
Wirtschaftliche Nutzung von Abwärmequellen

Wolfgang Heße • Bert Oschatz

Wirtschaftliche Nutzung von Abwärmequellen

Randbedingungen, technische
Voraussetzungen und Wärmenetze



Springer Vieweg

Wolfgang Heße
Dresden, Deutschland

Bert Oschatz
Dresden, Deutschland

ISBN 978-3-658-41725-3 ISBN 978-3-658-41726-0 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-41726-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Daniel Fröhlich

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Vorwort

Die Nutzung von Abwärme ist bisher wirtschaftlich meist nur für größere Leistungen darstellbar, vor allem wegen der hohen Kosten für den Wärmetransport. Die WärmeverSORGUNG von Gebäuden findet für größere Leistungen zu einem erheblichen Maße über Wärmenetze statt. Deshalb bieten sich diese für die Nutzung von Abwärme an. Die Chancen für eine AbwärmENutzung über Wärmenetze werden sich zukünftig deutlich verbessern, da die erwarteten Energiepreissteigerungen die Wirtschaftlichkeit verbessern und gleichzeitig klimapolitische Ziele eine verstärkte AbwärmENutzung erzwingen.

Eine effiziente Nutzung der Abwärme ausschließlich mittels Wärmeübertrager wird durch die relativ hohen Rücklauftemperaturen der Wärmenetze begrenzt. Durch den zusätzlichen Einsatz von Wärmepumpen kann die Rücklauftemperatur der Abwärme unter die Rücklauftemperatur der Wärmenetze gesenkt werden. Damit wird eine Verringerung der Kosten für den Wärmetransport erreicht, welche den zusätzlichen Aufwendungen für den Wärmepumpeneinsatz gegenüberzustellen ist.

In dieser Publikation werden Verfahren zur Kombination von Wärmeübertragern und Wärmepumpen zur AbwärmENutzung vorgestellt und überschlägig wirtschaftlich beWERTET. Die Versorgungsverhältnisse der Wärmenetze spielen bei der Einbindung der Abwärme eine wichtige Rolle und werden anhand konkreter Beispiele dargestellt. Für den Wärmetransport werden die Komponenten Rohrleitung und Umwälzpumpe betrachtet ebenso wie Wärmeübertrager und Wärmepumpen als Komponenten der Einbindung der Abwärme in das Wärmenetz.

Das Buch richtet sich vor allem an Ingenieure, welche auf dem Gebiet der WärmeverSORGUNG tätig sind. Auch für Energetiker in Kommunen und Betrieben sowie Auszubildende der Energiewirtschaft und der Technischen Gebäudeausrüstung sollten die dargestellten Zusammenhänge von Interesse sein.

Die Autoren sind seit Jahren auf dem Gebiet der Planung und Optimierung von WärmeverSORGungsanlagen tätig und haben bei der Bearbeitung des Buches umfangreiche Hilfe und Unterstützung erhalten. Dafür möchten sie sich an dieser Stelle bedanken.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Achim Dittmann vor allem für die fachliche BeGleitung der theoretischen Aspekte der AbwärmENutzung. Des Weiteren danken wir Herrn Bernd Klimes sowie seinen Kollegen Herrn Dirk Schindler und Herrn Fabian Österreich

vom Ingenieurbüro INNIUS DÖ GmbH in Dresden für ihre Unterstützung bei der Beschaffung von Wärmenetzdaten und den fruchtbaren Erfahrungsaustausch über die inhaltliche Gestaltung des Buches.

Informationen zum Wärmeverbrauch sowie zu den Vorlauf- und Rücklauftemperaturen von Wärmenetzen wurden von den Stadtwerken Niesky und den Technischen Diensten Heidenau zur Verfügung gestellt. Dafür danken wir Herr Holger Ludwig und Herrn Uwe Bartsch.

Von Firmenmitarbeitern wurde ebenfalls Hilfe und Unterstützung gewährt. Wir danken Herrn Holger Hockauf von der Fa. Daume GmbH für Preisinformationen zu Rohrleitungen, Herrn Michael Wirth von der Fa. Grundfos® und Herrn Nikita Werner von der Fa. SWEP® für ihre Erläuterungen zur Nutzung der Bemessungssoftware für Umwälzpumpen und Wärmeübertrager. Herrn Dan Steenbuck von der Fa. Johnson Controls® gilt unser Dank für die Erarbeitung von Angeboten für Wärmepumpen. Ebenfalls danken wir unseren Ansprechpartnern vom Springer Verlag, der Projektmanagerin Frau Annette Prenzer und dem Cheflektor Energie- | Umwelttechnik Herrn Dr. Daniel Fröhlich für die Hilfe und auch ihre Geduld bei der Fertigstellung des Manuskriptes.

Trotz der sorgfältigen Bearbeitung des Buches lassen sich Fehler oder Unklarheiten manchmal nicht vermeiden. Diesbezügliche Anmerkungen oder Anregungen zur Ergänzung des Buches werden dankbar aufgenommen. Sie können an w.hesse_ggg144@gmx.de oder oschatz@itg-dresden.de gerichtet werden

Dresden
April 2023

Wolfgang Heße
Bert Oschatz

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Theoretische Betrachtungen	3
2.1	Klassifizierung der Abwärmepotenziale	3
2.2	Fall 1: Eintrittstemperatur Wärmequelle größer als Austrittstemperatur Wärmesenke	5
2.3	Fall 2: Eintrittstemperatur Wärmequelle zwischen Ein- und Austrittstemperatur Wärmesenke	12
2.4	Fazit zu den theoretischen Betrachtungen	15
2.5	Erläuterungen zu den Temperatur-Wärme-Schaubildern	16
3	Wärmenetze	23
3.1	Außentemperatur und Jahresdauerlinie der Außentemperatur	23
3.2	Versorgungsverhältnisse für Wärmenetze	26
3.3	Vorlauf- und Rücklauftemperaturen in Wärmenetzen	31
3.4	Jahresdauerlinie für die Wärmeleistung	34
3.5	Fazit zu den Betrachtungen über die Wärmenetze	38
4	Wärmeübertragung	41
4.1	Wärmeübertrager	41
4.2	Wärmepumpen	45
5	Wärmetransport	53
5.1	Rohrleitungen – Druckverluste	53
5.2	Rohrleitungen – Wärmeverluste	54
5.3	Umwälzpumpen	58
5.4	Bemessung von Rohrleitung und Umwälzpumpe	60
6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen nach VDI 2067-1	69

7	Darstellung des Gesamtprozesses anhand eines Beispiels	73
7.1	Schema Abwärmenutzung und Szenarien	73
7.2	Nennvolumenströme und energetische Bewertung	75
7.3	Überschlägige wirtschaftliche Bewertung	82
7.4	Fazit zum Gesamtprozess der Abwärmenutzung	84
Literatur		87
Stichwortverzeichnis		89

Abkürzungen, Formelzeichen und Indizes

Abkürzungen

AP	Arbeitspunkt (für Umwälzpumpen)
TWWB	Trinkwarmwasserbereitung
WP	Wärmepumpe
WÜ	Wärmeübertrager

Formelzeichen und Indizes

a	Annuitätsfaktor
A	Fläche
c_p	spezifische isobare Wärmekapazität
\dot{C}_p	Wärmestrom Primärseite (Wärmequelle – Abwärme)
\dot{C}_s	Wärmestrom Sekundärseite (Wärmesenke – Wärmenetz)
d_a	Rohraußendurchmesser
d_i	Rohrinnendurchmesser
g	Gravitationskonstante an der Erdoberfläche
Gt	Gradtagszahl
h	spezifische Enthalpie
H	Förderhöhe
k	Wärmedurchgangskoeffizient
\dot{m}_p	Massestrom Primärseite (Wärmequelle – Abwärme)
\dot{m}_s	Massestrom Sekundärseite (Wärmesenke – Wärmenetz)
NTU _p	Anzahl der Übertragungseinheiten primär
NTU _s	Anzahl der Übertragungseinheiten sekundär
P_p	dimensionslose Änderung der Stoffströme primär
P_s	dimensionslose Änderung der Stoffströme sekundär
$p_{Q_{ges.}}$	spezifische Antriebsleistung der Wärmepumpe bezogen auf die Gesamtleistung

p_{Qp}	spezifische Antriebsleistung der Wärmepumpe bezogen auf die Leistung der Wärmequelle
p_{Qs}	spezifische Antriebsleistung der Wärmepumpe bezogen auf die Leistung der Wärmesenke
\dot{P}_{WP}	Antriebsleistung der Wärmepumpe
q	Zinsfaktor (Wirtschaftlichkeitsberechnungen)
\dot{Q}	Wärmeleistung
\dot{Q}^*	Nennwärmeleistung
\dot{Q}_N	Wärmeleistung Wärmenetz
Re	Reynolds-Zahl
R_p	Verhältnis der Wärmekapazitätsströme primär
R_s	Verhältnis der Wärmekapazitätsströme sekundär
s	spezifische Entropie
T	Zahl der Jahre des Betrachtungszeitraumes (Wirtschaftlichkeitsberechnungen)
\dot{V}	Volumenstrom
\dot{V}_N	Volumenstrom Wärmenetz
w	mittlere Geschwindigkeit in Rohrleitungen – Richtgeschwindigkeit
z	Anzahl Tage
Δp	Druckverlust
ε	Rohrauigkeit
η	Wirkungsgrad
ϑ'_p	Eintrittstemperatur Primärseite (Wärmequelle – Abwärme)
ϑ''_p	Austrittstemperatur Primärseite (Wärmequelle – Abwärme)
ϑ'_s	Eintrittstemperatur Sekundärseite (Wärmesenke – Wärmenetz)
ϑ''_s	Austrittstemperatur Sekundärseite (Wärmesenke – Wärmenetz)
ϑ_V	Vorlauftemperatur
ϑ_R	Rücklauftemperatur
λ	Rohrreibungsbeiwert
ν	kinematische Viskosität
ρ	Dichte