



DENKEN.  
FORSCHEN.  
HANDELN.

Interdisziplinäre  
Spitzenforschung

[www.encn.de](http://www.encn.de)

Gefördert durch:

Bayerische  
Staatsregierung







Die Forschungsgemeinschaft des Energie Campus Nürnberg entwickelt neue Technologien für ein ganzheitliches Energiesystem.

### Grußwort der Bayerischen Staatsregierung

Wir haben den Energie Campus Nürnberg (EnCN) als eine der zentralen strukturpolitischen Maßnahmen nach der Quelle-Insolvenz aus der Taufe gehoben, um die in Wissenschaft und Wirtschaft vorhandenen Kompetenzen der Region im Energiebereich zu stärken. Die Rechnung ist aufgegangen: Statt einer Industriebrache ist mit dem EnCN ein pulsierender Ort des öffentlichen Lebens entstanden. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor liegt in der Zusammenarbeit der Universität Erlangen-Nürnberg und der Technischen Hochschule Nürnberg, Fraunhofer-Einrichtungen und dem Zentrum für Angewandte Energieforschung Bayern. Durch die anwendungsorientierte Forschung haben Unternehmen in Kooperation mit dem EnCN die Möglichkeit, die entwickelten Produkte und Technologien direkt in den Markt zu bringen.

Um diese initialen Erfolge zu sichern und die Investitionen der Aufbauarbeit in eine Erntephase zu führen, fördert die Bayerische Staatsregierung den EnCN für weitere fünf Jahre. Wir unterstützen damit die Überführung der ursprünglichen Strukturmaßnahme in eine Forschungs-Kooperation, die sich mittelfristig selbst trägt. Mit der Weiterförderung wird die Region Nürnberg-Erlangen neben München der bayerische Energieforschungsstandort, der über wissenschaftliche Spitze sowie thematische Breite verfügt und von den Grundlagen bis zur konkreten Anwendungsforschung alles abdeckt. Wir erwarten weitere zahlreiche positive Rückkopplungen zwischen den einzelnen Institutionen.

Mit ihrer Arbeit leisten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des EnCN mit ihren Forschungsteams einen wesentlichen Beitrag im Rahmen der Energiewende und damit einer unserer dringendsten Zukunftsaufgaben. Dafür wünschen wir auch in Zukunft großen Erfolg!

München, im Dezember 2016



*Ilse Aigner*

Ilse Aigner  
Bayerische Staatsministerin  
für Wirtschaft und Medien,  
Energie und Technologie



*Ludwig Spaenle*

Dr. Ludwig Spaenle  
Bayerischer Staatsminister  
für Bildung und Kultus,  
Wissenschaft und Kunst

Gründungspartner



# Unsere Kompetenzen

## Wertschöpfungskette der Energie

[www.encln.de](http://www.encln.de)

### Erneuerbare Energien

[www.encln.de/EET](http://www.encln.de/EET)

Im Forschungsbereich Regenerative Energieerzeugung erfolgt eine anwendungsbezogene Entwicklung neuer Werkstoffe für Solarthermie, Photovoltaik und photochemische Wandlung solarer Energie. Weiterhin werden Prozesse zum Druck verschiedenster Photovoltaiktechnologien und Alterungsverfahren entwickelt. Unsere Arbeiten führen wir in einem weltweit einzigartigen Druckkompetenzzentrum für Photovoltaik durch.

### Energiespeicher

[www.encln.de/Speicher](http://www.encln.de/Speicher)

Im Forschungsbereich Energiespeicherung werden Speichertechnologien, Verfahren und Komponenten entwickelt, die für ein Energiesystem auf Basis von erneuerbaren Energien unabdingbar sind. Der Fokus liegt hierbei sowohl auf chemischen und thermischen als auch auf elektrischen Speichern. In unserem Speichertechnikum können wir diese Entwicklungen auch unter realen Bedingungen simulieren und testen.

### Elektrische Netze

[www.encln.de/Netze](http://www.encln.de/Netze)

Im Forschungsbereich Netze und Infrastruktur werden neue Konzepte für intelligente Stromnetze entwickelt. Schwerpunkte liegen zum einen auf kompletten Systemen und zum anderen auf Komponenten, Produkten und Anwendungen, speziell für innovative und komplexe Leistungselektronik. Entsprechend den Anforderungen führen wir Hochspannungstests, Materialprüfungen, Simulationen, Demonstratorstests und Prototypenentwicklungen durch.

### Energiemanagement-Technologien

[www.encln.de/EMT](http://www.encln.de/EMT)

Im Forschungsbereich Energiemanagementsysteme entstehen neue Kommunikationsnetze und Systemarchitekturen. Die Integration von Sicherheitsmaßnahmen in der Datenkommunikation und die Entwicklung einer flexiblen und kostengünstigen Kommunikationsplattform mit breitem Einsatzspektrum stellen inhaltliche Schwerpunkte dar. Darüber hinaus werden Simulations- und Optimierungstools auf unterschiedlichen Ebenen entwickelt, die die Effizienz eines komplexen Energiesystems untersuchen und steuern können.

### Effiziente Energienutzung

[www.encln.de/Effizienz](http://www.encln.de/Effizienz)

Im Forschungsbereich Effiziente Energienutzung werden sowohl neue Materialien zur Wärmedämmung von Gebäuden als auch neue Technologien und Systeme der Gebäudetechnik entwickelt. Die Ergebnisse können simuliert sowie im Technikumsmaßstab getestet und verifiziert werden.

Im Industriebereich entstehen neue elektrische Antriebskonzepte bzw. bestehende Systeme und Produkte werden optimiert und weiterentwickelt. Messungen auf unserem 400 kW-Motorenprüfstand und Simulationen liefern dabei den Input für unsere Produkt- und Systemoptimierungen.

### Energiemarktdesign

[www.encln.de/Markt](http://www.encln.de/Markt)

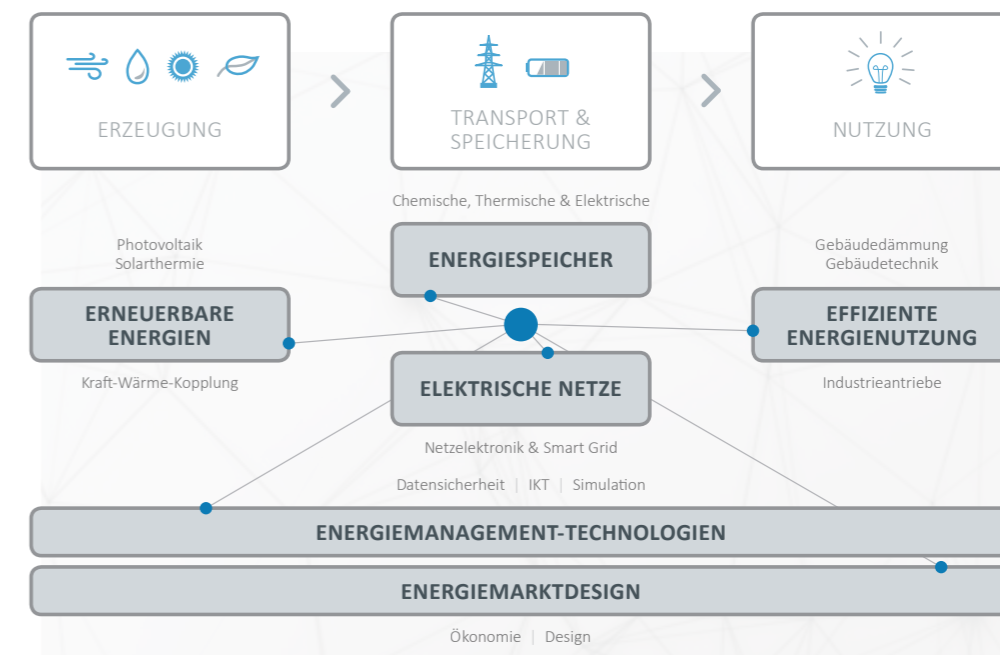
Der Forschungsbereich Energiemarktdesign befasst sich mit Investitionsanreizen für Kraftwerks- und Netzkapazitäten. Durch die Implementierung der Rahmenbedingungen in Modellen lassen sich verschiedene Alternativen beurteilen. Sie basieren auf einem Methodenmix, der durch Experimente und empirische Untersuchungen flankiert wird.

Die Arbeitsgruppe Design beschäftigt sich mit Visualisierungstechnologien für Produktanwendungen, Prozesse und Nutzeroberflächen.

DENKEN.  
FORSCHEN.  
HANDELN.

### Gemeinschaftsforschung an der Energiekette

Der Energie Campus Nürnberg (EnCN) ist eine **Forschungsgemeinschaft**, die neue Technologien für ein ganzheitliches Energiesystem entwickelt. Als **unabhängiges Forschungsnetzwerk** kooperieren sechs Forschungsinstitutionen aus der Metropolregion Nürnberg in einem Zusammenschluss als **interdisziplinärer Think Tank**. Gemeinsam mit Unternehmen arbeitet der EnCN in Forschungsprojekten, um Lösungen für eine sichere, kostengünstige, klimaschonende, akzeptierte und nachhaltige Energieversorgung, basierend auf regenerativen Energiequellen, zu schaffen. Ganz konkret soll damit ein Beitrag zur Gestaltung der Energiewende geleistet werden.



Unsere **Forschungsgemeinschaft** vereint Kompetenzen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Energie, die in sechs Themenschwerpunkten gebündelt sind. Neben den klassischen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Feldern ergänzen volkswirtschaftliches Know-How und Designexpertise die Fähigkeiten des EnCN.

Die Kombination verschiedener Disziplinen und Institutionen in einem Campus stellt die Stärke des EnCN dar. So können je nach Anforderung der jeweiligen Entwicklungsarbeit flexible Teams aus verschiedenen Themenschwerpunkten und/oder Forschungsinstitutionen gebildet werden, um bestmögliche Ergebnisse für den Auftraggeber zu erzielen.

# Über den EnCN

## Interdisziplinäre Spitzenforschung

www.encn.de

DENKEN.  
FORSCHEN.  
HANDELN.

### ORGANISATION

6

Forschungsinstitute

13

Fachrichtungen

>100

Wissenschaftler

31

Professoren

### INFRASTRUKTUR

540 qm

Konferenzfläche

5200 qm

Forschungsfläche

30

Labore & Technika

### TECHNOLOGIETRANSFER

>150

Industriepartner

>100

Veranstaltungen / Jahr

>200

Wissenschaftliche  
Publikationen / Jahr

### FINANZIERUNG

>35 Mio. €

Drittmittel

>75 Mio. €

Förderung durch den Freistaat Bayern

>12 Mio. €

Industriemittel

### Im Fokus: Forschung und Entwicklung

Um die Komplexität des Energiesystems in unserer Arbeit abzubilden, haben wir einen umfassenden Arbeitsansatz für unsere Forschung und Entwicklung gewählt. Wir arbeiten **ganzheitlich, interdisziplinär, institutionsübergreifend, vernetzt, unabhängig** und **flexibel**.

Diese Arbeitsweise erlaubt es dem EnCN, ein sehr breites Angebot zu entfalten. Wir können die komplette Forschungskette – von der strategischen Grundlagenforschung bis hin zur angewandten Entwicklung eines fertigen Produktes – anbieten.

### Wir schaffen die Verbindung

Der EnCN bietet Ihnen mit seiner Geschäftsstelle einen zentralen Ansprechpartner, der je nach Ihren Aufgabenstellungen die richtigen Personen aus dem Netzwerk mit Ihnen zusammenbringt. Die möglichen Formen der Zusammenarbeit sind vielfältig:

**Bilaterale F&E-Projekte** – Bedarfsgerechte Entwicklungen in Kooperation mit dem EnCN

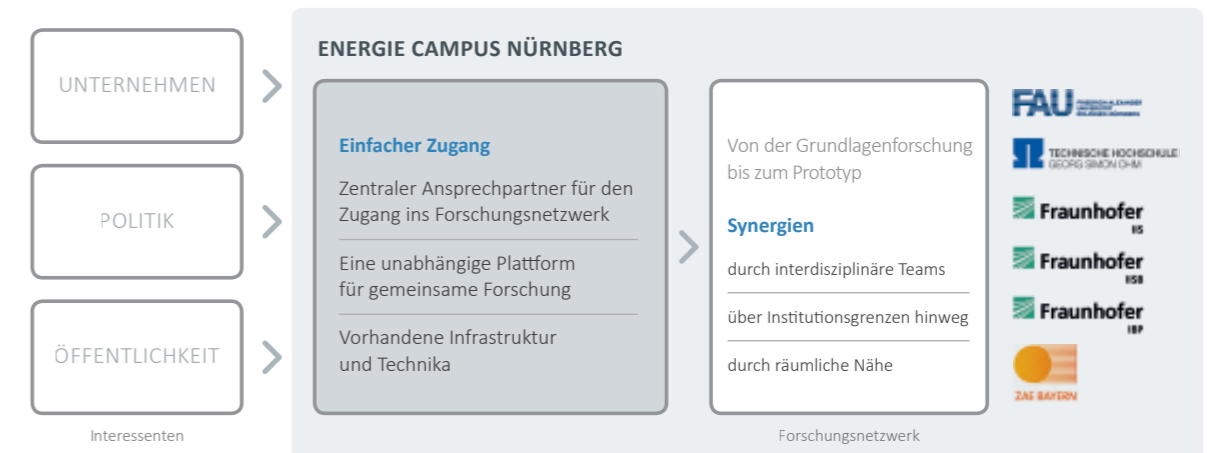
**Verbundprojekte** – mit & ohne Förderung – EnCN als Kooperationspartner, unterstützt bei der Konzeptionierung, Einreichen von Forschungsanträgen, Koordination und Durchführung der Forschung.

**Prüfserien** – Beschleunigte Alterungsprüfungen, Dauermessungen oder spezielle Prüfzyklen

**Einzelmessungen** – Spezielle Messtechniken und maßgeschneiderte Messaufbauten

**Promotionen, Master- & Bachelorarbeiten** – Vermittlung & Betreuung wissenschaftlicher Arbeiten

**Veranstaltungen** – Wissensvermittlung zum neuesten Stand der Energieforschung

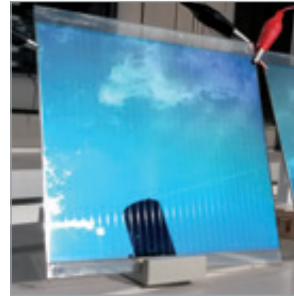


# Highlights

## Erneuerbare Energien

www.encon.de/EET

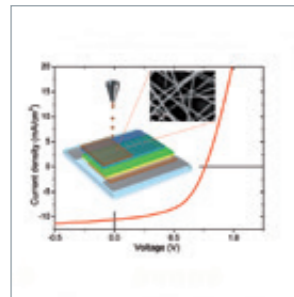
DENKEN.  
FORSCHEN.  
HANDELN.



### Gedruckte Organische Solarmodule

Durch den Einsatz von ultragenauer Laserstrukturierung mit Femtosekunden-Pulsen kann der inaktive Verschaltungsbereich gedruckter organischer Solarmodule auf  $\sim 100 \mu\text{m}$  reduziert werden. Die resultierenden Solarmodule weisen einen weltweit einmaligen Geometrischen Füllfaktor von über 98,5 % auf und eignen sich aufgrund ihrer überlegenen Ästhetik hervorragend für die Gebäudeintegrierte Photovoltaik.

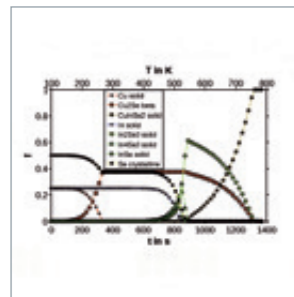
#EET



### Inkjet Druck von Silbernandrähten

Der Digitaldruck von Silbernandrähten in industriellem Maßstab wird in der Solarfabrik erstmals demonstriert. Das Potenzial der so hergestellten semitransparenten Elektroden wird anhand vollständig Inkjet-gedruckter organischer Solarzellen gezeigt. Diese Zellen halten mit Wirkungsgraden von bis zu 4.3 % den Rekord in diesem Anwendungsgebiet.

#EET



### Computersimulation CIS Schicht- und Phasenbildung

Das ist ein Beispiel für den berechneten Phasen- und Schichtbildungsprozess bei der Herstellung von  $\text{CuInSe}_2$  Solarzellenabsorbern. Die lokal auftretenden Phasen werden mithilfe einer Finite-Volumen Computersimulation der zugrunde liegenden Material-Diffusionsprozesse und der dabei auftretenden chemischen Reaktionen berechnet. Korngrenzen, welche unterschiedliche Phasen trennen, werden über einen zellulären Automaten erfasst.

#EET



### Großflächige gedruckte Spiegel

Großflächige dielektrische Spiegel werden hergestellt und mit semitransparenten Solarmodulen kombiniert. Dieser Ansatz liefert eine Möglichkeit, die Effizienz zu erhöhen, ohne die Transparenz zu minimieren. Außerdem kann die Farbe der Module verändert werden, was zusätzliche Gestaltungsmöglichkeiten für die Gebäudeintegration eröffnet. Sowohl die Spiegel als auch die Solarmodule lassen sich durch kostengünstige Druckverfahren produzieren.

#EET

### Solarbilder

In organischen Photovoltaikzellen können sämtliche Schichten mittels Tintenstrahl Druck in beliebigen Mustern und Schichtdicken hergestellt werden. Mit dieser Technik ist es möglich, „mehrfarbige“ Solarbilder kundenspezifisch zu erstellen. Dadurch ist der Weg zum digitalen Druck von Solarzellen geebnet.

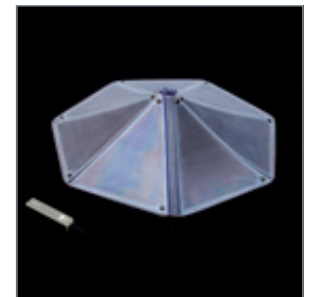
#EET



### Integration organischer Photovoltaik in Textilien

Im Bereich der Textilintegration entfaltet die organische Photovoltaik-Technologie ihr gesamtes Potenzial hinsichtlich Flexibilität, geringem Gewicht und überragender Designfreiheit. Durch die Integration in eine Jacke oder einen Rucksack ist es möglich, eine Energiequelle, z.B. als Smartphoneladestation, stets mit sich zu führen.

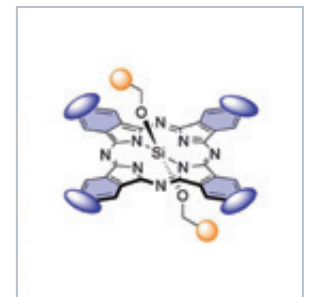
#EET



### Wasserlösliche organische Halbleiter

Neuartige organische Halbleiter gewährleisten verbesserte Lichtabsorption und effektiveren Ladungstransport und damit eine Effizienzsteigerung in organischen Solarzellen. Durch ihre Wasserlöslichkeit können die organischen Halbleiter einfacher und umweltfreundlicher in den Solarzellen fixiert werden.

#EET



### Rolle-zu-Rolle-Druck flexibler Solarmodule

Mittels Rolle-zu-Rolle-Druck lassen sich Solarmodule verschiedenster Technologien kostengünstig und umweltfreundlich herstellen. Die von uns betriebene Drucklinie wurde speziell für die Herstellung von Kleinserien entwickelt.

#EET





# Highlights

## Energiespeicher

[www.encn.de/Speicher](http://www.encn.de/Speicher)



### Wasserstoffspeicher

Flüssige organische Wasserstoffträger (LOHC) sind eine sichere und einfache Methode, Energie in Form von Wasserstoff über lange Zeit in einem Speicher vorzuhalten. Wasserstoff wird durch eine chemische Reaktion an das Speichermolekül gebunden und kann drucklos und bei Umgebungstemperatur problemlos gelagert und transportiert werden. Die Freisetzung erfolgt durch eine katalysierte Reaktion je nach Bedarf. Die Technologie ist bei großen Speichervolumina kostengünstig einsetzbar. Zur Demonstration wurde ein Wasserstoffspeichermodell gebaut.

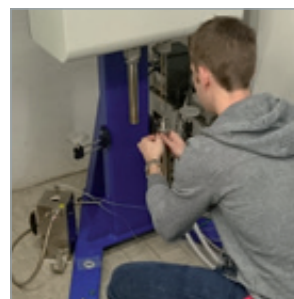
#Chemische Speicher



### Reaktoren und Prozessauslegung zur SNG Erzeugung

Die Erzeugung von synthetischem Erdgas (SNG) aus Synthesegasen stellt einen Ansatz zur großskaligen und langfristigen Speicherung regenerativer Energie dar. Besonderer Mehrwert ergibt sich, wenn die Reaktoren sowie Prozesse zur SNG-Erzeugung dynamisch und eduktflexibel betrieben werden können. Hierzu leisten wir mit unseren innovativen Reaktorkonzepten und Prozessketten für dezentrale Anwendungen einen Entwicklungsbeitrag.

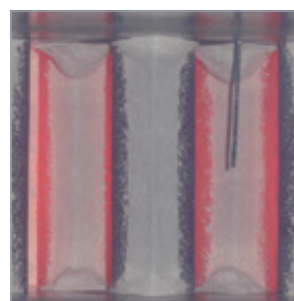
#Chemische Speicher



### Hochtemperaturwärmespeicher für LOHC-Systeme

Es wurde ein Hochtemperaturwärmespeicher für die Wasserstofffreisetzung mit LOHC-Systemen entwickelt. Dieser Speicher basiert auf der Oxidation von Eisen mit Wasser zur Wärmefreisetzung. Bei dieser Reaktion wird zusätzlich Wasserstoff freigesetzt, der z.B. in Brennstoffzellen genutzt werden kann. Durch diesen Speicher kann die entstehende Wärme im LOHC Prozess wieder genutzt werden. Dadurch wird der Wirkungsgrad des Wasserstoffspeichersystems erhöht. Der Wärmespeicher kann Temperaturen von bis zu 450 °C bereitstellen.

#Thermische Speicher



### Spitzenlastfähige CaO – CaCO<sub>3</sub> Hochtemperaturspeicher

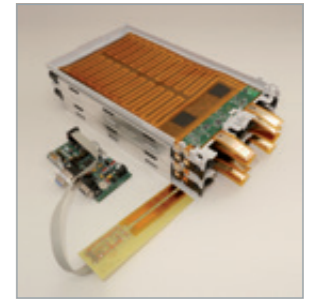
Isotherme Hochtemperaturspeicher für Einsatztemperaturen im Bereich 800 – 900 °C auf Basis von CaO –CaCO<sub>3</sub> Systemen bieten höchste Speicherdichten und erlauben beispielsweise die Flexibilisierung der Dampferzeugung in der bestehenden Kraftwerksinfrastruktur.

#Thermische Speicher

### Batterieüberwachung mit dezentraler Batterieelektronik

Mit diesem Konzept enthält jede Zelle seine Überwachungselektronik. Die Zellspannungen werden über einen kapazitiv gekoppelten Bus an ein zentrales Batteriemangement übertragen. Damit ist der Modulaufbau viel flexibler und modular. Der Kontaktierungsaufwand ist stark reduziert.

#Elektrische Speicher



### Neues E-Fahrzeug-Batteriemodul mit hoher Energiedichte und kostenoptimierter Monitoring-Elektronik

In einem internationalen Projekt wurde ein komplett redundantes Batteriesystem, inklusive Regelalgorithmen, für ein Elektrofahrzeug entwickelt. Das Batteriemodul entstand zusammen mit Dräxlmaier (Deutschland), Panasonic (Japan) und IFEVS (Italien). Eingesetzt wird es in dem in Turin auf der Parco Valentino Car Show vorgestellten E-Fahrzeug-Prototyp.

#Elektrische Speicher



### Konstruktion einer Speicherstation

Eine Speicherstation, bestehend aus drei Teilspeichern mit jeweils 20 kWh, wurde konstruiert und demonstriert. Jeder Teilspeicher hat eine Dauerleistung von 100 kW mit 320 A Lade- und Entladestrom. Die Überwachungselektronik misst die Zellspannungen mit einer Genauigkeit von 1.2 mV. Die Speicherstation erreicht eine Verfügbarkeit von 24/7 mit einem redundanten Design. Dank dieser Eigenschaften kann die Speicherstation für Grid-Anwendungen eingesetzt werden.

#Elektrische Speicher



### foxBMS – free, open, flexible Battery-Management-System

Ein neuartiges Konzept für ein Batterie-Management-System (BMS) wurde implementiert. Es wurde sowohl von Hardware- als auch Software-technischer Seite modular entwickelt, um auf zukünftige Entwicklungen und Anforderungsänderungen flexibel und schnell reagieren zu können. Durch das Offenlegen der Entwicklungsdokumente wird eine Gemeinschaftsentwicklung angestrebt.

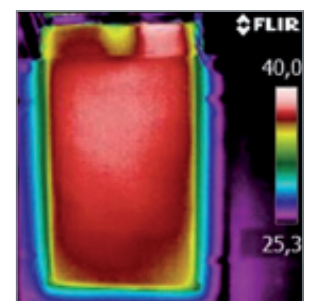
#Elektrische Speicher



### Kurze Simulationszeiten für thermisch-elektrische Simulationen von Batteriesystemen

Im Entwicklungsprozess für das thermische Design eines Batteriespeichers auf Basis von Lithium-Ionen-Zellen wurde ein verbesserter Simulationsfluss entwickelt. Die Simulationszeit von gekoppelten thermisch-elektrischen Simulationen konnte um einen Faktor 1600 verringert werden. Sie ermöglicht dadurch die Gesamtsimulation eines Batteriemoduls oder Batteriepacks.

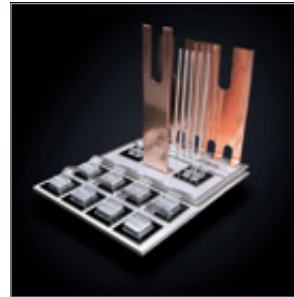
#Elektrische Speicher



# Highlights

## Elektrische Netze

www.encn.de/Netze



### Innovative Aufbaukonzepte für Leistungshalbleitermodule

Für modulare Multilevel-Umrichter wurde ein neues Modulkonzept mit speziell abgestimmter Aufbau- und Verbindungstechnik entwickelt und qualifiziert. Dies ermöglicht, die Leistungsfähigkeit insbesondere der Halbleiter vollständig auszuschöpfen und z.B. die Überlastfähigkeit der eingesetzten Bauelemente zu erhöhen. Eine besondere Herausforderung besteht hierbei auch in den hohen Lebensdauernanforderungen für energiewirtschaftliche Anwendungen mit Einsatzdauern von über 40 Jahren.

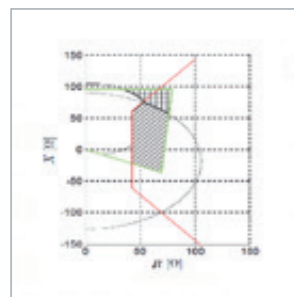
#Netze



### Netzanbindung von unterschiedlichen Speichertechnologien

Modulare Multilevel-Umrichter (MMC) sind für die Netzanbindung volatiler Energieeinspeisungen und Speichereinheiten unterschiedlicher Technologien geeignet, die im Lastfolgebetrieb arbeiten. Eine neuartige Netzstruktur mit Speichereinheiten im kW-Bereich konnte nun erstmals im Labor aufgebaut und deren Funktion durch umfangreiche Messungen bestätigt werden. Zudem konnten die Messungen die neu entwickelten Algorithmen für ein hochflexibles Lademanagement der Speichereinheiten verifizieren.

#Netze



### Hohe Netzauslastung bei hoher Netzsicherheit

In mehreren Bereichen wurden neue schutztechnische netzadaptive Algorithmen sowie Methoden der automatisierten Schutzkoordination entwickelt, die es ermöglichen, elektrische Energieversorgungsnetze stärker auszulasten und gleichzeitig ein hohes Maß an Netzsicherheit zu erreichen. Auch kann durch deren Einsatz die Stabilität elektrischer Netze verbessert werden, da Fehler schneller und absolut selektiv erkannt und abgeschaltet werden können.

#Netze



### SWARM – Storage With Ample Redundant Megawatt

Für die N-ERGIE AG und Caterva GmbH wird das Zusammenspiel zwischen Energiesystemen und Speichern hinsichtlich des stationären Betriebsverhaltens in Verteilnetzen und der Frequenzstabilität in Übertragungsnetzen untersucht. Mittels Netzberechnungen werden dabei die Wechselwirkungen zwischen Speichern und Stromnetz simuliert und anhand von Messungen überprüft. Es wird untersucht, in welchem Maße sich der Einsatz von Speichersystemen auf den künftigen Umfang von Netzausbaumaßnahmen in Verteil- und Übertragungsnetzen auswirken können.

#Netze

### Neuartiger Kabelmesswagen zur Kabeldiagnose im Verteilnetz

In Kooperation mit einem großen deutschen Netzbetreiber und einer international tätigen Diagnosefirma wurde ein neuartiges und einzigartiges mobiles Mess- und Prüfsystem mit hochauflösenden Hard- und Softwarekomponenten zur Erfassung wichtiger diagnostischer Kenngrößen von 20kV-Mittelspannungskabeln entwickelt. Die Feldmessungen können Hinweise auf den Alterungszustand bestimmter Kabelstrecken liefern und einen Beitrag zur Sicherheit des Netzbetriebes leisten.

#Netze



### Erste ortsaufgelöste Evaluierungsdaten von Energieversorgungskabeln

In Zusammenarbeit mit einem im Diagnosebereich führenden Unternehmen wurde ein neuartiges Verfahren zur zerstörungsfreien ortsaufgelösten Diagnose von Kabelsystemen entwickelt. Das zwischenzeitlich patentierte Verfahren erlaubt es, erstmalig die für den zuverlässigen Betrieb der Netze äußerst wichtigen dielektrischen Eigenschaften ortsaufgelöst darzustellen. Kabelsegmente können dadurch vor einem möglichen Ausfall identifiziert werden.

#Netze



### Versuchsanlage hybrides Energiespeichernetz am EnCN

Das hybride Energiespeichernetz ENGiNe ist ein Demonstrator auf dem Gebiet der Netzintegration dezentraler regenerativer Energieanlagen und Speicher. Er dient der Untersuchung des Netzverhaltens unterschiedlicher Speichertechnologien sowie deren sinnvollen Kombination (Hybrid-speicher) im netzgekoppelten Betrieb und im Inselnetz.

#Netze



### Antifuse – Überbrücken defekter Batteriezellen

Ein neues Bauelement zum Überbrücken defekter leistungselektronischer Komponenten wurde entwickelt und eine Reihe von Erfindungsmeldungen eingereicht. Dieses neuartige Bauelement kann innerhalb weniger Millisekunden einen niederohmigen Kurzschluss erzeugen und eröffnet somit einen Stromweg vorbei an defekten Bauelementen. Dies ist für Reihenschaltungen wichtig, wie sie in den Lithium-Ionen-Batteriesystemen oder bei HGÜ-Anlagen auftreten. Hiermit wird einem Totalausfall des Systems vorgebeugt.

#Netze



### Hocheffiziente berührungslose Ladesysteme für Elektrofahrzeuge

Die Kompaktheit der fahrzeugseitigen Spulen ist herausragend, bei einem gleichzeitig hohen Übertragungswirkungsgrad von bis zu 97%. In der Informationstechnik ist die Integration eines niederratigen und robusten Informationsübertragungskanal in das Energieübertragungssystem mit einer Maximalleistung von 3.5kW gelungen. Dadurch können die vorhandenen Übertragungsspulen verwendet und auf Funkmodule verzichtet werden. Auf diese Weise können auf Basis einer Nahfeldkommunikation wichtige Statusinformationen des Ladevorgangs übertragen werden.

#Netze



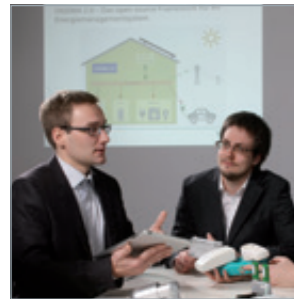


# Highlights

## Energiemanagement-Technologien

www.encn.de/EMT

DENKEN.  
FORSCHEN.  
HANDELN.



### OGEMA 2.0 ist ein Open Source Framework für Energiemanagementsysteme

Das javabasierte Framework ist quelloffen und kann auf unterschiedlichster Hardware eingesetzt werden. Es unterstützt die Programmierung individueller Applikationen, etwa zur Abbildung der Energieverbräuche, variabler Strompreise, Wetterprognosen, Präsenzmeldungen oder physikalischer Parameter wie Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit. OGEMA 2.0 bietet eine App-basierte Plattform mit integriertem Sicherheitskonzept.

#EMT



### Leistungsmesssystem für Großverbraucher

Ein mit der Rauschert GmbH entwickeltes Leistungsmesssystem für elektrische Großverbraucher ist serienreif und VDE zertifiziert. Das System nutzt eine ringförmige Anordnung der Sensoren um den Leiter. Sie erzielen eine hohe zeitliche Auflösung, eine bessere Überstromfestigkeit und haben einen hohen Dynamikbereich. Mit einem Messdorn wird zusätzlich zum Strom auch die Spannung gemessen. Das System wurde mit dem Anerkennungspreis - Energy Efficiency Award 2016 der dena ausgezeichnet.

#EMT



### Drahtlose IoT-Technologie für Energiemanagement

Durch die drahtlose Funktechnologie MIOTY lassen sich auf Arealen von mehreren Kilometern Sensoren kostengünstig abfragen. Durch die große Anzahl von mehr als 1 Million Sensoren und die Laufzeit von bis zu 10 Jahren entstehen speziell im Energiemanagement aber auch rund um Industrie 4.0 neue Anwendungen und Geschäftsmodelle. MIOTY ist flexibel einsetzbar und für die ersten Installationen in den neuen Anwendungen stehen spezielle Evaluation Kits zur Verfügung.

#EMT



### Optimale Planung von Gastransportnetzen

Dem effizienten Transport von Erdgas durch Rohrsysteme wird zukünftig eine besondere Bedeutung zukommen. Dabei sind Fragestellungen der Integration von Marktmechanismen und der Kopplung verschiedener Energieträger, wie Strom und Gas, durch Power2Gas-Techniken von großem Interesse. Dank neuer mathematischer und algorithmischer Entwicklungen ist es möglich, für die Praxis sehr wichtige Planungs- und Steuerungsprobleme auf Netzen nationaler Größenordnung optimal zu lösen.

#Optimierung

### Simulation intelligenter Energiesysteme

Mithilfe des Simulationsbaukasten i7-AnyEnergy können vernetzte intelligente Energiesysteme mit vielen konventionellen und erneuerbaren Energiewandlungseinheiten schnell nachgebildet und simuliert werden. Dazu werden Verbraucher-, Wetter- und Steuermodelle als auch Energie- und Kostenflüsse abgebildet. Aufgrund der Basisdaten können Hausmodelle erstellt und zu Verbänden mit einem gemeinsamen Wettermodell und einem Kommunikationsnetz gekoppelt werden. Dies ermöglicht z.B. die Untersuchung von Betriebsstrategien dezentraler Batterien.

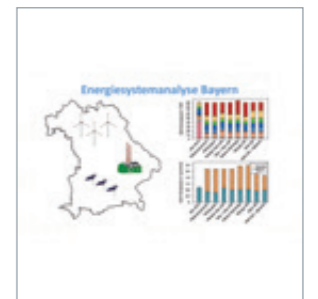
#Simulation



### Energiesystemanalyse

In Kooperation mit dem Bayerischen Wirtschaftsministerium und zahlreichen Unternehmen der Energiewirtschaft wurden mittels Simulation und Optimierung die Auswirkungen möglicher Handlungsoptionen in Bayern auf die Energiebilanz, den Energieeinsatz und die Umwelt aufgezeigt. Dazu wurden die wichtigsten Komponenten des Energiesystems technisch und wirtschaftlich nachgebildet und stark fluktuierende Erzeuger und deren Zusammenspiel mit Kraftwerken und Speichern modelliert. Die Arbeit wird im BMWi geförderten Projekt ‚KOSiNeK‘ fortgeführt.

#Simulation



### Simulationsmodell für Speicher-Verbund

In Kooperation mit der N-ERGIE AG und Caterva GmbH wurde im Projekt SWARM ein virtueller elektrischer Großspeicher installiert. Wir entwickelten dafür das Simulationsmodell eines Kleinspeicher-Verbunds, das die technischen Auswirkungen der Speicher auf die Netze ermittelt bzw. den ökonomischen Nutzen für die beteiligten Privathaushalte und für das gesamte Energiesystem identifiziert. Außerdem konnten so innovative Steueralgorithmen sowohl für die einzelnen als auch für den virtuellen Speicher erprobt und bewertet werden.

#Simulation



### Schaufenster Elektromobilität „e-NUE“

Das Projekt e-NUE befasst sich mit Elektromobilität und deren Auswirkung auf das Energiesystem. Es wurde ein Simulationsframework zur Analyse der Effekte der Elektromobilität, wie Stromverbrauch, Ladezeit oder CO<sub>2</sub>-Emission, entwickelt. Mit diesem Tool können technische und wirtschaftliche Ergebnisse für die Elektrifizierung geschäftlich genutzter Fahrzeugflotten analysiert, bewertet und optimiert werden.

#Simulation





# Highlights

## Effiziente Energienutzung

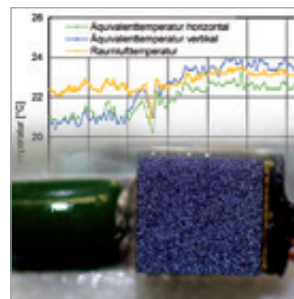
[www.encn.de/Effizienz](http://www.encn.de/Effizienz)



### Markteinführung eines neuen Zeolith-Adsorptionskälteaggregats

In enger Zusammenarbeit mit der SorTech AG, wurde ein neues Zeolith-Adsorptionskälteaggregat erfolgreich auf dem Markt eingeführt. Grundlegend dafür war die Entwicklung eines optimalen Verbundes zwischen einem leistungsstarken Adsorbens durch direkte Aufkristallisation und einem Verwachsen der Adsorbenschicht mit dem Trägermaterial. Durch diese innovative Beschichtung des Aggregates mit Zeolith konnte eine höhere Leistung erzielt werden.

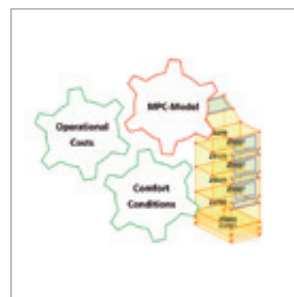
#Gebäude



### Behaglichkeitssensor für die Gebäudeautomation

Zur Erfassung der thermischen Behaglichkeit, vor allem auch in Bezug auf Strahlungstemperatur und Luftgeschwindigkeit, wurde ein miniaturisierter Äquivalenttemperatursensor entwickelt und an die Funkprotokolle EnOcean und ZigBee angebunden. Mithilfe des Sensors können künftig technische Gebäudesysteme, wie Heizung oder Jalousie, anhand eines realistischeren Messwerts zur thermischen Behaglichkeit geregelt werden.

#Gebäude



### Modell- und datenbasierte Regloptimierung der Gebäudeausrüstung

In der passgenauen Einstellung von Systemparametern der technischen Gebäudeausrüstung liegt ein hohes Energieeinsparpotenzial. Dazu werden, je nach Anforderung, verschiedene Ansätze basierend auf vereinfachten linearisierten physikalischen Modellen oder Messdaten aus dem Betrieb verwendet. Um den Aufwand an Messdaten zu minimieren, können auch statistische Modelle verwendet werden, deren Unsicherheit in das Modell miteinbezogen wird.

#Gebäude



### Informationsmodell für die Gebäudeautomation zur Fehlererkennung

Mithilfe von Algorithmen können aus Gebäudebetriebsdaten fehlerhafte Einstellungen in technischen Systemen erkannt und identifiziert werden. Dazu sind umfassende Informationen zur Anlagentechnik, deren Betriebsweise und Verknüpfung zu den Messdaten anhand der Datenpunkte notwendig. Mithilfe eines semantischen Informationsmodells lässt sich der Prozess der Fehlererkennung automatisieren. Es erlaubt explizit die Regelungslogik einer Gebäudeautomationslösung und dessen Einbindung in das Gesamtsystem abzubilden.

#Gebäude

### Herzo Base Energiespeicherhäuser: Ein energieflexibles Gebäude- und Energiekonzept von morgen

Im Rahmen eines Modellprojektes wird ein Reihenhauskomplex mit 8 Wohneinheiten gebaut. Zum Einsatz kommen neuartige höchstwärmedämmende Massivwandbaustoffe mit integrierter Wärmedämmung und neue Konzepte zur Steuerung von geothermischen Wärmepumpen mit elektrischen und thermischen Speichern in Kombination mit PV-Anlagen.

#Gebäude



### Emulationsprüfstand für thermische Erzeugungseinheiten und Speichersysteme

Der Emulationsprüfstand ermöglicht das Testen moderner thermischer Erzeugungseinheiten, wie Wärmepumpen oder Mini-Blockheizkraftwerke. Die Kopplung des Prüfstands mit der thermischen Anlagen- und Gebäudesimulation TRNSYS erlaubt es, die Tests unter nahezu realen Bedingungen durchzuführen. Neben der Steigerung der Energieeffizienz der Aggregate steht die Entwicklung neuer Ansteuerstrategien der Komponenten im Mittelpunkt der Forschung.

#Gebäude



### Permanenterregte Synchronmaschine als Generator für Kleinwasserkraftwerke

Die entwickelte permanenterregte hochpolige Synchronmaschine ist gut für den Teillastbereich geeignet und kommt ohne Getriebe und Schleifringe aus. Die Maschine verfügt über eine hohe Drehmomentdichte und guten Wirkungsgrad auch bei kleineren und mittleren Drehzahlen. Durch den Frequenzumrichter ist es möglich, die Maschine in einem großen Drehzahlbereich zu betreiben.

#Industrie



### Effizienzsteigerung bei Förder- und Hubanlagen

Bei Förder- und Hubanlagen, wie zum Beispiel Aufzügen oder Regalbediengeräten, kann die Effizienz des Systems durch Rückspeiseeinheiten sehr stark erhöht werden. Dadurch kann die in der bewegten Masse der Anlage vorhandene potentielle Energie beim Absenken wieder in elektrische Energie gewandelt und in das Stromnetz zurückgespeist werden. Der Schwerpunkt der Forschung liegt bei der optimalen Betriebsführung. Dadurch können Wirkungsgradverbesserungen im zweistelligen Prozentbereich erzielt werden.

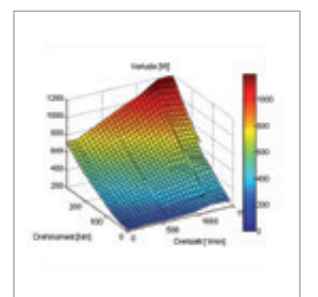
#Industrie



### Verlustkennfelder beschleunigen die Antriebssimulation

Die Erforschung der Verlustmechanismen in elektrischen Maschinen und Antrieben liefert Erkenntnisse zur Modellierung der Verluste. Durch den Einsatz von Verlustkennfeldern konnten die Simulationen von Antrieben um einen Faktor 1000 beschleunigt werden. Dies ermöglicht eine genaue energetische Analyse und Optimierung auch von komplexen Antriebssystemen über längere Betriebszyklen hinweg.

#Industrie

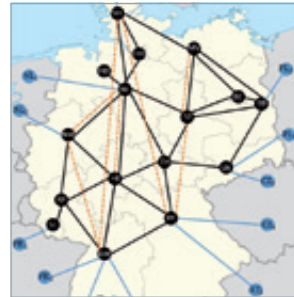


# Highlights

## Energiemarktdesign

[www.encn.de/Markt](http://www.encn.de/Markt)

DENKEN.  
FORSCHEN.  
HANDELN.



### Investitionsanreize und Geschäftsmodelle im Strommarkt

Das Gutachten für die N-ERGIE AG untersucht, ob der notwendige Netzausbau durch dezentrale Lösungen in der Stromversorgung reduziert werden kann. Berücksichtigt wurde dabei die Nutzung von Speicheranlagen, alternative Standorte für erneuerbare Energien, ein optimales Einspeisemanagement sowie Redispatch-Maßnahmen bei der Netzausbauplanung.

#Markt



### Geschäftsmodelle im Smart Grid

Die in Zusammenarbeit mit dem Projekt „Smart Grid Solar“ weiterentwickelte, integrierte Netz- und Marktmodellierung analysiert das Zusammenspiel von Netzen, Erzeugern, Speichern und Verbrauchern bei der Planung von Smart Grids und zeigt auf, welche Marktregeln zusammen mit den wirtschaftspolitischen Steuerungsmechanismen zu sinnvollen Investitionsanreizen für die einzelnen Akteure am Markt führen.

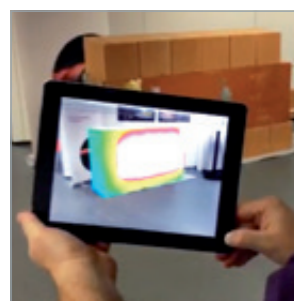
#Markt



### Investitionsentscheidung in Kleinspeichern

Im Bereich der Konsumforschung wurden im Projekt SWARM wiederholte Kundenbefragungen durchgeführt, um mittels verhaltensökonomischer und experimenteller Methoden die Akzeptanz und das Nutzungsverhalten bei koordinierten Kleinspeichern zu analysieren. Die Attraktivität der Speichertechnologie konnte dabei im Zeitverlauf untersucht werden. Es wurden verschiedene Kundensegmente identifiziert und auf ihre Investitionsneigung, Einstellung zum Produkt und ihr Informationsverhalten hin untersucht.

#Markt



### Augmented Reality zur Darstellung von Energieflüssen

Die Projektion von Wärmeemissionen auf die Oberfläche von 3D-Rekonstruktionen können mittels Augmented Reality abgerufen werden. Dies erlaubt die Darstellung von Energieflüssen direkt in der Anwendungsumgebung, und kann z.B. im Gebäudesanierungssektor helfen, Schwachstellen zu identifizieren und effizientere Lösungen zu finden.

#Design



Dr. Alexander Buchele  
Geschäftsführer  
Energie Campus Nürnberg

### Herzlich Willkommen

Die Geschäftsstelle des Energie Campus Nürnberg ist erster Ansprechpartner für Ihre Wünsche

*Geschäftsstelle*

**Energie Campus Nürnberg**  
Fürther Str. 250, „Auf AEG“  
Gebäude 16, 2. OG, Zi. 16.2.12  
90429 Nürnberg  
Deutschland

Fon: +49 (0)911 / 56 854 9120  
Fax: +49 (0)911 / 56 854 9121  
[info@encn.de](mailto:info@encn.de)

*Geschäftsführer*

**Dr. Alexander Buchele**  
Fon: +49 (0)911 / 56 854 9120  
[alexander.buchele@encn.de](mailto:alexander.buchele@encn.de)

*Bildnachweis:*

EnCN + Fraunhofer IIS/Kurt Fuchs, ENERGIEregion  
Fraunhofer (IIS, IISB, IBP), ZAE-Bayern  
TH-Nürnberg, FAU  
Shutterstock: 117990865, 274926782  
2be\_die markenmacher GmbH  
Stoll AG & Co. KG, Caterva GmbH







*Geschäftsstelle*

**Energie Campus Nürnberg**

Fürther Str. 250, „Auf AEG“  
Gebäude 16, 2. OG, Zi. 16.2.12  
90429 Nürnberg  
Deutschland

Fon: +49 (0)911 / 56 854 9120  
Fax: +49 (0)911 / 56 854 9121  
info@encn.de  
www.encn.de



Gründungspartner

