

Georg Form, Marten F. Brunk, Christoph van Treeck

Regelstrategien zum wirtschaftlichen Einsatz von Wärmepumpen im bivalenten Betrieb

F 2968

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

2016

ISBN 978-3-8167-9679-4

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 zum Forschungsvorhaben

Regelstrategien zum wirtschaftlichen Einsatz von Wärmepumpen im bivalenten Betrieb

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Georg Form
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Marten F. Brunk
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christoph van Treeck

RWTH Aachen University
Lehrstuhl für Baubetrieb und Gebäudetechnik (BGT)
Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen (e3D)

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.

(Aktenzeichen: SF-10.08.18.7-11.21/ II 3-F20-10-1-156)

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt beim Autor.

Aachen, 10.07.2015

INHALTSVERZEICHNIS

0 GLOSSAR.....	IV
1 EINLEITUNG.....	1
1.1 Einführung in die Thematik.....	2
1.2 Problemstellung und Lösungsansatz.....	3
1.3 Zielsetzung und Vorgehensweise.....	4
2 WÄRMEPUMPEN IN GROSSANLAGEN	8
2.1 Hydraulische und regelungstechnische Einbindung	9
2.1.1 Hydraulische Einbindung von Wärmepumpen und Speichern.....	9
2.1.2 Betriebsweisen und regelungstechnische Einbindung von Wärmepumpen ..	11
2.2 Kennzahlen zum Vergleich unterschiedlicher Erzeugertypen.....	14
3 REGULINGSANSÄTZE FÜR BIVALENTE WÄRMEPUMPENANLAGEN	17
3.1 Entscheidungskriterien in neuen Regelungsansätzen	17
3.1.1 Erzeugerwirkungsgrad und Primärenergieeinsatz	18
3.1.2 Energiekosten bzw. Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus einer Erzeugungsanlage.....	18
3.2 Gegenüberstellung einer ökonomischen und ökologischen Betrachtung	19
3.2.1 Treibhausgasemissionen in der Strom- und Wärmeerzeugung.....	20
3.2.2 Verhältnis von Energiepreisen und CO ₂ -Emissionswerten	22
3.2.3 Einfluss der CO ₂ -Emissionswerte und Energiepreise auf eine Systementscheidung	24
3.3 Beschreibung des neuen Regelungsansatzes.....	26
3.3.1 Definition des Regelungsansatzes	26
3.3.2 Vorhersage und Ableitung der Anlagenzustände	29
3.4 Anforderungen an Erzeugungsanlagen zur Umsetzung des neuen Regelungsansatzes	31
4 VORSTELLUNG DES SIMULATIONSMODELLS IN DER BASISVARIANTE A	34
4.1 Modellelemente der Wärme- und Kälteerzeugung	39
4.1.1 Brennwertkesselmodul	39
4.1.2 Wärmepumpenmodul	41
4.1.3 Kältemaschinenmodul	44
4.2 Ablaufstruktur (Regelungstechnik).....	46
4.3 Erdwärmequelle und Wärmesenke (Erdreichmodul)	50

4.4	Lastgang.....	52
4.5	Variablen und Parameter des Simulationsmodells	56
4.5.1	Variablen	56
4.5.2	Parameter.....	57
4.6	Wirkung der Regelstrategie in der Basisvariante A	60
5	EINFLUSSFAKTOREN UND ANWENDUNGSGRENZEN DES REGELUNGSANSATZES	67
5.1	Modellvarianten B: Temperaturen im Heizkreis	68
5.2	Modellvarianten C: Temperaturen des Erdreichmoduls.....	71
5.3	Modellvarianten D: Kennlinien des Wärmepumpenmoduls	79
5.4	Modellvarianten E: Energiepreise und CO ₂ -Emissionswerte	82
5.5	Zusammenfassung der Simulationsergebnisse und Zwischenfazit	86
6	WETTERPROGNOSEN UND AKTIVE ERDREICHBEWIRTSCHAFTUNG	91
6.1	Effekt von Wetterprognosen auf den Regelungsansatz.....	91
6.1.1	Anbieter von Wettervorhersagen	91
6.1.2	Verwendungsmöglichkeiten von Wetterprognosen in der Gebäudetechnik...	92
6.1.3	Effekt von Wetterprognosen in bivalenten Wärmepumpensystemen	93
6.2	Prognose der Erdreichtemperaturen und aktive Bewirtschaftung.....	94
7	ZUSAMMENFASSUNG, FAZIT UND AUSBLICK	98
7.1	Zusammenfassung der Arbeitsschritte und des Lösungsweges.....	98
7.2	Fazit und Ausblick	99
7.2.1	Anlagenmonitoring und Umsetzbarkeit des Regelungsansatzes.....	100
7.2.2	Energiepreisentwicklung und CO ₂ -Emissionswerte.....	101
7.2.3	Vorteile der Systementwicklung und Umsetzungsempfehlung	103
	ANHANG	105
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	124
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	126
	FORMELVERZEICHNIS	128
	TABELLENVERZEICHNIS	129
	LITERATURVERZEICHNIS	132