoco.com
[FFM] Fifty-Fifty-Methode	Klima-Bündnis e.V. Edmund Flößer e.floesser@klimabuendnis.org
[FLH] FutureLife-Haus	Schlussbericht Dezember 2002 Alois Huser Encontrol GmbH Bremgartenstraße 2 5443 Niederrohrdorf www.electricity-research.ch
[LonMark] Energieeffizienz automatisieren	LonMark Deutschland e.V. Theaterstraße 74 52062 Aachen www.lonmark.de
[SH] Smarthome und Energieeffizienz	Schlussbericht September 2005 Thomas Grieder, Alois Huser Encontrol GmbH Bremgartenstraße 2 5443 Niederrohrdorf www.electricity-research.ch
[Techem] ecotech	Techem Energiey Services GmbH Hauptstraße 89 65760 Eschborn www.techem.de
[TGA9/07] TGA Fachplaner	Das Magazin für die Technische Gebäudeausrüstung Ausgabe September 2007 www.tga-fachplaner.de

[ei]
energie impuls

energie impuls
Borkumerstr. 40 B
30163 Hannover
Tel: 0511/45916-20
www.energieimpuls.de

Literaturnachweis

Optimierung von Smart-Home-Umgebungen für den Wohnbereich

Maik Hampicke
Universitätsverlag
2004
ISBN 3-937672-72-2

Open House. Architecture and technology for Intelligent Living: Intelligent Living by Design
Alexander von Vegesack

Das Intelligente Haus. Entwicklung und Bedeutung für die Lebensqualität

Winfried Heusinger
Peter Lang, europäischer Verlag der Wissenschaften
2004
ISBN 3-631-53616-X

Designing Smart Homes. The Role of Artificial Intelligence

Chris D. Nugent
Springer
2006
ISBN-10 3-540-35994-X

Smart Home.

Edwin Richter
Hüthing & Pflaum Verlag
2006
ISBN 3-8101-236-9

GAM 02. Design Science in Architecture. Graz Architektur Magazin / Graz Architecture Magazine

Springer Wien
ISBN 3-211-23767-4

Dialogfähige Energiemanagementsysteme im Kontext von
Energieverbrauch und Nutzerverhalten

Ingo Stadler

Dissertation 2001

ISBN 3-89825-281-7

Künstliche Intelligenz zur Steigerung der Energie-Effizienz.
Grundlagen, Instrumente, Praxis

Richard Brammer

VDM Verlag Dr. Müller

2006

ISBN 3-8364-0096-0

Building Control. Technische Gebäudesysteme. Automation
und Bewirtschaftung

Hans R. Kranz

Das intelligente Haus. Arbeiten und Wohnen mit zu-
kunftweisender Technik

Hans-Rolf Tränkler

Richard Pflaum Verlag

2001

ISBN 3-7905-0794-6