

Michael Schmidt, Jörg Arold

Expertensystem zur Identifikation und Definition niedriginvestiver Maßnahmen zur Senkung des Energieumsatzes und des Schadstoffausstoßes im Gebäudebestand – EXECO2

F 2835

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

2013

ISBN 978-3-8167-8873-7

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

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

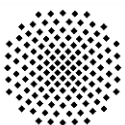
Abschlussbericht

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



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
2 Handlungsbedarf	3
2.1 Energetische Inspektion und Wartung	3
2.2 Stand der Wissenschaft	4
2.3 Vorgehensweise	5
3 Literaturrecherche	7
3.1 Normen und Richtlinien zur Inspektion	7
3.2 Forschungsberichte	7
4 Darstellungsformen des Expertensystems	9
4.1 Anforderung an das Expertensystem	9
4.2 Darstellungsmöglichkeiten des Expertensystems	9
4.3 Dokumentationstechniken	9
4.3.1 Organigramm	10
4.3.2 Folgeplan	10
4.4 Analysetechniken	11
4.4.1 Checkliste (Prüfliste)	11
4.5 Vergleich und Entscheidung zur Wahl der Darstellungsform	12
5 Leitfaden zur Anwendung des Expertensystems	14
5.1 Einführung	14
5.2 Grundlegende Einteilung des Expertensystems	15
5.2.1 Gliederung des Expertensystems	15
5.2.2 Checklisten	16
5.2.3 Übersichtslisten	16
5.2.4 Anhang	16
5.3 Aufbau und „Bedienung“ des Expertensystems	16
5.4 Hinweis zur Informationsbeschaffung	18
5.5 Hinweise zur Kommunikation mit den Gebäudenutzern	18
6 Gebäude	19
6.1 Einführung zum Gebäude	19

6.2	Checkliste Gebäude	19
6.2.1	G_1 Erfassen des Gebäudes	19
6.2.2	G_2 Übersicht der technischen Anlagen	21
6.2.3	G_3 Beschreibung der Nutzungszonen	21
7	Heizung	24
7.1	Grundlagen Heizung.....	24
7.2	Nutzenübergabe der Heizung.....	26
7.2.1	Übersicht über Systeme der Nutzenübergabe.....	26
7.2.2	Freie Heizflächen.....	27
7.2.3	Integrierte Heizflächen.....	27
7.3	Verteilung bei der Heizung	28
7.3.1	Grundsaltungen der Verteilung	29
7.3.2	Differenzdruck-Wegdiagramme	30
7.4	Erzeugung bei der Heizung	31
7.4.1	Erzeuger mit einer Einsatzenergie und eine Zielenergie	32
7.4.2	Erzeuger mit zwei Einsatzenergien und einer Zielenergie.....	32
7.4.3	Erzeuger mit einer Einsatzenergie und zwei Zielenergien.....	33
7.5	Checkliste Heizung_Nutzenübergabe H_N	33
7.5.1	H_N 1 Erfassen des Nutzenübergabesystems	33
7.5.2	H_N 2 Bewerten der Nutzenübergabe.....	33
7.5.3	Hinweise für die Raumtemperatursollwerte im Heizfall.....	34
7.6	Checkliste Heizung_Verteilung H_V.....	36
7.6.1	H_V 1 Umwälzpumpe.....	36
7.6.2	H_V 2 Betrieb der UP des Heizkreises.....	37
7.6.3	H_V 3 Hydraulischer Abgleich.....	37
7.6.4	H_V 4 Undichtigkeiten und Verschmutzungen	39
7.6.5	H_V 5 Dämmung der Rohrleitungen.....	39
7.7	Checkliste Heizung_Erzeugung H_E.....	40
7.7.1	H_E 1 Wärmeerzeuger	40
7.7.2	H_E 2 Betriebszeit.....	40
7.7.3	H_E 3 Temperaturabhängige Steuerung.....	41
7.7.4	H_E 4 Heizkurve.....	41
7.7.5	H_E 5 Mögliche Fehler in der MSR-Technik.....	43
7.7.6	H_E 6 Besondere Anforderungen bei Brennwertkesseln	44
7.7.7	H_E 7 Fernwärme	44
7.7.8	H_E 8 Wärmepumpe	44

8	Trinkwarmwasser	45
8.1	Technische Lösungen	45
8.2	Anwendung in Bürogebäuden	47
8.3	Checkliste Trinkwarmwasser	48
8.3.1	H_TWW 1 Übersicht über den TW-Erwärmer.....	48
8.3.2	H_TWW 2 Zapfstellen	48
8.3.3	H_TWW 3 Ist-Betriebsparameter laut Begehung und Soll laut Auslegung	48
8.3.4	H_TWW 4 Prüfen der Dimensionierung	48
8.3.5	H_TWW 5 Wärmedämmung der Rohre.....	49
8.3.6	H_TWW 6 Undichtigkeiten und Verschmutzungen.....	49
9	Grundlagen der Beleuchtung	50
9.1	Aufgaben der Beleuchtung	50
9.2	Begriffe der Beleuchtung	50
9.2.1	Grundbegriffe der Lichttechnik.....	50
9.2.2	Leuchten.....	52
9.2.1	Lampen	52
9.2.3	Vorschaltgeräte und Schaltungen.....	53
9.2.4	Tageslichtlenksysteme	54
9.2.5	Wartung, Reinigung.....	54
9.3	Checkliste Beleuchtung	56
9.3.1	L_1 Allgemeine Angaben	56
9.3.2	L_2 Lampen.....	56
9.3.3	L_3 Funktionalität der Lampen	56
9.3.4	L_4 Schaltung.....	56
9.3.5	L_5 Optimale Nutzung von Tageslicht.....	57
9.3.6	L_6 Blendung	57
9.3.7	L_7 Lichtschalterreihen	58
9.3.8	L_8 Beleuchtungsstärke	59
9.3.9	L_9 Wartung, Reinigung	59
9.3.10	L_10 Bewegungs- und Präsenzmelder sowie helligkeitsregelnde Sensoren	59
10	RLT-Anlagen	61
10.1	Einführung RLT-Anlagen	61
10.1.1	RLT-Anlagen ohne Lüftungsfunktion	62
10.1.2	RLT-Anlagen mit Lüftungsfunktion	62
10.1.3	Weitere Unterscheidungsmerkmale.....	63
10.2	Wichtige Auslegungsgrößen von RLT-Anlagen.....	65

10.2.1	Außenluftstrom	65
10.2.2	Raumluftfeuchte	67
10.2.3	Betriebszeit der RLT-Anlage	68
10.2.4	Raumtemperaturen.....	69
10.3	Checkliste RLT	70
10.3.1	RLT 1 Übersicht über die RLT-Anlage und die Lüftungszonen	70
10.3.2	RLT 2 Betriebszeit der Anlage.....	70
10.3.3	RLT 3 Luftvolumenströme	70
10.3.4	RLT 4 Ventilator.....	71
10.3.5	RLT 5 Lufterwärmer.....	71
10.3.6	RLT 6 Luftkanal der Anlage	71
10.3.7	RLT 7 Luftfilter	72
10.3.8	RLT 8 Volumenstromregler der RLT-Anlage	72
10.3.9	RLT 9 Klappen und Luftdurchlässe der RLT-Anlage	72
10.3.10	RLT 10 Luftbefeuchter der RLT-Anlage.....	73
10.3.11	RLT 11 Luftkühler	73
11	Kühlung	75
11.1	Grundlagen der Kühlung	75
11.2	Nutzenübergabe der Kühlung.....	75
11.2.1	Übersicht über Systeme der Nutzenübergabe im Kühlfall	75
11.2.2	Nutzenübergabe mittels RLT-Anlagen.....	75
11.2.3	Integrierte Kühlflächen.....	77
11.2.4	Freie Kühlflächen.....	78
11.3	Kälteverteilung.....	78
11.3.1	1-Kreis-System	78
11.3.2	2-Kreis-System	79
11.4	Kältespeicher.....	80
11.5	Kälteerzeugung	80
11.5.1	Eine Einsatzenergie und eine Zielenergie	80
11.5.2	Zwei Einsatzenergien und eine Zielenergie	81
11.5.3	Eine Einsatzenergie mehrere Zielenergien.....	88
11.6	Checkliste Kältenutzenübergabe	88
11.6.1	K_N 1 Induktionsgeräte	88
11.6.2	K_N 2 Kühldecken und Thermische Bauteilaktivierungen	90
11.7	Checkliste Kälteverteilung	90
11.7.1	K_V 1 Umwälzpumpe für Kaltwasserkreislauf	90
11.7.2	K_V 2 Betrieb der Kaltwasserpumpe.....	91

11.7.3	K_V 3 Hydraulischer Abgleich	91
11.7.4	K_V 4 Kaltwasserkreislauf	91
11.7.5	K_V 5 Undichtigkeiten und Verschmutzungen	92
11.7.6	K_V 6 Dämmung der Rohrleitungen	92
11.8	Checkliste Kühlung Erzeugung	92
11.8.1	K_E 1 Allgemeine Angaben	92
11.8.2	K_E 2 Betriebs- und Nutzungszeit	93
11.8.3	K_E 3 Kältemittelkreislauf	93
11.8.4	K_E 4 Zustand des Kälteerzeugers	93
11.8.5	K_E 5 Verdichter	94
11.8.6	K_E 6 Verflüssiger/Kondensator	94
11.8.7	K_E 7 Verdampfer	95
11.8.8	K_E 8 Absorberkreislauf	95
11.8.9	K_E 9 Kältespeicher	95
11.8.10	K_E 10 Rückkühlung	96
12	MSR- und Gebäudeleittechnik	98
12.1	Bedeutung der MSR-Technik für den Anlagenbetrieb	98
12.2	Symptome für Fehler in der MSR-Technik	98
12.3	Erkennen von Fehlern in der MSR-Technik und im Anlagenbetrieb	99
12.3.1	Auswertung gespeicherter GLT-Messwerte	100
12.3.2	Manuelle Vergleichsmessungen	100
12.3.3	Aufmerksames Beobachten	100
12.4	Verbrauchs- und Betriebszeiterfassung	101
12.4.1	Grundlagen zur Verbrauchserfassung	101
12.4.2	Auswertung von Verbrauchsdaten	101
12.4.3	Auswertung von Betriebsstundenzähler	102
12.5	Anhang MSR-Technik	102
13	Zusammenfassung und Ausblick	104
14	Literaturverzeichnis	105

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

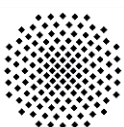
Anhang zum Expertensystem

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



Inhaltsverzeichnis

A_G 1 Maßnahmen zur Verringerung des Kühlenergiebedarfs bzw. der Raumtemperatur	1
A_G 1.1 Vermeiden äußerer Wärmelasten.....	1
A_G 1.2 Nutzung der Außenluft zum Kühlen.....	1
A_G 1.3 Verringern der inneren Wärmebelastungen.....	1
A_G 1.4 Nutzerverhalten Kühlbetrieb	1
A_H 1 Anhang Heizung.....	2
A_H 1.1 Sollwerte der Raumtemperatur.....	2
A_H 1.2 Nutzenübergabe – Allgemeine Hinweise	2
A_H 1.3 Dämmung von Rohrleitungen.....	3
A_H 1.4 Betriebszeit	4
A_H 1.5 Heizgrenztemperatur.....	5
A_H 1.6 Heizkurve	6
A_H 1.7 Maßnahmen zur Anpassung der Heizleistung nach einer Gebäudesanierung oder zur Korrektur einer Überdimensionierung.....	8
A_L 1 Anhang Beleuchtung	9
A_L 1.1 Überprüfen der Beleuchtungsstärke	9
A_L 1.1.1 Überschlägige Berechnung	9
A_L 1.1.2 Beleuchtungsstärkenmessgerät (Luxmeter)	11
A_L 1.2 Hinweise zur elektrischen Leistung von Lampen	13
A_MSR 1 Anhang Mess-, Steuer- und Regeltechnik	14
A_MSR 1.1 Auswertung von Verbrauchsdaten.....	14
A_MSR 1.2 Auswertung von Strom und Wärmelastgängen.....	14
A_MSR 1.2.1 Lastgänge des Wärmeverbrauchs	14
A_MSR 1.2.2 Lastgänge des Kälteverbrauchs.....	16
A_MSR 1.2.3 Lastgänge des Stromverbrauchs	18
A_MSR 1.3 Auswertung von Betriebsstundenzählern	18
A_MSR 1.4 Hinweise zur richtigen Positionierung von Fühlern	19
A_MSR 1.4.1 Montagehinweise für Raumtemperaturfühler	19
A_MSR 1.4.2 Montagehinweise für Außenlufttemperaturfühler.....	20
A_MSR 1.4.3 Montagehinweise für Zulufttemperaturfühler	20
A_MSR 1.4.4 Montagehinweise für Ablufttemperaturfühler.....	20
A_MSR 1.5 Kontrolle der Funktion von Messfühlern	20
A_MSR 1.6 Überprüfen von Zeitschaltungen	21

A_MSR 1.7	Kontrolle der Funktionalität von Ventilen und Klappen.....	22
A_RLT 1	Anlage zu RLT-Anlagen	23
A_RLT 1.1	Ermitteln erforderlicher Luftvolumenströme	23
A_RLT 1.2	Hinweise zu Filtern von RLT–Anlagen gemäß DIN EN 13779	25
A_RLT 1.2.1	Zusätzliche Hinweise zu den Filtern	25
A_RLT 1.3	Sollwerte für die Raumluftheuchte	25
A_RLT 1.4	Spezifische Ventilatorleistung	27
A_RLT 1.4.1	Erweiterte spezifische Ventilatorleistung	27
A_RLT 1.4.2	Übliche Werte für SFP-Kategorien gemäß DIN EN 13779 [15].....	28
A_RLT 1.5	Systemwirkungsgrad Ventilator.....	28
A_K 1	Anhang Kühlung	29
A_K 1.1	Dämmung von Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen	29
A_Quellen		30

Expertensystem zur Identifikation und Definition niedriginvestiver Maßnahmen zur Senkung des Energieumsatzes und des Schadstoffausstoßes im Gebäudebestand – EXECO2

Leitfaden zum Expertensystem

Forschungsprojekt gefördert durch das
Bundesinstitut 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

Inhalt

1. EXECO2–Expertensystem zur	
Energie- und CO ₂ -Einsparung.....	1
1.1 Einführung.....	1
1.2 Grundlegende Einteilung des Expertensystems.....	1
1.1.1 Checklisten	2
1.1.2 Übersichtslisten	2
1.1.3 Anhang	3
1.3 Aufbau und „Bedienung“ des Expertensystems.....	3
1.4 Hinweis zur Informationsbeschaffung	4
1.5 Hinweise zur Kommunikation mit den Gebäudenutzern.....	4
2. Glossar	6

