

Verbesserung von Energieeffizienz und Komfort im Gebäudebetrieb
durch den Einsatz prädiktiver Betriebsverfahren (PräBV).
Abschlussbericht

Bearbeitet von
Elmar Bollin, Thomas Feldmann

1. Auflage 2014. Buch. 165 S.
ISBN 978 3 8167 9287 1

Weitere Fachgebiete > Technik > Baukonstruktion, Baufachmaterialien > Haustechnik,
Gebäudeautomatisierung

schnell und portofrei erhältlich bei

The logo for beck-shop.de features the text 'beck-shop.de' in a bold, red, sans-serif font. Above the 'i' in 'shop' are three red dots of increasing size. Below the main text, the words 'DIE FACHBUCHHANDLUNG' are written in a smaller, red, all-caps, sans-serif font.

beck-shop.de
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Elmar Bollin, Thomas Feldmann

Verbesserung von Energieeffizienz und Komfort im Gebäudebetrieb durch den Einsatz prädiktiver Betriebsverfahren (PräBV)

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

© by Fraunhofer IRB Verlag

2014

ISBN 978-3-8167-9287-1

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/bauforschung



Abschlussbericht

Verbesserung von Energieeffizienz und Komfort im Gebäudebetrieb durch den Einsatz prädiktiver Betriebsverfahren (PräBV)



Institut für Energiesystemtechnik (INES)
Badstr. 24
77652 Offenburg

Projektleitung: Prof. Elmar Bollin
Bearbeitung: Thomas Feldmann

Sept. 2009 – März 2012

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung in Vertretung des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung gefördert.
(Aktenzeichen: SF – 10.08.18.7- 09.19 / II 3 – F20-09-1-039)
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor

Projektförderkennzeichen: 10.08.18.7-09.19

Projektträger:

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln aus dem Bundeshaushalt für Forschungsprojekte im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren".

Dieser Bericht wurde erstellt von:

Projektkoordination

Hochschule Offenburg

Projektleiter: Prof. Elmar Bollin

Projektbearbeiter:

Thomas Feldmann, Clemens Bruder, Benjamin Pfändler, Prof. Dr. Harald Wiedemann, Martin Schmelas

Projektbeteiligte

Hochschule Köln

Projektleiter: Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Schellong

Projektbearbeiter: Jose Soto Rodriguez

Firma FMSbase.com

Projektleiter: Siniko von Keitz

Projektbearbeiter: Guido Walther

HKW-Elektronik GmbH

Projektleiter: Jörg Schneider

Projektbearbeiter: Udo Volkhardt, Markus Hetzer, Klaus Metzner, Thomas Kowald

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Energiesituation in der Gebäudetechnik	1
1.2	Ziel des Forschungsprojekts Prädiktive Betriebsverfahren (PräBV).....	2
2	Grundlagen.....	4
2.1	Klimatisierung von Büro- und Verwaltungsgebäuden	4
2.1.1	Thermische Behaglichkeit.....	4
2.1.2	Heizlast und Kühllast	5
2.1.3	Übersicht über übliche Klimatisierungskonzepte in der Gebäudetechnik	6
2.2	Thermoaktive Bauteilsysteme (TABS).....	8
2.2.1	Arten und Aufbau von Thermoaktiven Bauteilsystemen (TABS).....	8
2.2.2	Prinzip von Thermoaktiven Bauteilsystemen (TABS).....	10
2.2.3	Energiequellen, Energiebereitstellung bei Thermoaktiven Bauteilsystemen (TABS)....	10
2.2.4	Funktionsprinzip und dynamisches Verhalten der Betonkerntemperatur	11
3	Potenzialanalyse bzgl. Einsatz von prädiktiven Betriebsverfahren in der Gebäudetechnik.....	15
3.1	Steuer- und Regelungsverfahren im Bereich von Thermoaktiven Bauteilsystemen	15
3.2	Stand der Technik bzgl. prädiktiver Steuer- und Regelungsverfahren in der Gebäudeautomation.....	27
3.3	Beurteilung zum Potenzial von prädiktiven Betriebsverfahren in der Gebäudeautomation ...	30
4	Übertragung von Wetterprognosen für die Gebäudeautomation mit Langwellenfunktechnik und Entwicklung eines Verfahrens zur lokalen Optimierung	31
4.1	Einleitung.....	31
4.2	Entwicklung eines Verfahrens zur Korrektur von Wetterprognosen durch Vor-Ort-Messungen.....	34
4.2.1	Entwicklung des Algorithmus.....	34
4.2.2	Auswertung der Modell-Ansätze.....	37
4.2.3	Anwendung der Langzeitprognose auf interpolierte Prognose-Werte.....	39
4.3	Entwicklung eines Gerätes zum Empfang von Wetterprognosen per Langwelle, Integration von Wettermesstechnik für Vor-Ort-Messungen und Implementierung des Korrekturverfahrens	45
4.4	Entwicklung einer Leitungsgebundenen Schnittstelle zur Anbindung der Gebäudeautomation.....	47
4.5	Test der Prognosen und Evaluierung der Ergebnisse	48
5	Entwicklung eines selbstlernenden Algorithmus zur prädiktiven Heizungsregelung	50
6	Entwicklung von prädiktiven Algorithmen für thermisch aktive Bauteilsysteme (TABS)	58
6.1	Prinzip prädiktiver Verfahren.....	58

6.2	Entwicklungsumgebung	60
6.2.1	Software	60
6.2.2	Versuchsgebäude	61
6.3	Methoden	63
6.4	Variation der Vorlauftemperatur ohne Wetterprognose	63
6.5	Prädiktiver Algorithmus als Basis für selbstlernende Systeme	65
6.6	Optimaler prädiktiver Algorithmus	68
6.7	Sensitivitätsanalyse	71
6.8	Ergebnisse	73
7	Selbstlernende Optimierungsalgorithmen für die Steuerung von thermoaktiven Bauteilsystemen	79
7.1	TRNSYS 17	80
7.1.1	Mathematische Definition des Gebäudemodells	80
7.1.2	Modell der thermoaktiven Bauteilsysteme	83
7.1.3	TRNSYS Bedienungsoberfläche	88
7.1.4	TRNSYS Komponenten (TYPES)	90
7.1.5	Wetterdaten	91
7.1.6	Kopplung von TRNSYS mit MATLAB	91
7.2	Multiple Regression	92
7.2.1	OLS-Schätzung	93
7.2.2	Bestimmtheitsmaß	95
7.2.3	Korrelationskoeffizient	96
7.3	Künstliche Neuronale Netze (KNN)	97
7.3.1	Aufbau und Funktionsweise eines Künstlichen Neurons	97
7.3.2	Identität oder lineare Aktivierungsfunktion	99
7.3.3	Tangens Hyperbolicus Aktivierungsfunktion	100
7.3.4	Lernprozess der Backpropagation	100
7.3.5	Levenberg-Marquardt-Algorithmus	102
7.4	Entwicklung eines Algorithmus auf Basis von Multiplen Regression (MR) mit Hilfe der Programme MATLAB und TRNSYS	104
7.4.1	Testgebäude	104
7.4.2	Algorithmus auf Basis der Multiplen Regression	107
7.4.3	Erste Jahressimulation des Testgebäudes	111
7.4.4	Zweite Jahressimulation des Testgebäudes	120
7.4.5	Jahressimulation mit Änderung der inneren Lasten	123
7.4.6	Jahressimulation mit Änderung des Standortes/ äußeren Lasten	126
7.5	Entwicklung eines Algorithmus auf Basis von Künstlichen Neuronalen Netzen mit Hilfe der Programme MATLAB und TRNSYS	129
7.5.1	Netztopologie	129
7.5.2	Training des Netzes	130
7.5.3	Algorithmus auf Basis von Künstlichen Neuronalen Netzen	130
7.5.4	Erste Jahressimulation des Testgebäudes	131
7.5.5	Jahressimulation mit Änderung der inneren Lasten	134

7.5.6	Jahressimulation mit Änderung des Standortes/äußeren Lasten.....	136
8	Anbindung an Gebäudeleittechnik	140
8.1	Anbindung der Hardware	140
8.2	Anbindung zur Gebäudeleittechnik	143
8.3	Integration der Fuzzy-Logik.....	144
8.4	Umsetzung Multiple lineare Regression	145
8.5	Zugriff auf historische Daten der Gebäudeleittechnik des Bundesministerium Gesundheit in Bonn.....	147
9	Fazit.....	148
9.1	Ausgangslage	148
9.2	Entwicklung prädiktiver Verfahren für die Gebäudeautomation.....	148
9.2.1	Entwicklungsumgebung	148
9.2.2	Prinzip der Energiebedarfsprognose	149
9.2.3	Selbstlernende Algorithmen.....	150
9.3	Wetterprognosen.....	151
9.3.1	Wetterprognosen mit Langwellenfunktechnik	151
9.3.2	Korrekturverfahren von Wetterprognosen durch Vor-Ort-Messungen	151
9.4	Umsetzung Prädiktiver Verfahren in der Gebäudeautomation	152
10	Literatur	153
11	Abbildungsverzeichnis	155
12	Tabellenverzeichnis.....	160