



3. Wärme neu gedacht: Wie Wissenschaft und Stadtwerke gemeinsam die Energiewende gestalten

Prof. Dr.-Ing. Fabian Scheller, Fabian Büttner M.Sc.,
Dr. Renu Chaudhary, Anna-Maria Schmitt M.Sc.

Die Lage in Deutschland: Warum die Wärme der Schlüssel zur Energiewende ist

Wer in Deutschland über Klimaschutz spricht, denkt oft zuerst an Strom, Windräder oder Elektroautos. Ein zentraler Hebel liegt jedoch häufig im Hintergrund: der Wärmesektor. Rund 40 % des in Europa genutzten Primärenergiebedarfs entfallen auf die Beheizung von Gebäuden, und der überwiegende Teil dieser Wärme wird weiterhin fossil bereitgestellt [1]. In vielen Städten dominiert Erdgas, in ländlichen Regionen Heizöl; erneuerbare Energien spielen bislang nur eine untergeordnete Rolle.

Gleichzeitig hat die Bundesregierung ambitionierte Zielmarken formuliert: Bis 2040 soll der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung auf 80 % steigen, bis 2045 soll Deutschland klimaneutral wirtschaften [2]. Das bedeutet: Millionen Heizungen müssen modernisiert, Gebäude saniert und ganze Wärmenetze umgebaut werden. Für Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer heißt das, dass sie bei neuen Heizungen Alternativen zu fossilen Systemen prüfen müssen. Für Kommunen bedeutet es, kommunale Wärmepläne zu erstellen, die aufzeigen, wo künftig Fernwärme, Wärmepumpen oder andere Lösungen sinnvoll sind. Und für Stadtwerke heißt es, Netze und Erzeugungsanlagen grundlegend anzupassen.

Gerade der Fernwärme kommt dabei eine besondere Rolle zu. Für angeschlossene Gebäude verlagert sich die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung auf das Netz und seine Erzeugung. Wird das Fernwärme-

system klimaneutral, sinken die Emissionen aller angeschlossenen Gebäude zugleich. Genau deshalb gilt Fernwärme als einer der wichtigsten Hebel der Wärmewende.

Fernwärme in Schweinfurt: Ein lokales System mit großer Bedeutung

In Schweinfurt wird diese Herausforderung konkret. Die Stadtwerke Schweinfurt versorgen die Region mit Strom, Gas, Wasser und Fernwärme. Ihr Wärmenetz erreicht zahlreiche Haushalte und Gewerbebetriebe. Es ist ein zentraler Baustein der regionalen Energieversorgung und zugleich ein Hebel, um die Klimabilanz systematisch zu verbessern.

Genau hier setzen am „Institut für Sustainable Energy Systems“ (kurz: **INSYS**) zwei Forschungsprojekte an: **KOOP-WÄRME** und **DekaHEAT**. Beide adressieren grundlegende Fragen der Wärmewende, die für Fernwärmesysteme in ganz Deutschland relevant sind. Untersucht werden sie mit modell-, optimierungs- und datenbasierten Methoden am Beispiel des lokalen Energiesystems in Schweinfurt. Das ist ein großer Vorteil: Die Stadtwerke Schweinfurt sind nicht nur Projektpartner, sondern ein Energieversorger, der Ergebnisse unmittelbar in die Praxis übertragen und in seine Planungen einbeziehen kann.

Die Stadtwerke stehen dabei vor einer doppelten Aufgabe: Sie müssen ihr Fernwärmenetz dekarbonisieren und zugleich ihre unterschiedlichen Kundengruppen –

Strom-, Gas- und Fernwärmekunden – durch die Transformation begleiten. Die beiden Forschungsprojekte liefern dafür komplementäre Bausteine, allerdings mit unterschiedlichen Schwerpunkten.

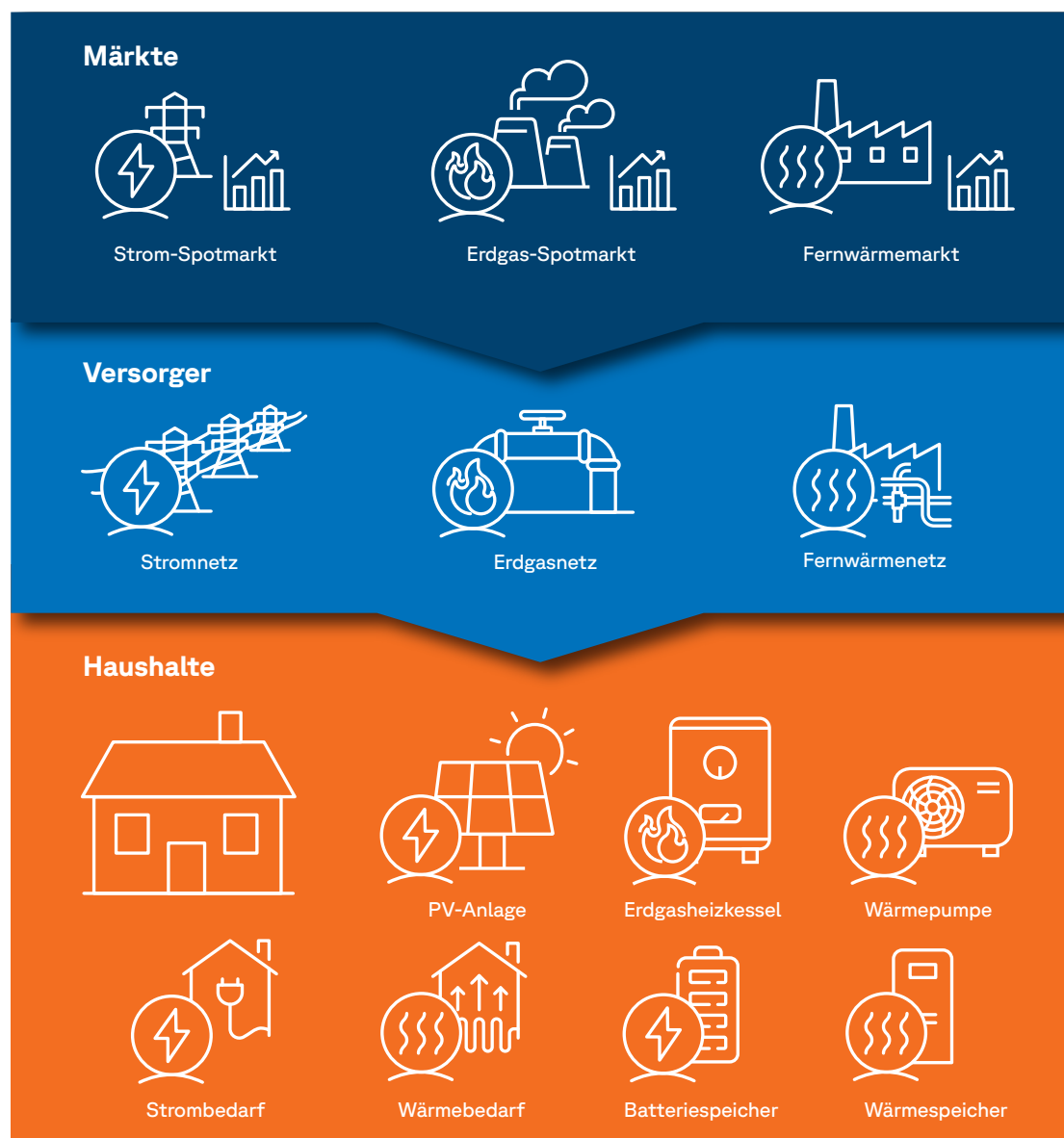
Projekt KOOP-WÄRME: Gemeinsam die Wärmewende in der Region gestalten

Die Wärmewende wird häufig als technisches Großprojekt beschrieben: neue Netze, neue Anlagen, neue Technologien. KOOP-WÄRME erinnert jedoch daran, dass die Transformation in Wohnungen und Eigenheimen beginnt. Ob ein Gebäude saniert wird, eine Wärmepumpe installiert oder ein Fernwärmeanschluss gewählt wird, entscheiden in den meisten

Fällen Eigentümerinnen und Eigentümer selbst. Ihre Entscheidungen folgen dabei nicht allein technischen Kriterien, sondern auch finanziellen Spielräumen, Gewohnheiten, Vertrauen und Komfortbedürfnissen.

Genau hier setzt KOOP-WÄRME an. Das Projekt entwickelt ein Modell, das diese individuellen Entscheidungen systematisch abbildet. Es untersucht, wie Eigentümerinnen und Eigentümer auf Preisentwicklungen, Förderprogramme und neue Tarifmodelle reagieren, analysiert, welche Investitionen für Stadtwerke wirtschaftlich sinnvoll sind, und zeigt, wie sich beide Seiten gegenseitig beeinflussen. So entsteht ein Gesamtbild, das wesentlich über den Erfolg oder Misserfolg der Wärmewende mitentscheidet. Ziel ist es, optimale Entscheidungen zu identifizieren, die sowohl die Perspektive der Endverbraucher als auch die des Versorgers einbeziehen.

Abbildung 1:
KOOP-WÄRME, Ebenen des Energiesystems



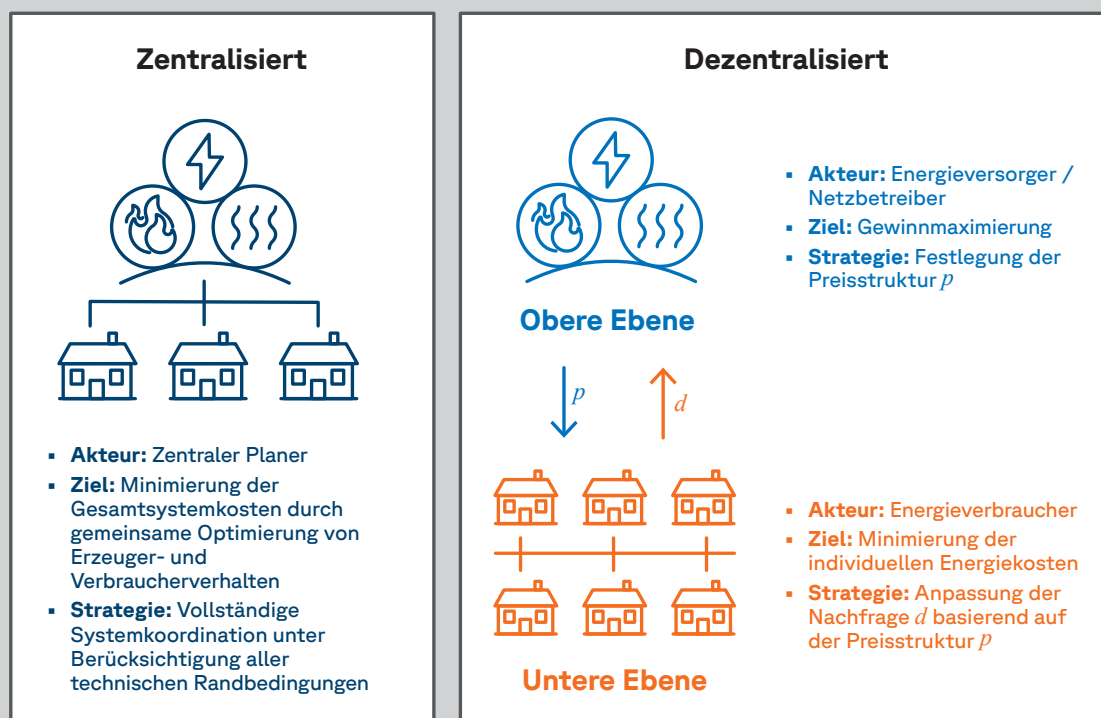


Abbildung 2: KOOP-WÄRME, betrachtete Akteure

Dafür wird das Energiesystem in drei Ebenen unterteilt, siehe Abb. 1: Auf der obersten Ebene steht der Markt mit den Energiespotmärkten, auf denen Energieversorger Energie beschaffen. Die mittlere Ebene bildet die Netz- und Versorgungsebene. Auf der untersten Ebene stehen die einzelnen Haushalte. Sie entscheiden, mit welchen Technologien – etwa PV-Anlage, Wärmepumpe, Erdgasheizkessel oder Fernwärmeanschluss – sie ihren Strom- und Wärmebedarf decken.

Zwei Perspektiven – ein Modell

Das Herzstück des Projekts ist ein mehrstufiges Optimierungsmodell, das die Perspektiven von Endverbrauchern und Stadtwerken miteinander verknüpft. Genau darin liegt die Besonderheit von KOOP-WÄRME: Während klassische Modelle meist nur die Sicht eines einzelnen Akteurs abbilden [3] – häufig die des Versorgers (siehe Abb. 2 „Zentralisiert“) –, verfolgt das Projekt bewusst einen dezentralen Ansatz.

Das im Projekt entwickelte und implementierte Optimierungsmodell bildet die wirtschaftlichen Entscheidungen der Eigentümerinnen und Eigentümer ab: welche Investitionen für sie attraktiv sind und wie sie auf Preisentwicklungen, Förderprogramme oder neue Fernwärmeangebote reagieren. Gleichzeitig berücksichtigt es die strategischen Optionen der Stadtwerke, etwa bei Tarifgestaltung, Netzausbau oder Investitionsplanung (siehe Abb. 2 „Dezentralisiert“).

Konkret identifiziert das Modell Lösungen, die für Versorger und Verbraucher wirtschaftlich tragfähig sind. Es zeigt auf, wie die Umstellung auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung so gestaltet werden kann, dass beide Seiten profitieren. Somit können differenziert Fragestellungen beantwortet werden wie:

- Welche Investitionen sind für Eigentümer wirtschaftlich attraktiv?
- Welche Rolle spielen Unsicherheiten, z.B. über Energiepreise oder Förderungen?
- Wie reagieren Haushalte auf neue Fernwärmeangebote?
- Welche Tarifmodelle können Stadtwerke anbieten, um die Akzeptanz von umweltfreundlichen Heizsystemen zu erhöhen?

Dabei arbeitet das Modell gebäudescharf. Jedes Gebäude wird einzeln betrachtet, mit seinem individuellen Wärme- und Strombedarf, seinem PV-Potenzial. Dadurch entsteht ein realistisches Bild der Ausgangslage, das weit über pauschale Annahmen hinausgeht.

Zwei Partner – ein Ziel

Die Stadt Schweinfurt dient als Fallstudie und macht das Projekt greifbar. Die Stadt hat einen heterogenen Gebäudebestand, viele ältere Häuser und ambitionierte Klimaziele.

Getragen wird das Projekt von zwei starken Partnern: den Stadtwerken Schweinfurt und der Technischen

Hochschule Würzburg-Schweinfurt (THWS). Während die Stadtwerke aktiv in die Forschung eingebunden sind und Daten, Erfahrungen sowie praxisnahes Know-how einbringen, steuert die THWS ihre wissenschaftliche Expertise in der Modellierung, Analyse und Bewertung von Wärmeszenarien bei. Gemeinsam werden verschiedene Szenarien für die zukünftige Wärmeversorgung, und damit für die Modellberechnungen entwickelt. Somit können lokale Gegebenheiten, erwartete Entwicklungen und strategische Ziele berücksichtigt werden, um realistische Rahmenbedingungen für die Modellsimulationen zu erschaffen.

Dadurch wird KOOP-WÄRME nicht nur ein theoretisches Modell, sondern ein Werkzeug, das unmittelbar in der realen Planung eingesetzt werden kann.

Zwischen Technik und Mensch

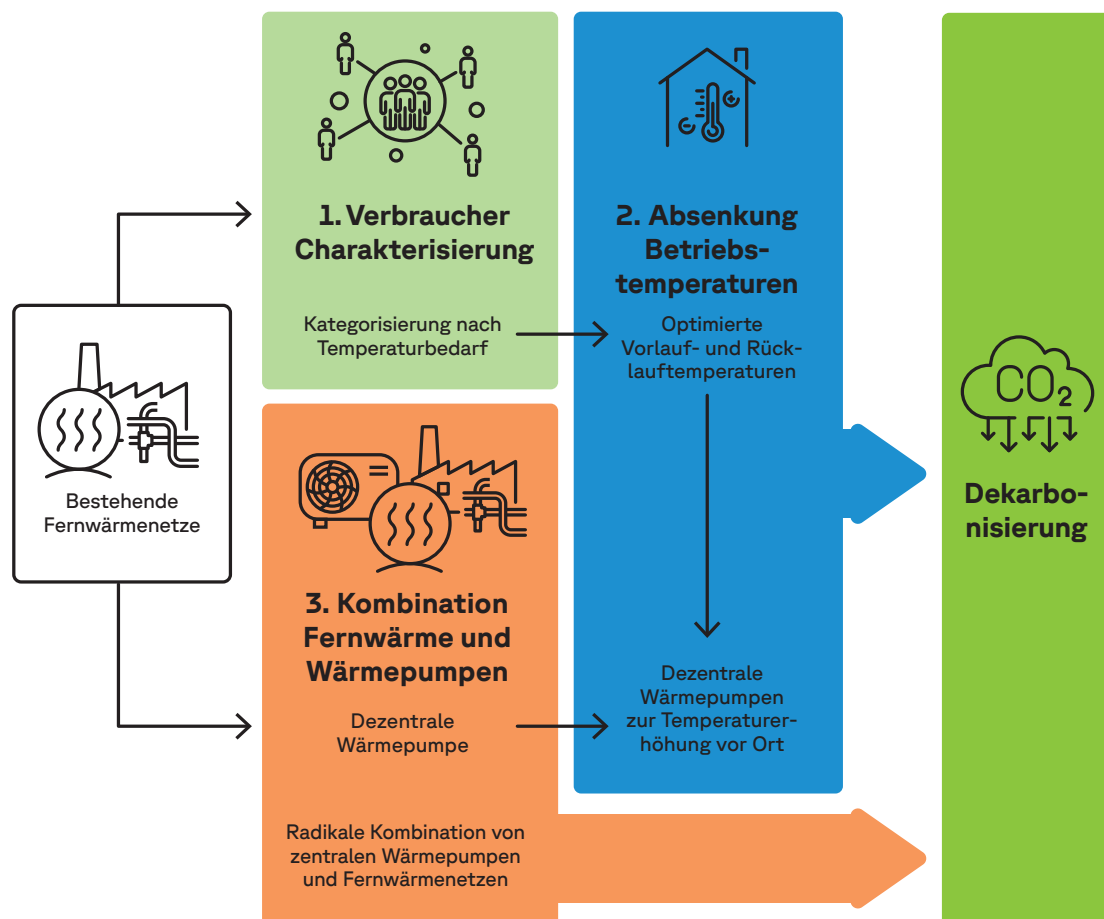
Die Wärmewende ist nicht nur eine technische, sondern auch eine soziale Herausforderung. KOOP-WÄRME zeigt, wie sich beide Ebenen zusammenführen lassen. Das Projekt hilft Stadtwerken, ihre Angebote besser auf die Bedürfnisse der Menschen abzustimmen, und

macht zugleich sichtbar, welche Optionen für Eigentümerinnen und Eigentümer wirtschaftlich sinnvoll sind. Gegenüber traditionellen Planungsansätzen liegt die Stärke von KOOP-WÄRME darin, Akzeptanz- und Entscheidungsprozesse systematisch einzubeziehen. So schafft das Projekt eine Grundlage für eine Wärmewende, die nicht verordnet wird, sondern im Zusammenspiel der beteiligten Akteure entsteht.

Projekt DekaHEAT: Wie ein bestehendes Fernwärmenetz fit für die Zukunft wird

Während KOOP-WÄRME die Wärmewende aus der Perspektive der Akteure betrachtet, richtet DekaHEAT den Blick auf die Infrastruktur selbst – auf Rohrleitungen, Temperaturniveaus und Erzeugungsanlagen. Viele Fernwärmenetze in Deutschland arbeiten mit hohen Vorlauftemperaturen, verursachen dadurch erhebliche Wärmeverluste und nutzen teilweise weiterhin fossile Energieträger. Die zentrale Frage lautet deshalb: Wie lassen sich diese Netze modernisieren, ohne sie vollständig neu zu bauen?

Abbildung 3: DekaHEAT, Bausteine zur Dekarbonisierung bestehender Fernwärmenetze



DekaHEAT untersucht genau das – mit einem Ansatz, der drei Elemente systematisch zusammenführt, die bislang häufig getrennt betrachtet werden (siehe Abb. 3).

1. Verbrauchercharakterisierung: Wer braucht eigentlich „wie viel“ Temperatur?

Ein überraschender Befund aus vielen Studien lautet: Die meisten Gebäude benötigen nicht die hohen Vorlauftemperaturen, die Fernwärmenetze standardmäßig bereitstellen [4]. Vor allem energetisch sanierte Gebäude und Neubauten kommen mit deutlich niedrigeren Temperaturen aus. Zugleich können einzelne Gebäude mit hohem Temperaturbedarf das Temperaturniveau des gesamten Netzes bestimmen [4].

DekaHEAT erhebt deshalb Daten zu realen Verbrauchern und gruppiert sie nach ihrem Temperaturbedarf. So entsteht ein differenziertes Bild der angeschlossenen Gebäude und ihrer jeweiligen Anforderungen.

2. Absenkung der Betriebstemperaturen: Ein großer Schritt für die Effizienz

Wenn die meisten Gebäude mit niedrigeren Temperaturen auskommen, kann auch die Netztemperatur gesenkt werden. Das wirkt auf den ersten Blick technisch unspektakulär, hat aber weitreichende Folgen: Niedrigere Temperaturen erleichtern die Integration erneuerbarer Wärmequellen, etwa aus Fließgewässern, Umgebungsluft oder industrieller Abwärme. Für deren Einbindung werden in der Regel Wärmepumpen eingesetzt. Auch sie profitieren von abgesenkten Betriebstemperaturen, denn grundsätzlich gilt: Je geringer die Temperatur der Wärmesenke, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe [5]. Hinzu kommt, dass mit sinkenden Netztemperaturen die Wärmeverluste an die Umgebung abnehmen. Es muss also weniger Wärme in das Netz eingespeist werden, um denselben Bedarf zu decken.

Doch was geschieht mit Verbrauchern, die weiterhin hohe Temperaturen benötigen? DekaHEAT untersucht hierfür die Möglichkeit, genau diese Gebäude lokal mit zusätzlichen Wärmepumpen auszustatten. Das Fernwärmenetz liefert dann ein Temperaturniveau, das für den Großteil der Kunden ausreicht; Gebäude mit höheren Anforderungen erhalten vor Ort den notwendigen Temperaturhub.

3. Neue Kombinationen von Wärmepumpen und Fernwärme: Die Elektrifizierung der Wärmeversorgung

Im dritten Baustein von DekaHEAT werden die zuvor gewonnenen Erkenntnisse systematisch weitergeführt. Auf dieser Grundlage wird untersucht, wie

sich unterschiedliche Systemkonfigurationen auf die Umweltverträglichkeit und die Wirtschaftlichkeit der Fernwärmeversorgung auswirken.

Da die Verbraucher nun hinsichtlich ihres Temperaturbedarfs charakterisiert sind, rücken zwei zentrale Fragen in den Fokus:

- Wie lässt sich eine wirtschaftlich optimale Anlagenauslegung und Betriebsweise gestalten?
- Wie verändern sich die Emissionen durch das Zusammenspiel aus abgesenktem Netztemperaturniveau, zentralen Großwärmepumpen und dezentralen Wärmepumpen zur Versorgung temperaturkritischer Gebäude?

Der Baustein liefert damit die Grundlage, um die ökologischen und ökonomischen Effekte verschiedener Transformationspfade quantitativ zu bewerten und die Rolle dezentraler Lösungen im Gesamtsystem fundiert einzuordnen.

Zwei Projekte, ein Ziel – und ein großer Nutzen für beide Projektpartner

Dass KOOP-WÄRME und DekaHEAT so gut zusammenpassen, ist kein Zufall. Beide Projekte beleuchten unterschiedliche Seiten derselben Herausforderung: Während DekaHEAT die technische Innovationsroute „im Netz“ entwickelt, ergänzt KOOP-WÄRME die Entscheidungs- und Investitionslogik „zwischen den Akteuren“. Zusammengenommen entsteht ein Ansatz, der die Wärmewende gleichzeitig technisch machbar, wirtschaftlich sinnvoll und gesellschaftlich anschlussfähig macht.

Ebenso wie sich die beiden Projekte ergänzen, ergänzen sich die Projektpartner **INSYS** und die **Stadtwerke Schweinfurt**. Die Stadtwerke erhalten wissenschaftlich fundierte Werkzeuge, die ihnen helfen, ihr Netz zu modernisieren, ihre Kundinnen und Kunden mitzunehmen und die Wärmewende in der Region aktiv zu gestalten. Das INSYS wiederum kann die entwickelten Methoden unmittelbar auf reale Daten anwenden und ihre Praxis-tauglichkeit direkt überprüfen. Die Transformation findet sprichwörtlich vor der eigenen Haustür statt – und das INSYS gestaltet sie aktiv mit, nicht als Beobachter aus der Ferne, sondern als Teil des Geschehens.

„Institut für Sustainable Energy Systems“ oder kurz: INSYS

Genau diese Verbindung von Technik, Ökonomie und Akzeptanz bildet auch den Kern dessen, wofür das INSYS an der THWS steht. Als fakultätsübergreifendes Institut bündelt INSYS Kompetenzen in der Analyse, Planung und Transformation moderner Energie- und Infrastruktursysteme. Die Arbeit reicht von datenbasierten Methoden, Modellierung, Optimierung und

Simulation bis zur praxisnahen Umsetzung gemeinsam mit regionalen und überregionalen Partnern. Inhaltlich verbindet INSYS dabei mehrere Forschungsfelder, darunter Kreislaufwirtschaft und Lebenszyklusanalyse, Energiesystemanalyse und Energieeffizienz, Technologie- und Klimafolgenmanagement, Sensorik und Signalverarbeitung im Ressourcenmanagement sowie multiphysikalische Simulation für nachhaltige Energiesysteme.

Dass mehrere Projekte in Schweinfurt gleichzeitig laufen, ist deshalb mehr als die Parallelität einzelner Vorhaben. Es zeigt exemplarisch, wie INSYS arbeitet. Fünf Forschungsprofessoren und rund 20 Mitarbeitende aus unterschiedlichen Disziplinen arbeiten eng mit Industrie, Praxis und öffentlicher Hand zusammen. Der gemeinsame Fokus liegt auf einer nachhaltigen und anwendungsorientierten Transformation von Energie- und Ressourcensystemen; zugleich werden Studierende frühzeitig in reale Projekte eingebunden. Schweinfurt dient dabei als Reallabor: Hier treffen Fernwärmetransformation, heterogener Gebäudebestand, Digitalisierung und Akzeptanzfragen unmittelbar aufeinander. Gerade an solchen Schnittstellen verbindet INSYS interdisziplinäre Perspektiven mit methodisch fundierten Analysen,

um tragfähige Lösungen für die Praxis zu entwickeln.

Bedeutung für Stadtwerke und Industrie

Für Stadtwerke und industrielle Kooperationen bedeutet diese Arbeitsweise vor allem eines: INSYS ist ein Partner, der komplexe Transformationsfragen strukturiert, wissenschaftlich fundiert und zugleich praxisnah bearbeitet. Typische Fragestellungen reichen von der Dekarbonisierung bestehender Fernwärmenetze über die Integration neuer Technologien wie Großwärmepumpen, Speicher oder Wasserstoff bis hin zu Tarifgestaltung, Kundenakzeptanz, Investitionsplanung und kommunaler Wärmeplanung. Durch die Verbindung technischer Modellierung, ökonomischer Bewertung und sozialwissenschaftlicher Perspektiven unterstützt INSYS seine Partner dabei, robuste Entscheidungen für Energiesysteme zu treffen, die technisch machbar, wirtschaftlich tragfähig und gesellschaftlich anschlussfähig sind. So unterstützt INSYS seine Partner dabei, die Energiewende auf belastbarer wissenschaftlicher Grundlage aktiv zu gestalten.

Short Facts:

Thema

Nachhaltige Energiesysteme

Leitung

Prof. Dr.-Ing. Fabian Scheller
Prof. Dr.-Ing. Juan Felipe Cerdas Marín

(Spezial-)gebiete

Kreislaufwirtschaft und Lebenszyklusanalyse
Technologie- und Klimafolgenmanagement
Sensorik und Signalverarbeitung im Ressourcenmanagement
Energiesystemanalyse und Energieeffizienz
Multiphysikalische Simulation für nachhaltige Energiesysteme

Standort & Kontakt

Ignaz-Schön-Straße 11
97421 Schweinfurt
insys@thws.de