

Fernwärme + KWK - durch Forschung fit für die Zukunft

**Fernwärme + KWK -
durch Forschung fit
für die Zukunft**

2. Auflage

Inhalt

1. EnEff:Wärme - Technische Gebrauchsdaueranalyse von Wärmenetzen unter Berücksichtigung volatiler erneuerbarer Energien	5
a. Projektüberblick und Arbeitsstand	7
b. Forschungsmesstrecke Chemnitz – Konzept	31
c. Zur gegenseitigen Beeinflussung der Bodenwiderstände Bettungsdruck und Reibungsspannung	43
d. Forschungsbericht zur Untersuchung der Längswasserdichtheit . .	61
e. Technische Gebrauchsdaueranalyse von Wärmenetzen unter Berücksichtigung volatiler unkontrollierter Wärmeeinbindung erneuerbarer Energien: Eine erste ökonomische Analyse	95
2. Solarthermie in der Fernwärme	113
a. Das Europäische Horizon-2020 Forschungsvorhaben Solar District Heating (SDH) and actions from Policy to Market	115
b. Präferenzen und Zahlungsbereitschaften für Fernwärme aus erneuerbaren Energien In Deutschland, Frankreich und Österreich	119
c. Solnet 4.0 - Innovative Lösungs- und Entwicklungskonzepte zur Marktbereitung für solare Wärmenetze	131
d. Verbundvorhaben SOLSTAND - Kostenreduktionspotential beim Ausbau der Solarisierung von Fernwärmenetzen durch Standardisierung	137
e. Konzept, Aufbau und Messergebnisse einer dezentralen Netzspeisestation	141
f. SWD.SOL - Dezentrale Einbindung von Wärme aus erneuerbaren Energien in das KWK-Fernwärmesystem der Stadtwerke Düsseldorf AG	149
g. Solnet BW II - Solare Wärmenetze für Baden-Württemberg	163
3. Untersuchung der Interaktion zwischen Bäumen/Baumwurzeln und unterirdischen Fernwärmeleitungen	167
4. EnEff:Wärme - Nemo: Wärmenetze im energetischen Monitoring	181
5. EnEff:Wärme - FW-Liner: Möglichkeiten und Grenzen der Fernwärme-Leitungssanierung durch Systeme aus vor Ort erhärtenden Schlauch-Linern.	189
6. EnEff:Wärme - DELFIN: Prognose der Auswirkungen dezentraler Einbindung von Wärme aus erneuerbaren Energien und anderen Wärmeerzeugern in Fernwärmenetze	195
7. EnEff:Wärme - Feldtest Absorptionskältetechnik für KWKK-Systeme	199
8. A Case Study of Low Temperature District Heating in the Context of Technical, Ecological and Economic Framework Conditions.	211
9. Einsatz fließfähiger Verfüllstoffe zur KMR-Verlegung in Gräben und Haubenkanälen	231
10. Kalte Nahwärme – Die Zukunft der Wärmenetze?	249
11. Aktuelle IEA-Projekte – Annex XII	257
12. Aktuelle Veröffentlichungen der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung	267

Herausgeber:
AGFW | Der Energieeffizienzverband für
Wärme, Kälte und KWK e. V
Stresemannallee 30
D-60596 Frankfurt am Main
Telefon: +49 69 6304-200
Telefax: +49 69 6304-391
E-Mail: h.huther@agfw.de
Internet: www.agfw.de

Verlag:
AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung,
Information und Standardisierung mbH
Stresemannallee 30
D-60596 Frankfurt am Main
Telefon: +49 69 6304-416
Telefax: +49 69 6304-391
E-Mail: info@agfw.de
Internet: www.agfw.de

ISBN: 3-89999-075-7
2., bearbeitete Auflage

Hinweis:
Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung der
Herausgeber gestattet. Alle Angaben in dieser Broschüre sind nach bestem Wis-
sen unter Anwendung aller gebotenen Sorgfalt erstellt worden. Trotzdem kann von
den Autoren, den Herausgebern und dem Verlag keine Haftung für etwaige Fehler
übernommen werden.

Oktober 2018

© AGFW, Frankfurt am Main

THE 16TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM

on District **Heating** and **Cooling**

HafenCity University Hamburg
September 9th - 12th, 2018

**INFORMATION &
IMPRESSIONS AT:**
www.dhc2018.de



YOU CAN VIEW AND DOWNLOAD EVERY ARTICLE FOR FREE FROM:
<https://www.sciencedirect.com/journal/energy-procedia/vol/149>

**We would like to thank all the
participants, organisers and authors
contributed to the success of
DHC2018.**

Interested in the latest innovations in district energy? Mark the date!

HCU | HafenCity Universität
Hamburg



WÄRME | KÄLTE | KLIMA



Aktuelle Veröffentlichungen der AGFW
Heftreihe Forschung und Entwicklung

Heft 37: „Optimierung von Mikro-KWK-Systemen“



Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben „Optimierung von Mikro-KWK-Systemen: Mit methodischen und experimentellen Ansätzen sollen Auslegung und Betrieb von Mikro-KWK-Systemen optimiert werden.“ (FKZ: 03ET1042B) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, gefördert. Die Bearbeitung erfolgte am Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE) der TU München.

Durch die politischen Rahmenvorgaben zum Ausbau erneuerbarer Energien unterliegen die energetischen Versorgungsstrukturen in Deutschland einem starken Wandel. Die derzeit im Energiesystem vorhandenen Groß-KWK-Anlagen können durch den Einsatz von Mikro-KWK-Systemen, die mit geringer elektrischer Leistung am Markt verfügbar sind ergänzt werden. Diese Systeme kommen insbesondere für eine Objektversorgung von Ein- und Mehrfamilienhäusern, kleinen Wärmeinseln und kleinen Gewerbeeinheiten infrage. Potentiale für diese Anlagen können durch einen stromgeführten Betrieb entstehen. Dabei bildet die Entkopplung von Wärmebedarf und Stromerzeugung durch Wärmespeicher ein Schlüsselement.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde, mit Hilfe von experimentellen Untersuchungen, Feldmessungen, Modellierung und Simulation, das Betriebsverhalten dieser Anlagen analysiert, Optimierungspotentiale aufgezeigt und eine energiewirtschaftliche Bewertung durchgeführt. Ziel dieser Optimierung war es, durch die Effizienzsteigerung des Gesamtsystems im Gebäude, als auch durch die Erhöhung der Flexibilität, aufgrund der bedarfsgerechten Bereitstellung von Strom und Wärme, die Wirtschaftlichkeit von Mikro-KWK-Anlagen zu verbessern. Das Ergebnis zeigt, dass durch diese Betriebsoptimierung ein wirtschaftlich vorteilhafter Betrieb möglich ist.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens ist 2016 in der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung erschienen.

ISBN: 3-89999-060-9

Kosten: 15,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

30,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder

Heft 38: „Resofreeze – Neuartiges Anlagenkonzept im Bereich unter 0°C mittels KWKK“



Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben „EnEff:Wärme - ResoFreeze - Neuartiges Anlagenkonzept zur Kältelieferung im Bereich unter 0°C mittels Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) - Phase 1: Entwicklung eines demonstrationstauglichen Funktionsmusters“ (FKZ: 03ET1121) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, gefördert. Die Bearbeitung erfolgte am Institut für Energietechnik der TU Dresden, in Kooperation mit der Firma makatec GmbH.

Durch die Nutzung der bei der Stromerzeugung anfallenden Abwärme zur Bereitstellung von Kälte kann - vor allem im Sommer - die Betriebszeiten von KWK-Anlagen erhöht werden. Dazu wird im Rahmen des ResoFreeze Projektes eine Resorptionskälteanlage zur dezentralen Kälte- und Eiserzeugung entwickelt, optimiert und aufgebaut.

Kernpunkt des Projektes ist eine neuartige Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK), die durch die Verwendung eines Eisspeichers die Entkopplung von Strom- und Kältebedarfsspitzen erlaubt und im Gegensatz zu herkömmlichen KWKK Anlagen Nutzkräfte von unter 0°C bereitstellt. Dadurch kann die Effizienz und Wirtschaftlichkeit des gesamten Versorgungssystems gesteigert werden.

Im hier vorliegenden Abschlussbericht zur ersten Projektphase von ResoFreeze werden neben der Inbetriebnahme und der Funktionsweise der Kältemaschine auch die theoretischen Modelle beleuchtet. Die umfangreiche Überwachung signifikanter Parameter, die in verschiedene Lastfälle und Betriebsphasen aufgezeichnet und dokumentiert wurden, dienen im Anschluss zur Validierung dieser Modelle. Die Funktion der Resorptionskälteanlage mit Eisspeicher konnte im Rahmen dieser ersten Projektphase bereits nachgewiesen werden. Darüber hinaus wurden weiterführende Verbesserungspotentiale identifiziert.

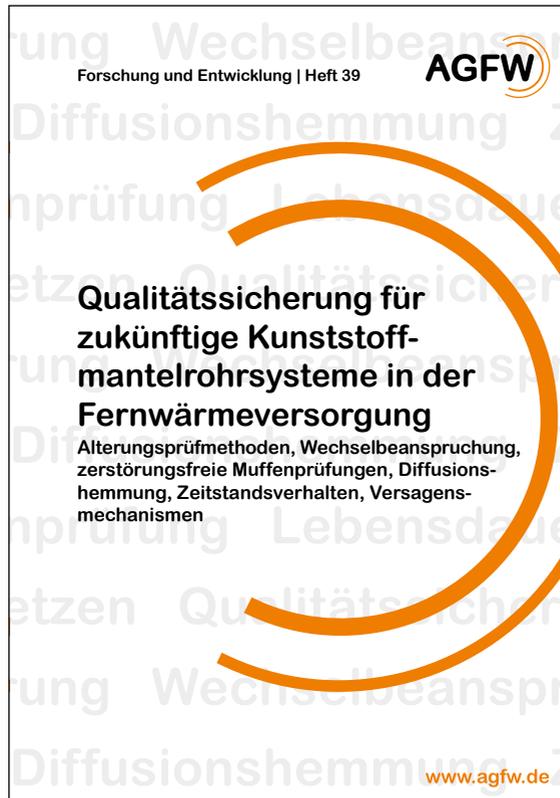
Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens ist 2016 in der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung erschienen.

ISBN: 3-89999-061-7

Kosten: 15,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

35,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder

Heft 39: „Qualitätssicherung für zukünftige Kunststoffmantelrohrsysteme in der Fernwärmeversorgung“



Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben „EnEff:Wärme - Qualitätssicherung für zukünftige Kunststoffmantelrohrsysteme in der Fernwärmeversorgung“ (FKZ: 03ET1080) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, gefördert. Die Bearbeitung erfolgte in einem Verbund aus GEF Ingenieur AG, IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH und Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.

Kunststoffmantelrohre sind ein zentraler Bestandteil des Fernwärmesystems, womit sie maßgeblich am Gesamterfolg dieser Versorgungstechnologie beteiligt sind. Auf

Grund dessen trägt die Erforschung dieser Technologie maßgeblich zum Gesamterfolg der Fernwärme bei. Ein wichtiger Aspekt ist dabei, der Einfluss der Alterung von KMR. Materialalterung drückt sich in der Regel durch Veränderungen der Materialeigenschaften aus, was im schlimmsten Fall zu Materialversagen führen kann. Je bekannter der Einfluss der Alterung auf die Fernwärmeleitung ist, desto geringer wird das Risiko der Abschätzung von Instandhaltungsmaßnahmen gegenüber Folgekosten durch Leitungsschäden.

Der vorliegende Abschlussbericht ist die Dokumentation eines fast zwei Jahrzehnte andauernden Forschungsvorhabens der GEF Ingenieur AG, welches im Jahr 1997 mit dem ersten Forschungsvorhaben und insgesamt fünf Projektteilnehmern begann und 2015 mit der stolzen Zahl von 29 Projektteilnehmern endete.

Ziel der Forschung war, eine möglichst allumfassende Betrachtung der Alterung von Kunststoffmantelrohrsystemen, um deren Qualität zukünftig zu sichern und weiter zu verbessern. Zur Verwirklichung dieses Ziels haben neben der GEF Ingenieur AG und dem AGFW |Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. auch wesentliche PUR-Schaumstoffhersteller, KMR-Hersteller und zahlreiche erfahrene Fernwärmeversorgungsgesellschaften ihren Beitrag geleistet.

Inhaltlich reichen die Teilprojekte von der Auswahl geeigneter Prüfmethoden, über die Betrachtung thermisch-mechanischer Wechselbeanspruchung bis hin zu realen Untersuchungen. Auf Grund der intensiven Beschäftigung mit der Thematik, geht der Nutzen weit über das bloße Alterungsverhalten von KMR und die sich dadurch ergebenden Empfehlungen beispielsweise zur Netzfahrweise hinaus: Technischer Fortschritt durch kostengünstigere Fertigung bei der notwendigen Produktqualität, verbesserte Ansätze für die Prüfmethodik (in Anlehnung an die Norm EN 253) und die Anwendung von zerstörungsfreien Prüfverfahren sind nur weitere branchenrelevante Ergebnisse, welche durch das Forschungsvorhaben erzielt wurden.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens ist 2016 in der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung erschienen.

ISBN: 3-89999-062-5

Kosten: 20,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

35,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder

In der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung erschien 2011 der Bericht eines Vorgängerprojekts, das vom gleichen Projektkonsortium bearbeitet wurde. Die Veröffentlichung erfolgte als Heft 17 „Zeitstandsfestigkeit von Kunststoffmantelrohren“ in der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung.

ISBN: 3-89999-026-9

Kosten: 24,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

48,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder

Heft 40: „Identifikation von Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes Grabenloser Verlegetechniken im Fernwärmeleitungsbau“



Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben „EnEff:Wärme - Innovative Fernwärmeverteilung - Einsatz fließfähiger Verfüllstoffe zur KMR-Verlegung in Gräben und Haubenkanälen“ (FKZ: 03ET1063) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, gefördert. Die Bearbeitung erfolgte in einem Verbundvorhaben unter Koordination des Branchenverbandes AGFW.

Wichtige Bausteine, die zur Erfüllung der von der Bundesregierung verordneten Emissionsziele beitragen, sind der Ausbau erneuerbarer Energien und die energetisch effiziente Nutzung von Wärmequellen. In Ballungsräumen kann dies durch den Einsatz effizienter Wärmenetze vorangetrieben werden, denen derzeit vor allem die hohen Kosten im Leitungsbau entgegenstehen.

Ziel Forschungsvorhabens zur „Identifikation von Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes Grabenloser Verlegetechniken im Fernwärmeleitungsbau“ ist es, durch den Einsatz innovativer Technologien zur Leitungsverlegung und deren Einsatz im Fernwärmesektor, Kostensenkungspotentiale zu identifizieren.

Bereits vor dem Projektstart wurde vom AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. die Arbeitsgruppe „Grabenloser Fernwärmeleitungsbau“, in der Vertreter der Fernwärmebranche sowie Experten aus dem Bereich des grabenlosen Leitungsbaus zusammenkamen, begonnen, den Stand des Wissens zusammenzutragen. Dieser wurde in den folgenden Jahren wissenschaftlich und technisch umfangreich ermittelt. Zentrale Bestandteile des Forschungsvorhabens waren, neben der Dokumentation essentieller Grundlagen zum grabenlosen Verlegen von Fernwärmeleitungen, ein umfangreicher Feldtest. Erstmals war es möglich, die theoretischen Annahmen unter realen Bedingungen zu verifizieren.

Durch die umfangreichen Untersuchungen ist es nun möglich, fernwärmespezifische Empfehlungen für die Auswahl geeigneter Verfahren und Komponenten für notwendige Baumaßnahmen und eine entsprechende Qualitätssicherung für den Einsatz von grabenlosen Verlegetechniken abzuleiten. Mit dem folgenden Abschlussbericht möchte der AGFW die Erfahrungen, Erkenntnisse und auch die Empfehlungen, aus der mehr als dreijährigen Projektlaufzeit, der Branche zugänglich machen.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens ist 2016 in der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung erschienen.

ISBN: 3-89999-063-3

Kosten: 20,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

35,00 € zzgl. MwSt. Nicht-AGFW-Mitglieder

Heft 41: „Dezentraler Einspeisung in Nah- und Fernwärmesysteme unter besonderer Berücksichtigung der Solarthermie“



Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben „Dezentrale Einspeisung in Nah- und Fernwärmesysteme unter besonderer Berücksichtigung der Solarthermie“ (FKZ: 03ET1039) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, gefördert. Die Bearbeitung erfolgte in einem Verbund aus AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH, Technische Universität Dresden - Fakultät Maschinenwesen - Institut für Energietechnik - Professur für Gebäudeenergietechnik und Wärmeversorgung und Steinbeis Forschungs- und Innovationszentren GmbH - Solites Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme.

Aufgrund der grundlegenden Änderungen der Struktur des Strommarkts und der fortschreitenden Energiewende wird es auch für den Wärmemarkt immer interessanter, die Einbindungsmöglichkeiten von erneuerbaren Energiequellen in bestehende Wärmeversorgungsstrukturen zu untersuchen.

In diesem Verbundprojekt wurden die prinzipiellen Möglichkeiten der Einbindung von großen solarthermischen Systemen, d. h. von Anlagen mit mehreren hundert Quadratmetern Kollektorfläche, in bestehende Fernwärmesysteme untersucht. Der Schwerpunkt der Untersuchung lag dabei auf der Einbindungsstelle der solaren Wärme in ein kleines Niedertemperaturnetz, einem Netz der sogenannten „Dritten Generation“. Ansatzweise wurden auch die Auswirkungen auf ein weiteres Fernwärmenetz, einem Netz der „Zweiten Generation“ untersucht.

Die Analysen erfolgten mit Hilfe gekoppelter Simulationen im System TRNSYS-TUD bzw. TRNSYS durch die Forschungspartner Technische Universität Dresden und Solites. Zugrunde lagen reale, durch den Fernwärmeverband bereitgestellte, Verbrauchsdaten für Solar- und Fernwärmesysteme.

Aus den Ergebnissen wurden technische Anforderungen an die Übergabestelle abgeleitet und eine Übergabestation konzipiert. Diese wurde im Zentrum für Energietechnik der Technischen Universität Dresden realisiert und umfangreich getestet.

Solarthermie wurde innerhalb des Projektes als Wärmequelle aus dem Angebot an regenerativen Energiequellen ausgewählt, da sie hinsichtlich der Einbindung in Wärmenetze aufgrund ihrer Volatilität besonders hohe Anforderungen stellt. Die Adaption auf weitere dezentrale Wärmequellen mit geringerer Dynamik ist dann vergleichsweise einfach möglich.

Während der Projektlaufzeit nahmen sowohl die Bedeutung der Thematik als auch die Vorbehalte hinsichtlich der technischen Umsetzungsmöglichkeiten zu. Der Projektverlauf wurde in einer verbandsinternen Arbeitsgruppe verfolgt.

Auch nach dem Abschluss dieses öffentlich geförderten Forschungsvorhabens und der Diskussion der Ergebnisse im Rahmen eines Branchenworkshops ergeben sich eine Vielzahl weiterer Fragestellungen und offene Diskussionspunkte. Daher wird sich der Branchenverband auch weiterhin mit wissenschaftlichen Partnern der Thematik „Einbindung dezentraler Wärmeerzeuger in bestehende und zukünftige Fernwärmesysteme“ beschäftigen.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens ist 2016 in der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung erschienen.

ISBN: 3-89999-064-1

Kosten: 15,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder
35,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder

Heft 42: „Bettungswiderstand zyklisch belasteter Fernwärmeleitungen“



Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben „EnEff:Wärme - Innovative Fernwärmeverteilung - Bettungswiderstand zyklisch belasteter Fernwärmeleitungen“ (FKZ: 03ET1063C) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, gefördert. Die Bearbeitung erfolgte durch die Leibniz Universität Hannover - Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie - Institut für Geotechnik.

Fernwärmeleitungen sind einer Vielzahl von unterschiedlichen und teils sehr komplexen Belastungen ausgesetzt. Einige dieser Belastungen wurden hinreichend erforscht, während andere lediglich durch ein jahrelang gesammeltes Praxiswissen bekannt sind und Berücksichtigung finden. Das Wissen um diese Belastungen ist ein wesentlicher Faktor für die Auslegung und Lebensdauer einer Fernwärmeleitung. Demnach können Fernwärmeleitungen umso wirtschaftlicher und effizienter betrieben werden, je tiefgründiger das Wissen zu diesen Faktoren ist.

Ziel des Forschungsvorhabens „Bettungswiderstand zyklisch belasteter Fernwärmeleitungen“ ist die Untersuchung des Einflusses der zyklischen Verschiebung, welche bei Fernwärmeleitungen aufgrund der im Betrieb auftretenden Temperaturschwankungen zustande kommt, auf den Bettungswiderstand. Durch ein besseres Verständnis dieser Zusammenhänge kann die Auslegung von Rohrleitungskomponenten verbessert werden, was einen wirtschaftlich optimierten Ausbau von Fernwärmesystemen ermöglicht.

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen zu den Mechanismen der zyklischen Rohrverschiebung konnte auf diesem Gebiet umfangreiches Grundlagenwissen erworben werden. Dieses wurde, ebenso wie die Erkenntnisse über die Einflüsse verschiedener Fernwärmeleitungen und unterschiedlicher Verfüllböden, genutzt, um Berechnungsmethoden zur Abschätzung der auftretenden Rohrbelastungen zu verfeinern, was notwendig ist, um diese in die Berechnungspraxis zu integrieren.

Zur Sicherstellung der Übertragbarkeit der numerischen Berechnungen auf reale Systeme, wurden anhand von Technikumsversuchen experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Diese ermöglichten eine Validierung der numerischen Simulationen, die anschließend auch auf komplexere Systeme anwendbar sind. Dadurch wird es möglich, gezielt den Einfluss ausgewählter Parameter zu untersuchen – ohne die zu untersuchenden, entsprechend komplexen, Systeme real aufzubauen.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens ist 2016 in der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung erschienen.

ISBN: 3-89999-065-X

Kosten: 15,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

35,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder

Heft 43: „EnEff: Wärme Einsatz fließfähiger Verfüllstoffe zur KMR-Verlegung“



Die diesem Bericht zugrunde liegenden Forschungsvorhaben „EnEff:Wärme - Innovative Fernwärmeverteilung - Einsatz fließfähiger Verfüllstoffe zur KMR-Verlegung in Gräben und Haubenkanälen“ (FKZ: 03ET1063D) und „EnEff:Wärme - Innovative Fernwärmeverteilung - Einsatz fließfähiger Verfüllbaustoffe zur KMR-Verlegung“ (FKZ: 03ET1063B) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, gefördert. Die Bearbei-

tung erfolgte in einem Verbund aus AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH, der Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg - Fakultät Bauingenieurwesen, Regensburg und der GEF Ingenieur AG. Im Rohrleitungsbau wird in regelmäßigen Abständen von den Vorzügen bei der Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllmaterialien, kurz ZFSV berichtet. Dabei sprechen Argumente der Wirtschaftlichkeit, Bauzeit, Flexibilität und Dichtwirkung stark für deren Verwendung. Im Gegensatz dazu steht der Anwender vor der Problematik, unter einem vielfältigen Angebot auswählen zu müssen. Anwender fragen sich, welche Rezepturen und Verfahren langfristig tatsächlich die gewünschten Eigenschaften im Graben liefern. Hinsichtlich der erforderlichen Rohrstatik von Fernwärmeleitungen kommen noch Fragestellungen nach den Reibungskräften, Bettungsdrücken, Verfestigungszeiten und Langzeiteigenschaften hinzu, die bisher für Fernwärmeleitungen noch nicht wissenschaftlich untersucht wurden.

Diese Themen wurden durch Forschungsverbundvorhaben „EnEff:Wärme - Innovative Fernwärmeverteilung – Einsatz fließfähiger Verfüllbaustoffe zur KMR-Verlegung“ mit dem Förderkennzeichen 03ET1063D, welches das Arbeitspaket Bodenmechanik (FKZ 03ET1063) beinhaltet, in einem Verbund von AGFW, der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg (OTH.R), Fakultät Bauingenieurwesen und der GEF Ingenieur AG bearbeitet. Das Projekt wurde mit Fördermitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) und durch AGFW Mitglieder unterstützt.

Neben der Prüfung grundlegender Materialeigenschaften wurden hierbei auch kleinstabliche und größere Laborversuche sowie ein Feldversuch durchgeführt. Daraus konnten Beanspruchungen der Kunststoffmantelrohre (KMR) abgeleitet werden, die bei der Auslegung von Fernwärmetrassen von Bedeutung sind.

Die umfangreich erfassten realen Messwerte (z.B. Temperaturen, Verschiebungen, Drücke, Feuchte) der in ZFSV gebetteten KMR werden einer, unter ansonsten gleichen Bedingungen, konventionell in Sand gebetteten Rohrleitung gegenübergestellt. Diese Forschungsleistung wird über das Forschungsvorhaben hinaus vom AGFW betrieben und bietet jetzt und auch zukünftig das Potential, weitere anwendungsrelevante Fragestellungen zu untersuchen.

Durch einen ausgearbeiteten Vorschlag für einen Leistungsverzeichnis-Text und einer erklärenden Zusammenstellung der wichtigsten weiterführenden Informationen zum Thema ZFSV in der Fernwärme, inklusive detaillierter Erläuterungen zu notwendigen Qualitätssicherungsmaßnahmen, ist ein wichtiger Schritt zur Etablierung des Verfahrens angestoßen.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens ist 2017 in der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung erschienen.

ISBN: 3-89999-068-4

Kosten: 15,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

33,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder

Heft 44: „EnEff: Wärme Einsatz von Wärmespeichern und Power-to-Heat-Anlagen“



Die diesem Bericht zugrunde liegenden Forschungsvorhaben „EnEff:Wärme - Der Beitrag thermischer Speicher zur Steigerung der Energieeffizienz, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit der Fernwärme- und Stromerzeugung in KWK-Anlagen“ (FKZ: 03ET1188A) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, gefördert. Die Bearbeitung erfolgte durch die Technische Universität Berlin - Fakultät III - Prozesswissenschaften - Institut für Energietechnik - Fachgebiet Energietechnik und Umweltschutz.

Die energie- und klimapolitischen Grundsätze sowie Ziele der Bundesregierung im „Klimaschutzplan 2050“ beinhalten die Reduktion von CO₂-Emissionen und eine bedeutsame Effizienzsteigerung bei dem Einsatz von verfügbaren Primärenergieträgern. Der Ausbau von erneuerbaren Energien und die Sektorkopplung sind für die Umsetzung der Vorgaben wichtige Standbeine. Insbesondere das Potential der Kraft-Wärme-Kopplung soll zur Einsparung fossiler Brennstoffe signifikant beitragen. Aufgrund sinkender Strompreise am liberalisierten Strommarkt – in Relation zu fossilen Brennstoffkosten – wird der Betrieb von strommarktorientierten KWK-Anlagen in einer zunehmenden Anzahl an Jahresstunden unwirtschaftlich. Demzufolge ist nicht nur die Wirtschaftlichkeit der KWK-Anlagen exponiert, sondern ebenfalls die energiepolitischen Ziele, mit Hilfe der Kraft-Wärme-Kopplung den Verbrauch von Primärenergie sowie die CO₂-Emissionen zu reduzieren.

Bei der vorliegenden Studie „Einsatz von Wärmespeichern und Power-to-Heat-Anlagen“ haben es sich die drei Forschungsstellen Technische Universität Berlin, Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim-Holzminde-Göttingen sowie die Universität Leipzig zur Aufgabe gemacht, einen ausführbaren Beitrag von Wärmespeichern und Power-to-Heat-Anlagen zu einem effizienteren, flexibleren und wirtschaftlicheren Betrieb von Heizkraftwerken öffentlicher Fernwärmesystemen zu ermitteln. Hierzu werden verschiedene Möglichkeiten beim Einsatz von Wärmespeichern sowie verschiedener elektrischer Wärmeerzeuger in Fernwärmesystemen untersucht. Der Fokus wurde zum einen auf die Erhöhung von Strom- und Wärmeerzeugung aus Heizkraftwerken und zum anderen auf eine an die volatile Stromerzeugung aus Wind- und Photovoltaikanlagen angepasste KWK-Stromeinspeisung gelegt.

Die Untersuchung wurde methodisch mit einem gemischt-ganzzahlig linearen Modell durchgeführt. Hiermit kann eine betriebswirtschaftlich optimale Einsatzplanung der Komponenten eines Fernwärmesystems ermittelt werden. Als Ergebnis können stündliche Betriebspunkte, Energie- und Kostenströme der Heizkraftwerksblöcke, sowie optional von Power-to-District-Heat Anlagen und Wärmespeichern ausgegeben werden.

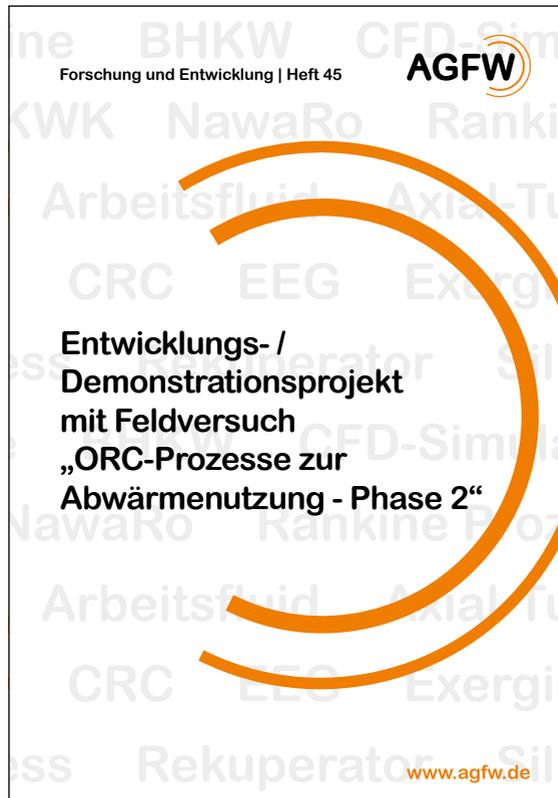
Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens ist 2017 in der AGFW Heftreihe Forschung und Entwicklung erschienen.

ISBN: 3-89999-069-2

Kosten: 15,00 € für AGFW-Mitglieder

35,00 € für Nicht-AGFW-Mitglieder

Heft 45: „Entwicklungs-/Demonstrationsprojekt mit Feldversuch »ORC-Prozesse zur Abwärmenutzung - Phase 2«“



Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben „EnEff: Wärme – ORC-Prozesse zur Abwärmenutzung an BMHKW-Motoren – Phase 2“ (FKZ: 0327436H) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, gefördert. Die Bearbeitung der ORC Feldversuche Phase 2 erfolgte durch die Projektpartner Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT und durch die Stadtwerke Hannover AG.

Die Anforderungen an die Effizienz von Energieerzeugungsanlagen, um einen ressourcenschonenden Umgang mit Rohstoffen zu gewährleisten, sind in den letzten Jahren stetig gestiegen. Einen wesentlichen Beitrag zur Effizienzsteigerung hat die Einführung von Kraft-Wärme-Kopplungs-Systemen geleistet. Mit diesen Systemen lässt sich die Ausnutzung der verwendeten Energieträger nahezu verdoppeln. Da diese Technologie auf Grund von technischen Hindernissen bisher nicht bei allen Erzeugungsprozessen Anwendung finden kann, wurde das vorliegende Forschungsvorhaben ins Leben gerufen.

Dieser Abschlussbericht dokumentiert das Demonstrationsprojekt zur Entwicklung und Erprobung einer KWK-Lösung für kleinere Biofeststofffeuerungen mit einer Leistung bis etwa 1.000KWth. Hierfür soll ein in den Abgasstrom integrierter ORC-Prozess verwendet werden. Das Projekt baut dabei auf die geleistete Vorarbeit und die gesammelten Erfahrungen bei der Entwicklung und Erprobung kleinerer ORC-Prozesse in Verbindung mit Gas-Otto-Motoren auf. Ziel ist es, die Möglichkeit einer Erweiterung dieser Anlagen zur KWK-Nutzung wirtschaftlich zu gestalten. Eine der Hauptproblemstellungen, welche es zu lösen galt, war dabei die für einen ORC-Prozess zu hohen Abgastemperaturen einer Biofeststofffeuerung auf ein moderates Niveau zu bringen.

Der Bericht beschreibt den gesamten Entwicklungsprozess von der Konstruktion und Statik des ORC-Moduls bis hin zu dessen Optimierungspotentialen und Störanfälligkeiten. Dieses Forschungsvorhaben hat dazu beigetragen, grundlegende Fragen zu klären und die Machbarkeit eines solchen Vorhabens zu bestätigen.

ISBN: 3-89999-071-4

Kosten: 15,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

25,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder

Heft 46: „EnEff:Wärme - Energieeffizienz in der Fernwärme durch Vor-Ort-Kalibrierung von Durchflussmessgeräten - Kopplung von laseroptischen und numerischen Verfahren“



Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben „EnEff: Wärme – Energieeffizienz in der Fernwärme durch Vor-Ort-Kalibrierung von Durchflussmessgeräten – Kopplung von laseroptischen und numerischen Verfahren“ (FKZ: 03ET1204) wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, gefördert. Die Bearbeitung erfolgte durch einen Verbund der Projektpartner: ILA R&D GmbH, OPTOLUTION GmbH, Physikalisch Technische Bundesanstalt, Technische Universität Berlin, Vattenfall Europe Wärme AG.

Für eine effiziente Steuerung der Verteilung und ein erfolgreiches Betreiben von Fernwärmenetzen ist das Wissen um die Energieströme im Netz unverzichtbar. Je genauer diese Energieströme durch Messtechnik erfasst werden, desto wirkungsvoller können Regelungen und andere Systeme arbeiten. Auf Grund der steigenden Anzahl von Erzeugern in einem Netz – vorwiegend durch den Ausbau regenerativer Energiequellen – gewinnt die Genauigkeit der Bestimmung dieser Messwerte mehr und mehr an Relevanz.

Die Messung der Energieströme erfolgt über die Bestimmung von Volumenströmen mittels sogenannter Durchfluss-Sensoren. Ab einer thermischen Leistung von 10MW unterliegen diese Sensoren nicht mehr der Eichpflicht, wodurch die Verantwortung für die Genauigkeit der Messgeräte auf die Eigentümer zurückfällt. Aus Kostengründen werden die Kalibrierungen von den Betreibern trotz der sich ändernden Rahmenbedingungen wie Ablagerung an den Geräten über Jahre nicht angepasst oder teilweise auch die Werkskalibrierung unter Idealbedingungen beibehalten. Durch die fehlende Anpassung der Messgeräte kommt es somit zu einer Messunsicherheit, welche sich beispielweise negativ auf die Energiebilanzierung des Netzes auswirkt und eine Verbesserung der Energieeffizienz deutlich erschwert.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine Methode zu entwickeln, die eine Kalibrierung von großen Durchflussmessgeräten im eingebauten Zustand unter Betriebsbedingungen gestattet. Dabei wurden die entwickelten Methoden hinsichtlich der Messunsicherheit - auch für mäßig gestörte Strömungsbedingungen - detailliert untersucht. Es erfolgte eine Weiterentwicklung des bisherigen Verfahrens zur laseroptischen Vor-Ort-Kalibrierung von Durchfluss-Sensoren mittels Kombination von laseroptischen und numerischen Methoden.

Ausgehend von diesen Ergebnissen werden dann Ziele der energetischen Optimierung des Netzbetriebes, eine Optimierung der Netzerweiterung/-verdichtung und eine Optimierung der Erzeugersteuerung verfolgt. Im Zuge dessen entstand der „Leitfaden für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz“.

ISBN: 3-89999-073-0

Kosten: 20,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

30,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder

Erfahrungsbericht zur Anlagensicherheit von Fernwärmenetzen und Empfehlungen



In der Heftreihe Forschung und Entwicklung informiert der AGFW regelmäßig die Branche über aktuelle Entwicklungen und neuste Erkenntnisse aus fernwärmerlevanten Forschungsvorhaben. Darüber hinaus zählen der Erhalt und die Sicherung von branchenrelevantem Wissen ebenso zu den Aufgaben wie die Bereitstellung wissenschaftlich fundierter Diskussionsbeiträge. Im Rahmen des Ehrenkolloquiums „Technische Thermodynamik in Theorie und Praxis“, anlässlich des 75. Geburtstages von Herrn Professor Dr.-Ing. habil. Achim Dittmann, veröffentlichte der AGFW den „Erfahrungsbericht zur Anlagensicherheit von Fernwärmenetzen und Empfehlungen“. Dieser stützt sich auf langjährige experimentelle Erfahrungen aus der Großversuchsanlage Großkayna und verfolgt dabei das Ziel, das aus mehr als 40-jähriger wissenschaftlicher und ingenieurpraktischer Erfahrung stammende Wissen zu bündeln sowie den heutigen Stand abzubilden.

Die umfangreiche Aufbereitung reicht dabei von Grundlagen über eine kritische Hinterfragung bestehender Regelwerke bis hin zur Erweiterung des bislang dokumentierten Wissens. Auf Grund des großen Erfahrungsschatzes der Autoren und der beteiligten Personen können eine Vielzahl von Anregungen zum sicheren Betrieb, Auslegungsempfehlungen und der Hintergrundbeleuchtung vorgefunden werden. Diese besitzen das Potential, entsprechende Diskussionen in der Branche und unter wissenschaftlichen Experten anzuregen und voranzutreiben. Gleichzeitig liegt nun eine Sammlung umfangreichen Fachwissens zum Thema „Anlagensicherheit von Fernwärmenetzen“ vor. Empfehlungen der Autoren runden diese Publikation ab.

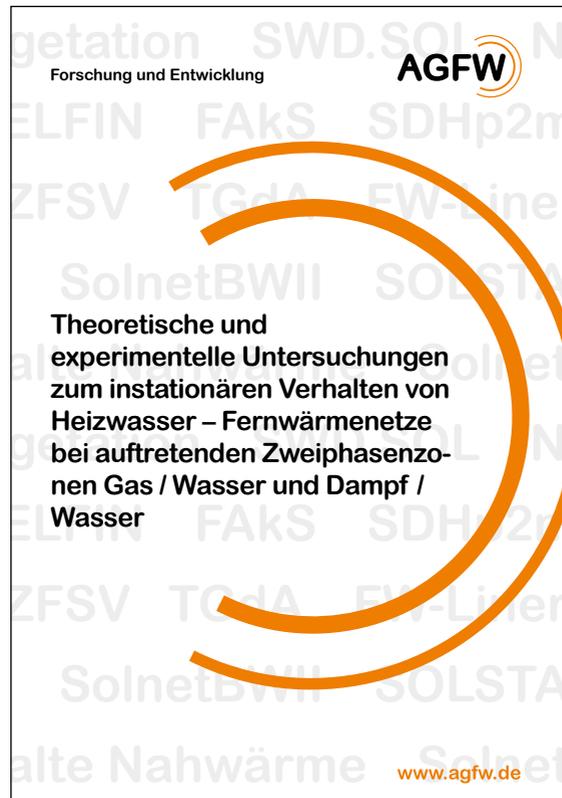
Der Erfahrungsbericht ist 2016 als Sonderheft des AGFW in der Heftreihe Forschung und Entwicklung erschienen.

ISBN: 3-89999-059-5

Kosten: 20,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

35,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder

Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum instationären Verhalten von Heizwasser – Fernwärmenetze bei auftretenden Zweiphasenzonen Gas / Wasser und Dampf / Wasser



Der Versuchsbetrieb von 1977 – 1980 an der Versuchsanlage Großkayna, ist zentraler Bestandteil des im Jahre 1981 in der DDR erschienenen Berichts „Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum instationären Verhalten von Heizwasser – Fernwärmenetze bei auftretenden Zweiphasenzonen Gas/ Wasser und Dampf/ Wasser“. Durch eine entsprechende Anlagendimensionierung, auf dem Gelände des stillgelegten Kraftwerks Großkayna, können die Erkenntnisse aus den dort durchgeführten Untersuchungen auf reale Anlagen übertragen werden.

Eine der zentralen Fragestellungen war es, das Strömungsverhalten hydraulisch instationärer Prozesse, bei größeren Fernwärmesystemen zu untersuchen. Besonders kritisch wird dies bei hohen Vorlauftemperaturen wie sie bei der Auskopplung der Fernwärme aus Kondensations- und Kernkraftwerken vorgesehen war (bis zu 180 °C VL-Temperatur). Trotz umfangreicher Untersuchungen konnte das Problem nicht hinreichend genau untersucht werden, da entsprechende Versuche nicht an im Betrieb befindlichen, realen Netzen durchgeführt werden konnten. Dies veranlasste die Verantwortlichen eine entsprechende Versuchsanlage zu errichten.

Nach über 30 Jahren ermöglicht es die Veröffentlichung in der AGFW Hefreihe erstmalig, dass die gesamte Fernwärmebranche Zugang zu den Ergebnissen und Erkenntnissen des mehrjährigen Versuchsbetriebs erlangt.

ISBN: 3-89999-074-9

Kosten: 10,00 € zzgl. MwSt. für AGFW-Mitglieder

20,00 € zzgl. MwSt. für Nicht-AGFW-Mitglieder