

Expertensystem zur Identifikation und Definition niedriginvestiver Maßnahmen zur Senkung des E- nergieumsatzes und des Schad- stoffausstoßes im Gebäudebe- stand – EXECO2

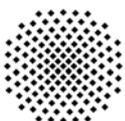
Kurzbericht

Forschungsprojekt gefördert durch das Bundes-
institut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
(BBSR)

Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7-09.46

Projektleiter:
Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt

Bearbeiter:
Dipl.-Ing. Jörg Arold





1 Einleitung

Im Betrieb von Gebäuden wird in Deutschland ein Anteil von ca. 40% des Endenergieverbrauches umgesetzt, für Europa verhält es sich ähnlich. Zum Erreichen der Klimaziele, wie z.B. das 20-20-20 Ziel der EU, sind daher Maßnahmen zum Senken des Energieverbrauchs im Gebäudebestand unerlässlich. Das 20-20-20-Ziel sieht vor, bis zum Jahr 2020 die Treibhausgasemissionen um 20% zu reduzieren, den Anteil erneuerbarer Energien in der EU auf 20% und die Energieeffizienz um 20% zu erhöhen. Da alle Maßnahmen bzw. gesetzliche Vorgaben, welche den Neubau oder die Sanierung von Gebäuden betreffen, angesichts der geringen Neubau- und Sanierungsquoten (jeweils ca. 1%) erst mittel- bis langfristige Wirkung zeigen werden, müssen Möglichkeiten gefunden werden, den Energieverbrauch bereits kurzfristig zu senken. Eine Möglichkeit hierfür ist, das Einsparpotenzial der Betriebsoptimierung gebäudetechnischer Anlagen zu erschließen.

Die Erfahrung aus bisher punktuellen Untersuchungen [1], [2] zeigt, dass der Energieumsatz zum Gebäudebetrieb durch Maßnahmen mit geringen Investitionskosten in kurzer Zeit um bis zu 30% gesenkt werden kann. Dabei handelt es sich um Maßnahmen zur Verbesserung des Gebäudebetriebs an den Anlagen zur Heiz- und Raumluftechnik, zur Trinkwassererwärmung, zur Kühlung und zur Beleuchtung sowie deren zugehörige MSR-Technik.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, eine Handlungsanleitung, ein sog. Expertensystem zu erstellen mit welchem das Potenzial niedriginvestiver Energieeinsparpotenziale erschlossen werden kann. Dieses Expertensystem wird das für die Inspektion von Anlagen bzw. dem Gebäudebetrieb verantwortliche Personal in die Lage versetzen, sich schnell mit einem Gebäude und dessen Anlagen vertraut zu machen und niedriginvestive Energiesparpotenziale eigenständig zu identifizieren.

Die Handlungsanleitung wird neben technischen auch organisatorische und strategische Maßnahmen enthalten. Dies ist wichtig, da die Erschließung der Energiesparpotenziale häufig an organisatorischen und administrativen Hürden scheitert. Da sich vor allem die organisatorischen Maßnahmen nur bedingt auf den Wohnungsbau übertragen lassen, soll das Expertensystem hauptsächlich in Verwaltungs- und Gewerbeimmobilien zum Einsatz kommen.

2 Stand der Wissenschaft

Die bisherigen Untersuchungen bzw. Handlungsanleitungen auf diesem Gebiet waren entweder stark auf die jeweiligen Objekte angepasst, beschränkten sich auf einzelne Gewerke oder waren auf eine andere Phase des Lebenszyklus des Gebäudes fixiert (z.B. Konzeption und Planung) und nicht auf den Betrieb. Das erarbeitete Expertensystem stellt eine Handlungsanleitung zum Identifizieren niedriginvestiver Einsparpotenziale für die Phase des Gebäudebetriebs und für verschiedene Gewerke dar.



3 Maßnahmenkatalog und Literaturrecherche

Im ersten Schritt wird mittels einer Literaturrecherche ein Katalog möglicher Einsparpotenziale erstellt. Hierbei werden sowohl eigene Forschungsarbeiten, als auch Forschungsarbeiten und Veröffentlichungen Dritter, Herstellerunterlagen, sowie Normen und Richtlinien berücksichtigt. Auch die Anforderungen an die energetische Inspektion gemäß EnEV und der europäischen „Energy Performance of Building Directive“ (Richtlinie 2002/91/EG) [7] und die damit zusammenhängenden Normen, werden beachtet. Im Folgenden wird die ausgewertete Literatur kurz beschrieben.

3.1 Normen und Richtlinien zur Inspektion

Im Zusammenhang mit der EPBD wurden mehrere europäischen Normen erarbeitet welche die Inspektion der verschiedenen Gewerke behandeln. Dies sind:

- DIN EN 15239 Inspektion von Lüftungsanlagen [8]
- DIN EN 15240 Inspektion von Klimaanlage [9]
- DIN EN 15378 Inspektion von Kesseln und Heizsystemen [10]

Diese Normen erhalten Hinweise zu:

- Benötigte Dokumente
- Häufigkeit der Inspektion
- Inhalte der Inspektion
- Auswertung

Es wird jeweils nur ein einzelnes Gewerk bearbeitet. Die Angaben sind meist sehr vage und Verweisen für Details auf nationale Regelwerke. Konkrete Handlungsanleitungen wie Einsparpotenziale für verschiedene Anlagentypen identifiziert werden können fehlen.

Neben diesen Normen gibt es vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. einige Arbeitsblätter zur Wartung von Lufttechnik, Heiztechnik, Kältetechnik und MSR-Technik sowie mehrere Blätter welche sich detaillierter mit Kältemaschinen- und anlagen befassen.

- VDMA 24186-1: 09-2002 Leistungsprogramm Wartung Lufttechnik
- VDMA 24186-2: 01-2007 Leistungsprogramm Wartung Heiztechnik
- VDMA 24186-3: 09-2002 Leistungsprogramm Wartung Kältetechnik
- VDMA 24186-4: 09-2002 Leistungsprogramm Wartung MSR-Technik

Diese Arbeitsblätter stellen reine Checklisten für die Wartung der Anlagen dar, auf den Betrieb wird nicht eingegangen. Insofern sind die Angaben in den VDMA-Einheitsblätter nur relevant, wenn sie Einfluss auf den Energieverbrauch der entsprechenden Anlage haben.



3.2 Forschungsberichte

Neben der einschlägigen Normung wird noch weitere Literatur analysiert. Am IGE wurden folgende Forschungsprojekte auf diesem Gebiet durchgeführt und für die Auswertung berücksichtigt:

- Schmidt, M. Arold, J.: Untersuchung zur Erschließung niedrig investiver Energieeinsparpotenziale [3]
- Schmidt, F. Stergiaropoulos, K. et. al.: REUSE - Rational Use of Energy at the University of Stuttgart Building Environment [2]
- Grob, R. Schmidt, M. Harter, J. ,Bach, H.: COURAGE - Computergestützte Überprüfung von bestehenden heiz- und raumluftechnischen Anlagen
- Grob, R. Kopetzky, R. Schmidt, F.: WIMA - Wissensbasiertes Energiemanagement-eine neue Dienstleistung für mittelständische Unternehmen
- Schmidt, M. Stergiaropoulos, K.: EMSLE - Energie Management System für die Stadt Leinfelden-Echterdingen
- Schmidt, M.; Stergiaropoulos, K.; Schmidt, F.: CAMPUS - Energie- und Gebäudemanagement im Campus Pfaffenwald und seine Auswirkungen auf die Effizienz der Energieerzeugung [1]

Neben den eigenen Forschungsergebnissen wurden auch Erfahrungen von anderen Forschungsarbeiten berücksichtigt. Z.B. gibt es vom Fachinstitut Gebäude-Klima e.V. (FGK), das sich mit der energetischen Inspektion von Klimaanlage nach § 12 der EnEV befasst, Leitfäden und Berichte zu diesem Thema.

Bei der Mannheimer Wohnungsbaugesellschaft GBG, wird auf einen energiesparenden Betrieb von Heizungsanlagen geachtet. Eine wichtige Grundlage hierfür ist der hydraulische Abgleich der Heizanlage, welcher in der Praxis häufig gar nicht oder unzureichend durchgeführt wird. Hier wurden bei der GBG bereits Erfahrungen in verschiedenen Projekten gesammelt.

Mit Hilfe der eigenen Erfahrungen und der Literaturquellen wird eine Maßnahmensammlung entworfen, die in die Form des Expertensystems eingearbeitet wird. Die Darstellung des Expertensystems wird im nachfolgenden Kapitel näher erläutert.

4 Darstellungsmöglichkeiten des Expertensystems

Ausgehend von den Organisationstechniken aus der Arbeitswissenschaft wurden Möglichkeiten zur Darstellung des Expertensystems geprüft und ausgewählt. Bei den Dokumentationstechniken haben sich das Organigramm und der Folgeplan als geeignete Darstellungsformen gezeigt. Bei den Analysetechniken hat sich die Checkliste als am geeignetsten erwiesen. Im Folgenden wird auf die einzelnen Möglichkeiten etwas näher eingegangen.



4.1 Dokumentationstechniken

Die Techniken der Dokumentation eignen sich zur Darstellung von Arbeitsabläufen, insbesondere von komplexen Abläufen. Es gibt dabei 3 Formen von Darstellungsstrukturen:

- Verbale Beschreibungen (Texte)
- Beziehungsschaubilder (Verknüpfung zwischen den Elementen)
- Ablaufdarstellungen (logische Aufeinanderfolge von Vorgängen)

In der Praxis werden diese 3 Formen oft zusammen verwendet.

4.1.1 Organigramm

Ein Organigramm eignet sich um hierarchische Strukturen darzustellen. Die Pyramidenform ist kennzeichnend für das Organigramm. Das Leitthema wird oben in der 1.Ebene abgebildet. Daraus verzweigen sich weitere Ebenen, sogenannte Über- und Unterordnungen, die mit dem Leitthema zusammenhängen.

4.1.2 Folgeplan

Die Darstellung des Folgeplans unterscheidet sich vom Organigramm dadurch, dass es Verzweigungen, Zusammenführungen, Abhängigkeiten und Rückkopplungen gibt. Folgepläne eignen sich zur Darstellung von logischen und zeitlichen Ablauffolgen, auch Abhängigkeiten sind darstellbar.

4.2 Analysetechniken

Analysetechniken dienen der kritischen Auseinandersetzung mit dem Ist-Zustand. Durch die Aufnahme des Ist-Zustandes werden Abweichungen, Schwachstellen und Mängel erkannt, sowie Lösungsmöglichkeiten dargestellt und realisiert.

4.2.1 Checkliste (Prüfliste)

Checklisten dienen dem erkennen von Organisations- und Routineproblemen. Durch gezielte Fragen, die der Nutzer beantworten muss, sollen Denkprozesse angestoßen sowie Lösungsansätze formuliert und ausgeführt werden. In einer Checkliste können alle verschiedenen Aspekte eines Problemfeldes dargestellt werden die wichtig sind. Das Aussehen von Checklisten ist nicht festgelegt. Jede Checkliste kann an die jeweilige Anwendung angepasst werden.

Für das Expertensystem erscheint die Checkliste bzw. Prüfliste als geeignetste Form, aus diesem Grund erfolgt die weitere Ausformulierung des Expertensystems als Checkliste.

5 Gliederung und Struktur des Expertensystems

Das Expertensystem ist für Gebäude mit verschiedener technischer Ausstattung anpassbar. Deshalb erfolgt die Hauptgliederung in die verschiedenen Bereiche



- Gebäude,
- Heizung,
- Lüftung,
- Kälte und
- Beleuchtung.

Für die einzelnen Bereiche gibt es je nach Bedarf

- Checklisten,
- Übersichtslisten und einen
- Anhang.

Wobei der Anhang zu einem zusammenhängenden Dokument, eine Art Begleitheft, zusammengefasst ist. Die einzelnen Dokumententypen haben die im Folgenden beschriebenen Aufgaben.

5.1 Checklisten

In den Checklisten werden verschiedene Fragen gestellt und mit Hinweisen versehen. Diese Checklisten dienen dazu, einzelne Teilsysteme wie z.B. Heizkreise, RLT-Anlagen etc. zu analysieren. Hier erfolgen das Erfassen des Ist-Zustands und der technischen Ausstattung sowie eine Bewertung des Betriebs.

In den Checklisten gibt es unterschiedliche Fragetypen, mit verschiedenen Inhalten. Die überwiegend verwendeten Fragetypen werden im Folgenden erläutert. Erschien es in Einzelfällen sinnvoll von diesem Stil abzuweichen, wurde die äußere Form angepasst. Tabelle 5-1 zeigt ein Muster der Checklisten.

Tabelle 5-1: Muster der verwendeten Checklisten

		Ja	Nein
CL Typ 1	Einstellungen für den hydraulischen Abgleich möglich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CL Typ 2	Treppenhäuser a) <input type="checkbox"/> innenliegend b) <input type="checkbox"/> außenliegend		
CL Typ 3	Bezeichnung der Lüftungszone:		
		Wert	
CL Typ 4	Wie hoch ist die Heizlast des Raums?		kW
Hinweis 1	Hinweis:		
Hinweis 2	Nutzerhinweis:		
Hinweis 3	Umrüstempfehlung:		
Hinweis 4	Organisatorischer Hinweis:		



- CL Typ 1: Hier werden Fragen gestellt, die mit Ja oder Nein beantwortet werden müssen. Da es nicht möglich war, alle Fragen so zu formulieren, dass es genügt, ein Häkchen zu setzen, wurde diese Form gewählt.
- CL Typ 2: Diese Form kommt zur Anwendung, wenn mehrere Auswahlmöglichkeiten bestehen. Die weiterführende Nummerierung mit a), b) dient einer späteren Adressierung. D.h. wird hier „außenliegend“ ausgewählt kann später mit „CL Typ 2 b)“ darauf verwiesen werden.
- CL Typ 3: Mit diesem Typ können Fragen mit umfangreicheren Antworten abgefragt werden
- CL Typ 4: Hiermit können Zahlenwerte, Ist-Werte, Soll-Werte etc. überprüft werden.
- Hinweis 1: Erläuterungen wie die gemachten Angaben zu interpretieren sind.
- Hinweis 2: Hier werden Hinweise gegeben, die an die Nutzer des Gebäudes weitergegeben werden sollten.
- Hinweis 3: Wird bei der Untersuchung festgestellt, dass die Ausstattung nicht mehr dem Stand der Technik entspricht, werden an dieser Stelle Empfehlungen gegeben, worauf bei der Ersatzinvestition geachtet werden muss. Diese ergeben sich häufig als Konsequenz aus dem technischen Fortschritt.
- Hinweis 4: Unter organisatorischen Hinweisen sind Maßnahmen erfasst, auf welche die Hausverwaltung und der technische Dienst reagieren können.

5.2 Übersichtslisten

Diese Listen haben mehrere Aufgaben. Sie dienen der Gesamtübersicht über das Gebäude, bzw. dessen Anlagen, der Dokumentation von Änderungen und werden dann eingesetzt, wenn sehr viele Einzeleinheiten untersucht werden müssen (z.B. bei der raumweisen Betrachtung der Nutzenübergabe). Tabelle 5-2 zeigt als Beispiel eine Übersichtsliste aus dem Teil „Gebäude“, in welcher den Gebäudebereichen die zugehörigen Anlagen und Versorgungskreise zugeordnet werden.

Tabelle 5-2: Beispiel für eine Übersichtsliste der Nutzung in den einzelnen Nutzungszonen

Pos.	Nutzungszone	Nutzungsart	Änderung der Nutzung?	Änderung der Gebäudehülle?	Soll/Ist $\vartheta_{Ra,Heiz}$	Soll / Ist $\vartheta_{Ra,Kühl}$
1					°C/ °C	°C/ °C
2					°C/ °C	°C/ °C

5.3 Anhang

Im Anhang befinden sich umfangreichere Informationen und Handlungsempfehlungen, welche den Textfluss der Checklisten stören würden. Die Bezüge zu Quellen Dritter wurden ebenfalls in den Anhang ausgelagert. Zu diesen Quellen gehören z.B. die EnEV [6] und verschiedene Normen, wie z.B. DIN EN 15251 [7] und DIN EN 13779 [8]. Ändert sich in diesen Quellen etwas, genügt es den Anhang zu ändern, ohne in die Checklisten eingreifen zu müssen.



6 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts wurde eine gewerkeübergreifende Anleitung, ein sog. Expertensystem, erstellt, welche das Auffinden niedriginvestiver Energiesparpotenziale erleichtern soll. Dabei wurde besonders darauf geachtet, das „Expertensystem“ so zu gestalten, das es von potentiellen Anwendern akzeptiert wird. Das Expertensystem kann seine Wirkung nur entfalten wenn es der Anwender auch benutzt und nicht frustriert aufgibt. Aus diesem Grund wurde die Idee das Expertensystem in der Form eines Folgeplans aufzubauen verworfen und stattdessen die Checkliste als äußere Form des Expertensystems ausgewählt.

Für den Katalog an niedriginvestiven Maßnahmen zur Energieeinsparung wurde sowohl auf eigene Erfahrungen des Instituts als auch auf Erfahrungen an anderen Stellen zurückgegriffen. Außerdem wurden die Anforderungen an die energetische Inspektion der EnEV und der EPBD berücksichtigt.

Ein erster Testlauf mit Betriebspersonal eines realen Gebäudes hat gezeigt, dass durch solche Testläufe neue Impulse aus der Praxis gegeben werden, welche für eine weitere Verbesserung, vor allem hinsichtlich der Anwendungsfreundlichkeit, genutzt werden können. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, das Expertensystem in einer längeren Testphase zu überprüfen und weiter anzupassen.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Schmidt, M.; Stergiaropoulos, K.; Schmidt, F.: CAMPUS - Energie- und Gebäudemanagement im Campus Pfaffenwald und seine Auswirkungen auf die Effizienz der Energieerzeugung, Schlussbericht, LHR 01-05, Stuttgart 2005
- [2] Schmidt, F. Stergiaropoulos, K. et. al.: REUSE - Rational Use of Energy at the University of Stuttgart Building Environment, Technischer Abschlußbericht BU 343/94 DE, Universität Stuttgart IKE-Bericht 4–151. Stuttgart 1999
- [3] Schmidt, M.; Arold, J.: Untersuchung zu niedriginvestiven Einsparpotenzialen, Schlussbericht, IGE-09-09, Stuttgart 2009
- [4] Grob, R. Schmidt, M. Harter, J., Bach, H.: COURAGE – Computergestützte Überprüfung von bestehenden heiz- und raumluftechnischen Anlagen, Schlussbericht, BMWi 0329815A/3, Universität Stuttgart, IKE - Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik, Stuttgart 2002
- [5] Grob, R. Kopetzky, R. Schmidt, F.: WIMA - Wissensbasiertes Energiemanagement - eine neue Dienstleistung für mittelständische Unternehmen, Schlussbericht BMBF 01HW0161, Stuttgart 2003
- [6] Schmidt, M. Stergiaropoulos, K.: EMSLE Energie Management System für die Stadt Leinfelden-Echterdingen, Schlussbericht, LHR 7-33, Stuttgart 2004
- [7] EPBD Richtlinie 2002/91/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften, 2003, Nr. L1, S.65ff
- [8] DIN EN 15378: 02-2006 Heizsysteme in Gebäuden- Inspektion von Wärmeerzeugern und Heizsystemen.



- [9] DIN EN 15239: 08-2007 Lüftung von Gebäuden- Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden-Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen.
- [10] DIN EN 15240: 08-2007 Lüftung von Gebäuden- Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden-Leitlinien für die Inspektion von Klimaanlageanlagen.
- [11] VDMA 24186-1: 2002–09 Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden: Teil 1 Lufttechnische Geräte und Anlagen
- [12] VDMA 24186-2: 2007–01 Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden: Teil 2 Heiztechnische Geräte und Anlagen
- [13] VDMA 24186-3: 2002–09 Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden: Teil 3 Kältetechnische Anlagen zu Heiz- und Kühlzwecken
- [14] VDMA 24186-4: 2002–09 Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden: Teil 4 MSR Einrichtungen und Gebäudeautomationssysteme
- [15] EnEV 2009: Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung, Bundesgesetzblatt, 2009, Nr.23, S. 954 ff
- [16] Händel, Claus: Energetische Inspektion von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen: 5 FGK Status-Report 3 Aufl. 2010
- [17] Tackobst consortium (GBG Mannheim): Pedagogical guide. Tackling obstacles to energy efficiency in social housing. Bericht, Mannheim 2009
- [18] *Fielenbach, Hubert*: Praxisbericht. Optimierung von Heizungsanlagen durch geringinvestive Maßnahmen, Vortrag, 2009
- [19] DIN EN 15251: 2007-08 Eingangsparameter für das Raum-klima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik
- [20] DIN EN 13779: 2007–09 Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme