

Markus Brautsch, Raphael Lechner

Effizienzsteigerung durch Modellkonfiguration in BHKW-Anlagen

F 2840

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

2013

ISBN 978-3-8167-8932-1

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/tauforschung

Effizienzsteigerung durch Modellkonfiguration in BHKW-Anlagen

Endbericht

Gefördert aus Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau, ein Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

Projektlaufzeit 12/2009 – 11/2011
Aktenzeichen SF-10.08.18.7-09.36

Projektleiter Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch
Bearbeiter Raphael Lechner, M.Sc.

Institut für Energietechnik IfE GmbH
an der Hochschule Amberg – Weiden

Für die fachliche Unterstützung und angenehme Zusammenarbeit bedanken wir uns bei den Mitgliedern der projektbegleitenden Arbeitsgruppe

Holger Burkhardt, Fa. Burkhardt GmbH,
Dr. Ulrich Möhl, Fa. YIT Germany GmbH,
Dr.-Ing. John Sievers, Universität Kassel,
Dr. Michael Simon, BBSR,
Dr. Klaus Thuneke, Technologie- und Förderzentrum Straubing,
Andreas Windisch, BBSR

und bei der Fa. Burkhardt GmbH.

An diesem Bericht haben mitgewirkt Roland Achatz, Thorsten Meierhofer, Christoph Vögerl, Markus Weber und Stefan Weiß.

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren

Institut für Energietechnik IfE GmbH
an der Hochschule Amberg-Weiden
Kaiser-Wilhelm-Ring 23a
92224 Amberg
Tel.: ++49 9621 / 482 - 3921
Fax: ++49 9621 / 482 – 4921
E-Mail: info@ifeam.de
www.ifeam.de

Amberg, August 2012

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	16
2	Übersicht der ausgewählten Anlagen	18
3	Methodische Vorgehensweise	21
3.1	Datenerfassung im Kontrollzyklus	21
3.2	Datenanalyse, energetische und ökologische Bilanzierung	23
3.2.1	Energiekennzahlen	23
3.2.2	Primärenergetische Betrachtung	25
3.2.3	CO ₂ -Bilanzierung.....	27
3.3	Wirtschaftliche Bewertung und Sensitivitätsanalyse	33
4	Auslegungsgrundlagen für Blockheizkraftwerke	37
4.1	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	37
4.1.1	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG)	37
4.1.2	Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).....	39
4.1.3	EU KWK-Richtlinie 2004/8/EG	40
4.1.4	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG)	41
4.1.5	Energiesteuergesetz (EnergieStG)	41
4.1.6	Stromsteuergesetz (StromStG).....	42
4.1.7	Immissionsschutzrechtliche Regelungen.....	42
4.2	Dimensionierung und Betriebsstrategie von Blockheizkraftwerken.....	43
4.3	Einbindung von BHKW-Modulen in Energieversorgungssysteme.....	45
4.3.1	Hydraulische Standardschaltungen für die BHKW-Einbindung	45
4.3.2	Regelungstechnische Einbindung.....	50
4.3.3	Typische hydraulische Anlagenkonfigurationen in der Praxis	53
5	Ergebnisse der Begehungen vor Ort	60
5.1	Anlage 1	60
5.2	Anlagen 2 und 3	63
5.3	Anlage 4	65
5.4	Anlage 5	67
5.5	Anlage 6	69

5.6	Anlage 7	71
5.7	Anlage 8	75
5.8	Anlage 9	77
5.9	Anlage 10	81
5.10	Anlage 11	83
5.11	Anlage 12	85
5.12	Anlage 13	88
5.13	Anlage 14	90
5.14	Anlage 15	93
5.15	Anlage 16	96
5.16	Anlage 17	98
5.17	Anlage 18	100
6	Auswertung der Daten aus dem Kontrollzyklus	102
6.1	Ergebnisse der Datenauswertung	102
6.2	Vergleich der Ergebnisse mit dem aktuellem Stand der Technik	113
7	BHKW-Modellkonfigurationen	117
7.1	Modellkonfigurationen im Überblick	117
7.2	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung	121
7.2.1	KWKK Beispiel 1, Anlage 15	123
7.2.2	KWKK Beispiel 2, Anlage 9	129
7.3	Biomethan-BHKW, Anlage 11	136
7.4	Biogas-Satelliten-BHKW, Anlage 7	142
7.5	Abgasnachverstromung, Anlage 4	148
7.6	Holzgas-BHKW, Anlage 18	153
7.7	Brennstoffzellen-BHKW, Anlage 8	158
7.8	Stromgeführter BHKW-Betrieb, Anlage 6	163
7.9	BHKW-Erweiterung, Anlage 10	169
7.10	Modernisierung / Ersatzinvestition	174
7.10.1	Ersatzinvestition Beispiel 1, Anlage 5	174
7.10.2	Ersatzinvestition Beispiel 2, Anlage 12	179

7.11 Organisatorische Maßnahmen und Betriebsführung, Anlage 16.....	183
7.12 Zusammenfassung Modellkonfigurationen	188
8 Fazit aus Datenauswertung und Modellkonfigurationen.....	192
9 Handlungsempfehlungen für Planung und Betrieb	199
9.1 Handlungsempfehlungen für bestehende Anlagen	199
9.2 Handlungsempfehlungen für Neuanlagen	204
Literaturverzeichnis	209
Anhang A1 – Checklisten für Planung und Betrieb von BHKWs	211
Anhang A2 – Anlagenschemas	213
Anhang A3 – Berechnungsgrundlagen.....	221
Anhang A4 – Darstellung des Rechenwegs, Beispiel Anlage 9	227
Anhang A5 – Darstellung des Rechenwegs, Beispiel Anlage 12	234