



Energiesystem Stadt

Technologien und Geschäftsmodelle für die urbane Energiewende

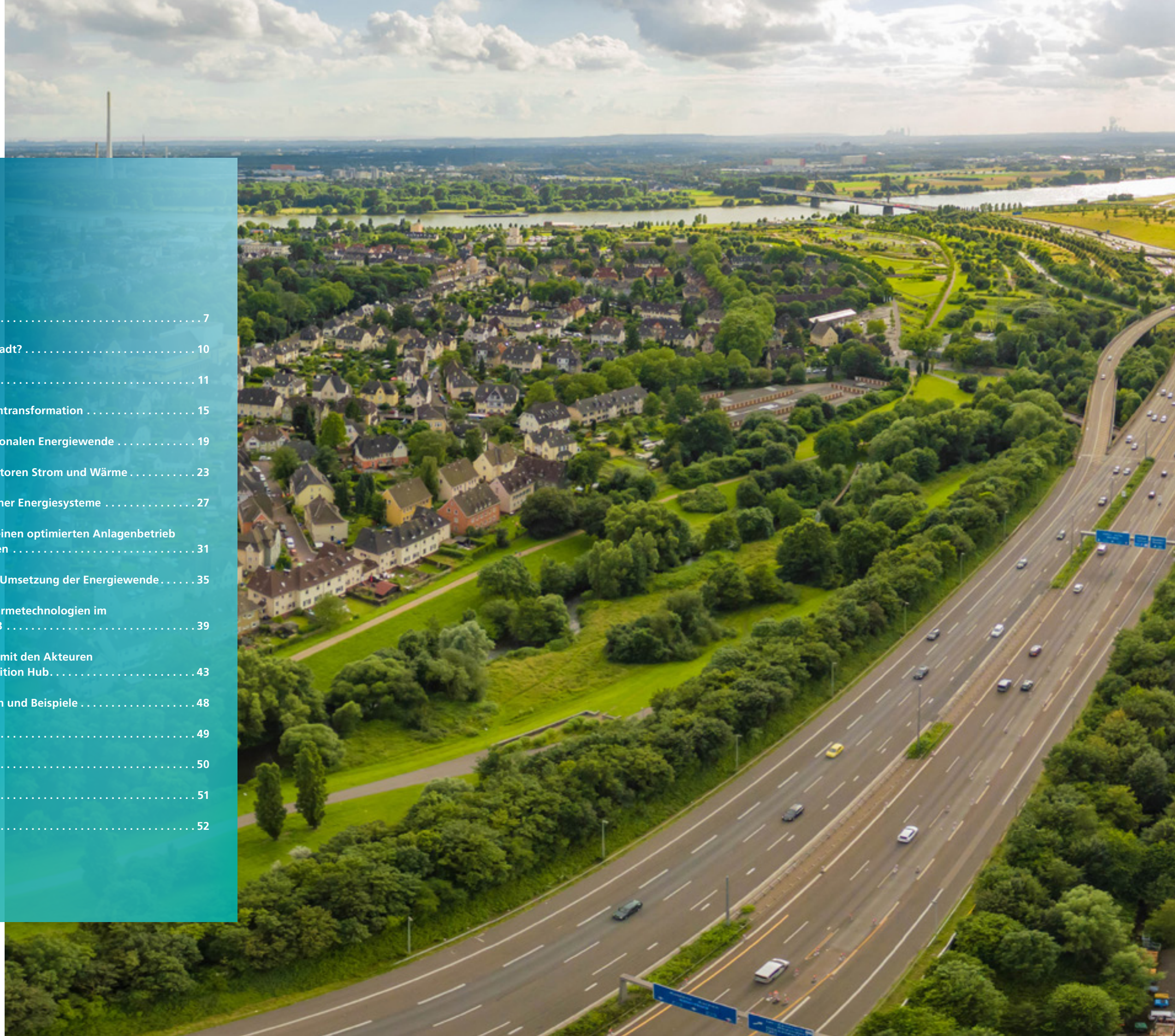


Technologien und Geschäftsmodelle für die urbane Energiewende

Projekt Energiesystem Stadt

Inhalt

Grusswort	7
Wie kommt die Energiewende in die Stadt?	10
Executive Summary	11
Der Prozess der urbanen Energiesystemtransformation	15
Konzepte für die Umsetzung einer regionalen Energiewende	19
Technologien für die Kopplung der Sektoren Strom und Wärme	23
Werkzeuge für die Umgestaltung urbaner Energiesysteme	27
Intelligentes Energiemanagement für einen optimierten Anlagenbetrieb in Städten und ihren Versorgungsnetzen	31
Geschäftsmodelle für kosteneffiziente Umsetzung der Energiewende	35
Weiterentwicklung innovativer Fernwärmetechnologien im Versuchs- und Testzentrum District LAB	39
Neue Wege der Entscheidungsfindung mit den Akteuren der Energiewege gehen – Energy Transition Hub	43
Energiesystem Stadt im Video: Visionen und Beispiele	48
Begleitkreismitglieder	49
Förderer	50
Ansprechpartner Fraunhofer IEE	51
Impressum	52



Grußwort

Liebe Leserinnen und Leser,

die Energiewende, der Umstieg auf nachhaltige, klima- und umweltschonende Energiesysteme, ist eine Menschheitsfrage. Um sie zu lösen, brauchen wir wegweisende Forschung, die alle damit zusammenhängenden Aspekte berücksichtigt – auch die Urbanisierung. Immer mehr Menschen ziehen in die Städte und benötigen dort Energie. Die erneuerbaren Energieanlagen befinden sich aber meist außerhalb. Wie kommt die Energiewende also in die Stadt? Und wie können die erneuerbaren Energien systematisch in die gesamte Breite integriert werden?

Diesen Fragen stellen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Forschungsschwerpunktes »Energiesystem Stadt« des Fraunhofer IEE. Hier in Kassel wurde eine zentrale Anlaufstelle für alle beteiligten Akteurinnen und Akteure der lokalen Umsetzung der Energiewende in Hessen und Deutschland geschaffen. So können sich urbane Räume – egal ob in einer Klein- oder Großstadt – nachhaltig entwickeln. Und das ist ein existenzieller Beitrag für den Klimaschutz.

Wir als hessische Landesregierung wollen für den richtigen Rahmen und die passende Unterstützung für die Entwicklung sowie Umsetzung von wegweisenden Energiewende-Ideen sorgen. Deshalb hat mein Haus den Aufbau des Forschungsschwerpunktes »Energiesystem Stadt« mit sechs Millionen Euro unterstützt. Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre und einen interessanten Einblick in die Arbeit der Forscherinnen und Forscher, die den Weg dafür ebnet, den Herausforderungen der Energiewende zu begegnen.

Ihre Angela Dorn
Hessische Ministerin für Wissenschaft und Kunst



Die für die Bekämpfung des Klimawandels nötige Umsetzung der Energiewende ist eine Menschheitsfrage, die sich nur mit wegweisender Forschung beantworten lässt.«

Angela Dorn
Hessische Ministerin für
Wissenschaft und Kunst



Wie kommt die Energiewende in die Stadt?

Städte spielen auf Grund des hohen Energie- und Ressourcenverbrauchs, der hohen örtlichen Dichte von Infrastrukturen und durch die Vielzahl von Akteuren eine zentrale Rolle bei der Energiewende und für den Klimaschutz. Gerade für die urbane Umgebung erfordern die verschärften europäischen Klimaschutzziele und die neuen Ziele im Klimaschutzgesetz der Bundesregierung ambitionierte umgehende und weitgehende Maßnahmen.

Städte nehmen bei der Umsetzung der Energiesystemtransformation eine Schlüsselrolle ein. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass hier weit verzweigte Infrastrukturen für Elektrizität, Wärmeversorgung und Verkehr sowie eine hohe Energienachfrage vorhanden sind. Darüber hinaus entfallen knapp 40 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland (und in allen industrialisierten Ländern) auf den Gebäudesektor, wo die eingesetzte Energie im Wesentlichen für Heizzwecke von Räumen und zur Erwärmung von Trinkwarmwasser benötigt wird. Damit sind die Städte Hauptverbraucher von Energie und gehören zu den größten Emittenten von z.B. CO₂. Gerade vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung bieten Städte einen entscheidenden Hebel für die praktische Realisierung der Energiewende.

Der für die Erreichung der gesteckten Klimaschutzziele nötige Umbau von Energieversorgungsinfrastrukturen trifft im urbanen Umfeld auf besondere Herausforderungen. So bilden beispielsweise gewachsene Strukturen im Bestand und hohe Nutzungsdichten potenzielle Restriktionen für die Integration von Technologien zur effizienten Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Städtische Quartiere sind gleichzeitig der sinnvollste Umsetzungsmaßstab für integrierte innovative Systeme, da hier die größten Synergieeffekte zwischen Effizienzmaßnahmen und nachhaltiger Energieerzeugung erschlossen werden können.

Um die Herausforderungen der Transformation der städtischen Energieinfrastrukturen und einer umfassenden Sektorenkopplung (Strom-Wärme-Verkehr) im urbanen Bereich zu bewältigen, stellt sich das Fraunhofer IEE als eine zentrale Anlaufstelle für alle beteiligten Akteure der lokalen Umsetzung

der Energiewende in Hessen und Deutschland zur Verfügung. Mit dem Aufbau des Forschungsschwerpunktes Energiesystem Stadt konnte vorhandenes Know-how effizient eingesetzt und spezielle, für die Lösung der anstehenden Forschungsfragen nötige Kompetenzen neu aufgebaut werden. Durch die Forschungs- und Entwicklungsziele im Rahmen dieser Initiative konnte ein richtungsweisender Schwerpunkt für die Integration hoher Anteile erneuerbarer Energien in die Energieinfrastrukturen geschaffen werden, indem neue Produkte, Dienstleistungen und Werkzeuge für Kommunen, Industrie, Gewerbe und private Haushalte entwickelt werden konnten.

Der vorliegende Bericht gibt wichtige Hinweise wie und auf welchen Feldern der Umbau der Energiesysteme in unseren Städten gelingen kann. Wir möchten mit diesen Inhalten alle für diesen Prozess wesentlichen Akteure motivieren, sich verstärkt des Themas des Umbaus der Energieversorgung und einer veränderten Nutzung von Energieressourcen in allen Sektoren zu widmen. Das Fraunhofer IEE bietet sich mit seiner Expertise für die Beantwortung besonderer Fragestellungen der Praxis an.

Eine zügige Umsetzung von Maßnahmen dürfen wir nicht aus dem Auge verlieren. Die Energiewende und der Klimaschutz brauchen eine zeitnahe Verwirklichung, die auf einer fundierten Wissensbasis gründet. Die urbane Energiewende ist ein entscheidendes Werkzeug, um den großen Herausforderungen der Transformation zu einem klimaneutralen, sicheren und bezahlbaren Energie- und Wirtschaftssystem für alle Bürger zu begegnen. Das Fraunhofer IEE liefert mit dem Forschungsschwerpunkt Energiesystem Stadt dazu einen wichtigen Beitrag.

Executive Summary

Städte spielen eine zentrale Rolle für die Umsetzung der Energiewende und den Klimaschutz. Für die umfassende Betrachtung des Energiesystems Stadt stehen neben technologischen Aspekten auch planerische und ökonomische Herangehensweisen im Fokus unserer Arbeit.

Für die Umsetzung der Energiewende im Wärmesektor sind Sanierung, Wärmepumpen und Wärmenetze der Schlüssel zu einem klimaneutralen Gebäudebestand. Dementsprechend muss sowohl die Sanierungsrate als auch die Sanierungstiefe deutlich gesteigert, Wärmepumpen für den Umbau unserer Heizungsanlagen installiert und Nah- und Fernwärme massiv ausgebaut werden. Der vermehrte Einsatz von Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen führt auch zu einem deutlich höheren Bedarf an Erzeugungskapazitäten für Strom auf Basis erneuerbarer Quellen.

Die nötige Integration einer großen Anzahl von Wärmepumpen erfordert sowohl technische als auch wirtschaftliche Lösungen, die sich im Markt durchsetzen können. Wärmenetze und insbesondere die Niedertemperatur-Fernwärme sind wesentliche Bausteine für eine emissionsarme sowie energie- und kosteneffiziente urbane Wärmeversorgung. Vor diesem Hintergrund baut das Fraunhofer IEE mit seinem »DISTRICT-LAB« eine Versuchseinrichtung für innovative Fernwärmesysteme auf. Im Zuge praxisrelevanter Analysen werden verschiedene Aspekte der Fernwärmeversorgung im Quartiersmaßstab unter Realbedingungen in Kooperation mit Industriepartnern getestet und bewertet. Damit sollen wichtige und im urbanen Kontext wesentliche Fragestellungen zur Integration bzw. Zusammenführung entscheidender Teilsysteme in einem optimierten lokalen Energiesystem betrachtet und beantwortet werden.

Im komplexen Umfeld urbaner Energiesysteme sind in Zukunft die Planungsaufgaben einer der wichtigsten Pfeiler zur Umgestaltung von eng besiedelten Strukturen wie Quartieren, Städten und Ballungszentren für eine nachhaltige Energieversorgung. Hier sind grundlegende Konzepte, ortsspezifische Bedarfsbestimmungen, infrastrukturelle Planungen (Strom-, Wärme-, Gasnetze) bis hin zu detaillierten Auslegungen von Liegenschaften und einzelnen Gebäuden nötig. Die

erforderlichen Planungswerkzeuge sind genauso vielfältig wie die Herausforderungen im städtischen Kontext.

Die Umsetzung von lokalen innovativen Energieprojekten erfordert die Einbeziehung von politischen Akteuren und umfassende Kenntnisse über die Regularien, Prozesse, Verfahren und Methoden mit denen Städte, Kommunen und Regionen ebenso wie Versorger, Planungsbüros und Systemanbieter auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen arbeiten. Nur auf diese Weise kann der Prozess einer urbanen Energietransformation beschrieben und strukturell dargestellt werden. Nötige Entwicklungsarbeiten müssen sich in diesen Prozess einfügen, um mit den Akteuren vor Ort ein Konzept für die Transformation zu erarbeiten und zur Umsetzung bringen zu können.

Mit dem Aufbau des Forschungsschwerpunktes »Energiesystem Stadt« am Fraunhofer IEE wurden bei der Erstellung von Energiekonzepten für Umsetzungspartner Methoden für die strategische Planungs- und Prozessunterstützung, sowie zur Vorbereitung und Durchführung von innovativen Energieprojekten entwickelt. Diese Konzepte bilden den strategischen Rahmen für detaillierte Umsetzungsoperationen, Machbarkeitsstudien und Pilotprojekte.

Für die optimale Markt- und Netzintegration von dezentralen Energiesystemen und Elektromobilität hat das Fraunhofer IEE die Entwicklung von ganzheitlichen Energiemanagementkonzepten forciert. Dazu zählen operative Softwarelösungen im Energiemanagement für verschiedene Anwendungsfälle wie Flexibilitätsmärkte, Versorgungssicherheit, dezentrales Energiemanagement und Netzautomatisierung sowie für verschiedene Anwender wie Versorger, Prosumer und Netzbetreiber, die eine verbesserte Interaktion der einzelnen Energieakteure erlauben und neueste Algorithmen für wertschöpfende Anwendungsfälle einsetzen.



Die Transformation der gesamten Energieversorgung hin zu einer dekarbonisierten Energiebereitstellung ist die zentrale Aufgabe der Industrienationen im 21. Jahrhundert und wird den Industriestandort Deutschland nachhaltig verändern und – bei Gelingen – als der zu beschreibende Weg zu einer modernen, dem technischen Fortschritt angemessenen Energieversorgung anerkannt sein«

Prof. Dr. Kurt Rohrig
Institutsleiter
des Fraunhofer IEE

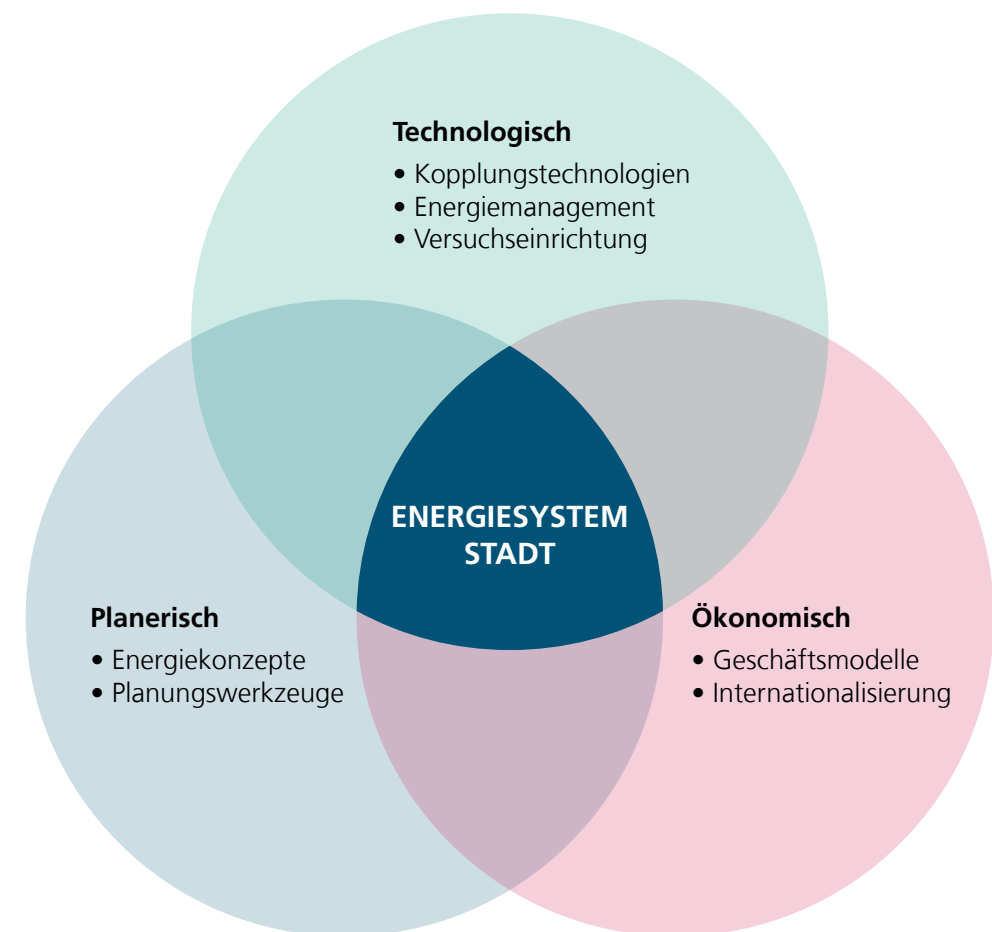


Das Entstehen von neuen, komplexen Märkten stellt die klassischen Anbieter von Produkten und Dienstleistungen für urbane Energiesysteme vor große Herausforderungen. Hier können neue Modelle und Methoden helfen, mögliche Geschäftsmodelle hinsichtlich ihrer Potenziale und Risiken zu bewerten. Eine breite Umsetzung der Transformationsmaßnahmen wird nur möglich sein, wenn sich im Sinne einer kosteneffizienten Umsetzung der Energiewende lohnende Geschäftsmodelle für die jeweiligen Akteure identifizieren und entwickeln lassen.

Für eine stabile und zügige Umsetzung von Maßnahmen müssen alle wesentlichen Akteure in den Diskussionsprozess und die Entscheidungen eingebunden werden. Klassische Methoden der Entscheidungsfindung erweisen sich bei den komplexen Fragestellungen der urbanen Energietransformation häufig als nicht ausreichend. Dies lässt sich mit einem geführten Entscheidungsprozess, in den alle Akteure integriert werden, und mit neuen Kommunikations- und Kollaborationsplattformen (z.B. Decision Theater) unterstützen. So können gemeinsam bessere Entscheidungen erarbeitet und getroffen werden.

Weiterentwicklung des Forschungsschwerpunktes »Energiesystem Stadt«

Im Rahmen des Aufbaus des Forschungsschwerpunktes »Energiesystem Stadt« sind viele Antworten auf Fragen der Gestaltung einer effizienten und emissionsfreien urbanen Energieversorgung entwickelt worden. Das erarbeitete Know-how und die Forschungsaktivitäten werden nun in den Forschungsschwerpunkten des Instituts verstetigt. Die aufgebaute Infrastruktur und erarbeiteten Lösungen stehen Städten, Kommunen, Versorgern und Planern als Leistungen in den Geschäftsfeldern des Fraunhofer IEE zur Verfügung.



Der Prozess der urbanen Energiesystemtransformation

Analyse und Beschreibung der Transformation einer Stadt zu einem dekarbonisierten Energiesystem am Beispiel der Stadt Kassel

Zur Erreichung der Klimaschutzziele ist die Transformation bestehender Energieversorgungssysteme hin zu einer auf erneuerbaren Energieträgern basierenden Energiebereitstellung eine der Kernaufgaben von Politik, Industrie und Gesellschaft. Städte nehmen in diesem Kontext eine Schlüsselrolle ein. Hier sind gut ausgebaute und weit verzweigte Infrastrukturen vorhanden und es gibt eine hohe Energienachfrage. Somit sind Städte und städtische Quartiere der sinnvollste Umsetzungsmaßstab für integrierte innovative Systeme, da hier die größten Synergieeffekte zwischen Effizienzmaßnahmen und nachhaltiger Energieerzeugung erschlossen werden können. Die Stadtentwicklungsplanung lässt sich so sinnvoll mit der energetischen Transformation unter Einbeziehung der wesentlichen Akteure verbinden.

Die für Umsetzung nötigen Schritte werden in einer Prozessbeschreibung der Transformation eines urbanen Energiesystems unter Einhaltung der Klimaschutzziele und in Anlehnung an die lokalen Gegebenheiten der Stadt Kassel erarbeitet. Ziel ist es, der zentralen Fragestellung nachzugehen, wie ein nachhaltiges und den Klimaschutzziele entsprechenden Wärmeversorgungssystem einer Stadt aussehen wird. Lokale Akteure (Entscheidungsträger in politischen Gremien der Stadt, Industrieunternehmen und Energieversorger) sind im Zuge des Prozesses zum Umbau des Energiesystems eingeladen, den Rahmen mit zu gestalten.



Aufgrund der Dringlichkeit dem Klimawandel entgegenzuwirken ist eine enge Kooperation von Städten und der Wissenschaft ein Kernelement für das Gelingen der urbanen Energiewende. Nur so lassen sich Effizienzmaßnahmen und Sektorenkopplung im engen Dialog gezielt an den lokalen Gegebenheiten ausrichten und schnell umsetzen.«

Christof Nolda

Leiter des Dezernates VI für Stadtentwicklung, Bauen, Umwelt und Verkehr Stadt Kassel



Das Ergebnis der Arbeiten ist eine Studie, die den verschiedenen Stakeholdern und Kundengruppen anhand von Beschreibungen, Darstellungen und existierenden Beispielen die im Forschungsschwerpunkt Energiesystem Stadt entstandenen Produkte als Prozesskette darstellt. Um das wichtige Element der Energiesystemtransformation effizient und ökonomisch umzusetzen, sind die Analyse, die strukturierte Beschreibung der Prozesskette und die wissenschaftliche Begleitung der Maßnahmen zentrale Bausteine für deren Umsetzung.

Spezifische Anwendungen werden im Rahmen der Studie am Beispiel der Stadt Kassel initiiert. Die laufend generierten Ergebnisse werden mit dem gegründeten Klimaschutzrat der Stadt Kassel und den daran angebotenen Expertenteams diskutiert und auf ihre Umsetzbarkeit in die Praxis überprüft, um die Stadt auf ihrem Weg in die Klimaneutralität bis 2030 zu begleiten.

Die Prozessbeschreibung ist dabei in folgende verschiedenen Hauptphasen untergliedert

- Durchführung einer Repräsentativbefragung relevanter Akteure, hier von der Stadt Kassel
- Energetische Potenzialanalyse in Anlehnung an die lokalen Gegebenheiten
- Abbildung des Transformationsrahmens für die Energiesektoren Strom, Wärme und Verkehr und weitere Detaillierung der Prozessbeschreibung
- Prozessbegleitung und Akteursdialog mit Hilfe moderner Methoden (z. B. eines »Decision Theaters«)
- Auswahl der Werkzeuge und Methoden für die einzelnen Transformationsschritte
- Ableitung von Handlungsempfehlungen und Maßnahmen
- Validierung und Rückkopplung der Erkenntnisse und Ergebnisse für die potenzielle Umsetzung im direkten Dialog mit den verantwortlichen Gremien



Städte spielen bei der Sektorenkopplung und der notwendigen Flexibilisierung eine entscheidende Rolle, da hier ausgebaute und weit verzweigte Infrastrukturen für Elektrizität, Wärmeversorgung und Verkehr sowie eine hohe Energienachfrage vorhanden sind»

Dr. Dietrich Schmidt

Abteilungsleiter Thermische Energiesystemtechnik
am Fraunhofer IEE

Zum Zweck der Anbahnung und finalen Festlegung einer geeigneten Zielsetzung erfolgt in einem ersten Schritt die Repräsentativbefragung relevanter Akteure der Stadt Kassel. Die Ergebnisse der Befragung dienen der groben Ableitung wesentlicher Parameter eines möglichen Transformationsrahmens für die Wärmeversorgung und fließen direkt in die Arbeiten ein.

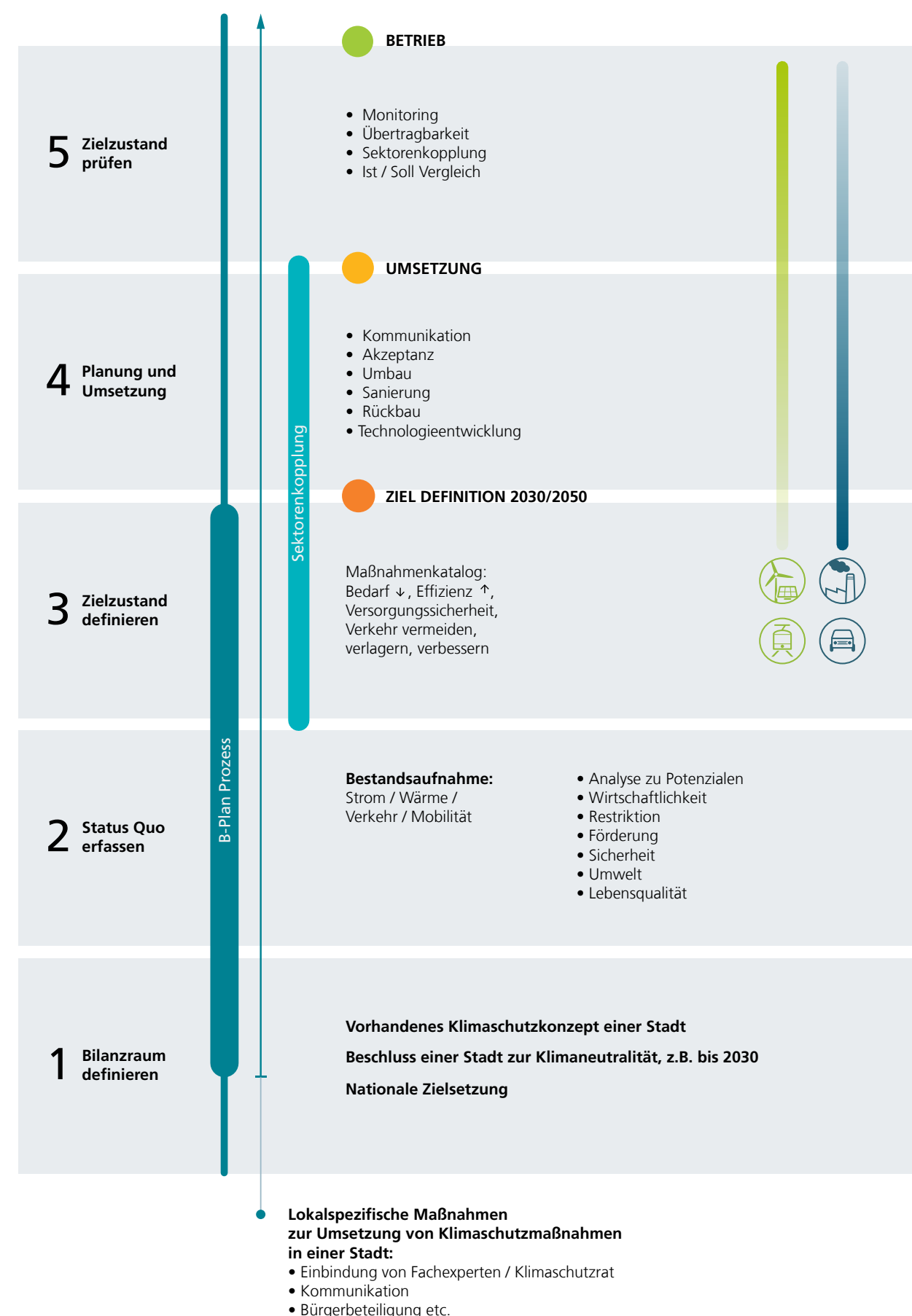
Auf diesen Arbeiten aufbauend erfolgt zunächst die übersichtliche Erhebung des Status quo. Im zweiten Schritt erfolgt die grobe energetische Potenzialanalyse in Anlehnung an lokale Gegebenheiten einer Stadt. Basierend auf diesen gesammelten Erkenntnissen wird eine Roadmap für die Transformation des Wärmesektors der Stadt zur Erreichung der Klimaneutralität erstellt.

Ausgehend von den Ergebnissen der Repräsentativbefragung und des abgeleiteten Transformationsrahmens erfolgt die Prozessbegleitung und der Akteursdialog mit Hilfe moderner Methoden anhand eines sogenannten »Decision Theaters«. In einem »Decision Theater« werden Experten und Interessensgruppen durch einen moderierten Diskussionsprozess geführt, um zu tragfähigen gemeinsamen Entscheidungen zu gelangen. Die Diskussion wird live durch Entscheidungshilfen und Visualisierungen angereichert, die das Durchspielen verschiedener Varianten mit aktuellen Daten, Algorithmen und wissenschaftlichen Erkenntnissen in Echtzeit ermöglichen.

Auf Basis der Potenzialanalyse und des abgeleiteten Transformationsrahmens werden geeignete Werkzeuge und Methoden für eine digitalisierte Gebäude- und Energieinfrastrukturplanung identifiziert, die für die Transformation der Wärmeversorgung der Stadt angewendet werden können. Die Methoden werden dabei so aufgearbeitet, dass sie direkt den Schritten der Energiesystemtransformation zugeordnet werden können und damit den Prozess gezielt unterstützen.

Unter Berücksichtigung der zuvor gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse werden Handlungsempfehlungen für die Stadt abgeleitet. Zum Abschluss der Arbeiten wird ein Maßnahmenkatalog erstellt und mögliche Umsetzungsprojekte geprüft.

In einem letzten Schritt wird der Maßnahmenkatalog der Stadt vorgestellt und gemeinsam diskutiert. Dies dient darüber hinaus der Validierung der Erkenntnisse und Ergebnisse für die potenzielle Umsetzung. Weiterhin können in diesem Zuge die möglichen Umsetzungsprojekte für die Kopplung der Energiesektoren Strom und Wärme identifiziert und priorisiert werden.



Konzepte für die Umsetzung einer regionalen Energiewende



Für die Umsetzung der Energiewende ist eine enge Kooperation mit den Akteuren in Städten und Kommunen unabdingbar. Nur so lassen sich erfolgreich reale Projekte in der Praxis verwirklichen.«

Dr. Anna Marie Kallert

Abteilungsleiterin Thermische Energiesystemtechnik
am Fraunhofer IEE

Forschung

Beratungs- und Konzeptstudien für Städte, Kommunen und Energieversorger

- Demoprojekte zur lokalen Energiewende auf unterschiedlichen städtebaulichen Ebenen
- Untersuchung der Sektorenkopplung im urbanen Umfeld und in der Stadt-Land-Interaktion
- Analysen von Energieversorgungslösungen mit Hilfe von stationären Berechnungen und simulationsgestützter Methoden
- Bewertung von Versorgungslösungen hinsichtlich technischer, wirtschaftlicher und regulatorischer Aspekte
- Systemoptimierung zur Versorgung aller Sektoren aus lokalen Erneuerbaren Energien
- Netzwerke und Entwicklungskooperationen auf städtischer und regionaler Ebene
- Interaktion mit relevanten Akteuren

Begleitung des Planungsprozesses und von Umsetzungsprojekten auf unterschiedlichen Maßstabsebenen

- Begleitung von Städten, Kommunen und Energieversorgern von der Idee bis zur Planung oder Umsetzung der Energiewende
- Einbindung unterschiedlicher Planungs- und Umsetzungseinheiten
- Identifikation hemmender und fördernder Faktoren der Energiewende
- Kontinuierliche und enge Abstimmung mit allen Projektbeteiligten
- Lösungsorientiertes Denken und Handeln mit Einbezug städtischer Prozesse
- Chronologische Aufarbeitung des Stadtplanungsprozesses
- Integration der Energieplanung
- Zusammenarbeit mit und Rückversicherung bei Kommunen

Anwendung

Anreize und Akzeptanz schaffen

- Bürgerbeteiligung / Workshops
- Wissenstransfer für verschiedene Akteure und Zielgruppen
- Planungsmoderator für Kommunen

Analyse rechtlicher Rahmenbedingungen

- Planungs-, Bau- und Umweltrecht
- Energierecht
- Gesellschafts- und Vertragsrecht

Erprobte und validierte Werkzeuge zur Umsetzungsbegleitung

- Energy Connect: Virtuelle Kraftwerke
- InvestSCOPE: Wirtschaftlichkeitsoptimierung von Transformationspfaden
- EQ-City: Planung Wärmeversorgung im Quartier
- EnergyANTS: Zeitliche und räumliche Energiesystem-Simulation
- Energy Pilot: Betriebsoptimierung und Energiemanagement
- ArcGIS: Potenzialermittlung auf Basis von Geoinformationsdaten/ GIS
- Pandapipes/ Pandapower: Detailplanung und Betriebsoptimierung von Strom-, Gas- und Wassernetzen
- beeDIP: Netzbetriebsoptimierung



Klimaschutz und Energiepolitik als Erfolgsfaktor

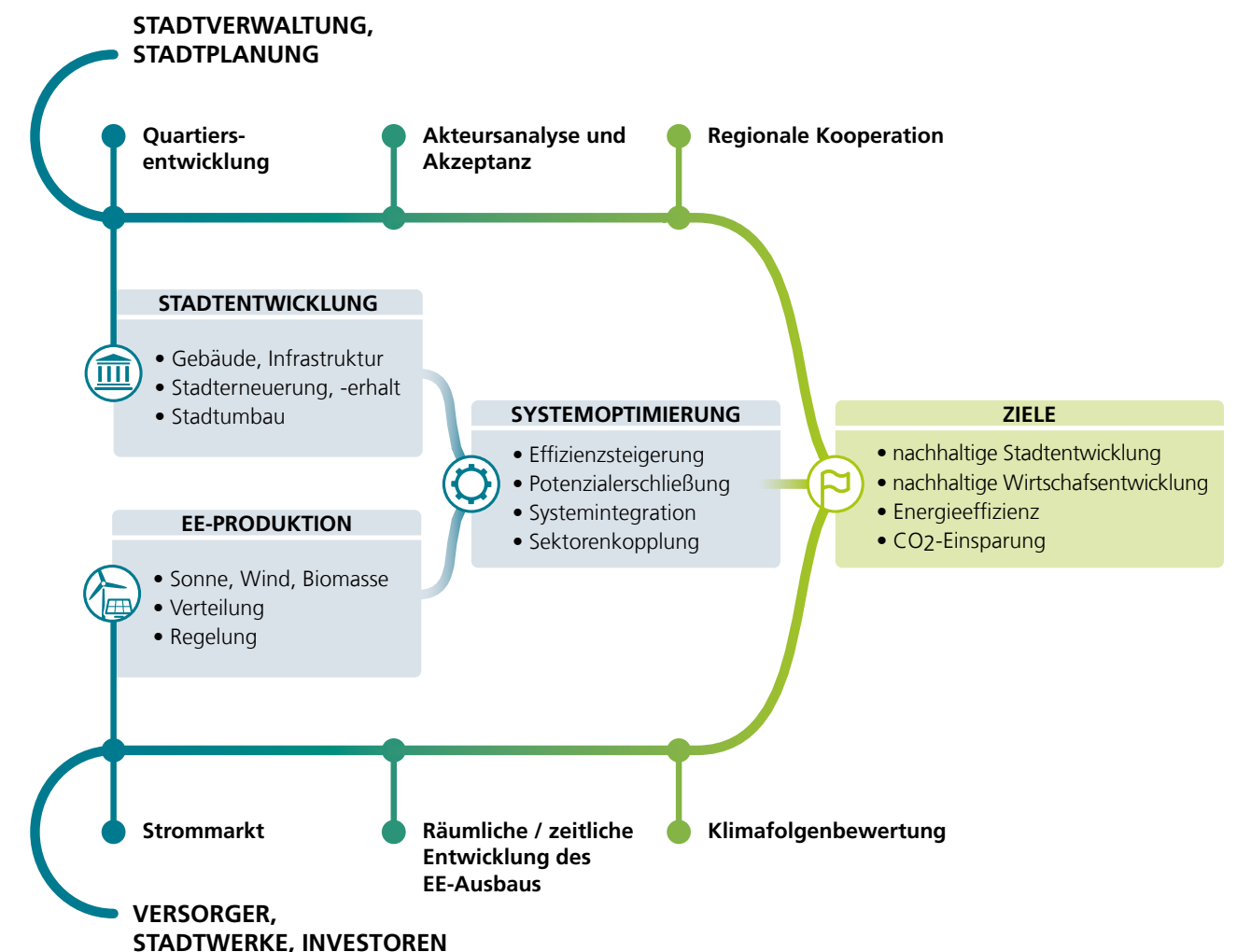
Die Umsetzung der Energiewende findet lokal in unseren Städten und Quartieren statt und ist somit in hohem Maße von räumlichen Abhängigkeiten geprägt. Diese umfassen sowohl Infrastrukturen der Bedarfs- und Versorgungsseite als auch der Erzeugungspotenziale für Erneuerbare Energien. Die Stadt als Energiesystem umfasst eine Vielzahl von Akteuren, Interessen und Einflussgrößen, die außerhalb der energietechnischen Versorgungssysteme liegen. Städte und Kommunen sind als Trägerinnen und Umsetzerinnen der Raumplanung beauftragt, strategische Ziele und Regularien auf unterschiedlichen politischen Ebenen umzusetzen, in verbindliches Ordnungsrecht zu überführen und Interessenskonflikte auszugleichen. Hierbei spielen energietechnische Fragen in der Praxis häufig nur eine unter- oder beigeordnete Rolle.

Die Verankerung von Klimaschutz und Energiepolitik in der Raumplanung ist ein zentraler Erfolgsfaktor für die Umsetzung der Energiewende. Die Umsetzung von lokalen innovativen Energieprojekten erfordert die Einbeziehung von politischen Akteuren und umfassende Kenntnisse über die Regularien, Verfahren und Methoden mit denen Städte, Kommunen und Regionen ebenso wie Versorger, Planungsbüros und Systemanbieter auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen arbeiten.

Lösungen für die Energiewende in Städten und Kommunen

Zu Erreichung der Zielsetzung der Energiewende stehen verschiedene Methoden und Werkzeuge in den Bereichen der räumlichen Planung unter Berücksichtigung von individuellen Rahmenbedingungen für die Umsetzung innovativer Energieversorgungssysteme auf kommunaler Ebene zur Verfügung. Mit Hilfe dieser Methoden und Werkzeuge trägt insbesondere die strategische Planungs- und Prozessunterstützung zur Vorbereitung und Durchführung von innovativen Energieprojekten bei. Die erarbeiteten Konzepte bilden den strategischen Rahmen für detaillierte Umsetzungsoperationen, Machbarkeitsstudien und Pilotprojekte.

Für die Umsetzung dieser Konzepte ist die enge Kooperation und der Austausch mit Kommunen, Energieversorgern und einer Vielzahl weiterer relevanter Akteure unerlässlich. Die frühzeitige Einbindung aller relevanten Akteure schafft eine breite Akzeptanz und Initiativen für Lösungen der Energiewende. Dies festigt sich durch die Bildung von Netzwerken und der Verbreitung von Information sowie des Aufbaus von Wissen. Als Teil eines Gesamtkonzeptes für Kommunen werden zudem die Möglichkeiten zur Schaffung von Anreizen und Akzeptanz sowie des Wissenstransfers analysiert.



Technologien für die Kopplung der Sektoren Strom und Wärme



Die elektrisch betriebene Wärmepumpe ist eine Schlüsseltechnologie, um die Durchdringung des Wärmesektors mit erneuerbaren Energien und die in Deutschland gesteckten Klimaschutzziele zu erreichen.«

Dr. Michael Krause

Abt. Thermische Energiesystemtechnik
am Fraunhofer IEE

Forschung

Innovative Systemdesigns mit Wärmepumpen

- Quartierssysteme mit Wärmepumpen unter Einbeziehung von verschiedenen Wärmequellen
- Netzgebundene Wärmepumpensysteme mit kalten und warmen Wärmenetzen
- Dezentrale fassadenintegrierte Wärmepumpenmodule

Geothermie-Wärmepumpen für Bestandsquartiere

- Erschließungsmöglichkeiten für Wärmepumpen in Bestandsquartieren
- Versorgungsmöglichkeiten von Wärmepumpen für Bestandsgebäude unter Berücksichtigung des notwendigen Sanierungsbedarfs

Groß-Wärmepumpen / -Kompressionskältemaschinen und Kraft-Wärme-Kopplung

- Stromnetz-Dienlichkeit von Industrieprozessen mit Groß-WP / -KKM
- Unterstützung der Spannungshaltung in Verteilnetzen
- Anwendungslösungen mit stationären Brennstoffzellen für hohe Nutztemperaturen

Neue Betriebsweisen und Geschäftsmodelle

- Integration von Dienstleistungen im Rahmen eines Wärmepumpen-Contractings
- Die Kommune als Stakeholder der Wärmewende
- KI und Optimierung: Verbesserung von Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpensystemen
- Flexibilitätsmanagement mit Wärmepumpe

Anwendung

Entwicklung von Energieversorgungskonzepten unter besonderer Berücksichtigung der Sektorenkopplung

- Bauteil – Gebäude – Quartier – Urbaner Raum
- Neubau und Bestand
- Nutzung unterschiedlichster Wärmequellen

Erarbeitung von technischen und wirtschaftlichen Lösungen zur Integration von Wärmepumpen und Kraft-Wärme-Kopplung

- Optimale Systemlösungen unter Berücksichtigung der individuellen Gegebenheiten vor Ort
- Anlagenkonzeption von flexibilisierten industriellen Fertigungsprozessen
- Bewertung des spezifischen Systemnutzens durch synergetische Kostenreduktion

Datengetriebene Bewertung von Wärmepumpen

- Nutzung von Cluster- und Klassifikationsmethoden zur Bewertung des Betriebs
- Anomalieerkennung, Fehlerdetektion und prädiktive Wartungsmethoden

Messtechnische Bewertung und Optimierung in Labor und Feld

- Durchführung von Monitoringvorhaben bei Kunden
- Kundenspezifische Messkampagnen in einer Laborumgebung



Stromnetzdienlichkeit von Wärmepumpen

Die Kopplung von Strom- und Wärmesektor und die flexible Verbindung der verschiedenen Energiewandlungsarten ist der Schlüssel zur weiteren Integration des erneuerbaren Stromes in den Energiemix. Der mit der Energiewende eingeleitete Prozess muss mit einem durchdachten Flexibilitätsmanagement weiter vorangetrieben werden, welches die Bedürfnisse der Strom- und der Wärmeseite gebührend berücksichtigt. Power-to-Heat ist im Wärmesektor ein verbreiteter Ansatz. Im Gebäudekontext wurden zur Raumheizung klassisch Nachspeicheröfen eingesetzt, die Wärmepumpe nimmt aber eine immer größere Rolle bei der Wärmebereitstellung ein. In Industrieprozessen ist die technologisch gleichartige Kompressionskältemaschine Stand der Technik zur Prozesskühlung, bei der Prozesswärmebereitstellung haben Wärmepumpen noch großes Wachstumspotenzial. Durch die Trägheit der nachgeschalteten Prozesse der Wärmeanwendung, neue Prozessfahrweisen sowie die Nutzung thermischer Speicher ist für all diese Anwendungen eine Entkopplung der Wärmeerzeugung vom eigentlichen Wärmebedarf möglich.

Für einen sich betriebswirtschaftlich lohnenden netzdienlichen bzw. flexibilisierten Betrieb von Wärmepumpen müssen aber entsprechende Bedingungen erfüllt sein. Hierzu zählen eine geeignete Systemauswahl durch Anpassung der Anlagen- und Speichergrößen sowie ein IKT-System, welches einen flexibilisierten vom direkten Wärmebedarf entkoppelten Betrieb ermöglicht, sodass Kosten und Nutzen der Systemanpassung im richtigen Verhältnis stehen. Darüber hinaus müssen regulatorische und betriebswirtschaftliche Randbedingungen einen flexibilisierten Betrieb ermöglichen bzw. anreizen.

Wärmepumpen in Bestandsquartieren

Im Neubaumarkt hat sich die Wärmepumpe als die dominierende Heiztechnologie etabliert, hier nimmt der Anteil von Luft-Wasser-Wärmepumpen, z.B. auch verglichen mit Geothermie-Wärmepumpen, kontinuierlich zu. Völlig anders stellt sich die Situation im Gebäudebestand dar. Bedingung für den Einsatz von Luftwärmepumpen ist hier zumeist eine aufwändige energetische Sanierung des Gebäudes. In dichter besiedelten Bereichen stellt sich zusätzlich die Frage des Aufstellorts im Hinblick auf Platzbedarf und Geräuscentwicklungen im Außenraum.

Als mögliche Systemlösung für den Bestand bietet sich daher vor allem die Nutzung von oberflächennaher Geothermie mittels Erdwärmesonden sowie lokal begrenzt auch Abwärme, Grund- oder auch Oberflächenwasser an. Im Quartiersmaßstab kann aufgrund der Infrastrukturabhängigkeiten die

Verantwortung für den notwendigen Umbau jedoch nicht ausschließlich bei den Nutzern/Gebäudeeigentümern gesehen werden, sondern bedingt ein aktives Steuern seitens des Gesetzgebers, der Städte und Gemeinden sowie der jeweiligen Versorgungsunternehmen. Dabei müssen Umbauprozesse verstanden und bereits heute angestoßen werden, damit, wenn durch zukünftige Marktprozesse wie etwa CO₂-Bepreisung oder Flexibilitätsmärkte eine Wirtschaftlichkeit gegeben ist, diese auch im großen Umfang umgesetzt werden können.

Hierzu ist die detaillierte Erarbeitung der technischen, regulatorischen und ökonomischen Anforderungen für die Versorgung von Quartieren erforderlich, worauf aufbauend die kommunalen Entwicklungsmöglichkeiten sowie die notwendigen Prozessschritte der Umgestaltung der Wärmeversorgung im Quartier und in der Stadt aufgezeigt werden.



Werkzeuge für die Umgestaltung urbaner Energiesysteme



Planungswerkzeuge und modernes Datenmanagement helfen die Komplexität der zukünftigen Energieversorgung in Städten zu handhaben und Entscheidungsträger zu unterstützen.«

Dr. Tanja Kneiske
Abt. Energiemeteorologie und
Geoinformationssysteme am Fraunhofer IEE

Forschung

Daten und Datenmanagement

- Leistungsfähige Hard- und Software
- Umfassende Datenbasis für Planung und Modellierung urbaner Energieversorgungssysteme
- GIS-Datenbank mit CityDB-Erweiterung
- Datenbankbasierte Verknüpfung von Teilmodellen
- Datenpipelines und -prozessierung komplexer Informationsquellen
- Verfügbarkeit und Einbindung detaillierter meteorologischer Daten
- Hochdetaillierte sozioökonomische Informationen

Anwendung

Integrierte Netzplanung mit pandaplan

- Ausbau der Stromnetzinfrastruktur aufgrund von neuen Verbrauchern wie Ladesäulen und elektrischer Wärmeversorgung
- Rückbau von Gasverteilnetzen bei Rückgang von Gasverbräuchen
- Umbau von Gasnetzen auf klimaneutrale Gase wie Wasserstoff
- Gemeinsame Planung von Strom-, Wärme- und Gasnetzen für eine ganzheitliche Investitionsentscheidung
- Auslegung von effizienten Wärmenetzstrukturen z.B. im Quartierskontext

GIS-basierte Energieszenarien mit energyANTS

- Szenarien der Energiesystemtransformation
- Standortgenaue Anlagenstammdaten und Potenzialermittlung
- Technologieentwicklung
- Zubaumodellierung neuer Verbraucher und Erzeugungsanlagen
- Großräumige Kartierung des Wärmebedarfs auf Wohngebäudeebene
- Räumlich aufgelöste Zeitreihenmodellierung wetterabhängiger Last und Erzeugung

Methoden und Modellierungen

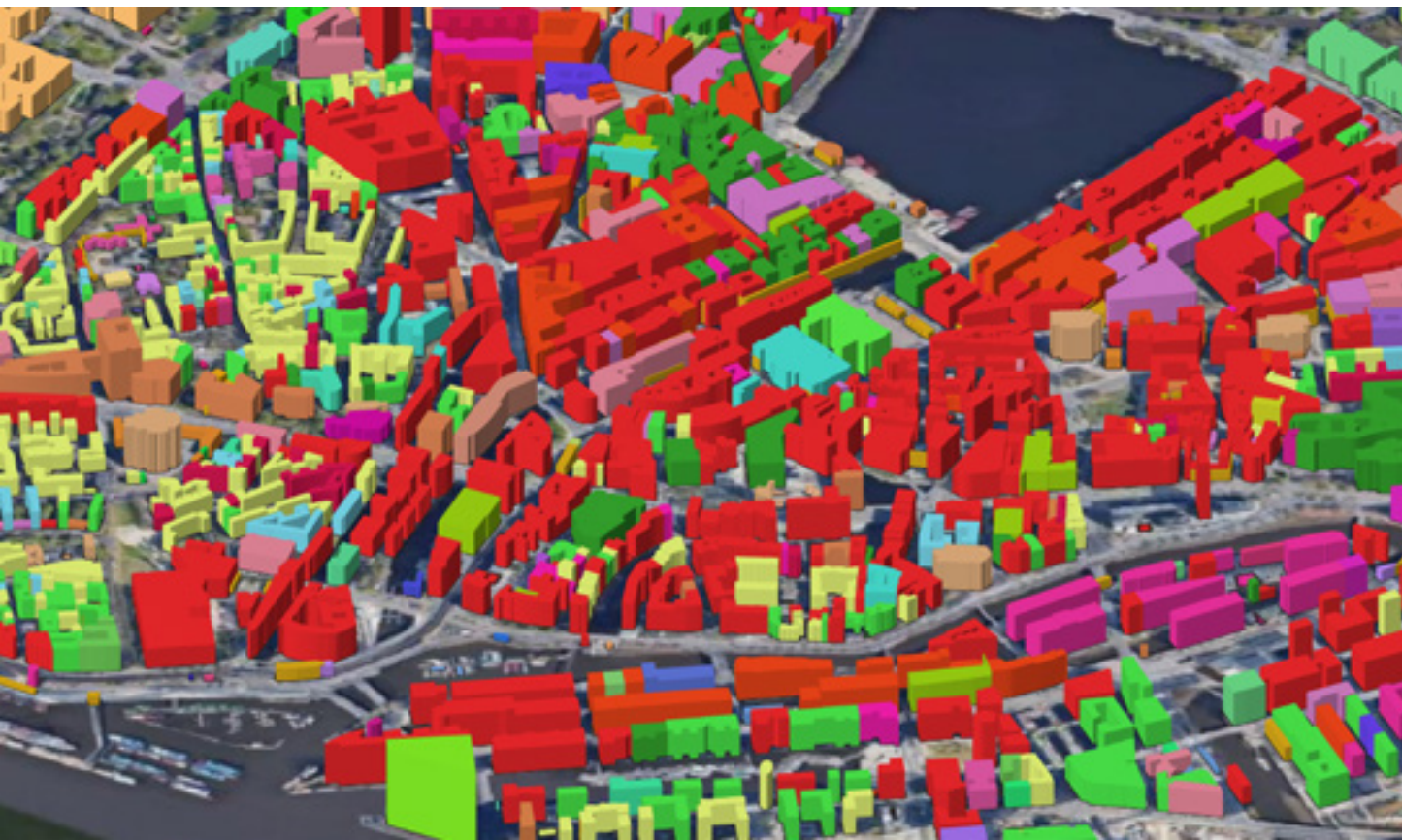
- Standortgenaues Gebäudemodell mit umfassenden Metainformationen
- Spatial Microsimulation zur Anreicherung von Rohdaten
- KI-basierte Objekterkennung und Nutzung von Erdbeobachtungsdaten
- Wirtschaftliche Optimierungsverfahren zur Planung von Energiesystemen
- Multi-Agenten Systeme zur Ermittlung von zukünftigen Kundenentscheidungen
- Einsatz von heuristischen Methoden zur optimalen zukünftigen Netzinfrastruktur
- Multikriterielle Optimierung für Quartiersauslegungen

Robuste Investitionsentscheidungen für Anlagenportfolios mit investScope

- Sektorenübergreifende Investitionsbewertung und Business Case-Analysen für Energieerzeuger, Verbraucher und Speicher
- Wirtschaftlich optimale Pfade zur Dekarbonisierung der urbanen Energieversorgung von der Liegenschaft bis zur Region
- Integrierte Betriebsführungskonzepte und Vermarktungsoptionen
- Robustheit gegenüber zukünftigen regulatorischen und marktlichen Entwicklungen

Planung der Wärmeversorgung für Quartiere und Städte mit EQ City

- Einfache und effiziente Entwicklung und Bewertung von Wärmeversorgungskonzepten in der Vorplanungsphase
- Wärmebedarfsermittlung von Neubau- und Bestandsquartieren durch umfassende Gebäudedatenbank (Wohngebäude und GHD)
- Dimensionierung und Auslegung von leitungsgebunden Wärmesystemen sowie Einzeltechnologien mit Speichern und Technologien der Sektorenkopplung durch umfassende Anlagendatenbank
- Bewertung der Systemvarianten mittels detaillierter Nutzwertanalyse durch Berücksichtigung technischer, regulatorischer energiewirtschaftlicher Anforderungen und kundenspezifische und gewichtete Bewertung unterschiedlicher Wärmeversorgungssysteme



3D-Gebäudemodell der Hamburger Innenstadt mit Differenzierung nach Gebäudefunktion.

Transparenz und Durchblick durch eine gute Datengrundlage

Im Zeitalter der Digitalisierung bestätigt sich zunehmend der Ausspruch »Daten sind das Öl des 21. Jahrhunderts«. Dies gilt auch für die detaillierte Planung und Modellierung der Transformation städtischer Energieversorgungssysteme hin zur Klimaneutralität. Aufgrund lizenzkostenfrei nutzbarer Geodaten wie OpenStreetMap aber auch zunehmend frei nutzbarer Geodaten der Landesbehörden hat in den vergangenen Jahren die Verfügbarkeit von Geodaten Forschung und Planung stark zugenommen. Gleichzeitig wächst mit der Verfügbarkeit der Daten die Anforderung, die oft in unterschiedlichen Formaten vorliegenden und sehr großen Datensätze effizient und flexibel zu handhaben.

Am Fraunhofer IEE wurde zu diesem Zweck ein PostgreSQL/PostGIS-Datenbanksystem für Daten mit Raumbezug etabliert, welches sowohl eine effiziente Ablage als auch Verrechnung der Daten ermöglicht. Als zentraler Baustein für die vorgelagerte Integration diverser Datensätze im städtischen Kontext wurde ein »angereichertes Gebäudemodell« erstellt, welches zahlreiche physikalische aber auch sozio-ökonomische Informationen zu jedem Wohngebäude bereitstellt. Das System stellt damit die Basis für zahlreiche Planungswerkzeuge für die Stadtmodellierung dar und ermöglicht eine detaillierte und effiziente Analyse komplexer Zusammenhänge.

Die Komplexität städtischer Energieversorgung im Griff

Die Versorgungsaufgabe im urbanen Raum verändert sich gerade im Bereich der Wärmeversorgung. Alte ineffiziente und emissionsreiche Wärmetechnologien müssen ersetzt werden durch innovative und effiziente Konzepte für effiziente Wärmenetze in Kombination mit Wärmepumpen. Doch dies geschieht nicht auf der grünen Wiese, sondern in einer gewachsenen Landschaft an Versorgungsstrukturen. Oft existieren Gas-, Wärme- und Stromnetzinfrastrukturen gemeinsam in einem Versorgungsgebiet. Wie kann nun regional eine Transformation hin zu klimafreundlicher Technologie wirtschaftlich, versorgungssicher und zukunftsorientiert gestaltet werden?

Viele Aspekte spielen dabei eine Rolle. Quartiere bieten gute Möglichkeiten, neue Stadtteile nachhaltig zu gestalten. Ineffiziente alte Infrastrukturen müssen für die neue Versorgungsaufgabe fit gemacht werden. Neue Geschäftsmodelle werden benötigt, um den Prozess wirtschaftlich zu gestalten.

All diese Entscheidungen können nicht mehr mit Zettel und Stift getroffen werden. Hier benötigt man Entscheidungshilfen. Diese sind erstens eine gute Datengrundlage und zweitens einfach zu bedienende Werkzeuge, die die Zukunft mit allen ihren Möglichkeiten abbilden können.

Diese Werkzeuge in Form von Softwaretools werden am Fraunhofer IEE entwickelt. Wir decken dabei verschiedene Einzelaspekte ab wie Quartiersplanung, Netzplanung oder Wirtschaftlichkeitsanalysen. Vorhandene Softwaretools können individuell mit Daten und Informationen aus ihrer Region gefüttert und so jeder Fragestellung angepasst werden.



Ausschnitt aus dem Film »Energiesystem Stadt«: Beispielhafte Darstellung einer digitalisierten Gebäude- und Energieinfrastrukturplanung für die Energiewende im urbanen Umfeld.

Intelligentes Energiemanagement für einen optimierten Anlagenbetrieb in Städten und ihren Versorgungsnetzen



Intelligente Technologien im Energiemanagement können insbesondere in der Energieanwendung im urbanen Bereich einen optimierten Anlagenbetrieb realisieren und somit einen erheblichen Beitrag für angestrebte Energieeinsparungen bis 2050 leisten.«

Alexander Dreher

Abt. Energieinformatik und Informationssysteme
am Fraunhofer IEE

Forschung

Energiemanagement in Gebäuden und Quartieren

- KI-gestützte Softwarelösungen für das Quartiers-EM
- Nutzbarmachen von ruhenden Flexibilitätpotenzialen durch intelligentes Management
- sektorenübergreifend Erzeuger und Verbraucher planen und steuern
- Nutzerpräferenzen & –komfort gewährleisten und ökologisch und ökonomisch optimieren

Vorausschauendes Energiemanagement in der Industrie

- Räumliche Statistik zur Harmonisierung von Stammdaten
- Stochastik und Probabilistik zur Modellierung von Prognoserisiken
- Machine-Learning Verfahren zur Detektion von Betriebszuständen, Anomalien und Datenfehlern

Lademanagement für Fuhrparks und Elektromobilitäts-Pools

- Flexibilisierung des Lademanagements mit dem EnergyPilot
- Intelligentes Lademanagement unter Berücksichtigung von Ladebuchungen
- Individuelle Ladebedarfe automatisiert planen

Netzzustandsbestimmung

- Erfassung, Analyse und Verarbeitung von Netz- und Messdaten
- Entwicklung neuer Methoden zur Erkennung von Netzzuständen bei wenig Messmöglichkeiten
- Nutzung innovativer Datenquellen wie z.B. EMS und Smart Meter

Anwendung

Anforderungen an IKT-Infrastrukturen für Monitoring und Automatisierung einbeziehen

- Beratung rund ums intelligente Messsystem
- Bestimmung idealer Messpositionen im Netz
- Schnittstellen und Protokolle für einfache Integration in den Netzbetrieb
- Module zur Filterung und Ersatzwertbildung fehlerhafter Messwerte auf Basis künstlicher Intelligenz

Netztransparenz

- Bestimmung von Netzzuständen in Mittel- und Niederspannung
- Verwendung innovativer Methoden zur Messwertbestimmung und Nutzung alternativer Informationen (Ladesäule, Smart Meter, etc...)
- Netzzustandsprognosen
- Vorbereitung auf Redispatch 3.0
- Szenario-Netzberechnung

Netzbetriebsführung mit beeDIP

- Ausfall- und Engpassanalysen
- Netzanalysen und Flexibilitätsbestimmung (P, Q, RD2.0)
- Spannungshaltung und Sollwertvorgaben (z.B. Sollwert am Umspannwerk)
- Optimierung von Netzzuständen (z.B. Verlustminimierung)

Aktuelle Umsetzungen

- Digitale Zwillinge
- Spartenübergreifende Betriebsführung
- Einbindung von Flexibilitäten in die Netzbetriebsführung
- Prognose von Erzeugung und neuartigen Verbrauchern



Energiemanagement automatisieren

Eine steigende Anzahl von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen im Endverbraucher-Segment erfordert zunehmend automatisierte Lösungen. Diese müssen kostengünstig und mit einfacher Bedienung ermöglichen, Energieanlagen auch ohne Fach-Expertise managen zu können. Die Komplexität der Systeme steigt durch die Sektorenkopplung Strom-Wärme-Verkehr und eine Vielfalt von Datenschnittstellen. Hierdurch steigt auch der Bedarf an ganzheitlichen Lösungen, die einfach von den Nutzern bedient werden können.

Die vom Fraunhofer IEE entwickelte Software »EnergyPilot« findet die Lösung in der Digitalisierung und bietet ein ganzheitliches, sektorenübergreifendes Energiemanagement für erneuerbare Erzeugungs- und Verbrauchsportfolios an.

Für das Erzeugungsmanagement bietet das Modul »EnergyPilot-Generation« die Möglichkeit, den Einsatz von

Erzeugungsanlagen optimal zu planen und bezieht dabei Energiepreise und Grenzkosten ein. Dabei werden auch Speicher und Lasten mit Eigenverbrauch berücksichtigt. Das Modul wird derzeit bereits von einem Direktvermarkter in seinem Virtuellen Kraftwerk zur Planung des kurzfristigen EE-Anlageneinsatzes an den Strombörsen eingesetzt.

Auch für das Lastmanagement ist der »EnergyPilot« gewappnet. Das Modul »EnergyPilot-Consumption« ermöglicht bereits die cloud-basierte Planung und Steuerung von Energieeinrichtungen im Endverbraucherbereich, wie beispielsweise in Quartiersmanagement-Systemen. Dieses Modul wird in Testanwendungen für das vorausschauende ladestationsübergreifende Lademanagement von Elektrofahrzeugen eingesetzt. Derzeit werden neue Module der Software für die dezentrale Anwendung, außerhalb der Cloud, entwickelt.

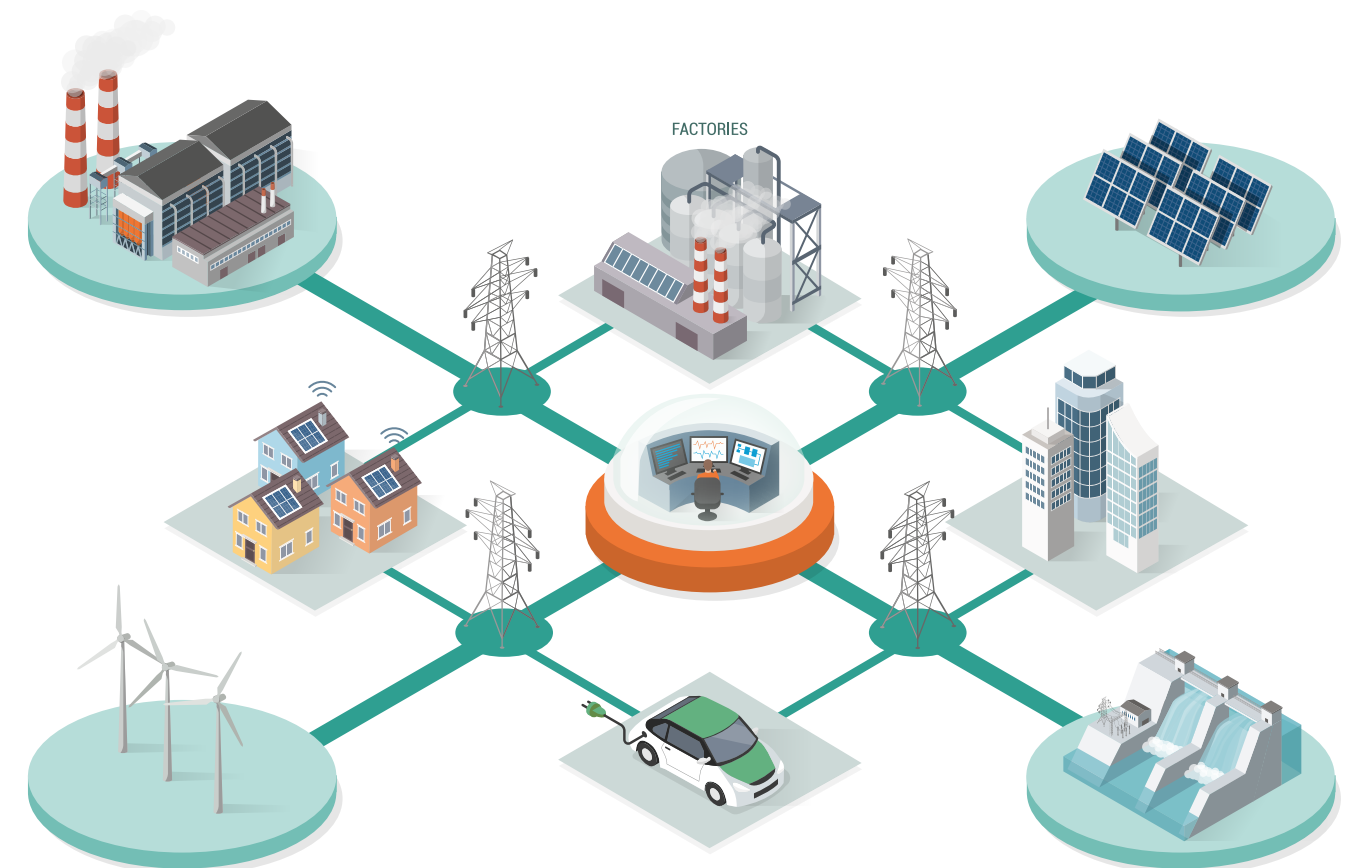
Netzmanagement

Durch die Steigerung der Anzahl von Anlagen, die Energie auf der Basis von erneuerbaren Quellen erzeugen, ist die Komplexität des Stromnetzbetriebes in allen Spannungsebenen in den letzten 10 Jahren massiv gestiegen. Hier ist vor allem die Verlagerung von der Stromerzeugung aus konventionellen Stromkraftwerken hin zu vielen verteilten Erzeugern relevant. Diese vielen kleineren Anlagen, die in die verschiedenen Spannungsebenen einspeisen, verstärken den Trend der steigenden Komplexität. Hinzu kommen zukünftig neue Arten von zusätzlichen Stromverbrauchern wie zum Beispiel Wärmepumpen und die Elektromobilität mit zu erwartenden starken Gleichzeitigkeiten.

Diese neuen Herausforderungen benötigen neuartige Konzepte der Organisation und Koordination des Netzmanagements. Die verfügbaren Flexibilität der unterschiedlichsten Erzeuger und Verbraucher müssen mithilfe von Zustandsschätzungen und –prognosen planbar gemacht werden und mithilfe von Optimierungswerkzeugen koordiniert werden.

Die Anzahl der flexiblen Erzeuger und Verbraucher ist besonders auf der Niederspannungsebene enorm hoch. Viele dieser Kleinstflexibilitäten sind innerhalb von Smart-Homes-Anwendungen zu finden, was eine Optimierung auf mehreren Ebenen mit anschließender Aggregation notwendig macht. Das Netzmanagement baut auf Daten des Energiemanagements in Gebäuden und Quartieren auf und nutzt diese für eine Analyse und Netzzustandsbestimmung, um mit den bereitgestellten Flexibilität der Energieanwendungen eine Netzoptimierung zu erreichen.

Dieses Verfahren konnte in bereits initiierten Projekten mit Partnern in Beispielanwendungen gebracht werden und somit die Flexibilisierung sowie die Automatisierung von Nieder- und Mittelspannung vorangetrieben werden.



Geschäftsmodelle für eine kosteneffiziente Umsetzung der Energiewende



Intelligente Geschäftsmodelle wandeln Forschungsleistungen in Produkte und Dienstleistungen, die nicht nur attraktiv für Kunden sind, sondern auch einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten. Dafür bedarf es aber entsprechender regulatorischer Rahmenbedingungen, die derzeit oft nicht gegeben sind!«

Patrick Selzam
Abt. Energiewirtschaft und Systemdesign
am Fraunhofer IEE

Forschung

Stadtwerke als »Schlüsselakteur für die Energiewende«

- Optimierung von Transformationspfaden unter ökonomischen Randbedingungen für Stadtwerke zur Erreichung der CO₂-Ziele
- Sektorkopplung und neue Mobilitätskonzepte als neue Geschäftsfelder für Stadtwerke

Transformation der Geschäftsmodelle in der Immobilienbranche

- Auswirkungen der Digitalisierung auf die Geschäftsmodelle der Energieversorgung in der Immobilienbranche
- Untersuchung neuer Akteurskonstellationen und Partnerschaften für innovative Energiemanagementsysteme

Regulatorik und gesetzlicher Rahmen für neue Geschäftsmodelle

- Untersuchung von Anreizsystemen zur Unterstützung neuer Technologien für die künftigen Netze
- Analyse der Geschäftsrisiken aufgrund regulatorischer Rahmenbedingungen

Abhängigkeiten zwischen Geschäftsmodellen und Produktentwicklungsprozessen

- Weiterentwicklung von Methoden zur Steuerung der Innovationsprozesse in Unternehmen (z.B. Innovationsworkshops, Scrum-Strategien, etc.)
- Methodenentwicklung für Markt- und Konkurrenzanalysen

Anwendung

Beratungsdienstleistungen zur Unterstützung bei der Geschäftsmodellbewertung

- Erste Wirtschaftlichkeitstendenzabschätzungen mit einem intern entwickeltem Tool
- Detaillierte Berechnung der Profitabilität von Geschäftsmodellen
- Entwicklung kundenorientierter techno-wirtschaftlicher Modelle

Strategiebewertung hinsichtlich regulatorischer Risiken

- Konkurrenz- und Marktanalysen für Akteure der Energiewende
- Entwicklung techno-wirtschaftlicher Modelle zur Bewertung regulatorischer Risiken von bestehenden oder neuen Produkten
- Entwicklung und Bewertung innovativer Anreizsysteme (z.B. variable Stromtarife) für die Energiewende

Beratungsdienstleistungen zur Unterstützung bei der Geschäftsmodellentwicklung

- Unterstützung der Transformationsprozesse in Unternehmensorganisationen
- Unterstützung bei kontinuierlichen Verbesserungsprozessen durch Innovationsmethoden (z.B. Design Thinking, Business Model Canvas, Scrum)
- Verbesserung der Profitabilität bestehender Produkte (z.B. durch Multi Use – Ansätze)



Paradigmenwechsel fordern neues Denken

Die aufgrund des Klimawandels erforderliche Energiewende und die rasant zunehmende Digitalisierung aller Lebensbereiche haben erhebliche Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft. Um deren Herausforderungen zu meistern und die sich neu ergebenden Chancen zu nutzen, müssen die alten Geschäftsmodelle »auf den Prüfstand«.

Die Umstellung von zentral betriebenen konventionellen Kraftwerken hin zu fluktuierend einspeisenden erneuerbaren Energien wird immer mehr dazu führen, dass untertägige Preisschwankungen zunehmen werden. Schon heute gibt es Zeiten, in denen die Börsenstrompreise negativ sind, weil die Erneuerbaren mehr Strom produzieren als benötigt wird. In anderen Zeiten werden konventionelle Kraftwerke zur Deckung des Strombedarfs benötigt, deren Preise aufgrund des CO₂-Zertifikatehandels sukzessive steigen werden. Flexibilität wird die zentrale »Schlüsselkompetenz« für eine möglichst kostengünstige Energiewende. Die Vermeidung von Überschussmengen

erneuerbarer Energien reduziert nicht nur die CO₂-Belastung, sondern spart auch Energiekosten.

Die Digitalisierung wirkt sich »disruptiv« auf viele Branchen und deren Geschäftsmodelle aus, wenn auch die Blockchain-Technologie wohl doch nicht die Energieversorgungsunternehmen komplett abschaffen wird, wie dies in deren Hype-Phase schon vermutet wurde.

Andererseits kann die Künstliche Intelligenz Beiträge leisten, die Koordination von Erzeugung und Verbrauch im Energiesystem zu verbessern und die zusätzlichen Erlöse an den Strombörsen durch geschicktes Handeln zu erzielen. Die Plattform-Technologien ermöglichen durch ihre Skalierungsfähigkeit neue Geschäftsmodelle.

»Werkzeugkasten« für Geschäftsmodelle

Die an der Energiewende beteiligten Akteure müssen die Herausforderungen und Chancen der Digitalisierung aktiv angehen. Dies betrifft insbesondere auch Stadtwerke, die nicht über die finanziellen Mittel verfügen, neue Geschäftsmodelle in großen Forschungsvorhaben zu testen. Sie können aber aufgrund ihrer regionalen Präsenz ein Schlüsselakteur für die Energiewende werden, wenn sie als »Kümmerer in der neuen Energiewelt« für die Bürger auftreten. Auch die Technologiehersteller und Planer müssen ihre Produkte und Dienstleistungen so umstellen, dass sie den Anforderungen der Energiewende gerecht werden.

Das Fraunhofer IEE hat speziell für diese Unternehmen ein Beratungskonzept zur ganzheitlichen Betrachtung von Geschäftsmodellen entwickelt. Das Fundament des Konzepts bildet die am Institut in einer Vielzahl von Forschungsprojekten gesammelte Erfahrung im energiewirtschaftlichen und -technischen Bereich. Die vorhandene Expertise erstreckt sich von den Themen Marktdesign und Regulatorik, über die industrielle

Transformation und Künstliche Intelligenz, bis zu allen benötigten Technologien für die Energiewende. Für die Entwicklung und Bewertung der Geschäftsmodelle stehen diverse Tools und Analysewerkzeuge zur Verfügung, die in Energiesystem Stadt spezifisch auf die Belange von Smart Cities weiterentwickelt wurden. Darüber hinaus verfügt das Institut über die nötige Methodenkompetenz, um z.B. Marktanalysen durchzuführen und Risiken bei einer Markteinführung zu bewerten.

Ausgestattet mit diesem »Werkzeugkasten« ist das Fraunhofer IEE der richtige Partner, um Energieversorger, Projektentwickler und Technologiehersteller bei der erfolgreichen Markteinführung von »Energiewende-gerechten« Produkten und Dienstleistungen zu unterstützen.

FORSCHUNGSERFAHRUNG

- Technologische Innovationen
- Energiemarktdesign
- Energiesystemtechnik
- Politik & Regulatorik
- Industrielle Transformation
- Marktbarrieren
- Digitalisierung der Verteilnetze

METHODENKOMPETENZ

- Methoden für Geschäftsmodellanalysen & -entwicklung
- Methoden zur Bewertung politischer & regulatorischer Einflüsse
- Methoden für Marktanalysen
- Methoden zur Bewertung & Steuerung von Risiken
- Finanzierungsmodelle & -instrumente
- Technoökonomische Methoden für technologische Innovationsanalysen
- Methoden zu Transformationspfaden der Strom-, Gas- und Wärmenetze

GESCHÄFTSMODELLANALYSE & -ENTWICKLUNG

- Technoökonomische Analysen für technologische Innovations-Optionen
- Nutzwertanalysen für F&E
- Folgenabschätzung von Politik und Regulatorik auf technologische Innovationen für Unternehmen
- Konkurrenz- & Marktanalysen für F&E
- Risikobewertung technischer Innovationen & Geschäftsmodelle
- Technoökonomische Analysen zur industriellen Transformation
- Wirkungsanalysen von Energiemarktdesigns
- Optimierung von Netzflexibilitäten

FRAUNHOFER IEE TOOLS*

***Fraunhofer IEE Tools:**
investSCOPE, microSCOPE, pandapower, energyANTS, EQ-City, beeDIP und weitere Tools

Weiterentwicklung innovativer Fernwärmetechnologien im Versuchs- und Testzentrum District LAB



Das District LAB bietet dringend benötigte Experimentier- und Testmöglichkeiten für Netzbetreiber und Energieversorger sowie Systemplaner und Komponentenhersteller innovativer Fernwärmenetze und neuer Anwendungen. Die Versuchseinrichtung liefert einen entscheidenden Beitrag für die notwendige Wandelung der leitungsgebundenen Energieversorgung.«

Dr. Miha Bobic

Leiter des Ressort Geschäftsentwicklung und Produkte, Danfoss

Forschung

Flexibles Wärmenetz im Quartiersmaßstab

- Kalte Netze oder Quellennetze mit dezentralen Wärmepumpen
- Niedertemperatur- Wärmenetze mit dezentraler Einspeisung
- Hygienische Trinkwarmwasserbereitung bei NT-Versorgung
- Transformationsstrategien für bestehende Netze

Leitsystem und Regelungskonzepte

- Entwicklung neuer Betriebsstrategien und Regelungskonzepte für flexible Fernwärmenetze
- Steuerung, Monitoring und Visualisierung von zentralen und dezentralen Komponenten
- Automation von Testsequenzen
- Validierung von Simulationsmodellen und datentechnische Identifikation von kundenspezifischen Komponenten
- Vorrusschauende Simulation und Betriebsstrategien

Anwendung

Mechanische Tests – Rohrteststrecke

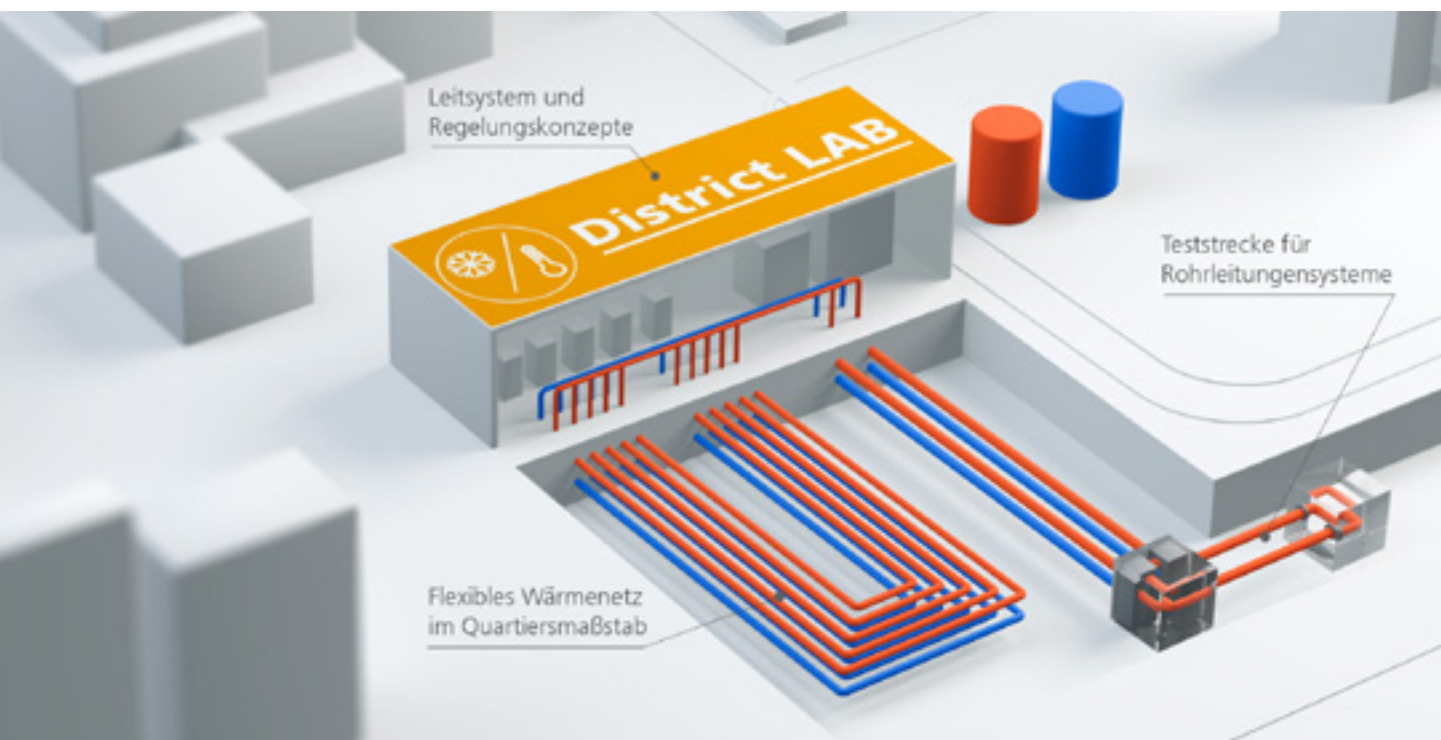
- Test von Extremfahrweisen für Rohrstatik und Ermüdung (neue Auslegungskriterien)
- Verlegetechnik (Tests neuer Schweißtechnik und Fügeverfahren)
- Flexible Tests Bettungsmaterialien (z.B. Sand versus »zeitweise fließfähiger, selbstverdichtender Verfüllstoffe«)
- Qualitätssicherung auf der Baustelle

Leistungsspektrum

- Validierung, Vermessung und Optimierung von kundenspezifischen Komponenten unter Bedingungen praxisrelevanter Untersuchungs- bzw. Versuchsszenarien
- Thermo-hydraulische Realtests zur Bewertung von leitungsgebundenen Versorgungsstrategien
- Realtests der technischen Gebrauchsdauer von Rohrleitungen (inkl. Bettung und Verlegetechnik)
- Entwicklung und Validierung neuer Betriebsführungs- und Regelungskonzepte
- Simulation von Fernwärmesystemen
- Beratung, Schulung und Wissenstransfer

Nachbildung des Systemverhaltens flexibler Wärmenetze

- Entwicklung und Bewertung von leitungsgebundenen Wärmeversorgungskonzepten
- Wärmebedarfsermittlung von Neubau und Bestandsquartieren
- Dimensionierung und Auslegung von leitungsgebundenen Wärmesystemen sowie Einzeltechnologien mit Speichern und Technologien der Sektorkopplung
- Bilanzierung und Bewertung von Energieflüssen und Umweltfaktoren
- Beratung von Systemplanern, Energieversorgern, Netzbetreibern, Stadtwerken, System- und Komponentenherstellern, Kommunen und politischen Entscheidungsträgern



Das Versuchs- und Testzentrum District LAB bietet umfangreiche Experimentier- und Testmöglichkeiten für Netzbetreiber und Energieversorger sowie Systemplaner und Komponenten-Hersteller zukunftsfähiger innovativer Wärmenetze.

Versuchseinrichtung für die Fernwärme

Fern- und Nahwärmenetze sind ein wesentlicher Baustein der Energiewende und müssen daher erweitert und transformiert werden. Dies erfordert neue Technologien und Betriebsmodelle, die den Anforderungen des zukünftigen Energiesystems gerecht werden und gleichzeitig wirtschaftlich sind. Um diese Entwicklungen zu unterstützen, errichtet das Fraunhofer IEE das Versuchs- und Testzentrum District LAB.

Um die Entwicklung des Fernwärmesektors zu Gunsten erneuerbarer Energien zu unterstützen, ermöglicht das District LAB die experimentelle Entwicklung und Untersuchung von innovativen Produkten und Betriebsmodellen. Es sollen dabei neue technische Lösungen entwickelt werden, die das Potenzial der Fernwärme zur Erreichung der Klimaschutzziele und zur Wandelung des Energiesystems ausschöpfen. Der Fokus liegt

somit vor allem auf der Integration erneuerbarer Energien in Wärmenetzen sowie der Kopplung von Fernwärmesystemen mit weiteren Energieversorgungsstrukturen wie zum Beispiel dem Stromnetz. Dieser technologische Wandel bedarf einer Transformation und Weiterentwicklung bestehender Fernwärmesysteme. Um dem hohen Forschungsbedarf zu begegnen, werden im District LAB mit unseren Partnern aus Industrie und Wissenschaft innovative Regelungskonzepte entwickelt, neue Bauteile für Wärmenetze erprobt und Betriebsstrategien optimiert.

Das Gesamtsystem im Vordergrund

Die Versuchseinrichtung District LAB bietet umfangreiche Experimentiermöglichkeiten für Netzbetreiber, Systemplaner und Komponenten-Hersteller im Bereich der leitungsgebundenen Wärmeversorgung. Der flexible und modulare Aufbau des District LAB erlaubt dabei passgenaue Versuchsaufbauten für unterschiedliche Anforderungen. Die ganzheitliche Abbildung eines Gesamtsystems von der Wärmequelle bis zur -senke gewährleistet die Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse auf die Realität und stellt ein Alleinstellungsmerkmal der Versuchseinrichtung dar.

Das District LAB umfasst sowohl ein flexibles Testnetz im Quartiersmaßstab zur Untersuchung von Betriebsstrategien und Transformationsszenarien als auch eine Teststrecke für die Prüfung von Rohrleitungen und Bettungsmaterialien hinsichtlich ihrer mechanischen Belastbarkeit. Mit einem digitalen Leit- und Regelungssystem können die Betriebszustände zu jedem Zeitpunkt exakt eingestellt und gemessen werden. Durch die vollständige Abbildung der Energiewandlungskette vom Wärmeerzeuger über die Rohrleitungen bis hin zum Verbraucher werden neue Technologien und Produkte stets unter Berücksichtigung vielseitiger Einflussfaktoren analysiert und bewertet. Eine Untersuchung der Transformation vom Hoch- zum Nieder-temperaturbetrieb ist dabei genauso möglich, wie die Demonstration neuer Automatisierungs- und Regelungssoftware oder die Prüfung von Rohrstatik und -lebensdauer.



Unsere Mitgliedsunternehmen, Energieversorger und Stadtwerke aus ganz Deutschland, engagieren sich seit vielen Jahren für die Weiterentwicklung der Fernwärme. Mit den Ergebnissen aus dem District LAB können wir im Zusammenspiel von Fachplanern, Industriepartnern, Forschung und regelsetzenden Institutionen die bestehenden Systeme fit für die Zukunft machen und eine effiziente Einbindung erneuerbarer Energien ermöglichen.»

Dr. Heiko Huther,
Bereichsleiter, Geschäftsführer
der AGFW-Projekt GmbH



Neue Wege der Entscheidungsfindung mit den Akteuren der Energiewege gehen – Energy Transition Hub



»Um vernetzte Transformationsprozesse nicht nur als Vision zu formulieren, sondern auch umzusetzen, müssen wir Erkenntnisse, Notwendigkeiten und Entscheidungen gemeinsam erarbeiten und für die Öffentlichkeit transparent darstellen.«

Björn Machill
wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IEE

Forschung

Entwicklung interaktiver Werkzeuge für urbane Energiesystemanalysen und Visualisierungen

- Interaktives Werkzeug für die Entwicklung regionaler, zeitreihen-basierter und klimaneutraler Energiesystemlösungen
- Erprobung der entwickelten Algorithmen und Hardware für die Nutzbarkeit in Livesituationen
- Einfache Integration weiterer Softwareprodukte und Werkzeuge

Prozessetablierung iterative Entscheidungsfindung mit Decision Theatern

- Beteiligte Stakeholdergruppen einbinden und einheitlichen Informationsstand etablieren
- Beschleunigten iterativen Entscheidungsfindungsprozess durch Tooleinbindung ermöglichen
- Randbedingungen adaptieren, anpassen, neu hinzufügen

Aufbau und Entwicklung der Kommunikations- und Kollaborationsplattform »Energy Transition Hub«

- Entwicklung einer Konzeptlösung für eine Energiewende-Kollaborationsplattform
- Adaption und Eigenentwicklung aus OpenSource-Software Komponenten
- Etablierung von Prozessen für wissenschaftliche Anwendungen sowie Kollaborationsanwendungen auf einer Plattform

Konzeptionierung eines »Decision Theaters« für die Entwicklung urbaner Energiesystemszenarien

- Analyse des aktuellen Forschungsstandes für Modell-Stakeholder-Interaktionen und Co-Creation-Workshops
- Interviews mit Stakeholdergruppen zur Identifikation und Konkretisierung aktueller Entscheidungsprobleme
- Definition eines iterativen Decision Theater Prozesses, welcher den Austausch zwischen und die Integration verschiedener Stakeholdergruppen erleichtert
- Erprobung des Decision Theater Konzepts

Anwendung

Gemeinsame Definition und Validierung eines Energieszenarios und Zielsystemkriterien für eine Stadt

- Erarbeitung tragfähiger optimaler Ausbaupfade und Maßnahmenempfehlungen
- Transparente, zeit- und kosteneffiziente Integration von Wissen und Perspektiven urbaner Akteure bei politischen Entscheidungen
- Flexible Integration von Tools und Daten in einen Dialog- und Entscheidungsprozess

Unterstützung der Entscheidungsfindung für die urbane Energiewende

- Durchführung von partizipativen Workshop-Formaten zur Einbindung aller Akteure auf Beschlussfindungs- und Entscheidungsebene
- Von Experten erarbeitete, live verfügbare Energieszenarien als Orientierung für die Diskussion und Entscheidung über politische Maßnahmen

Auswertung und Visualisierung bestehender Daten, Fakten und Ziele

- Kooperation mit Experten zur Durchführung von transparenten Analysen, Bewertung bestehender Daten, Bewertungskriterien, Szenarien und Entwicklungspfad für die urbane Energiewende in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität
- Sichere und zuverlässige Kollaborationswerkzeuge für hybride Veranstaltungen
- Barometer der Energiewende als integrierte Web-Applikation

Integrative Plattform zur Kollaboration und Entwicklung

- Vernetzung modellbasierter Werkzeuge und Visualisierungen
- Framework für die Erstellung und Integration interaktiver Visualisierungs-Tools
- Flexibilität durch OpenSource Komponenten und Nutzbarkeit durch browserbasierten Zugriff



Visualisierung der Leitwerte der Energiewende im Neubau des Fraunhofer IEE in Kassel.

Unterstützung bei der Kollaboration und Entscheidungsfindung

Die aktuellen politischen Zielsetzungen für klimaneutrale Kommunen und ein klimaneutrales Deutschland vor 2050 erfordern schon in diesem Jahrzehnt wegweisende Entscheidungen von politischen, unternehmerischen und privaten Akteuren. Für die Erarbeitung gesellschaftlich und parametrisch robuster Handlungsempfehlungen unter Berücksichtigung relevanter Zielkriterien sind Kollaborationen und Diskussionen zwischen Experten aus der Wissenschaft und Praxis wesentlich. Da die systemischen Zusammenhänge komplex sind, sollten diese Diskussionsrunden auf der Basis hochqualitativer und interaktiv zugreifbarer Datengrundlagen, Studienergebnisse und Visualisierungen stattfinden.

Die Basis für zukunftsorientierte Kollaborations-, Dialog- und Entscheidungsprozesse bildet der Energy Transition Hub (ETHub) des Fraunhofer IEE. Der ETHub integriert und bündelt vorhandene Modellierungswerkzeuge, energiebezogene Datenbanken und -visualisierungen, Kommunikations- und Kollaborationsdienste sowie Workshop-Formate. Ein besonderes Workshop-Formate, welches durch die Infrastruktur des ETHub ermöglicht wird, ist das sogenannte »Decision Theater«.

In einem Decision Theater (DT) werden ExpertInnen und Interessensgruppen durch einen moderierten Diskussionsprozess geführt, um zu tragfähigen gemeinsamen Entscheidungen zu gelangen. Die Besonderheiten gegenüber anderen moderierten Workshop-Formaten sind, neben einem Konferenzraum mit einer Monitorwand, die ausgeprägte Interaktion mit wissenschaftlichen Modellen und der flexible Zugriff auf Datenvisualisierungen und Studien. Während auf dem Monitor des DT mehrere Argumente oder Kollaborationselemente parallel dargestellt werden können, ermöglichen die jeweils eingesetzten interaktiven Visualisierungstools das Durchspielen verschiedener Varianten und führen damit zu wissenschaftlichen Erkenntnissen über Zusammenhänge und Möglichkeiten in Echtzeit.

Decision Theater für die gemeinsame Entwicklung urbaner Energiesystemszenarien

Urbane und regionale Akteure können die Kombination eines Decision-Theater-Prozesses mit den Erkenntnissen, Methoden, Daten und Modellen der Energiesystemanalyse nutzen, um auf kommunaler und regionaler Ebene zu gemeinschaftlichen und gesellschaftlich robusten Entscheidungen zu kommen. Ein Anwendungsfall für das Decision Theater ist die gemeinsame Entwicklung urbaner Energiesystemszenarien vor dem Hintergrund regionaler und nationaler Rahmenbedingungen.

Im Rahmen des moderierten Entscheidungsfindungsprozesses auf Basis wissenschaftlicher Werkzeuge und Erkenntnisse werden in einem informierten Dialog kosteneffiziente Zielsysteme und regulative Maßnahmen mit den Stakeholdern der urbanen Energiewende diskutiert und durchgespielt. Über speziell für dieses Einsatzgebiet angepasste Energiesystemmodelle (sogenannte »Decision/Dialog Tools«) werden alternative Energieszenarien berechnet, visualisiert, analysiert und bewertet. Die Parameter der Modelle können entsprechend der Diskussionslage angepasst werden, so dass während der Veranstaltung die Konsequenzen einer Variation von Modellannahmen oder

Bewertungskriterien in Echtzeit veranschaulicht und diskutiert werden können. Berücksichtigte Annahmen umfassen beispielsweise Technologiekosten, technologische Präferenzen für Windkraft in der Region, Freiflächen- oder Dachflächen-Photovoltaik, eigenverbrauchsorientierte Prosumersysteme, Nah-, Fernwärme, Gebäudesanierung oder andere Effizienzmaßnahmen.

Die Informationen zu Energieszenarien können so auf möglichst transparente Weise für Diskussionen genutzt werden, wodurch das Vertrauen in den Entscheidungsprozess gesteigert wird. Die Nutzung des Decision Theaters dient weiterhin der Versachlichung der Diskussionen über Wechselwirkungen vor dem Hintergrund von Zielkonflikten der beteiligten Akteure und einer effizienten Konsensfindung.





Energiesystem Stadt im Video: Visionen und Beispiele

Neben vielen schriftlichen Dokumentationen zeigt eine hochwertige zwölfminütige Video-Dokumentation zum Forschungsschwerpunkt »Energiesystem Stadt« beispielhaft, wohin es in der Städteentwicklung durch den Einsatz von den gewonnenen Forschungserkenntnissen gehen kann.

Energieeffizientes und somit nachhaltiges Wohnen in der Stadt ist möglich. In einem Wohnhaus im Westen von Frankfurt am Main mit mehr als 150 Wohneinheiten wurde das Prinzip der Sektorenkopplung und damit einer optimalen Energieeffizienz bereits umgesetzt. Im Keller des Hauses befindet sich eine der größten Wärmepumpen Europas. Sie nutzt die Abwärme der Kanalisation optimal und versorgt das gesamte Gebäude mit Wärme.

Deutschland wird immer urbaner und zunehmend mehr Menschen leben in der Stadt. Hier wird also die meiste Energie benötigt. Die für den Klimaschutz entscheidenden Fragen lauten in diesem Zusammenhang: Wie können die Verkehrsströme, Wärme- und Stromerzeugung ohne CO₂-Emissionen realisiert werden? Wie kommt die Energiewende in die Stadt?

Ziel ist es, Sektoren zu koppeln und die Energieversorgung auf diese Weise effizienter zu gestalten. Der Forschungsschwerpunkt »Energiesystem Stadt« bietet das nötige Know-how, um Potenziale zu identifizieren, zu analysieren und für die Sektorenkopplung zu optimieren.

Neben eindrucklichen Beispielen aus der Metropole Frankfurt wirft der Film auch einen Blick auf ländliche Regionen. Denn nicht nur in Großstädten gilt es, planerisch eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung und ein perfektes Energie-Management umzusetzen. Daher werden die vom Fraunhofer IEE entwickelten Konzepte immer perfekt an die Bedürfnisse einer Region angepasst.

In ländlichen Gebieten und kleineren Kommunen kommt oftmals die energieeffiziente Sanierung älterer Gebäude als Herausforderung hinzu. Passend dazu bietet das Fraunhofer IEE und der Forschungsschwerpunkt »Energiesystem Stadt« Tools für energetische Sanierungen. Diese sind ein wichtiges Segment der nachhaltigen Stadtentwicklung.

Die Inhalte des Forschungsschwerpunkts werden in dem Film anschaulich und kompakt vermittelt. So wird etwa ein Blick hinter die Kulissen und auf die umfangreiche Arbeit der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IEE geworfen. Einblicke in die eigene Leitwarte, wo Tests unter realen Bedingungen bei einem zunehmend volatilen Stromangebot stattfinden, zeigen, was bereits heute möglich ist. Durch Innovationen des Forschungsschwerpunkts »Energiesystem Stadt« kann die Energiewende in die Städte getragen werden. Es wird eindrücklich gezeigt, warum das Fraunhofer IEE ein verlässlicher und starker Partner für Energieversorger, Wohnungsbaugesellschaften, Komponentenhersteller und andere ist. Damit wird deutlich: Nur gemeinsam und durch die Vernetzung mit lokalen und internationalen Partnern lässt sich die Energiewende gestalten als nachhaltiger Beitrag für den Klimaschutz.

Video »Energiesystem Stadt«



Begleitkreismitglieder

Versorger / Stadtwerke

STWB Stadtwerke Bamberg GmbH
Dr. Michael Fiedeldey

Städtische Werke AG Kassel
Dr. Olaf Hornfeck
Markus Jungermann

Vattenfall GmbH
Daniel Kolleck

Mainova AG
Christian Borg-Krebs

Städte / Kommunen

Stadt Frankfurt am Main
Der Magistrat - Energiereferat
Gerd Prohaska

Stadt Kassel
Christof Nolda

Systemhersteller / Komponenten

Viessmann Elektronik GmbH
Martin Roßmann
Dr. Werner Klausmann

Stiebel Eltron GmbH Co. KG
Dr. Kai Schiefelbein

Danfoss A/S
Dr. Miha Bobic

Industrieverbände

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Dr. Heiko Huther

Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.
Dr. Martin Sabel

Regionalverbände

Zweckverband Raum Kassel
Kai Bachmann

Wohnungsbau / Immobilien

GWG Gemeinnützige Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Kassel mbH
Peter Ley
Mario Emmermann

ABG Frankfurt Holding GmbH
Frank Junker

Planer

GEF Ingenieur AG
Dr. Stephan Richter

Förderer

Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst
Dr. Ulrike Mattig

Projektträger Jülich
Dr. Stefan Krengel

Förderer



Das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst hat das Aufbauprojekt »Energiesystem Stadt: Sektorenkopplung in urbanen Räumen« mit Mitteln des Landes Hessen von 2018 bis 2021 gefördert. Damit ist es gelungen, für das auf Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik spezialisierte Fraunhofer IEE in Kassel, einen weiteren wichtigen Forschungsschwerpunkt für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende in Hessen und Deutschland zu erschließen.

Auf dieser Basis stellt das Fraunhofer IEE nun Forschungs- und Beratungsdienstleistungen für eine sektor-übergreifende effiziente und flexible Nutzung von elektrischer Energie in Verbrauchssektoren wie Strom, Wärme, Kälte und Mobilität sowie die effiziente Betriebsführung der Systeme zur Verfügung. In enger Kooperation mit der Wirtschaft gilt es nun, Lösungen für Innovationen in Unternehmen und Konzepte für die Umsetzung der lokalen Energiewende in urbanen Räumen in Hessen zu entwickeln.

Ansprechpartner Fraunhofer IEE

Projektleitung Energiesystem Stadt

Prof. Dr. Kurt Rohrig
E-Mail: kurt.rohrig@iee.fraunhofer.de

Dr. Dietrich Schmidt
E-Mail: dietrich.schmidt@iee.fraunhofer.de

Der Prozess der urbanen Energiesystemtransformation

Dr. Anna Marie Kallert
E-Mail: anna.kallert@iee.fraunhofer.de

Konzepte für die Umsetzung einer regionalen Energiewende

Dr. Anna Marie Kallert
E-Mail: anna.kallert@iee.fraunhofer.de

Annika Pieper
E-Mail: annika.pieper@iee.fraunhofer.de

Technologien für die Kopplung der Sektoren Strom und Wärme

Dr. Michael Krause
E-Mail: michael.krause@iee.fraunhofer.de

Fabian Thalemann
E-Mail: fabian.thalemann@iee.fraunhofer.de

Werkzeuge für die Umgestaltung urbaner Energiesysteme

Dr. Tanja Kneiske
E-Mail: tanja.kneiske@iee.fraunhofer.de

Dr. Carsten Pape
E-Mail: carsten.pape@iee.fraunhofer.de

Intelligentes Energiemanagement für einen optimierten Anlagenbetrieb in Städten und ihren Versorgungsnetzen

Alexander Dreher
E-Mail: alexander.dreher@iee.fraunhofer.de

Dr. Sebastian Wende-von Berg
E-Mail: sebastian.wende-von.berg@iee.fraunhofer.de

Dr. Christoph Scholz
E-Mail: christoph.scholz@iee.fraunhofer.de

Geschäftsmodelle für eine kosteneffiziente Umsetzung der Energiewende

Patrick Selzam
E-Mail: patrick.selzam@iee.fraunhofer.de

Britta Zimmermann
E-Mail: britta.zimmermann@iee.fraunhofer.de

Weiterentwicklung innovativer Fernwärmetechnologien im Versuchs- und Testzentrum District LAB

Dr. Anna Marie Kallert
E-Mail: anna.kallert@iee.fraunhofer.de

Dr. Peter Loepelmann
E-Mail: peter.loepelmann@iee.fraunhofer.de

Neue Wege der Entscheidungsfindung mit den Akteuren der Energiewege gehen – Energy Transition Hub

Björn Machill
E-Mail: bjoern.machill@iee.fraunhofer.de



Weitere Informationen
finden Sie unter:
www.energie-system-stadt.de

Impressum

Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE

Institutsleitung:
Prof. Dr.-Ing. Kurt Rohrig
Dr.-Ing. Philipp Strauß (stellv.)
Dr.-Ing. Reinhard Mackensen (stellv.)

Fraunhofer IEE
Joseph-Beuys-Str. 8
34117 Kassel

E-Mail: info@iee.fraunhofer.de

www.iee.fraunhofer.de

Redaktion

Prof. Dr. Kurt Rohrig
Dr. Dietrich Schmidt
Ines Jakob
Uwe Krengel
Josephine Hein

Grafik und Layout

Anna Krolczik

Bildnachweis

Adobe Stock 9, 13, 15, 21, 34, 37
Volker Beushausen 12,
Fotolia Cover,
Fraunhofer IEE | Dr. Michael Krause 25, 26
Fraunhofer IEE | Maryna Miliushchanka 18, 41
Fraunhofer IEE | Christopher Casper 14, 18, 22, 38
iStock 33
kunst.hessen.de 7-8
Jörg Moll Filmproduktion 30, 47
Harry Soremski 16, 42
Nelli Stürmer 17
Pixelio | Marc Boderach 5-6
Pixelio | Rainer Sturm 11, 12, 15
Shutterstock 46

Fraunhofer IEE | Eigene Abbildung auf Basis von den
LOD1-Gebäudemodelldaten »Freie und Hansestadt Hamburg,
Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung, 2014
Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0
<https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>«
sowie im Hintergrund: »© Google 2018, DigitalGlobe,
Geobasis-DE / BKG, GeoContent, Landsat / Copernicus« 29

1. Oktober 2021

Energiesystem Stadt

In Deutschland lebt ein Großteil der Bevölkerung in Städten. Gerade hier gibt einen großen Bedarf an Energie und Ressourcen, was viele Emissionen freisetzt. Die für den Klimaschutz entscheidenden Fragen lauten in diesem Zusammenhang: Wie können die Wärme- und Stromerzeugung, sowie der Verkehr ohne CO₂-Emissionen realisiert werden? Wie kommt die Energiewende in die Stadt?

»Energiesystem Stadt« gibt Antworten für die Gestaltung einer effizienten und emissionsfreien Energieversorgung im urbanen Umfeld. Der Forschungsschwerpunkt bietet das nötige Know-how, um Potenziale zu identifizieren, zu analysieren und die Sektorenkopplung umzusetzen.

Sprechen Sie uns an:

Tekn. Dr. Dietrich Schmidt

E-Mail: dietrich.schmidt@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und
Energiesystemtechnik IEE

Joseph-Beuys-Str. 8

34117 Kassel

www.iee.fraunhofer.de

Weitere Informationen finden Sie unter:

www.energie-system-stadt.de

