



## LowEx Fernwärme

## Multilevel District Heating

- Zusammenfassung -

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Clemens Felsmann; Prof. Dr.-Ing. habil. Achim Dittmann

Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Richter

Dr.-Ing. Karin Rühling; Dr.-Ing. Stefan Gnüchtel; Dr.-Ing. Thomas Sander

Dipl.-Ing. Martin Rhein; Dipl.-Ing. (FH) Andreas Wirths

Dipl.-Ing. Steffen Robbi; Dipl.-Ing. (FH) Dominik Haas

Dipl.-Ing. Elisabeth Eckstädt

Dr.-Ing. Martin Knorr; Dipl.-Ing. Andrea Meinzenbach

Dipl.-Math. Sebastian Groß; Dipl.-Inform. Regina Rothmann

Forschungsvorhaben gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages; FKZ: 0327400B

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>BEWERTUNGSMETHODEN, BILANZGRENZEN .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>KOMPLEXANALYSE LOW TEMPERATURE &amp; CHP /MDH 10A/ .....</b>	<b>7</b>
3.1	UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND .....	7
3.2	BESCHREIBUNG DER SIMULATIONSMODELLE .....	9
3.3	THERMISCHE ANALYSE VON FERNWÄRMESYSTEMEN – VEREINFACHTE BESTIMMUNG DER NETZWÄRMEVERLUSTE .....	10
3.4	BEWERTUNG DES STROMBEDARFS FÜR UMWÄLZPUMPEN IM FERNWÄRMESYSTEM .....	13
3.5	MODELLIERUNG DER KRAFTWERKSPROZESSE MIT EBSILON .....	14
3.5.1	<i>Allgemeines</i> .....	14
3.5.2	<i>Dampfturbine</i> .....	15
3.5.3	<i>Gas turbine</i> .....	21
3.5.4	<i>HKW mit Gas- und Dampfturbinen (GuD)</i> .....	22
3.5.5	<i>DREGID</i> .....	23
3.5.6	<i>Vergleichende Betrachtung zu KWK großer Leistung</i> .....	25
3.6	MIKRO-KWK-ANLAGEN .....	29
3.6.1	<i>Aktuelle Bedeutung, Vorgehensweise</i> .....	29
3.6.2	<i>Bilanzgrenzen und Randbedingungen</i> .....	30
3.6.3	<i>Energiewirtschaftliche Bewertung von Mikro-KWK-Anlagen</i> .....	31
3.6.4	<i>Energetische Bewertung</i> .....	32
3.6.5	<i>Bewertung nach Exergie</i> .....	34
3.6.6	<i>Bewertung nach harmonisierten Wirkungsgraden</i> .....	34
3.6.7	<i>CO<sub>2</sub>-Einsparung gegenüber getrennter Erzeugung</i> .....	35
3.7	ZUSAMMENFASSUNG .....	36
<b>4</b>	<b>MULTIFUNKTIONALE FERNWÄRMESYSTEME /MDH 10B/ .....</b>	<b>41</b>
4.1	UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND .....	41
4.2	ANALYSE AUSGEWÄHLTER FERNWÄRMENETZE .....	44
4.2.1	<i>Untersuchte Netze</i> .....	44
4.2.2	<i>Solares Nahwärmenetz München-Ackermannbogen</i> .....	44
4.2.3	<i>Gartenheimsiedlung Dresden</i> .....	45
4.2.4	<i>Nahwärmenetz Herrenhut</i> .....	47
4.3	SIMULATIONSWERKZEUGE .....	50
4.3.1	<i>Entwicklung von LowExNetz</i> .....	50
4.3.2	<i>Vergleich mit anderen Fernwärme-Softwareentwicklungen</i> .....	53
4.4	LASTPROFILE ZUR SIMULATION VON FERNWÄRMENETZEN .....	55

4.4.1	<i>Ausgangssituation</i> .....	55
4.4.2	<i>Erstellen normierter Referenzlastprofile aus Messwerten</i> .....	56
4.5	<b>NETZSTRUKTUREN FÜR EINE GEKOPPELTE WÄRMEVERSORGUNG UND WÄRMEENTSORGUNG</b> .....	60
4.5.1	<i>Einführung</i> .....	60
4.5.2	<i>Bilanzräume</i> .....	61
4.5.3	<i>Kompressionswärmepumpen in Fernwärmenetzen</i> .....	61
4.5.4	<i>Wärmesenken im Netzurücklauf – sogenannte Rücklaufanlagen</i> .....	67
4.5.5	<i>Wärmesenken im Netzurücklauf - Einsatz von Kompressionswärmepumpen</i> .....	72
4.6	<b>LOWEX-NETZE</b> .....	77
4.7	<b>KWK UND SOLARTHERMIE</b> .....	81
4.8	<b>AUSBLICK</b> .....	83
<b>5</b>	<b>EINFLUSS SINKENDER VORLAUFTEMPERATUREN AUF DIE GEBÄUDETECHNIK /MDH 10C/ ..</b>	<b>84</b>
5.1	<b>UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND</b> .....	84
5.2	<b>BEWERTUNGSKRITERIEN FÜR DIE ANLAGENTECHNIK IM GEBÄUDE</b> .....	85
5.2.1	<i>Bilanzgrenze</i> .....	85
5.2.2	<i>Energetische Bewertung</i> .....	86
5.3	<b>HAUSANSCHLUSSSTATION (HAST)</b> .....	88
5.4	<b>UNTERSUCHUNGSMETHODIK</b> .....	91
5.5	<b>EINFLUSSGRÖßEN AUF DAS RÜCKLAUFTEMPERATURNIVEAU</b> .....	91
5.6	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN</b> .....	93
5.7	<b>HAST FÜR LOWEX-FERNWÄRMESYSTEME</b> .....	94
5.8	<b>ERMITTLUNG CHARAKTERISTISCHER LASTGÄNGE</b> .....	96
5.9	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	101
<b>6</b>	<b>SOFTWARE ZUR VERBESSERUNG DER EINSATZCHANCEN VON FERNWÄRMESYSTEMEN /MDH 10D/.....</b>	<b>105</b>
6.1	<b>UNTERSUCHUNGSGEGENSTAND</b> .....	105
6.2	<b>ENTWICKELTE SOFTWARE-PRODUKTE</b> .....	107
6.2.1	<i>Programm STEFaN zur Netz-Optimierung für die Ausbauplanung</i> .....	107
6.2.2	<i>FreeOpt - Optimierungs-Baustein für die Einsatzplanung von Wärme-Erzeugern</i> .....	112
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>119</b>
<b>8</b>	<b>FORMELZEICHEN, INDIZES, ABKÜRZUNGEN</b> .....	<b>125</b>
	<b>FORMELVERZEICHNIS</b> .....	<b>125</b>
<b>9</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>128</b>