

Energieeffiziente Gebäude

*Forschungs- und Demonstrationsgebäude mit transluzentem textilem Dach, evakuierten Wärmedämmsystemen sowie innovativen Sonnenschutzeinrichtungen.
© ZAE Bayern
Foto: Petra Höglmeier*



Kontakte

DBFZ

Dr.-Ing. Volker Lenz
Tel.: 0341/2434-450
volker.lenz@dbfz.de

DLR

Prof. Dr. Bernhard Hoffschmidt
Tel.: 02203/601-3200
bernhard.hoffschmidt@dlr.de

Dr. Martin Vehse

Tel.: 0441/99906-218
martin.vehse@dlr.de

Fraunhofer IEE

Dr. Philipp Strauß
Tel.: 0561/7294-144
philipp.strauss@iee.fraunhofer.de

Dr. Dietrich Schmidt
(Energiemanagement,
gebäudeintegrierte PV)

Tel.: 0561/804-1871
dietrich.schmidt@iee.fraunhofer.de

Dr. Michael Krause

Tel.: 0561/804-1875
michael.krause@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE

Sebastian Herkel
(energieeffiziente Gebäude)

Tel.: 0761/4588-5117
sebastian.herkel@ise.fraunhofer.de

Tilmann Kuhn

(solare Gebäudehüllen)

Tel.: 0761/4588-5297
tilmann.kuhn@ise.fraunhofer.de

Wolfgang Graf

(Beschichtungen – Technologien
und Systeme)

Tel.: 0761/4588-5946
wolfgang.graf@ise.fraunhofer.de

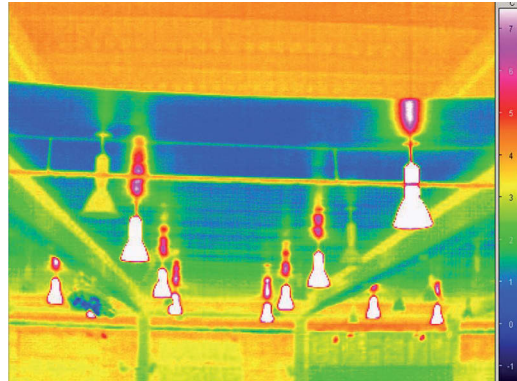
Derzeit fallen 38 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland in Gebäuden an. Davon entfallen 90 % auf Niedertemperaturwärme (< 80 °C), die schwerpunktmäßig für das Heizen eingesetzt wird. Energieeffizientes und solares Bauen kann und muss daher einen nennenswerten Beitrag bei der Reduzierung des CO₂-Ausstoßes und der Erreichung der Klimaschutzziele leisten.

- + Energiegewinne können durch passive Nutzung der Solarenergie erzielt werden.
- + Energieverluste durch die Hülle (Außenwände, Fenster, Boden und Dach) lassen sich durch Dämmungen, energieeffiziente Fenster und luftdichte Konstruktionen stark vermindern.
- + Energieverluste verursacht durch Luftwechsel oder warmes Abwasser lassen sich durch Wärmerückgewinnung mindern.
- + Bautechnische Energieeffizienz-Maßnahmen führen auch zu einer Erhöhung des Wohnkomforts.
- + Bei Neubau und im Zuge anstehender Sanierungen kann mit vergleichsweise geringen Mehrkosten der Effizienzstandard signifikant erhöht und ein nennenswerter Beitrag zur Einsparung von Treibhausgasemissionen generiert werden.
- + Moderne Gebäudetechnik erfüllt die Wärmeerwartungen der Nutzer durch angepasste Regelung effizient und effektiv und reduziert so deutlich den Endenergieeinsatz zur Deckung des Wärmebedarfs.
- + Wärmepumpensysteme und Kraft-Wärme-Kopplungssysteme stellen mit hoher Effektivität Wärme zur Verfügung. Durch ihre Kopplung mit dem Stromsektor können sie aktiv durch Erzeugung von Strom (KWK) oder als Last (WP) einen Beitrag zur Stabilisierung des Stromnetzes leisten.

- + Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Gebäudekonzepte, die das Ziel eines niedrigen oder negativen Primärenergieverbrauchs verfolgen: z. B. 3-Liter-Haus, Passivhaus, SolarAktivHaus, Null-Heizenergiehaus, Null-Energiegebäude oder Plus-Energiegebäude.
- + Ziel ist es, sowohl im Neubau als auch im Bestand Lösungen zu entwickeln, in denen eine energieeffiziente Gebäudehülle und hocheffiziente Haustechnik mit einem hohen Anteil an lokal verfügbaren erneuerbaren Energien kombiniert werden.
- + Der Einsatz von bauwerksintegrierten Photovoltaiklösungen (BIPV) bietet eine dezentrale Versorgung mit vor Ort erzeugter, sauberer und sicherer Energie.
- + Zukünftig werden Gebäude auch Anforderungen erfüllen müssen, die sich aus einem wachsenden Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien im Strommix ergeben. Hier können gebäudeintegrierte Wärme- und Stromspeicher einschließlich der thermischen Gebäudemasse eine wichtige Rolle spielen.

Potenziale

Technisch können bis zu 80 % des Niedertemperaturwärmebedarfs mit verfügbaren Technologien reduziert werden. Unter realen Randbedingungen (Wirtschaftlichkeit, bauliche Einschränkungen, Eigentumsfragen etc.) sind im Schnitt Reduktionen um 50 % zu erwarten. Der verbleibende Bedarf muss vollständig mit erneuerbaren Energien gedeckt werden, um das Ziel der Dekarbonisierung zu erreichen.



Low-e-Beschichtungen zum großflächigen Einsatz
 Unterdecke aus low-e-Membranen zur Reduktion der Kühlenergie in der Eissporthalle in Landsberg am Lech.
 Rechts: Die Thermografie der Unterdecke verdeutlicht die „kältere reflektierende“ Wirkung der low-e-Schicht.
 © ZAE Bayern

Forschungs- und Entwicklungsbedarf für energieeffiziente Gebäude

Ziel der Forschung und Entwicklung ist es, den Energiebedarf im Gebäudebereich signifikant zu reduzieren und den verbleibenden Energiebedarf durch erneuerbare Energiequellen möglichst effizient zu decken.

- Hochwärmedämmende Vakuum-Dämmpaneele besitzen bei gleicher Dämmwirkung wie herkömmliche Dämmstoffe eine um den Faktor 5 bis 10 geringere Schichtdicke. Forschungsbedarf besteht insbesondere bei der Optimierung der Beständigkeit und der systemtechnischen Integration in das Gebäude und den Bauprozess.
- Dämmmaterialien und -systeme für die kostengünstige Sanierung von Altbauten (z. B. Dämmputze)
- Entwicklung solaroptimierter Fenster, die eine Überhitzung in den Sommermonaten verhindern und gleichzeitig für hohe Tageslichtnutzung sorgen (Vakuum-Isolierglas mit exzellenten Wärmedämmeigenschaften, verbesserte Wärmeschutzschichten mit hoher solarer Transmission, mikrostrukturierte Verglasung für Lichtlenkung und Sonnenschutz).
 - Systeme mit variablem Energiedurchlassgrad bieten effiziente Nutzung solarer Wärme im Winter bei gleichzeitiger Verschattung im Sommer (z. B. schaltbare Wärmedämmung)
 - Systeme, welche durch Integration von Phasenwechselmaterialien in lichtdurchlässigen Elementen die Funktionen Wärme-/Kältespeicherung und Tageslichtnutzung kombinieren
- Ersatz von fossil befeuerten Systemen durch Systeme, die Wärmequellen und -senken der Umwelt nutzen, wie Erdreich, Sonne, Außenluft oder Grundwasser (Niedrig-Exergie-Systeme = LowEx)
- Verminderung der Temperaturniveaus der Versorgungstechnik im Gebäude entsprechend der tatsächlichen Nutzeranforderungen (Niedertemperatursysteme, aktive Einzelraumregelung, aktive Berücksichtigung solarer Gewinne durch Prognose-Tools und prädiktive Regler, aktiv kontrollierte Be- und Entlüftung)
- weitgehend vollständige Wärmerückgewinnung und Kaskadennutzung der Energie (Abwasser, Abluft, Abwärme von Kühlgeräten)
- Entwicklung von Schnittstellensystemen, die ein einfaches technisches und regelungstechnisches Ändern der Haustechnik erlauben (Plug-and-Run).
- Digitalisierung der Haustechnik für leistungsfähigere Regelung und automatisierte Anpassung unter Berücksichtigung von Wetter und Nutzerverhalten/-wünschen
- Lichtlenk- und -verteilungssysteme zur besseren Nutzung der natürlichen Strahlung für die Beleuchtung, wodurch sich auch die Kühllast reduzieren lässt
- Planungsinstrumente für Beleuchtungskonzepte, die natürliche und künstliche Beleuchtung für die Nutzerbedürfnisse optimieren und zugleich in einer günstigen Wechselwirkung zum Gesamtenergiebedarf des Gebäudes stehen
- Entwicklung energieeffizienter Beleuchtungssysteme auf Basis von Hochleistungs-LEDs (Ablösung aller ineffizienteren Beleuchtung)
- Entwicklung von Funktionsmaterialien mit verbesserten Eigenschaften oder reduzierten Kosten: systematische Charakterisierung der physikalischen Eigenschaften neuer Bauelemente
- Methodenentwicklung zur energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden, auch unter Berücksichtigung denkmalgeschützter Bauten
- Entwicklung flächiger Wärmespeicher hoher Energiedichte für die Oberflächenintegration in Wänden und Decken (z. B. Phasenwechselmaterialien)

HZB/PVcomb

Dr. Björn Rau
 (BIPV)
 Tel.: 030/8062-18153
 bjoern.rau@helmholtz-berlin.de

ISFH

Dr.-Ing. Federico Giovannetti
 Tel.: 05151/999-501
 f.giovannetti@isfh.de

Dr. Rolf Reineke-Koch
 Tel.: 05151/999-431
 r.reineke-koch@isfh.de

IZES

Christoph Schmidt
 Tel.: 0681/844 972-46
 schmidt@izes.de

KIT

Dr. Russell McKenna
 Tel.: 0721/608-44582
 russell.mckenna@kit.edu

Prof. Andreas Wagner
 Tel.: 0721/608-46511
 wagner@kit.edu

ZAE Bayern

Dr. Hans-Peter Ebert
 Tel.: 0931/70564-334
 hans-peter.ebert@zae-bayern.de

Stephan Weismann
 Tel.: 0931/70564-338
 stephan.weismann@zae-bayern.de

ZSW

Dr. Jann Binder
 Tel.: 0711/7870-209
 jann.binder@zsw-bw.de

- Neue Konzepte für die Gebäudehülle
 - Funktionale Materialien mit niedrigem thermischem Emissionsgrad zur Reduktion des Wärmeenergieeintrags im Sommer.
 - Entwicklung multifunktionaler Fassaden für Energieerzeugung und -speicherung, Sonnen- und Blendschutz, Schall- und Wärmedämmung, Sichtschutz und Tageslichtnutzung sowie Lüftung. Die Multifunktionalität der Bauelemente eröffnet Kostenreduktionspotenziale.
 - Optimierung von Photovoltaikerelementen für den Einsatz in der Gebäudehülle. Konzepte für die Standardisierung und die Zulassung von BIPV-Modulen. Kombination von energieerzeugenden Solarmodulen mit den Anforderungen eines Bauelements. Entwicklung von Solarmodulen für besondere Beleuchtungsbedingungen (ungünstige Standorte, niedrige Bestrahlungsstärken).
- Entwicklung von SolarAktivHäusern, die zu 50% bis 100% regenerativ beheizt werden
- Ganzheitliche Energiekonzepte für Gebäude, die durch Lastmanagement und unter Ausnutzung lokaler Speicher eine hohe Kompatibilität zum zukünftigen Netzstrom aufweisen (Netzreaktive Gebäude)
- Weiterentwicklung und Verbreitung des Wissens um energieeffiziente Wärmeversorgungskonzepte in Mehrfamilienhäusern bei Eigentümern, Mietern und Versorgern im Kontext zentraler und dezentraler Wärmebereitstellung
- Qualitätssicherung Energieeffizienz:
 - Entwicklung von Planungs-, Bau- und Betriebsprozessen für die Felder Energieeffizienz und erneuerbare Energien im Gebäude
 - Entwicklung von automatisierten Inbetriebnahme- und Fehlererkennungsmethoden für gebäudetechnische Systeme
- Erarbeiten von Vorschlägen für geeignete rechtliche und ökonomische Rahmenbedingungen und Anreize zur Erhöhung der energetischen Sanierungsrate

Energieeffiziente Quartiere und Städte



links: **Green City Freiburg**
© Green City Cluster Freiburg

rechts: **Solarsiedlung Freiburg**
© Solarsiedlung GmbH

Städte sind wesentliche Verursacher und zugleich massiv Betroffene des anthropogenen Klimawandels. 80 % der von Menschen verursachten Treibhausgasemissionen und 75 % des Energie- und Ressourcenbedarfs entfallen auf Städte.

Gleichzeitig bietet die räumliche Nähe von Versorgern und Verbrauchern gute Voraussetzungen für die Umsetzung integrativer Energiekonzepte. Die Mehrzahl neuer Energietechnologien und Infrastrukturen wird in Städten implementiert werden, weshalb sie wichtige Akteure bei der Umsetzung der Energiewende sind. Ziel ist ein nachhaltiges, intelligentes städtisches Energiesystem, das den Endenergiebedarf minimiert und die Versorgung mit erneuerbarem Strom, Wärme, Kälte und Mobilität optimiert und folgende Kriterien erfüllt:

- Versorgung mit erneuerbaren Energien, die möglichst regional erzeugt werden
- hohe Energieeffizienz und -effektivität (systemdienlicher Einsatz)
- intelligente Infrastruktur und Steuerung der Erzeugung, Verteilung, Speicherung, Umwandlung und des Verbrauchs von Energie
- intelligente, auf die Verbraucher angepasste Dienstleistungsangebote (z. B. multimodale Mobilitätssysteme mit einer breiten Palette möglicher Verkehrsmittel)

Energieeffiziente Quartiere und Städte zeichnen sich aus durch:

- + systemisches Vorgehen und optimierte, konsistente Lösungen in der Kommune bei der Umsetzung der Energiewende
- + Nutzung von Synergieeffekten an den Schnittstellen des kommunalen Energiesystems zu Gebäuden, Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung, Informationstechnologien, Mobilität, Stadtentwicklung, etc.
- + hohe Versorgungssicherheit und nachhaltige Energieversorgung in der Kommune
- + Wertschöpfung und Arbeitsplätze vor Ort statt Kaufkraftabfluss durch Energieimport
- + Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) zur intelligenten Steuerung von Infrastruktur und Stadtssystemen sowie Bereitstellung von nutzerfreundlichen Dienstleistungsangeboten

Kontakte

DBFZ

Dr.-Ing. Volker Lenz
Tel.: 0341/2434-450
volker.lenz@dbfz.de

DLR

Prof. Dr. Bernhard Hoffschmidt
Tel.: 02203/601-3200
bernhard.hoffschmidt@dlr.de

Dr. Karsten von Maydell
Tel.: 0441/99906-210
karsten.maydell@dlr.de

Fraunhofer IEE

Dr. Dietrich Schmidt
(Quartiersenergiekonzepte, Wärmenetze)
Tel.: 0561/804-1871
dietrich.schmidt@iee.fraunhofer.de

Dr. Christina Sager-Klauß
Tel.: 0561/804-1874
christina.sager-klauss@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE

Gerhard Stryi-Hipp
(Smart Cities)
Tel.: 0761/4588-5686
gerhard.stryi-hipp@ise.fraunhofer.de

HZB/PVcomB

Dr. Björn Rau
Tel.: 030/8062-18153
bjoern.rau@helmholtz-berlin.de

ISFH

Prof. Dr.-Ing. Oliver Kastner
Tel.: 05151/999525
kastner@isfh.de

IZES

Mike Speck
Tel.: 0681/844 972-54
speck@izes.de

Florian Noll
Tel.: 0681/844 972-48
noll@izes.de

KIT

Dr. Russell McKenna
Tel.: 0721/608-44582
russell.mckenna@kit.edu

Prof. Andreas Wagner
Tel.: 0721/608-46511
wagner@kit.edu

UFZ

Prof. Dr. Sigrun Kabisch
Tel.: 0341/235-1237
sigrun.kabisch@ufz.de

Wuppertal Institut

Prof. Dr. Manfred Fischedick
(Systemanalyse in Modellregionen)
Tel.: 0202/2492-121
manfred.fischedick@wupperinst.org

Dr. Stefan Lechtenböhrer
(Systemanalyse in Modellregionen)
Tel.: 0202/2492-109
stefan.lechtenboehmer@wupperinst.org

Dr. Johannes Venjakob
(Klimagerechter Stadtbau)
Tel.: 0202/2492-102
Johannes.venjakob@wupperinst.org

ZAE Bayern

Dr. Jens Kuckelkorn
Tel.: 089/329442-17
jens.kuckelkorn@zae-bayern.de

Dr. Bastian Büttner
Tel.: 0931/70564-231
bastian.buettner@zae-bayern.de

ZSW

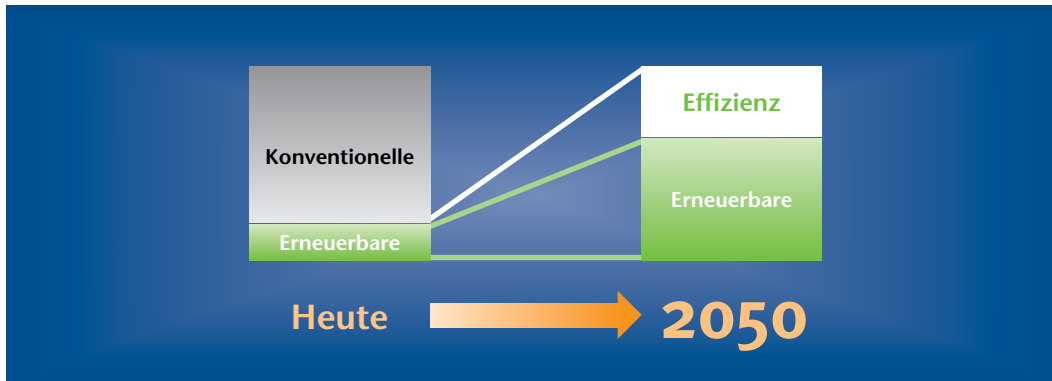
Dr. Jann Binder
Tel.: 0711/7870-209
jann.binder@zsw-bw.de

Forschungs- und Entwicklungsbedarf für energieeffiziente Quartiere und Städte

Technologische Herausforderungen liegen vor allem in der Integration kontinuierlich steigender Anteile dezentral erzeugter erneuerbarer Energie in die Energiesysteme bei zunehmender Koppelung der Energieinfrastrukturen für Strom, Wärme, Kälte und Mobilität. Konkreter Bedarf besteht in folgenden Bereichen:

- Weiterentwicklung von Simulationsinstrumenten zur Optimierung von Ziel-Energieszenarien und Umsetzungsfahrplänen für den Aufbau von Energiesystemen in Quartieren und Städten
- Smart Grid-Technologien zur Verknüpfung von intelligenten Netzen für Strom, Wärme, Kälte und Gas inklusive der Umwandlung der Energieträger ineinander
- IKT zur Kommunikation zwischen allen Akteuren und Komponenten im Energiesystem und anderen Infrastrukturen (Internet of Things) zur intelligenten Steuerung und Bereitstellung neuer Dienstleistungen über eine IKT-City-Plattform
- Konzepte zur optimierten Integration von Speichern für Strom, Wärme, Kälte und Gas auf Gebäude-, Quartiers-, Stadtteil- und Stadtebene
- Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen und regulatorischen Rahmenbedingungen
- Entwicklung von Methoden zur aktiven Beteiligung der Bürger und aller anderen relevanten Akteure bei der Zielsetzung, Planung und Umsetzung der Transformation der Städte und Quartiere zu „Smart Cities“ einschließlich der Erfolgskontrolle
- Entwicklung von Monitoringtools und Strategien, um die Energiewende sozialverträglich umzusetzen und Energiearmut zu vermeiden
- Entwicklung multimodaler städtischer Mobilitätskonzepte mit steigendem Anteil von Fußwegen, Radwegen, öffentlichem Nahverkehr und Car-Sharing
- Konzeptentwicklung zur raschen Steigerung der Elektromobilität und deren Integration in die Infrastruktur von Quartieren und Städten und Transformation des Mobilitätssystems
- Methodenentwicklung zur Integration der Energiesystemtransformation in die Stadtentwicklungs- und Regionalplanung
- verbesserte Lösungen zur Speicherung und Verteilung sowie zum Lastmanagement von Wärme mit dem Ziel der Erhöhung der Anteile erneuerbarer Energien bei der Bereitstellung von Raum- und Prozesswärme.
- Konzepte zur Flexibilisierung und Optimierung bestehender Wärmenetze und deren Betrieb sowie intelligente Konzepte für neue Wärmenetze
- Entwicklung von Methoden zur Erfassung des Bestands unter Gesichtspunkten von Energieverbrauch und Nachhaltigkeit zur Erstellung von Quartiersentwicklungsplänen.

Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen



Effizienz und Erneuerbare
für ein nachhaltiges Energiesystem
© FVEE

Energieeffizienz kommt neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien eine Schlüsselrolle bei der Energiewende zu: Laut Energiekonzept der Bundesregierung soll der Primärenergieverbrauch bis 2020 um 20% und bis 2050 um 50% im Vergleich zum Jahr 2008 sinken. Dafür müssen u. a. auch die ungenutzten Abwärmepotenziale in Industrie und Gewerbe gehoben werden.

Etwa 44% der in Deutschland verbrauchten Endenergie fallen auf die Bereiche Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD). Wiederum ca. 70% dieser Endenergie werden in Form von Wärme benötigt.

- + Durch die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen sowie den Einsatz von erneuerbaren Energien, wie zum Beispiel die Nutzung von Solarenergie oder Umweltwärme in Betriebsgebäuden, besteht hier ein großes Senkungspotenzial des Primärenergieverbrauchs.
- + Die Auswirkungen volatiler Märkte bei kritischen Rohstoffen werden gedämpft.
- + Die breite Erschließung vorhandener Effizienzpotenziale ist vorteilhaft schnell umsetzbar.
- + Durch Energie- und Ressourceneffizienz lassen sich Importe fossiler Energieträger vermindern.
- + Einsparung von Energiekosten durch Effizienzmaßnahmen, bzw. den Einsatz von Erneuerbaren.

Potenziale

Viele Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien sind den fossil basierten bereits heute im Hinblick auf ihre lebenszyklusweite Ressourceneffizienz überlegen. Die Gesamtwirtschaft entwickelt sich in Richtung höherer Energie- und Ressourceneffizienz und die aktuellen politischen Vorgaben zielen auf eine Beschleunigung dieser Trends. Material- und Energieeffizienz werden auch bei Energiesystemen zunehmend zum Wettbewerbsfaktor.

In Industrie und GHD sind die meisten Systeme bislang selten auf einen energieeffizienten Betrieb hin optimiert, so dass es große, bislang ungehobene Energieeffizienzpotenziale gibt (z. B. Abwärmennutzung). Ebenso hoch wird das technische Potenzial für den Einsatz von Erneuerbaren, insbesondere in den Bereichen Strom, Niedertemperatur- und Prozesswärme sowie chemischer Grundstoffe geschätzt.

Kontakte

DBFZ

Prof. Dr. Michael Nelles
Tel.: 0341/2434-113
michael.nelles@dbfz.de

DLR

Dr. Antje Seitz
(Thermische Prozesstechnik)
Tel.: 0711/6862484
antje.seitz@dlr.de

Dr. Karsten von Maydell
Tel.: 0441/99906-210
karsten.maydell@dlr.de

Fraunhofer IEE

Dr. Bernd Krautkremer
Tel.: 0561/7294-420
bernd.krautkremer@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE

Dr. Thomas Schlegl
(Energiesystemanalyse)
Tel.: 076/4588-5473
thomas.schlegl@ise.fraunhofer.de

ISFH

Dr.-Ing. Federico Giovannetti
(Solare Prozesswärme)
Tel.: 05151/999-501
f.giovannetti@isfh.de

IZES

Prof. Frank Baur
(Ressourcennutzung)
Tel.: 0681/844 972-59
baur@izes.de

Patrick Hoffmann
Tel.: 0681/844 972-39
hoffmann@izes.de

KIT

Prof. Matthias Kind
Tel.: 0721/608-42390
matthias.kind@kit.edu

Dr. Peter Stemmermann
Tel.: 0721/608-24391
peter.stemmermann@kit.edu

Wuppertal Institut

Dr. Stefan Thomas
(Energieeffizienz)
Tel.: 0202/2492-143
stefan.thomas@wupperinst.org

ZAE Bayern

Dr. Hans-Peter Ebert
Tel.: 0931/70564-334
hans-peter.ebert@zae-bayern.de

Gurtner Richard
Tel.: 089/329442-14
richard.gurtner@zae-bayern.de

ZSW

Maike Schmidt
Tel.: 0711/7870-232
maike.schmidt@zsw-bw.dew

Forschungs- und Entwicklungsbedarf für Energieeffizienz

Herausforderung ist die Entwicklung wirtschaftlicher Konzepte zur Steigerung der Energieeffizienz sowie für den Einsatz von Erneuerbaren mit kurzen „industrieverträglichen“ Amortisationszeiten.

- Analyse verschiedener Industriebranchen zur Entwicklung branchenspezifischer Lösungen für Effizienzmaßnahmen sowie Integrationskonzepte für den Einsatz von Erneuerbaren sowie anschließendes Zusammenführen und Entwickeln branchenübergreifender Lösungen
- Entwicklung kostengünstiger und effizienter Komponenten für die Bereitstellung von erneuerbarem Strom und Wärme in diesen jungen Anwendungsbereichen
- Modularisierung von Technologien und Entwicklung innovativer Contracting-Modelle
- Entwicklung von Abwärmekonzepten unter Nutzung thermischer Energiespeicher und Wärmetransformation zur Re-Integration der Wärme in den Prozess oder zur Erzeugung von Strom oder Kälte
- Etablierung von Lebenszykluskosten zur Bewertung von Effizienzmaßnahmen
- Entwicklung gesamtwirtschaftlicher Modelle zur Kosten-Nutzen-Analyse von Effizienzmaßnahmen und deren Beschäftigungswirkung
- Modellentwicklungen zur Analyse von Wirkungen der Umsetzung beschleunigter Energieeffizienz im Vergleich zu Steuer- und Abgabenbefreiungen.
- Untersuchung von Rebound-Effekten und Entwicklung von Strategien zu deren Vermeidung.
- Demonstrationsforschung für Effizienztechnologien
- Grundlagen- und Demonstrationsforschung für thermoelektrische Elemente
- Erarbeitung von Gesetzesgrundlagen und Förderinstrumente für einen stärkeren Einsatz von Effizienztechnologien (KWKG, Gebäude-Klimaschutz-Gesetz)

Nachhaltige Mobilität



E-Fuhrpark
des IZES für die
Mitarbeitenden
© IZES

Für den Verkehr gibt es drei Nachhaltigkeitsstrategien:

- Vermeiden: Reduzierung von Ortsveränderungen bzw. Distanzen mit motorisierten Verkehrsmitteln
- Verlagern: Durchführung des verbliebenen Verkehrs mit umweltfreundlicheren Verkehrsmitteln
- Verbessern: technische und/oder organisatorische Verbesserungen des Verkehrs

Teil der Verbesserungsstrategie ist die Entwicklung von nachhaltigen Antriebstechnologien. Aus der Klimaschutzperspektive stellt Elektromobilität gegenwärtig die zentrale Lösungsoption für den Zweirad-, Pkw- und Busverkehr der Zukunft dar. Darüber hinaus sollen Anwendungen wie Lkw, Flugzeuge, Schiffe, Bahnen und mobile Arbeitsmaschinen durch Power-to-Fuel (PtF) Produkte klimaverträglich gemacht werden. Der Beitrag beider Lösungsoptionen zum Klimaschutz im Jahr 2050 hängt vom bis dahin erreichten erneuerbaren Anteil im Strommix und dem Ausbau der Versorgungsinfrastruktur ab.

- + Eine künftige Elektroflotte bietet das Potenzial, perspektivisch als Zwischenspeicher für Strom aus fluktuierenden erneuerbaren Quellen dienen zu können. Wie und in welchem Umfang dieses Flexibilisierungspotenzial gehoben werden kann, ist Gegenstand weiterer Forschungen.
- + Auch die Verwendung von Wasserstoff für Brennstoffzellen-Fahrzeuge oder der Betrieb mit nachhaltig gewonnenem Methan erlaubt eine großtechnische Energiespeicherung und Netzflexibilisierung sowie eine nachhaltige Mobilität auch im Langstreckenverkehr.
- + Die Verwendung von PtF-Kraftstoffen verbindet die hohe Energiedichte mit einfacher Handhabung und dem weitgehenden Erhalt bewährter Antriebstechnologie und Versorgungsinfrastruktur.

Die theoretischen Marktpotenziale für Elektrofahrzeuge und PtF-Produkte sind hoch. Für die Marktdiffusion müssen die Kosten für Batterien bzw. Brennstoffzellen gesenkt, ihre Reichweite und Lebensdauer erhöht sowie die Ladeinfrastruktur für Strom bzw. Wasserstoff ausge-

baut werden. Zusätzlich können, vor dem Hintergrund autonomer Fahrsysteme, in Verbindung mit Brennstoffzellen- und Elektrofahrzeugen zukünftig gänzlich neue nachhaltige Mobilitätssysteme entstehen, die den Mobilitätsumfang zusätzlich vergrößern können. Die Bereitstellung von PtF-Produkten wird wesentlich durch Herausforderungen bei der CO₂-Bereitstellung und Biomassenutzung sowie bei der noch aufzubauenen Erzeugungsinfrastruktur bestimmt.

Der Umstieg auf Elektromobilität bedeutet eine Systeminnovation, die Fahrzeugantriebe, Infrastrukturen, Energiebereitstellung und die gesamte Wertschöpfungskette im Automobilssektor umfasst.

Vereinfachend lassen sich diese nachhaltigen Antriebstypen unterscheiden:

- rein batterieelektrische Antriebe
- hybride Antriebe
- Wasserstoff-Brennstoffzellen-Elektroantriebe

Die Einführung von PtF-Kraftstoffen erfordert die Schaffung einer neuen Erzeugungsinfrastruktur zur Synthese und umfasst das folgende Produktspektrum:

- Methan als Compressed Natural Gas (CNG) oder als Liquefied Natural Gas (LNG)
- synthetische Kohlenwasserstoffe für Otto- oder Dieselmotoren
- sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffe wie Alkohole, Ether oder Ester (Oxygenate)

Lithium-Ionen-Batterien speichern Elektrizität (Elektronen) durch den Austausch von Lithiumionen (Li⁺) zwischen Anode und Kathode beim Laden und Entladen. Dabei erreichen sie eine im Vergleich zu anderen Akkus hohe spezifische Energiedichte.

- + Diese Fahrzeuge sind mit ihrem hohen Wirkungsgrad und ihrer lokalen Emissionsfreiheit ideale Stadt- und Lieferfahrzeuge. Die meist noch auf von 100–200 km begrenzte Reichweite und die notwendigen Ladezeiten sind für diese Anwendungen in der Regel kein

Kontakte

DBFZ

Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer
Tel.: 0341/2434-423
franziska.mueller-langer@dbfz.de

DLR

Dr. Alexander Dyck
Tel.: 0441/99906-310
alexander.dyck@dlr.de

Dr.-Ing. Stephan Schmid
Tel.: 0711/6862-533
stephan.schmid@dlr.de

Fraunhofer IEE

Dr. Philipp Strauß
(Ladeinfrastruktur)
Tel.: 0561/7294-144
philipp.strauss@iee.fraunhofer.de

Dr. Stefan Bofinger
(Energiewirtschaft und Systemdesign)
Tel.: 0561/7294-371
stefan.bofinger@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE

Dipl.-Ing. Ulf Groos
(Brennstoffzellensysteme)
Tel.: 0761/4588-5202
ulf.groos@ise.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Achim Schaadt
(Thermochemische Prozesse zur Wasserstoffherzeugung)
Tel.: 0761/4588-5428
achim.schaadt@ise.fraunhofer.de

IZES

Hermann Guss
Tel.: 0681/844 972-60
guss@izes.de

Dr. Bodo Groß
Tel.: 0681/844 972-851
gross@izes.de

Brennstoffzellenauto
an der Wasserstoff-Tankstelle
am ZSW in Ulm
© ZSW



Jülich

Prof. Dr.-Ing. Detlef Stolten
Tel.: 02461/61-3076
d.stolten@fz-juelich.de

Dr.-Ing. Thomas Grube
(Mobilität)
Tel.: 02461/61-5398
th.grube@fz-juelich.de

Prof. Dr.-Ing. Ralf Peters
(Zukünftige Kraftstoffe)
Tel.: 02461/61-4260
ra.peters@fz-juelich.de

KIT

Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer
(Mobile Arbeitsmaschinen)
Tel.: 0721/608-48601
marcus.geimer@kit.edu

Prof. Dr. Thomas Koch
(Emissionsbildung, CO₂-Reduzierung, Wirkungsoptimierung)
Tel.: 0721/608-42430
thomas.a.koch@kit.edu

Prof. Dr.-Ing. Jörg Sauer
(Herstellverfahren für E-Fuels)
Tel.: 0721/608-22400
j.sauer@kit.edu

Wuppertal

Dr. Karin Arnold
(Erneuerbare Kraftstoffe)
Tel.: 0202/2492-286
karin.arnold@wupperinst.org

Georg Wilke
(Elektromobilität)
Tel.: 0202/2492-211
georg.wilke@wupperinst.org

ZAE Bayern

Stephan Vidi
Tel.: 0931/70564-350
stephan.vidi@zae-bayern.de

ZSW

Maika Schmidt
Tel.: 0711/7870-232
maika.schmidt@zsw-bw.de

Prof. Dr. Werner Tillmetz
Tel.: 0731/9530-0
werner.tillmetz@zsw-bw.de

Problem. Es gibt auch schon Systeme mit Reichweiten bis zu 400 km. Zudem lässt die schnelle Entwicklung der Akkumulatoren erhebliche Effizienzsteigerungen und Preissenkungen erwarten.

Brennstoffzellen erzeugen mit Wasserstoff elektrischen Strom, der zum Antrieb eines Elektromotors eingesetzt wird. Der benötigte Kraftstoff wird im Fahrzeug in Druckgastanks mitgeführt.

- + Wasserstoff kann in entsprechenden Tanksystemen mit hoher Energiedichte transportiert werden. Daher ermöglichen Brennstoffzellenfahrzeuge Reichweiten von mehreren hundert Kilometern.
- + Durch die effiziente und emissionsfreie Umwandlung von Wasserstoff in elektrische Energie sind Brennstoffzellen vielversprechend für den CO₂-freien Verkehr. Ihr Wirkungsgrad ist doppelt so hoch wie der von Verbrennungsmotoren.
- + Der Wasserstoff wird mittels großskaliger Elektrolyseanlagen effizient und in ausreichenden Mengen aus

erneuerbaren Energien erzeugt und erlaubt durch Speicherung in großvolumigen Salzkavernen die Entkopplung von regenerativem Stromangebot und Lastgang.

Power-to-Fuel liefert flüssige oder gasförmige Kraftstoffe aus Wasserstoff und Kohlendioxid oder Biomasseabfällen, die entweder die Eigenschaften mineralölbasierter Kraftstoffe aufweisen oder im Falle von Alkoholen bzw. Oxygenaten über vergleichbare oder bessere Eigenschaften verfügen.

- + Die Leistungsfähigkeit der Fahrzeugantriebe bleibt weitgehend erhalten.
- + Das Nutzungsverhalten (Betankung, Sicherheit) bleibt weitgehend unverändert.
- + Die vorhandene Versorgungsinfrastruktur kann weiter genutzt werden.

Auf dem Weg zur nachhaltigen Mobilität haben Bundesregierung und Wirtschaft eine Kaufprämie für Elektrofahrzeuge auslobt. Daneben hat sich die H₂ Mobility Initiative darauf verständigt, das deutsche H₂-Tankstellennetz bis 2023 auf 400 Stationen auszubauen. Die für Pkw, Kleintransporter und Busse anlaufende Markteinführung der Elektromobilität wird sich auf die Umstellung kleiner Nahverkehrszüge ausweiten. Weitere Verkehrsanwendungen zu Wasser und in der Luft werden folgen. Die Einführung von PtF-Kraftstoffen für Lkw, Flugzeuge, Schiffe, Bahnen und mobile Arbeitsmaschinen erlaubt einen klimaverträglichen Betrieb des erheblichen und wachsenden Transportsektors unter weitgehender Beibehaltung der Nutzungstechnologien und der Versorgungsinfrastruktur.

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

- Erarbeitung einer abgestimmten Gesamtstrategie zur stärkeren Verbreitung und Akzeptanz der Elektromobilität und PtF
- Anpassung von Rahmenbedingungen und Ausbau der Infrastruktur (u. a. Erarbeitung von Finanzierungsmechanismen)
- Untersuchungen zur Systemintegration von Elektromobilität (Vehicle-to-Grid, Smart Home, Batterie und Brennstoffzellen) und PtF (Synthesanlagen, CO₂-Abtrennung und Transport); für die Zukunft auch im Kontext automatisierter bzw. autonomer Fahrassistenzsysteme (Car-to-x Kommunikation)
- Kriterien wie Lebensdauer und Kosten, Sicherheit und Funktionalität müssen durchgängig verstanden und optimiert werden.
- Die Forschung erarbeitet Lösungen für die gesamte Bandbreite der Technologien, von Systemtechnik, Optimierung von Komponenten, Synthese neuer Materialien bis zu Fertigungstechnologien.
- Entwicklung eines neuen Produktspektrums für die breite Anwendung einer nachhaltigen Mobilität: Elektromotoren, Brennstoffzellen, Batterien, Systemtechnik, mit EE-/Biokraftstoffen betriebene Range Extender (Reichweitenverlängerer) sowie Ladeinfrastruktur und -konzepte wie Schnellladung und induktives Laden
- Anbindung an dezentrale Erzeuger wie PV- und KWK-Anlagen sowie die optimale Einbindung in das Stromnetz, auch zum Ausgleich von Fluktuationen und zur Netzstabilisierung
- Strategien für den effizienten Einsatz erneuerbarer Kraftstoffe sind zu entwickeln. Diese müssen im Einklang mit einer übergeordneten Biomasse-Allokationsstrategie stehen. Allerdings ist vor dem Einsatz solcher Energieträger vorrangig auf eine deutlich höhere Effizienz der Fahrzeuge sowie auf Möglichkeiten zur Reduktion des motorisierten Verkehrs zu achten.