

# Kopernikus-Projekte für die Energiewende: Ein Überblick



**KIT**  
Prof. Dr. Joachim Knebel  
joachim.knebel@kit.edu

**Fraunhofer ISE**  
Prof. Dr. Hans-Martin Henning  
hans-martin.henning@ise.fraunhofer.de

**Fraunhofer IWES**  
Prof. Dr. Clemens Hoffmann  
clemens.hoffmann@iwes.fraunhofer.de

**ZSW**  
Maike Schmidt  
maike.schmidt@zsw-bw.de

**WI**  
Dr. Johannes Venjakob  
johannes.venjakob@wupperinst.org

**FZJ**  
Prof. Dr. Rüdiger Eichel  
r.eichel@fz-juelich.de

**RWTH Aachen**  
Prof. Dr. Alexander Mitsos  
alexander.mitsos@avt.rwth-aachen.de  
a.mitsos@fz-juelich.de

In den „Kopernikus-Projekten für die Energiewende“ werden gemeinsam von Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft technologische und wirtschaftliche Lösungen für den Umbau des Energiesystems entwickelt. Mit dem Start der Kopernikus-Projekte geht die größte Forschungsinitiative zur Energiewende in vier Schlüsselbereichen in die Umsetzung:

- **ENSURE:** Entwicklung von Stromnetzen
- **P2X:** Speicherung überschüssiger erneuerbarer Energie durch Umwandlung in andere Energieträger
- **SynErgie:** Neuausrichtung von Industrieprozessen auf eine schwankende Energieversorgung
- **ENavi:** verbessertes Zusammenspiel aller Sektoren des Energiesystems

Die Forschungsthemen der vier Kopernikus-Projekte ENSURE, P2X, SynErgie und ENavi wurden in einem umfassenden Beteiligungsprozess von Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft erarbeitet, die hierfür im „Forschungsforum Energiewende“ zusammengearbeitet haben. Dazu wurden mehr als 90 Institutionen und Organisationen aus allen gesellschaftlichen Bereichen eingebunden.

Durch die zehnjährige Ausrichtung der Projekte und die enge Zusammenarbeit mit der Industrie sollen Ergebnisse aus der Grundlagenforschung bis hin zur Anwendung geführt werden. Die Sozialwissenschaftler und Vertreter der Zivilgesellschaft werden in besonderem Maße eingebunden, um Konzepte zu entwickeln, die mit den Erwartungen der Bürgerinnen und Bürger an die Energiewende vereinbar sind.

Das BMBF stellt für die erste, dreijährige Förderphase bis zu 120 Millionen Euro bereit. Bis 2025 sollen weitere 280 Millionen Euro zur Verfügung gestellt werden. Die Kopernikus-Projekte sind Teil des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“.

► <https://www.kopernikus-projekte.de/start>

## Kopernikus-Projekt „Neue Netzstrukturen“: Neue EnergieNetzStruktURen für die Energiewende (ENSURE)

*Ansprechpartner:*

- *Karlsruher Institut für Technologie,  
Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka*

Die im Rahmen der Energiewende ausgegebenen Zielstellungen bis zum Jahr 2050 können nur erreicht werden, wenn die Anzahl und Leistung der installierten Erneuerbare-Energien-Anlagen erheblich zunimmt. Um die Versorgungssicherheit weiterhin gewährleisten zu können, sind weitreichende Veränderungen des Elektrizitätsversorgungssystems erforderlich. Dies beinhaltet sowohl den weiteren Ausbau eines zentralen Energieverteilungssystems, als auch die Schaffung dezentraler Strukturen auf regionaler Ebene. Alle Maßnahmen zur Optimierung der Energieversorgung werden durch die fortschreitende Digitalisierung der gesamten Energiewirtschaft und eine zunehmende Verknüpfung der verschiedenen Sektoren (Strom, Gas, Wärme, Verkehr) begleitet und vorangetrieben.

Die Forschungsarbeiten werden dazu beitragen, die Energiewende wirtschaftlich erfolgreich zu gestalten. Aus den konkreten Vorschlägen des Projektes für zukünftige Strukturen und Betriebsführungsstrategien wird die Leistungsfähigkeit und Effizienz des Gesamtsystems gesteigert, wodurch Kostenreduktionen für die Betreiber als auch für die Endkunden angestrebt werden.

Um die elektrische Energieversorgung an die mit der Energiewende einhergehenden Veränderungen anzupassen, soll eine sinnvolle Struktur aus zentraler und dezentraler Versorgung identifiziert werden. Das Vorhaben ist durch die Untersuchung neuer Systemstrukturen, stabiler Systemführungsmechanismen und der Integration neuer Technologien in das Versorgungssystem in drei Schwerpunkte aufgeteilt. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die anschließende Realisierung und Erprobung des ganzheitlichen Energieversorgungssystems in Form eines großtechnischen Netzdemonstrators. Alle Arbeiten werden durch eine umfassende Analyse der sozio-ökonomischen Einflüsse begleitet.

Dieser Teil bindet alle Stakeholder inklusive Prosumer ein und flankiert die zuvor genannten Schwerpunktthemen.

► <https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/neue-netzstrukturen>

### Kopernikus-Projekt „Power-to-X“: Flexible Nutzung erneuerbarer Ressourcen (P2X)

*Ansprechpartner:*

- RWTH Aachen, Institut für Technische Chemie und Makromolekulare Chemie (ITMC), Lehrstuhl für Technische Chemie und Petrochemie, Prof. Dr. Walter Leitner
- Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung, Grundlagen der Elektrochemie (IEK-9), Prof. Dr. Rüdiger-A. Eichel

„Power-to-X“ bezeichnet Technologien, die Strom aus erneuerbaren Quellen in stoffliche Energiespeicher, Energieträger und energieintensive Chemieprodukte umwandeln. Damit kann Energie aus erneuerbaren Quellen in Form von maßgeschneiderten Kraftstoffen für Kraftfahrzeuge oder in verbesserten Kunststoffen und Chemieprodukten mit hoher Wertschöpfung genutzt werden.

Im Rahmen des Kopernikus-Programms wird nun für dieses komplexe Themenfeld mit dem ausgewählten Projekt „Power-to-X“ (P2X) eine nationale Forschungsplattform aufgebaut.

Mit „Power-to-X“-Technologien wird zunächst Strom aus erneuerbaren Quellen elektrochemisch umgewandelt in stoffliche Ressourcen wie Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid und Synthesegas. Diese stofflichen Ressourcen müssen anschließend effizient gespeichert und verteilt und in die Endprodukte umgewandelt werden. Dafür bedarf es innovativer Lösungen, die im Projekt zu ökologisch, ökonomisch und gesellschaftlich vorteilhaften Prozessen entwickelt werden sollen. Damit trägt „Power-to-X“ zum Ziel der Dekarbonisierung der Energiesysteme bei, das die Bundesregierung mit der Energiewende anstrebt, und verringert gleichzeitig den Anteil fossiler Rohstoffe in den wichtigen Leitmärkten Transport und Verkehr sowie Chemie.

► <https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/power-to-x>

### Kopernikus-Projekt „Industrieprozesse“: Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung (SynErgie)

*Ansprechpartner:*

- Technische Universität Darmstadt, Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW), Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele

Aufgrund des immer größer werdenden Anteils schwankend einspeisender Stromerzeuger wird ein effizienter Ausgleich zwischen Energie-Angebot und Energiebedarf erforderlich. In Zukunft ist ein ausgewogener Technologiemix notwendig zwischen erneuerbaren Energien, flexiblen konventionellen Kraftwerken, Speichern, Netzausbau und flexiblen Nutzern, um die Versorgungssicherheit zu garantieren. Viele dieser Lösungsbausteine sind mit hohen Kosten verbunden, die auf den Nutzer umgelegt werden, und ziehen gesellschaftliche Akzeptanzprobleme nach sich.

Mit insgesamt 44% des Nettostrombedarfs und 25% des Wärmebedarfs in Deutschland weisen Industrieprozesse und insbesondere große Einzelanlagen in energieintensiven Industriebranchen beträchtliche Flexibilisierungshebel auf. Die mittel- und kurzfristige Flexibilisierung der Stromnachfrage, das sogenannte Demand-Side-Management (DSM), bietet eine Chance, den Umbau des Energiesystems kosteneffizient und gesellschaftlich akzeptiert zu ermöglichen.

SynErgie unterstützt die kosteneffiziente Realisierung der Energiewende auf Basis erneuerbarer Energien und befähigt damit Deutschland, sich zum internationalen Leitanbieter für flexible Industrieprozesse zu entwickeln. Die Forschungsarbeiten starten zunächst mit sieben energieintensiven Branchen: Stahl- und Aluminium-Herstellung, chemische Industrie, Maschinen- und Anlagenbau, Papier-, Lebensmittel-, Zement- und Automobilindustrie. Diese vereinigen rund 90 Prozent des industriellen Nettostrombedarfs.

Das Projekt SynErgie betrachtet die energieintensiven Schlüsselproduktionsprozesse, um deren Energiebedarf mit dem schwankenden Angebot erneuerbarer Energie zu synchronisieren. Dafür sollen die konventionellen, monolithischen Automatisierungsstrukturen aufgebrochen und technologisch angepasst werden. Mit Hilfe moderner Ansätze der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) wird eine hochdynamische Steuerplattform geschaffen.

Sie regelt die Energieverteilung zwischen den Industriezweigen und berücksichtigt dabei das schwankende Energieangebot.

Neben den technischen und wirtschaftlichen Aspekten integriert das Projekt vor allem rechtliche und sozialgesellschaftliche Perspektiven in seine Lösungen. Als Vorbereitung für eine effiziente Umsetzung der Ergebnisse werden die entwickelten Ansätze modellhaft in der „Energieflexiblen Region Augsburg“ demonstriert und anschließend technisch sowie sozio-ökonomisch evaluiert.

► <https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/industrieprozesse>

### Kopernikus-Projekt „Systemintegration“: Energiewende-Navigationssystem (ENavi)

Ansprechpartner:

- *Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS), Prof. Dr. Ortwin Renn*

Mit der Energiewende hat sich Deutschland zum Ziel gesetzt, das gegenwärtige Energiesystem in ein weitgehend CO<sub>2</sub>-freies und auf erneuerbaren Energien basierendes System zu transformieren. Ein wirtschaftliches, umweltverträgliches, verlässliches und sozialverträgliches Energiesystem benötigt eine ganzheitliche Betrachtung auf Systemebene. ENavi sieht die Energiewende daher als einen gesamtgesellschaftlichen Transformationsprozess und verknüpft wissenschaftliche Analysen mit politisch-gesellschaftlichen Anforderungen.

Das Projekt ENavi verfolgt diese Ziele:

- ein tieferes Verständnis des komplex vernetzten Energiesystems im Energiebereich und den damit verbundenen Bereichen wie Industrie und Konsum zu gewinnen
- Handlungsoptionen aufzuzeigen, wie die Komponenten des zukünftigen Energiesystems unter Berücksichtigung der energiepolitischen Ziele und (u. a. rechtlichen Rahmen-) und Randbedingungen systemisch integriert werden können
- so präzise wie möglich abzuschätzen, welche Folgen eine bestimmte Maßnahme kurz-, mittel- und langfristig auf das Energiesystem haben würde
- im transdisziplinären Diskurs Optionen für wirksame Maßnahmen zu generieren.

Eines der zentralen Produkte des Projekts ist ein Navigationsinstrument, mit dem die Forscher die Wirkungen und Nebenwirkungen von wirtschaftlichen oder politischen Maßnahmen im Voraus abschätzen wollen. Es soll dabei helfen, die entscheidenden Fragen

zu beantworten: Wie kann man dafür sorgen, dass die Energiewende die einkommensschwachen Gruppen in Deutschland nicht zu stark belastet? Mit welchen Maßnahmen kann man effektiv und effizient die Elektromobilität in Deutschland fördern? Oder: Wie können mehrere zehntausend Lieferanten von Solarstrom auf privaten Dächern sinnvoll synchronisiert werden?

Die Analyse von Maßnahmen über verschiedene Modellregionen hinweg unterstützt zusätzlich das bessere Verständnis der Erfolgsfaktoren für den Umbau des Energiesystems.

► <https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/systemintegration>

### Anwendungsbeispiele

Für jedes Kopernikus-Projekt wurde ein kurzes Anwendungsbeispiel gezeigt.

- **ENSURE** präsentierte ein Modell für ein Multiterminal Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsnetz zur Verbindung von Windparks in der Nordsee und Anbindung an die Anrainerstaaten. Gegenüber dem Konzept einer Punkt-zu-Punkt Anbindung jedes einzelnen Windparks ergibt sich eine Ersparnis an Kabellänge von etwa 28%. Zur Systemführung eines solchen Multiterminal Offshore HGÜ-Netzes wurde ein neuartiger clusterbasierter Algorithmus entwickelt.
- Für **P2X** wird das Realisierungsbeispiel für die Prozessintegration einer ultrakompakten, effizienten Anlage zur Synthese von e-Fuels mit CO<sub>2</sub> aus der Umgebungsluft, zusammen mit den Projektpartnern Climeworks, sunfire und INERATEC vorgestellt.
- **SynErgie** zeigt für Schlüsselproduktionsprozesse Simulationen zur technischen Machbarkeit und zu den Konsequenzen (vor allem qualitativ und ökonomisch) einer Umstellung auf einen energieflexiblen Betrieb und die erreichbaren Potenziale. Im Bereich der Produktionsinfrastruktur wird eine Übersicht über derzeit technisch mögliche Wandlungen von Endenergieformen als Nachschlagewerk erstellt.
- Im Rahmen von **ENavi** wird mit dem Sektormodell REMOD-D die Entwicklung der Energiewende über alle Sektoren modelliert. Das Modell optimiert unter einer vorgegebenen CO<sub>2</sub>-Grenze die Energiesystemzusammensetzung in den Sektoren Strom, Wärme, Verkehr und Industrie unter Berücksichtigung verschiedenster Technologien und Kraftstoffe mit einer Zeitauflösung von einer Stunde. Es werden die Grenzen und Auswirkungen der Szenarien untersucht und definiert.