

1. Konferenz zur Norddeutschen Wärmeforschung

BOOK OF ABSTRACTS

Zur Stärkung des Austauschs und der Kooperation
zwischen Wissenschaftler/-innen und der
Beschleunigung der praktischen Umsetzung im
Kontext der Wärmewende



8. - 9. Juni 2023



8. 6. | 10⁰⁰ - 17⁰⁰ Uhr
9. 6. | 08³⁰ - 12¹⁵ Uhr



Alte Mensa, Göttingen

1. Konferenz zur Norddeutschen Wärmeforschung
am 8. und 9. Juni 2023 in Göttingen

Book of Abstracts

HAWK HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFT UND KUNST
Hildesheim/Holzminden/Göttingen

Fachgebiet für Nachhaltige Energie- und Umwelttechnik

www.hawk.de

Rudolf-Diesel-Straße 12
37075 Göttingen

Redaktion: Johannes Pelda, M. Eng.

Liebe Konferenzteilnehmerinnen und -teilnehmer,

wir heißen Sie herzlich zur 1. Konferenz zur Norddeutschen Wärmeforschung in Göttingen willkommen. Mit dieser Auftaktkonferenz wollen wir die Vorarbeit zur Etablierung einer norddeutschen Wärmeforschungsallianz leisten, welche in Wissenschaft und Politik als wichtige Maßnahme zur beschleunigten Transformation der Wärmeversorgung (Wärmewende) in Norddeutschland angesehen wird.

Die Konferenz soll den Stand der Wärmeforschung in Norddeutschland sichtbar machen und den fachlichen Austausch zwischen Forschungsinstitutionen, Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen fördern. Unsere Ziele sind vielfältig und reichen von der Identifizierung von Forschungsfeldern mit höchster Priorität bis hin zur strategischen Vorbereitung der Wärmeforschungsallianz. Im Rahmen dieser Konferenz möchten wir jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die Gelegenheit zum fachlichen Diskurs geben, erfolgreiche Demonstrationsprojekte über die Grenzen der einzelnen Bundesländer hinaus bekannt machen und neue Forschungskooperationen zwischen Wissenschaft und Praxis etablieren.

Das vorliegende *Book of Abstracts* gibt Ihnen einen umfassenden Einblick in die Vielfalt der auf der Konferenz präsentierten Themen. Unser herzlicher Dank gilt allen Autorinnen und Autoren, die ihre Forschungsergebnisse eingereicht haben. Ihre Beiträge bilden die Grundlage für den wissenschaftlichen Austausch und Dialog auf der Konferenz.

Unser besonderer Dank gilt allen Vortragenden, dem wissenschaftlichen Beirat, dem Organisationsteam und den Unternehmen, die durch ihre Unterstützung und ihr Engagement diese Konferenz ermöglicht haben. Gemeinsam können wir die Wärmeforschung voranbringen und zu einer nachhaltigen und klimafreundlichen Wärmeversorgung in Deutschland beitragen.

Wir wünschen Ihnen eine inspirierende Lektüre und freuen uns auf eine spannende und erfolgreiche Konferenz zur Norddeutschen Wärmeforschung!

Herzlichst,



Professor für Energie- und Umwelttechnik



Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Nachhaltige Energie- und Umwelttechnik

Inhalt

Agenda	5
Vorträge	7
Stadtplan.....	10
Ökobilanz der Konferenz.....	13
Wissenschaftlicher Beirat	15
Positionspapier der Norddeutschen Wärmeforschung	17
Key Notes	27
Forschung für die Wärmewende durch die nationale Erdwärmekampagne.....	27
Die Wärmeallianz der norddeutschen Wärmeforschung	28
Abstracts	31
Technologien für die erneuerbare Wärmebereitstellung und Abwärmenutzung.....	31
Chancen und Risiken des Hochlaufs bei Ausbau, Transformation und Anschlussverdichtung von Wärmenetzen	43
Energieeffizienz in Gebäuden – betriebliche Effizienz, stoffliche Recyclingpotenziale und Quellen „grauer Energie“	47
Versorgung mit Wärme und Kälte im Quartier und kommunale Wärmeplanung	53
Thermische Energiespeicher, insbesondere saisonale Wärmespeicherung.....	67
Digital Twins, geografische Informationssysteme, Open Science sowie Open Data.....	79
Wärmewende und Gesellschaft – Finanzierungs- und Betreibermodelle für zukünftige Wärmeversorgungssysteme.....	87
Teilnahmeliste.....	95

Agenda

Agenda 8. Juni 2023

10:00 – 11:00	Empfang mit Tee / Kaffee / Snacks
11:00 – 12:30	Key Notes
Emmy-Noether-Saal	<p>Dr. Marc Hudy Präsident der HAWK <i>Begrüßung</i></p> <p>Prof. Dr. Inga Moeck Professorin für angewandte Geothermik und Geohydraulik an der Georg-August-Universität Göttingen <i>Forschung für die Wärmewende durch die nationale Erdwärmekampagne</i></p> <p>Prof. Dr.-Ing. Stefan Holler Professor für Energie- und Umwelttechnik, Umweltmanagement an der HAWK <i>Die Wärmeeallianz der norddeutschen Wärmeforschung, Übersicht über deren Forschungsaktivitäten</i></p>
12:30 – 13:30	Mittagessen
13:30 – 15:00	Vorträge nach Themenschwerpunkten
Emmy-Noether-Saal	<i>Technologien für die erneuerbare Wärmebereitstellung und Abwärmenutzung</i>
Hannah-Vogt-Saal	<i>Energieeffizienz in Gebäuden – betriebliche Effizienz, stoffliche Recyclingpotenziale und Quellen „grauer Energie“</i>
Taberna	<i>Versorgung mit Wärme und Kälte im Quartier und kommunale Wärmeplanung</i>
15:00 – 15:30	Tee- und Kaffeepause
15:30 – 17:00	Vorträge nach Themenschwerpunkten
Emmy-Noether-Saal	<i>Thermische Energiespeicher, insbesondere saisonale Wärmespeicherung</i>
Hannah-Vogt-Saal	<i>Digital Twins, geografische Informationssysteme, Open Science sowie Open-Data</i>
Taberna	<i>Wärmewende und Gesellschaft – Finanzierungs- und Betreibermodelle für zukünftige Wärmeversorgungssysteme</i>

 19 Uhr Abendveranstaltung „Get Together“
 Restaurant Bullerjahn Göttingen, Ratskeller im Alten Rathaus

Agenda 9. Juni 2023

08:30 – 9:00	Empfang mit Tee / Kaffee / Snacks
9:00 – 10:30	Vorträge nach Themenschwerpunkten
Emmy-Noether-Saal	<i>Technologien für die erneuerbare Wärmebereitstellung und Abwärmenutzung // Chancen und Risiken des Hochlaufs bei Ausbau, Transformation und Anschlussverdichtung von Wärmenetzen</i>
Hannah-Vogt-Saal	<i>Thermische Energiespeicher, insbesondere saisonale Wärmespeicherung</i>
Taberna	<i>Versorgung mit Wärme und Kälte im Quartier und kommunale Wärmeplanung</i>
10:30 – 10:45	Tee- und Kaffeepause
10:45 – 11:45	World-Café
Emmy-Noether-Saal	<i>Forschungsdatenmanagement Frank Mattioli</i> <i>Wärmeallianz Ingo Weidlich</i>
Hannah-Vogt-Saal	<i>Open Source and Open Data Marlies Wiegand</i> <i>Kommunale Wärmeplanung Petrit Vuthi</i>
Taberna	<i>Technologien der Wärmebereitstellung Federico Giovannetti</i> <i>Wärmewende und Gesellschaft Katharina Prehn</i>
11:45 – 12:00	Tee- und Kaffeepause
12:00 – 12:15	Zusammenfassung und Ausblick
Emmy-Noether-Saal	<i>Ergebnisse des World-Cafés Stefan Holler</i>

Ende der Veranstaltung

Vorträge

Donnerstag den 8. Juni 2023, 13:30 – 15:00 Uhr

Technologien für die erneuerbare Wärmebereitstellung und Abwärmenutzung

Federico Giovannetti | Emmy-Noether-Saal

- Lutz Meyer** Nutzung von Abwärme und erneuerbarer elektrischer Energie mit einer Hochtemperaturwärmepumpe gekoppelt mit einem thermischen Speicher
- Quan Liu** Nachhaltiger Betrieb der Erdwärmesondenfelder einer Berufsschule unter Berücksichtigung der Grundwasserströmung
- Johannes Meyer** Innovative Wärmeversorgung im innerstädtischen Quartier: Wärme- und Monitoringkonzept
- Edward Frick** Thermisch aktivierte hinterlüftete Fassaden für Mehrfamilienhäuser
- Volker Lenz** Resiliente Hybrid-Heiztechnologien für die Industrie und kommunale Wärmenetze mittels Rest- und Abfallholz
- Michael Kralemann** Holzenergienutzung in Niedersachsen – status quo und Perspektiven

Energieeffizienz in Gebäuden – betriebliche Effizienz, stoffliche Recyclingpotenziale und Quellen „grauer Energie“

Ilja Tuschy | Hannah-Vogt-Saal

- Marco D. Genuardi** Absenkung der Warmwassertemperatur in Trinkwasserinstallationen zur Erhöhung der Energieeffizienz von Wärmepumpen im Gebäudesektor
- Modar Yasin** Entwicklung smarter Wohnungsstationen und Demonstration vernetzter, hocheffizienter, regenerativer Wärmeversorgung von Mehrfamilienhäusern
- Karina Albrecht** Einfluss von Temperaturschwankungen auf das Komfortempfinden beim Duschen unter Betrachtung spezifischer Merkmale von Testpersonen
- Matthias Schmid** Potenziale und Herausforderungen dezentraler Hybrid-Wohnungsstationen bei Mehrfamilienhäusern
- Ömer Kacmaz** Zirkulationserwärmungswärmepumpe

Versorgung mit Wärme und Kälte im Quartier und kommunale Wärmeplanung

Petrit Vuthi | Taberna

- Wiebke Geffken** Städtebauliche und planerische Instrumente zur Förderung einer nachhaltigen Abwärmenutzung
- Jürgen Knies** Das Drei-Ebenen-Modell der Kommunalen Wärmeplanung
- Wiebke Gerth** Methode der Energieleitplanung als Erweiterung der kommunalen Wärmeplanung
- Lutz Meyer** Modell eines solar-gekoppelten Wärmepumpensystems mit dem Bestandsimmobilien als „Prosumer“ thermischer Energie agieren können
- Julian Jensen** Sonnenkollektoren in Wärmenetzen: Eine Analyse von Machbarkeitsstudien und bereits realisierten Großprojekten
- Johannes Pelda** Fernwärmeatlas – Ermittlung von Standorten für die optimale Wärmeauskopplung aus städtischem Abwasser

Thermische Energiespeicher, insbesondere saisonale Wärmespeicherung

Volker Lenz | Emmy-Noether-Saal

- Jobst Kerspe** Gestützte Vakuum-Isolierungen – eine hoch effektive Struktur für Anwendungen in der Energiespeicherung
- Daniel Friedrich** Heat Balance: Kopplung von Windenergie mit einem Campus Wärmenetz durch einen geothermischen Langzeitwärmespeicher
- Nicolas Fidorra** Potentiale der elektrischen Energieflexibilisierung durch thermische Speicher in Supermarktkälteanlagen
- Tobias Zimmermann** Systematisierung der Nutzungs- und Integrationsmöglichkeiten von Aquiferwärmespeichern in Fernwärmenetzen
- Ulrike Jordan** Transformation der Wärmeversorgung in Kassel
- Götz Hornbruch** Feldversuche zum Betriebsverhalten und zu Umweltauswirkungen saisonaler Wärmespeicher in Grundwasserleitern auf dem Testfeld TestUM

Digital Twins, geografische Informationssysteme, Open Science sowie Open-Data

Sönke Bohm | Hannah-Vogt-Saal

- Daniel Zinsmeister** Integration von Prosumern in Wärmenetze – eine ganzheitliche Betrachtung
- Jan Trosdorff** Methodik zur Ermittlung von Gebäudeattributen als Eingangsgrößen für hoch aufgelöste Wärmebedarfsprognosen mittels Open-Data
- Wael Mandow** Einsatz der BIM-Methode bei gebäudeintegrierten solaren Technologien
- Malte Schwanebeck** Entwicklung einer open-source UBEM Plattform zur Unterstützung der Wärmeplanung in der Stadt Kiel
- Abdulraheem Salaymeh** Nutzbarkeit von Open Data in der Wärmesystemanalyse: Fallstudie zur zukunftsicheren Fernwärme
- Malte Myrau** Betriebliche Effizienz in Bestandsgebäuden mit Hilfe von digitalen Zwillingen: Infrastrukturvorbereitungen und Herausforderungen

Wärmewende und Gesellschaft – Finanzierungs- und Betreibermodelle für zukünftige Wärmeversorgungssysteme

Frank Mattioli | Taberna

- Gregor Jaschke** Wie die Wärmewende in Eigenheimen beschleunigt werden kann
- Leo Reutter** Modernisierungs- und Energieeinsparanreize in Teilwärmemietenmodellen
- Marco D. Genuardi** Betriebliche Hürden für die Installation von Wärmepumpen: Eine explorative Analyse
- Christian Kriel** Ökonomische, ökologische und soziale Herausforderungen bei der Dekarbonisierung eines bestehenden Fernwärmenetzes
- Matthias Jannidis** REWARDHeat Planspiel Erkenntnisse
- Sunke Schlüters** Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Identifizierung eines pareto-optimalen Wärmeversorgungssystems in verschiedenen Wetterregionen in Deutschland

 Freitag den 9. Juni 2023, 9:00 – 10:30 Uhr

Technologien für die erneuerbare Wärmebereitstellung und Abwärmenutzung // Chancen und Risiken des Hochlaufs bei Ausbau, Transformation und Anschlussverdichtung von Wärmenetzen

Lutz Meyer | Emmy-Noether-Saal

- Raphael Niepelt** Forschungsbedarfe bei Wärmepumpen aus Sicht des Energiesystems
- Katharina Prehn** Wärmenutzung der Elektrolyse – eine (zu) wenig realisierte Option
- Sina Freitag** Regulatorische Rahmenbedingungen für den Einsatz von Wasserstoff im Wärmesektor
- Jonas Freißmann** Modellierung von Hochtemperaturwärmepumpen in der integrierten Simulation von multivalenten Wärmeversorgungssystemen
- Fabian Gievers** Ökobilanzierung der Fernwärme in Deutschland: Status Quo und zukünftige Entwicklungen
- Stefan Hay** Fernwärmenetze im Kontext nationaler Klimaziele

Thermische Energiespeicher, insbesondere saisonale Wärmespeicherung

Marlies Wiegand | Hannah-Vogt-Saal

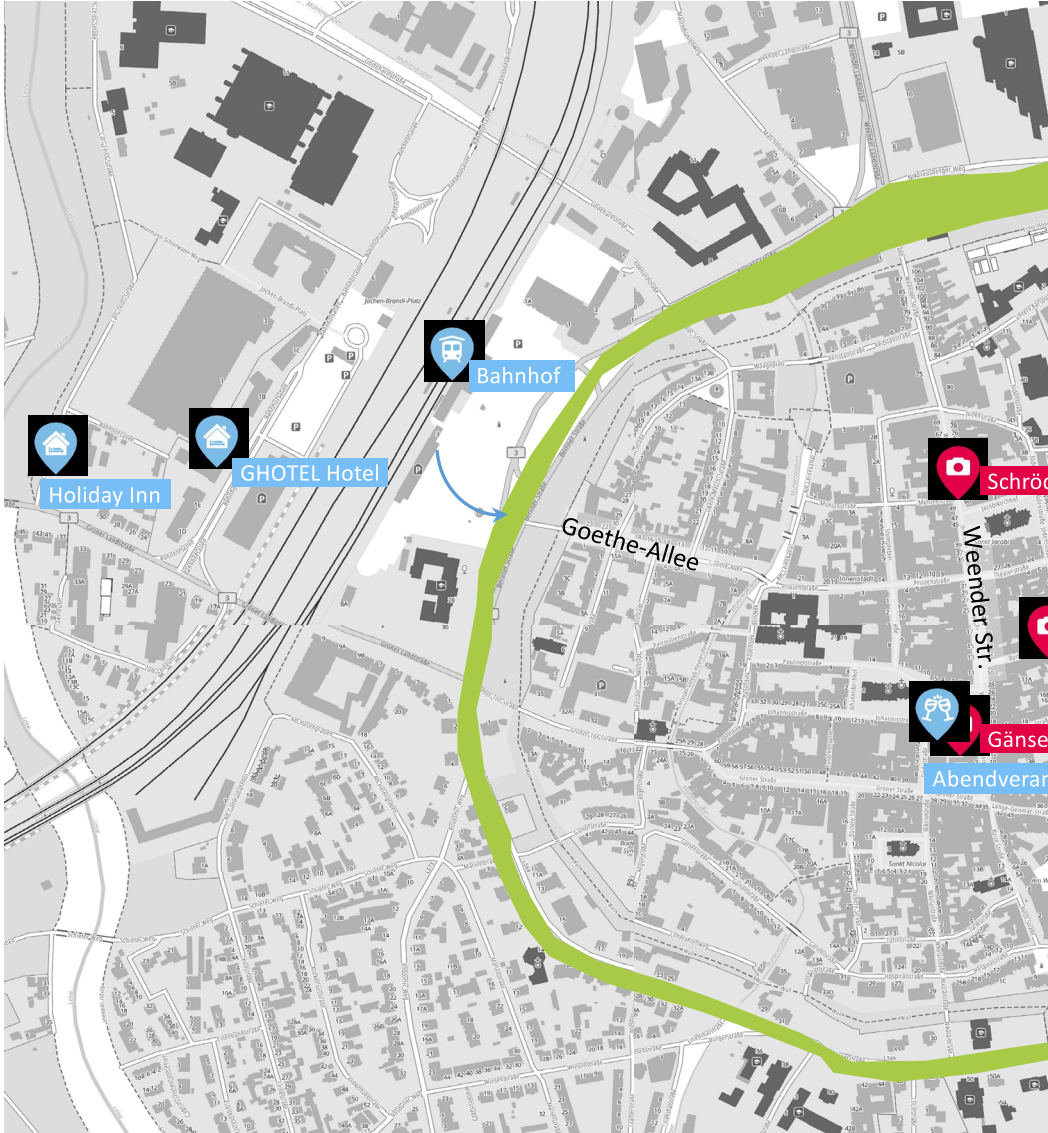
- Tom Brand** Entwicklung hocheffizienter Erdbecken-Wärmespeicher für Wärmenetze
- Jens-Olaf Delfs** Modellierung des Betriebs und der Umweltauswirkungen geologischer Wärmespeicher
- Johannes Nordbeck** Die Rolle von Hochtemperatur-Aquiferwärmespeicherung in zukünftigen urbanen Wärmeversorgungssystemen
- Adrian Metzgen** Saisonale tiefe hoch Temperatur Untergrundwärmespeicherung – Vorstellung der wiss. Begleitforschung des, im Zuge des Norddeutschen Reallabors am Standort Hamburg-Tiefstack errichteten Aquiferwärmespeichers
- Bernd Leiss** 15 Jahren Geothermieforschung für die Region Göttingen: Aktueller Stand

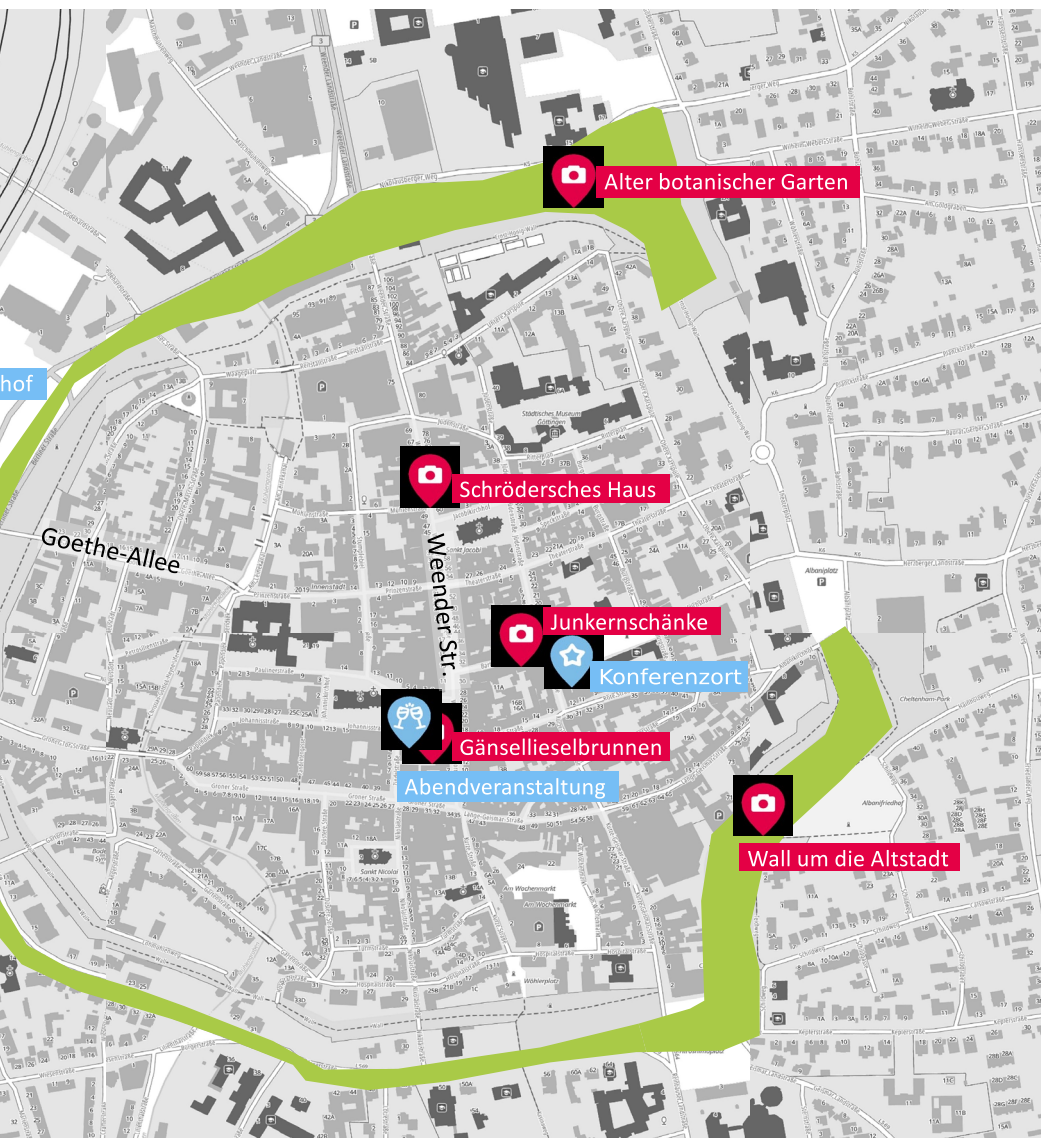
Versorgung mit Wärme und Kälte im Quartier und kommunale Wärmeplanung

Jürgen Knies | Taberna

- Oliver Antoni** Rechtliche Handlungsoptionen der Kommunen zur Umsetzung von Wärmeplänen
- Kristina Schumacher** Kostenoptimierte Modellierung einer dekarbonisierten Fernwärmeversorgung in Flensburg bis zum Jahr 2035
- Philipp Herpich** Modellbasierter Ansatz für eine Dekarbonisierung der Berliner Wärmeversorgung im Kontext des europäischen Energiesystems bis 2045
- Marvin Schnabel** Entscheidungsorientierte Aufbereitung von Potentialen zur Nutzung von Wärmepumpen im Kontext der geodatenbasierten Wärmeleitplanung
- Heidi Hottenroth** Multi-kriterielle Energiesystemoptimierung von Quartieren unter Berücksichtigung von Umweltwirkungen
- Christian Waldhoff** Lokaler Prozesswärmeverbund mit industrieller Abwärmenutzung in Georgsmarienhütte (Projekt KoWa)

Stadtplan





Konferenzort

Abendveranstaltung

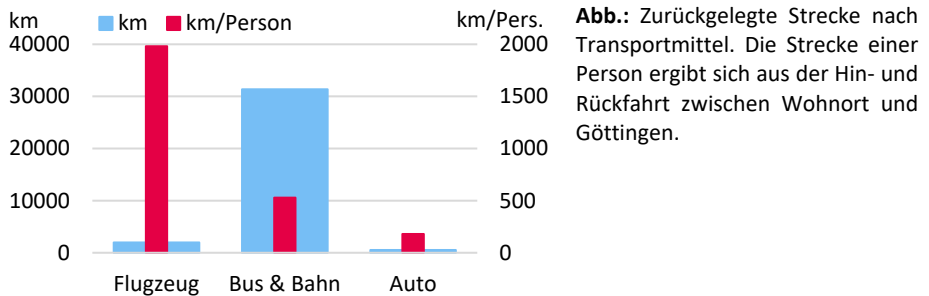
Alte Mensa, Wilhelmsplatz 3, Göttingen ab 10 / 8:30 Uhr

Restaurant Bullerjahn, Markt 9, Göttingen ab 19 Uhr

Ökobilanz der Konferenz

Dieser *carbon footprint* berücksichtigt neben CO₂ alle weiteren Treibhausgase des Kyoto-Protokolls. Zur besseren Vergleichbarkeit werden diese entsprechend ihres globalen Erwärmungspotenzials (GWP) im Verhältnis zu CO₂ in CO₂-Äquivalente (CO₂e) umgerechnet. Als Berechnungstool wurde der CO₂-Rechner der KlimAktiv gGmbH verwendet.

Als Datengrundlage fließen die Angaben zur Verkehrsmittelwahl von 70 Teilnehmer/-innen ein. Es wurden folgende Verkehrsmittel genutzt: Bus (2), Fahrrad (5), Auto (3), Flugzeug (1) und Bahn (58).



Die Emissionen der Mahlzeiten setzen sich aus der Wahl des Essens (mit Fleisch, vegetarisch oder vegan) einer jeden Person zusammen. Die Emissionen der Übernachtungen ergeben sich aus Anzahl der Personen und einem durchschnittlichen Emissionswert für Übernachtungen in Hotels.

Zur Berechnung der Emissionen des Veranstaltungsortes wurden die Flächen der Veranstaltungsräume zugrunde gelegt. Die Aufwendungen für Papier entstanden durch den Druck des Konferenzbandes und den ausgelegten Notizblöcken.

Den wesentlichen Anteil an den Emissionen mit 62 % verursacht der Sektor „Mahlzeiten & Übernachtungen“, gefolgt vom Sektor „Mobilität“ mit knapp 35 %. Im Sektor Mobilität sind, gemessen an der beförderten Anzahl an Personen, besonders die Rubrik Luftverkehr und PKW die Hauptemittenten. Mit etwa 1 % schlägt der Sektor „Sonstiges“ zu Buche.

Insgesamt werden in der 1. Konferenz zur Norddeutschen Wärmeforschung 2,949 t CO₂e ausgestoßen. Diese Menge binden 236 Buchen in einem Jahr.¹

¹ <https://stiftung-schwarzwald.org/projekte>

Ökobilanz der Konferenz

Sektor	CO ₂ e in kg	Anteil der CO ₂ e in %
Veranstaltungsort	59,37	2,01
Strom	59,37	2,01
Mobilität	1016,58	34,47
PKW	132,60	4,50
Bus & Bahn	132,66	4,50
Luftverkehr	751,32	25,47
Sonstiges	41,33	1,40
Papier	41,33	1,40
Mahlzeit & Übernachtung	1831,99	62,12
Essen	233,99	7,93
Übernachtung	1598,00	54,18
Gesamt	2949	100

Tab.: Übersicht der CO₂-Emissionen der 1. Konferenz zur Norddeutschen Wärmeforschung vom 8. bis 9. Juni in Göttingen. (Berechnung nach dem CO₂-Rechner der KlimAktiv gGmbH)

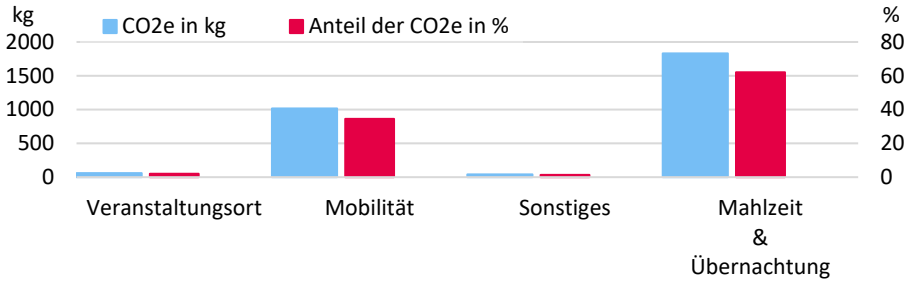


Abb.: Ökobilanz der vier wesentlichen Sektoren der 1. Konferenz zur Norddeutschen Wärmeforschung am 8. und 9. Juni in Göttingen

Wissenschaftlicher Beirat

PROF. DR. ANDREAS DAHMKE

hat die Arbeitsgruppenleitung der Angewandten Geowissenschaften – Aquatische Geochemie und Hydrogeologie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel inne und ist Sprecher des Kompetenzzentrums Geo-Energie. In seiner Forschung beschäftigt er sich schwerpunktmäßig mit der Nutzung des geologischen Untergrunds als Speicherraum.



DR. ING. FEDERICO GIOVANNETTI

ist seit 2002 am Institut für Solarenergieforschung in Hameln (ISFH) als Wissenschaftler und Projektleiter tätig. Wurde 2010 Leiter der Arbeitsgruppe „Thermische Kollektoren“ und ist seit 2020 Leiter der Abteilung Solare Systeme. Sein F&E-Fokus liegt auf Solar- und wärmepumpenbasierte Energieversorgungssysteme für Gebäude und Quartiere.



PROF. DR.-ING. STEFAN HOLLER

ist Leiter des Fachgebietes Nachhaltige Energie- und Umwelttechnik (NEUTec). Im Schwerpunkt „Green Engineering und Ökosystem“ arbeitet er an der Transformation von Energiesystemen mit dem Fokus einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Er besitzt langjährige Erfahrung in der Leitung von nationalen und internationalen Projekten.

PROF. DR. JÜRGEN KNIES

vertritt in der Fakultät Architektur, Bau und Umwelt der Hochschule Bremen das Lehrgebiet „Infrastrukturplanung umwelt- und energietechnischer Anlagen“. Aktuell werden von ihm folgende Projekte durchgeführt: KoWaP-Pro, WärmewendeNordwest sowie hyBit – Hydrogen for Bremen's Industrial Transformation.



PROF. DR. MONT. MICHAEL NELLES

leitet den Lehrstuhl Abfall- und Stoffstromwirtschaft an der Uni Rostock und ist wissenschaftlicher Geschäftsführer des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ) in Leipzig. Im Rahmen der Wärmewende werden insbesondere F&E-Projekte zur energetischen Verwertung von biogenen Abfällen und Reststoffen bearbeitet.



PROF. DR. RER. NAT. OLIVER OPEL

ist Professor für die energetische Optimierung von Gebäuden an der FH Westküste und leitet das Institut für die Transformation des Energiesystems (ITE). Er forscht zu Korrosion in Heiz- und Kühlwassersystemen, Trinkwarmwasserbereitung und Gebäudeeffizienz sowie Wasserstoff-Infrastruktur und Energiespeicherung.

UNIV.-PROF. DR.-ING. INGO WEIDLICH

ist in der Energieforschung mit einem Schwerpunkt auf Wärmeversorgungssysteme tätig. Neben methodischen Forschungsfragen im Bereich des Asset Managements werden auch Forschungsfragen der Kreislaufwirtschaft im Bereich des Leitungsbaus verfolgt. Dabei kommen moderne Computer- und experimentelle Methoden zum Einsatz.



DR. SÖNKE BOHM

ist Projektmanager am Kompetenzzentrum Geo-Energie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Europa-Universität Flensburg und beim Sachverständigenrat für Umweltfragen hat er sich mit Fragestellungen insbesondere zu nachhaltigen Energiesystemen beschäftigt.



JOHANNES PELDA, M. ENG.

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Nachhaltige- Energie- und Umwelttechnik (NEUTec). Er promovierte zum Thema Transformation von Fernwärmesystemen in die 4. Generation. Neben der Modellierung und Simulation beschäftigt er sich auch mit Energieeffizienz in Unternehmen.



DIPL.-ING. PETRIT VUTHI

ist Innovationsmanager im Competence Center Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (CC4E) der HAW Hamburg. Er beschäftigt sich mit der Akquise und der Projektleitung von Forschungsprojekten mit den Schwerpunkten nachhaltige Energiesysteme, die Energieversorgung im Bereiche Gebäude und Quartier und der Elektromobilität.



Positionspapier der Norddeutschen Wärmeforschung

Die sofortige Umsetzung der „Wärmewende“ wird existentiell – jetzt klimaneutrale, sozialverträgliche und versorgungsstabile Wärmeversorgung sichern, wirtschaftliche Potentiale stärken und wissenschaftliche Ressourcen nutzen.

15. August 2022

Ein Aufruf der Arbeitsgruppe „Wärme“ der norddeutschen Energieforschungsverbände zum dringend notwendigen politischen Handeln

Zusammenfassung

Eindeutige politische Entscheidungen zur breiten und sehr schnellen Umsetzung einer sozialverträglichen Transformation hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung sind schon seit Jahren essentiell und überfällig. Mit dem russischen Überfall auf die Ukraine und der damit einhergehenden Erdgas-Versorgungsunsicherheit in Verbindung mit den dramatischen Kostensteigerungen für alle fossilen Energieträger in den letzten Monaten ist der Handlungsdruck nochmals gestiegen. Es müssen jetzt Entscheidungen getroffen werden, um Klimaschutzziele in konkretes lokales Handeln aller Akteur*innen umzusetzen. Dabei sind alle Bevölkerungsgruppen mitzunehmen, denn es geht schon lange nicht mehr nur um vereinzelte Vorzeigeprojekte, sondern um eine vollumfängliche Umstellung der vielfältigen und diversen Nutzwärmeanforderungen der Kund*innen auf erneuerbare und klimaneutrale Lösungen.

Technologisch stehen für alle Wärmenutzer*innen geeignete klimaneutrale Wärmeversorgungssysteme zur Verfügung. An allen Orten mit verdichteter Wärmefachfrage bestehen solche Wärmeversorgungssysteme vorrangig aus einer Kombination aus regenerativen Wärmequellen, unvermeidbarer Abwärme, saisonalen Wärmespeichern, Großwärmepumpen und modernen Wärmenetzen, in die dezentral Wärme ein- und ausgespeist werden kann. Für die Bestätigung, dass sich solche Systeme auch in der Praxis bewähren, genügt ein Blick zu unseren direkten Nachbarn nach Dänemark und den Niederlanden, wo diese schon seit Jahren erfolgreich betrieben werden. Prinzipiell sind diese Wärmeversorgungssysteme auch für den Gebäudebestand geeignet und ermöglichen Gebäudeeigentümer*innen auch auf hybride Wärmeversorgungssysteme umzusteigen, bei denen z.B. die Weiternutzung ihrer solarthermischen Anlage, ihrer Luft-Wasser- Wärmepumpe oder ihrer Biomassefeuerung in Kombination mit dem zentralen Wärmeanschluss möglich ist. Natürlich sollte bei Objekten mit niedrigem Wärmeschutzstandard mittel-

fristig eine konsequente energetische Gebäudesanierung prioritär sein und von Anfang an mitgedacht werden. Insgesamt ergeben sich durch ein solches Maßnahmenpaket Reduktionen des fossilen Energiebedarfs für Gebäudeerwärmung von bis zu einer Größenordnung, also etwa Faktor 10, was einen Meilenstein für die Energiewende setzen und zu einer enormen Reduzierung des Problems der Energiebereitstellung führen würde.

Daher ist es aus fachlicher Perspektive nicht nachvollziehbar, dass der Ausbau solcher Wärmeversorgungs-systeme bisher kaum umgesetzt wird. Hinzu kommt, dass der Ausbau großes regionales Wertschöpfungspotenzial mit der langfristigen Unabhängigkeit gegenüber Energieimporten besitzt und zukünftig auch international einen großen Wachstumsmarkt für das produzierende Gewerbe darstellen wird.

Hinzu kommen für alle Objekte, die weder an ein Wärmenetz angeschlossen sind noch in den kommenden 10 Jahren erwartbar an ein Wärmenetz angeschlossen werden, möglichst standardisierte Einzelobjektlösungen (inkl. kleiner Gebäudenetze) auf Basis von Wärmepumpen und nachrangig dazu Wärmepumpen-Biomasse-Hybriden, wenn notwendige Vorlauftemperaturen nicht über den ganzen Winter sicher bereitgestellt werden können.

Um den forcierten Ausbau von Wärmenetzen in verdichteter Bebauung und vollständig erneuerbarer Einzelobjektlösungen für den ländlichen und ländlich geprägten Randbereich von Städten aufgrund der politischen Hintergründe sehr zeitnah umzusetzen, sieht die Arbeitsgruppe „Wärme“ der norddeutschen Bundesländer dringenden politischen Entscheidungs- und Handlungsbedarf zu folgenden übergeordneten Punkten:

- Deutliche Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren für auf regenerativen Wärmequellen und saisonalen Wärmespeichern basierende Wärmenetze auf unter 2 Jahre
- Erarbeitung und Umsetzung einer länderübergreifenden Strategie für den Ausbau der Produktionskapazitäten in Norddeutschland und geeignete Instrumente für den Hochlauf entsprechender netzgebundener Wärmeversorgungs-konzepte und vollständig erneuerbarer Einzelobjektwärmeversorgungen (Wärmepumpen und Wärmepumpen- Biomasse-Hybride)
- Unterstützung bei Finanzierungs- und Betriebsmodellen einschließlich Risikoabsicherung des Anlagenbetriebs in den ersten Betriebsjahren für Wärmedienstleister
- Etablierung eines norddeutschen Forschungs- und Entwicklungsverbundes (F&E- Verbund) „Wärmeforschung und Transfer“ zur Stärkung des Innovationspotenzials auf diesen Zukunftsmärkten

- Bundesländerübergreifende Aus- und Fortbildungsinitiative zur Sicherung und zum Ausbau hinreichender Personalkapazitäten und fachübergreifender Expertise sowie Akzeptanz

Insgesamt schätzt die Arbeitsgruppe, dass bei geeigneten politischen und regulativen Leitplanken ca. 15 % bis 25 % der norddeutschen Wärmeversorgung in den nächsten 2-4 Jahren auf klimaneutrale, nachhaltige und sozialverträgliche zentrale Wärmeversorgungssystemen und mittels rund 1 Mio. erneuerbare Einzelgebäudeheizungen weitere rund 10 – 15 % umgestellt werden könnten. Die abgeschätzten Investitionskosten von ca. 25 Milliarden € erscheinen zunächst hoch, amortisieren sich aber bei einer weiteren Erhöhung der Erdgaskosten innerhalb weniger Jahre und bieten zudem langfristig eine hohe Versorgungssicherheit für die Bürgerinnen und Bürger.

Allerdings wird dies nur umzusetzen sein, wenn die Transferstrukturen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft in Norddeutschland konsequent gebündelt und an den großen Bedarf angepasst werden. Um eine norddeutsche Wärmeforschungsallianz zeitnah und belastbar arbeitsfähig zu machen, sollten pro Bundesland je nach wirtschaftlichem Potenzial und bereits jetzt geleisteten Landesfinanzierungen ca. 3 bis 5 Mio. € pro Jahr für die kommenden 5 Jahre bereitgestellt werden. Mit diesem in Relation zur finanziellen Dimension und Dringlichkeit des Wärmeversorgungsproblems geringen Betrag könnte ein erstes operatives F&E- und Transfer-Basis gelegt werden, die das wettbewerbsfähige Norddeutschland bei der Transformation der Wärmeversorgung sichert.

Ansprechpartner

Schleswig-Holstein: Prof. Dr. Andreas Dahmke, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, andreas.dahmke@ifg.uni-kiel.de; Prof. Dr. rer. Nat. Oliver Opel, FH Westküste, opel@fh-westkueste.de

Bremen: Prof. Dr. Jürgen Knies, Hochschule Bremen, juergen.knies@hs-bremen.de

Niedersachsen: Prof. Dr.-Ing. Stefan Holler, Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, stefan.holler@hawk.de

Hamburg: Prof. Dr.-Ing. Weidlich; Energieforschungsverbund Hamburg, weidlich@energieforschungsverbund.hamburg

Mecklenburg-Vorpommern: Prof. Dr. mont. Michael Nelles, Universität Rostock, michael.nelles@uni-rostock.de

Untersetzte Hintergrundinformationen

Situation und Perspektive der Wärmeversorgung in Norddeutschland

Der Anteil erneuerbarer Energie in der Wärme liegt laut Umweltbundesamt derzeit bei 16,3 % und hat sich in den vergangenen rund zehn Jahren kaum geändert. Dabei ist rund die Hälfte des Endenergiebedarfs der Wärme zuzuordnen, etwa 30 % entfallen auf den Gebäudesektor. Aufgrund der großen Hebelwirkung muss der Anteil der erneuerbaren Energie im Wärmebereich dringend in signifikanter Größenordnung erhöht werden. Die Notwendigkeit für eine zeitnahe „Wärmewende“ ohne fossile Energieträger allein aus Klimaschutzgründen und auch aus Umweltschutzgründen ist wissenschaftlich seit Jahrzehnten unstrittig. Es muss jetzt gehandelt werden.

Mit dem Überfall Russlands auf die Ukraine ist der Glaube an eine kostengünstige, langfristige, erdgasbasierte Energieversorgung für die Wärmeversorgung von Gebäuden in wenigen Wochen zerbrochen, und eine Rückkehr zu alten Abhängigkeiten sollte aus unterschiedlichen politischen und Klimaschutzgründen ausgeschlossen werden. Bisher limitierte die scheinbar langfristig sichere Erdgasversorgung mit sehr günstigen Preisen sowie starken Anbieternetzen eine nachhaltige und klimaneutrale Transformation der nationalen Wärmeversorgung von Wohngebäuden. Die aktuelle Suche nach zeitnahen alternativen klimaneutralen und nachhaltigen Wärmeversorgungskonzepten zeigt zudem, wie wenig Deutschland trotz der langjährigen Diskussion auf eine klimaneutrale und sozialverträgliche Transformation der Wärmeversorgung vorbereitet ist.

Dabei mangelt es nicht an erprobten Konzepten, Technologien und – wichtiger noch – an internationalen und regional vergleichbaren Vorbildern (u. a. Dänemark, Niederlande, Schweden). Diese Beispiele zeigen, wie eine entsprechende Transformation der Wärmeversorgung schnell initiiert werden könnte, um zumindest den potentiellen Ausfall des russischen Erdgases zur Gebäudeheizung zu sozialverträglichen Kosten zu kompensieren. Insbesondere die norddeutschen Flächenländer mit dominierenden mittleren Wärmebedarfsdichten (ca. 20 bis maximal 100 GWh/km²) wären so, in vielen Fällen mit bestehenden Anlagenkonzepten und Technologien zu relevanten Anteilen zeitnah, nachhaltig, versorgungs- und kostensicher zu versorgen.

Solche „neuen“ Wärmeversorgungsanlagen bestehen in verdichteter Bebauung aus regenerativen, häufig fluktuierenden und saisonalen Wärmequellen (z. B. Flächensolarthermie, kombinierte PV-solarthermische Module (PVT-Module) oder Umweltwärmequellen wie Klär- oder Müllverbrennungsanlagen), saisonalen Wärmespeichern, Großwärmepumpen und modernen Nahwärmenetzen. Erste Abschät-

zungen auf Basis von Wärmebedarfsdichten, verfügbaren Flächen und geologischen Gegebenheiten deuten darauf hin, dass so allein in Norddeutschland bis zum Jahr 2025 30 – 50 TWh pro Jahr zur Wärmeversorgung zur Verfügung gestellt werden könnten.

Auch im Hinblick auf den regionalen Umweltschutz und den „Flächenverbrauch“ und unter dem Aspekt der schnellen Umsetzbarkeit (sog. Hochlauf) spricht viel für den Bau und die Nutzung derartiger Wärmeversorgungsanlagen. So erbringen solche Anlagen einen höheren Energieertrag pro Flächeneinheit als klassische PV-Anlagen oder typische landwirtschaftliche Bioenergiepflanzen. Durch die Verwendung untertägiger Wärmespeicher mit hoher Energiedichte kann der oberirdische Flächenbedarf noch weiter reduziert werden. Dabei sind die geologischen Voraussetzungen in vielen norddeutschen Bundesländern für den Bau und Betrieb solcher untertägiger saisonaler Wärmespeicher günstig, und nach bisherigen wissenschaftlichen Ergebnissen ist der oberflächennahe untertägige Raum groß genug, um Grundwasserversorgung und Wärmeversorgung mit prinzipiell bestehenden Planungsinstrumenten gemeinsam zu sichern.

Zudem ist das Potential einer zeitnahen Umsetzung solcher Anlagen auch unter Berücksichtigung der derzeitigen schwierigen globalen Vertriebsketten und geopolitischen Situation vergleichsweise sicher zu gewährleisten. Die dazu notwendigen Anlagenmodule können weitgehend europäisch gefertigt und durch regionale Firmen installiert werden, und sie stellen keine besonderen Anforderungen an möglicherweise zukünftig schwerer verfügbare Rohstoffressourcen oder eine aufwändige industrielle Fertigung.

Forschungsbedarf und Herausforderungen

Forschungs- und Entwicklungsbedarfe bestehen vor allem noch in der Einbindung älterer Bestandsbauten in die modernen Nahwärmenetze, die mit niedrigeren Temperaturen betrieben werden als klassische Fernwärmenetze, was zum einen die Übertragungsverluste reduziert, zum anderen aber auch die Einbindung von Umwelt- und Abwärmequellen vielerorts überhaupt erst ermöglicht. Konzepte für Übergabestationen mit Booster- Wärmepumpen oder dezentrale Nacherwärmungseinheiten mit Solarthermieeinkopplung wurden bisher in Forschungsprojekten demonstriert; es existieren jedoch noch keine Lösungen für einen flächendeckenden Einsatz.

Für Gebäude abseits der Wärmenetze müssen Systeme zur Nutzung von Umweltwärme vereinfacht und kostengünstiger werden. Forschungsfragen bei Wärmepumpen bestehen zu einer weiteren Effizienzsteigerung und zum Einsatz umweltfreundlicher Kältemittel. Immer dann, wenn Vorlauftemperaturen über 55°C erfor-

derlich sind, bedarf es auch der Entwicklung und Markteinführung hocheffizienter Kombigeräte aus Wärmepumpen und Biomassefeststofffeuerungen. Auch für Objekte mit Gasetagenheizungen müssen forschungsseitig noch effiziente und gleichzeitig zuverlässige Lösungen gefunden werden. Das sich aus einer Digitalisierung der Energieversorgung ergebende Potential in Hinblick auf Effizienzsteigerungen im Betrieb wie auch einer besseren Integration der Wärmenetze in das Gesamtenergiesystem ist ebenfalls noch nicht erforscht.

Es gibt also viel zu tun. Eine frühzeitige strategische Positionierung Norddeutschlands mit entsprechenden Technologien mit einem Netzwerk aus produzierenden und dienstleistenden Firmen und Forschungsinstitutionen wird sogar die Möglichkeit eröffnen, am sehr großen mit dem Umbau der Wärmeversorgung verbundenen Wirtschaftsmarkt zu partizipieren. Global ist der Wärmemarkt in der Größe und Bedeutung mit dem Mobilitätsmarkt zu vergleichen und übertrifft diesen noch in der Vielfältigkeit der Anwendungen und Nischen und besitzt damit das große Potential, bedeutende Wertschöpfung durch regionale KMU zu generieren.

Politischer Entscheidungs- und Handlungsbedarf

Vor dem Hintergrund der oben skizzierten großen volkswirtschaftlichen und gesellschaftlichen Dringlichkeit, die für Unternehmen und deren Beschäftigte existentiell sein kann, und den vielfachen nachhaltigen Vorteilen entsprechender klimaneutraler Wärmeversorgungssysteme besteht aus Sicht der norddeutschen Forschungsverbände prioritärer politischer Handlungsbedarf auf folgenden Feldern:

- Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren für auf regenerativen Wärmequellen und saisonalen Wärmespeichern basierende Wärmenetze auf deutlich unter zwei Jahre, weiterhin z. B.
 - Verpflichtung/Aufforderung zu landesspezifischer 3D-GIS-gestützten kommunalen Wärmeplanung mit prioritärem Blick auf klimaneutrale wärmenetzbasierte Wärmeversorgungssysteme, wo immer möglich, in Kombination mit modernen erneuerbaren Einzelobjektlösungen in Gebieten mit zu geringer Bebauungsdichte.
 - Identifikation systemisch prioritärer und schnell umzusetzender geothermischer Versorgungssysteme (z. B. Solarthermie/PVT (Flächenanlage), saisonale (untertägige) Wärmespeicher, Großwärmepumpe, vorhandenes bzw. kurzfristig zu bauendes Wärmenetz),
 - zeitnahe gesetzliche/untergesetzliche Modifikationen zum bestehenden Rechtsrahmen insbesondere im Planungs-, Bau- und Wasserecht, um regulatorische Grundlagen zur zeitnahen Genehmigung von wärmespeicher-

und wärmenetzgestützten Wärmeversorgungssystemen zu schaffen,

- Einführung einer zeitlich beschränkten Experimentierklausel, um die sehr zeitnahe Umsetzung und Erprobung klimaneutraler Wärmeversorgungssysteme regulatorisch und unabhängig von möglicherweise späteren Gesetzesmodifikationen zu ermöglichen,
 - Einführung eines dynamischen Netzentgeltsystems in Abhängigkeit des Anteils erneuerbarer Energien im Versorgungsgebiet für elektrizitätsbasierte Wärmeversorgungsanlagen wie Wärmepumpen und Power-to-Heat-Anlagen.
 - Erweiterung des Rechtsrahmens für Prosumer, die sowohl Wärme aus dem Netz entnehmen als auch einspeisen wollen, inklusive der rechtlichen Möglichkeiten für attraktive Wärmepreisgestaltungsmodelle
- Erarbeitung und Umsetzung einer länderübergreifenden Strategie für den Ausbau der Produktionskapazitäten in Norddeutschland für den Hochlauf entsprechender Wärmeversorgungskonzepte, z. B.
- Initiierung einer norddeutschen Wirtschaftsförderungsstrategie zum Aufbau wettbewerbsfähiger Produktionsketten für die notwendigen Systemmodule klimaneutraler Wärmeversorgungssysteme im Hard- und Softwarebereich (Wärmeversorgungs-komponenten, Sensor-Systeme, Digitale Zwillinge, GIS-Systeme etc.),
 - zeitlich befristete staatliche Abnahmegarantien für Anlagenmodule, um Investitionen in Produktionskapazitäten zu stimulieren,
 - Aufbau und Nutzung internationaler Kontakte, um globale Exportmärkte zu erschließen,
 - Unterstützung einer norddeutschen kommunalen Innovationsinitiative „Klimaneutrale Wärmeversorgung in urbanen und ruralen Gebieten“ mit der Zielrichtung auf resiliente hydrologisch-thermische Schwammstädte, die in der Lage sind Regenwasser aufzunehmen und zu halten und so auch durch natürliche Verdunstung Hitzeinseln entgegenwirken.
- Unterstützung bei Finanzierungs- und Betriebsmodellen einschließlich Risikoabsicherung des Anlagenbetriebs in den ersten Betriebsjahren, z. B.
- Zusicherung der Übernahme von Kosten für zusätzliche Planungs-, Erkundungs- und Monitoringmaßnahmen für besonders innovative oder besonders breit übertragbare Anlagenkonzepte,
 - Anteilige Übernahme des betrieblichen Ausfallrisikos der Wärmeversor-

gungssysteme aufgrund des bisher nicht hinreichend bekannten (betrieblichen) Langzeitverhaltens,

- Anreizen von Bürger-Wärmeversorgungsanlagen analog zu Bürger-Windparks u. ä., um private Investitionen vor Ort zu stimulieren und Teilhabe zu ermöglichen.
- Etablierung eines norddeutschen Forschungs- und Entwicklungsverbundes (F&E- Verbund) „Wärmeforschung und Transfer“, u. a.
- strukturelle Unterstützung für die Gründung einer breit aufgestellten Allianz (Koalition der Willigen) „Wärmeforschung und -transfer“, um die länderübergreifende norddeutsche Wärmeforschung zu forcieren und ihre Interessen nach außen (national und international) zu vertreten,
 - politisches Agendasetting bei der Abfassung nationaler und europäischer Forschungss Ausschreibungen zum Thema „Klimaneutrale, sozialverträgliche Wärmeversorgung & wärme- und kälteresistente Städte“ mit dem Fokus auf die Weiterentwicklung kritischer Technologien sowie die Schließung von Technologielücken,
 - Entwicklung und Durchführung länderübergreifender Verbundprojekte zu kritischen Fragestellungen der norddeutschen Wärmewende mit hohen Transfer- und Disseminationsanteilen,
 - länderübergreifende koordinierte fachspezifische Beteiligung von Instituten und Firmen an Reallabor- bzw. Demonstrationsvorhaben zur klimaneutralen Wärmeversorgung, länderübergreifende Gründung und Finanzierung eines virtuellen Instituts „Norddeutsche Wärmeforschung“, in dem die Spitzenforschung und -transfer der norddeutschen Bundesländer anhand objektiver Leistungskriterien (u. a. Drittmittel, Patente, Praxisvorhaben, Publikationen etc.) jeweils für vier oder fünf Jahre gebündelt wird, um international wettbewerbsfähige Antragskonsortien aufzubauen.
- Bundesländerübergreifende Aus- und Fortbildungsinitiative zur Sicherung und zum Ausbau hinreichender Personalkapazitäten und fachübergreifender Expertise sowie Akzeptanz, u. a.
- Initiierung norddeutscher Ausbildungs- und Fortbildungsprogramme,
 - norddeutsche hochschulübergreifende Vernetzung von Studiengängen z. B. im Architektur-, Stadtplanungs- und/oder Ingenieurbereich zu dieser Thematik,

- Unterstützung von Handwerksbetrieben und Berufsschulen in der dualen Ausbildung,
- Integration der Thematik in den schulischen Unterricht und die Erwachsenenbildung.

Bestehende Transfer- und Forschungsnetzwerke in Norddeutschland länderübergreifend zeitnah verbinden und ausbauen

Die große Herausforderung bei der Umsetzung der oben skizzierten Punkte wird in allen norddeutschen Bundesländern der Zeitdruck, die Komplexität der zur bewältigenden Aufgaben und die national vergleichsweise geringen Erfahrungen im Hinblick auf die zuvor skizzierten Wärmeversorgungsanlagen sein. Allerdings können die norddeutschen Bundesländer insgesamt bereits auf ein leistungsfähiges und fachlich breit aufgestelltes, aber eben noch nicht optimiert koordiniertes Netzwerk von F&E-Einrichtungen mit unterschiedlichen und sich ergänzenden Schwerpunktsetzungen zurückgreifen. Hier gilt es nun, kurzfristig die norddeutschen F&E-Kapazitäten enger mit den politischen Entscheidungen, den entsprechenden norddeutschen Wirtschaftskapazitäten und insbesondere mit dem Bedarf der Kommunen und der Bürgerinnen und Bürger beim schnellen Ausbau zukunftssicherer Wärmeversorgungssysteme zu verbinden.

Die norddeutschen F&E-Einrichtungen zur „Wärmewende“ sind an einer Zusammenarbeit im Rahmen einer entsprechenden Allianz „Norddeutsche Wärmeforschung und -transfer“ bei entsprechenden politischen Weichenstellung interessiert und regen diesbezüglich zeitnah Abstimmungsgespräche z. B. im Rahmen der norddeutschen Wissenschaftsministerkonferenzen an. Die „Wärmewende“ war lange Zeit eher der „blinde Fleck“ in der strukturellen Ausstattung der Energiewende-Forschung; hier muss im engen Verbund mit der Wirtschaft und mit den Kommunen und Städten aktuell sehr schnell nachgesteuert werden.

Key Notes



PROF. DR. INGA MOECK

ist promovierte und habilitierte Strukturgeologin mit mehr als 20 Jahren Forschungserfahrung in der Geothermie. Nach Stationen an der TU Berlin und dem GFZ folgten Professuren an der University of Alberta in Edmonton (Kanada) und der TU München. Seit 2018 ist Moeck Professorin an der Georg-August Universität Göttingen und leitet zugleich die Geothermieforschung am Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik in Hannover. Sie ist außerdem Vize-Präsidentin des Bundesverbands Geothermie.

FORSCHUNG FÜR DIE WÄRMEWENDE DURCH DIE NATIONALE ERDWÄRMEKAMPAGNE

Für die konkrete Umsetzung der Energiewende sind Effizienzmaßnahmen und der massive Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien erforderlich. Der Wärmesektor wurde bislang in der Energiewende wenig beachtet, obwohl Wärme der größte Bedarfssektor in Deutschland ist. Seit Jahren weist die Wissenschaft daher auf die Wärmewende mit erneuerbarer, ganzjährig zur Verfügung stehender Wärme hin.

Erdwärme ist die einzige grundlastfähige, wetter- und tageszeitunabhängige erneuerbare Wärmequelle, ihr Potenzial wurde bisher jedoch nur unzureichend erschlossen. Mit der Erdwärmekampagne „Geothermie für die Wärmewende“ setzt das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) das Ziel, das große Potenzial der Geothermie für eine klimaschonende Wärmeversorgung in Deutschland zu erschließen. Zur Erreichung dieses Ziels formuliert das BMWK in einem Eckpunktepapier acht Maßnahmen, darunter eine Daten- und eine Explorationskampagne. Im Vorfeld der Erdwärmekampagne hat eine Studie des Leibniz-Instituts für Angewandte Geophysik (LIAG) den Energiebedarf im Bereich Raumwärme und Warmwasser der Bundesrepublik Deutschland über die vergangenen 12 Jahre analysiert und die Möglichkeiten erneuerbarer Wärmequellen als Substitution von fossilen Energieträgern untersucht.

Die Studienergebnisse zeigen: Ohne die umfassende Nutzung der Geothermie ist die Wärmewende in Deutschland nicht möglich. Bislang macht die Geothermie im Ökowärmesektor nur einen Anteil von etwa 10 % aus - und damit nur rund 1,5 % des gesamten Wärmebedarfs in Deutschland. Dabei können bis zu 42 % der zukünftigen Wärmeversorgung durch Geothermie abgedeckt werden. Um Klimaneutralität im Bereich Raumwärme und Warmwasser bis Mitte dieses Jahrhunderts zu

erreichen, sind nicht nur Forschung in den Themen Sektoren- und Querkopplung sowie unterirdische Energiespeicherung zur Effizienzsteigerung, sondern auch konkrete und zeitlich terminierte Ausbauziele für die oberflächennahe, mitteltiefe und tiefe Geothermie notwendig.



PROF. DR.-ING. STEFAN HOLLER

ist Professor für Energie- und Umwelttechnik an der Fakultät Ressourcenmanagement der HAWK in Göttingen und Leiter des Fachgebietes Nachhaltige Energie- und Umwelttechnik (NEUTec). Im HAWK-Forschungsschwerpunkt „Green Engineering und Ökosystem“ arbeitet er an der Transformation von Energiesystemen mit dem Fokus einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Er besitzt langjährige Erfahrung in der Projektleitung von Forschungsprojekten mit nationalen und internationalen Projektpartnern.

DIE WÄRMEALLIANZ DER NORDDEUTSCHEN WÄRMEFORSCHUNG

Politische Entscheidungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung sind notwendig und überfällig. Die unsichere Erdgasversorgung durch den russischen Überfall auf die Ukraine und die steigenden Kosten für fossile Energieträger erhöhen den Handlungsdruck. Dabei stehen technologisch klimaneutrale Wärmeversorgungssysteme für alle Nutzungsanforderungen zur Verfügung, wie regenerative Wärmequellen, saisonale Wärmespeicher, Großwärmepumpen und moderne Wärmenetze. Um die Klimaschutzziele in konkretes Handeln umzusetzen und alle Bevölkerungsgruppen bei der Umstellung auf eine erneuerbare und klimaneutrale Wärmeversorgung mitzunehmen, sind strategische Entscheidungen und Maßnahmen auf allen Ebenen notwendig.

Darüber hinaus besteht weiterhin Forschungsbedarf u.a. bei der Einbindung älterer Gebäude in moderne Nahwärmenetze, die mit niedrigeren Temperaturen betrieben werden. Es fehlen Lösungen für den flächendeckenden Einsatz von Übergabestationen und dezentralen Nacherhitzern. Für die Nutzung von Umweltwärme müssen die Systeme vereinfacht und kostengünstiger werden. Auch bei Wärmepumpen besteht Forschungsbedarf zur weiteren Effizienzsteigerung und zum Einsatz umweltfreundlicher Kältemittel. Die Digitalisierung bietet weitere Potenziale zur Effizienzsteigerung und zur Integration von Wärmenetzen.

Vor diesem Hintergrund kann sich Norddeutschland mit seinen Forschungsstandorten strategisch positionieren und am Wärmemarkt partizipieren, der ein hohes Wertschöpfungspotenzial für regionale KMU bietet.

Die Arbeitsgruppe "Wärme" der norddeutschen Bundesländer empfiehlt politische Entscheidungen, um den Ausbau zu beschleunigen, eine länderübergreifende Strategie zu entwickeln, Finanzierungs- und Betreibermodelle zu unterstützen, einen Forschungs- und Entwicklungsverbund aufzubauen und eine Aus- und Weiterbildungsinitiative zu etablieren. Die Arbeitsgruppe schätzt, dass bis zu 25 % der Wärmeversorgung in Norddeutschland in den nächsten 2 bis 4 Jahren auf klimaneutrale, nachhaltige und sozialverträgliche Wärmeversorgungssysteme umgestellt werden könnten.

Um eine norddeutsche Wärmeforschungsallianz zeitnah und belastbar arbeitsfähig zu machen, sollten pro Bundesland je nach wirtschaftlichem Potenzial und bereits jetzt geleisteten Landesfinanzierungen ca. 3 bis 5 Mio. € pro Jahr für die kommenden 5 Jahre bereitgestellt werden.

Abstracts

TECHNOLOGIEN FÜR DIE ERNEUERBARE WÄRMEBEREITSTELLUNG UND ABWÄRMENUTZUNG

Nutzung von Abwärme und erneuerbarer elektrischer Energie mit einer Hochtemperaturwärmepumpe gekoppelt mit einem thermischen Speicher ..	32
Nachhaltiger Betrieb der Erdwärmesondenfelder einer Berufsschule unter Berücksichtigung der Grundwasserströmung.....	33
Thermisch aktivierte hinterlüftete Fassaden für Mehrfamilienhäuser.....	34
Resiliente Hybrid-Heiztechnologien für die Industrie und kommunale Wärmenetze mittels Rest- und Abfallholz	35
Innovative Wärmeversorgung im innerstädtischen Quartier: Wärme- und Monitoringkonzept	36
Holzenergienutzung in Niedersachsen – status quo und Perspektiven	37
Forschungsbedarfe bei Wärmepumpen aus Sicht des Energiesystems.....	38
Wärmenutzung der Elektrolyse – eine (zu) wenig realisierte Option	39
Regulatorische Rahmenbedingungen für den Einsatz von Wasserstoff im Wärmesektor	40
Modellierung von Hochtemperaturwärmepumpen in der integrierten Simulation von multivalenten Wärmeversorgungssystemen	41

Nutzung von Abwärme und erneuerbarer elektrischer Energie mit einer Hochtemperaturwärmepumpe gekoppelt mit einem thermischen Speicher

Meyer L.¹⁾, Oehlmann C., Jansen K.

¹⁾ Hochschule Hannover, IVEK Institut für Verfahrenstechnik, Energietechnik und Klimaschutz, Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover; lutz.meyer@hs-hannover.de

Stichworte: Hochtemperaturwärmepumpe, Abwärme, thermischer Speicher, Thermalöl

Hochtemperatur-Wärmepumpen, die Abwärme als Wärmequelle nutzen, sind eine gute Möglichkeit für eine effiziente und kohlenstofffreie Prozesswärmeversorgung bis 150 °C. Die Kombination mit thermischen Energiespeichern erhöht die Flexibilität des Systems und erlaubt, die Wärmepumpe bei verfügbarer erneuerbarer Energie zu betreiben, niedrige Stromkosten zu nutzen und den Spitzenbedarf zu reduzieren (Peak Shaving).

Da Wärmepumpen aber mit kleinen Temperaturspreizungen arbeiten, lassen sie sich nicht gut mit sensiblen thermische Speicher kombinieren. Es wird ein Speichersystem mit Thermalöl und elektrischer Direktheizung vorgeschlagen. Wenn elektrische Energie verfügbar ist, kann der Speicher auf Temperaturen über 300°C aufgeheizt werden. Wenn der Speicher ausreichend geladen ist, kann er anstelle der Wärmepumpe Prozesswärme bereitstellen.

Es wurde ein Modell erstellt für ein System mit einer thermischen Leistung der Wärmepumpe von 1 MW und einem auf bis zu 350°C aufheizbaren thermischen Energiespeicher in Kombination mit einer PV-Anlage mit einer Nennleistung von 1,5 MW_{peak}. Die Simulation zeigt, dass das System vor allem durch die PV-Anlage ein erhebliches Potential für die Reduzierung von CO₂-Emissionen und Kosten aufweist. Der Speicher verbessert die Situation dann deutlich, wenn häufig günstige erneuerbare elektrische Energie auch über das Netz verfügbar ist.

Nachhaltiger Betrieb der Erdwärmesondenfelder einer Berufsschule unter Berücksichtigung der Grundwasserströmung

Liu Q.¹⁾, Huang M.²⁾, Kracht N.²⁾, Schuba S.-Y.²⁾, Weiland F.²⁾, Pärisch P.²⁾, Ptak T.¹⁾

¹⁾ Abt. Angewandte Geologie, Geowissenschaftliches Zentrum, Universität Göttingen, Goldschmidtstraße 3, 37077 Göttingen, quan.liu@uni-goettingen.de

²⁾ Institut für Solarenergieforschung (ISFH), Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal, <https://isfh.de>

Stichworte: Erdwärmesonden, Verfügbarkeit und Effizienz, Regeneration, Optimierung, Grundwasserstrom

Bei der Niedertemperaturwärmeversorgung ist der Einsatz von Wärmepumpen in Kombination mit Erdwärmesonden (EWS) eine etablierte Technologie. Bei einer andauernd unausgeglichene Wärmebilanz einer EWS-Anlage wird die Regenerationsfähigkeit des Erdreiches überfordert und das Erdreich kontinuierlich ausgekühlt, sodass sich die Effizienz der Wärmepumpen reduziert. Unter Umständen kann dann die EWS-Anlage nicht mehr weiter betrieben werden. Daher ist eine Regeneration z.B. mittels Einspeisung von Solar-, Umwelt- und Abwärme in das Erdreich für einen nachhaltigen und langfristigen Betrieb der EWS-Anlagen notwendig. Ziel dieser Studie ist es, den Einfluss der Grundwasserströmung auf die Langzeiteffizienz der EWS-Anlagen einer Berufsschule zu untersuchen, mit Hilfe dynamischer Simulationen über die gesamte Lebensdauer zu extrapolieren sowie Optimierungsvorschläge für den Betrieb der EWS-Anlagen mit Regeneration bereitzustellen. Eingesetzt werden die Simulationsprogramme EED (Earth Energy Designer) und FEFLOW (Finite Element subsurface FLOW system). EED basiert auf einem analytischen Verfahren für die Berechnung der Fluidtemperaturen der EWS-Anlagen. Daher muss die EWS-Anordnung aus einer in EED hinterlegten Datenbank ausgewählt werden. Hingegen liegt FEFLOW ein numerischer Ansatz zugrunde. Dies erlaubt die Anordnung der EWS frei zu gestalten. FEFLOW kann darüber hinaus den Grundwasserstrom und die Inhomogenitäten des Untergrunds abbilden und somit die resultierenden Einflüsse auf den Wärmetransport im Erdreich bei der Ermittlung des Regenerationsbedarfs berücksichtigen. Der Vergleich der beiden Modellierungsansätze mit Hilfe der Messdaten liefert Hinweise auf die Modellgenauigkeit.

Thermisch aktivierte hinterlüftete Fassaden für Mehrfamilienhäuser

Frick E.¹⁾, Büttner C., Kirchner M., Giovannetti F.

¹⁾Institut für Solarenergieforschung GmbH (ISFH), Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal, buettner@isfh.de, 05151 999 646

Stichworte: *Fassadenintegration, Solarthermie, TRNSYS, Wärmepumpe, Gebäudeintegration*

Die Gebäudehülle von Mehrfamilienhäusern bietet ein ungenutztes Potenzial für die Integration regenerativer Energieversorgungssysteme. Vorgehängte, hinterlüftete Fassaden eignen sich aufgrund ihres Aufbaus besonders für eine thermische Aktivierung und weisen folgende Eigenschaften auf: hohe Gestaltungsfreiheit, Modularität, einfache Montage und Wartung sowie die Möglichkeit der unsichtbaren Integration der Systemtechnik in der Hinterlüftung. Es wurden solarthermisch aktivierte Fassadenbekleidungen aus verschiedenen Materialien auf ihr thermisches Verhalten hin untersucht. Basierend auf experimentellen Ergebnissen wird das Potenzial einer aktivierten Betonfassade als zusätzliche Quelle neben einem Erdsondenfeld für eine Sole-Wasser-Wärmepumpe durch Gebäudesimulationen mit der Software TRNSYS bewertet. Ein Vergleich verschiedener Heizsysteme zeigt, dass bei einem Mehrfamilienhaus mit ca. 1400 m² Wohnfläche und einer opaken Wandfläche von fast 1010 m² eine 75 m² große hellgraue Betonfassade die Erdwärmesonde (EWS) um 25 % reduzieren kann. Durch aktive Regeneration der Erdwärmesonden kommt es dabei zu keiner Leistungsminderung der Wärmepumpe. Zusätzlich kann die Fassade parallel zur Erdsonde oder auch allein als Quelle dienen. Bei größeren Flächen und leistungsfähigeren Fassadenbekleidungen (z.B. dunkle Metall- oder Glasfassaden) in Kombination mit verschiedenen Betriebsarten wird eine deutlich höhere Effizienz erwartet und es besteht die Möglichkeit, die Erdreichquelle komplett zu ersetzen.

Resiliente Hybrid-Heiztechnologien für die Industrie und kommunale Wärmenetze mittels Rest- und Abfallholz

Lenz, V.¹⁾, Jordan M.²⁾, Nelles M.³⁾

¹⁾ DBFZ – Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig, volker.lenz@dbfz.de, 0341-2434-450.

²⁾ UFZ- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, Leipzig

³⁾ Institut für Abfall- und Stoffstromwirtschaft der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock und DBFZ, Leipzig.

Stichworte: *Hochtemperaturwärme, Hybrid-Heiztechnologie, biogene Rest- und Abfallstoffe*

Simulationen des deutschen Wärmemarktes und der deutschen Energiebereitstellung unter besonderem Fokus auf die Bioenergie zeigen, dass die Hochtemperaturwärme im industriellen Bereich aber auch die Wärmebereitstellung für hochtemperierte Fernwärmenetze zumindest mittelfristig eine hohe Nachfrage nach Biomasse zur Defossilisierung aufweisen. Gleichzeitig ist die nachhaltige Biomasse begrenzt und mit der anstehenden Stärkung der Nutzungskaskade bei Holz wird eine zielführende Zuordnung der verfügbaren holzigen Rest- und Abfallstoffe in der zeitlichen Perspektive bis 2045 auf unterschiedliche Wärmenachfrager essentiell.

Neben den Ergebnissen aus zwei ökonomischen Optimierungsansätzen wird die konkrete Umsetzbarkeit im Markt inklusive der möglichen Technologien beleuchtet. Ausgehend von den Potenzialen, den vorhandenen Verbrennungstechnologien und den Branchenspezifika werden unter Berücksichtigung der Optionen hybrider Wärmelösungen vielversprechende Branchen identifiziert und bezüglich möglicher Umsetzungsschritte beleuchtet.

Dabei geht es unter Berücksichtigung nationaler und europäischer Regulierungsvorgaben auch um die Frage Großindustrie versus KMU, Importe versus lokale Versorgungsketten und Pyrolyse versus BeCCS.

Im Ergebnis stehen Trends und Handlungsoptionen für die deutsche Industrie und Fernwärmeversorger zur Bereitstellung von klimaschonender Hochtemperaturwärme.

Innovative Wärmeversorgung im innerstädtischen Quartier: Wärme- und Monitoringkonzept

Meyer J.¹⁾, Zeh R., Schmid M., Prof. Dr.-Ing. Stockinger V.

1) Institut für Energie und Gebäude Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg, johannes.meyer@th-nuernberg.de, +49 911/5880-1854.

Stichworte: *Multiple Wärmequellensysteme, Quartierskonzept, Oberflächennahe Geothermie, Abwasserwärme, Monitoring*

Die 23 ha große Fläche der ehemaligen Lagarde-Kaserne in Bamberg wird aktuell in einem der größten innerstädtischen Infrastrukturprojekte Deutschlands transformiert. In dem zukunftsfähigen Quartier werden aktuell die Ersten der ca. 1.200 geplanten Wohneinheiten mit erneuerbarer Wärme versorgt. Die begrenzt verfügbaren Flächen und die hohe Bebauungsdichte erfordern die Nutzung unterschiedlicher regenerativer Wärmequellen (WQ). Die Umweltwärme wird über Erdwärmekollektoren (EWK) in der Freifläche, EWK unter Wohngebäuden, Erdwärmesonden und einen Abwasserwärmetauscher nutzbar gemacht. Die WQ werden in der Energiezentrale zusammengeführt und im kalten Nahwärmenetz den dezentralen Wärmepumpen für die Beheizung und Trinkwarmwasserbereitung zur Verfügung gestellt. Die niedrigen Netztemperaturen ermöglichen zudem eine passive Kühlung der Gebäude zur Steigerung des Nutzerkomforts in den Sommermonaten, wodurch wiederum Synergieeffekte der Wärmequellen genutzt werden können.

Die saisonale Verschiebung sowie die gegenseitige Regeneration der unterschiedlichen WQ werden im Forschungsvorhaben MultiSource (FKZ: 03EN3057) analysiert. Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung wurden Messkonzepte für das Monitoring entwickelt, welches Analysen der einzelnen WQ und des gesamten WQ-Systems ermöglicht. Die innovative Wärmeversorgung am Lagarde Campus und die entwickelten Messkonzepte sind Inhalt des angedachten Vortrages.

Holzenergienutzung in Niedersachsen – status quo und Perspektiven

Kralemann M.¹⁾, Röther T.¹⁾

¹⁾ 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V., Rudolf-Diesel-Straße 12, 37075 Göttingen, kralemann@3-n.info, 0551 30738-18

Stichworte: Holzenergie, Niedersachsen, Schadstoffminderung, Potenziale

Um die Marktentwicklung bei Holzheizanlagen in Niedersachsen zu dokumentieren, erstellte das 3N Kompetenzzentrum in Zusammenarbeit mit dem Landesinnungsverband für das Schornsteinfegerhandwerk Niedersachsen (LIV) im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz den Anlagenbestand für holzbefeuerte Anlagen im Geltungsbereich der 1. und der 44. BImSchV. Sie wird ergänzt um die Bewertung der Umweltwirkung der Holzenergienutzung und eine Analyse des Holzenergiepotenzials in Niedersachsen.

Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick:

- 2021 waren in Niedersachsen 1.213.173 Scheitholz-Feuerungen, 33.258 Pellet-Feuerungen und 3.057 Holzhackschnitzelkessel sowie 40 Heizwerke und 20 Heizkraftwerke im Leistungsbereich oberhalb 1 MW in Betrieb. Sie setzten 3,7 Mio. t Brennstoff bzw. 12,5 MWh Endenergie ein und verringerten 2021 den Kohlendioxidausstoß um 2,52 Mio. t.
- Die 2009 in Kraft getretene Novellierung der 1. BImSchV verschärft die Grenzwerte für CO- und Staubemissionen und führt zu einer deutlichen spezifischen Emissionssenkung. Der Ersatz von Altanlagen durch die Installation moderner Kessel gleicht die wachsende Energieerzeugung vollständig aus. Bis 2025 wird der gesamte Anlagenbestand auf das deutlich verringerte Emissionsniveau angepasst.
- Der Wechsel von Einzelöfen zu automatisch befeuerten Kesseln reduziert die Wärmeerzeugung aus fossilen Energieträger und senkt gleichzeitig die Staub- und CO-Emissionen.

Das Energieholzpotenzial in Niedersachsen beträgt 16,8 Mio. MWh/a. Es besteht zu 22 % aus Abfall- oder Reststoffen, 78 % sind Nebenprodukte der stofflichen Holz-nutzung oder anderer Zwecke wie der Landschaftspflege.

Forschungsbedarfe bei Wärmepumpen aus Sicht des Energiesystems

Niepelt R.^{1,2)}, Parziale R.¹⁾, Schlemminger, M.²⁾, Brendel R.^{1,2)}

¹⁾Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal, Am Ohberg 1, 31860 Emmerthal. Kontakt: niepelt@isfh.de.

²⁾Institut für Festkörperphysik, Leibniz Universität Hannover, Appelstraße 2, 30167 Hannover.

Stichworte: *Wärmepumpe, Energiesystem, Transformation, Sektorkopplung*

Die klimaneutrale Wärmeversorgung von Wohnquartieren ist eine der zentralen Herausforderungen der Energiewende. Die Geschwindigkeit der Integration von Erneuerbaren Energien im Wärmesektor muss deutlich erhöht werden. Anlagen zur Wärmeversorgung weisen in der Regel Lebensdauern von bis zu 30 Jahren auf. Jede nicht klimaneutral betreibbare Anlageninstallation, die heute noch installiert wird, läuft daher dem Ziel der Klimaneutralität 2045 entgegen.

Der Wärmepumpe als einziger schon heute breit am Markt verfügbarer Technologie zur ganzjährigen klimaneutralen Wärmeversorgung von Gebäuden kommt vor diesem Hintergrund eine enorme Bedeutung zu. Die Langfristszenarien der Bundesregierung gehen davon aus, dass Wärmepumpen in der zweiten Hälfte des laufenden Jahrzehnts die dominierende Technologie im Heizungsmarkt sein werden. Je nach Szenario werden in Zukunft zwischen 80% und 95% der Wohngebäude durch Wärmepumpen versorgt. Die Entwicklung besonders effizienter Wärmepumpensysteme in der angewandten Wärmepumpenforschung bietet daher einen deutlichen Mehrwert.

In unserem Beitrag führen wir Szenarioanalysen zur Rolle der Wärmepumpen im und zur Bedeutung der angewandten Wärmepumpenforschung für das zukünftige Energiesystem durch. Anhand der Szenarien lässt sich exemplarisch zeigen, welchen Wert effizient arbeitende Wärmepumpensysteme für das Gesamtsystem haben. Wir verknüpfen die Ergebnisse aus der Energiesystemanalyse mit Beispielen aus der angewandten Wärmepumpenforschung, die sich mit der Entwicklung und dem Praxistransfer solcher effizienten Systeme befasst.

Wärmenutzung der Elektrolyse – eine (zu) wenig realisierte Option

Prehn K.¹⁾, Schiller F., Gehlert G.

¹⁾ FH Westküste, ITE, Markt 18, 25746 Heide, prehn@fh-westkueste.de, +49 481 123769-13

Stichworte: *Elektrolyse, Abwärmepotentiale, erneuerbare Wärme*

Die Studie untersucht den geplanten Hochlauf einer Wasserstoffökonomie aus der Perspektive des entstehenden Abwärmepotenzials.

Mit dem für Deutschland geplanten Hochlauf an Elektrolyseleistung von ≥ 10 GW bis zum Jahr 2030 wird ein Abwärmeevolumen ≥ 50 TWh verfügbar. Diese entstehende Kapazität wird räumlich und zeitlich verortet und mittels Karten visualisiert.

Weiterhin wurden in der Studie die 147 identifizierten Einzelfälle set-theoretisch (Duşa, QCA, 2022) näher untersucht, um Bedingungen und Bedingungskonstellationen zu identifizieren, die eine Abwärmenutzung prinzipiell begünstigen oder erschweren. Als Bedingungen wurden dazu die Größenklasse und Art der Elektrolyse, die Art der Wärmenutzung, die be- und entstehende Gas- und Wärmeinfrastruktur, die Flexibilität und Rückverstromung sowie die Einbindung in den Industrie- und Verkehrssektor der Projekte betrachtet.

Mittels des R-Pakets QCA wurde der Datensatz als mehrwertige Menge analysiert und notwendige sowie hinreichende Bedingungen identifiziert. Die Ergebnisse der Analyse werden vorgestellt und bestehende Forschungslücken werden aufgezeigt.

Regulatorische Rahmenbedingungen für den Einsatz von Wasserstoff im Wärmesektor

Freitag S.¹⁾, LL.B., M.Sc.

¹⁾ FH Westküste, Institut für die Transformation des Energiesystems, Markt 18, 25746 Heide, Freitag@fh-westkueste.de, +49 (0) 481 123769-28.

Stichworte: *Regulatorik, Wasserstoff, Wasserstoffbeimischung, Abwärmenutzung, Gebäudebeheizung*

Ausarbeitungen und Berichte verschiedenster Akteure zeigen, dass ein Großteil der deutschen Elektrolysekapazitäten zukünftig in Norddeutschland verortet sein wird. Der direkte Einsatz von Wasserstoff in der Gebäudebeheizung (bspw. in „H₂ Ready“-Heizkesseln) sowie die Einspeisung der bei der Wasserstoffherstellung entstehenden Abwärme in Wärmenetze wird demgemäß im norddeutschen Wärmesektor in den folgenden Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Im Rahmen einer genaueren Betrachtung dieser Einsatzmöglichkeiten wird deutlich, dass bisher nur geringfügige politische respektive regulatorische Anreizsignale für den Einsatz von Wasserstoff sowie der bei der Wasserstoffherstellung entstehenden Abwärme im Wärmesektor vorhanden sind.

Aus diesem Grund soll der aktuelle regulatorische Rahmen für die oben genannten Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff im Wärmesektor dargestellt werden. Des Weiteren sollen aktuelle Entwicklungen, wie z.B. die vorgesehene Aufnahme von „H₂ Ready“-Heizungen als Erfüllungsoption für die geplante 65 % EE-Nutzungspflicht im Gebäudeenergiegesetz, betrachtet werden.

Modellierung von Hochtemperaturwärmepumpen in der integrierten Simulation von multivalenten Wärmeversorgungssystemen

Freißmann J.¹⁾, Fritz M., Tuschy I.

¹⁾ Zentrum für Nachhaltige Energiesysteme (ZNES) Flensburg, Europa-Universität/Hochschule Flensburg, Kanzleistr. 91-93, 24943 Flensburg, jonas.freissmann@hs-flensburg.de, 0461 805 1260.

Stichworte: Hochtemperaturwärmepumpen, Prozesssimulation, Energiesystemanalyse, multivalente Wärmeversorgungsstrukturen, TESP_y

Ein wichtiger Baustein der Energiewende ist die Wärmeversorgung mit Hilfe von Wärmenetzen. Diese können mit verschiedenen Erzeugungstechnologien betrieben werden. Idealerweise werden dabei in jeder Phase der Wärmewende die wirtschaftlich und ökologisch besten Lösungen genutzt.

Wärmepumpen sind gleichzeitig Schlüsseltechnologie multivalenter Wärmeversorgungssysteme und Beispiel für eine Kopplung zwischen Wärme- und Elektrizitätssektor. Hochtemperaturwärmepumpen zur Anwendung in Wärmenetzen unterscheiden sich aber technologisch erheblich von Anlagen für den Hausgebrauch und ihre wirtschaftliche Attraktivität hängt wie auch ihr Beitrag zur Emissionsvermeidung stark vom energiewirtschaftlichen und regulatorischen Umfeld ab.

Am ZNES Flensburg wird in einem Transferprojekt in enger Kooperation mit einem Hersteller von Wärmepumpen die Technologieperspektive von Hochtemperaturwärmepumpen unter verschiedenen energiewirtschaftlichen Randbedingungen untersucht.

Dazu werden verschiedene Schaltungen für Wärmepumpen mit unterschiedlichen Arbeitsmedien mit Hilfe der open source Simulationssoftware TESP_y komponentengenau abgebildet. Daraus abgeleitete Charakteristiken fließen in die Einsatzoptimierung von Versorgungssystemen ein, die neben den Wärmepumpen auch andere Erzeugungstechnologien enthalten. Der Einsatz der Einzeltechnologien im Erzeugungsverbund wird dann nach wirtschaftlichen Kriterien und hinsichtlich der Systemwirkung bewertet.

Der vorgeschlagene Beitrag stellt den entsprechenden Workflow im Detail vor und zeigt anhand von Beispielen, wie unterschiedliche Wärmepumpen darin adäquat berücksichtigt werden können.

Abstracts

CHANCEN UND RISIKEN DES HOCHLAUFS BEI AUSBAU, TRANSFORMATION UND ANSCHLUSSVERDICHUNG VON WÄRMENETZEN

Ökobilanzierung der Fernwärme in Deutschland: Status Quo und zukünftige Entwicklungen.....	44
Fernwärmenetze im Kontext nationaler Klimaziele.....	45

Ökobilanzierung der Fernwärme in Deutschland: Status Quo und zukünftige Entwicklungen

Gievers F.¹⁾, Pelda J.¹⁾, Trieb M. S.²⁾, Holler S.¹⁾

¹⁾Fakultät Ressourcenmanagement, Fachgebiet NEUTec, HAWK-Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Rudolf-Diesel-Straße 12, 37075 Göttingen, fabian.gievers@hawk.de, 0551/5032184.

²⁾Fachgebiet für Energietechnik und Umweltschutz, Technische Universität Berlin, Marchstraße 18, 10587 Berlin.

Stichworte: *Fernwärmesysteme, Ökobilanzierung, Wärmebereitstellung, Emissionen*

Die Bereitstellung von Wärmeenergie durch Fernwärmesysteme führt zu einer Vielzahl von Umweltauswirkungen. Bei der Planung und Umsetzung nachhaltiger Wärmeversorgungssysteme und deren Interaktion mit anderen Energiesystemen sollten daher die dadurch induzierten Umweltauswirkungen sowie mögliche Emissionsverschiebungen berücksichtigt werden. Im Projekt DEKADE-F-Wärme wurde daher die aktuelle Situation der Fernwärmesysteme in Deutschland untersucht und die Emissionsprofile verschiedener Erzeugungs- und Verteilungskonfigurationen für Fernwärme sowie deren zukünftige Entwicklung mittels einer umfassenden Ökobilanz analysiert. Die Emissionen innerhalb der Umweltwirkungskategorien unterscheiden sich für die acht identifizierten Fernwärmekategorien im Basisjahr 2019 hauptsächlich aufgrund der ausgearbeiteten Wärmeerzeugerstruktur. Die fossil basierten Versorgungspfade resultieren in höheren CO₂-äq.-Emissionen als bei Fernwärmenetzen mit einem größeren Anteil an erneuerbaren Energien. Insbesondere braunkohle- und steinkohledominierte Fernwärmesysteme sowie jene mit einem großen Anteil an Wärmeerzeugung mittels Gaskessel ohne KWK dominieren die Treibhausgasemissionen. Die Wärmeversorgung auf Basis von Biomasse hingegen beeinflusst maßgeblich die potenziellen Partikelemissionen und das Eutrophierungspotenzial. Der Vergleich der Umweltauswirkungen für die veränderte Erzeugungsstruktur in den Jahren 2030 und 2045 ergibt, dass die Treibhausgasemissionen in den entsprechenden Fernwärmekategorien zu einem großen Teil reduziert werden. Insgesamt wird deutlich, dass insbesondere die Wärmeerzeugung in fast allen Wirkungskategorien den größten Anteil an den Emissionen hervorruft, wohingegen die Netzinfrastruktur nur einen geringeren Einfluss auf die Emissionsmenge in den jeweiligen Umweltwirkungskategorien hat.

Fernwärmenetze im Kontext nationaler Klimaziele

Hay S.¹⁾, Heiler D.¹⁾, Huther H.¹⁾, Kallert A.²⁾, Lottis D.²⁾, Ziegler R.³⁾, Weidlich I.⁴⁾, Dollhopf S.⁴⁾

¹⁾AGFW I Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., Stresemannallee 30, 60596 Frankfurt, E-Mail: s.hay@agfw.de, Tel. +49 69 6304 345

²⁾Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE, Königstor 59, 34119 Kassel

³⁾GEF Ingenieur AG, Ferdinand-Porsche-Str. 4a, 69181 Leimen

⁴⁾HafenCity Universität Hamburg Henning-Voscherau-Platz 1, 20457 Hamburg, Germany

Stichworte: Fernwärmenetze, Klimaziele, Dekarbonisierung, Transformation, Digitalisierung

Bei der Umsetzung der nationalen Klimaziele können Fernwärmesysteme große Beiträge leisten. Bislang gehen Studien davon aus, dass neben der Reduktion des Endenergiebedarfs und der Steigerung des Anteils an erneuerbaren Energien auch der Marktanteil der Fernwärme an der Wärmeversorgung ansteigen muss, um die Klimaneutralität in der Wärmeversorgung bis 2045 zu erreichen. Die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die Struktur der bestehenden Fernwärmesysteme und die daraus resultierenden Anforderungen an die Transformation der Wärmenetze bleiben dabei weitgehend unberücksichtigt.

Im Verbundforschungsvorhaben „UrbanTurn“ sollen die Auswirkungen von Maßnahmen zur Erreichung der Klimaziele auf Fernwärmenetze in der Versuchseinrichtung „DistrictLAB“ des Fraunhofer IEE in Kassel untersucht werden. Im diesem Konferenzbeitrag werden die Ergebnisse der Grundlagenstudie „Fernwärmenetze im Kontext nationaler Klimaziele: Potenziale für UrbanTurn“ zusammenfassend dargestellt. Dabei werden ausgehend vom Status quo der Fernwärmeversorgung in Deutschland, die wesentlichen technische Parameter für die Auslegung sowie den Betrieb von Wärmenetzen unter Berücksichtigung der nationalen Klimaziele diskutiert. Nach Abschluss der Bauphase des „District LAB“ können die Auswirkung der Dekarbonisierung, Transformation und Digitalisierung von Wärmenetzen in einem flexiblen Testnetz im Quartiersmaßstab bzw. einer Rohrteststrecke quantifiziert werden.

Abstracts

ENERGIEEFFIZIENZ IN GEBÄUDEN – BETRIEBLICHE EFFIZIENZ, STOFFLICHE RECYCLINGPOTENZIALE UND QUELLEN „GRAUER ENERGIE“

Absenkung der Warmwassertemperatur in Trinkwasserinstallationen zur Erhöhung der Energieeffizienz von Wärmepumpen im Gebäudesektor	48
Entwicklung smarter Wohnungsstationen und Demonstration vernetzter, hocheffizienter, regenerativer Wärmeversorgung von Mehrfamilienhäusern	49
Einfluss von Temperaturschwankungen auf das Komfortempfinden beim Duschen unter Betrachtung spezifischer Merkmale von Testpersonen	50
Potenziale und Herausforderungen dezentraler Hybrid-Wohnungsstationen bei Mehrfamilienhäusern	51
Zirkulationserwärmungswärmepumpe.....	52

Absenkung der Warmwassertemperatur in Trinkwasserinstallationen zur Erhöhung der Energieeffizienz von Wärmepumpen im Gebäudesektor

Genuardi M. D.¹⁾, Wiegand M. V., Opel O.¹⁾

¹⁾ FH Westküste, ITE, Markt 18, 25746 Heide, Genuardi, Genuardi@fh-westkueste.de, 0151 61826 855.

Stichworte: *Warmwasserbereitung, Energieeinsparung, Trinkwasserhygiene, Risikoabschätzung*

Um den Markthochlauf der Wärmepumpe sicherzustellen, muss ein energieeffizienter Betrieb gewährleistet sein. Durch eine intensive Dämmung der Gebäudehülle lässt sich bereits eine Effizienzsteigerung für die Raumheizung erzielen, sodass geringere Vorlauftemperaturen durch die Wärmepumpe generiert werden müssen.

Demgegenüber erfordert die Warmwasserbereitung höhere Systemtemperaturen, um pathogene Mikroorganismen im Trinkwasser zu kontrollieren. Die Temperaturanforderung senkt die Energieeffizienz, insbesondere wenn eine Wärmepumpe größere Wohngebäude bzw. ganze Wohnquartiere mit sicherem Trinkwasser versorgen muss.

Anhand einer Datensatzanalyse mit mehr als 1300 Trinkwasserproben werden Einflussfaktoren auf die Trinkwasserhygiene bewertet (Temperatur, hydraulischer Abgleich etc.). Eine Risikoabschätzung bewertet die Möglichkeit, ob alternative technische Lösungen sicheres Trinkwasser bei abgesenkter Systemtemperatur gewährleisten. Eine Absenkung des Warmwassers um 5°C, z.B. durch den Einsatz einer Ultrafiltration führt zu einer maßgeblichen Energieeinsparung in der Warmwasserbereitung und stärkt somit den Wärmepumpeneinsatz in Großobjekten.

Entwicklung smarter Wohnungsstationen und Demonstration vernetzter, hocheffizienter, regenerativer Wärmeversorgung von Mehrfamilienhäusern

Yasin M.¹⁾, Mercker O.¹⁾, Albrecht K.¹⁾, Pärisch P.¹⁾

¹⁾ Institut für Solarenergieforschung GmbH, Am Ohrberg 1, D-31860 Emmerthal, yasin@isfh.de

Stichworte: *Trinkwarmwasser, Durchflusstechnik, Wohnungsstation, Mehrfamilienhäuser, Wärmewende*

Mehrfamilienhäuser stellen etwa 40 % der Wohnfläche in Deutschland dar und sind für ungefähr 17 % des deutschen Wärmeenergiebedarfs in Form von Raumwärme und Trinkwarmwasser verantwortlich. Durch eine verbesserte Gebäudedämmung und den Einsatz von Flächenheizungen wurde das Temperaturniveau für die Raumheizung in Wärmezentralen gesenkt. Das aus hygienischen Gründen erforderliche Temperaturniveau des Trinkwarmwassers von 55... 60 °C (bei zentraler TWW-Bereitung) lässt sich kaum reduzieren und erschwert die Wärmewende sowie die Integration von erneuerbaren Energien in Mehrfamilienhäusern.

Wohnungsstationen bieten durch dezentrale Durchflusstechnik eine indirekte Beheizung des Trinkwassers durch Plattenwärmeübertrager. Aufgrund der kurzen Leitungswege zwischen dem Wärmeübertrager in jeder Wohnung und Entnahmestelle bestehen keine besonderen Temperaturvorgaben, was eine hygienische Temperatursenkung um ca. 10 K in der Wärmezentrale ermöglicht und eine signifikante Reduktion von CO₂-Emissionen in Mehrfamilienhäusern bewirkt.

Das Projekt WoSta4.0 (FKZ 03EN1061) zeigt, wie die bisher auf dem Markt statisch und informationsisoliert betriebenen Wohnungsstationen durch Erhöhung des Vernetzungsgrades mit den übrigen Versorgungsanteilen (Nutzern und Erzeugern) verbessert werden können. Dadurch wird nicht nur die Energieeffizienz der Wärmeversorgung in Mehrfamilienhäusern verbessert, sondern es können auch neue Mietmodelle (z.B. Pauschalmieten, Inklusivmieten oder Flatrate-Mieten) durch die transparente Versorgung entwickelt werden.

Einfluss von Temperaturschwankungen auf das Komfortempfinden beim Duschen unter Betrachtung spezifischer Merkmale von Testpersonen

Albrecht K.¹⁾, Keuler J.¹⁾, Pärish P.¹⁾

¹⁾ Institut für Solarenergieforschung GmbH, Am Ohrberg 1 31860 Emmerthal, albrecht@isfh.de, 05151 999 646.

Stichworte: *Komfort, Duschen, Wahrnehmung, Durchfluss-Trinkwassererwärmer*

Die effiziente Dekarbonisierung des Wärmesektors mit regenerativen Wärmeerzeugern verlangt nach möglichst niedrigen Temperaturen für die Trinkwassererwärmung. Entsprechende Systeme mit Durchfluss-Trinkwassererwärmern (DTW) bevorraten kein Trinkwarmwasser, wodurch es bei Lastwechseln zu Temperaturschwankungen kommt. Insbesondere beim Duschen können diese Schwankungen zu Komforteinbußen führen. In einer 1994 durchgeführten Studie wurden nur 30 männliche Testpersonen ausgewählt, was keiner zeitgemäßen Zusammensetzung einer Testgruppe entspricht. Wir haben daher eine Studie mit 120 Testpersonen durchgeführt, wobei auf eine Vielfalt der persönlichen Merkmale geachtet wurde. Es wurde ein Prüfstand errichtet, der durch Temperaturprofile mit unterschiedlichen Änderungsraten Temperaturschwankungen in einer Dusche erzeugt. Die Testpersonen konnten direkt bewerten, ob sie Temperaturänderungen wahrnehmen oder als unangenehm empfinden. Die Ergebnisse werden in Abhängigkeit von individuellen Faktoren wie Geschlecht, Alter oder Body-Mass-Index (BMI) und der Außentemperatur untersucht. Der Einfluss dieser Faktoren auf das Komfortempfinden einer Testgruppe kann nicht festgestellt werden. Auch ein Einfluss auf die Wunschtemperaturen, die zwischen 33 °C und 45 °C lagen, konnte ausgeschlossen werden. Änderungsraten zwischen 0,01 K/s und 0,8 K/s haben ebenfalls keinen Einfluss auf das Komfortempfinden. Aufgrund der Unabhängigkeit spezifischer Merkmale können die Ergebnisse für eine allgemeingültige Einteilung von Komfortklassen anhand absoluter Temperaturabweichungen für die Bewertung der Regelgüte von DTWs genutzt werden.

Potenziale und Herausforderungen dezentraler Hybrid-Wohnungsstationen bei Mehrfamilienhäusern

Schmid M.¹⁾, Stockinger V.¹⁾

¹⁾ Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm – Institut für Energie und Gebäude, Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg, matthias.schmid@th-nuernberg.de, Tel. 0911-5880-1844

Stichworte: *Dezentrale Hybrid-Wohnungsstationen, Multivalente Anlagentechnik, Energieeffizienz, Betriebsoptimierung*

Hohe Energieeffizienz bei gleichzeitig hohem Komfort ist eine große Herausforderung für die thermische Versorgung von Mehrfamilienhäusern. Eine Lösung bietet die Verwendung dezentraler Hybrid-Wohnungsstationen (dez. H-WST), die mithilfe von Heizungswasser (HZW) sowohl die Fußbodenheizung bedienen als auch frisches Trinkwarmwasser (TWW) vorwärmen. Das vorgewärmte TWW, das bereits eine ausreichende Temperatur für die üblichen Verwendungszwecke (Händewaschen, Duschen, Abwaschen) hat, kann je nach Nutzerwunsch mithilfe eines nachgeschalteten elektrischen Durchlauferhitzers auf eine gewünschte, höhere Zapftemperatur angehoben werden. Vorteilhaft ist, dass dies durch den Nutzer-individuell erfolgen kann, ohne die Gesamt-effizienz nachteilig zu beeinflussen.

Das HZW kann aufgrund der vergleichsweise niedrigen Vorlauftemperatur mithilfe von Wärmepumpen in einer Energiezentrale effizient bereitgestellt werden.

Der Grad der Komplexität aus regenerativen Wärmequellen für die HZW-Bereitung in der Energiezentrale in Kombination mit den dez. H-WST für jede Wohneinheit steigt im Vergleich zu einem „klassischen“ System deutlich an. Eine optimale Einstellung des Volumenstromreglers der dez. H-WST ist sehr wichtig für eine hohe Systemeffizienz.

Im Forschungsvorhaben +EQ-Net II (FKZ: 03EN1046) wird am Beispiel des Wohn- und Geschäftsgebäudes puls^G (Baujahr 2020) der Einfluss der dez. H-WST untersucht. Die Auswirkungen auf die Systemeffizienz und mögliche Optimierungspotenziale werden aufgezeigt.

Zirkulationserwärmungswärmepumpe

Kacmaz Ö.¹⁾, Opel O.¹⁾, Wiegand M.¹⁾

¹⁾ Fachhochschule Westküste, Markt 18, 25746 Heide, Kacmaz@fh-westkueste.de, +49 481 12376949.

Stichworte: *Zirkulationserwärmungs-Wärmepumpe, Effizient, Fernwärmenetzauskühlung, Energiesparend*

Die Absenkung der Rücklauftemperaturen in Wärmenetzen spielt eine wichtige Rolle für die Effizienz verschiedener Wärmequellen, z.B. geothermischer Anlagen, den Einsatz von Brennwerttechnik in KWK-Anlagen und Heizkesseln sowie die Effizienz und Kapazität von Wärmespeichern. Dementsprechend werden in den technischen Anschlussbedingungen heute häufig Rücklauftemperaturen von 40°C oder weniger gefordert. Aufgrund der Forderung nach Einhaltung einer Temperatur > 55°C im Zirkulationswarmwasser zur Legionellenprävention sind entsprechend niedrige Rücklauftemperaturen in der Trinkwarmwassererzeugung regelmäßig nicht realisierbar.

Um dieses Problem zu lösen soll eine thermisch angetriebene Wärmepumpe zur Rücklaufauskühlung entwickelt werden.

Diese nutzt das hohe Temperaturniveau des Fernwärmestroms zur Erzeugung eines Druckvolumenstroms, der in einem zweiten Kreislauf über einen thermischen Verdichter einen niedrigeren Druck erzeugt. Durch diesen niedrigeren Druck wird ein Arbeitsmedium bei niedrigerem Druck verdampft, das den Rücklauf aus dem Fernwärmenetz auf 30-40°C abkühlt. Beide Volumenströme des Arbeitsmediums werden zur Kondensation auf die für die Zirkulationswarmwasserbereitung erforderliche Temperatur zusammengeführt. Vor dem Hintergrund der F-Gas-Verordnung ist der Einsatz von nicht-fluorierten, natürlichen Arbeitsmedien erforderlich. Dies schränkt die Auswahl an verfügbaren Arbeitsmedien stark ein. Geeignete Arbeitsmedien sind jedoch Propan, Butan, Iso-Butan oder Gemische aus Propan und Butan.

Entsprechend dieser Zielsetzung wird die Machbarkeit des Baus einer Anlage mit einem thermischen Verdichter, der nach dem Prinzip einer Wärmepumpe ohne elektrischen Verdichter arbeitet und damit effizienter und energiesparender ist, erforscht, eine Simulation erstellt und schließlich realisiert.

Abstracts

VERSORGUNG MIT WÄRME UND KÄLTE IM QUARTIER UND KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG

Städtebauliche und planerische Instrumente zur Förderung einer nachhaltigen Abwärmenutzung.....	54
Das Drei-Ebenen-Modell der Kommunalen Wärmeplanung	55
Methode der Energieleitplanung als Erweiterung der kommunalen Wärmeplanung	56
Modell eines solar-gekoppelten Wärmepumpensystems mit dem Bestandsimmobilien als „Prosumer“ thermischer Energie agieren können.....	57
Sonnenkollektoren in Wärmenetzen: Eine Analyse von Machbarkeitsstudien und bereits realisierten Großprojekten	58
Fernwärmeatlas – Ermittlung von Standorten für die optimale Wärmeauskopplung aus städtischem Abwasser	59
Rechtliche Handlungsoptionen der Kommunen zur Umsetzung von Wärmeplänen	60
Entscheidungsorientierte Aufbereitung von Potenzialen zur Nutzung von Wärmepumpen im Kontext der geodatenbasierten Wärmeleitplanung.....	61
Multi-kriterielle Energiesystemoptimierung von Quartieren unter Berücksichtigung von Umweltwirkungen	62
Kostenoptimierte Modellierung einer dekarbonisierten Fernwärmeversorgung in Flensburg bis zum Jahr 2035	63
Modellbasierter Ansatz für eine Dekarbonisierung der Berliner Wärmeversorgung im Kontext des europäischen Energiesystems bis 2045	64
Lokaler Prozesswärmeverbund mit industrieller Abwärmenutzung in Georgsmarienhütte (Projekt KoWa)	65

Städtebauliche und planerische Instrumente zur Förderung einer nachhaltigen Abwärmenutzung

Geffken W.¹⁾, Prof. Dr. Knies J.¹⁾

¹⁾ Hochschule Bremen, Neustadtswall 30, 28199 Bremen, wiebke.geffken@hs-bremen.de, 0176-15140400

Stichworte: *hyBit, Bremen, Industrielle Abwärmenutzung, Abwärmenutzungsgebiete, Planungsinstrument*

Das Verbundvorhaben hyBit (Hydrogen for Bremen's industrial transformation) ist Ausgangspunkt und zugleich der zentrale initiale Impuls eines Wasserstoff-Hubs in Bremen. Gemeinsam mit insgesamt 18 Partnern aus Wirtschaft und Forschung stellt sich die Hochschule Bremen (HSB) dieser besonderen Herausforderung.

Ziel des Teilvorhabens an der Hochschule Bremen ist die Entwicklung eines Konzeptes zur Ableitung und Festlegung von Abwärmenutzungsgebieten als planerische Kategorie in der kommunalen Wärmeplanung. Es wird untersucht, inwieweit das Bremer Stahlwerk zu einem Nukleus einer nachhaltigen, ortsnahen Wärmenutzung werden kann. Aus Sicht von Unternehmen bedeutet der Ansatz, dass solche, die sich in räumlicher Nähe zueinander befinden, zur Durchführung ihrer üblichen Prozesse benötigte Energie und Energieüberschüsse so untereinander austauschen, dass insgesamt weniger Primärenergie verbraucht wird. In Bezug auf Wärmeenergie liegt der Fokus somit auf der Nutzung von Abwärme in Form einer weitestgehend direkten Kopplung unter Berücksichtigung der jeweiligen Energie- und Temperaturniveaus. Dies schließt ein Portfolio aus prinzipiell geeigneten Abnehmern ein, die in räumlicher Nähe vorhanden sind bzw. angesiedelt werden könnten. Neben der energiebezogenen Konzeptentwicklung erfolgt auch eine stadtplanerische Sicht auf das Thema Abwärmenutzung.

Das konzeptionelle Vorgehen beinhaltet die Zustandsanalyse des Projektgebiets inklusive der Vernetzung mit vergleichbaren Vorhaben wie zum Beispiel der Kalundborg Symbiosis in Dänemark. Weiterhin sollen im Rahmen einer Potenzialanalyse Umnutzungs- oder Entwicklungsgebiete identifiziert werden, die als Abwärmenutzungsgebiete definiert werden können.

Das Drei-Ebenen-Modell der Kommunalen Wärmeplanung

Knies J.¹⁾

¹⁾ Hochschule Bremen, Neustadtswall 30, 28199 Bremen,juergen.knies@hs-bremen.de, 0421 5905-2362

Stichworte: *Kommunale Wärmeplanung, Wärmewende, Eignungsbereiche, Wärmeversor-gungsoption, Prüfgebiete*

Der Begriff der kommunalen Wärmeplanung ist relativ unscharf, eine allgemeingültige Definition liegt nicht vor. Im Forschungsvorhaben „Kommunale Wärmeleitplanung -Entwicklung eines neuen Planungsinstruments für die kommunale Wärmeleitplanung unter Verknüpfung von planungsrechtlichen und förderrechtlichen Elementen“ wurde ein Planungsmodell für die kommunale Wärmeplanung entwickelt. Zusammen mit den Projektpartnern wurden deutschlandweit Workshops mit Kommunen unterschiedlicher Größen, Energieagenturen, Energieversorgern und Forschungseinrichtungen durchgeführt. Im Ergebnis liegt ein Drei-Ebenen-Planungsmodell für Kommunen vor, das der Frage nachgeht, bis zu welcher fachlichen Tiefe eine Kommune eine strategisch angelegte kommunale Wärmeplanung durchführen kann und muss und an welcher Stelle eine Übergabe an eine energetische Detailplanung zu erfolgen hat. Dabei ist es erforderlich, sich der jeweiligen Planungs- und damit verbundenen Konkretisierungsebenen bewusst zu werden. Das Drei-Ebenen-Modell ermöglicht ein abgestuftes Vorgehen, um aus der kommunalen Wärmeplanung schnell in die Umsetzung zu kommen. Dabei wird bedarfsgerecht die Datendichte erhöht und die kommunale Wärmeplanung als strategisches Planungsinstrument gestärkt. Die kommunale Wärmeplanung wird somit vereinfacht und soll nicht jedes technische Detail im Vorfeld klären. Dies versetzt die Kommunen wiederum in die Lage, die kommunale Wärmeplanung als fachplanerisches Steuerungsinstrument zu verwenden. So können für die jeweiligen Handlungs- und Maßnahmenräume Ausschreibungen und Ideenwettbewerbe gestartet werden, um zu wirtschaftlich und technisch sinnvollen Lösungen in der Örtlichkeit zu kommen, ohne dass der Gesamtzusammenhang verlorengeht.

Methode der Energieleitplanung als Erweiterung der kommunalen Wärmeplanung

Gerth W.¹⁾, Uhlemeyer B.¹⁾, Zdrallek M.¹⁾

¹⁾Bergische Universität Wuppertal, Rainer-Gruenter-Str. 21, 42119 Wuppertal, gerth@uni-wuppertal.de, Tel: +49 202 439-1194

Stichworte: *Energieleitplanung, Energienetze, sektorenübergreifende Planung*

Zur Erreichung der Treibhausgasminderungsziele bis 2045 muss insbesondere die Transformation des Wärmesektors, welcher derzeit lediglich einen EE-Anteil von 16,2 % aufweist, beschleunigt werden. Unter anderem wird dazu die kommunale Wärmeplanung als Planungsinstrument etabliert. Jedoch werden dabei die Aus- und Wechselwirkungen auf die in der Kommune vorliegende Strom-, Erdgas- bzw. perspektivische Wasserstoffinfrastruktur kaum berücksichtigt, wodurch immense vorhandene Infrastrukturkapazitäten vernachlässigt werden. Aufgrund der notwendigen Ausbau- und Umwidmungsmaßnahmen innerhalb der Energienetze, ist die sektorenübergreifende Planung der Netzinfrastruktur relevant, da so bestmöglich Synergien zwischen den Sektoren erzielt und durch die Vernetzung dieser das gesamte energetische Potenzial einer Kommune ausgeschöpft wird.

Als Erweiterung der kommunalen Wärmeplanung wird in diesem Beitrag die Methode der Energieleitplanung vorgestellt. Diese kann als Planungsinstrument die in der Kommune vorkommenden Energiebedarfe bestmöglich mit erneuerbaren Potenzialen koordinieren, Energieimportbedarfe abschätzen und Implikationen für die zu wählende Energieinfrastruktur bieten. Da durch eine vollumfängliche Energieleitplanung alle neuen Verbraucher und Einspeiser sowie Akteure der lokalen Energiewende mitberücksichtigt werden, wird erhöhten Investitionskosten aufgrund redundanter Baumaßnahmen vorgebeugt.

Modell eines solar-gekoppelten Wärmepumpensystems mit dem Bestandsimmobilien als „Prosumer“ thermischer Energie agieren können.

Meyer L.¹⁾; Andres S.; Hoyer M.; Lüdersen U.

¹⁾ Hochschule Hannover, IVEK Institut für Verfahrenstechnik, Energietechnik und Klimaschutz
Ricklinger Stadtweg 120, 30459 Hannover; lutz.meyer@hs-hannover.de

Stichworte: *Wärmepumpe, Bestandsimmobilie, Nahwärmenetz, Kältenutzung, Prosumer*

Wärmepumpen in Kombination mit Photovoltaikanlagen sind eine vielversprechende Option für die Dekarbonisierung der Versorgung von Gebäuden mit thermischer Energie. Das ökonomische und ökologische Potential eines solchen Systems kann besser genutzt werden, wenn die erzeugte elektrische Energie vollständig vor Ort verbraucht wird.

Neben der Nutzung eines thermischen Pufferspeichers eröffnet eine zusätzliche Verbindung mit einem Nahwärme- bzw. Nahkältenetz im Quartier neue Möglichkeiten. Auf diesem Weg kann jegliche überschüssige elektrische Energie über die Wärmepumpe in thermische Energie (Wärme oder Kälte) umgewandelt werden und in das Netz eingespeist werden. Das Niedertemperaturnetz würde dabei im Winter als Wärmequelle für die Wärmepumpen in den angeschlossenen Gebäuden dienen und im Sommer als Wärmesenke für Kältemaschinen (bzw. aktiv kühlende Wärmepumpen). Diese Struktur ist für Quartiere mit Gewerbe, bei denen im Winter Abwärme verfügbar ist und im Sommer Kühlbedarf besteht besonders interessant.

Das Modell eines Wärmepumpensystems eines Mehrfamiliensystems, das als „Prosumer“ thermischer Energie in einem Niedertemperaturnetz agieren kann, wird vorgestellt. Das System ist mit einer Solarthermie-, PV-Anlage und zwei thermischen Speichern ausgestattet. Dieses System ist als Pilotanlage durch das IVEK an der Hochschule Hannover realisiert worden.

Neben der Vorstellung des Konzepts und der Realisierung werden Ergebnisse von Simulationen des Betriebs präsentiert.

Sonnenkollektoren in Wärmenetzen: Eine Analyse von Machbarkeitsstudien und bereits realisierten Großprojekten

Jensen J.¹⁾, Schiebler B.¹⁾, Kirchner M.¹⁾, Giovannetti F.¹⁾

¹⁾Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH), Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal, E-Mail: jensen@isfh.de. Tel.: 05151/999-521

Stichworte: *Sonnenkollektoren, Wärmewende, Solarthermie, Wärmenetze 4.0, Stagnation*

Große solarthermische Anlagen können einen signifikanten Beitrag zur Dekarbonisierung des Wärmesektors leisten und gewinnen zunehmend an Bedeutung in der kommunalen Wärmeversorgung. In Deutschland waren in 2022 bereits 45 Großanlagen mit einer Leistung von 79 MW und einer Kollektorfläche von 112.000 m² installiert. Im Bereich der städtischen Fernwärme wird im Zeithorizont bis 2026 eine Vervierfachung der installierten Kollektorfläche erwartet.

Im Beitrag werden die Ergebnisse einer Bestandsanalyse dargestellt sowie Chancen und Hemmnisse für solarthermische Großanlagen diskutiert. Die Analyse beruht einerseits auf 14 Machbarkeitsstudien (MBS) mit 42 Energiekonzepten aus dem Programm Wärmenetze 4.0 (WN 4.0) sowie andererseits auf 21 realisierten solaren Großanlagen mit Vakuumröhrenkollektoren (VRK > 1.000 m²). Die Arbeit soll einen Überblick zum Istzustand sowie den bisherigen Planungsstand im Bereich der solarthermischen Großanlagen geben. Neben der Anlagendimensionierung werden auch technische Betriebsparameter betrachtet, beispielsweise in Form der Analyse von Temperaturanforderungen der angeschlossenen Wärmenetze. Auf Basis der realisierten Projekte werden weiterhin solare Deckungsanteile im Zusammenhang mit Stagnationszeiten dargestellt. Im Hinblick auf zukünftig ansteigende Anlagengrößen und solaren Deckungsanteilen werden Stagnationsereignisse aufgrund geringer sommerlicher Wärmebedarfe immer relevanter, wie an einem konkreten Beispiel dargestellt wird. Um Überhitzungszustände in großen Hydraulikkreisen zu vermeiden, wird im Rahmen des Projekts „HP-BIG“ ein Ansatz verfolgt, mit dem Stagnationslasten durch den Einsatz von Wärmerohren (*engl. Heatpipes*) vermieden werden können und entsprechende Kostensenkungen erreicht werden können.

Fernwärmeatlas – Ermittlung von Standorten für die optimale Wärmeauskopplung aus städtischem Abwasser

Pelda J.¹⁾, Holler S.¹⁾

¹⁾ Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminden/Göttingen, Rudolf-Diesel-Str. 12, 37075 Göttingen, johannes.pelda@hawk.de

Stichworte: *Abwärme, Abwasser, Fernwärme, Optimierung, Open Data*

Die Nutzung von Abwärme ist eine wichtige Maßnahme zur Dekarbonisierung von Fernwärmesystemen. Die Identifizierung und Bewertung von Abwärmequellen, insbesondere des städtischen Abwassers, ist jedoch eine Herausforderung. Das Forschungsprojekt MEMPHIS 2.0, gefördert im Rahmen des Annex XIII des IEA DHC-CHP, verbessert die Methode des Vorgängerprojektes MEMPHIS und wendet diese zur Quantifizierung, Qualifizierung und räumlichen Zuordnung von Abwärmepotenzialen innerhalb von Stadtgrenzen auf mehr als 100 Städte an. Darüber hinaus soll die Forschung folgende Fragen beantworten: Wie setzen sich die Quellen der berechneten Abwasserströme zusammen und wie wirkt sich dies auf das Profil des Abwasserabflusses aus? Wie groß ist das Potenzial für Abwärme aus einem Abwassersystem innerhalb der Stadtgrenzen, wenn eine optimale Wärmeauskopplung realisiert wird?

Durch die Kombination offener Daten mit Kennzahlen, Temperaturprofilen und Wärmeverlusten im Abwassersystem können über den kürzesten Weg des Abwassers zur Kläranlage dessen Herkunft und Temperaturniveau bestimmt werden. Eine Optimierung zeigt Standorte für die optimale Auskopplung von Abwärme aus dem Abwassersystem auf. Ein Top-Down-Ansatz hilft bei der Validierung des modellierten Abwasserflusses, indem reale Abwassermengen am Ausgang der Kläranlage verwendet werden. Die Ergebnisse sind auf <https://fernwaerme-atlas.hawk.de/> visualisiert.

Rechtliche Handlungsoptionen der Kommunen zur Umsetzung von Wärmeplänen

Antoni O.¹⁾

¹⁾Stiftung Umweltenergierecht, Friedrich-Ebert-Ring 9, 97072 Würzburg, antoni@stiftung-umweltenergierecht.de, 0931-794077-0

Stichworte: *Umsetzung kommunaler Wärmepläne, Handlungsoptionen der Kommunen, ordnungsrechtliche Mittel, Bauleitplanung*

Mit Blick auf das Ziel einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung des Gebäudebestands bestehen vielfältige Planungsbedarfe auf kommunaler Ebene. Auch wenn derzeit die Aufmerksamkeit noch vornehmlich auf die Rahmenbedingungen für die Aufstellung von kommunalen Wärmeplänen gerichtet ist, sollte bereits die darauffolgende Phase der dann erforderlichen Umsetzung der Wärmepläne in den Blick genommen werden. Welche Rechtsqualität haben kommunale Wärmepläne und wie können diese rechtsverbindliche Vorgaben für die Umsetzung machen? Welche kommunalen Handlungsspielräume gibt es für die Umsetzung von Wärmeplänen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung mit den bestehenden oder erst noch zu schaffenden Instrumenten u.a. des Bauplanungsrechts oder des Ordnungsrecht? Diesen Fragen widmet sich das rechtswissenschaftliche Teilvorhaben des Forschungsprojekts „Instrumente zur Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung – Integrierte Entwicklung ordnungsrechtlicher, prozess- und maßnahmenbezogener Lösungsansätze für die kommunale Wärmewende (KoWaP-Pro)“, dessen Ansätze, Forschungsfragen und erste Ergebnisse vorgestellt werden sollen.

Entscheidungsorientierte Aufbereitung von Potenzialen zur Nutzung von Wärmepumpen im Kontext der geodatenbasierten Wärmeleitplanung

Schnabel M.¹⁾, Elbeshausen M., Niemeyer M.¹⁾, Fincken M.¹⁾, Raß B.¹⁾, Koch S.¹⁾

¹⁾Jade Hochschule Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik (IAPG), Ofener Straße 16/19 21621 Oldenburg, marvin.schnabel@jade-hs.de, 0441 77083284

Stichworte: *Geodatenbasierte Wärmeleitplanung, Kommunale Wärmeplanung, Wärmepumpe, Potentialanalyse, Kennzahlensystem*

Der Prozess der geodatenbasierten Wärmeleitplanung kann Akteur_innen bei der kommunalen Wärmeplanung unterstützen. Ein zentraler Schritt ist dabei die Analyse der Potentiale verschiedener Versorgungstechnologien. Dafür werden Kennzahlen benötigt, um Eignungsgebiete identifizieren zu können. Wärmepumpen werden als zentrale Technologie für das Gelingen der Wärmewende angesehen. Somit werden Bewertungsverfahren benötigt, die die Eignung von Luft- und Erdwärmepumpen beschreiben. Hierfür gibt es bereits Ansätze, wie die Wärmepumpen-Ampel des FfE oder Geodatendienste der Bundesländer. Potentiale können auch mit GIS-basierten Analysen abgeschätzt werden. Jedoch sind diese Datengrundlagen nicht für Akteur_innen der Wärmeleitplanung entscheidungsorientiert aufbereitet. Daher wird in diesem Beitrag aufgezeigt, wie Kennzahlen erhoben werden können, die die Potentiale von Luftwärmepumpen sowie Erdwärmepumpen, die Erdkollektoren oder Erdsonden nutzen, unter Berücksichtigung des Flächenbedarfs bzw. von Schallemissionen beschreiben. Die errechneten Kennzahlen werden räumlich aggregiert, um sie auf entscheidungsrelevanten Ebenen zu visualisieren. Ergebnis ist ein Kennzahlensystem für die Bewertung der Eignung von Wärmepumpen, das in der geodatenbasierten Wärmeleitplanung eingesetzt werden kann. Eine erste Evaluation im Rahmen des BMBF-Projektes WärmewendeNordwest mit kommunalen Akteur_innen ist positiv ausgefallen, so dass die Einsetzbarkeit des Kennzahlensystems weiter untersucht wird.

Multi-kriterielle Energiesystemoptimierung von Quartieren unter Berücksichtigung von Umweltwirkungen

Hottenroth H.¹⁾, Tietze I.¹⁾, Viere T.¹⁾

¹⁾ Hochschule Pforzheim, Institut für Industrial Ecology, Tiefenbronner Str. 65, 75175 Pforzheim, heidi.hottenroth@hs-pforzheim.de, Tel. 07231 28 6403.

Stichworte: *Energiesystemmodellierung, Life Cycle Assessment, Umweltwirkung, Sektorkopplung, Lebenszyklus*

Bei der Transformation des Energiesystems hin zu erneuerbaren Energien werden Treibhausgasemissionen reduziert, doch andere Umweltwirkungen (z.B. Landnutzung, Ressourcenverbrauch) könnten zunehmen.

Stand der Technik ist es, Energiesysteme unter der Randbedingung geringer Treibhausgasemissionen in Hinblick auf die Kosten zu optimieren. Weitere Umweltwirkungen bleiben meistens außen vor, ebenso wie vorgelagerte Treibhausgasemissionen. Hier kommt das Life Cycle Assessment ins Spiel, denn dabei werden sowohl der gesamte Lebenszyklus als auch wesentliche Umweltwirkungen berücksichtigt. Für das Open-source-Tool LAEND wurde das Energiesystemmodell oemof mit der Ökobilanzsoftware openLCA gekoppelt. LAEND fokussiert auf die Optimierung der Ausbau- und Einsatzplanung von Strom- und Wärmeerzeugern in Quartieren. So besteht die Möglichkeit, Energiesysteme auf minimale Umweltwirkungen hin zu optimieren. Bei einer multi-kriteriellen Optimierung können Kompromisslösungen gefunden werden, die sowohl Kosten als auch Umweltwirkungen im Blick haben.

Bei der Anwendung von LAEND auf ein innerstädtisches Neubauquartier unterscheidet sich die Konfiguration der kostenoptimalen Lösung stark vom Klimaoptimum. Die meisten Konfigurationen für die verschiedenen Optimierungsziele bevorzugen PV gegenüber Solarthermie und Sole-Wasser- gegenüber Luft-Wasser-Wärmepumpe. Die multi-kriterielle Optimierung, die Umwelt- und Kostenkriterien kombiniert, zeigt eine Systemkonfiguration, die die verschiedenen Ziele kompensiert.

Kostenoptimierte Modellierung einer dekarbonisierten Fernwärmeversorgung in Flensburg bis zum Jahr 2035

Schumacher K.^{1,2)}, Hanto J.²⁾, Oei P.-Y.²⁾, Volta D.¹⁾

¹⁾ Hochschule Flensburg, Kanzleistraße 91-93, 24943 Flensburg, kristina.schumacher@hs-flensburg.de, 0176-34648339.

²⁾ Europa-Universität Flensburg, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg.

Stichworte: *Energiesystemmodellierung, 100% Erneuerbare Energien, Urbane Wärmewende, Fernwärme, Lineare Optimierung*

In dieser Studie wird im Rahmen des Forschungsprojektes „Szenarientwick- lung für die emissionsoptimierte Energieversorgung einer Fernwärmestadt“ (CE- RO₂) ein lineares Energiesystemmodell im open energy modelling framework o- emof in Python zur techno-ökonomische Modellierung einer 100% erneuerbaren Fernwärmeversorgung der Stadt Flensburg entwickelt.

Unsere Forschung leistet dabei einen Beitrag zur Konkretisierung des durch die Flensburger Ratsversammlung beschlossenen Zieles einer klimaneutralen Fern- wärmeversorgung Flensburgs bis zum Jahr 2035. Die Einsatz- und Investitionspla- nung ist auf den Fernwärmesektor beschränkt und basiert auf realen ortsspezifi- schen Daten zu Wärmelast, Temperaturkurven und regenerativen Wärmepotentia- len. Neben dem Einbezug von regulatorischen Rahmenbedingungen, wie der Bun- desförderung für effiziente Wärmenetze, werden Technologien mit einem hohen technischen Detailgrad und mit variierender Effizienz in Abhängigkeit von Tempera- turprofilen auf Wärmequell- und Abnahmeseite berücksichtigt. Eine Besonderheit ist zudem die ausgelagerte Simulation eines saisonalen Erdbeckenspeichers, welche eine detaillierte Berücksichtigung von Wärmeverlusten und verringerten Fernwär- metemperaturen am Ausgang des Speichers ermöglicht. Anhand dessen kann die Rolle von saisonalen Speichern im Energiesystem und ihr Einfluss auf nachgeschal- tete (Spitzenlast-)Technologien analysiert werden.

Erste Ergebnisse zeigen, dass Groß-Wärmepumpen als relevanteste regenerative Versorgungstechnologie identifiziert werden, während die Sinnhaftigkeit des Ein- satzes von Wasserstoff im Wärmesektor weiter hinterfragt wird. Zudem können mögliche (energetische und finanzielle) Einsparungen in Folge von Effizienz- und Suffizienzmaßnahmen sowie durch Temperaturabsenkungen im Netz quantifiziert werden.

Modellbasierter Ansatz für eine Dekarbonisierung der Berliner Wärmeversorgung im Kontext des europäischen Energiesystems bis 2045

Herpich P.^{1,2)}, Löffler K.^{2,3)}, Hainsch K.²⁾, Hanto J.^{1,2)}, Moskalenko N.²⁾

¹⁾Europa-Universität Flensburg, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, philipp.herpich@uni-flensburg.de, +49 461 805 2897.

²⁾Technische Universität Berlin, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin.

³⁾NTNU Trondheim, Høgskoleringen 1, 7034 Trondheim.

Stichworte: *Energiesystemmodellierung, 100% Erneuerbare Energien, Urbane Wärmewende, Fernwärme, Lineare Optimierung*

Wir stellen vorläufige Ergebnisse unserer Arbeiten zur Wärmewende in Berlin mit dem Energiesystemmodell GENeSYS-MOD vor. Die aktuellen Klimaschutzmaßnahmen auf europäischer, deutscher und Berliner Ebene geben dabei den Rahmen für die Modellierung vor. Zudem ist die Entwicklung der Wärmeerzeugung und -nachfrage bestimmt von den Entwicklungen im Ausbau auf Verteilnetzebene, die neben der Sanierung von Gebäuden als Hemmnis für den großflächigen Einsatz von Wärmepumpen in verdichteten Räumen genannt wird. Als Lösung für den Urbanen Raum führen zahlreiche Stakeholder den Einsatz von Wasserstoff sowohl in der Fernwärme als auch in dezentralen Heizungsanlagen an. Zur Plausibilisierung der weitreichenden Pläne für den Einsatz von Wasserstoff, nicht nur im Gebäudesektor, modellieren wir die Berliner Wärmewende eingebettet in den europäischen Kontext. Die Einbettung in den europäischen Kontext zeichnet ein ganzheitliches Bild der Wasserstoffproduktion und -nachfrage im Wärme-, Verkehrs- und Industriesektor auf und zeigt die Knappheit von (erneuerbarem) Wasserstoff und dessen großen Nutzungskonflikte auf.

Im Rahmen der Modellierung rechnen wir Sensitivitäten für die Entwicklung von CO₂-Preisen, Bandbreiten für Wasserstoffimportmengen und Preise von Drittländern in das europäische Energiesystem, Sanierungsraten im Gebäudesektor und Ausbaupfade für die Innerstädtischen Stromverteilstetze durch.

Die Ergebnisse sehen nur einen minimalen Einsatz an Wasserstoff im Wärmesektor. Stattdessen basiert die Wärmeerzeugung auf (Groß-)Wärmepumpen. Der verfügbare Wasserstoff wird überwiegend in Industrie und Schiffs- bzw. Flugverkehr eingesetzt.

Lokaler Prozesswärmeverbund mit industrieller Abwärmenutzung in Georgsmarienhütte (Projekt KoWa)

Waldhoff C.¹⁾, Reckzügel M.¹⁾, Meyer E.¹⁾

¹⁾ Hochschule Osnabrück, Albrechtstr. 30, 49076 Osnabrück, c.waldhoff@hs-osnabrueck.de, 0541-969 2404, m.reckzuegel@hs-osnabrueck, 0541-969 2069, erik.meyer@hs-osnabrueck, 0541-969 2408

Stichworte: *Abwärme, Industrie, Wärmeverbund, Prozesswärme, Wärmeplanung*

Ein industrieller Wärmeverbund, der eine Abwärmequelle mit einer Prozesswärmesenke verbindet, kann ganzjährig große Mengen an CO₂ vermeiden. Diese Situation liegt in Georgsmarienhütte vor, wo das Elektrostahlwerk bisher nicht nutzbare Wärme auf hohem Temperaturniveau auskoppeln und so einen großen Teil des Prozesswärmebedarfs des benachbarten Lebensmittelherstellers decken kann. Zur Minimierung des Ausfallrisikos und gleichzeitiger Optimierung des Betriebs, soll das Netz ein flexibel einsetzbares Heizwerk eines Möbelherstellers integrieren. Dieser kann z. B. in Revisionszeiten ausreichend klimaneutrale Wärme aus unvermeidbaren Produktionsresten einspeisen. Detaillierte Energieanalysen konnten weitere Optimierungspotenziale bei allen Beteiligten einbeziehen. Das Engagement der lokalen Industrieunternehmen und des kommunalen Stadtwerks als Wärmelogistiker könnten im Verbund jährlich über 7.500 t CO₂ einsparen.

Zusätzlich würde die Perspektive geschaffen, auch umliegende Wohn- und Gewerbegebiete mit vorhandener Abwärme zu versorgen. Die Unternehmen und beauftragten Planer bewerten das Projekt in der aktuellen Vorplanungsphase technisch und wirtschaftlich sehr positiv.

Schon im Vorfeld müssen von allen neue, ungewohnte Rollen eingenommen und gestaltet werden. Die transparente Kommunikation und das gegenseitige Vertrauen aller hat das Konzept erst ermöglicht. Es treten Hemmnisse und Herausforderungen auf, die bislang in konventionellen Projekten weniger relevant waren. Spezifische Förderlücken, finanzielle Ausfallrisikoabsicherungen und rechtliche Rahmen entscheiden möglicherweise über Umsetzung und Wirtschaftlichkeit. Der Beitrag stellt Konzept, Rollen der Akteure und nötige Lösungsmöglichkeiten vor.

Abstracts

THERMISCHE ENERGIESPEICHER, INSBESONDERE SAISONALE WÄRMESPEICHERUNG

Gestützte Vakuum-Isolierungen – eine hoch effektive Struktur für Anwendungen in der Energiespeicherung	68
Heat Balance: Kopplung von Windenergie mit einem Campus Wärmenetz durch einen geothermischen Langzeitwärmespeicher	69
Potentiale der elektrischen Energieflexibilisierung durch thermische Speicher in Supermarktkälteanlagen	70
Systematisierung der Nutzungs- und Integrationsmöglichkeiten von Aquiferwärmespeichern in Fernwärmenetzen	71
Transformation der Wärmeversorgung in Kassel	72
Feldversuche zum Betriebsverhalten und zu Umweltauswirkungen saisonaler Wärmespeicher in Grundwasserleitern auf dem Testfeld TestUM	73
Entwicklung hocheffizienter Erdbecken-Wärmespeicher für Wärmenetze	74
Modellierung des Betriebs und der Umweltauswirkungen geologischer Wärmespeicher	75
Die Rolle von Hochtemperatur-Aquiferwärmespeicherung in zukünftigen urbanen Wärmeversorgungssystemen	76
Saisonale tiefe Hochtemperatur Untergrundwärmespeicherung – Vorstellung der wissenschaftlichen Begleitforschung des, im Zuge des Norddeutschen Reallabors am Standort Hamburg-Tiefstack errichteten Aquiferwärmespeichers	77
15 Jahren Geothermieforschung für die Region Göttingen: Aktueller Stand ...	78

Gestützte Vakuum-Isolierungen – eine hoch effektive Struktur für Anwendungen in der Energiespeicherung

Kerspe J.¹⁾

¹⁾TEB Dr. Kerspe GmbH, Schubertstr. 23; 69256 Mauer, kerspe@vakuum-isolierung.de, 062261585474

Stichworte: *Gestützte Vakuum-Isolierung; hybride Honeycomb Struktur; Leichtbau; hoch effiziente Wärmedämmung; multifunktionale Batteriegehäuse*

Evakuierte Isolationsschichten sind für ihre sehr guten Dämmeigenschaften bekannt – aber meist teuer (wegen des Hochvakuums), zerbrechlich und nur in runden Körpern herstellbar.

Gestützte Vakuum-Isolierungen in GVI®-Technologie haben ebenfalls beste Isoliereigenschaften, sind selbsttragend und steif wie eine Wabenstruktur. Sie können in nahezu allen Abmessungen und Formen konstruiert und gefertigt werden – auch als flache Platten. GVI® ist eine hybride Verbundstruktur: Die (vakuumdichte) Hülle besteht aus dünnem Edelstahl – das tragende Füllmaterial im Isolationsspalt ist mikroporös wie z.B. eine hochverdichtete Mineralfaser oder pyrogene Kieselsäure. Beim Evakuieren des Spaltes auf ein schwaches Vakuum werden Hülle und Füllmaterial zusammengepresst und erzeugen so eine Leichtbau-Wabenstruktur mit guten mechanischen und thermischen Eigenschaften.

Heute werden solche Strukturen als Gehäuse für hocheffiziente Wärmespeicher (oder sogar Kryotanks), multifunktionale Batteriegehäuse in Elektroautos sowie in Verbundwandsystemen für hocheffiziente Gebäude eingesetzt. Ein Aspekt bei all diesen Anwendungen ist die Multifunktionalität: GVI® ist sowohl die Wärmedämmung als auch ein Gehäuse, das hohen mechanischen Belastungen standhält. Für Wärmespeicher bedeutet das, die GVI® ist sowohl Speicherbehälter zur unmittelbaren Aufnahme des Speichermediums als auch die Dämmung des Speichers. Dadurch können in erheblichem Umfang Materialien, Gewicht und Raum eingespart werden.

In dieser Präsentation wird die GVI®-Technologie mit ihren wesentlichen Merkmalen erläutert und Beispiele aus verschiedenen Anwendungen gezeigt.

Heat Balance: Kopplung von Windenergie mit einem Campus Wärmenetz durch einen geothermischen Langzeitwärmespeicher

Friedrich D.¹⁾, Desguers T.¹⁾

¹⁾ School of Engineering, University of Edinburgh, Edinburgh, EH9 3DW, Scotland, d.friedrich@ed.ac.uk, +44 131 650 5662

Stichworte: *Sektorkopplung; Langzeit Wärmespeicher; Erdsonden-Wärmespeicher*

Um Netto-Null zu erreichen, muss der gesamte Wärmesektor dekarbonisiert und die erneuerbaren Energien erheblich ausgebaut werden. Allerdings führt beides zu weiteren Herausforderungen. Der Wärmebedarf ist weit verteilt, hat große saisonale Schwankungen und die Optionen zur Dekarbonisierung sind teuer. In Großbritannien (GB) wird erwartet, dass die jährlichen Ausgleichszahlungen für Überschussstrom von Erneuerbaren aufgrund des beschleunigten Ausbaus ohne ausreichenden Ausbau der Übertragungsnetze und Speicherkapazitäten bald eine Milliarde Pfund übersteigen werden. Fernwärme mit thermischen Langzeitspeichern (LTES), die mit Überschussstrom geladen werden, könnten erheblich zur Dekarbonisierung von Wärme beitragen und würden die Notwendigkeit von Spitzenlastanlagen und Ausgleichseingriffen verringern. Das Heat Balance Projekt hat dieses Konzept unter ökologischen, technischen und regulatorischen Gesichtspunkten für ein Campusnetzwerk der Universität Edinburgh sowie für weitere typische Konfigurationen untersucht. Das Konzept kann zuverlässige Wärmeenergie für Fernwärmenetze zu reduzierten Betriebskosten und mit geringeren Emissionen bereitstellen, während gleichzeitig ein großer Anteil dieser Energie aus ansonsten abgeregelter Windenergie bereitgestellt wird. Leider hat das Projekt auch gezeigt, dass es eine Reihe von kommerziellen und regulatorischen Hindernissen für das Konzept gibt, insbesondere das Fehlen eines geeigneten regulatorischen und finanziellen Rahmens. Wir zeigen Wege auf, diese Barrieren zu überwinden, damit LTES-Systeme einen wertvollen Beitrag für eine zukünftige klimaneutrale Gesellschaft leisten können.

Potentiale der elektrischen Energieflexibilisierung durch thermische Speicher in Supermarktkälteanlagen

Fidorra N.¹⁾, Müller E.¹⁾, Schulte A.²⁾, Tegethoff W.²⁾, Köhler J.²⁾

¹⁾ TLK-Thermo GmbH, Rebenring 31, 38106 Braunschweig, n.fidorra@tlk-thermo.com

²⁾ TU Braunschweig, Institut für Thermodynamik, Hans-Sommerstr.5, 38106 Braunschweig

Stichworte: Supermarktkälte, R744, „Kältespeicher“, Energieflexibilisierung

Supermärkte sind komplexe thermische Systeme mit Heiz- und Kühlbedarfen auf verschiedenen Temperaturniveaus. Diese Kälteanlagen sind in Deutschland für einen jährlichen Strombedarf von rund 1-3 % verantwortlich, wobei einzelne Anlagen auf elektrische Leistungsaufnahmen von mehreren Hundert Kilowatt kommen. Durch thermische Energiespeicher ist es möglich, die Bereitstellung von Kälte und Wärme über Zeiträume zwischen wenigen Sekunden und mehreren Tagen zeitlich zu verschieben. Dies kann genutzt werden, um die elektrische Leistungsaufnahme der Kälteanlage zu flexibilisieren und somit einen Beitrag zur Stabilisierung des Stromnetzes zu leisten. Dies unterstützt bei der Integration von erneuerbaren Energien. Ein positiver Nebeneffekt kann weiterhin eine Steigerung der Energieeffizienz sein, wenn die Erzeugung von Kälte- und Wärme in Zeiträume mit günstigeren Umgebungsbedingungen verlagert wird. Dieser Beitrag beleuchtet verschiedene Möglichkeiten der Integration thermischer Energiespeicher in Supermarktsysteme und zeigt anhand von Simulationen exemplarisch deren Potential zur elektrischen Flexibilisierung sowie Effizienzsteigerung auf.

Systematisierung der Nutzungs- und Integrationsmöglichkeiten von Aquiferwärmespeichern in Fernwärmenetzen

Dr. Zimmermann T.¹⁾, Dr. Pieper H., Dr. Strodel N.

¹⁾ HIR Hamburg Institut Research gGmbH, Paul-Neumann-Platz 5, 22765 Hamburg, zimmermann@hamburg-institut.com, +49 40-391 069 89 - 44

Stichworte: *Saisonale Wärmespeicherung, Aquiferspeicher, Hochtemperatur-Aquiferspeicher, Fernwärme, Großwärmepumpen*

Saisonale Großwärmespeicher sind in fortschreitend dekarbonisierten Fernwärmesystemen mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien ein zentraler Bestandteil zur Überwindung des saisonalen Versatzes zwischen Wärmeerzeugung und -nachfrage. Neben Erdbeckenspeichern, die im urbanen Kontext oftmals auf hohe Raumwiderstände stoßen, bieten (Hochtemperatur-) Aquiferspeicher in den drei geothermischen Eignungsregionen in Deutschland eine geeignete Lösung zur großtechnischen und kostengünstigen thermischen Energiespeicherung mit hoher oberträgiger Flächeneffizienz.

Die Rahmenbedingungen zur technischen Integration der Wärme aus dem Aquiferspeicher sind dabei stetigen Veränderungen unterworfen. Einerseits werden die Fernwärmesysteme in der Regel mit gleitenden Vor- und Rücklauftemperaturen betrieben, andererseits sinkt während der Ausspeicherung die Entnahmetemperatur kontinuierlich ab.

Dadurch bedarf es verschiedener Lösungen zur Integration von Aquiferspeichern, die vor dem Hintergrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen (Speicher, Netz) systematisiert und eingeordnet werden sollen. Zentrale Integrationsmöglichkeiten bilden dabei die direkte Nutzung im Vorlauf, die Anhebung der Rücklauftemperatur sowie die Nutzung von Großwärmepumpen und anderen Anlagenkomponenten zur Bildung eines vollwertigen Wärmeerzeugers.

In dem Konferenzbeitrag werden die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt „OptInAquiFer“ zu sinnvollen Integrationsmöglichkeiten von Aquiferspeichern in deutsche Fernwärmenetze vorgestellt. Neben einer Klassifizierung anhand von Leitkriterien wird insbesondere das Zusammenwirken von Großwärmepumpen und Aquiferspeichern in einen technischen Fokus gerückt.

Transformation der Wärmeversorgung in Kassel

Jordan U.¹⁾, Best I.¹⁾, Braas H.¹⁾, Vaupel T.¹⁾, Kusyy O.¹⁾, Orozaliev J.¹⁾, Vajen K.¹⁾

¹⁾ Universität Kassel, Institut für Thermische Energietechnik, Mönchebergstr. 19 / KW3, 34125 Kassel, solar@uni-kassel.de, +49 561 804 3876

Stichworte: Wärmeleitplanung, Fernwärme, Potentialanalyse, Erdbeckenspeicher, Wärmekataster

Mithilfe eines Wärmekatasters und Potentialanalysen wurden Szenarien entwickelt, die aufzeigen, mit welchen Maßnahmen ein Ausstieg aus der Kohle-, Erdöl- und Erdgas-Verbrennung zur Wärmeversorgung in der Stadt Kassel möglich wäre.

Zunächst wurde der Kasseler Wärmeverbrauch gebäudescharf evaluiert, ein Wärmekataster angelegt und ein Szenario für die saisonale Verteilung des Wärmeverbrauchs für verschiedene Verbrauchssektoren für das Jahr 2030 entwickelt.

Darüber hinaus wurden Szenarien zur Wärmebereitstellung erstellt. Diese zeigen auf, dass die zukünftige Wärmeversorgung in Kassel ungefähr zur Hälfte mit Fernwärme bereitgestellt werden könnte. Die Fernwärmeversorgung setzt sich dabei im Szenario zu ca. 56 % aus Verbrennungswärme (Abfall, Klärschlamm, Altholz) und zu ca. 40 % aus der Wärmeversorgung mit Großwärmepumpen zusammen. Der übrige Anteil (ca. 4 %) entfällt auf Abwärmenutzung, großflächige Solarthermieanlagen sowie Spitzenlastabdeckung z.B. durch Biogas.

Voraussetzung für die volle Ausnutzung dieses Wärmebereitstellungspotentials sind ausreichende saisonale Speicherkapazitäten und der Ausbau der Fernwärmeversorgung. Für einen Erdbeckenspeicher wurden Speichervolumina von ca. 0,8 – 1 Mio m³ evaluiert.

Für die dezentrale, gebäudeindividuelle Wärmeversorgung und für Nahwärmeversorgungssysteme wurden zudem Potentiale zur Installation von Erdsonden betrachtet und die Anzahl nötiger Wärmepumpen sowie deren Wärmebereitstellung und Stromverbrauch abgeschätzt.

Feldversuche zum Betriebsverhalten und zu Umweltauswirkungen saisonaler Wärmespeicher in Grundwasserleitern auf dem Testfeld TestUM

Hornbruch G.¹⁾, Lüders K.¹⁾, Köber R.¹⁾, Meier zu Beerentrop K.¹⁾, Ebert M.¹⁾, Nordbeck J.¹⁾, Heldt S., Birnstengel S.²⁾, Werban U.²⁾, Keller N. S.²⁾, Vogt C.²⁾, Shao H.²⁾, Reinsch T.³⁾, Schwarzfeld B.⁴⁾, Richnow H.-H.²⁾, Dietrich P.²⁾, Bauer S.¹⁾, Dahmke A.¹⁾

¹⁾ Kompetenzzentrum Geo-Energie, Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Ludewig-Meyn-Straße 10, 24118 Kiel, goetz.hornbruch@ifg.uni-kiel.de, 0431-880-2876

²⁾ Helmholtz Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ GmbH, Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

³⁾ Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie – Fraunhofer IEG, Am Hochschulcampus 1 IEG, 44801 Bochum

⁴⁾ Büro für zeitgemäße Energieanwendungen BZE-Ökoplan, Hummelsbütteler Weg 36, 22339 Hamburg.

Stichworte: *Wärmespeicherung, geologischer Untergrund, Feldversuch, offene Forschungsinfrastruktur, Testfeld „TestUM“*

Der geologische Untergrund besitzt eine herausragende volkswirtschaftliche Bedeutung u.a. als Grundwasserreservoir und Energiespeicher. Die Nutzung oberflächennaher Grundwasserleiter zur saisonalen Wärmespeicherung bietet dabei ein hohes Potenzial bei der Umsetzung einer klimaneutralen, sozialverträglichen „Wärmewende“. Ein sicherer, effizienter Speicherbetrieb bedarf jedoch der realistischen Bewertung und Prognose von Nutzungswechselwirkungen und Auswirkungen auf die Umwelt.

Das entwickelte Forschungstestfeld „TestUM“ (Wittstock/BB) mit der Durchführung verschiedener Feldversuche stellt dafür die infrastrukturelle Grundlage dar. Z. B. konnten in einem mehrmonatigen HT-ATES Versuch (bis 80°C) thermische, hydraulische, hydrochemische und mikrobiologische Auswirkungen auf den Grundwasserleiter zeitlich und räumlich hochaufgelöst erfasst und so bisher einzigartige Datengrundlagen zur Bewertung von Einflussfaktoren auf den Betrieb und temperaturinduzierten Effekten im geologischen Untergrund geschaffen werden. Aktuell werden diese Grundlagen mit einem geologischen Eis-Wärme-Speicher-Experiment (bis -15°C) am Testfeld auch für dieses innovative Konzept zukünftiger Wärmeversorgung erhoben.

Solche Datengrundlagen sind übergeordnet essentiell, um belastbare und geeignete Bewertungen für Untergrundnutzungen im Rahmen genehmigungsrechtlicher Belange sowie Optimierungsstrategien bei der „Wärmewende“ definieren zu können, und nur an Testfeldern mit entsprechender Infrastruktur zu gewinnen.

Entwicklung hocheffizienter Erdbecken-Wärmespeicher für Wärmenetze

Berberich M.¹⁾, Brandt T.¹⁾, Mangold D.¹⁾

¹⁾ Solites, Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme, Meitnerstr. 8, 70563 Stuttgart, berberich@solites.de, +49 (0)711 673 2000-55.

Stichworte: *Erdbecken-Wärmespeicher, saisonale Wärmespeicher, Wärmenetz*

Großvolumige Wärmespeicher sind eine entscheidende Komponente, um verschiedene erneuerbare Energiequellen in Fernwärmesystemen effizient zu kombinieren. Eine Bauweise, die großvolumig und relativ kostengünstig realisiert werden kann, ist die der wassergefüllten Erdbecken-Wärmespeicher (Pit Thermal Energy Storages - PTES). Diese sind als künstliche Becken mit einer wasserdichten, hochtemperaturbeständigen Polymerauskleidung und Isoliermaterial an der Abdeckung und bei einigen Speichern an den Wänden und am Boden konstruiert. Die Größen reichen von einigen 100 m³ bis zu mehr als 100.000 m³. Die meisten der bestehenden PTES wurden zusammen mit großen solarthermischen Anlagen gebaut. Aus dem Bau und Betrieb liegen viele Erfahrungen vor und es gibt noch einige wichtige Forschungsfragen. Diese werden für die Entwicklung der nächsten Generation von Erdbecken-Wärmespeichern in dem aktuellen Forschungsprojekt „Efficient Pit“ bearbeitet: fortschrittliche Materialien für eine höhere Langzeitbeständigkeit bei Temperaturen von 95 °C, kostengünstige Bau- und Betriebsmethoden, gut funktionierende und langlebige schwimmende Abdeckungen, zuverlässige und einfache Betriebsüberwachung und Unterstützung der Markteinführung durch evaluierte Simulationsmodelle und vereinfachte Berechnungstools.

Der Vortrag gibt einen Überblick über den aktuellen Forschungsbedarf für PTES in der Fernwärme, basierend auf den Ergebnissen der bestehenden Speicher. Darüber hinaus werden die neuesten Ergebnisse der Forschungsaktivitäten im Rahmen des Projekts „Efficient Pit“ vorgestellt.

Modellierung des Betriebs und der Umweltauswirkungen geologischer Wärmespeicher

Delfs J.-O.¹⁾, Nordbeck J.¹⁾, Bauer S.¹⁾

¹⁾ Kompetenzzentrum Geo-Energie, Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Ludewig-Meyn-Straße 10, 24118 Kiel, jens.delfs@ifg.uni-kiel.de, 0431 880 2829.

Stichworte: *Saisonale Wärmespeicher, Modellkopplung, Wärmepumpensimulation, Open-Source Software*

Die Planung geothermischer Anlagen unter der Berücksichtigung von Veränderungen auf den Untergrund und Grundwasser erfordert vielseitige Simulationswerkzeuge, die sowohl den Betrieb als auch die dadurch induzierten weiträumigen Strömungs- und Temperaturfelder erfolgreich abbilden können. Deshalb wurde am Kompetenzzentrum Geo-Energie (KGE) Kiel eine Modelliertoolsbox entwickelt, mit der auch komplexere geothermische Anlagen zur saisonalen Wärmepeicherung (Aquiferwärmespeicher ATES und Erdwärmesondenspeicher BTES) einschließlich der Ausbreitung ihrer Wärmeverluste und Einflüsse auf Strömungsfelder im Untergrund detailliert simuliert werden können. Dabei sind mit OpenGeoSys für geothermische Anlagen und Tespy für Obertageanlagen sämtliche Modellkomponenten open-source gehalten, um den Akzeptanzproblemen derartiger geothermischer Anlagen mit Transparenz zu begegnen und weitere Nutzer mit ähnlichen Vorhaben anzusprechen. In diesem Beitrag wird vorgestellt, wie geothermische Speicher im Zusammenspiel mit Obertageanlagen (z.B. Wärmepumpen) simuliert werden neben weiteren vereinfachten Simulationsansätzen in der Modelliertoolsbox für den Speicherbetrieb. Die Anwendungsfälle sind Speicherdimensionierungsstudien sowohl zur Anlagenplanung einschließlich ihrer Genehmigung als auch zur Abschätzung von Potentialen und der Raumplanung des Untergrundes.

Die Rolle von Hochtemperatur-Aquiferwärmespeicherung in zukünftigen urbanen Wärmeversorgungssystemen

Nordbeck J.¹⁾, Beyer C.¹⁾, Delfs J.-O.¹⁾, Witte F.²⁾, Tuschy I.²⁾, Wingenbach C.³⁾, Hohmeyer O.³⁾, Bauer S.¹⁾

¹⁾Institute of Geosciences, Kiel University, Germany, johannes.nordbeck@ifg.uni-kiel.de, 0431 880 1967.

²⁾Center for Sustainable Energy Systems, Flensburg University of Applied Sciences, Germany

³⁾Europa University Flensburg, Germany

Stichworte: *Thermische Energiespeicherung, Aquiferwärmespeicher, Wärmesystem- und –speichermodellkopplung, Numerische Simulation*

Hochtemperatur-Aquiferwärmespeicherung im geologischen Untergrund kann den Anteil der erneuerbaren Wärme im Wärmesektor erhöhen. Für eine Bewertung der induzierten Prozesse und der Speichereffizienz eines Aquiferwärmespeichers müssen realistische Lastprofile und Temperaturen für den Betrieb des Speichersystems bekannt sein, um das Speicherverhalten, die erreichbare Speichereffizienz und die Be- und Entladeraten sowie den Platzbedarf im Untergrund korrekt vorhersagen zu können. Dazu werden ein Modell der oberirdischen Anlagen und Komponenten des Wärmesystems sowie ein Modell des geologischen Wärmespeichers durch Austausch von Speichertemperaturen und Wärmeflüssen gekoppelt. Das Energiesystem ist gekennzeichnet durch zukünftige Energiepfade mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien, kombiniert mit einem Fernwärmenetz und verschiedenen Szenarien von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit zusätzlichen Must-Run-Kapazitäten, die z.B. industrielle Abwärme oder Solarthermie darstellen. Simulationsergebnisse werden für die Leistungen und Temperaturen aller Systemkomponenten sowie für die räumliche und zeitliche Wärmeverteilung im Untergrund gewonnen. Die Ergebnisse zeigen, dass für realistische zukünftige Lastprofile und unter der Annahme typischer Bedingungen für einen Aquifer in der norddeutschen Tiefebene Speicherwirkungsgrade von etwa 70 % erreicht werden können, mit Raten im Bereich von 3 MW und einer effektiv genutzten Kapazität von 4 GWh pro Brunnen-Doublette. Die Temperaturen des eingespeisten oder entnommenen Wassers schwanken zwischen der angenommenen Hintergrundtemperatur des Grundwasserleiters von etwa 10°C und etwa 70°C, was der Temperatur des Fernwärmenetzes entspricht. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Hochtemperatur-Aquiferwärmespeicherung im geologischen Untergrund dazu beitragen kann, den Anteil der erneuerbaren Energien im Wärmesektor zu erhöhen.

Saisonale tiefe Hochtemperatur Untergrundwärmespeicherung – Vorstellung der wissenschaftlichen Begleitforschung des, im Zuge des Norddeutschen Reallabors am Standort Hamburg-Tiefstack errichteten Aquiferwärmespeichers

Metzgen A.¹⁾, Juulgard K.²⁾, Dahmke A.¹⁾, Ebert M.¹⁾

¹⁾ Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften/Kompetenzzentrum Geo-Energie, Ludewig-Meyn-Straße 10, 24118 Kiel, adrian.metzgen@ifg.uni-kiel.de, 0431-880-2896.

²⁾ Hamburger Energiewerke GmbH, Ausschläger Elbdeich 123, 20539 Hamburg.

Stichworte: *Wärmespeicherung, geologischer Untergrund, Reallabor, Begleitforschung, NRL*

Zur Umsetzung der Wärmewende bietet die saisonale Untergrundwärmespeicherung (UTES – Underground Thermal Energy Storage) eine klimaneutrale Möglichkeit der Wärmebereitstellung, mit der Fluktuationen im Angebot erneuerbarer Energien ausgeglichen werden können. Im Zuge des Norddeutschen Reallabors (NRL), das in verschiedenen full-scale Ansätzen neue Wege zur Klimaneutralität erprobt, wird dabei am Standort Hamburg-Tiefstack ein tiefer (1400 m) hoch Temperatur (80°C) Aquifer Wärmespeicher in einer hochsalinaren (TDS ~200g/L) Formation etabliert und in das Hamburger Fernwärmenetz eingebunden.

Die wissenschaftliche Begleitforschung seitens der CAU Kiel konzentriert sich dabei insbesondere auf die Untersuchung der untertägigen P/T/S abhängigen, geochemischen Prozesse, die bei den komplexen Bedingungen zu erwarten sind, wobei Korrosionsuntersuchungen zur milieuspezifischen Eignung verschiedener Edelstahlgierungen, die Prognose von Gasgleichgewichtsprozessen in hochsalinaren Lösungen, sowie Fluid-Festphasen-Wechselwirkungen im Aquifer im Fokus stehen. Zudem wird der Demonstrationsbetrieb wissenschaftlich begleitet um eine Validierung der experimentellen und modellierten Daten zu ermöglichen.

Die präsentierten Daten und Erkenntnisse geben dabei einen umfassenden Einblick in eines der ambitioniertesten nationalen, wie internationalen ATES-Projekte und leisten damit einen eindrucklichen Beitrag die Möglichkeiten der ATES-Technologie zu ergründen.

15 Jahren Geothermieforschung für die Region Göttingen: Aktueller Stand

Leiss B.¹⁾, Romanov D.^{1,2)}, Peacock D.C.P.¹⁾, Moeck I.^{1,3)}

¹⁾ Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Goldschmidtstr. 3, 37077 Göttingen, e-mail: bleiss1@gwdg.de, Tel.: 0551/39-7934

²⁾ HAWK, Fakultät Ressourcenmanagement, Rudolf-Diesel-Diesel-Straße 12, 37075 Göttingen

³⁾ Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Stilleweg 2, 30655 Hannover

Stichworte: *Geothermie, Saisonale Wärmespeicherung, Geologische Exploration, Region Göttingen. Energietransformation*

Geothermie ist als einzige regenerative Wärmequelle, die unabhängig von Wetterbedingungen und Tageszeiten Energie für die Wärmewende liefert, in Energietransformationsplänen grundsätzlich zu berücksichtigen.

Die Region Göttingen in Südniedersachsen wird durch die Leinetalgrabenstruktur geprägt. 1500 m mächtige mesozoische Deckgebirgssedimente und der darunter liegende variszische, aus Metasedimenten aufgebaute Falten- und Überschiebungsgürtel sind dadurch tektonisch zerblockt und durch Salztektonek geprägt. Dieser vielfältige, bisher relativ wenig erkundete geologische Untergrund bietet unterschiedliche Zielhorizonte für die tiefe, mitteltiefe und oberflächennahe geothermische Wärmegegewinnung, insbesondere kombiniert mit mitteltiefer, saisonaler Wärmespeicherung. Durch geothermische Exploration seit inzwischen über 10 Jahren liegen grundlegende Daten für die Entwicklung geothermischer Systeme für Göttingen vor. Als nächster Erkundungsschritt ist eine Erkundungsbohrung zur Verifizierung der seismischen Interpretation und der abgeleiteten 3D-Modelle essentiell.

Der Universitätscampus mit eigenem gasbasiertem Blockheizkraftwerk und Fernwärmesystem bietet sich vor allem auch im Zuge von Neubauten wie des Universitätsklinikums mit vielfältigen Wärme- und Kältebedarfen für eine quartiersbezogene Energietransformation in Kombination mit anderen erneuerbaren Energien an. Es fehlt jedoch seitens der Universität bzw. der Campusstruktur seit Jahren eine langfristig gedachte Transformation über eine konvergierende Entwicklung der Wärmeversorgungsinfrastruktur und Nutzung der Potentiale der erneuerbaren Energien (Umsetzung eines vorgeschlagenen Energie-Hubs).

Abstracts

DIGITAL TWINS, GEOGRAFISCHE INFORMATIONSSYSTEME, OPEN SCIENCE SOWIE OPEN DATA

Integration von Prosumern in Wärmenetze – eine ganzheitliche Betrachtung	80
Methodik zur Ermittlung von Gebäudeattributen als Eingangsgrößen für hoch aufgelöste Wärmebedarfsprognosen mittels Open-Data.....	81
Einsatz der BIM-Methode bei gebäudeintegrierten solaren Technologien.....	82
Entwicklung einer open-source UBEM Plattform zur Unterstützung der Wärmeplanung in der Stadt Kiel.....	83
Nutzbarkeit von Open Data in der Wärmesystemanalyse: Fallstudie zur zukunftsicheren Fernwärme.....	84
Betriebliche Effizienz in Bestandsgebäuden mit Hilfe von digitalen Zwillingen: Infrastrukturvorbereitungen und Herausforderungen	85

Integration von Prosumern in Wärmenetze – eine ganzheitliche Betrachtung

Zinsmeister D.¹⁾, Lickleder T¹⁾, Kuntuarova S.¹⁾, Tzscheuschler P.¹⁾, Goebel, C.¹⁾, Perić V.S.¹⁾

¹⁾ Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München, d.zinsmeister@tum.de, +49 89 289 28299

Stichworte: *Wärmenetze, Prosumer, Sektorkopplung, Simulation, Labor*

Durch eine stärkere Kopplung von Strom und Wärme können Schwankungen in der Stromerzeugung kompensiert und den Wärmesektor zu dekarbonisiert werden. Derzeitige Ansätze im Wärmesektor lassen sich meist in zwei Gruppen unterteilen: Bei einer dezentralen Versorgung beschränkt sich die Wärmeerzeugung auf einzelne Gebäude, wodurch die Anlagen oft überdimensioniert und nicht optimal ausgelastet sind. Bei einer zentralen Versorgung durch Wärmenetze ist die Auslastung besser, allerdings entstehen höhere Übertragungsverluste und dezentrale, erneuerbare Wärmequellen werden vernachlässigt.

Prosumer in Wärmenetzen können die Vorteile beider Ansätze kombinieren. Durch die Integration von Gebäuden mit dezentralen erneuerbaren Wärmequellen in das Wärmenetz sind diese Anlagen nicht mehr an den Verbrauch im Gebäude gebunden, was das Potential zur Sektorkopplung und die Auslastung erhöht. Außerdem können durch die Nähe zu anderen Prosumern Übertragungsverluste verringert werden.

Wir präsentieren das Potential des CoSES Labors der TUM, welches u.a. die Integration von Prosumern in Wärmenetze erforscht. Das Labor besteht aus 5 Gebäuden mit kommerziellen Wärmeerzeugern und -speichern. Der Wärmeverbrauch wird durch Power Hardware in the Loop detailliert nachgebildet. Bidirektionalen Wärmeübertragungsstationen tauschen dabei Wärme zwischen den Gebäuden aus. Ein Simulationsmodell des Labors ermöglicht es, verschiedene Strategien zu simulieren und optimieren und anschließend im Labor zu validieren.

Methodik zur Ermittlung von Gebäudeattributen als Eingangsgrößen für hoch aufgelöste Wärmebedarfsprognosen mittels Open-Data

Trosdorff J.¹⁾, Börms J.¹⁾

¹⁾ CC4E HAW Hamburg, Am Schleusengraben 24, 21029 Hamburg, jan.trosdorff@haw-hamburg.de, +49 40 42875 5812

Stichworte: 3D-Stadtmodell, CityJSON, Fenstererkennung, Wärmebedarfsprognose, Open-Data

Zur hoch aufgelösten Abbildung der Wärmebedarfe von Gebäuden zur Simulation von intelligenten Wärmenetzen wird eine Vielzahl an Gebäudeinformationen benötigt. Diese liegen bei Netzbetreibern meist nicht in benötigtem Detailgrad vor. Um trotzdem detaillierte Informationen zum Gebäudebestand zu erhalten, kann auf Open-Data zurückgegriffen werden.

Daher wird eine Methodik vorgestellt, mit der anhand von 3D-Stadtmodellen, Katasterdaten und weiteren frei zugänglichen Daten wärmebedarfsrelevante Gebäudeattribute bestimmt werden.

Hüllfläche, Bruttovolumen sowie Kubatur der Gebäude werden mittels LoD2 3D-Stadtmodellen im Datenformat CityJSON bestimmt. Mit den Modellen werden zudem geteilte Flächen mit angrenzenden Gebäuden und Verschattung verursachende Gebäudekörper der Umgebung ermittelt.

Da LoD2 Modelle keine Informationen zu Fensterflächen oder generell zur Textur enthalten, wird mit Hilfe eines Bilderkennungsalgorithmus der Anteil von Fenstern an der Fassadenfläche bestimmt. Die Basis für die Bilderkennung bilden frei zugängliche Schrägluftbilder.

Zusätzlich wird eine Methodik vorgestellt, die eine Baualtersabschätzung mittels historischer Karten ermöglicht. Aufbauend auf Gebäudemmaßen und Baualter werden Normen, Wohnraumstatistik und Gebäudetypologien herangezogen, um weitere Kennzahlen zu bestimmen.

Die ermittelten Attribute werden in einem GIS-Vektordatenmodell zusammengeführt und sind somit im Stadtraum verortet für Bedarfsprognosen und weiterführende Wärmebedarfsanalysen nutzbar.

Einsatz der BIM-Methode bei gebäudeintegrierten solaren Technologien

Mandow W.¹⁾, Kirchner M.¹⁾, Giovannetti F.¹⁾, Edenhofner F.²⁾, Theresa M.³⁾

¹⁾ Institut für Solarenergieforschung in Hameln (ISFH), Am Ohrberg 1, 31860 Emmerthal

²⁾ ICoM, RWTH Aachen University, Mies-van-der-Rohe-Straße 1, 52074 Aachen

³⁾ Albert.ing GmbH, Hanauer Landstraße 184, 60314 Frankfurt am Main Tel.: 05151/999-523; E-Mail: mandow@isfh.de

Stichworte: BIM, Solare Fassaden, PVT-Kollektoren

Für die Reduzierung der CO₂-Emissionen im Gebäudebereich ist ein erheblicher Ausbau der verfügbaren regenerativen Energien wie solare Energie sowohl im Bestand als auch für Neubauten erforderlich. Die Kombination aus photovoltaisch-thermischen (PVT) Kollektoren und Wärmepumpen kann dazu einen signifikanten Beitrag leisten. Hierzu bietet der Einsatz der Fassade ein vielversprechendes ungenutztes Potential. Allerdings muss die PVT-Fassade als Teil der Gebäudehülle sowohl die energetischen als auch die bauphysikalischen und ästhetischen Anforderungen erfüllen.

Im BMWK-Forschungsprojekt „BIMPV“ wird eine neuartige PVT-Fassade geplant, aufgebaut und vermessen. Innovativ dabei ist, dass die Fassade mit der Methode des Building Information Modeling (BIM) abgebildet wird, um über ihr gesamtes Lebenszyklus analysiert zu werden. Der Einsatz von BIM im Bereich der Solarenergie hat zwar großen Potenzial ist jedoch bis lang kaum verbreitet und lediglich für die Planung.

Für den Betrieb kann die BIM-Methode vorteilhaft eingesetzt werden um die Anlage zu überwachen und optimieren. Für eine korrekte Parametrierung in der BIM-Umgebung erfolgt im Projekt eine detaillierte experimentelle Charakterisierung.

Für die Betriebsüberwachung wurde der digitale Zwilling der PVT-Fassade abgebildet. Die gemessenen thermischen sowie elektrischen Erträge der PVT-Fassade werden mit vordefinierter Zeitauflösung an die BIM-Plattform dynamisch übertragen und mit den entsprechenden Solldaten verglichen. Falls die Abweichung größer als die vordefinierte Grenze ist wird ein entsprechendes Warnsignal an vordefinierte Verantwortlichen gesendet.

Entwicklung einer open-source UBEM Plattform zur Unterstützung der Wärmeplanung in der Stadt Kiel

Schwanebeck M.¹⁾, Lyu H.¹⁾

¹⁾ Kompetenzzentrum Geo-Energie, Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Ludewig-Meyn-Straße 10, 24118 Kiel, malte.schwanebeck@ifg.uni-kiel.de

Stichworte: *Zirkulationserwärmungs-Wärmepumpe, Effizient, Fernwärmenetzauskühlung, Energiesparend*

Die kommunale Wärmeplanung soll einen datengestützten, räumlich differenzierten Überblick über den aktuellen Wärmebedarf, die derzeit genutzten Heizungssysteme und Wärmenetz-Potenziale in einer Gemeinde, sowie über die lokalen und regionalen Potenziale für erneuerbare Wärmebereitstellung liefern.

Urban Building Energy Modeling (UBEM) Plattformen simulieren unter Berücksichtigung des typischen, lokalen Wetters, regionaler Gebäudeeigenschaften und dem Gebäudenutzerverhalten den Energiebedarf von Gebäuden auf Quartiers- oder Stadtebene. Die für die Wärmeplanung verantwortlichen Akteure können von den Erkenntnissen und Daten zum lokalen Gebäudebestand profitieren, die eine UBEM Plattform zum Beispiel zum Wärmebedarf liefert. UBEM Plattformen ermöglicht zusätzlich Szenarien-Analysen im Kontext von erwarteten Klimaveränderungen.

Eine bestehende UBEM Plattform (UMI, ubem.io), die vom Sustainable Design Lab (MIT Boston) entwickelt wird, wurde vom Kompetenzzentrum Geo-Energie (KGE) in Zusammenarbeit mit der Stadt Kiel genutzt, um den Wärmebedarf des lokalen Wohngebäudebestands räumlich und zeitlich detailliert zu simulieren.

Basierend auf diesem Wissenstransfer und den Umsetzungserfahrungen entwickelt das KGE nun eine open-source UBEM Plattform auf Basis von EnergyPlus, die flexibel für die kommunale Wärmeplanung im Kontext von digitalen Zwillingen eingesetzt werden kann. Es sollen Anbindungen an urbane Datenplattformen, effiziente Szenarien-Simulationen, sowie die Beteiligung lokaler Akteure ermöglicht werden. Derzeit wird der Prototyp einer web-basierten Benutzeroberflächen entwickelt, welche auch zur Optimierung der Datengrundlagen dienen soll.

Nutzbarkeit von Open Data in der Wärmesystemanalyse: Fallstudie zur zukunftsicheren Fernwärme

Salaymeh A.¹⁾

¹⁾ HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Büsingenweg 1a, 37077 Göttingen, abdulraheem.salaymeh@hawk.de, Tel. +495515032154.

Stichworte: *Zensus, Heizsysteme, Fernwärme, Wärmebedarf, Netzverdichtung*

Informationen über die Fernwärme in Deutschland stehen gegenüber vergleichbaren Energiesektoren (Strom- und Gasversorgung) in niedrigerer Qualität und Detailtiefe zur Verfügung. In den letzten Jahren trieb die Nutzung von Open Data Innovationen im Wärmebereich voran. Die umfassendste öffentliche Datenquelle mit räumlich hochaufgelösten Informationen über Gebäudebestand bildet die Gebäude- und Wohnungszählung (GWZ) der Bundesstatistik „Zensus“. Es wirft sich somit die Frage auf, inwieweit diese Daten zur Analyse von Wärmesystemen nutzbar gemacht werden können. Ausgehend von einer Datenbasis mit 51.342.617 Gebäudedaten wird ein Workflow erarbeitet, um Informationen über die bestehende Wärmeversorgung in Deutschland zu analysieren und Erkenntnisse über insbesondere die Zukunft der Fernwärme abzuleiten. Es wird untersucht, welche Maßnahmen für welche Wärmenetze durchgeführt werden sollen, um diese Netze weiterhin wirtschaftlich betreiben zu können. Die Ergebnisse zeigen ein großes Potenzial in der Erhöhung des Anschlussgrades (Netzverdichtung) in bestehenden Wärmenetzgebieten. Damit kann der zukünftig infolge der energetischen Modernisierung sinkende Fernwärmeabsatz in den meisten Gebieten kompensiert werden. Aktuell wird die Netzverdichtung in Wärmenetzen mit Anschlussgrad von bis zu 78% hierfür ausreichen. Im Jahr 2050 werden für Netze mit Anschlussgrad von über 68% weitere Maßnahmen (wie Absenkung der Netztemperaturen) erforderlich sein, um mindestens das heutige Niveau der Fernwärme aufrechtzuerhalten.

Betriebliche Effizienz in Bestandsgebäuden mit Hilfe von digitalen Zwillingen: Infrastrukturvorbereitungen und Herausforderungen

Myrau M.¹⁾, Fiedler S.¹⁾, Sharmak W.¹⁾

¹⁾Technische Hochschule Lübeck, Fachbereich Bauwesen, Mönkhofer Weg 239 23562 Lübeck, malte.myrau@th-luebeck.de, +49 (0)451 300-5083

Stichworte: *Digitaler Zwilling, Building Information Modeling, Gebäudebetrieboptimierung, IoT, Sensorik*

Im Rahmen des Projektes „Digitale Infrastruktur für einen nachhaltigen Gebäudebetrieb“ wird eine Plattform für die Gebäude auf dem Campus der TH Lübeck aufgebaut, auf der umfassende Betriebs-, Nutzungs-, und Wetterdaten zusammen mit Informationen zu Baukonstruktion und Anlagentechnik in digitalen Gebäudezwillinge zusammengeführt und für den Gebäudebetrieb verfügbar gehalten werden.

Die Datenerfassung wird in Anlehnung an die VDI 6041 realisiert. Im Rahmen der Gebäude-, Anlagen- und Nutzungsdokumentation werden Geometrien und spezifische Bauteilinformationen von sechs, für Hochschulbauten repräsentative Gebäude in vordefinierter Tiefe in BIM-Modelle überführt. Gebäudelebensdaten, wie Raumkonditionierung und Nutzerverhalten werden mithilfe von Sensoren im Nutzungsmonitoring erfasst und raumbezogen strukturiert. Im Energiemonitoring, dem Anlagenmonitoring sowie dem Monitoring externer Rahmenbedingungen werden weitere Daten aufgezeichnet.

Ein solch digitaler Zwilling stellt die Rohdaten zur Verfügung, die für weitere Anwendungen (wie wirtschaftlicher Gebäudebetrieb, Energieeffizienz, netzdienlicher Gebäudebetrieb, Flächeneffizienz) unverzichtbar sind. Diese Vorgehensweise gilt insbesondere für Neubauten und sanierte Gebäude, die in den kommenden Jahrzehnten in der Regel nicht mehr baulich verändert werden und nur so zur Erreichung der gesetzten Klimaschutzziele beitragen können.

In diesem Paper wird über die Schritte der Infrastrukturvorbereitung sowie über die Herausforderungen bei der Beschaffung und Verwaltung der Daten berichtet.

Abstracts

WÄRMEWENDE UND GESELLSCHAFT – FINANZIERUNGS- UND
BETREIBERMODELLE FÜR ZUKÜNFTIGE
WÄRMEVERSORGUNGSSYSTEME

Wie die Wärmewende in Eigenheimen beschleunigt werden kann	88
Modernisierungs- und Energieeinsparanreize in Teilwarmmietenmodellen ...	89
Betriebliche Hürden für die Installation von Wärmepumpen: Eine explorative Analyse.....	90
Ökonomische, ökologische und soziale Herausforderungen bei der Dekarbonisierung eines bestehenden Fernwärmenetzes	91
REWARDHeat Planspiel Erkenntnisse	92

Wie die Wärmewende in Eigenheimen beschleunigt werden kann

Jaschke G.¹⁾

¹⁾Sachverständigenrat für Umweltfragen, Luisenstraße 46, 10117 Berlin, gregor.jaschke@umweltrat.de, 030 263696 106.

Stichworte: *Wärmewende, Klimapolitik, Eigenheim, Eigentümer:innen, Sanierung*

Die Wärmewende muss drastisch beschleunigt werden, damit auch der Gebäudesektor bis 2045 treibhausgasneutral ist. Das kann nur gelingen, wenn die Politik ihre Maßnahmen so ausrichtet, dass allen Akteuren klimafreundliche Entscheidungen erleichtert werden. Eine wichtige Akteursgruppe sind dabei Eigentümer:innen von Eigenheimen, denn auf Eigenheime entfällt fast die Hälfte des Endenergieverbrauchs des Wohngebäudebestands.

Eigentümer:innen von Eigenheimen beschäftigen sich in der Regel im Alltag nicht mit energetischer Sanierung. Sie schätzen den energetischen Zustand des Gebäudes falsch ein und halten eine Sanierung nicht für erforderlich. Daher ist oft ein Anlass nötig, um eine Entscheidung anzustoßen. Ist der Anlass gegeben, kommen weitere Motive und Hemmnisse zum Tragen. Wichtige Hemmnisse können Finanzierung und Komplexität der Sanierung sein.

An diesen Erkenntnissen sollten politische Maßnahmen ansetzen. So können neue Anlässe geschaffen werden, etwa über aufsuchende Energieberatungen im Quartier oder über Mindesteffizienzstandards. Auch bestehende Anlässe sollten besser genutzt werden, damit etwa beim anstehenden Heizungstausch nicht auf Gas, sondern auf erneuerbare Energien gesetzt wird (vgl. 65 %-Regelung). Mit One-Stop-Shops und zielgruppenspezifischen Angeboten können Eigentümer:innen zudem besser unterstützt werden. Die Sanierungsförderung sollte einkommens- und vermögensabhängig weiterentwickelt werden, damit sich alle Eigentümer:innen die Sanierung leisten können.

Modernisierungs- und Energieeinsparanreize in Teilwärmietenmodellen

Reutter L.^{1), 2)}

¹⁾ Universität Kassel, Nora-Platiel-Str. 4, 34127 Kassel, leo.reutter@uni-kassel.de, +49 561 804-2850

²⁾ Leuphana Universität Lüneburg

Stichworte: *Mietrecht, Vermieterinnen-Mieter-Dilemma, Modernisierungen, Sparverhalten, Anreize*

Ein Gesamtgesellschaftlich optimaler Energieverbrauch erfordert sowohl gebäudeseitig einen angemessen niedrigen Energiebedarf als auch bewohnerseitig ein angemessen sparsames Verbrauchsverhalten. Im Mietsektor wird das Vermieterinnen-Mieter-Dilemma seit Jahrzehnten als Hemmnis diskutiert, das effiziente Modernisierungsanreize verhindert. Die Modernisierungsumlage des deutschen Mietrechts vermag es offenbar nicht, bei bestehenden Mietverträgen das Dilemma aufzulösen. U.a. darum hat der Gesetzgeber beschlossen, den CO₂-Preis anteilig der Vermieterin anzulasten. Weiterhin ließ die Bundesregierung Teilwärmietenmodelle auf Umsetzbarkeit und mögliche Auswirkungen untersuchen.

Mithilfe eines neuen mikroökonomisch-theoretischen Modells können die Anreizwirkungen verschiedener mietrechtlicher Umlagesysteme untersucht werden. Das Modell ermöglicht z.B. die Erklärung, weshalb häufig der tatsächliche Energieverbrauch unter dem theoretischen Energiebedarf liegt und darum auch nach einer Modernisierung nicht die errechneten Verbrauchseinsparungen erzielt werden können. Außerdem können mit dem Modell die Modernisierungsumlage, der Neumietenmarkt sowie verschiedene (Teil-)Wärmietenmodelle miteinander verglichen werden, um herauszuarbeiten, welches Umlagesystem den gesellschaftlich effizienten Modernisierungs- und Einsparungsanreizen am nächsten kommt.

In diesem Vergleich schneidet ein energiedebarfsorientiertes Teilwärmietensystem am besten ab, solange rechtssichere Energiebedarfsausweise vorliegen (können).

Betriebliche Hürden für die Installation von Wärmepumpen: Eine explorative Analyse

Genuardi M. D.¹⁾, Schiller F., Wiegand M.¹⁾, Opel O.¹⁾, Warszta T.¹⁾

¹⁾ FH Westküste, ITE, Markt 18, 25746 Heide, Genuardi, Genuardi@fh-westkueste.de, 0151 61826 855.

Stichworte: *Wärmewende, Wärmepumpen, KMU Technologieakzeptanz, Fachkräftemangel; Umfrageergebnisse*

Aufbauend auf Experteninterviews umfasst die Studie 2021/22 eine Umfrage unter Planer- und Erbauerinnen von Wärmepumpenanlagen. 200 gültige Beantwortungen wurden deskriptiv ausgewertet und verschiedene Erklärungsansätze wurden über Zusammenhangsmaße näher geprüft.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass Akteure aus der Energieberatung, Heizungstechnik und Fachplanung angeben, mit Wärmepumpen generell gute Erfahrungen gemacht zu haben. Dies trifft sowohl auf leistungsstarke sowie auf leistungsschwache Wärmepumpen zu. Das entsprechende Fachwissen über Wärmepumpen ist zudem bereits vorhanden, sodass den Betrieben die Umschulung von Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen unproblematisch erscheint.

Allerdings hat im Gebäudewärmesektor der fossil betriebene Verbrennungskessel noch unterschiedliche finanzielle Bedeutungen für einzelne Branchen. In der Heizungstechnik können Verbrennungskessel noch mehr Umsatz als Wärmepumpen generieren.

Alle befragten Branchen nehmen einen deutlichen Fachkräftemangel wahr. Der Mangel wird in Hinblick auf die eigene Betriebssituation als gravierender wahrgenommen als im Hinblick auf die Gesamtbranche.

Ökonomische, ökologische und soziale Herausforderungen bei der Dekarbonisierung eines bestehenden Fernwärmenetzes

Holstenkamp L.¹⁾, Kriel C.¹⁾

¹⁾ ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung GmbH (gemeinnützig), Wichernstraße 34, Eingang B, 21335 Lüneburg, lars.holstenkamp@ecolog-institut.de, +49 4131 8985957, christian.kriel@ecolog-institut.de

Stichworte: *Wärmewende, Fernwärmenetz, Power-to-Heat, Großwärmepumpe*

Veränderungen innerhalb eines bestehenden Fernwärmenetzes bringen, anders als die Planung auf der „grünen Wiese“, diverse Herausforderungen mit sich. Limitierende planungs- und umweltrechtliche Faktoren, lokale und regionale Gegebenheiten sowie technische Grundvoraussetzungen beeinflussen sowohl die ökonomische als auch die ökologische Bewertung. Hinzu kommt die Frage nach der Sozialverträglichkeit der Maßnahmen.

Ausgangspunkt der Analyse ist ein konkretes Fallbeispiel mit einem Hochtemperatur-Wärmenetz und geringeren Möglichkeiten der Energieeffizienzsteigerung durch Sanierung, u.a. aufgrund von Denkmalschutz. Auf Basis von Erkenntnissen aus diesem Fall und anhand von Erkenntnissen aus weiteren Fallstudien werden die wirtschaftlichen Möglichkeiten einer Dekarbonisierung eines Fernwärmenetzes und die sozialen und ökologischen Implikationen dargestellt. Anhand von Sensitivitätsanalysen werden die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit untersucht.

Der Beitrag verdeutlicht, in welchem Spannungsverhältnis aus Klimaschutz, Sozialverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit sich ein Wärmewendeprojekt in einem Bestandssystem befindet und mit welchen Herausforderungen dabei zu rechnen ist.

REWARDHeat Planspiel Erkenntnisse

Jannidis M.¹⁾, Dr. Romanov D.¹⁾, Prof. Dr. Holler S.¹⁾

¹⁾ Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Rudolf-Diesel-Str. 12, 37075 Göttingen, matthias.jannidis@hawk.de

Stichworte: REWARDHeat, Serious Game, Fernwärme, Lehre, Planspiel

Während des letzten Jahres wurde das Planspiel REWARDHeat Game auf verschiedenen internationalen Workshops dargestellt und mit diversen Spieler*innen gespielt. Dieser Beitrag wird außerdem den Ablauf des Planspiels beschrieben, um die gefundenen Ergebnisse in dem Kontext des Spieles erklären zu können.

Die Ziele des Planspiels werden dargelegt und es wird anhand der erhobenen Daten gezeigt, ob wir diese Ziele erreicht haben und wie man durch Gamification die Lehre unterstützen kann.

Aus den Ergebnissen dieser Workshops konnten einige Erkenntnisse gezogen werden: Über Fernwärmesysteme, wie Sie von Spieler*innen wahrgenommen werden und besonders über die Lehre von solchen Systemen. In diesem Beitrag wird es darum gehen, diese Resultate zu analysieren und in einen pädagogischen Kontext zu setzen.

Es wird auch darum gehen, wie die verschiedenen Gruppen von Spieler*innen mit dem Spiel umgegangen haben und wie sich ihr Verständnis der Materie verändert hat.

Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Identifizierung eines pareto-optimalen Wärmeversorgungssystems in verschiedenen Wetterregionen in Deutschland

Schönfeldt P.¹⁾, Ansari E.²⁾

¹⁾ DLR Institut für Vernetzte Energiesysteme, patrik.schoenfeldt@dlr.de, 0441 99906-109

²⁾ Fraunhofer IFAM, Gruppe Energiesystemanalyse, esmail.ansari@ifam.fraunhofer.de, 0421 2246-7025

Stichworte: *Wirtschaftlichkeitsanalyse, Übertragbarkeit, pareto-optimales Wärmeversorgungssystem*

Die Wärmewende hat im Jahr 2022 durch steigende Energiepreise und verschärfte Regulatorik einen neuen Schub bekommen. Auf der Suche nach alternativen Wärmeversorgungssystemen spielt neben dem hohen Anteil an erneuerbarer Wärme auch die Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle. Aufgrund verschiedener Wetterbedingungen können unterschiedliche Heizbedarfe und Wärmeerzeugungspotenziale vorliegen und damit unterschiedliche Energieversorgungssysteme eingesetzt werden. Diese Studie untersucht, wie groß Vorteile individueller Lösungen im Vergleich zu Lösungen sind, die unabhängig von der Betrachtung des Standorts ausgelegt werden. Ein komplementäres Ziel der vorliegenden Studie besteht darin, die Übertragbarkeit der Modellierungen für das Projekt ENaQ (Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg) auf andere Regionen in Deutschland zu testen. Für drei Wetterregionen (kalt, warm und mild) werden die ökonomischen Kosten möglicher Kombinationen eines Bündels an Technologien gerechnet und miteinander verglichen.

Die Modellierung und Bewertung der verschiedenen Energieversorgungssysteme geschieht auf der Basis des Modell Template for Residential Energy Supply Systems (MTRESS), das im Rahmen des Forschungsprojektes ENaQ entwickelt wurde. Für die vorliegende Studie wurde folgende Vorauswahl für die Technologien getroffen:

- a) Wärmepumpen und BHKW (exergetisch effiziente Wärmeerzeuger)
- b) Gaskessel und P2H (Wärmeerzeuger mit geringen Investitionskosten),
- c) PV und Solarthermie (Quellen für lokale erneuerbare Energie), sowie
- d) Wärmespeicher und Batterien.

Teilnahmeliste

Name	Firma / Institution	E-Mail-Adresse
Karina Albrecht Sven Andres	Institut für Solarenergieforschung Hameln Hochschule Hannover	albrecht@isfh.de sven-frederic.andres@hs-hannover.de
Oliver Antoni	Stiftung Umweltenergierecht	antoni@stiftung-umweltenergierecht.de
Luca Barenscheer Dr. Sönke Bohm	Ehlers + Otten GmbH & Co. KG Christian-Albrechts-Universität zu Kiel / Kompetenzzentrum Geo-Energie	l.barenscheer@ehlers-otten.de soenke.bohm@ifg.uni-kiel.de
Justus Börms Tom Brand Jannis Brünjes	CC4E der HAW Hamburg Solites Steinbeis Innovation gGmbH Energieagentur Region Göttingen e. V.	justus.boerms@haw-hamburg.de brand@solites.de bruenjes@energieagentur-goettingen.de
Stephan Bürger Sajal Choudhary	Deutsche Energie-Agentur GmbH HCU Hamburg	stephan.buerger@dena.de sajal.choudhary@hcu-hamburg.de
Fabian Degen Ann-Kathrin Deier	Wirtschaftsregion Helmstedt GmbH Steinbeisinnovationszentrum - siz energie-plus	fabian.degen@wr-helmstedt.de ann-kathrin.dreier@siz-energieplus.de
Dr. Jens-Olaf Delfs Dr.-Ing. Nicolas Fidorra	Kompetenzzentrum GeoEnergie Kiel TLK-Thermo GmbH	jens.delfs@ifg.uni-kiel.de n.fidorra@tlk-thermo.com
Jonas Freißmann	Hochschule Flensburg	jonas.freissmann@hs-flensburg.de
Sina Freitag Sina Freitag Edward Frick	FH Westküste, ITE FH Westküste, ITE Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH)	freitag@fh-westkueste.de freitag@fh-westkueste.de frick@isfh.de
Edward Frick	Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH)	frick@isfh.de
Professor Daniel Friedrich	University of Edinburgh	d.friedrich@ed.ac.uk
Malte Fritz M.Sc. Wiebke Geffken	Hochschule Flensburg Hochschule Bremen	malte.fritz@hs-flensburg.de wiebke.geffken@hs-bremen.de
Kay Geißler	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung	kay.geissler@bbr.bund.de
Marco Daniele Genuardi	Fachhochschule Westküste, Institut für die Transformation des Energiesystems	Genuardi@fh-westkueste.de
Wiebke Gerth Fabian Gievers	Bergische Universität Wuppertal HAWK	gerth@uni-wuppertal.de fabian.gievers@hawk.de
Dr.-Ing. Federico Giovannetti	Institut für Solarenergieforschung Hameln / Emmerthal (ISFH)	giovannetti@isfh.de
Arndt Hagemoser Udo Harten Henryk Haufe	Brugg Rohrsysteme GmbH Nordzucker AG Kompetenzzentrum Kommunale Wärme-wende	arndt.hagemoser@brugg.com udo.harten@nordzucker.com henryk.haufe.dena@kww-halle.de

Teilnahmeliste

Dipl.-Ing. (TU) Stefan Hay	AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.	s.hay@agfw.de
Dr. Christoph Hen- necke	Innovationszentrum Niedersachsen / Automotive Agentur Niedersachsen	c.hennecke@nds.de
Philipp Herpich	EUFlensburg/TU Berlin	philipp.herpich@uni-flensburg.de
Lisa Hoffmann	HAWK Göttingen	lisa.hoffmann@stud.hawk.de
Prof. Dr.-Ing. Stefan Holler	HAWK	stefan.holler@hawk.de
Dr. Lars Holsten- kamp	ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung	lars.holstenkamp@ecolog- institut.de
Dr. Götz Hornbruch	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften/ Kompetenzzentrum Geoenergie	goetz.hornbruch@ifg.uni-kiel.de
Heidi Hottenroth	Hochschule Pforzheim - Institut für Indust- rial Ecology	heidi.hottenroth@hs- pforzheim.de
Dr. Marc Hudy	HAWK	marc.hudy@hawk.de
Gregor Jaschke	SRU	gregor.jaschke@umweltrat.de
Julian Jensen	Institut für Solarenergieforschung Hameln	jensen@isfh.de
apl. Prof. Dr. Ulrike Jordan	Universität Kassel	jordan@uni-kassel.de
Ömer Kacmaz	FH Westküste	kacmaz@fh-westkueste.de
Zeljka Kalytta	Niedersächsische Landgesellschaft mbH	zeljka.kalytta@nlg.de
Dr.-Ing. Jobst Kerspe	TEB Dr. Kerspe GmbH	kerspe@vakuum-isolierung.de
Prof. Dr. Jürgen Knies	Hochschule Bremen	juergen.knies@hs-bremen.de
Michael Kralemann	3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V.	kralemann@3-n.info
Christian Kriel	ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung (gGmbH)	Christian.Kriel@ecolog-institut.de
Alissa Lange	HAWK Pressestelle	alissa.lange@hawk.de
Dr. Bernd Leiss	Geowissenschaftliches Zentrum der Uni- versität Göttingen	bleiss1@gwdg.de
Dr. Volker Lenz	DBFZ - Deutsches Biomasseforschungszent- rum gemeinnützige GmbH	volker.lenz@dbfz.de
Dr. Quan Liu	Geowissenschaftliches Zentrum, Universi- tät Göttingen	quan.liu@uni-goettingen.de
Prof. Dr. Ulrich Lüdersen	Forschungszentrum EMP	Ulrich.Luedersen@hs- hannover.de
Josephine MAMOU- BE Njokouo	HAWK	Josyshaloom@yahoo.fr
Dr. Ing. Wael Mandow	Institut für Solarenergieforschung GmbH (ISFH)	mandow@isfh.de
Frank Mattioli	Energie-Forschungszentrum Niedersachsen efzn	frank.mattioli@efzn.de
Adrian Metzgen	Institut für Geowissenschaften der Christi- an-Albrechts-Universität zu Kiel	adrian.metzgen@ifg.uni-kiel.de
Johannes Meyer	Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm - Institut für Energie und Gebäude	johannes.meyer@th- nuernberg.de

Prof. Dr.-Ing. Lutz Meyer	Hochschule Hannover	lutz.meyer@hs-hannover.de
Prof. Dr. Inga Moeck	Georg-August Universität Göttingen	imoeck@uni-goettingen.de
M. Sc. André Mollenhauer	Stadt Helmstedt	andre.mollenhauer@stadt-helmstedt.de
Erik Müller	TU Braunschweig	m.erik@tu-braunschweig.de
M. Sc. Malte Myrau	Technische Hochschule Lübeck	malte.myrau@th-luebeck.de
Arthur Ndong Dakeng	HAWK	arthur.dakeng1@stud.Hawk.de
Dr. Raphael Niepelt	Institut für Solarenergieforschung Hameln	niepelt@isfh.de
Johannes Nordbeck	CAU Kiel	johannes.nordbeck@ifg.uni-kiel.de
Johannes Pelda	HAWK	johannes.pelda@hawk.de
Katharina Prehn	FH Westküste - ITE	prehn@fh-westkueste.de
Katharina Prehn	FH Westküste	prehn@fh-westkueste.de
Leo Reutter	Universität Kassel	leo.reutter@uni-kassel.de
Dmitry Romanov	HAWK	dmitry.romanov2@hawk.de
Abdulraheem Salaymeh	HAWK	abdulraheem.salaymeh@hawk.de
Matthias Schmid	Technische Hochschule Nürnberg - Institut für Energie und Gebäude	matthias.schmid@th-nuernberg.de
Marvin Schnabel	Jade Hochschule Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik	marvin.schnabel@jade-hs.de
Dr. Patrik Schönfeldt	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)	patrik.schoenfeldt@dlr.de
Kristina Schumacher	Hochschule Flensburg	kristina.schumacher@hs-flensburg.de
Malte Schwanebeck	Kompetenzzentrum Geo-Energie / Institut für Geowissenschaften / Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	malte.schwanebeck@ifg.uni-kiel.de
Dr.-Ing. Werner Siemers	Bürger-Energie-Leinebergland eG	werner.siemers@htp-tel.de
Gilles Tchagou	HAWK Göttingen	kinggilo@yahoo.de
Jan Trosdorff	CC4E der HAW Hamburg	jan.trosdorff@haw-hamburg.de
Prof. Dr.-Ing. Ilja Tuschy	Hochschule Flensburg	ilja.tuschy@hs-flensburg.de
Dr.-Ing. Björn Uhlemeyer	Bergische Universität Wuppertal	bjoern.uhlemeyer@uni-wuppertal.de
Petrit Vuthi	HAW Hamburg (CC4E) / EFH	petrit.vuthi@haw-hamburg.de
Christian Waldhoff	Hochschule Osnabrück	c.waldhoff@hs-osnabrueck.de
Marie Therese Warnecke	HAWK	marie.warnecke1@stud.hawk.de
Prof. Dr.-Ing. Ingo Weidlich	HafenCity Universität Hamburg	ingo.weidlich@hcu-hamburg.de
Prof. Dr.-Ing. Ingo Weidlich	HafenCity Universität Hamburg	ingo.weidlich@hcu-hamburg.de
Theresa Weinsziehr	Energieagentur Heidekreis	weinsziehr@energieagentur-heidekreis.de
Marlies Wiegand	Fachhochschule Westküste / ITE	wiegand@fh-westkueste.de
Anna Willmann	HafenCity Universität	anna.willmann@hcu-hamburg.de

Teilnahmeliste

Dr.-Ing. Modar Yasin	ISFH	yasin@isfh.de
Dr. Tobias Zimmermann	HIR Hamburg Institut Research gGmbH	zimmermann@hamburg-institut.com
Daniel Zinsmeister	Technische Universität München	d.zinsmeister@tum.de

