

PERSPEKTIVEN

Die Fachpublikation des House of Energy

Energiethemen verwirklicht: **Einblick in Projekte, Technologien und Innovationen**

Interview

**Ingrid Nestle,
Bündnis 90/
Die Grünen:
Neue Anreize
für den Strom-
markt**

Technologie

**Mögliche Rollen
von Wasserstoff
in Deutschland –
Systemische
Betrachtung der
Energiewende**

Vorwort



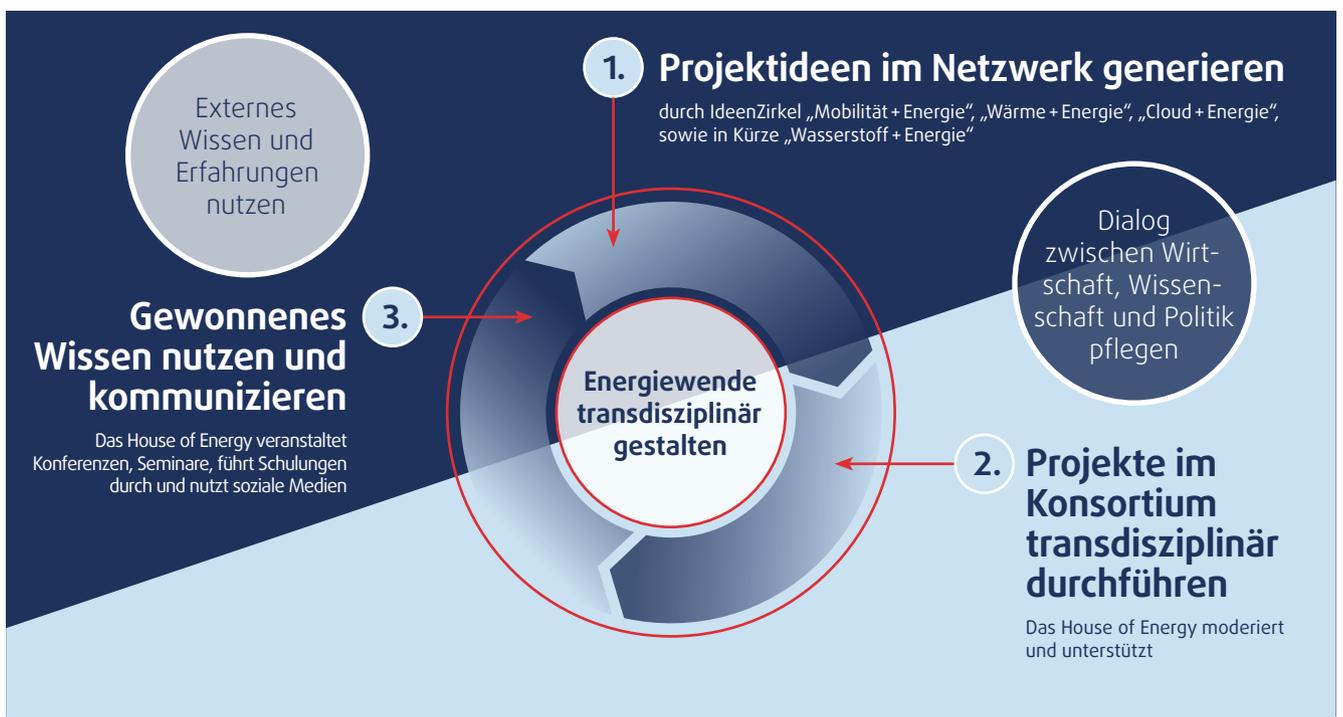
*Sehr geehrte Damen und Herren,
Liebe Freunde des House of Energy,*

Es ist mir eine große Freude, Ihnen die zweite Ausgabe unserer Publikationsreihe PERSPEKTIVEN vorzustellen. Lassen Sie mich dazu mit einem kurzen Rückblick starten.

Das House of Energy wurde 2015 gegründet und beging im Jahr 2020 seinen fünften Geburtstag. In diesem Jahr erschienen erstmals die PERSPEKTIVEN mit dem Titel „Die zweite

Halbzeit der Energiewende – Vernetzung von Strom, Wärme und Verkehr“. Diese Publikation stellt Beiträge zu aktuellen Projekten des House of Energy zusammen, berichtet über das etablierte Netzwerk, enthält eine Auswahl an fachlichen Analysen – die sogenannten Aspekte – und präsentiert in Gastbeiträgen persönliche und externe Perspektiven auf die Energiewende.

Rund 1.500 Personen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft erhielten den Band und die Rückmeldungen waren durchweg ermutigend und positiv. Dies bestätigte uns darin, das Konzept der PERSPEKTIVEN fortzusetzen und unsere Arbeit in einen zukunftsorientierten und ganzheitlichen Zyklus zu überführen (siehe Grafik unten).



Dieser beginnt mit der Erarbeitung von Ideen für Projekte zur Unterstützung der Energiewende durch die Mitglieder des House of Energy und der Geschäftsstelle (1). Die Projekte haben stets eine wirtschaftliche Basis, eine wissenschaftliche Relevanz und werden von der Politik unterstützt. Das House of Energy nimmt die Rolle des Ideengebers, Moderators und Projektmanagers ein. Dabei greift es auf die Kompetenzen und die Expertise der Mitglieder und der Netzwerke zurück. Forschung und Entwicklung erfolgen ausschließlich auf der Seite der Mitglieder (2).

Im Kontext der Projekte wird Wissen generiert, das von den Projektpartnern direkt angewendet und vom House of Energy in Publikationen, Seminaren, Konferenzen einer breiteren Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt wird. Nicht zu vergessen ist auch die wichtige Kommunikation über die sozialen Medien (3).

Basierend auf dem gewonnenen Wissen beginnt ein neuer Zyklus. Unter Einbindung des Netzwerks und der Mitglieder werden neue Projekte generiert. Hierzu haben wir das Format IdeenZirkel entwickelt. Seit 2020 arbeiten in den Ideenzirkeln Experten in drei verschiedenen Themenfeldern transdisziplinär zusammen. Ein weiterer IdeenZirkel „Wasserstoff+Energie“ wird in Kürze initiiert (1).

Natürlich ist das Netzwerk des House of Energy stets auf der Suche nach Inspiration durch Dritte. Daher werden regelmäßig externe Experten zu den Veranstaltungen und Workshops eingeladen.

Die vorliegende Ausgabe der PERSPEKTIVEN 2021/22 zeigt diesen Fortschritt eindrucksvoll. Der Titel lautet: **„Energithemen verwirklicht – Einblick in Projekte, Techno-**

logien und Innovationen“. Die Beiträge gliedern sich in die Kapitel Projekte, Netzwerk, Aspekte und Gastbeiträge. Es ist sehr erfreulich festzustellen, dass die Anzahl der Beiträge gegenüber dem ersten Band deutlich gestiegen ist und zudem – nach meiner Einschätzung – die fachliche Breite und Tiefe zugenommen hat. Die Perspektiven sind ein Kaleidoskop der Aktivitäten des House of Energy und dokumentieren den Weg des Vereins hin zur zentralen Ansprechstelle für Energie in Hessen. Wir sind zwar noch nicht am Ziel der Entwicklung, dennoch kamen wir 2021 trotz der Pandemie ein schönes Stück voran. Darüber hat die Bekanntheit des House of Energy in Deutschland und auch Europa zugenommen.

Derganzheitliche und faktenbasierte Blick auf die Energiewende, dem wir uns verpflichtet fühlen, weist eine gewisse Attraktivität auf. Hier gebührt dem geschäftsführenden Vorstand, dem Vorstand, den Mitgliedern, dem Land Hessen sowie allen Unterstützern des House of Energy großer Dank. Dies schließt neben der finanziellen Komponente auch die eingebrachte Kompetenz und vor allem die Gespräche zur Ausrichtung des House of Energy ein. Ohne diese Unterstützung und den großartigen Einsatz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Geschäftsstelle wäre diese positive Entwicklung nicht darstellbar.

Ich lade Sie herzlich zur Lektüre der einzelnen Beiträge der PERSPEKTIVEN 2021/22 ein. Ich wünsche Ihnen dabei Freude, neue Impulse und Anregungen für Ihre Tätigkeiten. Gerne können Sie die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Geschäftsstelle, die Autorinnen und Autoren oder mich dazu ansprechen. Für Hinweise und Kommentare sind wir stets offen, sie helfen uns zu lernen und besser zu werden. Indem Sie Ihre Gedanken und

Überlegungen mit uns zu teilen oder einen (Gast-)Beitrag für die nächste Ausgabe der Perspektiven einreichen, bereichern Sie unsere Arbeit.

Die PERSPEKTIVEN 2021/22 behandeln den Zeitraum vor dem 24.02.2022. Seit dem Tag des russischen Überfalls auf die Ukraine haben sich energiepolitische Eckpunkte verschoben. Die Annahme der mittelfristigen Verfügbarkeit von großen Mengen preiswerten Erdgases in Europa ist nicht mehr aufrecht zu erhalten. Erdgas wird teurer und knapper. Dies hat Konsequenzen für den Transformationspfad der Energiewende, die in den folgenden Beiträgen noch nicht verarbeitet sind. Interimistische Optionen, wie blauer oder türkiser Wasserstoff, verlieren deutlich an Potenzial, während der Nexus zwischen Klimaschutz und Resilienz gestärkt wird. Facettenreichtum und Zeitdruck der Energiewende nehmen zu.

Vielen Dank für Ihr Interesse. Bleiben Sie gesund und lassen Sie uns gemeinsam die Zukunft der Energieversorgung gestalten.

Herzliche Grüße



Innovationsmanagement Energie

Berufsbegleitendes Zertifikatsprogramm



Weitere
Informationen auf
Seite 50 und hier:
www.unikims.de/sie



Innovative Energiesysteme – Zukunft gestalten

Das berufsbegleitende Zertifikatsprogramm **Innovationsmanagement Energie** vermittelt Schlüssel- und Fachkompetenzen, um zukunftsfähige und wertsteigernde Produkte, Prozesse und Energiesysteme zu entwickeln und erfolgreich zu implementieren. Teilnehmende schließen nach 3 Monaten mit dem Zertifikat „Qualifizierte:r Innovationsmanager:in für Energiesysteme“ ab. Der Fokus des Programms liegt auf den Bereichen Energiesysteme, Energiemärkte und Digitalisierung sowie Innovations- und Change-management.



EUROPÄISCHE UNION
Investition in Ihre Zukunft
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

House
of Energy

UNI KIMS
MANAGEMENT SCHOOL UNIVERSITÄT KASSEL

UNI KASSEL
VERSITÄT

Inhalt



PROJEKTE

8 /

KRITEX:

Kritische Infrastrukturen im technischen Wandel

10 /

Lademanagement mit Künstlicher Intelligenz:

Projekt SALM ebnet den Weg für mehr E-Mobilität

12 /

Parkhäuser der Zukunft: **iLaPark zeigt, wie intelligentes Laden in der Stadt funktioniert**



14 /

Klima retten in Kassel: **klimo verbessert den persönlichen CO₂-Fußabdruck**

18 /

EU-Projekt STEPS unterstützt sechs Hersteller von Energie-Speichern

20 /

Smart Grid LAB Hessen: Einrichtung eines Testzentrums

26 /

E-Mobility-LAB Hessen: **Systemintegration der E-Mobilität von morgen**

30 /

Waste2BioFuels & BaseChemicals in Hessen: Erstes Projekt mit Innovationsförderung des House of Energy abgeschlossen

NETZWERK

32 /

Neue Entwicklungen und neue Mitglieder

34 /

Forum **Raum+Energie**

36 /

Startups zur **Finanzierung der Energiewende**

38 /

Online-Forum **Rechenzentren – grün und zukunftsorientiert**

46 /

Zukunft Energie und Mobilität: Gemeinsames Weiterbildungsprogramm von Frankfurt UAS und House of Energy

48 /

Zertifikatsprogramm „**Innovationsmanagement Energie**“

52 /

Der House-of-Energy-Kongress: „**Die Energiewelt WERTVOLL gestalten**“

72 /

Antriebsstoffe der Zukunft – Brennstoffzelle, Batterie, Alternativen oder doch Wasserstoff verbrennen?

76 /

Interview mit „et“ – **Dekarbonisierung: „Durch Umsetzungsprojekte gemeinsam klüger werden“**

ASPEKTE

80 /

Das „North Sea Energy Programme“ der Niederlande – Konzept für ein multimodales Energiesystem der Energiewende

92 /

Mögliche Rollen von Wasserstoff in Deutschland Systemische Betrachtung der Energiewende



GASTBEITRÄGE

102 /

Sustainable Finance und die Suche nach einer Definition für Nachhaltigkeit

104 /

„Es geht darum, den Markt zu stärken!“
Neue Anreize für den Strommarkt

110 /

Länderübergreifendes Netzwerk macht Unternehmen für Energieeffizienz und Klimaschutz stark

112 /

Netzwerk **ETA-Plus Südhessen**

113 /

Netzwerk Energieeffizienz –
Pirelli Deutschland mit Sitz in Hessen ist mit dabei

114 /

Fraunhofer CINES:
7 Empfehlungen zum Gelingen der Energiewende

116 /

Energie- und Wärmewende durch Geothermie am Fraunhofer IEG

118 /

Flexibilität – Das zentrale Element des Energiesystems der Zukunft

128 /

Wie kommt die **Energiewende** in die Stadt?

133 /

Impressum



PROJEKTE

KRITEX:

Kritische Infrastrukturen im technischen Wandel

Stromnetze digitalisiert und flexibel mit hoher Resilienz betreiben



Gemeinsam mit seinen Mitgliedern, dem IT-Sicherheitsdienstleister QGroup und der Universität Kassel, arbeitet das House of Energy an dem Projekt KRITEX. Mit rund 500.000€ wird das knapp zweijährige Projekt im **Programm für zivile Sicherheit** vom Bundesministerium für Bildung

und Forschung gefördert. **Kritische Infrastrukturen, zu denen auch die Stromversorgung zählt, geraten immer stärker in den Fokus von Cyberangriffen.** Durch die Energiewende, insbesondere die Dezentralisierung der Energieerzeugung sowie die zunehmende Vernetzung und

Digitalisierung der Infrastruktur, wird das Versorgungsnetz immer komplexer und verwundbarer. **Die Angriffsfläche steigt** derart, dass bereits heute klassische IT-Sicherheit für den **Schutz nicht mehr ausreicht** und Regelungsbedarf besteht. Hier setzt das Projekt KRITEX an. Darin wird die Konfiguration

einer skalierenden IT-Sicherheitsplattform für Betreiber kritischer Infrastrukturen in Abhängigkeit von rechtlichen, technischen und praktischen Aspekten untersucht. Darüber hinaus werden **Mechanismen zur effektiven Risikodeckelung** von den Projektpartnern betrachtet.

Thomas Blumenthal, Geschäftsführer des Konsortialführers QGroup und Experte für IT-Sicherheit, freut sich über das Projekt:

„Wir möchten über einen **ganzheitlichen Ansatz, der rechtliche Fragen einschließt, mehr Sicherheit für Netzbetreiber schaffen und eine größtmögliche Widerstandsfähigkeit gegen Angriffe von außen realisieren.**“

Ausgehend vom **Sicherheitsbedarf der Infrastrukturbetreiber** in der Energieversorgung werden rechtliche Regeln unter Berücksichtigung des bestehenden Rechtsrahmens sowie der Regulierungsbedarf untersucht.

„Wir alle – Staat, Wirtschaft, Bürgerinnen und Bürger – sind auf eine krisensichere Energieversorgung angewiesen. Das erfordert heutzutage den **Einsatz sicherer und resilienter IT. Für diese gibt es Vorgaben im IT-Sicherheitsrecht und im Datenschutzrecht, die wir im Projekt fortentwickeln und für neue Formen der flexiblen Energieerzeugung konkretisieren wollen.**“

So Prof. Gerrit Hornung vom Institut für Wirtschaftsrecht der Universität Kassel, dessen Fachgebiet IT-Recht behandelt.

Im Gegensatz zu klassischen häufig punktuellen Ansätzen der IT-Sicherheit verfolgt das Projekt einen **ganzheitlichen Ansatz** zur **grundsätzlichen, resilienten Ausgestaltung der digitalisierten Infrastruktur** (IT/OT/IoT) für Betreiber kritischer Infrastrukturen. Das Vorhaben bedient sich eines strukturierten Resilienzaufbaus von der Kernel- und Betriebssystemebene aufwärts, welcher von vornherein die Anpassbarkeit an rechtliche Anforderungen berücksichtigt. Der systematische Aufbau eines wirksamen, skalierenden und praktikablen Schutzes vor immer raffinierteren Angriffen soll für die Betreiber von kritischen Infrastrukturen vereinfacht werden. Die Untersuchungen werden beispielhaft mit Unterstützung des assoziierten Partners Städtische Werke Netz + Service GmbH durchgeführt.

„Damit sind drei Mitglieder des **House of Energy direkt im Projekt KRITEX involviert. Es wird zudem die Brücke zu anderen Projekten des transdisziplinären Netzwerks geschlagen**“,

betont Prof. Dr. Peter Birkner, Geschäftsführer des House of Energy. Insbesondere soll auf die Erkenntnisse des **Smart Grid LAB Hessen** zurückgegriffen werden, welches ein Labor ist, in dem das intelligente Stromnetz (Smart Grid) der Zukunft aus verschiedenen Blickwinkeln unter realen Bedingungen untersucht wird. Die Übertragbarkeit des KRITEX-Ansatzes auf andere Infrastrukturen ist im Projektverlauf ebenfalls ein Thema. ◇

Projekt

Laufzeit

01.09.2021–31.07.2023

Finanzierung

Förderung 483.000 €

Gefördert durch

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)



Konsortialführer

- QGroup GmbH

Projektpartner

- Universität Kassel
FB 7 Wirtschaftswissenschaften –
Institut für Wirtschaftsrecht –
Fachgebiet Öffentliches Recht,
IT-Recht und Umweltrecht

Assoziierter Partner

- BearingPoint GmbH
- Städtische Werke
Netz + Service GmbH
- Becker Büttner Held

Weitere Informationen

<https://www.house-of-energy.org/>

[KRITEX](#)

Lademanagement mit Künstlicher Intelligenz: **Projekt SALM ebnet den Weg für mehr E-Mobilität**

Mit Flavia IT und der Universität Kassel arbeiten zwei Mitglieder des House of Energy gemeinsam am neuen Projekt SALM (Selbst-Adaptives Lademanagement für Ladeinfrastruktur). Das vom Bundesforschungsministerium geförderte Vorhaben entwickelt ein selbstadaptives Managementsystem für das Laden von E-Fahrzeugen.



U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

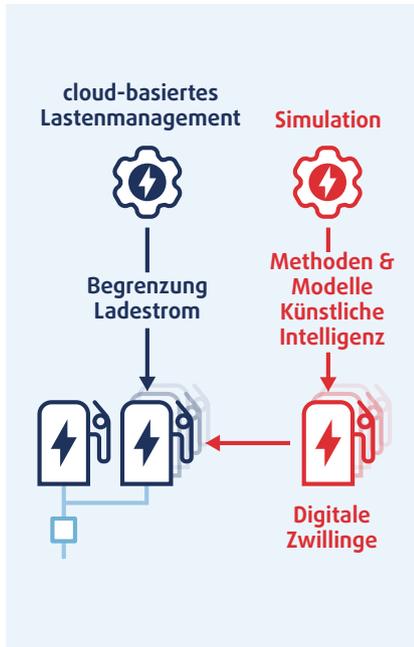
House of Energy

Dazu **analysiert** es **Energiebedarf** und zulässige **Ladedauer** für die einzelnen Fahrzeuge und **optimiert** so den Einsatz der vorhandenen **Ladeinfrastruktur**. Dieser Regelvorgang wird durch **künstliche Intelligenz (KI)** unterstützt. Ausgangspunkt im Projekt SALM ist die Zunahme an Elektrofahrzeugen und damit der Ausbau der Ladestationen in bestehenden Netzen. Dies bedeutet nicht nur die **Bereitstellung elektrischer Energie**, die **Errichtung von**

Ladesäulen aller Art und die **Weiterentwicklung von Elektrofahrzeugen**, sondern es bedeutet auch, dass die **Netzinfrastruktur** intelligenter werden muss. Die **E-Mobilität** hier stellt mit ihrem **schwankenden Ladeverhalten** und ihren **hohen elektrischen Leistungen** neue Anforderungen. Während einige Fahrer ihr Elektrofahrzeug schnell und mit hoher Leistung laden müssen, haben andere mehr Zeit, benötigen dafür aber z.B. eine höhere Energie für eine längere Strecke.

Hier setzt das Projekt SALM an.

Ziel ist es, durch Einsatz künstlicher Intelligenz die einzelnen Ladevorgänge so zu regeln, dass das Gesamtsystem, bestehend aus Netz, Ladesäulen und Elektrofahrzeugen, intelligent betrieben wird.



Im **Kern** bestimmt die **Regelbarkeit**, mit welcher **Ladeleistung die Batterien** der einzelnen Fahrzeuge am besten geladen werden. Dazu wird ein „**Digitaler Zwilling**“ erstellt, der das Verhalten der Ladestationen nachbildet und es ermöglicht, diesen Regelvorgang zu optimieren. Im **Ergebnis** wird ein **adaptiv lernendes System** nach dem **LCS-Prinzip (Learning Classifier Systems)** entwickelt. Dieses kann sich **weitgehend autonom** an neue Situationen anpassen und gezielt gesammeltes Wissen über die Ladeverläufe an realen Ladestationen mit wählbaren **Zielparametern kombinieren**. Prof. Bernhard Sick, Leiter des Fachgebiets Intelligente Eingebettete Systeme an der Universität Kassel, freut sich über die Bewilligung:

„Im Projekt SALM werden reale Situationen simuliert, um so effektiv und effizient die Optimierung von Ladestrategien zu untersuchen. Die Ladeinfrastruktur mit

künstlicher Intelligenz zu optimieren, ist ein wichtiger Beitrag hin zu klimaschonender Mobilität.“

Ein wesentliches Merkmal von SALM ist, dass die Qualitätsziele individuell mit Blick auf die Bedürfnisse des einzelnen Betreibers festgelegt werden können. Beispiele für **Qualitätsziele** sind die Erreichung einer möglichst **kurzen Ladedauer** oder die Verwendung von Strom mit einem **möglichst geringen CO₂-Fußabdruck**. Auch die Anzahl der Fahrzeuge, die in einem bestimmten Zeitintervall mit der bestehenden Infrastruktur entsprechend ihren Wünschen bedient werden können, ist ein Qualitätsziel. Die Bewertung jedes einzelnen Ladevorganges ermöglicht es dem Betreiber zu beurteilen, ob mehr Ladestationen erforderlich sind und welche Anforderungen an das versorgende elektrische Netz gestellt werden. Im Zuge des Projekts wird eine **vorhandene Software weiterentwickelt** und vor allem um eine **umfangreiche Visualisierung der Qualitätskennzahlen** erweitert. Darauf aufbauend werden die Vorteile einer Selbstoptimierung durch Einsatz von KI erforscht.

Georg Schmitt, Vertreter des Konsortialführers Flavia-IT ist überzeugt:

„Mit dieser Lösung können sowohl die Betreiber privater Industrienetze als auch die öffentlichen Verteilnetzbetreiber ihre Kosten für den Ausbau der Netze durch effiziente Ausnutzung der Netzkapazitäten begrenzen.“

Auch Prof. Dr. Peter Birkner, Geschäftsführer des House of Energy, lobt das Projekt:

„Das Zusammenspiel von Ladeinfrastruktur, Elektrofahrzeugen, Digitalen Zwillingen und Künstlicher Intelligenz freut uns sehr. Hier wird eindrücklich gezeigt, wie innovative Automationstechnik in Kombination mit Infrastrukturausbau die Energieverwendung effizient, effektiv und kostengünstig voranbringt.“

Projekt

Laufzeit

01.01.2021–30.06.2023

Finanzierung

Gesamtvolumen ca. 1,2 Mio. €
Förderung ca. 880.000 €

Gefördert durch

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)



Projektpartner

Konsortialführer
FLAVIA IT-Management GmbH

Partner

Universität Kassel

Weitere Informationen

www.house-of-energy.org/salm

Parkhäuser der Zukunft: iLaPark zeigt, wie intelligentes Laden in der Stadt funktioniert



Künstliche Intelligenz und Datenaustausch in Frankfurter Parkhäusern ermöglichen optimales Laden für E-Fahrzeuge bei gleichzeitiger Schonung der Netzinfrastruktur.

House
of Energy

EDAG

FRANKFURT
UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

HUBJECT

INTILION
Part of the HOPPECKE Group

SYROCON
CONSULTING

Das Projekt iLaPark, welches **Anfang 2021 startete**, soll in den nächsten drei Jahren die **Nutzung von Elektromobilität im urbanen Raum voranbringen** und wird mit ca. 1,6 Mio. Euro vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. **Ziel** ist es, **mehr Ladestationen in die Parkhäuser** zu bringen und diese optimal für die

E-Autofahrer und die elektrischen Netze zu nutzen. Unter der Leitung der SyroCon AG erarbeiten die Partner EDAG Engineering Group AG, Hubject GmbH und Intilion GmbH sowie das Research Lab for Urban Transport (ReLUT) der Frankfurt University of Applied Sciences (Frankfurt UAS) und das House of Energy intelligente Park- und

Ladekonzepte für Parkhäuser in Frankfurt. **Parkhäuser** und **Ladestationen** werden mit Hilfe einer **Software-Plattform und App** von SyroCon und EDAG zu **virtuellen Clustern zusammengeschlossen**, um eine **optimale Belegung** der Ladestationen zu erreichen. Dies ist notwendig, damit die Last der elektrischen Energie gut verteilt werden



kann. Diese Plattform ermöglicht Parkhausbetreibern, ihren **Endkunden Parken und Laden kombiniert und digital anzubieten**. Um die **bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur** in Parkhäusern zu bestimmen, werden Park- und **Ladeverhalten** sowie **Parkhausumfeld** vom ReLUT **analysiert**. Über die App können Fahrer sowohl von batterieelektrischen PKW (BEV) als auch von **Plug-in-Hybriden (PHEV)** alle Funktionen und Informationen der Ladeinfrastruktur in Parkhäusern nutzen. Dr. Markus Eisel, Vorstand SyroCon AG und Konsortialführer von iLaPark, freut sich über den Projektstart:

„Es wird erstmals gezeigt, welche Vorteile KI den Fahrern von E-Autos, den Parkhausbetreibern und Netzbetreibern bringt, indem ihre Systeme miteinander vernetzt werden. Die verbesserte Nutzung von Ladestationen in Parkhäusern soll die Nutzung von E-Mobilität in der Stadt erleichtern, neue Geschäftsmodelle für Parkhäuser ermöglichen und so die E-Mobilität insgesamt voranbringen.“

Für die **Erprobung** wird von HUBJECT und Intilion eine **portable batteriegestützte Ladeinfrastruktur** entwickelt, die es Parkhausbetreibern ermöglicht, Ladeinfrastruktur und Konzepte ohne massiven Ausbau der elektrischen **Anschlusskapazitäten zu testen**. Neben der technischen Innovation, werden erstmals raumbezogene bzw. stadtypologische Faktoren betrachtet. Neben der Software-Plattform für Parkhausbetreiber ist der Mobility Engineering Dienstleister EDAG als Projektpartner auch für die **KI-basierte Preisfindung und Abrechnung „Parken + Laden“** verantwortlich. Das House of Energy unterstützt als Unterauftragnehmer die Projektorganisation und sorgt mit seiner Öffentlichkeitsarbeit und seinem Netzwerk für die regionale Verankerung und Sichtbarkeit des Projektes.

Frankfurt wird Knotenpunkt für E-Mobilität

Als **Modellregion** wird die **Innenstadt von Frankfurt** betrachtet, in der sich ca. 500.000 Menschen bewegen. Innerhalb der Kernstadt (Konstablerwache bis Hauptwache) befinden sich ca. **10 Parkhäuser**, die zum Großteil im Besitz des assoziierten Partners PBG sind. Erfahren die E-Autofahrer **über eine App**,

welche Ladestationen verfügbar sind, kann der Verkehr von Elektroautos gezielt gesteuert werden. So werden **netzdienliches Laden** und die **optimale Auslastung** der Infrastruktur erreicht. Die gewonnenen **Erkenntnisse** aus dem Pilotgebiet lassen sich auf vergleichbare Regionen übertragen und haben somit eine **hohe Breitenwirkung**. ◇

Projekt

Laufzeit

01.01.2021 – 31.12.2023

Finanzierung

Gesamtvolumen ca. 3 Mio. €

Förderung ca. 1,6 Mio €

Gefördert durch

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)



Projektpartner

Partner

- EDAG Engineering Group AG
- Frankfurt University of Applied Sciences
- Hubject GmbH
- Intilion GmbH
- SyroCon AG

Assoziierte Partner

- ABG FRANKFURT HOLDING mbH
- Bundesverband Parken e.V.
- Stadtwerke Aschaffenburg

Weitere Informationen

www.ilapark.de



Klima retten in Kassel:
**klimo verbessert
den persönlichen
CO₂-Fußabdruck**

Die regionale App klimo soll in Kassel emissionsarmes Verhalten fördern, Optionen aufzeigen und Klimafreundlichkeit belohnen.

Die neue App verfolgt das Ziel, nachhaltiges Denken und Handeln der Bevölkerung in Kassel zu unterstützen. Die Entwicklung der App wird im Rahmen des dreijährigen Projekts vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert und unter der Leitung des House of Energy mit den Projektpartnern deENet Kompetenznetzwerk dezentrale Energietechnologien e. V., Fraunhofer IEE, twigbit technologies GmbH und der Universität Kassel durchgeführt. Die Stadt Kassel und in der Region ansässige Unternehmen unterstützen das Vorhaben ebenfalls.

Persönlicher Klimaschutz digital im Blick

Herzstück des Projektes ist die **Entwicklung der klimo-App**, in der alle, die die App nutzen, ihre **individuellen CO₂-Emissionen erfassen** können. Die App wird kontinuierlich die Auswirkungen des eigenen Handelns zurückmelden. So wird jedem direkt vor Augen geführt, wie viel sie oder er aktuell an CO₂-Emissionen verursacht. Damit bekommen alle Nutzer und Nutzerinnen eine Grundlage für die **Planung der individuellen CO₂-Reduktion**.

Gemäß Umweltbundesamt (UBA) lagen die durchschnittlichen CO₂-Emissionen je Bewohner 2019 in Deutschland bei rund 9,7 Tonnen pro Jahr^[1]. Nicht nur im Einklang mit den Klimazielen der Stadt Kassel werden diese Emissionen von Jahr zu Jahr sinken müssen. Um dies zu erreichen, schlägt die App den Nutzern und Nutzerinnen einen **persönlichen Reduktionspfad** vor. Mit Hilfe von **Challenges** kann der **Lebensstil spielerisch angepasst** werden. Durch die **Unterstützung lokaler Klimaschutzprojekte** kann zudem ein Beitrag zum Ziel „Kassel 2030 klimaneutral“ geleistet werden.

Prof. Dr. Peter Birkner, Geschäftsführer des House of Energy, ist sich sicher:

„Mit Hilfe solcher Apps kann die Digitalisierung zur echten Chance für Umwelt- und Klimaschutz werden. Gemeinsam mit regionalen Unternehmen entwickeln wir kreative Ideen, wie man durch positive Erfahrungen seinen Alltag klimafreundlicher gestalten kann.“

Während das Fraunhofer IEE die CO₂-Daten für die App berechnet und bilanziert, analysiert die Universität Kassel das Nutzerverhalten. Prof. Dr. Heike Wetzel vom Fachgebiet Mikroökonomik und empirische Energieökonomik an der Universität Kassel hebt hervor:

„Ökologische, ökonomische und soziokulturelle Aspekte werden hier ganzheitlich verbunden. Der Unterschied zu anderen Klima-Apps ist, dass bei klimo die Energiewende lokal durch die Endverbraucher vorangetrieben wird und das persönliche Verhalten im Mittelpunkt der Betrachtung steht.“

Die App steht allen kostenlos in den jeweiligen App-Stores oder hier www.klimo.app zur Verfügung. Christian Geselle, Oberbürgermeister der Stadt Kassel freut sich über das Projekt:

„Diese App ist ein innovatives und niederschwelliges Angebot für jede Bürgerin und jeden Bürger, das mithelfen kann, die Sensibilität für das Thema Klimaschutz zu erhöhen und das persönliche Verhalten zu überdenken und zu verändern. Je mehr Nutzer und Nutzerinnen mitmachen, umso größer ist der Effekt. So können kleine und große Stellschrauben zum Aufhalten des Klimawandels ineinandergreifen.“

Spielerisch das „Klima retten“

Durch spielerische Elemente fördert die App das Lernen und Verstehen und motiviert, eigene Wege auszuprobieren, um CO₂ einzusparen. ◇

klimo-Crowdfunding

Tolle Ideen für klimafreundliche Projekte in Kassel können über die klimo App unterstützt werden.

Eigene Projekte entwickeln

KlIMO macht **Klimaschutzprojekte in Kassel sichtbar** und hilft, diese Projekte zu finanzieren. Damit das möglichst reibungslos funktioniert, hat EcoCrowd – die nachhaltige Crowdfundingplattform der Deutschen Umweltstiftung – eine eigene Crowdfunding-Seite für uns erstellt: klimo.ecocrowd.de. Das Projekt muss „nur“ einen **Beitrag zu einer lebenswerten und klimafreundlichen Zukunft** leisten. Das klIMO-Team hilft bei der Umsetzung des Crowdfunding.

Lokale Nachhaltigkeitsprojekte unterstützen

Projekte von anderen können über klIMO ebenfalls unterstützt werden, denn jeder Cent kommt dort an, wo er gebraucht wird. Egal in welcher Höhe, jeder Beitrag zählt, um den Klimaschutz in Kassel voranzubringen.

Tauschgüter

Tauschgüter sind ein Dankeschön im Gegenzug für eine Unterstützung der Projekte und können gespendet werden – es geht hierbei vor allem um symbolische Wertschätzung. Ob sie materieller oder ideeller Art sind, spielt keine Rolle.



Quellen

[1] Der genannte Wert ist der Quelle <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen>

[in-der-europaeischen-union#pro-kopf-emissionen](#) entnommen. Er ergibt sich aus der Umlage der Gesamtemissionen

der Bundesrepublik im Jahr 2019 auf alle Bundesbürger.

Projekt

Laufzeit

01.01.2020 – 31.12.2023

Finanzierung

Gesamtvolumen 1,9 Mio. €

Fördervolumen 1,7 Mio. €

Gefördert durch

Bundesministerium für
Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)



Projektpartner

Konsortialführer

House of Energy e.V.

Partner

- deENet Kompetenznetzwerk
dezentrale Energietechnologien e.V.
- Fraunhofer IEE
- twigbit technologies GmbH
- Universität Kassel

Weitere Informationen

www.house-of-energy.org/lessismore

EU-Projekt STEPS

unterstützt sechs Hersteller von Energie- Speichern



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

House
of Energy



TU Darmstadt berät KMU und House of Energy koordiniert Vor-Ort-Tests der Speicher

Mit dem Ausbau der dezentralen Energieversorgung steigt auch der Bedarf an Energiespeicher-Lösungen. Wohnungsmärkte, lokale Energiegemeinschaften und Gewerbeparks benötigen maßgeschneiderte Speicherverfahren, neue Technologien oder neue Geschäftsmodelle. Um die europäischen Hersteller im internationalen Wettbewerb zu unterstützen, wurde das Förderprojekt **STorage of Energy & Power Systems in Nord West Europa (STEPS)** initiiert. Das **House of Energy** vertritt als einer von 10 internationalen Projektpartnern Deutschland

und bindet die **Technische Universität Darmstadt** (Institut für Mechatronische Systeme) und den **StoREgio Energiespeichersysteme e.V.** als Subpartner mit ein.

Phase 1: Knowledge Support

Anfang März wurden europaweit 20 Gewinner der ersten Bewerbungsphase ermittelt. Anschließend wurden sie vier Monate von den „Knowledge-Partnern“ Technische Universität Darmstadt (Deutschland), Universität Twente (Niederlande), Universität Gent (Belgien),

National University of Ireland Galway (Irland) und Faraday Institution (Großbritannien) unterstützt. Gemeinsam mit den Experten der Forschungseinrichtungen wurden aktuelle Fragestellungen gelöst.

Deutsche Gewinner in der ersten Runde sind die folgenden kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU):

→ das Aachener Startup **Voltfang** mit Stromspeichern aus wiederaufbereiteten Elektroautobatterien

- die Firma **Unicorn** aus Schwäbisch Gmünd und ihre modular skalierbaren Batteriespeicher mit Magnetstecksystem
- die Darmstädter Firma **Adaptive Balancing Power**, die Schwungmassespeicher mit unbegrenzten Ladezyklen entwickelt.

Im Juni gab es die zweite Gelegenheit, sich für das Projekt zu bewerben. Erneut wurden drei KMU aus der DACH-Region ausgewählt, um von den deutschen Projektpartnern unterstützt zu werden:

- die Schweizer Firma **innov energy** mit ihrem umweltfreundlichen und sicheren Salzspeicherbatteriesystem
- **Kraftblock** aus Sulzbach/Saar mit seinen nachhaltigen, kostengünstigen, modularen thermischen Energiespeichern
- die **p&e GmbH** aus Kassel, welche Leistungselektronik für verschiedene Batteriespeicher entwickelt.

Phase 2: Testing and Demonstration

Nach intensiver Zusammenarbeit mit den Knowledge-Partnern werden aus allen Teilnehmern die erfolgversprechendsten Anwendungen für die nächste Phase ausgewählt. Die Gewinner können ihre Speicherlösung bei einem potenziellen Kunden (Endverbraucher) aufbauen und unter realen Bedingungen testen. Somit erhalten sie wertvollen Input für die Weiterentwicklung ihres Speichers. Durch die Praxistests soll der Technologie-Reifegrad der Anwendungen erhöht werden, um sie näher zur Marktreife zu bringen. Den Auftakt wird das Start-up Voltfang machen und seine Speicherlösung bei "Energiesysteme Groß" in Niestetal aufbauen und testen.

Die Rolle des House of Energy

Das House of Energy nimmt als deutscher Business Support Partner (BSP) am Projekt teil. Als Netzwerk kann es seine Kontakte in der Region nutzen, um sowohl Hersteller von innovativen Speicherlösungen als auch

potenzielle Endverbraucher für die Teilnahme am Projekt zu gewinnen. Das House of Energy arbeitet mit seinen beiden Sub-Partnern zusammen und koordiniert die deutschen Projektaktivitäten. Der Schwerpunkt der Aufgaben liegt in der Durchführung der Vor-Ort-Tests in der zweiten Projektphase. ◇

Projekt

Laufzeit

03.04.2020 – 02.09.2023

Finanzierung

Gesamtvolumen 5,06 Mio. €
Fördervolumen 3,04 Mio. €

Gefördert durch

Interreg North West Europe



Projektpartner

Lead-Partner
Oost NL (Niederlande)

10 Institutionen (Forschung und Wirtschaft) aus Irland, Großbritannien, Belgien, den Niederlanden und Deutschland

Deutsche Projektpartner

House of Energy mit den Sub-Partnern
TU Darmstadt und StoRegio GmbH

Weitere Informationen

www.house-of-energy.org/steps

State of the Art Report

Als erster Meilenstein im Projekt wurde im Sommer 2021 der „**State of the Art Report**“ veröffentlicht. In diesem Bericht liefern Experten des Projekts Einblicke in den aktuellen Stand der E-Storage-Industry in Nordwesteuropa. Unter anderem enthält er einen Beitrag vom House of Energy mit dem Titel „**Applications of energy storage systems in households**“ (Seite 19 f.). Der Bericht ist unter <https://www.nweurope.eu/media/14318/state-of-the-art-report-steps.pdf> zu finden oder kann auf Anfrage über das House of Energy bezogen werden.



Smart Grid LAB Hessen: Einrichtung eines Testzentrums

Till Neukamp, Hochschule Darmstadt
Sophia Pfeffer, Ingenieurbüro Pfeffer GmbH
Hassan Abouelgheit, Tractebel Engineering GmbH

In der Fachpublikation des House of Energy „Perspektiven 2020“ wurde der Rahmen des Forschungsprojektes „Smart Grid LAB Hessen“ vorgestellt. Nun werden in diesem Artikel der Aufbau und die Struktur des Labors beschrieben.

Die **Hoch- und Mittelspannungsnetze sind voll bzw. teilweise automatisiert**. Hingegen sind **Niederspannungsnetze nur selten digitalisiert** und eine Anbindung für Automatismen fehlt. Das bedeutet, die Schaltvorgänge erfolgen bisher elektromechanisch bzw. manuell. Durch die Automatisierung können unterschiedliche Prozesse schneller, kosteneffektiv und exakter durchgeführt werden. Diese Prozesse sind beispielsweise **Fehlererkennung, Ausfallmanagement, Spannungsüberwachung** und **-steuerung, Blindleistungsmanagement** und **Integration von erneuerbaren Energien**. Intelligente Feldgeräte sind die Schnittstelle für die Kommunikation zwischen den Betriebsmitteln in der Prozess- und Stationsebene. Diese Geräte können die Betriebsmittel überwachen, schützen und steuern.

Um ein möglichst **realitätsnahes Labor der Niederspannungsebene** aufzubauen, wurden Bestandsnetze auf ihre Komponenten und Struktur analysiert. Es wurde festgestellt, dass bestehende Ortsnetztransformatorstationen sehr rudimentär mit Sekundärtechnik (Messtechnik und Fernwirktechnik) ausgestattet sind. Es sind häufiger nur manuell bedienbare Anlagen im Einsatz, welche maximal mit ungerichteten Erd- und Kurzschlussanzeigern ausgestattet sind. Neue Ortsnetztransformatorstationen (ONT) werden zunehmend **mit fernsteuerbarer und digitaler Sekundärtechnik ausgebaut**. Es werden Erd- und Kurzschlussanzeiger eingesetzt, welche gerichtet sind und teilweise zusätzlich wattmetrische Daten auf der Mittelspannungsseite erfassen können.

In Bezug auf die Niederspannung können in ONT zwar grundsätzlich die wattmetrischen Daten sowohl in der Einspeisung als auch in den Abgängen erfasst werden. In realen Verteilnetzen werden solche Daten jedoch über-



Abbildung: Intelligente Ortsnetzstation (iONS)

wiegend nur in der Einspeisung erfasst und nur selten bei den Abgängen. Im Labor des Smart Grid LAB Hessen wird dagegen Mess- und Fernwirktechnik von verschiedenen Herstellern eingesetzt, um alle Energieflüsse zu erfassen und das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten zu untersuchen. (siehe **Infobox 1**)

Neben der Digitalisierung der Sekundärtechnik gibt es Ideen und Projekte, die Primärtechnik zu verändern, um die Netzqualität zu verbessern bzw. die Güte einzuhalten. **Eine Variante ist der regelbare Ortsnetztransformator (rONT)**. Studien haben festgestellt, dass diese Technik teurer und deutlich wartungsintensiver als herkömmliche ONTs ist und deswegen keine flächendeckende Alternative darstellt. Eine andere Möglichkeit, die Spannungsqualität zu erhöhen, ist der **Einsatz von Längsspannungsreglern**. Diese können in einem Strang des Niederspannungsnetzes die Spannung in kleinen Schritten bis zu $\pm 10\%$ verändern.

Topologien

Die Stromnetze in der Niederspannungsebene lassen sich in vier Grundtopologien einteilen: **Land, Dorf, Vorstadt** und **Stadt**.

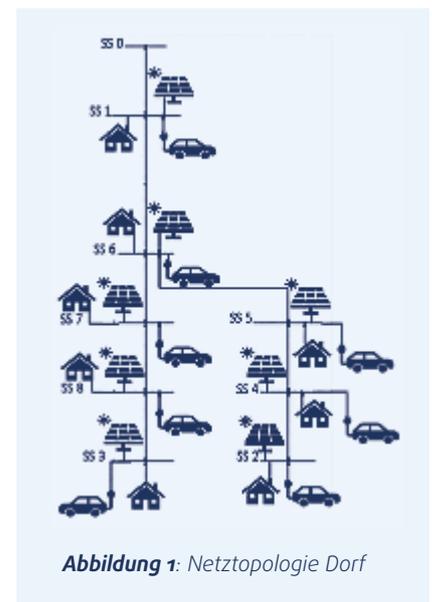


Abbildung 1: Netztopologie Dorf

Infobox 1

Sekundärtechnik zur Kommunikation im Labor

Jeder **Abgang in der Netztopologie wird dreiphasig wattmetrisch erfasst**. Diese Daten werden über eine Fernwirkeinheit an ein Leitsystem übertragen. Dort werden die **Daten gespeichert, visualisiert und analysiert**. Über das Leitsystem können auch die Leistungs- und Lasttrennschalter angesteuert werden, um einzelne Pro- bzw. Consumer ab- und zuzuschalten, oder auch, um die Netztopologie zu verändern. Das Leitsystem und seine Visualisierung ist eine Live-Nachbildung des Labors, so ist es

möglich, in dieser Oberfläche Algorithmen implementieren und testen zu können, welche die Netzqualität in Zukunft sicherstellen und erhöhen sollen. Neben dem **Leitsystem werden auch verschiedene Cloud- und Softwarelösungen zur Datenspeicherung, -visualisierung und -analyse angebunden**. Damit werden mehrere IT-Systeme und Kommunikationsprotokolle insbesondere auf ihre Sicherheit in Verbindung mit dem Energienetz untersucht. Die Kommunikationswege werden realitätsecht aufgebaut.



Sie unterscheiden sich hauptsächlich in der Gesamtlänge, der Anzahl der Stränge, der durchschnittlichen Distanz zwischen zwei Anschlüssen (Haushalt/Kleingewerbe), der anzunehmenden elektrischen Leistung, der Anzahl der Anschlüsse und in den Verzweigungen eines Stranges. Der Leitungsquerschnitt hängt von der Leistung ab, mit der ein Strang belastet wird. Topologien, welche den Kategorien „Land“ und „Dorf“ zuge-

ordnet werden, verwenden zu einem Großteil Kabel mit einem Querschnitt von $4 \times 150 \text{ mm}^2$ (Aluminium) und teilweise Freileitungen. In „Vorstadt“ und „Stadt“ ist in der Regel ein Querschnitt von $4 \times 240 \text{ mm}^2$ (Aluminium) in Verwendung.

Da sich die genannten Unterschiede der Topologien auf ihre einzelnen Stränge reduzieren lassen, werden in dem Labor **aus Platz- und**

Kostengründen je Kategorie nur einzelne Stränge anstatt des kompletten Ortsnetzes nachgebildet. Um die Längen der Leitungen innerhalb des Labors simulieren zu können, werden für die Impedanzen der Leitungen Widerstände und Spulen eingesetzt.

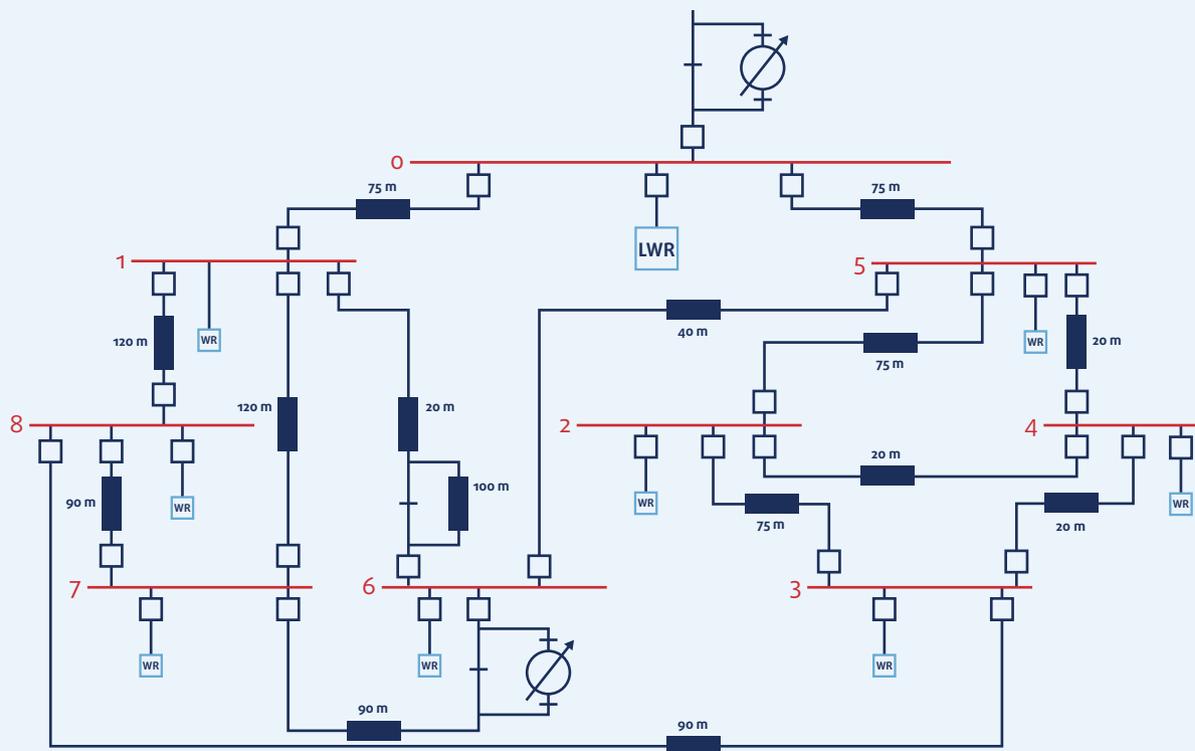
Mit diesem Konzept lassen sich **verschiedene Netztopologien mit wenigen Umschaltungen einstellen**, die realen

Infobox 2

Primärtechnik des Niederspannungsnetzes im Labor

Die **Primärtechnik** des Labors besteht unter anderem aus **Wechselrichtern**, welche die Lastgangprofile von Con- und Prosumern flexibel simulieren. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, **reale Erzeuger oder Verbraucher**, zum Beispiel eine Photovoltaik Anlage, E-Ladesäulen für Elektrofahrzeuge

und einen Batteriespeicher, einzubinden. Zudem ist auch ein **Längsspannungsregler** in der Topologie eingeplant, welcher wahlweise dazugeschaltet werden kann. Für die Umschaltung zwischen den Topologien werden Leistungs- und Lasttrennschalter verwendet.



Ortsnetzen entsprechen. An jeder Sammelschiene sind Wechselrichter angeschlossen, um flexibel Lastgänge im Netz einstellen zu können. (siehe **Infobox 2**)

Szenarien

Der nächste Schritt ist die **Entwicklung von Prüfscenarien der Niederspannungsebene**. Die Szenarien müssen den heutigen An-

spruch und den Energiefluss an das Stromnetz widerspiegeln. Um das Labor auf seine Realitätsnähe zu prüfen, werden zunächst Szenarien nach heutigem Stand durchlaufen. (siehe **Infobox 3**) Darauf folgen Szenarien, die im Jahr 2030 und in einem weiteren Zyklus im Jahr 2050 erwartet werden. In den Szenarien werden die Regularien der Bundesregierung für die Energiewende berücksichtigt. Das Ziel ist es, mit der Zunahme

von erneuerbaren Energien wie Photovoltaik und Windenergie und von neuen Verbrauchern wie Wärmepumpen und der E-Mobilität die Energiewende zu meistern. Es muss betrachtet werden, wie es möglich ist, die Versorgungsqualität sicherzustellen, ohne den Nutzer negativ zu beeinflussen. Die Frage nach einem ganzheitlichen Niederspannungsmanagement und die Rahmenbedingungen dafür werden erfragt und

Infobox 3

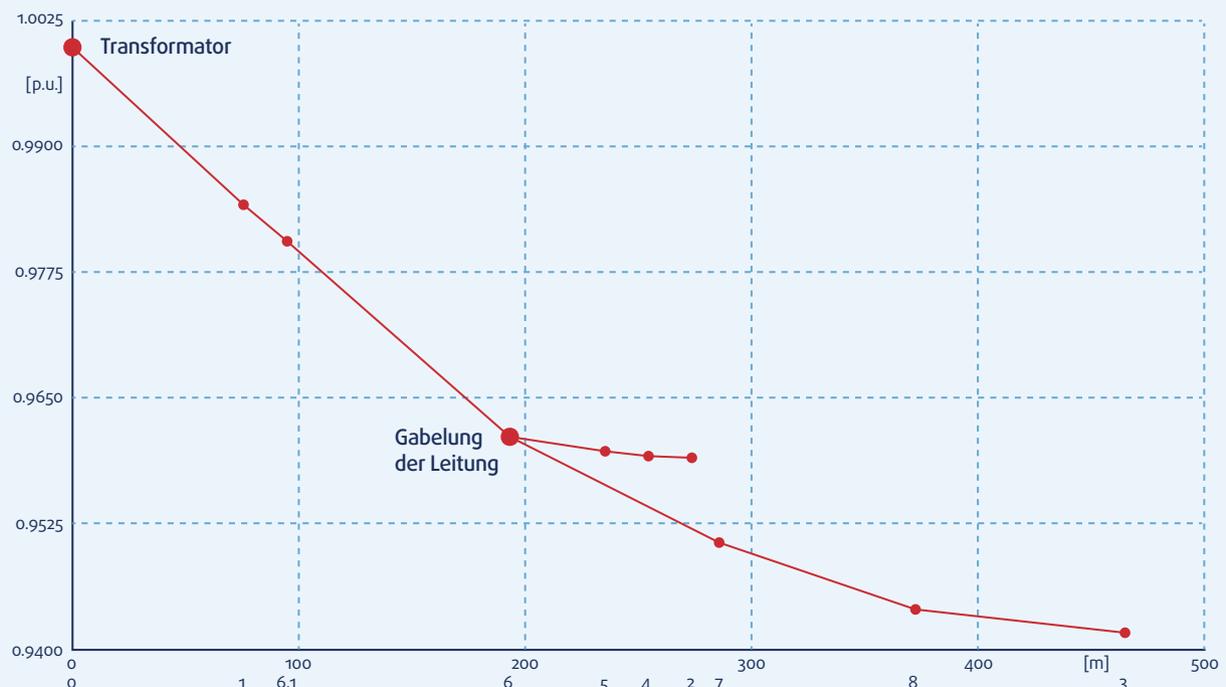
Effekte und Simulation im Netz

In der untenstehenden Abbildung ist der simulierte Spannungsfall im **Strang eines Dorfnetzes** gezeigt. An jeder **Sammelschiene (SS)** sind unterschiedliche Verbraucher wie z. B. **Haushalte (Ein- und Mehrfamilienhäuser)** sowie **E-Ladestationen** angeschlossen. Diese Verbraucher haben unterschiedliche Lastkurven. Für ein Szenario, in dem die Energiewende stark vorangekommen ist, wird angenommen, dass mindestens eine PV-Dachanlage mit einem Hausanschluss angeschlossen ist.

Für Verteilnetzbetreiber ist die Sicherstellung der Spannungsqualität besonders von Bedeutung, um Störungen von angeschlossenen Geräten zu vermeiden. Dabei gibt es wichtige Effekte, die berücksichtigt werden müssen. Fließt ein hoher Strom, so kommt es zu einem hohen Spannungsfall auf der Leitung. Darüber hinaus fließen, abhängig von der Leitungsbelastung, Blindströme als Folge der Leitungskapazität und

-induktivität. Da Blindströme keinen Nutzen für die Übertragung von Wirkenergie bringen und die Spannung negativ beeinflussen, müssen sie gegebenenfalls kompensiert werden. Im Smart Grid LAB Hessen werden solche Szenarien simuliert, getestet und effektive Lösungen dafür entwickelt.

Eine **quasi-dynamische Simulation** wurde mit den typischen Daten (Lastkurven und Wetterdaten) vom 06.05.2021 um 19:00h beispielhaft für einen Wochentag in der Nähe des abendlichen Lademaximums durchgeführt. In der Abbildung wird der **prozentuale Spannungsfall an jedem Knoten (Sammelschiennummer; über die Entfernung von der Spannungsquelle)** dargestellt. Die Knoten stimmen mit der Sammelschiennummer vom Abbildung 1 überein. **Je größer die Entfernung ist, desto höher ist der Spannungsfall.** Grund dafür ist die erhöhte Impedanz über die Leitungslänge und die erhöhte Belastung durch die ladenden E-Fahrzeuge.



Sammelschiennummer in der Topologie Dorfnetz gemäß Abbildung 1

erprobt. Dabei liegt ein **Fokus des Smart Grid LABs** auf aktiven Steuerungsverfahren und allen erforderlichen Funktionalitäten. Die neuen Verbraucher und Erzeuger beeinflussen die Lastgangkurven von Haushalten erheblich. Während die Wärmepumpe für kurze Peaks sorgt, erfordert das Laden von Elektrofahrzeugen einen langanhaltenden hohen Leistungsbezug. Für die Betrachtung auf der Niederspannungsebene spielt Photovoltaik eine deutlich größere Rolle als die Windenergie, da Photovoltaikanlagen meist in das Niederspannungsnetz einspeisen, Windkraftanlagen jedoch in das Mittel- oder Hochspannungsnetz. Damit kann der klassische unidirektionale Stromfluss nachgebildet werden. Ganz ausgeklammert werden darf die Windenergie für die Betrachtung der Szenarien dennoch nicht, da die Energie nur volatil zur Verfügung steht. Die Energie der erneuerbaren Energien muss dann genutzt werden, wenn diese zur Verfügung steht, bzw. muss gespeichert werden.

Das Projekt läuft noch bis März 2023. Im Laufe von 2022 soll der Laboraufbau abgeschlossen und dann sollen die Szenarien implementiert und simuliert werden. ◇

Projekt



Laufzeit

01.12.2020 – 31.03.2023

Finanzierung

Gesamtvolumen 3,31 Mio. €

Fördervolumen 1,57 Mio. €

Gefördert durch

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)

HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen



EUROPÄISCHE UNION
Investition in Ihre Zukunft
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Projektpartner

Konsortialführer

Hochschule Darmstadt (FG Elektrische Energieversorgung,
Erneuerbare Energien und Energieeffizienz)

Partner

House of Energy e.V., Ingenieurbüro Pfeffer GmbH,
JEAN MÜLLER GmbH, QGroup GmbH, Tractebel Engineering GmbH.

Weitere Informationen

www.house-of-energy.org/smartgridlab



E-Mobility-LAB Hessen: **Systemintegration der E-Mobilität von morgen**

Das Verbundprojekt E-Mobility-LAB Hessen, gefördert mit Mitteln des europäischen EFRE-Programms, ist ein hervorragendes Beispiel für eine gelungene Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschung in Hessen.

UNI KASSEL
VERSITÄT



House
of Energy

Es ist eine **Ladeinfrastruktur** entstanden, die **täglich produktiv** genutzt wird, um mit der nächsten Generation elektrischer Fahrzeuge einen **Beitrag zum Markthochlauf der Elektromobilität in Deutschland** zu leisten. Das E-Mobility-LAB Hessen zeigt, wie **ressourcenschonend** und **kostensparend** so ein Vorhaben realisiert werden kann, wenn Smartness sowohl im Aufbau als auch im

Betrieb der Ladeinfrastruktur durch entsprechende Betriebsstrategien eingesetzt wird.

Die aufgebaute Ladeinfrastruktur und die täglich anfallenden Daten bieten den Forschungspartnern eine einmalige Gelegenheit, den Ladeinfrastrukturbedarf der nächsten Jahre hinsichtlich eines **bedarfsgerechten** und



„Die schwankende Leistung des Netzes wurde bestmöglich ausgenutzt und größtmöglicher Komfort für die Nutzer sichergestellt.“

Prof. Dr. Ludwig Brabetz, Universität Kassel – Fachgebiet
Fahrzeugsysteme und Grundlagen der Elektrotechnik (FSG)

netzentlastenden Ladeverhaltens abzuschätzen. Darüber hinaus ermöglichen die Daten, an Systemdienstleistungsmärkten wie dem Regelleistungsmarkt, aber auch zukünftig denkbaren Märkten für verteilnetzdienliche Flexibilität teilzunehmen. Die **direkte Anwendung auf ein Praxisobjekt** und die **realitätsnahe Validierung** der Ergebnisse sind einzigartig in diesem Projekt.

So ist den Industriepartnern Opel, Flavia-IT und PLUG'n CHARGE gelungen, auf dem Opel-Gelände eine **intelligente Ladeinfrastruktur mit mehr als 120 Ladepunkten** aufzubauen. Die intelligente Steuerung der Ladevorgänge über ein Backend sorgt dafür, dass **priorisiert** und **flexibel täglich hunderte intensiv genutzte Fahrzeuge geladen** werden können. „Die schwankende Leistung des Netzes wurde bestmöglich ausgenutzt und größtmöglicher Komfort für die Nutzer sichergestellt.“ Die **Anbindung der Ladestationen** unterschiedlicher Hersteller, die jeweils über Mobilfunk angebunden sind, hat sich im Laufe des Projektes bewährt. Schwankungen

des Mobilfunknetzes konnten, sofern vorhanden, über Offlinefähigkeit ausgeglichen werden und gefährdeten zu keiner Zeit die **Nutzerzufriedenheit** oder die Einhaltung der Maximalwertvorgaben.

Die drei beteiligten Fachgebiete der Universität Kassel konnten erfolgreich eine **validierte, agentenbasierte Simulationsumgebung** zur Abschätzung des Ladeinfrastrukturbedarfs aufbauen, wobei das Fahrverhalten anhand von **Datenerhebungen mit statistischen Modellen** abgebildet wurde. Darüber hinaus konnten **Algorithmen zur Voraussage künftiger Ereignisse** im Zusammenhang mit dem Ladebedarf, Ladebeginn und Ladezeit der Nutzer entwickelt werden.

Schließlich wurden die technischen Ergebnisse des E-Mobility-LAB Hessen in den energie-wirtschaftlichen Kontext gesetzt. Dabei kam heraus, wie wichtig **Anreizmechanismen zur Nutzung netzdienlicher Flexibilität** sind. Sie sind ein Schlüssel für die erfolgreiche Integration von E-Mobilität in die Verteilnetze.

Opel Automobile GmbH

„Die Dichte von Elektrofahrzeugen auf dem Opel-Campus sollte eine Mobilitätssituation abbilden, wie sie im Jahr 2035 erwartet wird. Daraus wurden wertvolle Erkenntnisse über das Ladeverhalten und die Anforderungen an das Stromnetz der Zukunft gewonnen.“

„Bring das Auto zum Strom, anstatt den Strom zum Auto“, um kosteneffizient zu sein. Dieses „learning“ wurde aus den Kostenanalysen gezogen.

In dem Reallabor E-Mobility-LAB wurden mit Hilfe des intelligenten Steuersystems „Gridware“ **Ladestrom, Priorität und Zeitpunkt an die jeweilige Nutzung der Fahrzeuge angepasst**. Dabei wurde die **Energieverfügbarkeit** an den verschiedenen Standorten bzw. die **Belastbarkeit der Versorgungsleitungen** berücksichtigt (dynamisches Lastmanagement).

Mit dieser smarten Infrastruktur wurde erforscht, wie die gesamte Flotte trotz des hohen Energiebedarfs der Elektrofahrzeuge jederzeit bedarfsgerecht geladen werden, aber gleichzeitig die Leistungsgrenzen der vorhandenen Infrastruktur und die bereitgestellte Energie des werkseigenen Kraftwerks nicht überschritten werden. Und das bei **minimalen Ausbaurkosten**.

Die Infrastrukturauslegung am Standort Rüsselsheim basiert auf dem **Prinzip, dass nicht alle Ladepunkte gleichzeitig belegt sind**, aber auch, dass nicht immer mit maximal möglichem Ladestrom geladen wird.



Das **Lastmanagementsystem** regelt den Energiefluss der Ladepunkte so, dass maximaler verfügbarer Ladestrom bereitgestellt wird, ohne dass eine Überlastung im Versorgungsnetz auftritt. Dies kann zum Beispiel durch **Reduzierung der absoluten Ladeleistung** oder eine **zeitliche Verschiebung der Ladevorgänge** erfolgen.

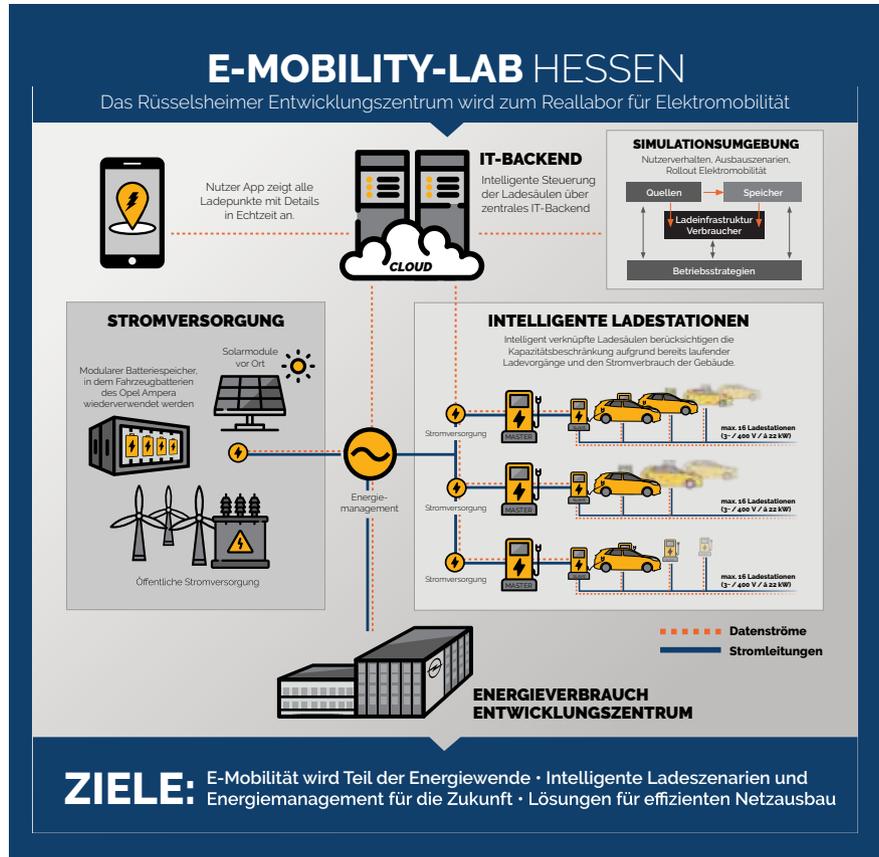
PLUG´n CHARGE rüstet E-Mobility-LAB mit Ladestationen aus

Bei der Entwicklung der Ladestationen wurde Wert gelegt auf:

- Integrationsfähigkeit standardisierter technischer Bauteile
- einfache Bedienbarkeit
- hohe Produktsicherheit
- einzigartiges und stabiles Material mit geringer Umwelt- und Klimabelastung
- Nachhaltiges Design mit hohem Wiedererkennungswert

FLAVIA IT-Management GmbH

„Mit Opel hatten wir einen Entwicklungspartner, der unter konsequenter Anwendung des definierten Standards (Smart Charging Profile innerhalb von OCPP) die technischen Möglichkeiten ausgereizt und erstmalig ein cloudbasiertes Lastmanagement zur Produktionsreife entwickelt hat.“



Die gewählte Lösungsstruktur, bestehend aus einer konfigurierbaren Topologie, auf der definierbare Verteilalgorithmen die Energieverteilung steuern, hat sich im Laufe des Projektes bewährt. Damit wurde sichergestellt, auf **Veränderungen im Nutzungsverhalten flexibel reagieren zu können**.

Die **Anbindung der Ladestationen** unterschiedlicher Hersteller, die jeweils über Mobilfunk (Mobile VPN-Anbindung) an das zentrale Steuerungssystem angebunden sind, hat sich im Laufe des Projektes bewährt. **Schwankungen des Mobilfunknetzes** konnten, sofern vorhanden, durch die getroffene Konzeption (Offlinefähigkeit) ausgeglichen werden und gefährdeten zu keiner Zeit die Nutzerzufriedenheit oder die Einhaltung der Maximalwertvorgaben. Die Steuerung der Ladestationen (Last-

management) über das Standardprotokoll OCPP musste mit jedem Hersteller in einem **Kompatibilitätstest abgesichert** werden, alle Hersteller konnten schnell erforderliche Anpassungen durch Firmware-Updates bereitstellen.

Universität Kassel – Fachgebiet FSG

„Die vielfältigen Fahrleistungsbedarfe und die komplexen Wechselwirkungen zwischen Fahrverhalten, Ladebedarf und Ladeinfrastruktur-Verfügbarkeit lassen sich sehr gut mit einem statistischen agentenbasierten Ansatz beschreiben und simulativ bewerten.“



Das **Simulationsmodell** ist in der Lage, eine **reale Ladeinfrastruktur** nachzubilden. Durch die Anpassung von verschiedenen Parametern lassen sich unterschiedlichste Szenarien abbilden und somit sehr komplexe Simulationen ausführen. Durch die **einfache Skalierbarkeit** der Simulation mithilfe der agentenbasierten Modellierung eignet sich das Modell auch für die Prognose von künftigen Ladeinfrastruktur-Ausbauszenarien.

Universität Kassel – Fachgebiet MEE

„Mit der Bereitstellung von Flexibilität kann die Ladeinfrastruktur im Energiesystem der Zukunft netzdienlich eingesetzt werden.“

Die richtige Ausgestaltung der **Anreizmechanismen** zur Nutzung netzdienlicher Flexibilität ist ein Schlüssel für die erfolgreiche Integration von E-Mobilität in die Verteilnetze. Die im Projekt erprobten Use Cases bedürfen einer Weiterentwicklung der heutigen Mechanismen. Aus technischer Sicht ist dabei grundsätzlich ein **hoher Flexibilisierungsgrad** erreichbar, ohne die individuelle Mobilität

einzu­schränken. Weitere Betrachtungen hinsichtlich der Akzeptanz bei der Ausgestaltung von detaillierten Flexibilitätsanreizsystemen sind notwendig.

Universität Kassel – Fachgebiet ComTec

„Der Einbezug des persönlichen Kontexts wie die Aufenthaltsdauer am Ladeort sowie der zukünftigen Mobilitätsbedarf bis zur nächsten Ladung ermöglichen eine bedarfsgerechte Ladungssteuerung.“

Für eine bedarfsgerechte und gleichzeitig netzentlastende Ladung von E-Mobilen ist eine Voraussage der benötigten Ladungsmenge und verfügbaren Ladezeit unbedingt notwendig. Dabei ist die **Genauigkeit der Voraussagen** für die Akzeptanz entscheidend. Es hat sich gezeigt, dass eine Anpassung der Metrik eine Verbesserung der Voraussagen mit sich bringt. Für den nächsten Schritt an **Verbesserungen** ist der **Einbezug weiterer Sensoren** nötig. So ist zum Beispiel der Einbezug der im Smart-

phone oder der Smartwatch eines Fahrzeugnutzers verbauten Sensoren denkbar. Diese liefern in Kombination mit den Ladedaten des Fahrzeuges ein großes Potenzial, die Voraussage noch deutlich zu verbessern. ◇

Projekt

E-MOBILITY LAB HESSEN

Laufzeit

10/2018–09/2021

Finanzierung

rund 4 Millionen Euro

Gefördert durch

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)



EUROPÄISCHE UNION
Investition in Ihre Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen

Projektpartner

Konsortialführer

- Universität Kassel

Partner

- Opel Automobile GmbH
- FLAVIA IT-Management GmbH
- PLUG´n CHARGE
- House of Energy e.V.

Weitere Informationen

www.house-of-energy.org/emobilitylab

Waste2BioFuels & BaseChemicals in Hessen:

Erstes Projekt mit
Innovationsförderung
des House of Energy
abgeschlossen



Die Arbeitsgruppe von Prof. Bernd Epple vom Fachgebiet Energiesysteme und Energietechnik der TU Darmstadt hat gemeinsam mit dem Fraunhofer Institut UMSICHT und Infraseriv Höchst das Projekt Waste2BioFuels & BaseChemicals in Hessen abgeschlossen. Das Projektteam hat dabei ein Konzept entworfen, wie die stoffliche Verwertung von biogenen Reststoffen und nicht recycling-fähigen Kunststoffabfällen in das hessische Energiesystem integriert werden kann. Das Projekt ist das erste, welches über die neue House-of-Energy-Innovationsförderung des Landes Hessen gefördert wurde.

Zwei Verfahren standen in dem Projekt im Mittelpunkt:

- Das in Darmstadt entwickelte **Carbonate-Looping-Verfahren** scheidet Kohlendioxid aus den Abgasen von Kraftwerken oder Müllverbrennungsanlagen ab. Dieses Kohlendioxid kann für eine Vielzahl von Prozessen verwendet werden. Im Projekt Waste2BioFuels & Base Chemicals in Hessen wurde die mit Wasserstoff und (erneuerbarem) Strom mögliche Weiterverarbeitung zu Methanol untersucht, welches als Grundstoff, z. B. für regenerative Kraftstoffe oder für viele weitere Chemikalien, eingesetzt werden kann.
- Das zweite Verfahren ist das von UMSICHT entwickelte **thermo-katalytische Reforming (TCR)**, welches biogene Reststoffe wie z. B. Bioabfall, Klärschlamm oder Gärreste in einem **Pyrolyse- und Reformingprozess in Synthesegas, Öl und Biokohle umwandelt**. Während die Biokohle als Bodenverbesserer eingesetzt werden kann, können Öl und Synthesegas z. B. zu regenerativen Kraftstoffen weiterverarbeitet werden. Auch Phosphor kann im Prozessverlauf zurückgewonnen werden.

Beide Verfahren wurden im Projekt zu einem Gesamtkonzept verknüpft. Aus biogenen Reststoffen entsteht in Kombination mit CO₂-freier Müllverbrennung die Basischemikalie Methanol. Zudem können somit unter Verwendung von erneuerbarem Strom erneuerbare chemische Energieträger oder Basischemikalen wie etwa Methanol hergestellt werden. Während Carbonate-Looping-Anlagen am Standort von Müllverbrennungsanlagen installiert werden können, kommen für die TCR-Anlagen eher dezentrale Standorte im ländlichen Bereich infrage. So wird nicht zuletzt der Straßenverkehr entlastet:

Transporte von nassem Klärschlamm werden reduziert.

In dem Projekt wurden insbesondere die Randbedingungen in Hessen in den Blick genommen, wie etwa die Verfügbarkeit der Einsatzstoffe, die Energie- und Stoffflüsse, mögliche Anlagenstandorte und Transportwege, die Wirtschaftlichkeit der Anlagen oder Auswirkungen auf die CO₂-Emissionen. Zudem hat Infraseriv Höchst auch die Anforderungen an einen Industriestandort für die weiteren Prozessschritte beleuchtet. ◇



Projekt

Laufzeit

03.12.2020 – 30.06.2021

Gefördert durch



Partner

- TU Darmstadt, Fachgebiet Energiesysteme und Energietechnik
- Fraunhofer Institut UMSICHT, Institutsteil Sulzbach-Rosenberg
- Infraseriv Höchst

Weitere Informationen

www.house-of-energy.org/innovationsfoerderung/waste2biofuels

NETZWERK

Neue Entwicklungen und neue Mitglieder

House 
of Energy
Forum **Startup+**

Insgesamt sind **rund 140 Startups** und kleine innovative Unternehmen mit Bezug zur Energiewende im House of Energy Netzwerk **Forum Startup+** mit Innovationsteckbrief registriert.

Kompetenzen aller registrierten Startups:

www.house-of-energy.org/Startups



House 
of Energy

Das House of Energy

Das House of Energy wurde 2015 als fünftes der hessischen „Houses of“ vom hessischen Wirtschaftsministerium unter Mitwirkung von Wirtschaftsunternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen gegründet. Es wird von drei geschäftsführenden Vorständen geleitet, die operativ durch die Geschäftsstelle unterstützt werden. Diese wird von einem Geschäftsführer geleitet und hat aktuell 19 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen.

Im März 2022 umfasst das Mitgliedernetzwerk 38 Unternehmen und Institutionen. Darunter sind zwei hessische Ministerien, acht hessische Wissenschaftseinrichtungen und 28 Wirtschaftsunter-

nehmen. Letztere decken einen Großteil der energiewende-relevanten Themen ab. Dazu gehören beispielsweise Technologie, Mobilität, Wärme und Kälte, IT und Digitalisierung, Datensicherheit, Engineering, Finanzierung, Zertifizierung, Rechtsfragen und Energieversorgung. Die Größe reicht von kleineren und mittleren Unternehmen bis hin zu globalen Spielern.

Rund 40% des Budgets stammt aktuell aus EU-Mitteln des Landes Hessen (EFRE). Weitere 45% kommen von Mitgliedern und rund 15% erwirtschaftet das House of Energy aus Projektbeiträgen. Es hat seinen Sitz im Gründerzentrum Science Park in Kassel.

Neue Mitglieder im House of Energy

Im Jahr 2021 verstärkten fünf neue Mitglieder das Netzwerk

Bloomenergy®

Die Bloom Energy Corporation entwickelt, produziert und vertreibt Festoxid-Brennstoffzellensysteme (SOFC) für die Stromerzeugung vor Ort und Festoxid-Elektrolysezellen für die Wasserstoffherstellung. Ihre Stromerzeugungsplattform wandelt verschiedene Energieträger durch einen elektrochemischen Prozess ohne Verbrennung in Strom um.



Die EDAG Engineering GmbH ist ein unabhängiger Ingenieurdienstleister für die globale Automobilindustrie. Das Unternehmen bietet komplementäre Ingenieurdienstleistungen in den Segmenten Vehicle Engineering, Electrics/Electronics und Production Solutions. Darüber hinaus engagiert sich EDAG proaktiv an der Entwicklung nachhaltiger und ganzheitlicher Mobilitätskonzepte.

Wir sind für Sie nah.



Die EVO Energieversorgung Offenbach AG ist der fünfte Energieversorger bei. Die EVO will Kraftzentrum und Impulsgeber sein – nicht nur für Offenbach und die Region. Sie beliefert Privatkunden und Unternehmen mit Strom sowie mit Erdgas und Wärme. Die EVO gestaltet die Energieversorgung innovativ, umwelt- und klimafreundlich.



Die IPH Selzer Ingenieure GmbH berät und plant seit mehr als 25 Jahren bundesweit im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung, der Energieeinsparung, der Emissionsreduzierung, der Abwärmenutzung, im Bereich KWK-Anlagen, Großwärmepumpen, Brennstoffzellen-, Absorptionskälte- und ORC-Anlagen und der Integration moderner Speichertechnologien sowie im Energiemanagement.



TÜV Hessen ist eine international tätige Dienstleistungsgesellschaft mit Sitz in Darmstadt. TÜV Hessen steht für die Sicherheit und Zukunftsfähigkeit von Produkten, Anlagen und Dienstleistungen und das sichere Miteinander von Mensch, Technik und Umwelt.

Geschäftsführender Vorstand wieder gewählt

Anfang Juni 2021 fanden im Rahmen der Vorstandssitzung die Wahlen des geschäftsführenden Vorstandes statt.

Sowohl der Vorsitzende des Vorstandes **StS Jens Deutschendorf**, HMWEVW, als auch **Dr. Marie-Luise Wolff**, ENTEGA AG als Stellvertreterin und **Prof. Rolf-Dieter Postlep**, Universität Kassel als Stellvertreter, wurden bei der Vorstandssitzung wiedergewählt und bleiben weitere zwei Jahre im Amt.

Die Geschäftsstelle des House of Energy freut sich auf eine weiterhin gute Zusammenarbeit.

www.house-of-energy.org/vorstand

News

Bleiben Sie informiert und melden Sie sich für unseren [Newsletter](#) an oder folgen Sie uns auf [Twitter](#) und [LinkedIn](#)

www.house-of-energy.org/newsletteranmeldung



Weitere Informationen über die Mitglieder:

www.house-of-energy.org/mitglieder



House 
of **Energy**

Forum
Raum+Energie

Forum **Raum+Energie**



Die Energiewende basiert auf der schwerpunktmäßigen Nutzung Erneuerbarer Energien in Kombination mit der Reduktion des Energiebedarfs. Regenerative Energiequellen sind unter anderem durch die technischen-physikalischen Eigenschaften der zeitlich limitierten und stark schwankenden Verfügbarkeit sowie die geringe Energiedichte gekennzeichnet. Daraus resultiert eine intensive Wechselwirkung mit dem Flächenbedarf. Energiewende wird damit auch zur Raumplanungs- und -entwicklungswende. Gebäude und Infrastruktur müssen energiewendekompatibel werden, ohne die Bedürfnisse der Menschen, der Wirtschaft, der Mobilität und der Natur zu vernachlässigen.



Das 2021 vom House of Energy e.V. gemeinsam mit dem Zweckverband Raum Kassel ins Leben gerufene Forum widmet sich diesem komplexen Thema aus wissenschaftlicher und verwaltungstechnischer Sicht.

Konkret geht es um die Frage, wie aus den technisch-physikalischen Grundlagen der Energiewende, die der ständigen Veränderung durch den technischen Fortschritt unterworfen sind, mit Unterstützung geeigneter Planungs- und Genehmigungsprozesse der Boden für eine **erfolgreiche Umsetzung der Energiewende** bereitet werden kann.

Im Ergebnis sollen Konzepte erarbeitet werden, die die wirtschaftliche Umsetzung energiewenderelevanter Vorhaben ermöglichen, indem sie den rechtlichen Rahmen

der Raumplanung und -entwicklung nutzen und/oder weiterentwickeln.

Dazu wird die technische Entwicklung im Sinne eines **Optionspools** betrachtet, von dem die Brücke hin zum realen flächenbezogenen Einsatz geschlagen wird. Neben dem House of Energy e.V. und dem Zweckverband Raum Kassel gehören auch Vertreter:innen des Regierungspräsidiums Kassel, der Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft Hannover und der Universität Kassel (Fachbereich Kommunikation und Soziologie, Landschaftsplanung) zu den Mitgliedern des Forums. Konkretes Ziel ist unter anderem die Durchführung eines Leuchtturmprojekts, das ein bestehendes Gewerbegebiet im Sinne der genannten Aspekte ganzheitlich weiterentwickelt. ◇

House 
of Energy
Forum Startup⁺

Startups zur **Finanzierung der Energiewende**



Rund 140 kleine innovative Unternehmen mit Energiebezug wirken im Innovationsnetzwerk des House of Energy mit. Getreu dem Motto „Impulse für Hessen & Impulse aus Hessen“ bringen sie vielfältige Kompetenzen aus den Bereichen Gebäude/Industrie, Versorgungsnetze, Plattformlösungen, Energieerzeugung, Speicher, Finanzierung und Bürgerenergie mit ein. Nachfolgend werden die Startups vorgestellt, die sich mit dem Thema Finanzierung beschäftigen.

iVE.ONE

Die Agora Innovation GmbH ist ein Frankfurter FinTech, das sich auf **Blockchain, DLT** und **digitale Assets** spezialisiert. Ihr Produkt iVE.ONE ist eine globale SaaS-Finanzierungs- und Investmentplattform für Firmen, Banken und Investoren. Über die iVE.ONE-Plattform haben institutionelle Investoren die Möglichkeit, auf **digitale Anlageklassen** und **Kryptowährungen** zugreifen zu können. Das Besondere dabei ist ein **integriertes ESG-Scoring-Modell**, das es Investoren ermöglicht, ihr Portfolio künftig auch für digitale Anlagen unter Berücksichtigung ökologischer, gesellschaftlicher und

ökonomischer Aspekte zu gestalten. Das Modell wurde auf Grundlage bestehender ESG-Modelle entwickelt, um langfristige Risiken zu bewerten, bevor in Wertpapier-Tokens, Kryptowährungen und andere Blockchain-basierte Vermögenswerte investiert wird. Die Vision von Agora Innovation ist es, nachhaltig Kapitalmärkte zu verändern, sowohl in Deutschland als auch international. Das Motto ist **„Bessere digitale Assets für jeden“**.

<https://agora-innovation.com/>



Collective Energy ist ein junges Start-up-Unternehmen aus Wien, welches sich auf die **gemeinschaftliche Finanzierung von Erneuerbaren-Energie-Projekten** und **E-Mobilität** spezialisiert hat. Es geht ihnen nicht nur darum, Energie effizient und nachhaltig zu erzeugen, sondern auch um die Frage, wie möglichst viele Menschen ein Teil des Wandels werden können. Ziel ist es, jede Person proaktiv in diesen Prozess einzubinden.

Das Angebot von Collective Energy deckt von **Photovoltaik-Contracting** bis hin zu **Presales-Crowdfunding** ein breites Spektrum an nachhaltigen Finanzierungslösungen ab. Egal, ob landwirtschaftlicher Familienbetrieb mit Direktvermarktung oder öffentliche Verwaltung, Collective Energy steht während der Umsetzung des nachhaltigen Projekts – von der Bedarfsanalyse bis zur Finanzierung – mit Rat und Tat zur Seite. Dank mittlerweile knapp 2.000 begeisterten Mitgliedern in der Collective Community kann das Unternehmen eine 100%ige Erfolgsquote beim Photovoltaik-Crowfundings vorweisen.

<https://www.collective-energy.at/>

portagon

Portagon schafft einen einfachen Zugang zum Kapitalmarkt. Durch die Produkte und Leistungen ist es Unternehmen, unabhängig von Größe und Branche, sowie Banken, Emissionshäusern und Finanzvermittlern möglich, digital Kapital einzusammeln – und das im Austausch mit ihren Investoren.

Mit den portagon-Lösungen hat jeder Emittent die Freiheit, sich unkompliziert und digital Zugang zu Kapital zu verschaffen: Jederzeit und überall. Damit treiben sie die Demokratisierung des Finanzmarktes voran und verfolgen nicht nur ein geschäftliches, sondern auch ein gesellschaftliches Ziel. Dazu ist eine Bildungs- und Aufklärungsoffensive nötig, die sie vorantreiben wollen. Sie informieren über die neuen Finanzierungswege, ihre Möglichkeiten und Chancen und beraten, wie ihre Lösung eine Alternative zur Bankfinanzierung für Immobilienprojekte, Erneuerbare Energien, Mittelständler oder Startups sein kann.

<https://www.portagon.com/>



OMNIA entwickelt eine **Plattform, die Finanzmarktteilnehmer und Unternehmen mit technischen Experten zusammenbringt**, um Bewertungen anhand der Anforderungen der „**EU-Taxonomie**“ durchzuführen. Daneben unterstützt die Plattform ihre Kunden softwarebasiert, um Ergebnisse prüfsicher zu erstellen und zu verwalten. Die „EU-Taxonomie“ ist eine Methodik der EU, die kürzlich zur Definition von Nachhaltigkeit angenommen wurde, da Unternehmen zunehmend vor der Herausforderung stehen zu definieren, was nachhaltig ist und was nicht. Die Plattform wird den Namen VIRIDAD tragen, die basierend auf standardisierten Screening- und Reporting-Methoden in Zusammenarbeit mit zertifizierten Experten hilft, **verlässliche Bewertungen zu ermöglichen**, die darüber hinaus softwaregestützt gemanagt werden können. Auf diese Weise unterstützt OMNIA eine Neuausrichtung des Finanzsystems hin zu verlässlichen und nachhaltigen Geschäftsentscheidungen und fördert so den Übergang zu einer umweltverträglicheren Wirtschaft.

<https://www.omnia-energy.eu/>



Wie viel trägt ein Unternehmen, Investmentportfolio, Staat oder eine Immobilie zur globalen Erwärmung bei? Das berechnet right. based on science (right.), ein **Anbieter für wissenschaftsbasierte Klima-Metriken und Software**, mit dem eigens entwickelten X-Degree-Compatibility(XDC)-Modell. Das Ergebnis ist eine greifbare °C-Zahl.

Die Berechnung folgt einer einfachen Grundlogik: Je mehr ein Unternehmen wirtschaftlichen Erfolg (Wertschöpfung) und Treibhausgas-Ausstoß entkoppelt, desto niedriger die Temperatur.

Für Unternehmen, Finanzdienstleister und die Immobilienbranche bietet right. **spezialisierte Softwarelösungen** an, um die Klimawirkungen des eigenen Wirtschaftens zu messen und in die erfolgreiche Transition zur 1,5-°C-Konformität zu steuern.

<https://www.right-basedonscience.de/>



Online-Forum **Rechenzentren – grün und zukunftsorientiert**

Stefanie Roth, House of Energy e.V.

Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner, House of Energy e.V.

Für das House of Energy spielen Rechenzentren aus mehreren Gründen eine bedeutende Rolle. Sie spiegeln den Trend der Digitalisierung wieder. Immer mehr und komplexere Anwendungsfälle mit immer größeren Datenvolumina werden in der digitalen Welt abgebildet und greifen auf die vernetzte Infrastruktur zu. Diese Entwicklung schlägt sich im enormen Ausbau der Rechen- und Speicherleistung im Raum Frankfurt-Rhein-Main nieder.

Das **Land Hessen** nimmt dadurch eine **zentrale Rolle in Deutschland und Europa** ein. Der **zunehmende Ausbau der Rechenzentren** führt zu einem enormen **Strombedarf** in einem begrenzten Raum, der im Kontext der Energiewende zu decken ist. Eine weitere Entwicklung ist **Edge-Computing**, d.h. der **anwendungsnahe Einsatz von Rechnern**, oder die **Auslagerung von Unternehmensservern in regionale Serverfarmen**, die

entsprechende Services und v.a. **skalierbare Rechenleistung für Unternehmen** anbieten. Beides bringt die Möglichkeiten der Digitalisierung, aber auch den damit verbundenen Strombedarf in die Region. Als dritter Punkt ist der Zusammenhang zwischen Energiewende und Digitalisierung zu nennen. **Digitalisierung erhöht die Energieeffizienz**, um Prozesse energiebedarfs-senkend zu koordinieren sowie Energieströme in

Energienetzen zu steuern. Sie ist für die Umsetzung der Energiewende unverzichtbar. Durch **virtuelle Alternativen** – beispielsweise Videokonferenzen – unterstützt sie weiterhin die **Suffizienz**.

Aus diesen Gründen hat das House of Energie den **IdeenZirkel „Cloud + Energie“** eingerichtet. Unter Leitung eines wirtschaftlichen und eines wissenschaftlichen Chairs diskutieren Expertinnen und Experten aus dem Mitgliederkreis des House of Energy Fragestellungen, die die Digitalisierung **energiewendekompatibel** ermöglichen. Daraus werden konkrete Aktivitäten oder Projekte abgeleitet, die vom House of Energy im Rahmen der satzungsgemäßen Arbeit umgesetzt werden. Die Doppelspitze für den genannten IdeenZirkel bilden **Prof. Dr. Matthias Weigold**, Leiter des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen an der Technischen Universität Darmstadt, und **Benedikt von Reden**, Bereichsleiter Technische Netzdienstleistungen der Avacon Netz GmbH in Helmstedt.

Eine durch diesen Ideenzirkel initiierte Veranstaltung zum Thema „Rechenzentren – grün und zukunftsorientiert“ fand am 26.04.2021 in Form einer virtuellen Videokonferenz statt. Die Key Note „Grenzen überwinden – Zukunft gestalten“ übernahm **Marten Bunnemann**, Vorsitzender des Vorstands und Finanzvorstand der Avacon AG. Die Einführung in das Thema erfolgte durch Herrn Benedikt von Reden. **Dr. Andreas Meissauer**, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, Referatsleiter „Energiepolitik, Erneuerbare Energien, Energietechnologien“, **Alexander Rabe**, Geschäftsführer eco Verband der Internetwirtschaft, und **Jens-Peter Feidner**, Geschäftsführer Equinix Deutschland, formulierten die Blickwinkel des Landes

Hessen, der Internetwirtschaft und der Infrastrukturanbieter in Form von Impulsreferaten.

Die vielfältigen Aspekte, die von den Experten angesprochen wurden, sowie deren Interaktionen, die im Kontext der Veranstaltung herausgearbeitet wurden, sind nachfolgend zusammengefasst. Weiterhin flossen die Diskussionsbeiträge der Teilnehmer ein.

Die Rechenzentren und ihre spezifischen Ausrichtungen

Allgemein versteht man unter Rechenzentren die Räumlichkeiten, in denen Unternehmen Teile ihrer Rechnertechnik installieren und betreiben.

Das Rechenzentrum – als Organisation – stellt hierbei die erforderliche unterstützende Infrastruktur sowie die benötigten Services zum Betrieb der Rechner bereit. Dazu zählen im Wesentlichen das **Gebäude** mit seinen **technischen Einrichtungen**, deren Betrieb, die **physische Sicherung** der Anlage, die **Energieversorgung** und die **Klimatisierung**. Die genauen Regeln für die technisch-organisatorischen Maßnahmen, den Aufbau und Betrieb von Rechenzentren sind in der **DIN EN 50600** beschrieben. Entscheidend ist die sichere Versorgung mit elektrischer Energie. Entsprechend sind Rechenzentren **redundant** in die **öffentlichen Stromnetze** eingebunden, halten **eigene Notstromversorgungen** vor und haben auch die **interne Stromversorgung redundant** strukturiert.

Mit Blick auf die **Energieeffizienz von Rechenzentren** wird häufig der sogenannte **PUE-Faktor** als Maßstab für eine Quantifizierung herangezogen. Unter **Power**

Usage Effectiveness (PUE) versteht man den gesamten Strombedarf des Rechenzentrums dividiert durch den für den Betrieb der Rechnertechnik direkt erforderlichen Strom. Es ergibt sich eine Zahl größer eins. Ein Rechenzentrum ist damit umso ineffizienter, je kleiner der PUE-Faktor ist. Ein energetisch ideales Rechenzentrum weist einen PUE-Faktor von eins auf. Damit würde der gesamte Strombedarf ausschließlich in den Betrieb der Rechnertechnik fließen. Die unterstützende Infrastruktur, v.a. die Klimatisierung, müsste dann ohne weiteren Energieeinsatz arbeiten.

Naturgemäß gibt es auch **kritische Blicke auf den PUE-Faktor**. So werden die Umgebungsbedingungen, unter denen ein Rechenzentrum betrieben wird, nicht gewürdigt. Wird ein Rechenzentrum beispielsweise auf Grönland betrieben, kann die Kühlung hocheffizient durch Nutzung der Umgebungskälte umgesetzt werden. Das gleiche Rechenzentrum, das beispielsweise auf Sizilien errichtet wurde, muss die Kälte durch enormen Energieeinsatz erst herstellen. Es wird also einen schlechteren PUE-Wert aufweisen.

Dennoch bleibt festzuhalten, dass der PUE-Wert eine gute Aussage über die Energieeffizienz eines Rechenzentrums erlaubt.

Mit Blick auf Rechenzentren ist festzuhalten, dass der **PUE-Wert in den letzten zehn Jahren aufgrund des technischen Fortschritts deutlich reduziert werden konnte**, gleichzeitig aber auch erheblich **mehr Rechenleistung** installiert wurde. Es trat also ein typischer „**Rebound-Effekt**“ auf.

Allgemein senkt die Konzentration von Rechnertechnik in einem Rechenzentrum die erforderliche Gesamtenergie pro

Rechnerleistung signifikant. **Rechenzentren sind im Vergleich zu Einzellösungen in den Unternehmen erheblich energieeffizienter.**

Physikalisch gesehen nimmt ein Rechenzentrum elektrische Energie auf und wandelt diese fast vollständig in thermische Energie um.

Allerdings hat diese die Eigenschaft, dass sie technisch im Sinne von **thermodynamischer Arbeitsfähigkeit** nur sehr schwer nutzbar ist. **Ihr Exergieanteil ist entsprechend gering.** Der Umgebungszustand unterscheidet sich geringfügig vom Zustand der dargebotenen Energie. Dies reduziert das Arbeitspotenzial. **Exergie** ist im Gegensatz zu Energie keine Erhaltungsgröße. Sie wird durch irreversible Prozesse abgebaut und in **Anergie**, d.h. nicht nutzbare Energie, umgewandelt.

Neben Unternehmen nutzen zunehmend sogenannte **Hyperscaler** die Rechenzentren. Darunter sind Anbieter von IT-Ressourcen zu verstehen, die diese unter Nutzung von Cloud Computing horizontal stark skalieren. Es werden **sehr viele Server miteinander verbunden**, so dass ein **weiträumiges Big-Data-Netzwerk entsteht**, das hohe Zugriffszahlen verarbeiten und stark schwankende Nutzung kompensieren kann.

Neben den beschriebenen Rechenzentren, die in Hessen schwerpunktmäßig im Frankfurter Raum zu finden sind, entsteht schrittweise flächendeckend eine weitere Art von Rechenzentren. Diese verfolgen meist das **Geschäftsmodell „IT as a service – ItaaS“**. Hier werden schlüsselfertige IT-Services bedarfsgerecht für die Kunden

bereitgestellt. Die Serviceanbieter bündeln die Produkte **„Infrastruktur as a service – IaaS“**, **„Platform as a Service – PaaS“** und **„Software as a Service – SaaS“** und kombinieren diese mit **„Managed Services“**. Im Ergebnis ergibt sich ein Leistungskatalog, aus dem der Kunde die auf seine Bedürfnisse abgestimmten Bausteine auswählt und abonniert. Die Vorteile dieses Angebots bestehen in transparenten und vorhersehbaren Kosten, Flexibilität und Skalierbarkeit, einer schnellen und automatisierten Anpassung der Services sowie einer robusten, zuverlässigen, sicheren und technisch aktuellen Leistungserbringung.

In diesem Kontext ist auch das sogenannte **„Edge Computing“** zu sehen. Im Gegensatz zum **„Cloud Computing“**, das auf Netzwerke und zentrale Datenverarbeitung fokussiert, setzt **„Edge Computing“** auf die dezentrale Datenverarbeitung „am Rande“ des Netzwerks. Dabei werden Erfassung, Aggregation, Aufbereitung und Analyse von Daten dezentral dort vorgenommen, wo die Daten tatsächlich entstehen. Die **Verarbeitung der Daten** soll dadurch **ressourcenschonend** ermöglicht werden. Weiterhin entfallen Verzögerungen, die durch die physikalische Distanz zu einem zentralen Rechenzentrum entstehen. Besonders im Kontext des **„Internet of Things“ – IoT** müssen **große Datenmengen in Echtzeit verarbeitet werden**, da kurze Reaktionszeiten erforderlich sind. Trotz einer Ausbreitung der Information mit Lichtgeschwindigkeit darf ein zentrales Rechenzentrum nicht weiter als 100km entfernt sein, wenn die Gesamtübertragungszeit im Millisekundenbereich liegen soll. **Diese Verzögerung wird als Latenzzeit bezeichnet.** Zudem muss die Übertragung der Daten sicher, zuverlässig und fehlerfrei erfolgen. Die Übertragung von vorgefilterten und verdichteten Daten an ein Rechenzentrum, bzw.

in die Cloud ist davon unbenommen. Die verfügbare Übertragungsbandbreite kann so effizient genutzt werden.

Für Hessen ist es wichtig festzuhalten, dass die Situation aktuell durch die zentralen Rechenzentren in Frankfurt-Rhein-Main dominiert wird. Dennoch nehmen auch die dezentralen Rechenzentren zu.

Der Internetknoten DE-CIX als Singularität

Das Bundesland Hessen ist von beiden beschriebenen Entwicklungen betroffen. Allerdings nimmt es mit Blick auf die zentralen Rechenzentren eine Sonderstellung ein. Dies hängt direkt mit dem 1995 in Frankfurt am Main errichteten Internetknoten DE-CIX zusammen. Der **„Deutsche Commercial Internet Exchange – DE-CIX“** ist gemessen am Datendurchsatz einer der größten Internetknoten der Welt. Die maximale Datenübertragungsrate liegt bei 10 Terabit (= 10 000 000 000 000 bit) pro Sekunde. In diesem Zusammenhang kann von einer **regionalen singulären Situation** gesprochen werden, die **einmalig für Deutschland** ist. In Europa gibt es Vergleichbares nur in Amsterdam, Paris und London.

Das Phänomen der Datengravität in Frankfurt-Rhein-Main

Durch die fortschreitende Digitalisierung und die zunehmende Bedeutung der Cloud sind in den vergangenen Jahren **erhebliche Rechenzentrumskapazitäten in der Nähe dieses Knotens errichtet** worden. Auch hier ist die Latenzzeit, d.h. die Zeit, die die Übertragung der Daten von einem Rechenzentrum zum Internetknoten DE-CIX benötigt, entscheidend. Die **Fläche innerhalb eines Radius**



von 10km bis 15km um die verschiedenen Standorte von DE-CIX in Frankfurt ist daher von besonderem Interesse **als Standort für ein Rechenzentrum**. Entsprechend konzentrieren sich bereits heute über **80% des deutschen Marktvolumens für Rechenzentren in der Region Frankfurt-Rhein-Main** und dies mit steigender Tendenz. Die zunehmende Nachfrage nach Rechenleistung und der Kundenwunsch nach Speicherung und Verarbeitung von Daten vor Ort in Deutschland beschleunigt diesen Ausbau.

Es scheint das Phänomen der **Datengravität** zu greifen. Je mehr Rechenzentren vorhanden sind und je mehr Daten verarbeitet werden, desto mehr weitere Daten werden angezogen, die wiederum neue Rechenzentren erfordern und die Bedeutung des Internetknotens DE-CIX stärken. Dies wiederum zieht neue Daten an.

Entsprechend ist Frankfurt beim Datenverkehr der größte europäische Wachstumsmarkt. **Die Cloud erweist sich als Wachstumstreiber**. Der Datenverkehr steigt aktuell in einer Größenordnung von 50% pro Jahr. Viele Branchen wollen aktuell digitalisieren. Beispiele sind **Automobilindustrie, verarbeitendes Gewerbe, Versicherungen, Behörden, Pharmazie** und **Chemie**. Hinzu kommt der Schub, den die digitale Kommunikation durch die Covid-19-Pandemie erfahren hat. Vorgangenen war ein **enormes Wachstum im Bereich Finanzen, Medien und Streaming**.

Durch die beschriebene Entwicklung entsteht ein digitales Ökosystem. Je mehr Daten transferiert werden müssen, desto wichtiger wird die Latenzzeit. Entsprechend nah müssen die Datenquellen beieinander

liegen. Dies führt zum Phänomen der „**Interconnection**“. Daten werden nicht über das Internet ausgetauscht, sondern direkt innerhalb eines Rechenzentrums. Das erhöht nicht nur die Geschwindigkeit, sondern auch die Sicherheit.

Das Wachstum der Rechenzentren – der Energiebedarf

So erfreulich diese Entwicklung für das Bundesland Hessen und die Region Frankfurt-Rhein-Main ist, so gehen doch große Herausforderungen damit einher. Insbesondere ist der **steigende Bedarf an elektrischer Energie** für die Digitalisierung im Kontext der Energiewende zu sehen. Die nachhaltige Deckung des Energieverbrauchs von Rechenzentren ist Grundvoraussetzung einer **nachhaltigen Digitalisierung**.

Nachhaltigkeit ist dabei in den drei Dimensionen Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und soziokulturelle Akzeptanz zu verstehen.

In Deutschland entfallen schon heute auf Rechenzentren etwa 16,0 Mrd. kWh pro Jahr^[1]. Das entspricht dem gesamten jährlichen **Strombedarf einer Großstadt wie Berlin** oder 3,3% des Nettostromverbrauchs von Deutschland im Jahr 2020 in Höhe von rund 488,0 Mrd. kWh^[2]. Allein in der Stadt Frankfurt belief sich der Strombedarf für Rechenzentren im gleichen Jahr auf rund 1,6 Mrd. kWh^[3]. Das liegt noch unter dem Bedarf des Industrieparks Höchst mit 1,9 Mrd. kWh, aber deutlich über dem Strombedarf von Fraport mit etwa 0,6 Mrd. kWh^[4].

Mit Blick auf die **globale Entwicklung** liegen Schätzungen vor, die für die gesamte Digitalisierung **bis zum Jahre 2030 einen Anteil von bis zu 21,0% des globalen (Netto-)Stromverbrauchs** prognostizieren. Den Rechenzentren wird hiervon ein Anteil von etwa einem Drittel zugewiesen. Dies entspricht damit etwa 7,0% des globalen (Netto-)Strombedarfs^[5].

Wie zutreffend solche Prognosen und die zugrunde liegenden Annahmen auch sein mögen, es ist in jedem Fall von einem deutlich steigenden Strombedarf für Rechenzentren auszugehen. Eine Verdopplung des Strombedarfs in der nächsten Dekade mit regionalen Schwerpunkten liegt damit durchaus im Bereich des Möglichen. Diese Entwicklung ist im Kontext der Energiewende, die auf erneuerbare Energiequellen und Bedarfsreduktion setzt, zu sehen. Ohne

technologischen Fortschritt, innovative und ganzheitliche Lösungskonzepte wird diese Brücke nicht zu schlagen sein.

Das Wachstum der Rechenzentren – Energieversorgung, Effizienz und Abwärmenutzung

Das weitere Wachstum der Rechenzentren in Hessen im Umfeld des Internetknotens DE-CIX ist mit Blick auf die **gesicherte Verfügbarkeit von klimaneutralem Strom**, Steigerung der Effizienz der Rechenzentren und Nutzung der Abwärme im Kontext der Entwicklung des urbanen Raums zu analysieren.

In Bezug auf die Stromversorgung ist **Hessen ein Energieimportland**. Die nutzbaren Potenziale für erneuerbare Energien reichen nicht aus, den aktuellen Bedarf sowie die zu erwartende Bedarfssteigerung für Elektrizität zu decken. Hier ist vor allem auf die Verkehrs- und Wärmewende hinzuweisen. Hessen hat aber noch weitere Herausforderungen zu bewältigen. Zum einen wurde das Kernkraftwerk Biblis 2011 abgeschaltet und für das Kohlekraftwerk Staudinger ist die Abschaltung für 2025 vorgesehen. Diese Strommengen sind zu ersetzen. Zum anderen ist die **Dekarbonisierung** auch in den **Chemiestandorten** und den **internationalen Luftverkehrsknoten Frankfurt** zu bewerkstelligen. **Dies erhöht den klimaneutralen Strombedarf – auch für synthetische Treibstoffe – weiter.**

Umso wichtiger ist die starke Anbindung der Region Frankfurt-Rhein-Main an die überregionalen Stromnetze. Hier ist auf die Initiative der Netzbetreiber Tennet, Avacon

Netz und Netzdienste Rhein Main hinzuweisen, die in den kommenden fünf Jahren zusammen 700 Mio. € in den Ausbau der 380-, 220- und 110-kV-Netze in der Region Frankfurt-Rhein-Main investieren. Entscheidend ist dabei der Blick auf die Region. Das Stadtgebiet von Frankfurt hat eine Fläche von etwa 250 km². Dies entspricht umgerechnet einem Kreis mit etwa 9,0 km Radius. Mit Blick auf die akzeptable Latenzzeit und die verteilte Aufstellung des Internetknotens DE-CIX sind auch **Standorte in den angrenzenden Kommunen für Rechenzentren hoch attraktiv.**

Mit Blick auf den Ausbau elektrischer Netze ist nicht nur eine **Verstärkung des vernetzten Hochspannungsnetzes** von Bedeutung. Auch die **direkte Anbindung** von großen Rechenzentren durch eigene Hochspannungsleitungen an große Umspannwerke stellt eine Option dar. Schließlich darf nicht vergessen werden, dass der entsprechende klimaneutrale Strom über den **europäischen Markt** zu beschaffen ist.

Die **Energiedichte in der Region Frankfurt-Rhein-Main** ist aufgrund der hohen Einwohnerzahl, der chemischen Industrie, des internationalen Verkehrsknotens Fraport und nicht zuletzt der hohen Konzentration an Rechenzentren extrem hoch. Dadurch wird die Frage aufgeworfen, ob der künftige Strombedarf allein über – neue – Stromleitungen bewerkstelligt werden kann. In diesem Kontext lohnt es sich daher, **neue Varianten der Stromversorgung von Rechenzentren** in Betracht zu ziehen. Erdgas oder künftig Wasserstoff weisen eine deutlich höhere Energiedichte auf als elektrische Energie. So kann eine Erdgastransportleitung die gleiche Leistung übertragen wie mehrere parallel betriebene Höchstspannungsleitungen. Aus diesem Grund könnte die **Installation von**

Brennstoffzellenkraftwerken zur Versorgung von Rechenzentren eine interessante Option darstellen. Allerdings ist zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit eine Konzeptänderung seitens der Rechenzentren erforderlich. Die **Brennstoffzellen** müssen mit möglichst hohen **Jahresbenutzungsdauern** arbeiten und daher zur Grundversorgung des Rechenzentrums mit elektrischer Energie eingesetzt werden. Dies erfordert eine **Segmentierung der Brennstoffzellenanlage**, um einen Gesamtausfall der Anlage zu vermeiden. Weiterhin ist die **Gasversorgung redundant** auszulegen und eventuell sogar ein **Speicher vor Ort** vorzusehen. Die **Umstellung** der Anlage von **Erdgas auf Wasserstoff stellt keine große technische Herausforderung dar**. Allerdings ist dazu die Anbindung von Frankfurt-Rhein-Main an das künftige Wasserstoffübertragungsnetz sicherzustellen. Der Bedarf an klimaneutralem Wasserstoff wird in Hessen nur zu einem begrenzten Anteil direkt gedeckt werden können. Auch mit Blick auf Gas – aktuell Erdgas und künftig Wasserstoff – ist und bleibt Hessen Importland.

In der Konsequenz wird Gas zur Hauptenergiequelle und der Bezug aus dem Stromnetz erfolgt nur im Reservefall. Die teure **dieselbetriebene Notstromanlage kann entfallen**. Weiterhin erlaubt die hohe Betriebstemperatur der Brennstoffzellen mit mehreren hundert Grad Celsius, die Abwärme zu nutzen, um Kälte durch Absorptions- oder Adsorptionsanlagen zu erzeugen.

Die Herausforderungen können bewältigt werden, indem die **Effizienz der Rechenzentren erhöht** wird. Es ist interessant, dass weniger als ein Drittel des Stromverbrauchs eines modernen Rechenzentrums für die Klimatisierung und die unterbrechungsfreie Stromversorgung, die sogenannte USV, aufgewendet wird^[5,6]. Werden 25% des



Stromverbrauchs für diese Services veranschlagt, so korrespondiert dies mit einem PUE-Faktor von 1,3. Aus diesem Grund ist es wichtig, den Fokus stärker auf die Effizienzsteigerung der Informations- und Kommunikationstechnik, der sogenannten IKT, zu legen. Allerdings liegt dies nicht im Ermessen des Rechenzentrums, sondern die eingesetzte IKT bestimmt der Kunde des Rechenzentrums, in dessen Eigentum sich diese Anlagen befinden.

In diesem Zusammenhang ist auf die Technik der **direkten Wasserkühlung von Rechneranlagen** hinzuweisen. Diese ist effizienter als die allgemein übliche Luftkühlung, wurde aber von den IT-Nutzern bisher aufgrund von **Sicherheitsbedenken** – Wasser ist ein elektrischer Leiter – nicht vollumfänglich akzeptiert. Es ist zu ergänzen, dass auch das Rechenzentrum für den Einsatz von Wasserkühlung vorbereitet sein muss. Aktuell ändert sich jedoch die Einschätzung in Bezug auf Wasserkühlung, da die Leistungsdichte der Rechner mit Luft-

kühlung an ihre physikalischen Grenzen gelangt und eine höhere Leistung nur mit direkter Wasserkühlung möglich ist.

Wie bereits angemerkt, wandeln Rechenzentren elektrische Energie in Wärme um. Diese liegt in der Regel im Bereich von etwa 30°C. Bisher wurde der Fokus auf eine möglichst effiziente „Entsorgung“ dieser Abwärme gelegt. Gelingt es stattdessen, die **Anergie als Quelle für Heizzwecke** zu erschließen, so muss die energetische Bewertung von Rechenzentren aus einem anderen Blickwinkel erfolgen. Es wird von einer reinen Energiesenke zu einer partiellen Energiequelle. Mittels **Hochleistungswärmepumpen** können Temperaturniveaus von 60°C bis 100°C erreicht werden. Damit können Rechenzentren als **Wärmequellen** für verschiedene **Fernwärme-konzepte** erschlossen werden. Vor allem Fernwärmesysteme ab der 3. Generation sind von Interesse. Wärmespeicher und die Vernetzung mit anderen Wärmequellen erhöhen die Zuverlässigkeit dieser Vorgehensweise^[7].



Es ist wichtig, Rechenzentren als Element der Energiewende zu verstehen.

Sie unterstützen nicht nur die **Digitalisierung**, die entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende ist, sondern sie stellen auch eine **wichtige Wärmequelle** für die Wärmewende dar. Ist eine singuläre Situation wie in Frankfurt-Rhein-Main gegeben, so ist die Energiewende ohne aktive Einbindung der Rechenzentren technisch kaum vorstellbar. Dabei ist auch der Einsatz geeigneter **dezentraler dekarbonisierter Stromquellen wie Brennstoffzellen** mit in die Konzeption aufzunehmen.

Die Digitalisierung erlaubt die **Identifikation von Effizienzpotenzialen** in (Produktions-) Prozessen, die energieeffiziente Koordination des Einsatzes von Ressourcen – z. B. durch die **Shared Economy** – und sie **erlaubt Kommunikation ohne physische Präsenz**. Damit wird der **Suffizienzgedanke** unter-

stützt. Darüber hinaus ist die Digitalisierung Voraussetzung für die Etablierung von „**Smartness**“ in flächigen Infrastrukturen – wie der Erzeugung, der Verteilung und dem Einsatz von elektrischer Energie. Diese Art der Dimensionierung und des Betriebs ist vor allem bei einer hohen und leistungsstarken Volatilität der Quellen und Senken des Systems erforderlich, wie es im Kontext der Energiewende der Fall ist. Es ergeben sich zusätzliche **Koordinationsanforderungen** durch die **intermittierende Erzeugung**, den **Speichereinsatz** und die **Sektorenkopplung**.

Digitalisierung benötigt Energie. Rechenzentren weisen eine höhere Effizienz auf als dezentrale Lösungen und erlauben so eine energiesparende Umsetzung der Digitalisierung, vor allem dann, wenn die **Abwärme** genutzt werden kann. Schließlich erlaubt es die **Digitalisierung**, an anderen Stellen **Energie einzusparen**. Für eine vollständige Bilanzierung ist daher eine ganzheitliche Betrachtung erforderlich.

Wichtig ist es, **Rebound-Effekte** zu **minimieren**. Effizienzgewinne dürfen nicht durch überproportional steigende Nutzung überkompensiert werden. Hier gilt es, das **Suffizienzprinzip** stärker als bisher zu beachten.

Die positive Rolle der Rechenzentren darf nicht zu dem Schluss führen, dass nicht auch andere technische Ansätze erfolgreich die Digitalisierung und die Energiewende unterstützen können. Beispielsweise gibt es das Konzept, **Server dezentral in Wohnanlagen zu installieren und deren Abwärme direkt zu nutzen**. Auch hier gibt es Herausforderungen – wie die datentechnische Anbindung des Servers, die Sicherheit der Daten oder die Redundanz der Wärmequelle – zu bewältigen. Aktuell spielt dieses Konzept daher noch eine untergeordnete Rolle.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass ein breiter gesellschaftlicher Konsens besteht, unsere **natürlichen Lebensgrundlagen** zu **schützen**. Dieser mündet in das politische Ziel, dass **Deutschland bis 2045 klimaneutral** werden soll. Europa und die Welt teilen dieses Ziel, wengleich mit teilweise abweichenden Zeitplänen und Technologieoptionen. In jedem Fall wird die Klimaneutralität nur durch ein global konzertiertes Handeln und unter Einsatz technologischer Innovationen erreichbar sein. Die Zeit für den **fundamentalen Umbau** der energietechnischen Infrastruktur und der Energieanwendungen ist limitiert. Die Tatsache, dass noch immer über **85% der global eingesetzten Endenergie aus fossilen Quellen** stammt, zeigt den Anspannungsgrad.

Mit Blick auf Rechenzentren ist festzustellen, dass diese die Digitalisierung und damit die Energiewende unterstützen, gleichzeitig aber den Bedarf an elektrischer Energie erhöhen. Energieeffizienz in den Rechenzentren, Suffizienz in der Anwendung der Digitalisierung und Nutzung der Abwärme erlauben es, Rechenzentren als Teil der Lösung zu begreifen.

Vor allem bei singulären Situationen, wie sie in Frankfurt-Rhein-Main zu beobachten sind, ist es entscheidend **Rechenzentren als integralen Bestandteil der urban geprägten Infrastruktur** zu betrachten. Um ein Zusammenwirken aller Stakeholder zu erreichen, ist eine übergeordnete und ganzheitliche Planung der energietechnischen Infrastruktur erforderlich. Die verschiedenen politischen Ebenen von Land und Kommunen sind gefragt, geeignete und konsistente Rahmenbedingungen sowie eine klare Rollenverteilung festzulegen. Es ist wichtig, dass die einzelnen Kräfte konzertiert agieren, um eine zukunftssichere, klimaneutrale und lebenswerte Umwelt zu gestalten.

Es geht aber auch darum, die Innovationsfähigkeit zu stärken, indem Forschung und Entwicklung gefördert, neue Technologien etabliert und transdisziplinäre Plattformen geschaffen werden. Die Zukunft ist komplex und sie kann nur durch die Kooperation verschiedenster Kompetenzen gestaltet werden. Das Land Hessen ist hier in vielfältiger Weise engagiert. Nicht zuletzt durch die Initiierung des „Houses of“ Konzepts. Aus diesem Grund engagieren sich die Mitglieder des House of Energy aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zusammen mit der Geschäftsstelle in diesem Themenkomplex. Ziel ist es, konkrete Lösungsvorschläge zu erarbeiten und diese exemplarisch an den Markteinsatz heranzuführen. ◇

Quellenverzeichnis

- Hinweis:** Die im Kontext der Veranstaltung genannten Fakten wurden im vorliegenden Beitrag ohne Zitat übernommen. Im Quellenverzeichnis sind daher nur zusätzlich verwendete Quellen aufgeführt.
- [1] borderstep Rechenzentren 2020 (Ralph Hintemann)
https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2021/03/Borderstep-Rechenzentren2020_20210301_final.pdf (Stand: Januar 2022)
- [2] statista, Energie und Umwelt, Energie, Netto-Stromverbrauch in Deutschland in den Jahren 1999 bis 2020
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164149/umfrage/netto-stromverbrauch-in-deutschland-seit-1999/> (Stand: Januar 2022)
- [3] Frankfurter Allgemeine, Energiepolitik, Rechenzentren als Heizung (Ingo Janovic)
<https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/energiepolitik-wie-rechenzentren-als-heizung-fungieren-soll-17313513.html> (Stand: Januar 2022)
- [4] Umwelterklärung 2019 für die Organisationen Fraport AG
https://ch.fraport.com/content/dam/fraport-company/images/newsroom/pressemappe/boddenberg/Umwelterkl%C3%A4rung%202019.pdf/jcr_content/renditions/original/Umwelterkl%C3%A4rung%202019.pdf (Stand: Januar 2022)
- [5] frequencia Schweiz (Anders S. G. Andrae,, Huawei Technologies, Schweden R&D Center)
<https://www.frequencia.ch/5g-und-stromverbrauch/> (Stand: Januar 2022)
- [6] statista, Technologie and Telecommunications, Hardware, Average annual power usage effectiveness (PUE) for the largest data center of respondents (Thomas Alsop)
<https://www.statista.com/statistics/1229367/data-center-average-annual-pue-worldwide/> (Stand: Januar 2022)
- [7] Wikipedia, Fernwärme
<https://de.wikipedia.org/wiki/Fernw%C3%A4rme> (Stand: Januar 2022)



Zukunft Energie und Mobilität: Gemeinsames Weiterbildungsprogramm von Frankfurt UAS und House of Energy

Ein fundiertes technisches und systemisches Verständnis für moderne Antriebe vermitteln – dies war Ziel des Frankfurter Energieseminars „Zukunft Elektromobilität: Moderne und herkömmliche Antriebe im Vergleich“, das Frankfurt University of Applied Sciences und House of Energy in Kooperation anboten. Die 25 Teilnehmenden schlossen die Tagesweiterbildung mit einem Zertifikat ab.

Die Weiterbildung behandelte sowohl die **zukünftigen Potenziale** als auch die **Herausforderungen von alternativen Antrieben**. Es wurde ein grundlegendes Verständnis geschult, um die Teilnehmenden zu befähigen, die Sachverhalte selbstständig beurteilen und anwenden zu können. Lehrinhalte waren energieeffiziente Antriebskonzepte für den Individualverkehr in Städten, hybride Antriebe für schwere Nutzfahrzeuge und mobile Arbeitsmaschinen, alternative Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren sowie

elektrische Antriebskonzepte in PKWs. Ein visionäres Bild vermittelte der abschließende Praxisimpuls von Ingenieurdienstleister EDAG Engineering aus Fulda.

Im Anschluss an die Weiterbildung verblieben Teilnehmende und Dozenten spontan noch weiter im Online-Schulungsraum und vertieften Fragestellungen der Teilnehmenden. Anschließend wurde den zufriedenen Teilnehmenden das Lehrmaterial zur Verfügung gestellt.

Energieeffiziente Antriebskonzepte für den Individualverkehr in Städten

Prof. Dipl.-Ing. Holger Marschner führte in das Thema **Energieeffiziente Antriebskonzepte für den Individualverkehr in Städten** ein. Ausgehend von einer Bedarfsanalyse vermittelte er **Grundlagen zum Antrieb** der Fahrzeuge und lehrte, wie die zu bereitstellende **Antriebsleistung berechnet** werden kann und wie sich daraus aus fachlicher Sicht

Rückschlüsse auf mögliche Entwicklungen der urbanen Mobilität der Zukunft ziehen lassen. In diesem Zusammenhang ging Herr Marschner auch auf die Themen **Radverkehr** und **Lastenverkehr mit dem Rad** im urbanen Raum ein.

Hybride Antriebe für schwere Nutzfahrzeuge und mobile Arbeitsmaschinen

Prof. Dr. Ulrich-Peter Thiesen widmete seine Lehrinheit **hybriden Antrieben für schwere Nutzfahrzeuge** und mobile Arbeitsmaschinen im Betrieb mit hoher Dauerleistung. Dabei brachte er den Teilnehmenden zunächst die **Längsdynamik von Fahrzeugen** nahe und ging darauf ein, welche Leistungen am Rad bei schweren Nutzfahrzeugen und mobilen Arbeitsmaschinen mindestens benötigt werden, wie dies ermittelt wird und von welchen Daumenwerten bei PKW und LKW man im Vergleich ausgehen kann. Darauf aufbauend vermittelte er **Aufbau und Funktion** der verschiedenen **hybriden Antriebskonzepte** für Nutzfahrzeuge und mobile Arbeitsmaschinen und zeigte Beispiele für deren Einsatz. Ebenfalls stellte er als Alternative für Nutzfahrzeuge den rein elektrischen Antrieb auf Basis von Brennstoffzellen sowie den batterieelektrischen Stadtbus vor und ging auf **Kennzahlen** zum Vergleich von Elektro- und Dieselmotoren ein. Aufbauend auf diesem Grundwissen wurden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Antriebe vergleichend betrachtet.

Alternative Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren

Das Thema **Alternative Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren** vermittelte Dipl.-Ing. Ingo Behr – ausgehend von der Notwendigkeit, **ökologisch und ökonomisch nachhaltige und**

innovative Alternativen zu herkömmlichen Kraftstoffen zu schaffen und zu nutzen. Ziel ist der Ansatz **„Well to Wheel plus Entsorgung und Recycling“**, also eine Nachhaltigkeitsbetrachtung über den gesamten Fahrzeuglebenszyklus hinweg. Herr Behr ging auf die verschiedenen Kategorien alternativer Kraftstoffe näher ein und fokussierte dabei auf die Rohstoffe, Herstellungsverfahren, Kraftstoffeigenschaften und Kennwerte, Wirkungsgrade, Speicherfähigkeit, Rückwärtskompatibilität, CO₂-Emissionen und Kosten sowie gesellschaftliche Diskussion und Akzeptanz.

Sein Fazit: Es wird nicht „den einen“ Kraftstoff für alle denkbaren mobilen und stationären Anwendungen geben. Mittelfristig ist mit einer zunehmenden Vielfalt an Kraftstoffen zu rechnen.

Es gibt nicht den einen richtigen Weg, sondern viele, auch kleinschrittige Lösungen, die erst im richtigen Zusammenspiel erfolgreich sein können und werden. Ob und in welchem Umfang die jeweilige „Kraftstoffsorte“ zur Marktreife gelangt, hängt ganz entscheidend von staatlichen Förderprogrammen ab und davon, ob die Politik diese vernünftig oder unvernünftig gestaltet. Dies wiederum hängt

sehr vom Fachwissen ab – sowohl bei denen, die politisch entscheiden, als auch bei denen, die wählen.

Elektrische Antriebskonzepte in PKWs

Prof. Dr. Boris Schilder vertiefte das Thema **Elektrische Antriebskonzepte in PKWs**. Die Teilnehmenden lernten aktuelle europäische Trends kennen und setzten sich mit den **CO₂-Auswirkungen** verschiedener Antriebssysteme und **CO₂-Vermeidungskosten** auseinander. Näher beleuchtet wurden die technischen **Konfigurationen und Architekturen** der zu unterscheidenden Hybridfahrzeuge und Elektrofahrzeuge, die sich durch den Elektrifizierungsgrad des Antriebsstrangs unterscheiden.

Zukunftsperspektiven aus Sicht der Industrie

Andreas Viehmann von Ingenieurdienstleister EDAG Engineering GmbH stellte **Zukunftsperspektiven aus Sicht der Industrie** vor. Dabei verglich er die verschiedenen Antriebskonzepte für unterschiedliche Einsatzbereiche, stellte das für die Fahrzeugherstellung zukunftsfähige flexible Konzept von Modularisierung und Skalierbarkeit vor und griff aktuelle, weltweit zu beobachtende Trends und Zukunftsvisionen auf, u. a. selbstfahrende Fahrzeuge. ◊ (df)





Zertifikatsprogramm „Innovationsmanagement Energie“

UNIKIMS und House of Energy bilden Fach- und Führungskräfte im Energiesektor weiter, damit die Disruption zur Chance wird.

Das dreimonatige Zertifikatsprogramm „Innovationsmanagement Energie“ der UNIKIMS, der Management School der Universität Kassel, in Kooperation mit der Energiewende-Denkfabrik House of Energy e.V. beginnt im April 2022 in einem neuen Zyklus. Denn der Wandel in der Energiewelt ist „brachial“. Um Klimaschutz und Dekarbonisierung umzusetzen, muss die

Energieversorgung neu gedacht und die Energie-Infrastruktur im laufenden Betrieb modernisiert werden. Die Disruption eröffnet Chancen und birgt Risiken. Vor allem Unternehmen mit einem bisher stabilen Geschäftsmodell und treuen Kunden werden in der Entwicklung neuer Lösungen und Produkte viel schneller werden müssen, wenn sie den Anforderungen der kommenden Kunden-

generation gerecht werden wollen. Das berichten übereinstimmend die Beteiligten des Zertifikatsprogramms aus dem vorigen Jahr.

Kleingruppen lösen Innovationsaufgaben

Im Sommer 2021 schlossen 18 Teilnehmende mit dem Zertifikat „**Qualifizierte: Innovationsmanager:in für Energiesysteme**“ ihre berufsbegleitende und konsequent praxisorientierte Weiterbildung ab. In fünf Kleingruppen erarbeiteten sie Konzepte zur Lösung der selbst gestellten Innovationsaufgaben „Hydro-Chain – eine Blockchain-basierte Zertifizierung für Wasserstoff“, „Nachhaltige Abwärmenutzung im Gewerbegebiet“, „Das Stadtwerk als Inkubator für ein innovatives Stromprodukt“, „Innovatives

Störungsmanagement – Lösungen für den Betrieb von intelligenten Messsystemen“ sowie „Vehicle to Station – eine flexible E-Mobility- und Energieversorgungslösung für Bahnhöfe“.

Fünf Seminarwochenenden von April bis Juli 2022

Das **Zertifikatsprogramm** richtet sich an **Fach- und Führungskräfte**, die ihr Unternehmen für die Energieversorgung der Zukunft rüsten wollen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer kommen aus energieverbrauchenden Industrie- und Gewerbebetrieben, von Energieversorgern und -dienstleistern, von Anlagenherstellern und Kommunen. Sie können ebenso Consultants und Lösungsanbieter sein. Sie profitieren im Programm vom Austausch untereinander

aus den je unterschiedlichen Perspektiven. Die Inhalte der geplanten fünf Seminarwochenenden zwischen April und Juli 2022 in Kassel reichen von der Transformation der Energiesysteme über Marktforschung 4.0, Innovations- und Changemanagement, IT-Kompetenz für die Energiewelt und Finanzierungsstrategien bis hin zu den rechtlichen Rahmenbedingungen.

Innovationsnetzwerk

Für die Teilnehmenden ist von Bedeutung, dass sie **im Rahmen der Weiterbildung ihr Netzwerk im Bereich Energie-Innovationen weiter ausbauen** können. Dies unterstützt das House of Energy, das als Innovationscluster und Denkfabrik für die Energiewende arbeitet, auch über das Managementprogramm hinaus.





„Wettbewerbsfähig für die Zukunft“

Prof. Dr. Heike Wetzel

„Wir befähigen die Innovationsmanager:innen für Energiesysteme, ihre Unternehmen durch eine gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit für die Zukunft zu rüsten“, versichert Prof. Dr. Heike Wetzel als Wissenschaftliche Leiterin des Studiengangs von der Universität Kassel. Wesentliche Voraussetzung zur Teilnahme sei „die Motivation, Innovationsprozesse für die Energiewende anschieben, begleiten und zum Erfolg führen zu wollen.“



„Das Programm bringt mein Unternehmen und mich weiter“

Johannes Wenzlaff

Johannes Wenzlaff von BS Energy empfiehlt die Teilnahme am Zertifikatsprogramm Innovationsmanagement Energie all jenen Kolleginnen und Kollegen, „die mit Wissbegier, der Lust auf Innovation und der Freude am Knüpfen eines Netzwerks unter Energiemanagern zu Gestaltern erfolgreicher Innovations- und Change-Management-Prozesse werden wollen“. Als Projekteinkäufer trägt Wenzlaff Mitverantwortung für den Ersatz eines Steinkohlekraftwerks der BS Energy, der einstigen Braunschweiger Stadtwerke, durch ein Gasturbinenheizkraftwerk und ein Biomasse-Heizkraftwerk mit Dampfturbine im laufenden Betrieb. Das Zertifikatsprogramm interessierte den Wirtschaftsingenieur, „weil es mein Unternehmen und mich weiterbringen wird.“ Das Programm sei bestens organisiert, und vor allem die Antwort auf die Frage, „Wie baut man eine Innovationsabteilung auf?“ sei durch Dr. Carsten Gundlach anhand von Praxisbeispielen sehr gut vermittelt worden. Ebenso überzeugend habe Prof. Dr. Peter Birkner, Geschäftsführer des House of Energy, eine Vorstellung vom Energiemix der Zukunft erzeugt.



„Die nötigen Werkzeuge für die Energiewende“

Prof. Dr. Peter Birkner

Das Konzept wurde nach den Worten von Dirk Filzek vom House of Energy im Austausch mit Unternehmen entwickelt. Das Motto lautet: „Interdisziplinäres Lernen für die Praxis aus erster Hand.“ Denn die Energiewende kann nach Überzeugung von Prof. Dr. Peter Birkner, Wissenschaftlicher Leiter des Programms auf Seiten des House of Energy, nur mit der Wirtschaft gelingen: „Wir bringen denen, die Innovation gestalten, das System der Energiewende nahe und geben ihnen die nötigen Werkzeuge an die Hand, um neue Ideen zu kreieren und diese in laufenden Unternehmensprozessen zu implementieren und weiterzuentwickeln.“



„Interdisziplinäres Lernen für die Praxis“

Dirk Filzek



„Wie man Menschen und Ideen zusammenbringt“

Udo Siegert

Udo Siegert, Energiemanagementberater eines großen Rechenzentrums von Equinix in Frankfurt am Main, hat als Teilnehmer des Programms erkannt: „Es geht nicht allein um die fachliche Seite, sondern auch um die Frage, wie man neue Ideen präsentiert und wie man Ideen und Menschen zusammenbringt. Es geht immer um die ganzheitliche Betrachtung von Technik, Ökonomie und Ökologie.“ Im Elevator-Pitch trainierten die Kursteilnehmer, eine Idee so zu präsentieren, dass sie „der Chef nicht gleich abschmettert“. Insbesondere die praxisbezogene Fallstudie hat Udo Siegert dazu eingeladen, die neuen Impulse weiterzudenken. Der Betreiber des Rechenzentrums plant, grüne Energie so effizient wie möglich nutzen und entstehende Abwärme für Niedrigtemperatur-Nahwärmenetze zur Verfügung stellen. Künstliche Intelligenz helfe, Energie effizienter zu nutzen.



„Es herrscht ein neuer Ton im Markt“

Marcus Bahr

Marcus Bahr vom TÜV-SÜD will die Märkte noch besser verstehen – und diese ändern sich aus seiner Perspektive derzeit dramatisch. „Es herrscht ein neuer Ton im Markt und ich muss auf demselben Level mit den Kunden sein, um mit ihnen zu sprechen.“ Der Kommunikationselektroniker und Diplom-Ökonom suchte nach einem Weg, um pragmatisch ans Ziel zu kommen. Er wollte kein weiteres Studium beginnen, und das Zertifikatsprogramm war die Lösung. Ob Wasserstoff, der Einsatz von IT-Systemen, Energierecht oder Finanzierungsstrategien bis hin zum notwendigen Changemanagement – er lernte nicht nur auf all diesen Feldern, sondern stellte auch die vorhandenen Zusammenhänge her. Dabei half ihm die „Superrunde“ von Kollegen, die sich im Programm zusammengefunden hatte. Die Dozenten und Dozentinnen waren jederzeit ansprechbar und die Lerninhalte der Seminarwochenenden konnte Marcus Bahr sogleich in sein „tägliches Doing“ einbringen.



„Kompetenzen im Kultur- und Changemanagement“

Dr. Carsten Gundlach

„Wer in dieser schnelllebigen Zeit stehen bleibt, verschwindet vom Markt“, sagt Dr. Carsten Gundlach, Innovationsmanager der SMA Solar Technology AG und einer der Dozenten im Zertifikatsprogramm Innovationsmanagement Energie. In der SMA ist seine Einheit der Partner im Innovationsprozess: „Bei SMA analysieren wir die Megatrends wie CO₂-Neutralität, Erneuerbare Energien, E-Mobilität und Digitalisierung der Energiewirtschaft. Um ein Bild von der Zukunft zu entwerfen und Ideen zu Innovationen fortzuentwickeln, nutzen wir Instrumente wie Design Thinking, Herangehensweisen von Startups und agile Arbeitsweisen. Wir geben dem Prozess Raum, Zeit und ein Budget, um in einem Inkubationsprozess binnen drei Monaten die Invention zur Innovation zu entwickeln.“ Mit dieser Kompetenz bietet Dr. Carsten Gundlach im Zertifikatsprogramm Innovationsmanagement Energie ein „ganzheitliches Seminar an, das hilft, Unternehmen für Veränderungen fit zu machen, indem ich den Kolleginnen und Kollegen aus den Unternehmen Kompetenzen im Kultur- und Changemanagement sowie Konzepte und Instrumente für Innovationsstrategien vermittele.“

Weitere Informationen finden Sie im Bereich „Energie.Bauen.Umwelt“ der UNIKIMS, unter www.unikims.de/sie ◇ (df)



House 
of **Energy**
Kongress

Der House-of-Energy-
Kongress:

„Die Energiewelt WERTVOLL gestalten“

Das House of Energy wählte für den Jahreskongress 2021 das Thema „Die Energiewelt WERTVOLL gestalten“. Das Konzept für dieses Jahr sieht neben der Auftaktveranstaltung eine Serie von Online-Foren vor, die konkrete Aspekte der Energiewende aufgreifen und die hauptsächlich von den Mitgliedern und den Netzwerken des House of Energy gestaltet werden. Das Themenspektrum reicht von Wasserstoffwirtschaft, Wertstoffkreisläufen, Green Finance bis zu Sektorenkopplung.

Wie bereits im Vorjahr muss die Veranstaltung virtuell stattfinden. Insoweit bleibt zu hoffen, dass 2022 wieder auf die bewährte Kooperation mit der Messe Frankfurt zurückgegriffen und eine Präsenzveranstaltung im Kontext einer der Leitmessen in Frankfurt durchgeführt werden kann.

Auftaktveranstaltung: Keynote und Podiumsdiskussion „Die Energiewelt WERTVOLL gestalten“

Der Geschäftsführer des House of Energy, Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner, eröffnete die virtuelle Auftaktveranstaltung und begrüßte die rund 60 Teilnehmer*innen. Im Zuge einer kurzen Einführung betonte er, dass die Energiewende ganzheitlich zu betrachten sei. Nur so könne sie gelingen. Neben Technologie seien daher auch Industrie, Gewerbe, Mobilität und Wohnen sowie Rechtsrahmen, Finanzen und Aspekte wie Akzeptanz, Partizipation und Sicherheit zu berücksichtigen.

Die drei Säulen der Nachhaltigkeit bildeten diese Ganzheitlichkeit ab, allerdings sei auch die Wertediskussion eine wichtige Grundlage der Energiewende. Werte gäben Orientierung und seien maßgeblich für unser Verhalten. Ein Vorhaben wie die Energiewende sei aufgrund der Tragweite und der Wechselwirkungen mit einer hohen Verantwortung gekoppelt. Ein grundlegender Umbau des Energiesystems innerhalb eines längeren Zeitraums könne nur auf Grundlage eines gesellschaftlichen Konsenses und eines Wertesystems erfolgreich durchgeführt werden. Daher sei das Thema der diesjährigen Auftaktveranstaltung von zentraler Bedeutung.

Die Eröffnungsansprache hielt **Herr Staatssekretär Jens Deutschendorf** aus dem **Hessischen Wirtschaftsministerium**. Herr Deutschendorf ist Vorsitzender des geschäftsführenden Vorstands des House of Energy. Er begrüßte via Videoaufzeichnung die Teilnehmenden und legte seine Gedanken zu Energiewende und Nachhaltigkeit dar. Herr Deutschendorf führte aus:

„Es gibt viele gute Gründe für die Energiewende: die Reduzierung der Importabhängigkeit, die höhere Sicherheit von dezentraler Energieinfrastruktur, zunehmende Ressourcenknappheit und ganz besonders natürlich der Klimaschutz. Das muss uns motivieren, heute so zu leben und zu wirtschaften, dass wir es morgen auch noch können.“

Herr Prof. Dr. Martin Hein – Wissenschaftler in den Fachbereichen Theologie und Ethik sowie ehemaliger evangelischer Bischof von Kurhessen-Waldeck – gab mit seiner Keynote Speech „**Nachhaltigkeit – Der ethische Aspekt der Energiewende**“ die Grundlage für die folgende Diskussionsrunde. In seinem Vortrag legte er den Fokus auf ethische Überlegungen im Kontext der Energiewende. Zunächst ging Prof. Hein

auf die Motivation der Energiewende ein. Sie sei nicht vom Klimawandel motiviert, die primären Gründe seien vielmehr die begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energiequellen und die Gefahrenpotenziale der Kernenergie. Der Energiewende liege ein Krisenbewusstsein zu Grunde, welches auf drei einschneidenden Ereignissen aus der Vergangenheit beruht:

- Harrisburg (1979)
- Tschernobyl (1986)
- Fukushima (2011).

Die größte Herausforderung sieht Prof. Hein darin, die Energiewende zu vollziehen, während der globale Energiebedarf stetig steige. Geschätzt würde die Zunahme des Energiebedarfs bis 2040 um ein Viertel bis ein Drittel, obwohl das Kernprinzip der Energiewende in der Nutzung regenerativer Energiequellen in Kombination mit einer Bedarfsreduktion liege.

Mit Blick auf die Begrenzung des Klimawandels sei die Energiewende nicht das Ziel, sondern das Mittel zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes. Als **Meilensteine** auf dem Weg zu einem **globalem Klimaschutz** nannte er:

1. Die Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung (1992)
2. Das Kyoto-Protokoll (1997)
3. Das Pariser Abkommen (2015)

Anschließend beleuchtete Prof. Hein das Thema Nachhaltigkeit und erläuterte seine Herkunft und aktuelle Bedeutung. Bereits 1713 tauchte der Begriff von Hans-Carl

Carlowitz im Zusammenhang mit Forstwirtschaft – im Wesentlichen ökonomisch motiviert – erstmals auf. Inzwischen werde Nachhaltigkeit oftmals als Imagefaktor von Institutionen, Organisationen und Unternehmen verwendet. In der **Agenda 2030** aus dem Jahr 2015 von der UN seien in den 17 Zielen nur zwei, die sich auf Energie beziehen: das **Ziel 7 „Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern“** und das **Ziel 13 „Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen“**.

Abschließend betrachtete Prof. Dr. Hein die ethischen Gesichtspunkte der Energiewende. Ethik sei die Metaebene des moralischen Handelns, bei der es nicht um Vorgaben, Verbote oder Gehorsam gehe. Sie befähige zu verantwortungsvollem und verallgemeinerungsfähigem Wirken. Als ethische Leitvorstellungen unter der Prämisse der Nachhaltigkeit nannte er:

→ **Schöpfungsverantwortung**

Die Welt verdankt sich nicht sich selbst, umfasst nicht nur uns Menschen und ist nicht unser alleiniges Eigentum. Es geht um die Verantwortung für alle Lebewesen.

→ **Generationenverantwortung**

Sich zurücknehmen zu Gunsten derer, die nach uns kommen. Sie sind schon geboren. Bei politischen Entscheidungen sollten sie daher beteiligt werden. Es geht um ihre Zukunft.

→ **Soziale Verantwortung**

Gerechter Zugang und gerechte Verteilung ausreichender Energieversorgung für alle.

→ **Globale Verantwortung**

Die soziale Verantwortung wird globalisiert. Wird man dieser Verantwortung nicht gerecht, drohen kriegerische Auseinandersetzungen.

Für die praktische Umsetzung dieser Leitvorstellungen gibt es aus Sicht von Prof. Dr. Hein zwei Möglichkeiten:

→ **Das Freiwilligkeitsprinzip**

Es gilt Einsicht zu schaffen, indem möglichst viele Menschen überzeugt werden und ihnen Anreize geboten werden.

→ **Den ordnungspolitischen Rahmen anpassen**

Sanktionen auf nationaler und internationaler Ebene könnten geschaffen werden.

Beide Möglichkeiten seien ethisch legitim und auch die Kombination von beiden sei möglich. Das Ziel solle eine Haltungsänderung sein, denn „Die Zeit drängt!“ Die Energiewende müsse jetzt gezielt und fokussiert vorangetrieben werden. Andernfalls könne auch die normative Kraft des Faktischen wirken und ein evidenzbasiertes Handeln erforderlich werden. Vermutlich seien Kollateralschäden dann allerdings nicht mehr vermeidbar.

Die anschließende Diskussion wurde moderiert von Elias J. Spreiter (Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen), der vor den Statements der Diskutanten kurz auf die jeweilige Vita der Personen einging. Es sprachen:

- Frau Dr. Bettina Hoffmann (MdB, Bündnis 90/Die Grünen)
- Herr Reiner Block (TÜV Süd)



→ Herr Jonas Kilian
(FLAVIA IT-Management GmbH)

Frau Dr. Bettina Hoffmann, Mitglied des Bundestages in der Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen betonte in ihrem Statement, dass die Politik vor zwei Aufgaben stehe: Wie sichern wir Freiheit? Und wie schaffen wir Gerechtigkeit hier und anderswo?

Nur wenn wir uns darum kümmern, mehr Gerechtigkeit auf der ganzen Welt zu erzielen, könne viel Leiden unter Umweltverschmutzung verhindert werden. Die Klimakrise sei auch eine **Frage der Gerechtigkeit**. Unterschiedliche Bevölkerungsgruppen seien sowohl bei uns in Deutschland als auch auf der Welt unterschiedlich stark von den Folgen der **Klimakrise** betroffen.

„**Klimagerechtigkeit benennt die große gemeinsame Verantwortung, die wir für den Klimaschutz haben – und die besondere Verantwortung der Verursacher:innen, entstandene Schäden wiedergutzumachen und neue Schäden zu verhindern.**“

Laut Frau Dr. Hoffmann solle man auch dorthin schauen, wo Menschen leben, die besonders unter der Klimakrise leiden. Das

seien auch ärmere Menschen bei uns, die beispielsweise in Hitzesommern in aufgeheizten Wohnungen leben oder sich vor Abgasen oder Lärm nicht schützen können. Aber auch die kommenden Generationen werde die Klimakrise treffen. Die Kinder und jungen Menschen von heute sollten in ihrer künftigen Freiheit nicht eingeschränkt werden. **„Klimaschutz ist für den Erhalt der Freiheit unverzichtbar“**, heißt es im aktuellen Beschluss des Bundesverfassungsgerichtes. Daher sollten im Sinne der Klimagerechtigkeit die Pflichten und Bürden gerecht verteilt werden. Zudem drohe bei ungebremseter Klimakrise, dass sich das Ausmaß des Artensterbens noch mehr vergrößert.

Frau Dr. Hoffmann sieht die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung als große Chance, denn wir brauchen echte Nachhaltigkeitskriterien. Auch wenn die Ziele gut seien, seien erhebliche Anstrengungen für mehr Nachhaltigkeit nötig. Wir hätten keine Zeit mehr und sollten sofort handeln. Nur Ziele zu definieren, reiche nicht aus, jetzt in die Umsetzung zu kommen, sei entscheidend. Als persönlichen Wunsch für die anstehenden Koalitionsverhandlungen nannte Frau Dr. Hoffmann abschließend, dass Nachhaltigkeit vor die Klammer gezogen werden sollte.

Reiner Block vom TÜV SÜD erläuterte, dass der TÜV SÜD für sehr viele Unternehmen unterschiedlichster Sektoren weltweit tätig

ist (50 Prozent Auslandsanteil). Daher hat er in seinem Statement einen globalen Blick auf die Energiewende geworfen. Er ist auf die Fokusthemen der Energiewende aus Sicht des TÜV eingegangen, die sind:

→ **Nachhaltige Energie**

→ **Grüne Mobilität**

→ **Infrastruktur**

→ **Recycling von Produkten**

Herr Block stellte eine Studie zum Endenergieverbrauch in Deutschland von der AG-Energiebilanzen vor, die weltweit ihre Entsprechung habe: Positiv sei zwar festzuhalten, dass der Strom in Deutschland circa zur Hälfte aus erneuerbaren Energien erzeugt werde. Da aber drei Viertel des Energieverbrauchs für Gebäude, Mobilität und Industrie immer noch auf fossilen Quellen beruhe, könne mit einer reinen Elektrifizierungsstrategie eine Klimaneutralität in Europa bis 2050 nicht erreicht werden.

Vielmehr würden ebenso **CO₂-Abscheidung und -Verwendung (CCUS)** zur Dekarbonisierung der Industrie eine zentrale Rolle spielen wie auch **Wasserstoff**, mit dem regenerative Energie in großer Menge gespeichert und aus sonnen- oder windreichen Regionen der Welt in die Industrie-Staaten gebracht werden kann.

Die Diskussion der Energiewende zum Thema CO₂ sei verkürzt, denn bei einer wirklich nachhaltigen Betrachtung müssen z. B. bei **Windkraft Aspekte des Natur- und Tierschutzes** ebenso einbezogen werden wie der **immense Rohstoffverbrauch bei Batterie- und Elektrolösungen**.

Jonas Kilian, Geschäftsführer der Flavia IT, ging in seinem Impuls-Statement zum Thema Nachhaltigkeit aus Sicht der Informationstechnik auf „Green IT“ und „Green Information Systems“ ein und erwähnte von Flavia umgesetzte Green-IS-Projekte unter der Fragestellung, wie Expertise und Erfahrung derart eingesetzt werden können, dass nachhaltiges Wirtschaften durch IT bestmöglich gefördert werde. Aus Unternehmer-Sicht wiederum sei bei der **kontinuierlichen Transformation** allerdings auch auf eine **Diversifikation von Kunden** und Branchen Rücksicht zu nehmen, hier bekomme der Begriff „Nachhaltigkeit“ im Sinne von „nachhaltige Geldströme“ nochmal eine ganz andere Bedeutung, die den mittlerweile inflationären Gebrauch zeige.

Er stellte die folgenden Fragen in den Raum:

- Betrachten wir alle das Thema Nachhaltigkeit nicht zu sehr durch unsere Blase? Falls ja, wie lösen wir uns davon?
- Wie grenzen wir uns vom hochgradig persönlichen Aspekt ab, den das Thema bisweilen annimmt?
- Wird die Welt eine bessere, wenn sich jeder von seinen Emotionen und Intuitionen stärker leiten lässt?
- Oder sind wir mit einer nüchternen, wissenschaftlichen Betrachtungsweise besser bedient?
- Bekommen Autokratien eine gesellschaftliche Transformation besser hin?
- Hat uns die Pandemie nicht vor Augen geführt, dass in der Demokratie immer die Meinungsverschiedenheit, nicht der Konsens herrscht?

→ Liegt die Kunst vielleicht darin, Widersprüche nicht nur auszuhalten, sondern die Gegensätze förmlich zu suchen?

Er warb sodann für eine systemische Betrachtung philosophischer Fragestellungen **durch die Brille von Kybernetik und Heuristik** unter Hinzunahme endlicher Spannungsfelder, an denen dann zu Grunde liegende Einflüsse neutral und möglichst objektiv betrachtet und schließlich simuliert werden. Als Spannungsfelder oder Denkräume seien denkbar:

- **Erkenntnistiefe** (Abstraktes Wissen vs. persönliches Erleben) im Bezug zu Handlungsmotiven (Verzichtbereitschaft vs. Persönlicher Vorteil);
- **Zusammenleben** (Individualismus vs. Kollektivismus) im Bezug zu Entscheidungswegen (Weltordnung vs. Föderalismus);
- **Transformationsgeschwindigkeit** im Bezug zu technischen Handlungsoptionen;
- **Energieveredelung** im Bezug zu Ressourcenverbrauch;
- **Staatsfürsorge** im Bezug zu Moralvorstellungen etc.

Die Notwendigkeit, weltweit und unmittelbar zu handeln, könne man in der Pandemiebekämpfung erleben und diese Erkenntnisse den theoretischen Überlegungen in exakt diesen Spannungsfeldern gegenüberstellen, um im direkten Vergleich neue Erkenntnisse zu erlangen. Zum Beispiel setze man in der **Nachhaltigkeitsgestaltung** noch sehr stark auf Individualismus, wo mehr Kollektivismus zwangsläufig erscheint, während es in der

Pandemiebekämpfung genau gegenteilig sei: Man hoffe, in Zukunft wieder mehr Individualismus zulassen zu können.

Anschließend begann der **Moderator, Elias Spreiter vom Referat Energie des hessischen Wirtschaftsministeriums**, die Diskussion mit den Referenten. Er warf die Frage auf, ob wir ein **Kommunikationsproblem beim Thema Nachhaltigkeit** hätten und wir die falschen Sachen attraktiv fänden. Herr Block, TÜV SÜD, äußerte daraufhin, dass er bei der Nachhaltigkeitsdebatte oft ein Perspektivenproblem sehe. Wir dürften nicht nur an die gut situierte deutsche Wirtschaftsnation denken, sondern einbeziehen, dass z.B. Schwellenländer ihre Mobilität nicht ohne Weiteres auf Elektroantriebe umstellen können.

Frau Dr. Hoffmann ergänzte, dass die Verzichtsdiskussion ein altbekanntes Thema bei den Grünen sei. Ein **Tempolimit** werde zum Beispiel gleichgestellt mit **Verzicht auf Freiheit** oder als Spaßbremse beim Autofahren gesehen. In diese Falle dürfe man jedoch nicht tappen, denn unsere Ressourcen seien begrenzt. Mit Bodenschätzen oder Wasser müssten wir gut haushalten, da es das sei, was wir noch haben. Ein Astronaut habe einmal gesagt, wenn man von außen auf die Welt schaut, sähe man erst, wie klein und begrenzt sie sei. Es gehe also vor allem um unsere Lebensqualität und um unsere Gesundheit, was beispielsweise weniger Lärm und weniger Schadstoff in der Luft nach sich zieht. Ein Vorteil der Pandemie sei, dass wir gelernt haben, was wichtig ist und was uns zusammenhält.

Prof. Dr. Hein entgegnete, es ginge darum, wie man Verzicht sexy machen könne. Dies ginge nur durch positive Kommunikation. Hier würde viel Fantasie benötigt, um mit

Hilfe von attraktiven Beispielen zu überzeugen. Lust zu schaffen, sei wichtig, um mit „Weniger“ die Möglichkeiten zu erweitern.

Herr Kilian vertrat die Ansicht, dass der Glaube an Verzicht naiv sei, auch wenn er die Hoffnung darauf begrüße und es gutheiße, dass es Menschen gäbe, die dies vormachen. Stattdessen schlage er vor, extrinsisch zu motivieren und durch Regeln oder **clevere Anreize** Verzicht zu erreichen. Verzicht dürfe sich nicht als Verzicht anfühlen, sondern besser als Handel mit Partnern, so dass sich Verzicht als Gewinn anfühle. Der Handel wäre somit eine Win-win--Situation und intrinsisch motiviert.

Frau Dr. Hoffmann äußerte, dass Klimaschutz sich nicht nur die Reichen leisten dürften. Alle sollten die Möglichkeit haben mitzugestalten. Es müsse einfach sein mitzumachen und es gelte, Alternativen zu schaffen. Das könne beispielsweise eine Bahnstrecke sein, auf der man nachts durch Europa fahren kann.

Wie gelingt es, mehr Rückgrat und mehr Ethik zu den Menschen zu bringen, die Politik machen?

Laut Herrn Kilian helfen keine Appelle an Unternehmen. Stattdessen sollten Leitplanken gesetzt werden, die nicht nur aufgestellt werden, sondern auch kontrollierbar sind. Auch Herr Block hielt es für wichtig, sich andere **Leitparameter** zu überlegen, zum Beispiel Ressourcen teurer zu machen oder anderweitig zu beschränken. Standards müssten im **regulatorischen Rahmen** umgesetzt werden, wie beispielsweise über das **Lieferkettengesetz**, das dem

Schutz der Umwelt und den Menschen- und Kinderrechten dient. Prof. Dr. Hein ergänzte, dass wir nicht zu pessimistisch sein sollten. Überprüfbare Standards zu schreiben, könne gelingen. Die Zeit sei reif dafür und es gebe viel Bereitschaft, dies umzusetzen. Menschen dürften jedoch nicht überfordert werden und das gemeinsame Ziel solle stets im Auge behalten werden.

„Es gibt viel zu tun“, sagte Herr Spreiter abschließend und beendete die Diskussion mit einer Frage nach der Methodik: **Wo sehen Sie den größten Hebel?**

Herrn Block sieht den weltweit größten Hebel im **CO₂-Zertifikate-Handel** und hegt die Hoffnung, dass sich mit dem neuen US-Präsidenten Biden etwas ändert. Auch, dass China sich bis 2060 zur CO₂-Neutralität verpflichtet hat, bewertet er positiv. Auf die Frage, was jeder Einzelne tun kann, antwortete Herr Block, dass z.B. **PV-Module mit integriertem Wechselrichter** als Plug-in-Lösung bereits erhältlich sind, um eigenen Strom im Haushalt zu nutzen. Hoffmann sieht einen großen Hebel in einer echten **Kreislaufwirtschaft**, die sich auf alle Belange auswirkt. Die Kreislaufwirtschaft würde Arbeitsplätze schaffen, die Umwelt schonen und alle gesünder machen, da dann weniger Schadstoffe in der Luft seien. Gerade gebe es dahingehend eine große Bewegung in Deutschland und der EU.

Herr Prof. Dr. Birkner resümierte am Ende der Veranstaltung, dass es eine Reihe an sehr wichtigen Impulsen gab, über die man nun weiter nachdenken müsse. Er fügte hinzu, dass es jetzt gelte, Gesellschaft, Ordnungsrahmen und Technologieoptionen konsensual zusammenzuführen. Die Gesellschaft müsse die zur Anwendung kommenden Technologieoptionen

akzeptieren und der Ordnungsrahmen müsse die Einführung der neuen Technologien flankieren. Dazu sei ein intensiver Dialog zwischen Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik erforderlich. Auch das House of Energy könne hierzu einen Beitrag leisten.

Ergänzend zur Diskussion machte er fünf Anmerkungen:

- **Verzicht** als Lösungselement zur Bedarfsreduktion ist mit Blick auf die Akzeptanz fragwürdig.
- Der **Qualitätsaspekt** – weniger ist mehr – kann hier zwar unterstützend wirken, aber vor allem sind die Chancen des Technologieeinsatzes zur Effizienzsteigerung zu nutzen. E-Mobilität und Digitalisierung sind geeignete Beispiele.
- **Partizipation** ermöglicht das Erfahren des Neuen. Dies unterstützt die Schaffung von **Akzeptanz**.
- **Nachhaltigkeit** ist zu objektivieren. Hierzu ist auf die Taxonomie der EU und die 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen zu verweisen. Weitere pragmatische Normen und Standards sind zu schaffen und umzusetzen.
- Energiewende wird ohne Etablierung einer **Kreislaufwirtschaft** nicht möglich sein, da der Bedarf an Rohstoffen sehr hoch ist. Auch dies ist ein Aspekt der Ethik.

Nach Auffassung von Prof. Birkner sollte sich das House of Energy öfter an Themen heranwagen, die erst auf den zweiten Blick sehr wichtig für die Energiewende sind. Dies würde den Blickwinkel erweitern. ◊ (im)



Online-Forum 1: Wasserstoff – eine wichtige Säule der künftigen Energieversorgung

Im ersten Forum des diesjährigen House of Energy Online-Kongress betonte Herr Prof. Dr. Peter Birkner, Geschäftsführer des House of Energy e. V., in seiner Begrüßung der über 60 Teilnehmenden, dass es notwendig sei, die Energiewende auf eine grüne Basis zu stellen. Zur Energieversorgung gehöre nicht nur Strom. Wasserstoff sei eine notwendige Ergänzung. Doch wo kommt er her und wie wird er erzeugt? Wie kommt er von den Quellen zu den Senken? Wie viel Wasserstoff brauchen wir und wozu? Dieses Forum möchte die Thematik mit Impulsen aus unterschiedlichen Perspektiven unterfüttern.

Herr Dr. Justus Brans vom Hessischen Wirtschaftsministerium ging der Frage nach, welche Rolle Wasserstoff spielt, um Klimaneutralität zu erreichen. Klar sei: Wer Wasserstoff will, muss den Ausbau Erneuerbarer Energien vorantreiben – ob national oder international. Das Thema Wasserstoff werde landauf, landab heiß diskutiert. Vielfach ginge es darum, welche Herkunft (Farbkennzeichnung) der Wasserstoff im Rahmen des Markthochlaufs haben solle. In der aktuellen Phase von Technologieerprobung und beginnendem Markthochlauf sei jedoch **entscheidend, gezielt die bestehenden Problemstellungen aufzugreifen**. Deutschland sei auf

den Import von Energie angewiesen, denn „Energie ist ein globales Handelsgut und wird es auch bleiben.“ Herr Brans ergänzte:

.....
„Daher müssen wir uns die Frage stellen: Wo wollen wir Wasserstoff einsetzen und wie bekommen wir ihn dorthin?“
.....

Seiner Einschätzung nach kann sich eine entsprechende **Gasnetzinfrastruktur** nur entwickeln, wenn aktiv für einen **Aufwuchs des Bedarfs** gesorgt wird, „denn

Wasserstoff transportiert man nur, wenn er auch abgenommen wird.“

Fernleitungen für Wasserstoff werde es innerhalb der nächsten 10 Jahre absehbar für einen flächigen Anschluss Hessens nicht geben und erst Mitte der 30er Jahre dürften H₂-Anwendungen systematisch an eine H₂-Infrastruktur angebunden sein. Deshalb gehe es zunächst darum, **regionale Projekte zu duplizieren und regionale Mikronetze** einzurichten. Wasserstoffsinken müssten schnellstmöglich an solche Netze angeschlossen werden. Vor Ort würde sich durchsetzen, was wirtschaftlich attraktiv ist. Die Kosten und Marktpreise für Wasserstoffherzeugung, Transport und Anwendung spielen dabei eine entscheidende Rolle – auch in Relation zum Strompreis. Daher würden **technologische Entwicklungen** in der gesamten Wertschöpfungskette dringend benötigt und müssten staatlich unterstützt werden, denn Deutschland möchte eine führende Rolle in der Wasserstoffwirtschaft einnehmen.

Wichtig sei es, aus der Sicht des Wasserstoffkunden zu denken und miteinander festzustellen, für welche Anwendungen die All-electric World auf Grenzen stößt und wo Wasserstoff daher perspektivisch unverzichtbar ist. Für Industrieanwendungen sei dies unstrittig. **Für die so identifizierten Senken seien die Nachfrage zu schaffen und Ankerinvestitionen seien zu tätigen.** Dabei wäre die Sektorenkopplung ganzheitlich zu denken: Für Wärmeanwendungen in Gebäuden seien vorzugsweise z.B. Geothermie und Solarthermie mit einzubinden.

In seinem Vortrag „**Heizungssysteme heute, morgen und übermorgen**“ ging Herr Dr. **Manfred Dzubiella von Viessmann Climate Solutions SE** zunächst darauf ein, dass über 70% der Endenergieträger für Raumwärme

und Warmwasser noch in molekularer Form aus fossilen Quellen bereitgestellt werden. Die Transformation des Wärmesektors sei daher eine große Aufgabe. Laut Herrn Dr. Dzubiella hätte der Einsatz von Wasserstoff im Wärmemarkt wesentliche Vorteile:

- Die Wetterabhängigkeit wird beherrschbar.
- Die Potenziale der bestehenden Gasinfrastruktur werden genutzt.
- Stromnetze werden entlastet und die Resilienz des Energiesystems erhöht (Dies sei notwendig, weil bis 2030 durch den Ausstieg aus Kernkraft und Kohlestrom bei gleichzeitig steigendem Strombedarf eine Stromlücke auszugleichen ist.)

Zu beachten sei, dass im Gebäudebestand eine große Heterogenität vorherrsche. Der überwiegende Anteil sei unsaniert oder teilsaniert und habe einen entsprechend hohen Energieverbrauch. Dies ändere sich aufgrund der Sanierungsrate nur langsam. **Daher brauche es Alternativen zur Wärmepumpe.** Kraft-Wärme-Kopplungs-Systeme und Brennstoffzellen müssen jedoch mit Brennstoffen versorgt werden. Da Wasserstoff andere Eigenschaften bei der Verbrennung habe als Erdgas, entwickle Viessmann **H₂-Ready-Lösungen**, die zunächst noch mit fossilem Erdgas betrieben und unkompliziert auf Wasserstoff umgestellt werden könnten, sobald dieser lokal verfügbar ist. Die Transformation erstrecke sich über den gesamten Zeitraum bis zur angestrebten Klimaneutralität: Wenn man von der typischen Austauschrate von 600.000 Geräten pro Jahr ausginge, dauere es **bis 2045**, bis **alle Geräte ausgetauscht** sind. Grundsätzlich brauche es die Koexistenz verschiedener Lösungen im Wärmemarkt, die sowohl auf Grünstrom als auch auf H₂-ready-Lösungen basieren.

Herr **Jochen Bard vom Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE)** behandelte in seinem Vortrag das Thema **Wasserstoffwirtschaft** und konnte damit die Gesamtperspektive global aufgreifen und die Importoptionen aufzeigen. Einleitend stellt er fest, dass über 30 Länder Strategien zum Thema Wasserstoff entwickelt haben und die Markteinführung durch Anreizsysteme umrahmen.

Eine Wasserstoffherzeugung in Elektrolyseuren erhöhe perspektivisch den Strombedarf. Den herkömmlichen Strombedarf könne Deutschland zwar aus eigener Erzeugung decken, doch um perspektivisch den gesamten Nutzenergiebedarf aller Sektoren (inklusive Mobilität und Logistik) zu decken, brauche es zusätzliche Erzeugungskapazitäten. Die **nationale Wasserstoffstrategie** sehe den Aufbau von **5 GW Elektrolyse-Leistung bis 2030 und weiteren 5 GW bis 2035** vor, einschließlich der dafür notwendigen Kapazitäten im Bereich von Offshore-Windparks, die nicht gänzlich elektrisch angebunden werden würden.

Die Skalierung der europäischen Projekte falle deutlich größer aus als noch vor wenigen Jahren. Folglich sei in den nächsten 10 Jahren mit einem **enormen Zuwachs bei der H₂-Erzeugung in Europa** zu rechnen. Zwar stelle Europa einen gewissen Schwerpunkt in der Wasserstoffwirtschaft dar, aber auch in Nordamerika, Süd-Ost Asien und Australien seien große Entwicklungen zu verzeichnen.

Weltweit gehe man von einem **Investitionsvolumen von rund 500 Mrd. US-Dollar bis 2030** aus. Dies ginge damit einher, dass eine drastische Kostendegression (über 60% bis 2030) für die Wasserstoffproduktion erwartet werde – als Folge von Kostenreduktionen bei Erneuerbaren Energien und Elektrolyseuren.

Der im Jahr 2021 vom Fraunhofer IEE vorgelegte **Power-to-X-Atlas** zeige erstmals die weltweiten Power-to-X-Potenziale auf. Mit dem Atlas könnten Interessenten unter anderem die für PtX in Frage kommenden Flächen, die erreichbaren Volllaststunden, mögliche Erzeugungsmengen, die jeweiligen Gesteungskosten für die verschiedenen PtX-Energieträger sowie die Kosten für deren Transport nach Europa abrufen. Auch Restriktionen, die sich aufgrund von Nachhaltigkeit und sozioökonomischen Faktoren ergeben, würden berücksichtigt. Viele Regionen der Welt böten gute Bedingungen für die Produktion von grünem Wasserstoff sowie regenerativ erzeugten synthetischen Kraft- und Brennstoffen.

Herr Bard beleuchtete abschließend noch das Wasserstoff-Transportnetz für Industrie und Kraftwerke. Es sei davon auszugehen, dass **70 % des in Europa erzeugten Wasserstoffs über Gaspipelines transportiert** werden, da dies der effizienteste und preiswerteste Weg sei. Von der kostspieligen Alternative, flüssigen Wasserstoff per Schiff zu importieren, würde man wahrscheinlich eher absehen. Per Schiff würden besser wasserstoff-basierte Syntheseprodukte wie Ammoniak, Methanol oder Kerosin transportiert werden. Ein globaler Handel von Power-to-X-Produkten sei erwartbar.

Die Wasserstoffherzeugung und Infrastruktur im Industriepark Höchst kann laut Herrn **Dr. Joachim Kreysing** (Geschäftsführer InfraserV Höchst, Betreiber Industriepark) eine wichtige Rolle für den Markthochlauf spielen. Seit über 100 Jahren würden sie als Chemie- und Pharmastandort von einer zuverlässigen Wasserstoffversorgung profitieren.

Im Industriepark werden **funktionierende Konzepte im Reallabor erprobt** (Mobilität, PtX; PtL): Neben der H₂-Nutzung in der Chemie- und Wärmeproduktion gebe es seit 2006 eine öffentliche **Wasserstofftankstelle**, aus der sich auch die Werksbusse im Industriepark bedienen. Ab 2022 soll es eine Tankstelle für Schienenfahrzeuge geben, die einen Bedarf von bis zu 2.400 kg pro Tag decken kann. Es entstehe eine **Infrastruktur für eine neue, hessische Wasserstoff-Zugflotte**. Bestandteil des Projektes ist auch die Errichtung eines PEM-Elektrolyseurs mit 5 MW. Weiter gäbe es eine **Trailerstation**, über die Wasserstoff in die Region geliefert werden könne.

Auch solle eine **industrielle Power-to-Liquid (PtL)-Anlage für grünes Kerosin** von Ineratec installiert werden. Für die Technologieentwicklung sei es sinnvoll, zum jetzigen Zeitpunkt solche Anlagen in Deutschland zu errichten. Für diese Pionieranlage würde der Wasserstoff von InfraserV Höchst kommen

und das Kohlenstoffdioxid aus einer Biogas-aufbereitungsanlage von Infranova. Eine PtL-Produktion in großem industriellem Stil sei in Deutschland aufgrund von Kostennachteilen nicht zu erwarten, da es wenig sinnvoll sei, den dafür benötigten Wasserstoff bzw. Grünstrom zu importieren.

Entscheidend sei, dass das Rhein-Main-Gebiet ab 2030 transnational an Wasserstoff-Pipelines angebunden wird. Für den erforderlichen **Markthochlauf** sollen anfänglich die vorhandenen **Wasserstoffquellen regional** noch besser genutzt und **vernetzt** werden. Aufgrund der derzeit **noch knappen Wasserstoffverfügbarkeit** würde dies zunächst in einzelnen Bereichen wie der Mobilität passieren.

Die Industrie benötige enorme Wasserstoffmengen. Für einen industriellen Einsatz in Gasturbinen könne der Wasserstoff hier in der Region nicht hergestellt werden, da der dafür nötige Strom aus erneuerbaren Energien nicht ausreichend sei. Das ginge erst, wenn die transnationalen Wasserstoff-Pipelines zur Verfügung stehen. Ebenso seien fossile Ausgangsstoffe für die Grundstoffindustrie auf erneuerbaren Wasserstoff umzustellen. Das Anliegen des Industrieparks ginge also in die Richtung, **früh und rechtzeitig an eine großräumige Wasserstoffinfrastruktur angeschlossen zu werden.**



Abbildung: Wasserstoffversorgung im Industriepark Höchst

Um die **lokale Herstellung von grünem Wasserstoff** mit erneuerbaren Energien und die damit verbundenen Herausforderungen ging es in dem Vortrag von Herrn **Christoph Lübcke**, Geschäftsführer **BLG Project GmbH** – konkret um das Projekt **Hydrogen Valley Wolfhagen**.

An ein Umspannwerk sollen zwei **Windparks** (72 MW elektrische Leistung) und ein **Photovoltaikpark** (80 MW elektrische Leistung) angeschlossen werden, deren Erzeugungslastgänge sich ergänzen. In Kombination mit einem **Batteriespeicher** werde eine gute Versorgung der Nutzer vor Ort möglich. Somit sei ein wirtschaftlicher Anschluss der **Elektrolyseure** und weiterer neuer Stromverbraucher gewährleistet. 30% der 150 MW Erzeugungsleistung seien perspektivisch für die Erzeugung von Wasserstoff eingeplant. Bis 2030 sollen Elektrolyseure mit einer Leistung von 6 MWel errichtet werden, mit denen ca. 1 Millionen kg Wasserstoff hergestellt werden könnten. Zukünftig sollen **Wasserstofftankstellen** für LKW und Busse sowie eine **Elektromobilitäts-Ladeinfrastruktur** errichtet werden.

Die **Elektrolyseure würden punktuell** dort installiert werden, **wo Wasserstoff benötigt** wird, und mit **Pufferspeichern** ausgestattet. Dies betreffe das Wolfhager Land (ca. 110 km²) und beinhalte den interkommunalen Gewerbe- und Logistikpark „A44 – Hiddeser Feld“. Auch für die nicht elektrifizierte Bahnstrecke Kassel-Korbach sei ein Elektrolyseur am Bahnhof Wolfhagen vorgesehen, um die Züge auf Wasserstoffbasis regenerativ betreiben zu können. Ein kleiner Teil des Wasserstoffs würde in das Gasnetz eingespeist werden. Nicht vorgesehen sei, den Wasserstoff mit LKW zu Tankstellen zu bringen.

Eindrucksvoll machte Herr Lübcke deutlich, was es bedeutet, die **nationalen Energieziele auf eine Kommune wie Wolfhagen herunterzubrechen**. Wenn man für das Jahr 2045 einen elektrischen Energiebedarf von 1.200 TWh für Deutschland annimmt, müsste Wolfhagen anteilig 0,372 TWh Strom erzeugen. Das würde bedeuten, dass man die Stromerzeugung aus Windenergie verfünffachen, aus Solarenergie verneunfachen und aus Biomasse verdoppeln müsste. Dabei sei schon jetzt viel Erneuerbare-Energien-Leistung in Wolfhagen installiert. Dies seien zwar erstmal große Zahlen, aber letztlich werde der **ländliche Raum zum Energielieferanten** für Deutschland, was mit Chancen verbunden sei.

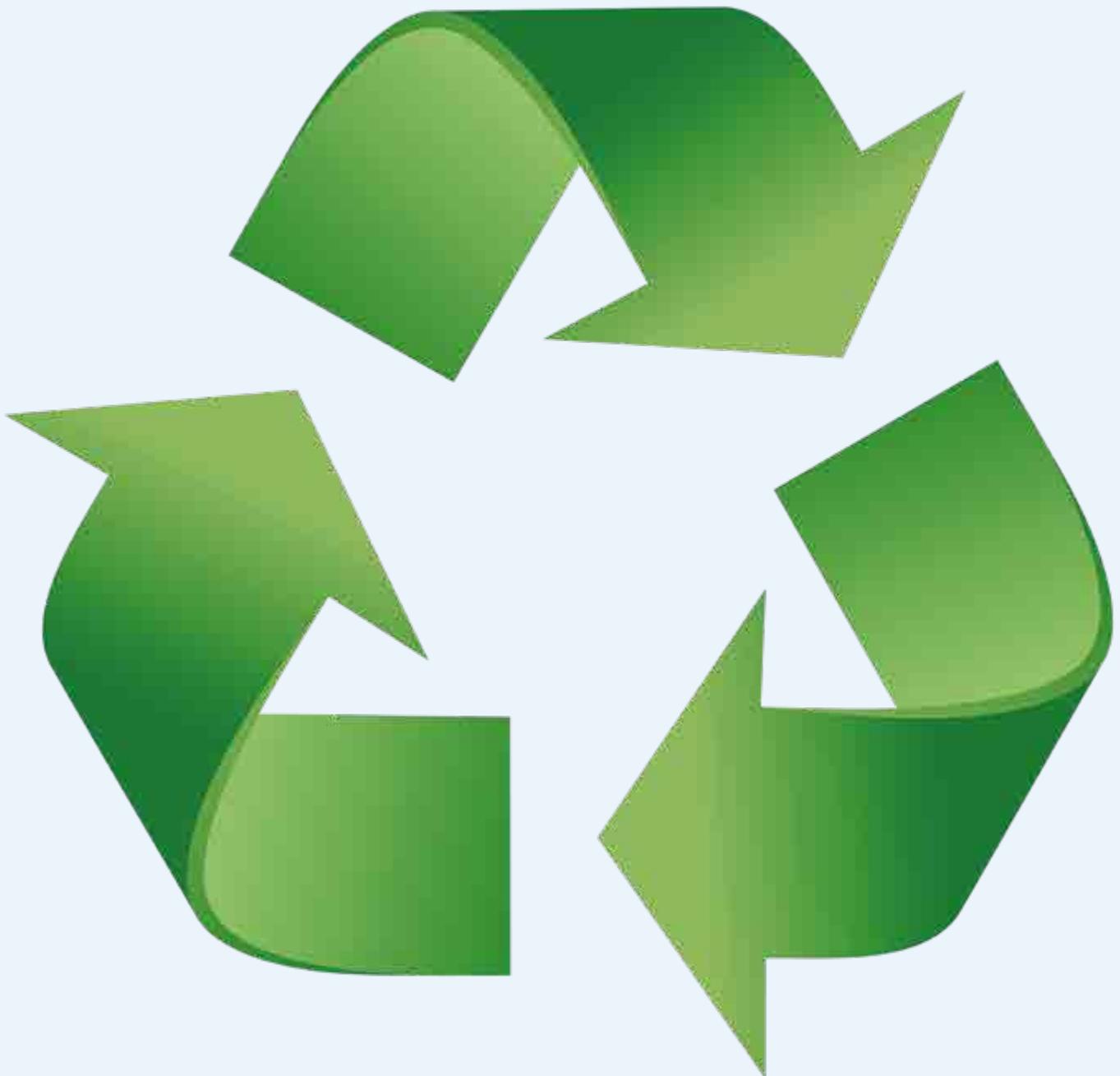
Die **regionale Wertschöpfung** spiele eine große Rolle. Das Konzept mache es möglich, Wertschöpfung vor Ort zu bündeln. Schmunzelnd fügte Herr Lübcke hinzu, mit Hilfe von Solar, Wind und lokal erzeugtem grünen Wasserstoff könnte der ländliche Raum in Nord-Ost-Hessen zum hessischen Klein-Dubai werden. Alle Projekte des Hydrogen Valleys seien **Bürgerprojekte**, über die die beteiligten Bürger auch Rabatte beim Energieeinkauf bekämen. So profitierten die Bürger direkt von den Projekten, was wiederum die Akzeptanz steigert.

Herr Prof. Dr. Birkner fasste zusammen, dass Wolfhagen und Infraserb wichtige, exemplarische **Keimzellen für den Wasserstoff-Hochlauf** in Hessen seien. Es sei fundamental, regionale Ankerprojekte zu schaffen, die im Laufe der Zeit vernetzt werden können. Dabei sei nicht zu missachten, dass all dies einen enormen Flächenbedarf fordert. Die Energiewende setze daher die Akzeptanz der Bürger voraus. Wichtig sei es, in Deutschland **funktionierende, nachhaltige Systeme**

aufzubauen, die **global als gute Beispiele** zeigen, wie es gehen kann. Es bleibe nicht viel Zeit, denn das verbleibende CO₂-Budget zur Begrenzung des Klimawandels neige sich dem Ende zu.

Weiterhin stellte Prof. Dr. Birkner fest, dass Konsens über das Ziel, dass Wasserstoff langfristig grün sein müsse, bestehe. Dabei werde die Notwendigkeit von Energieimporten weiterhin vorhanden sein. Noch sei nicht klar, wie wir dieses Ziel erreichen können und welche Rolle dekarbonisierter Wasserstoff einnehmen könnte. Das House of Energy möchte seinen Beitrag dazu leisten, Informationen bereitzustellen, einen Austausch zwischen den verschiedenen Perspektiven zu ermöglichen und den Diskurs zu versachlichen. ◊ (nl/df)

Online-Forum 2:
**Wertstoffkreisläufe –
(Seltene) Materialien
und Recycling**



Am 13. Juli ist die diesjährige Online-Reihe des House of Energy Kongress mit dem Leitthema „Energiewende wertvoll gestalten – Aspekte der Nachhaltigkeit“ mit einer spannenden Podiumsdiskussion gestartet. Bei unserem zweiten Forum am 28. September 2021 drehte sich alles um das Thema „Wertstoffkreisläufe – (Seltene) Materialien und Recycling.“

Christian Engers vom House of Energy begrüßte rund 20 Teilnehmende. Er betonte die Wichtigkeit des Themas und stellte fest, dass neben wirtschaftlichen und technischen Themen vor allem Aspekte der Nachhaltigkeit und Verantwortung in den Fokus zu bringen seien, um die Energiewende ganzheitlich zu gestalten. Man müsse sich also nicht nur die Frage stellen, welche Herkunft die notwendigen Materialien haben, sondern auch, wie nachhaltig deren Beschaffung ist. Diese und weitere Fragen galt es mit Hilfe der Impulsvorträge zu beantworten.

Den Anfang machte **Dr. Sandro Szabó** von **Technogieland Hessen**, einer Plattform der Hessen Trade & Invest GmbH, die hessische Unternehmen bei der Entwicklung zukunftsweisender Innovationen unterstützt, mit dem Beitrag **„Im Kreislauf aus der Rohstoffkrise?“**

Dr. Szabó beschrieb, dass die Gewinnung von Primär-Rohstoffen oft als „kritisch“ angesehen werden kann. Insbesondere bei innovativen Materialien, die zur Erreichung der Ziele eines „European Green Deals“ beitragen könnten, sei dies relevant. Bei dringend benötigten Rohstoffen bestünden aktuell Lieferprobleme und mitunter unterlägen sie extremen Preisschwankungen. Beispiele wären Iridium^[1] oder Neodym^[2]. Nicht selten würden diese Elemente von einigen wenigen Quellen stammen. So beziehe die

Europäische Union beispielsweise 44% ihrer Rohstoffe allein aus der Volksrepublik China.

Doch neben den „wirtschaftlichen“ Faktoren könnten manche Rohmaterialien auch aus anderen Gründen als „kritisch“ bezeichnet werden. Hier seien insbesondere die Nachhaltigkeit (endliche Vorkommen, Klimabilanz), lokaler Umweltschutz (Verschmutzung, Trinkwassermangel etc.) oder soziale Aspekte (z.B. Kinderarbeit, Arbeitssicherheit) zu nennen.

Eine Kreislaufführung könne dazu beitragen, diese Probleme zu minimieren. Dabei sei es allerdings wichtig, dass möglichst alle verbauten Elemente aus einem Produkt in einem Kreislauf zirkuliert werden. Hier reiche es nicht aus, „nur das Gold herauszutrennen“. Einen natürlichen „Ausschuss“ würde es allerdings immer geben; die maximale Recyclingrate sei endlich.

.....
„Das Limit ist dann erreicht, wenn mehr Ressourcen und Energie zum Recycling benötigt werden, als man letztendlich herausbekommt.“

„Die Technologiewende ist auch eine Material-Wende!“ Mit diesen Worten eröffnete Frau **Dr.-Ing. Eva Brouwer** von der

Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie (IWKS) ihren Vortrag **„Wertstoffkreisläufe im Kontext der Energiewende“**.

Damit gab sie ihrem Vorredner recht und stützte sich auch darauf, dass eine Kreislaufwirtschaft erforderlich sei, um beispielsweise den zukünftigen Bedarf an Neodym-Eisen-Bor-Magneten im Bereich der Unterhaltungselektronik und Elektromobilität zu decken.

Frau Dr. Brouwer sieht folgende Möglichkeiten, um die Nachfrage zu decken:

- Substitution kritischer Elemente oder Legierungen
- Erkundung alternativer Seltenerd-Quellen (Neue Vorkommen & Nutzung von Nebenprodukten)
- Recycling von End-of-Life-Produkten und -Magneten

Als Beispiel führte sie den Kreislauf von Magneten an: Für Magnete seien die Technologien vom Grundprinzip her zwar bereits vorhanden, jedoch würden die Alt-Magneten fehlen. **Es sei eine große und kontinuierliche Inputmenge notwendig, um eine Kreislaufwirtschaft initiieren zu können.**



Dafür müssten verschiedene Räder ineinandergreifen. Man benötige nicht nur die Recyclingtechnologie, sondern auch intelligente Sortiersysteme und Demontagetechnologien. Natürlich solle das **Recycling nachhaltig** sein, jedoch müssten die **Magnete auch wirtschaftlich sein und der Spezifikation entsprechen, um im Markt zu bestehen**.

Mit der Frage „**Wasserstoff – Kostentreiber oder Beitrag für nachhaltige und profitable Geschäftsmodelle der Zukunft?**“ beschäftigte sich Herr **Dr. Klaus Altfeld**, Geschäftsführer der **evety GmbH**. Die evety GmbH ist ein Gemeinschaftsunternehmen von OGE, TÜV SÜD und Horváth, das Kunden der Energiewirtschaft, Mobilität und Industrie bei der Konzeption und Umsetzung von Dekarbonisierungsmaßnahmen, insbesondere mit Blick auf Wasserstoff, berät. Einleitend rief Herr Dr. Altfeld die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung in Erinnerung.

Die Themen der Vorredner sieht Herr Dr. Altfeld durch das Ziel 12 (nachhaltiger Konsum und Produktion) abgedeckt und er stimmt mit ihnen überein, dass bei der

Kreislaufwirtschaft nicht nur die wirtschaftlichen, sondern auch die sozialen und ökologischen Aspekte wichtige Teile des Gesamtbildes sind.

Ziel 7 (Nachhaltige und moderne Energie) und Ziel 13 (Klimawandel bekämpfen) legen hingegen dar, wie wichtig regenerative Energien seien, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren.

Zur Zielerreichung sei in den nächsten 30 Jahren neben der **bilanziellen Kompensation** auch die **reale Vermeidung**, also die Senkung des Energieverbrauchs, notwendig. Herr Dr. Altfeld sieht hier zwei Lösungsansätze: **Suffizienz und Effizienz**. Diese wurden auch schon in den letzten 30 Jahren teilweise umgesetzt, aber durch den sog. „Rebound-Effekt“ weitgehend kompensiert. Energieeinsparungen durch Effizienzsteigerungen traten nicht ein, weil die damit verbundenen Kosteneinsparungen zusätzliche Energieverbräuche begünstigten. So wurden beispielsweise Häuser besser gedämmt, gleichzeitig wurde die Wohnfläche pro Einwohner aber deutlich erhöht.

Suffizient hingegen wäre es beispielsweise, Wohnflächen zu reduzieren, die Nutzungsdauer von Gütern zu erhöhen oder sie von mehreren Parteien zu nutzen (Stichwort Carsharing). Dies jedoch würde für die Industrie und Wirtschaft weniger Absatz mit sich bringen. Die zweite Option – **Effizienz** – bedeutet, den Wirkungsgrad zu erhöhen, um bei gleichem Nutzen weniger Energie zu verbrauchen, beispielsweise durch Elektromotoren.

Herr Dr. Altfeld schlägt daraufhin den Bogen zum Thema **Wasserstoff** – dieser werde auf Grund seiner Beschaffenheit für alle Sektoren des Energieverbrauchs relevant und leiste beispielsweise als **Speicher und Transportmedium** einen wichtigen Beitrag für den zukünftigen Strommarkt. Da die Emissionsvermeidung durch Elektrifizierung ab einem bestimmten Wendepunkt zu teuer werde, komme Wasserstoff für weitere Anwendungsfälle in Frage.

Entsprechend sei Wasserstoff ein wichtiger Bestandteil im gesamten System. Er würde auch als Energieträger für einige Recyclinganwendungen benötigt (z. B. bei Altmagneten) und so den Markthochlauf der entsprechenden Technologien unterstützen.

Ein weiterer Aspekt in der Kreislaufwirtschaft ist die additive Fertigung und gedruckte Elektronik. Hierzu trug **Prof. Dr. Ulf Schwalbe** von der **Hochschule Fulda** seinen Impuls „**Neue Anwendungen des 3D-Drucks**“ vor.

Im industriellen Kontext wird 3D-Druck zumeist als Additive Fertigung (auch Additive Manufacturing) bezeichnet. Die Additive Fertigung habe viele verschiedene Anwendungsfelder. Vornehmlich sei sie in der Medizin zu finden. Dort würden

beispielsweise Implantate und Prothesen gedruckt. Auch in der Mobilität, im Bauwesen und in der Luft- und Raumfahrt könnten schon viele Teile auf diesem Weg gefertigt werden.

Der Vorteil der additiven Fertigung liege in der Funktionsintegration und -optimierung der Bauteile. Dies ermögliche eine Herstellung **mit minimalen Abfallmengen und hohem Materialverbrauch** – im Gegensatz zur subtraktiven Fertigung, bei der Bauteile beispielsweise erst gegossen und dann ausgestanzt werden. Die genaue Anpassung Sorge für ein schnelleres Verfahren, weniger Ressourcenverbrauch sowie individuelle Anpassungsmöglichkeiten. Auch das Selbstdrucken von Ersatzteilen stellt einen Vorteil im Sinne der Nachhaltigkeit dar.

Darüber hinaus seien bei dem klassischen Druck mit Kunststoff oder anderen wiederverwendbaren Materialien auch Recyclingmethoden denkbar. Herr Prof. Dr. Schwalbe arbeite derzeit selbst an einem entsprechenden Projekt, um die Kreislaufwirtschaft zu realisieren.

Nach diesem letzten Impuls startete Herr Engers die **Diskussions- und Fragerunde**.

Zunächst wurde Frau Dr.-Ing. Eva Brouwer gefragt, ob Magnete altern und ihre Eigenschaften verlieren würden. Sie verneinte diese Frage und wies darauf hin, dass die Technologien sich aber natürlich weiterentwickeln und die Anforderungen und Spezifikationen sich verändern würden.

Die nächste Frage war, welche Rahmenbedingungen es brauche, damit die **kreislauffähige Gestaltung ein Teil von Geschäftsmodellen** werden kann. Grundsätzlich sind sich die Referenten darüber

einig, dass Wirtschaftlichkeit gegeben sein muss und Unternehmen ein Interesse daran haben müssen, Produkte zurückzunehmen.

Frau Dr.-Ing. Brouwer führte als Beispiel den Markt für Alt-Magneten an. Sobald diese einen gewissen Wert bekämen, würden sich auch die Motorenhersteller darum kümmern, die Magneten zu verarbeiten und wieder bereitzustellen.

Auch Herr Dr. Altfeld ist der Meinung, dass Recycling für die Unternehmen „Sinn machen muss“ und „wirtschaftlich Spaß machen muss“. Ähnlich wie Herr Prof. Dr. Schwalbe nach ihm ergänzte er, dass der steigende Rohstoffbedarf die Kreislaufwirtschaft von selbst ankurbeln werde.

Herr Prof. Dr. Schwalbe verwies auf ein Projekt für Second-Life-Autobatterien. Hier sei ein weiterer Benefit, dass die Recyclingprozesse das Material reiner zur Verfügung stellen als das Material aus einer Mine. Sobald der Markt die Benefits erkennt, würde er sich von selbst „beflügeln“, da zukünftige Anwendungen auch mehr und mehr Technik verbauen.

Im Hinblick auf die Klimaproblematik wies Herr Dr. Altfeld nochmal auf die steigende Anzahl der benötigten Batterien und Speicher hin, betonte erneut die seines Erachtens effizientere Möglichkeit, den **Konsum zu reduzieren** und erhielt Zuspruch von den anderen Referenten. Herr Schwalbe betonte, dass unser derzeitiges Wirtschaftssystem auf Wachstum beruhe und hier ein Umdenken nötig sei. Herr Szabo fügte hinzu, dass ein Ziel des European Green Deals sein müsse, diese Dinge voneinander zu entkoppeln.

Abschließend stellte **Prof. Dr. Birkner**, Geschäftsführer des House of Energy, die Frage

ob wirklich alle Bestandteile beispielsweise eines Handys recycelt werden könnten und wie ein solches Verfahren aussehen könnte.

Herr Dr. Szabó antwortete, dass dies gerade bei Smartphones besonders schwierig sei, da diese „das halbe Periodensystem beinhalten.“ Gold sei beispielsweise einfacher zu trennen und weiterzuverarbeiten als Elemente, die chemisch stärker binden. Man müsse zu der Erkenntnis kommen, dass **Alt-Elektronik einen großen Wert** hat. Herr Schwalbe fügte hinzu, dass das Recycling nicht „for free“ zu haben sei und dass auch immer auf die Bilanz geachtet werden müsse.

Auch interessierte Prof. Dr. Birkner, welche Möglichkeiten zum Recyceln es im 3D-Druck gäbe. Herr Prof. Dr. Schwalbe antwortete darauf, dass zum einen **Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen** (z. B. Maisstärke) und zum anderen Kunststoffe oder leitfähige Elemente verwendet würden. Wenn diese nach dem Recycling-Prozess sortenrein vorliegen, könnten sie auch wieder zum Drucken verwendet werden. ◊ (nl)

Glossar

- [1] Wird für die Gewinnung von Wasserstoff per Elektrolyse benötigt
- [2] Bestandteil für Permanentmagneten, für Stromgewinnung, z. B. im Elektromotor

Online-Forum 3: Green Finance – Die Rolle der Finanzwirtschaft



Bei unserem dritten Forum am 28. Oktober 2021 drehte sich alles um das Thema „Green Finance – Die Rolle der Finanzwirtschaft“. Lesende dieses Berichts erhalten aktuelle Einblicke und gewinnen das Verständnis von einem Finanzsektor, der die Energiewende zukünftig mitprägt.

Dirk Filzek vom House of Energy begrüßte die knapp 40 Teilnehmenden und führte in das Thema ein. Letztendlich bedeute die **Energiewende** auch eine **Finanzwende**. Um die neue Infrastruktur aufzubauen, seien enorme Investitionen notwendig. Dazu müssten Finanzmittel in großem Stil bereitgestellt und umgeschichtet werden. Ziel sei eine dekarbonisierte Wirtschaft mit kreislauforientierter Ressourcennutzung. Dies könne über den Finanzsektor gesteuert werden. Gesellschaftlich und finanzpolitisch sei daher die Frage zu stellen, wie Nachhaltigkeitsaspekte (Umwelt- und soziale Aspekte) in den finanzpolitischen Rahmen

integriert und Anreize gesetzt werden können, um Finanzmittel aus der Privatwirtschaft für ein nachhaltiges Wirtschaften zu mobilisieren.

Vier Impulsvorträge beleuchteten aus der Perspektive von Investoren, Banken, Entwicklungs- und Zentralbanken sowie der Gesellschaft, welche Herausforderungen, Lösungen und Maßnahmen gesehen werden und wie Energiewende und Finanzwende zusammenfinden. Es zeigte sich, dass Sustainable Finance ein notwendiges Instrument ist, dass **wichtige neue Chancen für alle Seiten bieten kann**.

Net Zero Banking Alliance

Den Anfang machten **Thomas Mog** und **Sebastian Rink** vom **Green and Sustainable Finance Cluster Germany**, das Expertise und Aktivitäten im Feld Sustainable Finance bündelt und das Ziel verfolgt, die Transformationsprozesse effizient und kostensenkend zu gestalten.

Einleitend stellte Herr Mog fest, ein nachhaltiges Finanzsystem könne die Klimatransformation ganz wesentlich unterstützen. Die Verbindung der Klimatransformation mit einem nachhaltigen Finanzsystem würde gezielt im **Pariser Klimaabkommen** verankert sein (Art.2c). Um die Klimaziele zu erreichen, sollen die **Finanzströme** mit einer **nachhaltigen Entwicklung in Einklang** gebracht werden. Für die Etablierung von Nachhaltigkeit im Finanzsystem sei entscheidend, ein Verständnis davon zu gewinnen, welche Effekte mit Sustainable Finance erreicht werden können. Dazu müssten wir uns damit auseinandersetzen, wie die Risiken sich mit bzw. ohne Transformation entwickeln, welche weiteren Benefits mit den Sustainable-Finance-Maßnahmen verbunden sind, wie Liquidität für nachhaltige Investitionen generiert werden kann und wie sich die Kapitalkosten entwickeln.

Damit die Banken ihre neuen Aufgaben wahrnehmen könnten, müssten sie den Stand der Technik kennen und für die verschiedenen Sektoren verstehen, welche Technologien finanziert werden können. Banken müssten ihre **Kunden auf dem Dekarbonisierungspfad einordnen und dahingehend beraten** können, ob sie geeignete Ziele und Pläne für die Dekarbonisierung verfolgen. **Damit ändere sich die Rolle der Banken**, die sich zwar im Allgemeinen

bekennen würden, ihre Finanzierungen im Sinne der Dekarbonisierung und Nachhaltigkeit auszurichten, dies jedoch noch nicht im notwendigen Maße mit klaren Zielen sicherstellten und konkretisierten. Banken könnten ihre Verantwortung in eine gelebte Rolle übersetzen, indem sie die ihnen zur Verfügung stehenden Strukturen nutzen und Anreizsysteme nach außen und innen schaffen. Die Gesellschaft wiederum brauche Transparenz über das Handeln der Banken und Standards für das Berichtswesen für Transparenz und Vergleichbarkeit.

In der **Net Zero Banking Alliance Germany (NZBAG)** haben sich acht deutsche Banken zusammengeschlossen, die das Ziel hätten, bis Ende 2022 **vorwettbewerbliche Grundlagen** zu schaffen, um die im Juni 2020 gezeichnete **Klimaschutz-Selbstverpflichtung für den Finanzsektor** umzusetzen. Ein wesentlicher Aspekt dabei sei es, notwendige Methoden zu entwickeln und einzuführen, um die **Klimawirkung von Kreditportfolios** messen und steuern zu können. Dabei sei die Kernfrage, wie man mittels Portfoliosteuerung über die Zeit auf einen klimaneutralen Pfad komme, der kompatibel mit dem Pariser Klimaabkommen und den nationalen Klimazielen sei. Dabei müsse das Portfolio in seiner Gesamtheit **auf den Dekarbonisierungspfad des jeweiligen Sektors passen**. Um dies zu unterstützen, erarbeite die NZBAG aktuell Methoden, Instrumente und Standards. Am Anfang würden Methoden für eine **integrierende Portfoliosteuerung** erarbeitet, die die derzeit üblichen Kennzahlen zur Portfoliosteuerung mit neuen Kennzahlen zur Messung der Klimawirkung verbindet.

Weiterhin beschäftige man sich mit der Frage, wie Banken ihre **Kompetenzen und Fähigkeiten aufbauen** können, um

die Kunden im Sinne der neuen Herausforderungen zu beraten und den Kundendialog weiterzuentwickeln. Dabei gehe es darum, insbesondere den **Mittelstand** in der Transformation mitzunehmen und gemeinsam nach Finanzierungslösungen sowie strategischen und technischen Lösungen zu suchen. Hierzu werde ein Excel-basiertes Tool entwickelt und gemeinsam mit dem Mittelstand erprobt. Der **Austausch mit der Realwirtschaft** sei wichtiger Teil des Prozesses. Weitere Arbeitsthemen seien die **Banken-Governance** sowie **Vorschläge für ein Reporting**, das eine Vergleichbarkeit der Banken ermöglicht. Bereits im November 2021 solle das Curriculum für ein Grundlagen-Training für Banken vorgestellt werden. Dabei ginge es nicht um ein übliches regulatorisches Training, sondern darum, alle Mitarbeitenden einer Bank mit Grundlagen für das Geschäft der Zukunft und den Klimaschutz fit zu machen.

Herr Mog merkt zum Schluss an, dass die deutschen Banken in punkto **„Readiness for Sustainable Finance“** aufpassen müssten, dass sie nicht den Anschluss in Europa verlieren. Daran würden sie mit den acht Banken zusammenarbeiten und so vorwettbewerbliche Grundlagen erarbeiten wollen.

Chancen und Risiken der Taxonomie

Der anschließende Impulsvortrag kam von **Harald Zenke**, Geschäftsführer der **North Channel Bank**, einer Spezialbank, die zukunftsorientierte und individuell zugeschnittene Kredit- und Kapitalmarkt-lösungen anbietet.

Herr Zenke führte zum Verständnis zunächst in das **Wesen der EU-Nachhaltigkeits-Taxonomie** ein. Der Begriff der Taxonomie



beschreibe ein einheitliches Verfahren zur Klassifizierung nach definierten Kriterien. Nachhaltigkeit sei gemäß Brundtland eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden. Die EU-Nachhaltigkeits-Taxonomie führe **Wirtschaftstätigkeiten und Kriterien für die Überprüfung** von deren Beiträgen zur nachhaltigen Entwicklung auf und beinhalte **6 Umweltziele**:

1. Klimaschutz
2. Anpassung an den Klimawandel
3. Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen
4. Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft
5. Vermeidung und Kontrolle von Umweltverschmutzung
6. Schutz und Wiederherstellung von Biodiversität und Ökosystemen

Zusätzlich seien vier Bedingungen festgelegt worden, die eine wirtschaftliche Aktivität erfüllen muss, um als konform mit der Taxonomie zu gelten:

1. Wesentlicher Beitrag zu mindestens einem Umweltziel
2. Keine wesentliche Beeinträchtigung eines anderen Umweltziels
3. Einhaltung der sozialen Mindeststandards
4. Erfüllung der technischen Prüfkriterien.

Seit einigen Jahren sei eine große **Dynamik im Bereich Sustainable Finance** zu beobachten. Anstoß sei gewesen, dass im Jahr 2014 die CSR-Richtlinie verabschiedet wurde, die die Berichterstattungspflichten für große kapitalmarktorientierte Unternehmen erweitert und damit Transparenz über ökologische und soziale Aspekte von Unternehmen in der EU erhöhen soll. Im Jahr 2015 kam es zum Pariser Klimaschutzabkommen. Aktuell werde über die Deutungshoheit darüber gerungen, welche Kriterien wie zu bewerten seien. Auch über das Timing bei der Einführung der EU-Taxonomie müsse gesprochen werden.

Die EU-Taxonomie werde als **neues wichtiges Instrument für den Klimaschutz** benötigt. Würde man mit den heutigen

Instrumenten weiterarbeiten, würden die Klimaziele nicht erreicht werden und eine Emissionslücke würde entstehen. Der Finanzsektor sei der Sektor, über den am leichtesten gesteuert werden könnte.

Dabei stelle sich die Frage, wie wir die Nachhaltigkeitsziele mit der Regulatorik erreichen. Ein Kernproblem der Taxonomie sei die **Messbarkeit** von Daten. Man müsse die zu erhebenden Datensätze zunächst **vereinheitlichen und standardisieren**, damit sie messbar und vergleichbar würden. Um den Footprint eines Unternehmens bestimmen zu können, würden Datensätze erhoben, die quer durch Unternehmen hindurchgingen. Somit seien bereits innerhalb einzelner Wirtschaftsunternehmen die Datensätze zu harmonisieren. Weil nicht nur Großunternehmen, sondern auch KMU von den Berichtspflichten betroffen seien, handele es sich insgesamt um eine sehr große Zahl an Unternehmen. Die Banken könnten diese Steuerungsaufgabe daher nur erfüllen, wenn eine **Regulatorik** dabei hilft, dass die Industrie die notwendigen Daten von sich aus in einheitlicher Form und in der benötigten **Qualitätsstufe liefert**. Schwierig würde es, wenn die Banken die Daten erst anfordern und die Einhaltung der Qualität prüfen müssten.

In der Zusammenarbeit mit den Kunden würden Banken zukünftig nicht nur Finanzierungen anbieten, sondern auch **stärker in die Beratung** gehen müssen. Diese Beratung werde eine regulatorische Beratung zur Nachhaltigkeit aus Sicht des Kunden sein. Die Banken hätten zukünftig also eine neue Rolle, die – wenn die Banken sie annehmen – auch Chancen für sie eröffnet.

Mittlerweile gebe es **gute Ansätze, die Banken helfen können**, die notwendigen Prozesse aufzusetzen. Hilfreiche Dokumente aus Sicht eines Bankers:

- Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie Weiterentwicklung 2021 – Kurzfassung
- Final report of the Technical Expert Group on Sustainable Finance (2020) inkl. Technical Annex – Updated Methodology & updated Technical Screening Criteria
- EBA Report on Management and Supervision of ESG Risks for credit institutions and investment firms (2021)
- Lending to a climate neutral Germany by 2045 – Discussion paper: steering loan portfolios in line with the Paris climate goals,, NZBA (2021)

Green Investments & Rendite

Aus der Perspektive der Investoren berichtete **Lena-Katharina Gerdes**. Sie leitet den Bereich Sustainable Finance bei der **AWK Group AG**, einem unabhängigen, internationalen Beratungsunternehmen für Strategieentwicklung und Digitalisierung.

„Es ist definitiv klar: Wie auch immer sich das Energiesystem der Welt entwickeln wird – die Gesamtinvestitionen müssen erheblich steigen.“

Mit diesen Worten eröffnete Frau Gerdes ihren Impulsvortrag zum Thema Green Investments und Rendite und stellte fest, dass die Investitionslücken je nach Sektor und Szenario unterschiedlich seien, auch wenn das grüne Investment-Universum bereits jetzt immer interessanter und vielfältiger werde. Um die langfristigen Ziele der Energiewende zu erreichen, sei eine **Kapitalumschichtung in Richtung Erneuerbare Energien** erforderlich. Um bis 2050 Netto-Null-Emissionen zu erreichen, müssten die **jährlichen Investitionen in saubere Energie** sich gemäß IEA (International Energy Agency) bis 2030 mehr als **verdreifachen**.

Aus der **Renditeperspektive** stelle sich für Investoren die Frage, ob Erneuerbare Energien oder fossile Brennstoffindustrie bessere risikoadjustierte Renditen bieten. Dies werde aktuell verstärkt geprüft. Es stellten sich zwei Fragen: Wäre es aus Renditesicht sinnvoll, ausschließlich in saubere Energie zu investieren? Und wenn ja, wäre dies überhaupt möglich? Ein guter Ausgangspunkt zur Beantwortung dieser Frage sei die **jüngste historische Performance**. Diese ließe sich anhand des öffentlichen, also des börsennotierten Marktes rekonstruieren, da dieser die größte Transparenz bei Marktwert, Finanzinformationen und Handelsliquidität böte und daher eine Stellvertreterfunktion zur Bewertung der Renditeerwartung einnehme. Berücksichtigen müsse man jedoch, dass nur ein Bruchteil des gesamten grünen

Investment-Universums über die Börse gehandelt werde. Analysen zeigten, dass sich **grüne Aktien in der Vergangenheit besser entwickelt hätten als solche von fossilen Unternehmen und dies bei einer geringeren Volatilität (Schwankung)**. Dies träfe auch auf die Krisenmonate Anfang 2020 zu. Europäische fossile Unternehmen hätten als Reaktion angekündigt, ihre Ausgaben für Erneuerbare Energien in den kommenden Jahren zu erhöhen. Aufgrund der Struktur dieser Unternehmen würden für die Anteilseigner jedoch weiterhin die Risiken von Öl und Gas dominieren.

Erneuerbare Energien würden auf Grund der wirtschaftlichen Vorteile an Dynamik gewinnen und einen **unvergleichbaren Wachstumsmarkt** bieten, weil es sich um einen **Innovationsmarkt** mit neuen Technologien handele, bei dem sich abzeichne, in welche Richtung die Entwicklung ginge.

Aktuell jedoch blieben die **Investitionen trotz herausragender Renditen begrenzt**. Es fehle die Unterstützung von Investoren in börsennotierte Aktien. Ein Grund bestünde darin, dass institutionelle Anleger nicht in Unternehmen mit geringer Marktkapitalisierung anlegten. Hauptbarrieren für das Skalieren von Investments und damit relevanter Kapitalströme seien die noch **geringe Liquidität des Marktes**, weiterhin seien die Firmen im Erneuerbare-Energien-Bereich noch zu klein und es gebe wenige „Pure Player“, die ausschließlich im grünen Bereich tätig seien. Weiterhin bestehe im Rahmen der zu erwartenden Marktkonsolidierung Ungewissheit hinsichtlich der Integration kleinerer Player in größere Unternehmen.

Durch **mehr Transparenz** könnten Investitionen gestärkt werden und auch auf die Performance von kleinen Playern aufmerksam gemacht



werden. Auch gäbe es die Möglichkeit, Chancen auf den nicht börsenorientierten Märkten aufzudecken und zu fördern, sodass der Markt sich insgesamt vergrößert. Wichtig sei, dass **klare industrie-spezifische Richtlinien auf EU-Ebene** vorgegeben würden, damit für Investoren klar sei, in welche Richtung sich der Energiemarkt entwickle und wo es Investitionspotenzial gibt.

Lenkung der globalen Finanzströme zur Transformation der energetischen Infrastruktur

Dr. Matthias Kroll von der **Stiftung World Future Council (WFC)** beleuchtete die globale Perspektive der Transformation hin zu 100% Erneuerbaren Energien. Der WFC entwickelt zukunftsgerechte Lösungen und identifiziert geeignete Gesetze und Maßnahmen, um einen gesunden Planeten mit friedlichen Gesellschaften zu schaffen. Die Ergebnisse werden an politische Entscheidungsträger vermittelt und können so in den jeweiligen Ländern umgesetzt werden.

Als Grundlage für die dargestellten Vorschläge zur Lenkung der globalen Finanzströme skizzierte Herr Dr. Kroll zunächst, wie groß die zu lenkenden Finanzströme sind. Dafür leitete er her, wie groß der globale Bedarf an neuer energetischer Infrastruktur ist und wie viel Geld für die entsprechenden Investitionen benötigt wird. Bei einer überschlagsweisen Abschätzung, die sich auf den Bedarf an Photovoltaik- und Windenergieanlagen konzentriert (und den Bedarf an weiteren Energieanlagen zunächst vernachlässigt), geht Herr Dr. Kroll von einem globalen Strombedarf von 150.000 TWh im Jahr 2050 aus, sofern Effizienzsteigerungen durch weitreichende Elektrifizierung gehoben werden. Dazu

würden **55.000 GW an Photovoltaik- und 17.000 GW an Windenergieanlagen benötigt**. Die Investitionen in diese Anlagen seien aufgrund des Zeitdrucks bei Klimaschutz und Dekarbonisierung zeitnah zu tätigen. Der Investitionsbedarf dafür läge bei rund 85.000 Mrd. US-Dollar zu aktuellen Preisen. Erstrecke sich der Aufbau der Anlagen über 20 Jahre, ergäbe sich somit ein Finanzierungsbedarf von 4.300 Mrd. US-Dollar pro Jahr. Da man auf der anderen Seite Investitionen in fossile Energien von rund 1.000 Mrd. US-Dollar pro Jahr einsparen würde und die Preise für Wind- und Solarenergie vermutlich weiter sinken, könne von einer **jährlichen Investitionssumme von rund 2.000 Mrd. US-Dollar pro Jahr** ausgegangen werden. Bezogen auf das weltweite Bruttoinlandsprodukt (BIP) (aktuell 88.000 Mrd. US-Dollar mit steigender Tendenz) bestünde somit ein **Investitionsbedarf von aktuell 3,7% und später 1–2% des weltweiten BIP**.

Herr Dr. Kroll führte an, dass die Energiewende im Globalen Norden nicht ausreiche und **70% der Investitionen im Globalen Süden benötigt** würden. Dabei würde es nicht an „grünem“ Investitionskapital, sondern an „bankfähigen“ **Projekten für Erneuerbare Energien fehlen**. Das Risiko sei für institutionelle Investoren schwer zu kalkulieren. Trotz grundsätzlicher Rentabilität könnten Investitionen in Erneuerbare Energien oftmals nicht umgesetzt werden, **weil es an Erfahrungswerten und Referenzprojekten mangle**, aus denen eine belastbare Risikokalkulation abzuleiten wäre. Um dieses Problem zu lösen, könnten bestimmte Mechanismen unter **Einbeziehung der Zentralbanken** helfen:

1. **Bürgschaften aus dem Globalen Norden** könnten helfen, die Investitionen kalkulierbar zu machen. Auch für normale Entwicklungsbanken seien die Risiken von Bürgschaften derzeit nicht kalkulierbar. Die einzigen Institutionen, die einspringen könnten, seien die Zentralbanken des Globalen Nordens. Sobald die **Zentralbanken als Bürgen** bereitstünden, könnten die Entwicklungsbanken auch **schwer kalkulierbare Investitionen finanzieren** und der globalen Energiewende einen starken Schub geben.
2. Darüber hinaus seien **rückzahlungsfreie Zuschüsse aus dem Globalen Norden** hilfreich, um die Investitionen rentabel zu machen. Problem sei, dass der Globale Süden **im Globalen Norden produzierte Investitionsgüter investieren** müsse, die in Euro und Dollar zu bezahlen sind. Entwicklungsbanken sollten sich die Finanzmittel für diese Zuschüsse besorgen, indem sie **sehr langfristige Green Bonds an die Zentralbanken des Globalen Nordens verkaufen**, die bei Fälligkeit durch neue Green Bonds abgelöst werden. Als Grundlage dafür müssten sie mit den einzelnen Ländern **Roadmaps für die Investitionsprojekte** erstellen. Dies gebe den Entwicklungsbanken neue Spielräume, um die Energiewende im Globalen Süden anzuschieben. Für die Zentralbanken seien die Green-Bond-Käufe gut in ihre bisherigen Asset-Käufe integrierbar.

3. Auch eine **Weiterleitung wesentlicher Teile der neuen Sonderziehungsrechte (SZR) des IWF** (Internationaler Währungsfonds) **an den Globalen Süden** könne die Finanzierungsprozesse der **globalen Klimaschutzinvestitionen massiv unterstützen**. Im August des Jahres 2021 wurden neue SZR im Wert von 650 Mrd. US-Dollar neu geschaffen. Dabei handelt es sich um eine internationale Währungsreserve, die einen weltweiten Mangel an internationalem Geld verhindern soll. Mitglieder des IWF haben bei Finanzierungsbedarf das Recht, gegen SZR andere Währungen zu kaufen. Der größte Teil der neuen SZR ist aber bisher im Besitz der Staaten des Globalen Nordens, da die SZR analog zu ihren Kapitalanteilen am IWF ausbezahlt werden.

Weshalb überhaupt Sustainable Finance mit Finanzmarktregulierung? Reicht eine direkte Steuerung der Realwirtschaft durch einen CO₂-Preis nicht aus?

Im Rahmen der anschließenden Diskussion wurde u. a. die aktuell häufig gestellte Frage diskutiert, weshalb eine indirekte Steuerung über die Finanzwirtschaft notwendig sei und ob eine direkte Steuerung der Realwirtschaft über eine CO₂-Bepreisung nicht ausreiche bzw. besser sei. Die Referierenden erläuterten die Notwendigkeit für die Umsetzung der Transformation in der Praxis:

Herr Mog sagte, aus ökonomischer Sicht gedacht wären in der Tat vordringlich in der Realwirtschaft die Externalitäten zu bepreisen, weshalb Sustainable Finance nur die zweitbeste Option sei. Jedoch handele

es sich dabei um eine theoretische Betrachtung. In der Praxis kämen wir um diese zweitbeste Option nicht herum, weil die Realität komplexer sei als ein einfaches Modell. Er erläuterte, dass wir für das angestrebte Klimaziel keinen angemessenen CO₂-Preis hätten und auch nicht genau wüssten, wo dieser liegen muss, weil wir die Schadensfunktion der wirtschaftlichen Tätigkeit auf das Klima nicht kennen. Dies gelte umso mehr für andere Nachhaltigkeitsthemen.

Der politische Rahmen ermögliche es aktuell nicht, die Nachhaltigkeitsthemen systematisch in die Realwirtschaft zu integrieren.

Auch aus Sicht der Finanzinstitute sei Sustainable Finance notwendig. Hinzu käme, dass Banken ihrerseits feststellten, dass große Risiken mit der Klimatransformation auf sie zukämen, sei es durch eine reaktionäre Klimapolitik oder die physischen Auswirkungen des Klimawandels. Als Finanzinstitut sei es daher wichtig, diese Themen frühzeitig selbstständig zu integrieren, um später selbst gut dazustehen, selbst wenn der politische Rahmen dafür nicht gesetzt ist. Die Banken müssten sich ökonomisch effizient aufstellen, mit Blick auf Wettbewerb, Ausfallrisiken, Kapitalkosten und Chancen im Zusammenhang mit einer effizienten Wirtschaft.

Frau Gerdes unterstützte die genannten Punkte und ergänzte, um die Investitionsseite zu lenken, sei es sehr wichtig, die Risiken zu quantifizieren. Bei institutionellen Investoren wie Pensionskassen stehe viel auf dem Spiel und daher müsse man sich dem Thema frühzeitig stellen. Für physische

Risiken gebe es gute Modelle, v. a. aus dem Versicherungsbereich. Aber wenn es darum geht, **Transitionsrisiken mit Szenarien zu quantifizieren**, handele es sich um ein komplexes Unterfangen. Hier könne die Finanzbranche es sich nicht leisten, auf die Politik zu warten.

Herr Zenke ergänzte weiter, dass sich der **Finanzsektor neu definieren** müsse und sich selbst in einen Transformationsprozess befinde. Es werde zukünftig nicht mehr in erster Linie darum gehen, dass Banken Kredite vergeben. Vielmehr müssten Banken eine Plattformfunktion einnehmen, um den Bedarf der Kapitalströme umzulenken. Daher arbeite die North Channel Bank aktuell mit dem Anbieter eines digitalen Marktplatzes für Erneuerbare-Energien-Projekte aus der Schweiz zusammen, der ein Werkzeug biete, um Energieprojekte und deren Risiken zu bewerten und Projektfinanzierungen zu strukturieren. Mit diesem Akteur entwickle die North Channel Bank Ideen für die Tokenisierung, also die Aufteilung und Digitalisierung von Vermögenswerten. Diese Tokenisierung werde an reale Assets bzw. Vermögenswerte gekoppelt, die im Rahmen der Transformation zu finanzieren sind. Auch im Bereich der Kreislaufwirtschaft werde sich der Finanzsektor neu erfinden müssen. Schon in wenigen Jahren würden Banken anders aussehen als heute. Dies betreffe auch den Einsatz von Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz. ◇ (nl/df)

Ausblick

**House of Energy Kongress
Online-Reihe 2022**

Termine unter

www.hoe-veranstaltungen.de

Antriebsstoffe der Zukunft – Brennstoffzelle, Batterie, Alternativen oder doch Wasserstoff verbrennen?

Dirk Filzek, House of Energy e.V.
Jonas Wagner, Metropolregion Rhein-Neckar

Technologie-Optionen für Mobilität und Logistik der Zukunft waren Thema einer Diskussion, zu der Metropolregion Rhein-Neckar (MRN) und House of Energy im Rahmen einer Kooperationsveranstaltung einladen.

Auf welchen Antriebsstoffen und -technologien werden Mobilität und Logistik der Zukunft basieren?

Klar ist, wir wollen uns um Klimaneutralität kümmern. Die Energiewende kann nur mit einer ernsthaften Verkehrswende gelingen. **Perspektivisch müssen Mobilität und Logistik auf Erneuerbaren Energien basieren.** Die dafür notwendigen Schritte sind jetzt einzuleiten. Dafür stehen uns verschiedene Antriebstechnologien zur Verfügung: Batterieelektrischer Antrieb, Wasserstoff-

Brennstoffzelle, erneuerbare Flüssigbrennstoffe, Wasserstoff-Verbrennungsmotor sowie Hybride dieser Antriebsformen. Jede Technologie bringt Vor- und Nachteile mit sich. Welche Technologie zum Einsatz kommt, hängt vom Anwendungsfall ab, denn **nicht jede Technologie ist für jeden Einsatzzweck gleichermaßen geeignet.** Und für eine Breitenanwendung braucht es auch die notwendige Infrastruktur.

Der Fokus der Veranstaltung lag auf schweren Nutz- und Transportfahrzeugen. Dabei zeigten wir einige Anwendungen, bei denen sich aktuelle Bestrebungen zu

bewähren scheinen. Ziel war, herausstechende Projekte zu zeigen, voranzutreiben und Ansätze für die Region zu finden. Eine offene Diskussion bei diesem Thema ist wichtig. Dafür bieten wir als MRN und House of Energy eine Plattform.

Technologieübersicht

Vortrag von Christoph Mohring von der Technologieberatung P3 automotive

Eine hervorragende Übersicht über treibende Technologien bot Christoph Mohring von der Technologieberatung P3 automotive. Es zeigte sich, dass jede der genannten

Antriebstechnologien – abhängig vom Einsatzgebiet – eine wichtige Rolle spielen wird. Für alle Antriebe – ob batterieelektrisch, Wasserstoff oder E-Fuels – gilt es, Erneuerbare Energie aus Wind- und Solarkraftwerken und perspektivisch Geothermie zu erzeugen.

Das Angebot an Erneuerbaren Energien stellt einen begrenzenden Faktor dar, wenn man bedenkt, dass zukünftig im Rahmen der Sektorenkopplung mehrere Sektoren zugleich mit elektrischer Energie versorgt werden müssen: Stromversorgung, Mobilitäts-/Logistiksektor und Wärmesektor. Überdies benötigen bestimmte Industriezweige wie etwa die Stahlindustrie vorrangig Wasserstoff, weil sie sich anders gar nicht dekarbonisieren lassen. Daher müssen wir im Mobilitäts-/Logistiksektor **sparsam mit der aus erneuerbaren Quellen erzeugten Energie umgehen**. Für jeden Anwendungsfall sollte die effizienteste der jeweils zur Verfügung stehenden Antriebstechnologien gewählt werden.

Batterieelektrische Fahrzeuge zeigen die besten Ergebnisse hinsichtlich Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen. Für die Dekarbonisierung sollten nach Möglichkeit E-Mobilitätslösungen verwendet werden. Brennstoffzellenfahrzeuge bieten ein großes Potenzial zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen, erfordern jedoch mehr Primärenergie für die Anwendung. Gegenüber Wasserstoff-Verbrennungsmotoren ist die Brennstoffzelle effizienter. Synthetische Kraftstoffe zeigen vergleichbare Emissionen, benötigen aber eine vielfache Menge an Energie. Deren Einsatz sollte auf Anwendungen begrenzt bleiben, für die weder elektrische Batterie noch Brennstoffzelle einsetzbar sind.

Beim PKW ist die Technologieentscheidung bereits zugunsten des batterieelektrischen

Antriebs gefallen. Bei **Nutzfahrzeugen im Langstreckenbereich** wirkt sich das Gewicht der Batterien negativ auf die Nutzlast aus. Ebenso spielen die Gesamtbetriebskosten eine große Rolle. Das Laden an Schnellladestationen auf der Strecke ist kostenintensiv. Ebenso ist die Infrastruktur von entscheidender Bedeutung. Die Fahrzeughersteller sind aktuell weiter als die Infrastrukturbetreiber. Beim Flugverkehr spielt das Gewicht der Batterien eine große Rolle. Für Langstreckenflüge gibt es daher keine batterieelektrische Anwendung und es wird eher über synthetische Kraftstoffe diskutiert.

Brennstoffzelle

Vortrag von Dr. Manfred Stefener von
Freudenberg

Die Perspektiven der Brennstoffzelle stellte Dr. Manfred Stefener von Freudenberg vor. Vorteile der Brennstoffzellen sind die langen Reichweiten und die langen Lebenszeiten. Der Fokus für den Einsatz der Brennstoffzelle liegt bei Anwendungen in den Bereichen Schwere Nutzfahrzeuge, Eisenbahn und mariner Schiffsverkehr. **Insbesondere lange Strecken und schwere Lasten können gut mit Brennstoffzellen abgedeckt werden.** Dabei können Brennstoffzellen nicht nur in Neufahrzeugen zum Einsatz kommen, sondern mittels Retrofitting auch im Nutzfahrzeugbestand. Freudenberg engagiert sich hierzu in verschiedenen Forschungsprojekten. Speziell im maritimen Bereich lassen sich die langen Reichweiten mit einem ergänzenden Brennstoffreformer erreichen: On-board können andere Brennstoffe in Wasserstoff umgewandelt werden. In den nächsten Jahren wird es darum gehen, Brennstoffzellen zu wettbewerbsfähigen Kosten herzustellen und in die Breite zu bringen. Dies soll mittels

Standardisierung und Modularisierung in Form einer Plattformtechnologie erreicht werden. Wenn **standardisierte Brennstoffzellen mit standardisierten Batterien zu hybriden Antriebssystemen zusammengeschaltet** werden, werden Lösungen für ganz unterschiedliche Einsatzbereiche und für verschiedene Leistungsklassen zu adäquaten Kosten verfügbar.

Alternative Kraftstoffe

Vortrag von Björn Noack von der
Robert Bosch GmbH

Mit der Frage, welche Rolle alternative Kraftstoffe spielen können, um den Verkehr klimaneutral zu machen, setzte sich Björn Noack von der Robert Bosch GmbH in seinem Vortrag auseinander. Alle Kraftstoff- und Energiepfade von der Erzeugung bis zur Umwandlung in Fahrenergie sind in einer sogenannten „Well-to-Wheel“ zu betrachten.

Im Rahmen einer Simulation ging man der Frage nach, wie schnell die technologische Anpassung an die Energiepfade gelingt. Seit 1990 haben Verkehrsdichte und CO₂-Ausstoß in Summe zugenommen – trotz effizienterer Technik. Die Simulation für Europa zeigt: Nach 2030 könnten bei den Neuzulassungen mehr als die Hälfte der Fahrzeuge batterieelektrisch sein. Die batterieelektrischen Fahrzeuge können mit Strom aus erneuerbaren Quellen betrieben werden. Auch Brennstoffzellen-Antriebe werden bei den Neuzulassungen 2030 sichtbar. Jedoch werden die noch im Bestand befindlichen Flotten der Verbrennungsmotoren auch im Jahr 2030 mit einem Anteil von rund 80 % weiterhin den Straßenverkehr prägen. **Damit wird der Verkehrssektor die Klimaziele für das Jahr 2030 nicht erreichen können.** Mithilfe der 20 % batterieelektrisch

betriebenen Fahrzeuge könnte der CO₂-Austoß in der Gesamtflotte im Jahr 2030 wieder auf das Niveau des Jahres 1990 zurückgehen. Um auch für die Verbrenner den Einsatz Erneuerbarer Energien zu ermöglichen, könnten grundsätzlich alternative Kraftstoffe zum Einsatz kommen. Deren Entwicklung kommt für das Klimaziel 2030 jedoch zu spät.

Mit konsequenten Maßnahmen einer Verkehrswende wandelt sich das Bild aber im Jahr 2040: In der **Kombination von batterieelektrischen Antrieben und alternativen Kraftstoffen** wird eine Zielübererreichung möglich. Ein neuer Kraftstoff ist Blue Gasoline. Dieser beinhaltet aufbereitete Reststoffe und ermöglicht CO₂-Einsparungen bei Ottomotoren. **Aktuell werden weitere Kraftstoffe mit höheren CO₂-Einsparungen entwickelt.** Diese sind aber derzeit noch nicht für den Einsatz im Straßenverkehr zugelassen. Ziel ist ein auf 100% erneuerbarem Strom basierender Kraftstoff für Verbrennungsfahrzeuge. Neue klimaneutrale Kraftstoffe können am Markt allerdings nur dann wettbewerbsfähig werden, wenn der regulatorische Rahmen dies zulässt. Der CO₂-Preis ist hier bedeutend, ebenso Privilegien gegenüber fossilen Brennstoffen.

Batterieelektrische Nutzfahrzeuge

Vortrag von Andreas Viehmann von der EDAG Engineering GmbH

Der Klimaschutz ist mit großen Herausforderungen im Bereich der Nutzfahrzeuge verbunden. Die Straßengüterverkehrsleistung stieg in Deutschland von 2000 bis 2019 um mehr als 40%. Demgegenüber müssen die CO₂-Emissionen von 2019 bis 2030 um 30% gesenkt werden. **Schwere Nutzfahrzeuge sind für einen Großteil der**



CO₂-Emissionen verantwortlich, obwohl sie zahlenmäßig nur einen kleinen Anteil der drei Millionen Nutzfahrzeuge ausmachen.

Auch schwere Nutzfahrzeuge (LKW) können batterieelektrisch betrieben werden. Modularität und Skalierbarkeit der Batteriesysteme sind die Stichworte, die Andreas Viehmann von der EDAG Engineering GmbH als „Enabler“ für nachhaltige und wettbewerbsfähige Fahrzeuge ausmacht. Die Analyse zeigt: 80% der Fahrten sind kürzer als 640km. Diese Fahrten werden rein batterieelektrisch möglich sein – wenn auch mit reduzierter Nutzlast wegen der Batterien an Bord. **Voraussetzung ist eine entsprechende Ladeinfrastruktur mit Megawatt Charging System (MCS).** Dadurch wird eine Ladedauer von unter einer halben Stunde möglich, was das Nachladen innerhalb der gesetzlichen Pausenzeiten erlaubt.

Die **Anforderungen an den batterieelektrischen Antrieb unterscheiden sich je nach den Einsatz- und Nutzungsprofilen** der Fahrzeuge. Derzeit noch werden sämtliche Einsatz- und Nutzungsprofile gleichermaßen mit Diesel abgedeckt. Das Lösungsprinzip zur Integration moderner Antriebe in schwere Nutzfahrzeuge besteht in einem

modularen und skalierbaren Baukastensystem: Auf ein Tragesystem können sämtliche Antriebskonzepte/-technologien integriert werden. Mittels vormontierter Module lassen sich Kostensenkungen erreichen. Für den batterieelektrischen Antrieb werden einzelne Zellmodule wahlweise zu Lowrange- oder Highrange-Modulen zusammengeführt. Auch Wasserstoff-Batterie-Hybridspeicher-Module, die sowohl Batteriemodule als auch Wasserstoffdrucktanks enthalten, werden entwickelt.

Es ist zu erwarten, dass die Batteriemassen (die von den Nutzfahrzeugen mitzutransportieren sind) bis zum Jahr 2030 aufgrund technologischer Entwicklung hin zu höheren Energiedichten deutlich geringer werden. Ebenso wird eine Entwicklung hin zu maßgeblich niedrigeren Batteriekosten erwartet.

Wasserstoff-Verbrennungsmotor

Vortrag von Martin Thul von der Commercial Vehicle Cluster – Nutzfahrzeuge GmbH (CVC Cluster)

Der Wasserstoffverbrennungsmotor wird politisch aktuell wenig beachtet. Martin Thul von der Commercial Vehicle Cluster –

Nutzfahrzeuge GmbH (CVC Cluster) hat interessante Anwendungen für spezielle Nutzfahrzeuge aufgezeigt. Der Wasserstoffverbrennungsmotor ist robust und hat so seine Existenzberechtigung. **Auf schwere Nutzfahrzeuge kommen ab 2025 enorme Strafzahlungen zu, wenn es nicht gelingt, den CO₂-Ausstoß zu reduzieren.** Neben LKW betrifft dies auch mobile Arbeitsmaschinen wie Land- und Baumaschinen. Hier braucht es schnelle marktfähige Lösungen.

Der CVC hat eine Analyse durchgeführt, welche Antriebsarten für welche Einsatzgebiete geeignet sind. Relevante **Unterschiede in den Antriebsarten** bestehen z.B. hinsichtlich der Lastdynamik, der Bepfänger- bzw. Ladedauer, dem Gewicht der Energiespeicher, der Treibstoff-/Energiebeschaffung, dem Kaltstart (z.B. bei Frost),

die Batterie über Nacht wieder aufgeladen werden kann. Bei landwirtschaftlichen Nutzfahrzeugen bietet die Elektrifizierung neue Möglichkeiten hinsichtlich der elektrischen Versorgung und Steuerung von Anbaugeräten.

Beim **UNIMOG** kommt man kurzfristig jedoch weder batterieelektrisch noch mit der Brennstoffzelle weiter. Hier bietet sich der Wasserstoff-Verbrennungsmotor an. Klimarelevant ist dabei nicht der Verbrennungsmotor an sich, sondern der verbrannte Kraftstoff. Daher müssen für einen klimaneutralen Betrieb E-Fuels oder Wasserstoff zum Einsatz kommen. Beim Unimog geht es darum, möglichst schnell viel Kraft zu entfalten. **Man braucht ein Antriebssystem mit einer hohen Leistungsdynamik.** Zwar ist der Verbrenner eine preisgünstige und be-

Ein bedeutsamer Vorteil des Wasserstoffverbrenners gegenüber der Brennstoffzelle besteht in den geringeren **Anforderungen an die Reinheit des Wasserstoffs.**

Fazit: Im Nutzfahrzeugbereich wird zukünftig ein Portfolio unterschiedlicher Antriebslösungen zu finden sein. Der Wasserstoffverbrennungsmotor schließt eine Einsatzlücke emissionsfreier Antriebe.

Fahrzeugflotten-simulation für die Technologieentscheidung

Vortrag von Dr. Philipp Rose von Camideos

Das Startup Camideos ist eine Ausgründung aus dem Fraunhofer ISI. Camideos bewertet die Potenziale verschiedener Antriebsarten als Dienstleistung für LKW-Flottenbetreiber. Dahinter stehen ein **digitaler LKW-Zwilling für Fahrzeugflotten** und eine wissenschaftliche Fahrzeugsimulation, die neben den technischen Fahrzeugdaten und Umweltdaten auch die konkrete Anwendung hochaufgelöst abbildet. So können Flottenbetreiber dabei unterstützt werden, Fehlinvestitionen zu vermeiden, ihre Flotten effizient zu managen, Kraftstoffkosten zu reduzieren (besonders bei steigenden CO₂-Preisen) und Emissionen zu minimieren. Die Plattform schafft **Transparenz über Kosten und CO₂-Emissionen.** Jede Fahrt wird erfasst, vollkostenbasiert gerechnet und mit der Dieselreferenz abgeglichen. Ein interessanter Einblick und wertvoller Beitrag. ◇



dem Aufwand für die Abgasnachbehandlung und den Fahrzeugkosten. Elektrische Antriebe haben derzeit noch ihre Grenzen. Welche Möglichkeiten haben wir bereits heute? Kurzstrecken-LKW können bereits heute gut batterieelektrisch betrieben werden, z.B. wenn es um Warenverteilfahrten geht und

währte Technologie, aber die Wasserstoff-Infrastruktur muss aufgebaut werden. Daher braucht es neue Systemlösungen. Derzeit wird im Projekt WaVe ein komplettes Antriebssystem für den Wasserstoffverbrenner entwickelt, das Tank- und Leitungssysteme, Sicherheitskonzepte und Weiteres umfasst.





Interview mit „et“ –
**Dekarbonisierung:
„Durch Umsetzungs-
projekte gemeinsam
klüger werden“**

Während die erste Hälfte der Energiewende durch den Ausbau erneuerbarer Energien und deren Netzintegration gekennzeichnet war, geht es nun in der zweiten vor allem um die Verknüpfung von Strom, Wärme und Verkehr. Damit beschäftigt sich das House of Energy. „et“ sprach mit Peter Birkner, dem Geschäftsführer dieses fünf Jahre alten Innovationsclusters, über aktuelle Kernpunkte der Transformation der Energiewelt.

„et“: Wenn wir Klimaneutralität 2050 als Fluchtpunkt nehmen, was sind dann die großen Fragen und Baustellen auf dem Weg dorthin?

Die zentrale Frage lautet, wie man möglichst viel Nutzenergie (also z.B. Mobilität, Licht oder Wärme) mit möglichst wenig Primärenergie auf erneuerbarer Basis bereitstellen kann. Hier ist der Weg über Strom sicherlich sehr effizient, deshalb ist das Ziel der Electric Society im Grundsatz richtig. Er stößt aber an die Grenze der Effektivität, etwa bei Flugzeugen oder Schiffen. Deshalb ist es notwendig, zum Teil auch auf andere Energieträger umzustellen. Das naheliegendste Instrument ist der Wasserstoff, der Königsweg dabei der grüne, aber zunächst sind alle Formen von Wasserstoff gefragt, sofern CO₂-neutral.

Das Energiesystem zur Jahrhundertmitte wird nach meiner heutigen Vorstellung getragen sein von grünem Strom (etwa 70%, Erzeugung im Inland und Import) und klimaneutralem Wasserstoff (etwa 25%, Erzeugung im Inland und Import vor allem aus der Mittelmeerregion) als Basis. Zudem sind in einem gewissen Umfang aber auch synthetische Kraftstoffe (5% Methanol, Ammoniak und Kerosin) notwendig.

Sektoren vernetzen, bestehende Infrastruktur intelligent einbinden

„et“: Stichwort Sektorkopplung: Welche Rolle spielt dabei die Erdgasinfrastruktur?

Auf der Übertragungsebene werden wir langfristig Gas transportieren müssen, wenn auch nicht im heutigen Umfang. Dort können auch parallele Systeme für Methan und Wasserstoff etabliert werden. In der Verteilung besteht das Problem, dass die Gasverteilungsnetze im Wesentlichen für Heizzwecke gebaut wurden. Wenn jedoch auch die Heizung CO₂-neutral werden soll, dann scheidet Erdgas langfristig (also bis 2050) aus. Die Wärmepumpe wird hingegen immer breiter eingesetzt werden. Allerdings wird es Grenzen geben, weil die Wärmepumpe durch die begrenzte Vorlauftemperatur nicht überall optimal einsetzbar ist. Im urbanen Raum, in dichter Bebauung, sollte man auf die Fernwärme setzen. Die Kombination von Wärmepumpe im individuellen Einsatz und Fernwärme auf Quartiersebene scheint mir die ideale Lösung zu sein. Im Übergang kann ich mir für einige Dekaden eine Gasheizung auf Basis von Wasserstoff vorstellen, da auch die energetische Sanierung Teil des Konzepts ist.

„et“: Wie könnte eine derartige Infrastruktur aussehen?

Es könnte daraus hinauslaufen, dass Heizzentralen und KWK-Anlagen bis auf Quartiersebene mit Brennstoffzellen arbeiten und auf Wasserstoff umgestellt werden. Weiterhin wird es für eine Übergangszeit Brennkessel auf Wasserstoffbasis geben. Dies alles sind wichtige Themen für das House of Energy. Zur Bereitstellung des benötigten Wasserstoffs ist auch die eine oder andere Methan-Pyrolyseanlage erforderlich. Hier wird Wasserstoff aus Erdgas vor Ort produziert. Und natürlich Solar- und Windenergieparks, die Wasserstoff mittels Elektrolyse erzeugen und diesen dann in ein Gasnetz einspeisen.

Meiner Einschätzung nach werden aber die Hauptverknüpfungspunkte zwischen Strom und Gas (Wasserstoff) auf der Übertragungsebene zu finden sein. Hier sei auch auf die Nutzung von Offshore-Windenergieanlagen für die Wasserstoffherzeugung verwiesen. Und dort wird übrigens auch eine große Menge Wasserstoff abgenommen werden, denn wir brauchen jede Menge Wasserstoff für die Industrie, die Stahlerzeugung und großtechnische Einrichtungen.

Kleine Flexibilitäten werden eine größere Rolle spielen

„et“: Wie kann die Balance von Angebot und Nachfrage im Stromnetz bei hohem Einspeisungsanteil fluktuierender Quellen erreicht werden?

Die wichtigste Frage in diesem Zusammenhang ist, wozu im Stromnetz genau Flexibilität benötigt wird. Zuerst für die Frequenz-Leistungsregelung, eine klassische Übertragungsnetzbetreiber-Aufgabe. Sie hat mehrere Komponenten. Die Nutzung rotierender Massen sowie die Primärregelung kann mit Großkraftwerken (mit offenen Gasturbinen) erfolgen, die vielleicht künftig nur noch für diese Aufgabe errichtet werden, mit deutlich geringeren Jahresbenutzungsstunden. Teile der Primärregelung, aber vor allem Sekundär- und Tertiärregelung sind auch durch die Kombination vieler kleiner Beiträge vorstellbar. Der zweite Bereich, in dem Flexibilität gebraucht wird, ist das Bilanzkreismanagement. Auch dort sind in Zukunft viele kleinere Beiträge denkbar. Drittens benötigt der

Verteilnetzbetreiber im klassischen Strombereich Flexibilität, im Unterschied zu den beiden anderen Flexibilitäten jedoch örtlich. Denn wenn ein Engpass entsteht, muss er lokal behoben werden. Deshalb braucht auch der Verteilnetzbetreiber viele kleine Flexibilitäten. Diese werden eine größere Rolle spielen als in der Vergangenheit, weil sie netzdienlich erforderlich sind. Sie können dabei auch kaskadiert akkumuliert werden. Wichtig ist, dass sie zu einem Zeitpunkt immer nur für einen Zweck herangezogen werden, d.h. entweder für das Netz, einen Bilanzkreis oder die Frequenz-Leistungsregelung. Regionale Flexibilitätsmärkte sollen diese Zuordnung leisten.

„et“: Wie kann Flexibilität auf der Nachfrageseite geschaffen werden – insbesondere über Elektromobilität und Wärmepumpen?

Ich würde hier noch die Batterie im Haus dazunehmen. Denn meiner Einschätzung nach werden in den nächsten Jahren die Batteriepreise deutlich nach unten gehen, bei gleichzeitig erhöhter Kapazität und Robustheit. Nimmt man alle drei Optionen zusammen, ist ein großes Flexibilitätspotenzial da. Ob man dessen Einsatz in großem Umfang erfolgreich marktwirtschaftlich anreizen kann, ist für mich aktuell offen. Möglicherweise gibt es irgendwann eine Verpflichtung mitzumachen, aber mit Vorteilen für jene, die sich am Flexibilitätsmarkt beteiligen. Wir dürfen aber eines nicht vergessen: Die Flexibilität kann zwar helfen, die primäre Versorgungsstruktur (also Leitungen und Transformatoren) besser zu nutzen, es gibt aber Grenzen, irgendwann muss dann auch dieser Teil verstärkt bzw. ausgebaut werden. Diese Diskussion findet momentan noch nicht ausreichend statt.



„Ziel des House of Energy ist es, technische, wirtschaftliche, rechtliche und finanzwirtschaftliche Kompetenzen bezüglich des Transformationsprozesses zu bündeln und im Sinne einer konkreten Umsetzung zu nutzen. Wir sehen uns dabei als Innovationscluster, das nachdenkt und Wissen sammelt. Genauso sehen wir uns aber in der Rolle des Initiators und Koordinators. Wir wollen gemeinsam mit unseren Mitgliedern und Partnern durch konkrete Umsetzungsprojekte klüger werden. Die dabei aufgebauten Anlagen sollen aber nach der Projektlaufzeit nicht demontiert werden, sondern als Grundstein für eine Infrastrukturänderung wirken.“

Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner, Geschäftsführer, House of Energy e.V., Kassel

Wissen – Vernetzen – Gestalten

„et“: In Deutschland gibt es große Förderprogramme zur Energiewende, Beispiel SINTEG. Inwieweit sind Sie darin involviert?

Was SINTEG angeht, sind wir als regionaler Koordinator von Hessen gemeinsam mit Bayern und Baden-Württemberg im Teilprojekt C/sells engagiert. Dieses befasst sich insbesondere mit der Integration der Solarenergie über die vorhin skizzierten Flexibilitätsmärkte. Wir denken generell intensiv darüber nach, wie die Konsistenz (also der Aufbau) des zukünftigen Energiesystems aussehen könnte, und flankieren das durch einige Dissertationen, Studien sowie konkrete Feldprojekte. Wir versuchen

insbesondere, Fakten zu sammeln und das möglichst neutral, ohne eine konkrete Lösungsrichtung vorzugeben. Lobbyismus ist nicht Teil des House of Energy.

„et“: Was sind Aufgabe und Zweck des House of Energy?

Ziel des House of Energy ist es, technische, wirtschaftliche, rechtliche und finanzwirtschaftliche Kompetenzen bezüglich des Transformationsprozesses zu bündeln und im Sinne einer konkreten Umsetzung zu nutzen. Wir sehen uns dabei als Innovationscluster, das nachdenkt und Wissen sammelt. Genauso sehen wir uns aber in der Rolle des Initiators und Koordinators. Wir wollen gemeinsam mit unseren Mitgliedern und Partnern durch konkrete Umsetzungsprojekte klüger werden. Die

dabei aufgebauten Anlagen sollen aber nach der Projektlaufzeit nicht demontiert werden, sondern als Grundstein für eine Infrastrukturänderung wirken.

„et“: Können Sie hierzu ein konkretes Projekt erläutern?

Gern. Beispiel „Smart Grid Lab Hessen“: Hintergrund ist, dass vollumfänglich ausgebaute Smart Grids aktuell in Deutschland noch recht wenig zu tun haben. Denn unsere Verteilungsnetze sind in der Regel so stark, dass sie die IKT jetzt nicht notwendigerweise schon brauchen. Die meisten Aufgaben können mit konventionellen Methoden gelöst werden und die Regulierung arbeitet aktuell noch gegen den Einsatz von IKT. Deshalb organisieren wir den Aufbau eines realitätsnahen Labors. Dabei verwenden wir Stromrichter zur Nachbildung von Häusern, die wir mit echten Kabeln verbinden. Damit lässt sich ein Lastfluss erzeugen, den wir in realen Netzen vielleicht in zehn Jahren sehen werden.

Beispielsweise können wir jedes Haus mit einem E-Fahrzeug, einer Wärmepumpe und einer Solaranlage „ausstatten“ und die Wirkungen im Netz beobachten. Überströme und Spannungsbandverletzungen kompensieren wir dann durch Einsatz von IKT (die wiederum mit den genannten Flexibilitätsmärkten interagieren kann). Das eigentlich Spannende ist aber die Resilienz: Was passiert, wenn ein Teil der Sensorik ausfällt? Ist dann die Versorgungssicherheit gefährdet, wenn die Logik Fehlentscheidungen trifft? Oder wie sieht es mit Cyber-Security aus? Wie bekommen wir ein Smart Grid „hackersicher“? Wir werden einen Beirat mit Netzbetreibern einrichten, mit denen wir die Untersuchungen und Ergebnisse reflektieren.

„et“: Schön wäre es, wenn Sie zum Schluss ein Projekt aus einem ganz anderen Bereich anführen könnten.

Ein derartiges Beispiel ist das Projekt „Less is more“. Dort geht es nicht nur darum, technische und wirtschaftliche, sondern auch soziologische Erkenntnisse in die Tat umzusetzen. Dabei soll in einem ersten Schritt dem Bürger seine persönliche CO₂-Exposition nähergebracht werden. Dann sollen Maßnahmen entwickelt werden, mit denen er die persönliche CO₂-Exposition konkret verbessern kann. Am Ende steht dann eine App, die anzeigt, wann man bei seinem individuellen Lebensstil sein persönliches CO₂-Jahresziel verbraucht hat, und eine Plattform, die Kompensationsmaßnahmen vorschlägt. Das Projekt findet in Kassel statt und wir wollen insbesondere lokale Firmen dafür gewinnen, diese Kompensationsangebote zu unterbreiten. ◇

„et“: Herr Prof. Birkner, vielen Dank für das Interview.

Das Interview wurde von der et-Redaktion geführt. et ist die Fachzeitschrift für Energiewirtschaftliche Tagesfragen.

ASPEKTE

A photograph of several offshore wind turbines in a row, extending into the sea. The sky is a mix of orange, red, and blue, suggesting a sunset or sunrise. The water is dark blue with some whitecaps.

Das „North Sea Energy Programme“ der Niederlande – Konzept für ein multimodales Energiesystem der Energiewende

Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner, House of Energy e.V.

Jolando M. Kisse, Universität Kassel

Frank Fischer, House of Energy e.V. (ehem.)

Es besteht Konsens, dass die Energiewende in hohem Maße stromgeprägt sein wird. Zum einen stellt die überwiegende Mehrzahl der mit regenerativer Energie gespeisten Energiewandler die Energieform Elektrizität bereit. Zum anderen können die mit der Energiewende verbundenen Effizienzziele nur im Kontext einer Elektrifizierung einer Vielzahl von Anwendungen erreicht werden. Dessen ungeachtet – und auch hierüber besteht Konsens – wird die Zukunft nicht aus einer „All-electric World“ bestehen. Es werden weitere Energieträger dort benötigt, wo Stromanwendungen an ihre technisch-wirtschaftlichen Grenzen stoßen.

Aus diesem Grund ist Wasserstoff als zweiter wichtiger Energieträger – neben Strom – in das Zentrum des Interesses gerückt. Man kann aktuell sogar von einer Hype sprechen. Erste Abschätzungen über den langfristigen Bedarf an **Wasserstoff weisen eine hohe Bandbreite auf**, dennoch erscheint ein Bedarfsvolumen im Bereich von mehreren 100 TWh pro Jahr allein für Deutschland langfristig nicht unrealistisch. Beispielsweise entsprechen 500 TWh Wasserstoff bei einem Energiegehalt von 33,33 kWh/kg einer Masse von 15 Millionen Tonnen. Entsprechend hoch ist der Bedarf an grüner elektrischer Energie und Wasser, wenn eine Fokussierung auf grünen Wasserstoff vorgenommen wird.

Aber auch auf der Stromseite gibt es interessante Entwicklungen. Es gibt große **Fortschritte im Bereich der Offshore-Windkraftanlagen**. Die Anlaufprobleme dieser Technologie scheinen überwunden. Die diskutierten Turbinengrößen erreichen mittlerweile Werte von 15 MW^[1] und erste schwimmende Anlagen sind bereits im Testbetrieb.^[2,3] In Deutschland gibt es die ersten Projekte, die auf eine staatliche Förderung vollständig verzichten und sich ausschließlich über den Strommarkt finanzieren wollen^[4].

Kombiniert man diese beiden Aspekte, so ist der Gedanke des Einsatzes von Offshore-Windstrom zur Wasserstoff-erzeugung mittels Elektrolyse naheliegend. Dies führt unmittelbar zu der Frage, wie die drei in diesem Kontext relevanten technischen Systeme, nämlich **elektrischer Drehstrom, elektrischer Gleichstrom** und **Wasserstoff zu einem multimodalen Energiesystem kombiniert** werden können. Im Grundsatz sind serielle und/oder parallele Architekturen denkbar. Damit verbunden stellt sich die Frage



Abbildung 1: Die Fläche, die bis 2030 zur Erzeugung von Strom aus Windenergie genutzt werden soll, und das niederländische Übertragungsnetz^[6]

nach der optimalen Platzierung wichtiger Komponenten wie den Elektrolyseuren und standortabhängig deren Versorgung mit Eingangsstoffen wie aufbereitetem Wasser.

Im Kern ist die Konsistenz des Energiesystems der Zukunft angesprochen. Es geht um die Frage, welche Technologie an welcher Stelle welche Rolle spielt und wie die einzelnen Technologien optimiert zu verknüpfen sind. Es gibt bereits einige Arbeiten, die sich dieser zentralen Thematik von verschiedenen Seiten nähern.

Eine der interessantesten Untersuchungen begann im Jahr 2017. Unter dem Titel „North Sea Energy (NSE)“ startete in den

Niederlanden ein EU-gefördertes öffentlich-privates Programm, welches das Potenzial der niederländischen Nordsee mit Blick auf Elektrizität, Wasserstoff sowie Carbon Capture and Storage (CCS) als Bestandteil eines multimodalen, integrierten und sektorenübergreifenden Energiesystems untersucht^[5]. 2022 soll eine Roadmap für die Umsetzung des Konzepts vorgelegt werden.

Der vorliegende Beitrag analysiert und diskutiert diese grundlegende Herangehensweise an die umfassende Thematik. Die Basis bilden die verfügbaren Publikationen. Der Fokus liegt auf dem Stand der Technik, den entwickelten Energiemodellen und den durchgeführten Simulationen sowie deren Ergebnissen.

Ausgangssituation, Technologie und Zielsystem: die Rolle von Wasserstoff als Energieträger

Die Energiewende stellt in vielerlei Hinsicht einen Paradigmenwechsel dar. Aus heutiger Sicht ist sie ein zentrales Element zur Erreichung der Klimaneutralität. Sie besteht im Kern aus den drei Säulen:

- Aufbau einer ausreichenden Kapazität an erneuerbaren Energiequellen
- Reduktion des Bedarfs an Endenergie
- Stabilisierung des multimodalen Energiesystems, v. a. des Stromsystems

Zur Erreichung der Klimaneutralität von Wirtschaft und Gesellschaft sind die genannten Säulen um den Aspekt des **Treibhausgasmanagements** zu ergänzen. Zur Dekarbonisierung von Wirtschaft und Gesellschaft sind auch Treibhausgasemissionen erforderlich, da nicht alle Prozesse klimaneutral ausgestaltet

werden können. Ein Beispiel hierfür ist die **Zementindustrie**.

Ein **wichtiges Instrument** der Energiewende ist die **Digitalisierung**. Weiterhin führt die Energiewende zu einer stärkeren Elektrifizierung des Energiesystems. Zum einen ist die Nutzung elektrischer Energie häufig sehr effizient. Sie kann **mit hohem Wirkungsgrad in Nutzenergie umgewandelt** werden und unterstützt so die Reduktion des Endenergiebedarfs. Zum anderen wird die Energie **regenerativer Energiequellen** überwiegend in **elektrische Energie** umgewandelt. Dennoch wird das Energiesystem der Zukunft keine „All-electric World“ sein.

Viele Anwendungen können aufgrund ihrer Anforderungen nicht oder nur eingeschränkt elektrifiziert werden. So ist beispielsweise die Energiedichte von Batteriesystemen im Vergleich zu flüssigen chemischen Energieträgern deutlich geringer. In vielen Mobilitätsbereichen sind daher andere Ansätze erforderlich. Außerdem stellen Fertigungsprozesse häufig Anforderungen an

Temperaturprofile und -verläufe, die durch elektrische Wärmesysteme nur schwer oder gar nicht bereitgestellt werden können.

Aus diesen Gründen ist Wasserstoff (H₂) eine wichtige Ergänzung für die Endenergie Elektrizität. Er ist ein vielseitig einsetzbarer Energieträger, der auf verschiedene Weisen hergestellt und gespeichert werden kann.

Aktuell diskutierte und zum Teil bereits erprobte Anwendungsgebiete finden sich im Mobilitätsbereich. Hier stehen der **straßengebundene Schwerlastverkehr** über weite Strecken^[7] sowie **nicht elektrifizierte Bahntrassen**^[8] im Zentrum des Interesses. Wasserstoff kann aber auch als **Langzeitenergiespeicher für das Stromsystem** eingesetzt werden. Mittels Elektrolyse entsteht unter Einsatz von aufbereitetem Wasser und Elektrizität Wasserstoff, der z. B. in Kavernen gespeichert und bei Bedarf über (spezielle) Gasturbinen oder Brennstoffzellen wieder rückverstromt werden kann. Letzteres ist besonders dann energieeffizient, wenn



die Rückverstromung in Form einer Kraft-Wärme-Kopplung erfolgt und so auch die bei diesem Prozess entstehende Wärme genutzt werden kann. Des Weiteren ist Wasserstoff nicht nur Energieträger, sondern auch ein wichtiger Grundstoff in der chemischen Industrie. Durch das Verfahren der Direktreduktion findet Wasserstoff Anwendung in der Stahlerzeugung^[9] und er ist auch für die Produktion synthetischer Energieträger wie Ammoniak, Methanol oder Kerosin erforderlich. Für die Speicherung von Wasserstoff kommen verschiedene stationäre und mobile Optionen in Frage. **Salzkavernen** können als stationäre Monatsspeicher genutzt werden, während **Druckbehälter** kleinere Mengen des Gases **stationär oder mobil speichern** können. Weiterhin gibt es die – allerdings energieaufwendige Form – der **Wasserstoffverflüssigung** und die Option, Wasserstoff in **porösen Materialien** oder in Form von **Metallhydriden** zu speichern.

Die Erzeugung von Wasserstoff erfolgt im Wesentlichen über vier Verfahren. Die **erste Variante** nutzt als Basis **aufbereitetes Wasser**, das elektrolytisch (Elektrolyseur) oder katalytisch (Jod-Schwefel-Zyklus) in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten wird. Dazu ist Energie in Form von Elektrizität oder Wärme erforderlich. Je nach Qualität der Strom- oder Wärmequelle wird der erhaltene Wasserstoff als regenerativ, dekarbonisiert oder nicht dekarbonisiert bezeichnet. Dies wird in entsprechenden „Farben“ des Wasserstoffs ausgedrückt^[10].

Die **zweite Option** besteht in der **Nutzung fossilen Methans** als Ausgangsbasis. Der Vorteil liegt im deutlich geringeren Energiebedarf zur Spaltung von Methan im Gegensatz zu Wasser. Der Nachteil ist der Einsatz eines begrenzt verfügbaren Energieträgers

und die Entstehung von Kohlendioxid beim Prozess der **Dampfreformierung**. Die Klimawirkung kann jedoch über den Einsatz von CCS verringert werden. Ein zweites Verfahren, die sogenannte **katalytische Pyrolyse**^[11], zerlegt Methan in Wasserstoff und festen Kohlenstoff. Hierbei kommt ein Reaktor mit flüssigem Metall zum Einsatz. Bei beiden Verfahren geht ein Teil der Exergie des Ausgangsstoffs verloren. Der erhaltene Wasserstoff kann dekarbonisiert oder nicht dekarbonisiert sein.

Eine **dritte Option** besteht in der Gewinnung von Wasserstoff aus **biogenen Stoffen** und die **vierte Verfahrensgruppe** erzeugt Wasserstoff als **Beiprodukt eines chemischen Prozesses**. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist die Chlor-Alkali-Elektrolyse, bei der aus Natriumchlorid (Kochsalz) und Wasser Natronlauge und Chlor gewonnen werden. Als Beiprodukt entsteht Wasserstoff. Auch in der Petrochemie entsteht beim „Cracken“ langkettiger Kohlenwasserstoffe Wasserstoff. Die Qualität hängt von den Ausgangsstoffen und der Art der Deckung der benötigten Energie ab.

Bei vielen Herstellungsverfahren von Wasserstoff entsteht auch Wärme, die gegebenenfalls energetisch eingesetzt werden kann.

Mit **Blick auf die Kosten** ist Wasserstoff, der als Beiprodukt anfällt oder auf Erdgasbasis hergestellt wird, deutlich günstiger als Wasserstoff, der elektrolytisch unter Einsatz von grünem Strom erzeugt wird^[12]. Dies wird sich erst mittelfristig im Zuge von technischem Fortschritt und Skaleneffekten ändern. Weiterhin spielen die Kosten für Kohlendioxidemissionen, die z. B. das European Trading Scheme (ETS) festlegt, sowie die Kosten für den Strombezug eine Rolle.

Die Frage, welche dieser Verfahren temporär oder dauerhaft zum Einsatz kommen, hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Dazu zählen nicht zuletzt die von der europäischen und der jeweiligen nationalen Politik gesetzten Rahmenbedingungen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Bedingungen auch global variieren und sich damit die Schwerpunktinvestitionen auch entsprechend unterscheiden werden.

Dieser Aspekt soll hier nicht weiter analysiert werden. In jedem Fall erfordert der **Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft** in Deutschland und der EU eine **Mindestnachfrage**, die auch vorhanden sein dürfte. Um diese zu decken, muss auch das Angebot entsprechend hoch sein, um die dazwischenliegende Netz- und Speicherinfrastruktur durch Umwidmung von Erdgasinfrastruktur oder durch Neubau darstellen zu können.

In der **deutschen und europäischen Energiepolitik** liegt der **Fokus auf grünem Wasserstoff**, der unter Einsatz von grünem Strom durch Elektrolyse hergestellt wird. Diese Fokussierung erfordert einen deutlich ambitionierteren Ausbau regenerativer Energien als bislang, da der Strombedarf deutlich ansteigt. Der Import von Wasserstoff ist ebenfalls möglich, verlagert die Notwendigkeit der Errichtung erneuerbarer Energiequellen aber nur örtlich und erfordert zusätzlich den Aufbau einer Transportinfrastruktur.

Vor diesem Hintergrund ist der technische Fortschritt in der Offshore-Windkraft – verbunden mit deutlichen Kostensenkungen – ein entscheidender Faktor. Damit eröffnen sich nicht nur neue Optionen für den Aufbau einer regenerativen europäischen Wasserstoffindustrie, sondern auch für eine globale Wasserstoffwirtschaft.

Das Meer als Kraftwerksstandort

Meeresgebiete erlauben eine Reihe von **Nutzungsmöglichkeiten**, die von Tourismus über Sport- und Freizeitaktivitäten bis hin zur Schifffahrt in den Bereichen Warentransport, Fischerei, Kreuzfahrt und Militär reichen. Zudem sind schützenswerte Flächen, wie z. B. Sandbänke oder Paarungs- und Brutplätze, dem Naturschutz vorbehalten. Dies trifft auch auf die relativ kleine Nordsee zu, die zudem in eine Vielzahl von Hoheitsgebieten gegliedert ist.

Auch für den **Energiesektor** bietet das Meer verschiedene Optionen, die mit den vorgenannten **Nutzungsmöglichkeiten** harmonisieren müssen. Das Errichten von Offshore-Windparks und Bohrplattformen zur Öl- und Gasförderung ist nur in ausgewiesenen Gebieten möglich. Weiterhin

sind im Meer Seekabel für die Übertragung von elektrischem Strom und Daten sowie Gaspipelines verlegt. Hier kann es zu Kreuzungen kommen. Zu vergessen ist auch nicht, dass Leitungen und Pipelines eine Infrastruktur zur Anlandung benötigen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist festzuhalten, dass die verschiedenen Sektoren in der Nordsee koexistieren, ohne sich negativ zu beeinflussen^[13]. Durch nationale Meeresraumplanungen und die in internationalen Abkommen definierte Flächennutzung konnten bisher Interessenskonflikte im Kontext der Nutzung des Meeres vermieden werden^[14].

Von den Energieunternehmen wird die Nordsee beispielsweise genutzt, um **Elektrizität durch Windparks** zu erzeugen oder (überwiegend) **Erdgas** und (in geringem Maße) **Erdöl** zu fördern. Die gewonnenen Energieträger werden direkt

zur Küste geleitet. Offshore-Windparks sind via Seekabel direkt mit den **elektrischen Übertragungsnetzen** der Küstenregionen verbunden. Von den Erdgasplattformen erfolgt der Transport via Pipelines ebenfalls in Richtung der Küste, wo die **Einspeisung in die Erdgasübertragungsnetze** erfolgt. Der Energieverbrauch zur Förderung von Erdgas wird nach Stand der Technik durch das geförderte Erdgas selbst gedeckt, indem ein Teil des Gases aus dem Förderstrom abgezweigt und in Gasturbinen oder -motoren als Treibstoff genutzt wird.

Analog zur Erdgasförderung ist auch bei der **Offshore-Stromerzeugung** die Deckung eines Eigenbedarfs erforderlich, der im Wesentlichen der laufenden Produktion entnommen wird. Konventionelle Notstromaggregate stellen die Reserve bereit. Die beiden Sektoren Windstrom und Erdgas sind in dieser Konstellation jeweils für sich autark. Es gibt keine gegenseitigen Wechselwirkungen oder Synergien.

An dieser Stelle setzt ein neuer Gedanke an, der das Meer als sektorengekoppelten Produktionsstandort für elektrische Energie und Wasserstoff sieht. Neben dem Vereinigten Königreich, den Niederlanden (z. B. im hier behandelten NSE-Programme) und Deutschland (z. B. im Projekt H₂MARE)^[15] wird die **sektorenübergreifende maritime Energiegewinnung** nicht nur in Europa thematisiert, sondern auch an anderen Stellen der Welt wie beispielsweise in Südkorea^[16] und Japan^[17].

Die aktuell praktizierte Anbindung von Offshore-Windparks ist auf zeitlich synchronisierte, ausreichende Netzausbaumaßnahmen an Land angewiesen, um Netzengpässe zu vermeiden. Aufgrund des verzögerten Stromnetzausbaus kommt es



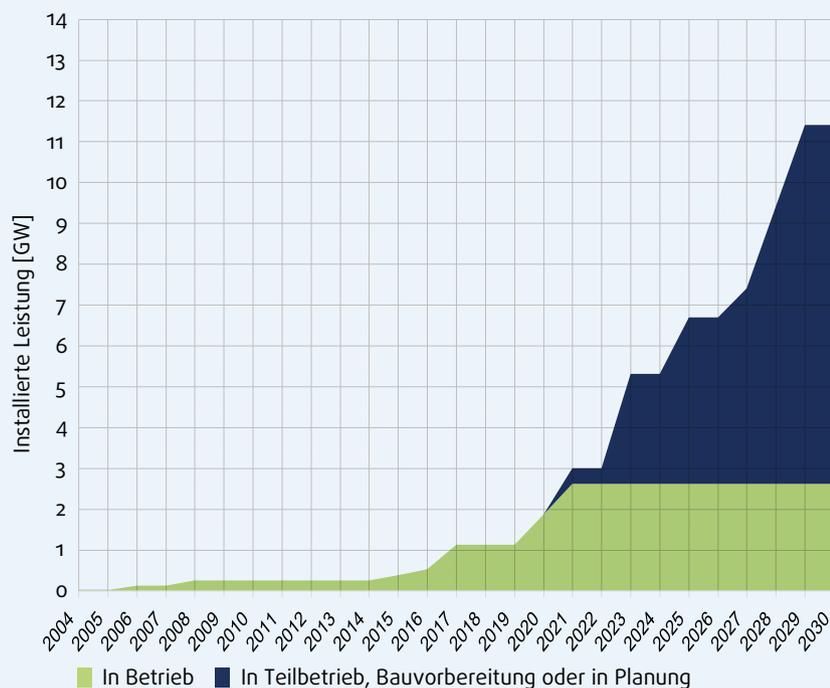


Abbildung 2: Die bereits installierte Leistung sowie der bisher geplante Zubau an Windkraftanlagen in der niederländischen Nordsee bis 2030

vor, dass Windparks ihre eingespeiste Leistung zeitweise reduzieren müssen, um Netzüberlastungen zu vermeiden. So mussten beispielsweise **im Jahr 2020 rund 6 % der Erzeugung deutscher Offshore-Windenergieanlagen abgeregelt** werden ^[18].

Dennoch ist der weitere Ausbau in vielen Ländern geplant. In den Niederlanden sind aktuell Offshore-Windparks mit einer gesamten Leistung von 2,6 GW in der niederländischen Nordsee und dem IJsselmeer in Betrieb. Bis 2030 soll die installierte Leistung auf 11,5 GW (Abbildung 2) ausgebaut werden; im Jahr 2050 könnten bis zu 60 GW erreicht werden ^[19]. Dazu sind nicht nur die Erzeugungseinheiten zu errichten, sondern auch die entsprechenden Seekabel zu verlegen. Weiterhin ist der Netzausbau an Land erforderlich.

Eine der am weitesten fortgeschrittenen Konzeptionen, die sich mit der sektorenübergreifenden Nutzung des Meeres als Erzeugungsstandort beschäftigt, ist das niederländische öffentlich-private „North Sea Energy (NSE) Programme“. Hier werden Aspekte der Energiegewinnung, der Optimierung der Infrastrukturnutzung und des Klimaschutzes übergreifend betrachtet.

Das niederländische „North Sea Energy Programme“

Beim NSE-Programme wurde der Ansatz gewählt, durch die Errichtung einer Offshore-Sektorenkopplung das elektrische Übertragungsnetz an der Küste und im Hinterland zu entlasten. Untersuchungsgegenstand ist ein Gebiet vor der nieder-

ländischen Nordseeküste im Bereich der Provinz Nordholland, in dem eine Reihe von Windparks errichtet und weitere geplant sind. Zudem wird dieses Gebiet aktuell für die Förderung von Erdgas und Erdöl genutzt.

Gemäß den Untersuchungen soll der in den Windparks erzeugte **Strom zum Teil bereits offshore zur Wasserstoffherstellung durch Elektrolyse verwendet** werden. Dieses Konzept hat zwei Konsequenzen: Zum einen erlaubt es aufgrund der Speicherefähigkeit des Gassystems den flexiblen und netzdienlichen Einsatz der Elektrolyse entsprechend den jeweiligen Bedingungen im elektrischen Übertragungsnetz. Für die elektrische Verbindung des Windparks mit dem Festland sind bei **kurzen Entfernungen Drehstromleitungen** vorgesehen. Zum anderen sind die Elektrolyseure – ggf. auf einer eigenen Plattform – offshore zu errichten und an das Drehstromnetz anzubinden. Weiterhin sind sie mit einem **Gasrohrsystem zu verbinden**. Hierfür kommen bestehende – und ggf. **umzuwidmende – Erdgas-Pipelines oder aber neue Wasserstoffrohre** in Frage.

Für die weiter entfernten Flächen wie „Ijmuiden Ver“ (siehe Abbildung 1) wird in Erwägung gezogen, künstliche Inseln in der Nordsee zu erschaffen und diese als Standorte für die Elektrolyseanlagen und Konverterstationen zu nutzen. Eine Alternative zu dieser Option besteht im direkten Transport des Stroms über Gleichstromsysteme. Für beide Optionen erfolgt die Untersuchung von wirtschaftlichen Aspekten, technischer Machbarkeit sowie der komplexen rechtlichen Rahmenbedingungen im NSE-Programme. Es analysiert verschiedene Ausprägungen des Stromsystems sowie verschiedene Kopplungsoptionen zwischen den

Sektoren Strom und Gas. Diese werden sowohl einzeln als auch kombiniert untersucht. Weiterhin werden parallele und sequenzielle Lösungen betrachtet. Mit Blick auf das **Stromsystem** wird **überwiegend ein Wechselstromsystem** betrachtet, da es sich zum einen um küstennahe Offshore-Windparks handelt und zum anderen der Fokus auf regionalen und nationalen Energiemanagementszenarien der Niederlande liegt.

Weiterhin werden Optionen von Symbiosen zwischen Offshore-Windenergie, (Gas- und Öl-)Bohrinseln und deren Erweiterung bzw. Umwidmung zu Standorten für Elektrolyseure oder Einrichtungen zur Sequestrierung von CO₂ untersucht. Es wird auch überlegt, künstliche Inseln als Elektrolyseurstandorte zu errichten. Ziel ist es, eine **maritime Sektorenkopplung schrittweise zu etablieren**. Dies soll die Errichtung eines möglichst kostengünstigen,

multimodalen Energiesystems, welches zur **Einhaltung des 1,5°-Ziels, also der Reduktion der Treibhausgasemissionen um 95 % bis 2050** im Vergleich zu 1990^[13] beiträgt, unterstützen.

Es geht darum die Rolle der einzelnen technischen Komponenten zu optimieren und die bestmögliche Konsistenz des künftigen Energiesystems in Küstennähe zu finden.

Ausgangspunkt der Überlegungen sind nationale bzw. regionale Energiemanagementszenarien aus dem Infrastructure Outlook 2050^[20]. Die Szenarien wurden mit dem Energiesystemmodell OPERA nachgebildet und verschiedene Varianten sowie deren Einfluss auf die Offshore-Produktion von Wasserstoff wurde untersucht^[21]. Der Haupt-

faktor zum Vergleich der Szenarien sind die spezifischen **Systemkosten** im Vergleich zu den Systemkosten der Ausgangsszenarien^[21]. Es wird also eine **technisch-ökonomische Optimierung durch Variantenbetrachtung** durchgeführt. Die angedachte Umsetzung des NSE-Programme erfolgt schrittweise.

Im **ersten Schritt** wird die bestehende **Infrastruktur optimiert**, ohne diese grundsätzlich zu verändern. Gas- und Stromsystem arbeiten wie bisher getrennt, allerdings erfolgt eine Anbindung der Gasförderplattformen an das Stromsystem oder einen Offshore-Windpark, um den **Eigenbedarf der Plattform** zu elektrifizieren. Dies bietet den Vorteil, dass Gasturbinen oder -motoren nur noch in Ausnahmefällen benötigt werden, um Strom oder Antriebsenergie für Verdichter und Gasaufbereitungsanlagen zu erzeugen. Die CO₂- und NO_x-Emissionen durch die Erdgasförderung reduzieren sich deutlich durch regenerativen Strom aus Windkraft.

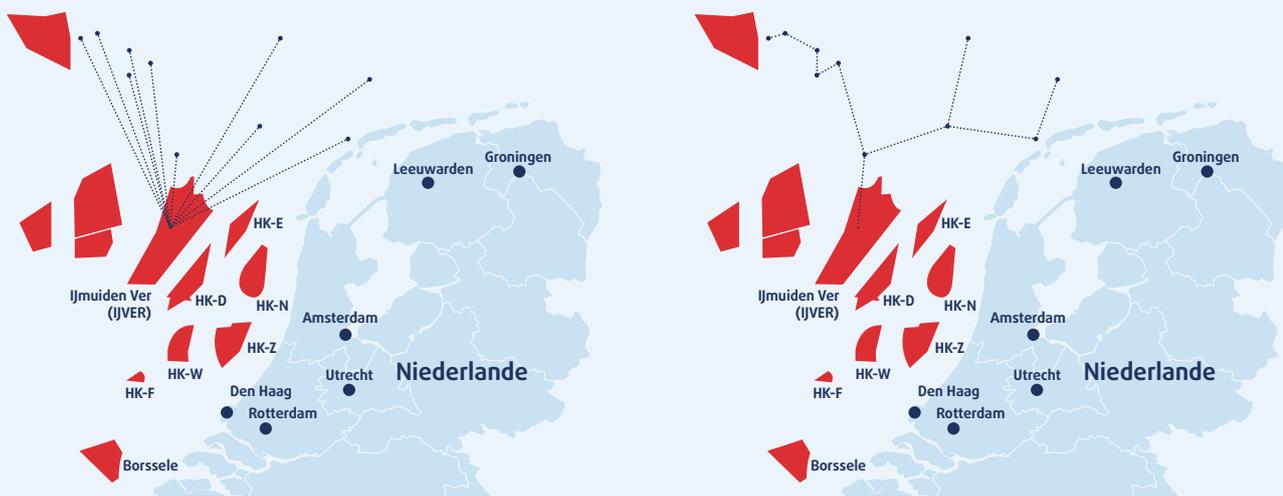


Abbildung 3:

Gegenüberstellung zweier Konzepte: Individuelle Anbindung jeder Plattform (links) – Netzstruktur zur Anbindung der Plattformen (rechts)^[20]

Weiterhin wird die Fördereffizienz erhöht, da der Fördermenge kein Erdgas zur Deckung des Eigenbedarfs entnommen werden muss. Der norwegische Konzern Equinor hat beispielsweise durch diese Maßnahme die Emissionen auf einer Förderplattform („Johan Sverdrup“) von durchschnittlich 9 kg CO₂ je Barrel auf 0,67 kg CO₂ je Barrel senken können^[22]. Fossile Kraftwerke an Land, die ggf. bei Windstille einspringen, verfügen bereits heute über bessere Rauchgasreinigungsanlagen als fossile Offshore-Stromerzeugungssysteme.

Perspektivisch ist von einer kompletten Dekarbonisierung des niederländischen Kraftwerkparks durch Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (CCS) auszugehen. Bisherige Gas- oder Erdölplattformen sollen mittelfristig zur Einlagerung von CO₂ in Gas- oder Ölfeldern genutzt werden.

Nicht umfänglich betrachtet werden beim NSE-Programme die technischen Anlagen, die für eine unterbrechungsfreie Stromversorgung der Plattformen nötig sind. Dies wird lediglich durch die Annahme von Mehrkosten kompensiert. Hingegen ist ein technisch-ökonomischer Vergleich zweier Konzepte, wie die Plattformen an das Stromnetz gekoppelt werden können, Element der Untersuchung. In der einen Variante ist ein komplexeres elektrisches Netz vorgesehen, das alle Förderplattformen in einem Leitungszug mit dem Windpark „Ijmuiden Ver“ verbindet. In der anderen Variante ist eine sternenförmige Anbindung der Förderplattformen angedacht (Abbildung 3). Schließlich sind rechtlich-regulatorische Herausforderungen Bestandteil der Analyse.

Der **zweite Schritt** besteht in der Zusammenführung der Bestandsanlagen und



beinhaltet strukturelle Anpassungen. Unter der Annahme, dass die Erdgasförderungen – wie in den Niederlanden geplant – aus ökologischen Gründen perspektivisch eingestellt werden, können auf den Förderplattformen Elektrolyseure zur Wasserstoffherzeugung errichtet werden. Wenn die Kabel zur Plattformelektrifizierung im ersten Schritt ausreichend groß dimensioniert wurden, können sie im zweiten Schritt auch zur Versorgung der Elektrolyseure genutzt werden. Der Wasserstoff kann mittels bereits bestehender Pipelines an Land transportiert und dort in das neu zu konzipierende Wasserstoffnetz eingespeist werden. Teile davon können durch Umwidmung bestehender Erdgasleitungen entstehen, wobei das heutige Erdgasnetz hiervon zu trennen ist und somit schrittweise kleiner wird. Von einer Beimischung des Wasserstoff zum Erdgas wird nicht ausgegangen.

Eine weitere ergänzende oder **alternative Option** ist die **Errichtung künstlicher Inseln als Elektrolyseurstandorte**. Dies führt einerseits zu weiteren Errichtungskosten, löst aber zugleich das Problem der

konstruktionsbedingten begrenzten Tragfähigkeit der Förderplattformen. Deren Statik ist für diesen Anwendungsfall nicht ausgelegt. Hohe Lasten in nennenswerter Höhe über dem Meeresspiegel bewirken hohe Drehmomente, die zu beherrschen sind. Entsprechend kann die Fläche auf der Förderplattform nur zu einem kleinen Teil genutzt werden. Im Pilotprojekt PosHYdon^[23] wird der Betrieb von Elektrolyseuren auf Offshore-Plattformen genauer untersucht. Aktuell liegen hierzu jedoch noch kaum Daten vor. Bisher gibt es nur Überlegungen und theoretische Betrachtungen. Zudem wurde auch in Betracht gezogen, Methanol oder Ammoniak auf den Plattformen zu erzeugen. Beide Stoffe erfordern Wasserstoff für ihre Herstellung. Zusätzlich werden aber auch Kohlendioxid oder Stickstoff benötigt. Aufgrund der hohen Komplexität – verglichen mit Elektrolyseuren – erhöhen sich die Kosten deutlich, so dass dieser Gedanke nicht weiterverfolgt wird.

Mit Blick auf die **Wirtschaftlichkeit der Elektrolyseanlage** ist darauf hinzuweisen, dass diese eine ausreichende

Mindestnutzungsdauer pro Jahr aufweisen muss, um wirtschaftlich zu arbeiten. Damit ist die Frage entscheidend, welcher Anteil des Stroms vom Windpark nicht in das Stromnetz eingespeist, sondern für die Elektrolyse genutzt wird. Dieser Anteil bestimmt die Elektrolyseleistung und damit auch die erzeugte Wasserstoffmenge, die wiederum in Wechselwirkung mit der Rohrinfrastruktur steht. In Summe handelt es sich um eine **Optimierungsfrage mit vielen Randbedingungen**.

Eine **weitere Nutzungsmöglichkeit** bietet die **Förderplattform** in Kombination mit der darunterliegenden **geologischen Formation als Wasserstoffspeicher oder Kohlendioxidlagerstätte**. Geeignet sind insbesondere ausgebeutete Erdgas- oder Erdöllagerstätten. Diese sind ergänzend oder alternativ zur Nutzung der Plattform als Elektrolysestandort zu sehen. Der Bau zusätzlicher Pipelines für den Transport von Wasserstoff oder Kohlendioxid kann erforderlich sein.

Für die Nutzung der Lagerstätten als Wasserstoffspeicher ist eine zusätzliche Verdichtung erforderlich. Der Druck im Speicher muss über dem Druck des Wasserstoffnetzes liegen. Der Ausgangsdruck der Elektrolyseure ist dazu auf das erforderliche Niveau anzuheben.

Für die Nutzung als Kohlendioxidlager werden Pumpen benötigt, falls die Einlagerung in flüssiger Form erfolgen kann. Für den Fall, dass das Kohlendioxid gasförmig verpresst werden soll, sind hingegen zusätzliche Wärmequellen vorzusehen. Durch eine Anhebung der Temperatur des Kohlendioxids auf über 31°C bei hohem Druck wird das Gas in den überkritischen Aggregatzustand versetzt. Damit kann

die einlagerbare Menge an CO₂ erhöht werden. Die Kohlendioxidquellen werden sich weiterhin bis 2050 ändern. Während aktuell das Kohlendioxid noch überwiegend aus der Verbrennung fossiler Energieträger oder der Erzeugung von Wasserstoff durch Dampfreformierung stammt, wird die Kohlendioxidabscheidung und -speicherung mit der Zeit zunehmend auch bei der Verbrennung nachwachsender Rohstoffe genutzt werden (Bio-CCS). Auch die direkte Abscheidung von Kohlendioxid aus der Luft (Direct Air Capture) ist technisch möglich und steht zur Diskussion. Schließlich dürfte CO₂ auch aus Müllverbrennungsanlagen und Produktionsprozessen wie der Zementherstellung abgeschieden werden. Damit besteht die Option, Kohlendioxidsenken zu etablieren, wenn dauerhaft sichergestellt ist, dass das sequestrierte CO₂ nicht (wieder) in die Atmosphäre gelangt.

Aus diesen einzelnen beschriebenen Möglichkeiten resultiert eine Vielzahl an Kombinationen und Entwicklungen, welche im Rahmen des NSE-Programme mittels eines Energiesystemmodells untersucht werden.

Szenarien und Ergebnisse des „North Sea Energy Programme“

Der Fokus der Untersuchungen liegt auf der **Produktion von Wasserstoff durch Elektrolyse mit Strom aus Offshore-Windparks**. Es soll geklärt werden, wann und unter welchen Umständen Offshore-Elektrolyseure aus Sicht eines nationalen multimodalen Energiesystems eine **attraktive Investition** sind ^[21]. Zu beachten ist, dass die elektrische Leistung der Offshore-Windparks grundsätzlich vorrangig in das Stromnetz eingespeist und erst nachrangig für die Offshore-Wasserstoffproduktion verwendet werden soll.

Es wurde ein Basisszenario in enger Anlehnung an das „National-Management“-Szenario anderer Studien ^[24,25] entwickelt. Darin liegt der Schwerpunkt auf einem hohen Grad nationaler Energieautarkie, großen Windparks und hoher Elektrifizierung des Endenergiebedarfs.

Insgesamt wurden **14 Varianten dieses Basisszenarios** untersucht und neben den Systemkosten auch folgende Parameter technisch und wirtschaftlich analysiert:

- die Wasserstoffproduktion (Import, H₂blau, H₂grün on- und offshore),
- der Wasserstoffbedarf verschiedener Anwendungsbereiche
- die Quellen des zu lagernden Kohlendioxids ^[21]

Beim Vergleich der Systemkosten der Varianten mit dem Basisszenario kristallisieren sich vier Optionen heraus, welche eine signifikante Kostenreduktion ermöglichen ^[21]. Ein internationaler Wasserstoffmarkt, große Mengen an Offshore-Windkrafterzeugung, eine hohe Verfügbarkeit von Biomasse in Kombination mit CCS sowie nichtrestriktive rechtlich-regulatorische Anforderungen und Rahmenbedingungen begünstigen eine wirtschaftlich positive Entwicklung.

Das NSE-Programme zeigt sehr deutlich auf, dass der erfolgreiche Einsatz von Offshore-Elektrolyseuren keine eindimensionale Angelegenheit ist, sondern durch viele Faktoren bestimmt wird. Von entscheidender Bedeutung ist die Ausgestaltung der rechtlich-regulatorischen und der politischen Rahmenbedingungen in den kommenden Jahren. Im Folgenden werden einige Ergebnisse näher beschrieben:



Unter der Annahme, dass die Offshore-Elektrolyse teurer wird als heute angenommen und sich gleichzeitig ein niedriger Wasserstoffpreis auf dem Weltmarkt einstellt, wäre diese nicht wettbewerbsfähig. Da ein positiver Business Case nicht erreicht werden könnte, würde eine entsprechende Investition unterbleiben^[21].

Die Errichtung von Offshore-Elektrolyseuren wird hingegen wahrscheinlicher, wenn deren Kosten im Verhältnis zu den Kosten des Offshore-Stromnetzes niedrig sind. Dies ist vor allem eine Frage der Herstellungskosten der Elektrolyseure und hängt auch mit Skaleneffekten zusammen, die zu Kostenreduktionen führen.

Bei der Betrachtung des Importes und des Exportes von Wasserstoff durch die Festlegung von statischen Marktpreisen zeigt sich, dass bei einem niedrigen H₂-Preis Wasserstoff eher importiert als inländisch produziert wird. Dies hat geringere Gesamtsystemkosten in den Niederlanden zur Folge. Investitionen in Offshore-Elektrolyse könnten zu Stranded Investments werden.

Bei einem hohen H₂-Preis hingegen wird Wasserstoff verstärkt in heimischen Anlagen produziert und anschließend exportiert. Dadurch entsteht eine höhere Gewinnmarge, wodurch die Gesamtsystemkosten reduziert werden.

Bemerkenswert ist auch die Variante „Low CCS“, bei welcher das niederländische Energiesystem wirtschaftlich einer nicht

unerheblichen wirtschaftlichen Belastung von 3,7 Milliarden Euro jährlich ausgesetzt wird. Hier wird die Gesamtkapazität an CO₂, welches aufgefangen und endgelagert werden soll, künstlich von 30 Mt/a auf 18 Mt/a verknappt. Dies beschleunigt die Verdrängung fossil betriebener Kraftwerke vom Strommarkt in den Niederlanden. Die dadurch nun fehlende Energie muss durch den Import teurer klimaneutraler Energieträger, den beschleunigten Infrastrukturausbau sowie den Zubau an erneuerbaren Energien kompensiert werden.

Würdigung des „North Sea Energy Programme“

Der Gedanke, das 1,5-°C-Ziel durch die Kombination verschiedener Technologien, Maßnahmen und Märkte effizienter und kostengünstiger zu erreichen, als bisher vermutet, ist positiv zu sehen. Ebenso ist die sehr umfangreiche Analyse der rechtlich-regulatorischen Herausforderungen von multimodalen sektorengesetzten Energiesystemen interessant. Überlegungen zu künstlichen Inseln zielen auf den Einsatz spezieller niederländischer Verfahren ab und erschließen neue Lösungsoptionen.

Im Kontext des NSE-Programme werden zur **Reduktion der Komplexität** einige vereinfachende Annahmen getroffen. Dazu zählt, dass bei der Betrachtung der Pipelineumwidmung von Erdgas zu Wasserstoff Bauteile wie Dichtungen und Ventile nicht näher auf ihre Eignung untersucht wurden.

Eine explizite Berücksichtigung dieser Komponenten könnte zur Folge haben, dass beispielsweise die bestehende Offshore-Pipelineinfrastruktur in ihrer aktuellen Form ungeeignet für den Transport von Wasserstoff ist und signifikante Mehrkosten mit der Umwidmung einhergehen oder im Extremfall sogar neue Rohrleitungen zu verlegen sind, was in weiteren Arbeiten tiefergehend untersucht werden sollte.

Im Rahmen des NSE-Programme werden ausschließlich **regionale und nationale Energiemanagementszenarien modelliert**. Die überregionale Entwicklung des Strom- und Gasmarktes geht dadurch als Randbedingung in die Betrachtung ein. Diese Vereinfachung hat jedoch einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Ergebnisse der einzelnen Szenarien.

Zur **Ermittlung der Ausbaurkosten für das Stromnetz** wurden die Analysen von zwei Unternehmen herangezogen. Im Kontext des NSE-Programme wurde auf die höheren spezifischen Kosten zurückgegriffen. Damit kann von einem **konservativen Ansatz** gesprochen werden.

Aktuell denken Übertragungsnetzbetreiber zunehmend darüber nach, die Netzanbindungen für Offshore-Windparks mit Interkonnektor-Seekabeln zu kombinieren. Konzeptionell erlaubt dies, die Abregelung von Offshore-Windparks zu verringern, das europäische Verbundnetz zu stabilisieren und die elektrische Energie großräumig zu

übertragen. Interkonnektoren in der Nordsee sind in der Regel als Gleichstromleitungen ausgeprägt und nach heutigem Stand der Technik stets **Punkt-zu-Punkt-Verbindungen**. Dies gilt auch für das vor Kurzem in Betrieb gegangene Seekabel NordLink^[26]. Der Aufbau von vermaschten Höchstspannungsgleichstromnetzen ist heute mit einigen technischen Herausforderungen verbunden. Als Zwischenschritt können mehrere Gleichstromsysteme auf der Drehstromseite der Konverterstationen zu einem „**Drehstromkreuz**“ verknüpft werden. Auch wenn hier noch nicht alle Fragestellungen gelöst sind, kann dennoch festgehalten werden, dass durch die Übernahme mehrerer Aufgaben die Offshore-Netzinfrastruktur einen noch größeren Mehrwert liefern kann. Die im NSE-Programme untersuchte Variante „Cheap Offshore HV Grid“ hat durchaus eine Realisierungschance. Das NSE-Programme geht davon aus, dass das Offshore-Stromnetz günstiger sein wird als angenommen, wodurch sich die **Produktion von klimaneutralem Wasserstoff vom Meer in Richtung Küste verlagert**.

Die Arbeiten im Kontext des NSE-Programme werden auf der Internetseite sehr transparent dargestellt. So sind mehr als 15 Dokumente zu den einzelnen Aspekten und Varianten eines niederländischen Strom- und Gas-Offshore-Netzes veröffentlicht worden. Ergänzend wurde ein „Energy Atlas“^[6] publiziert. Hierbei handelt es sich um eine Art Kompendium, das die gesamte aktuelle niederländische Energieinfrastruktur einschließlich der Ausbauziele in einem Geoinformationssystem mit hohem Detaillierungsgrad visualisiert. Ergänzt wird das Kompendium durch Sachinformationen zum Energiesystem.

Schlussfolgerungen

Das NSE-Programme sieht die Offshore-Elektrolyse in Verbindung mit Offshore-Plattformen und künstlichen Inseln – in Abhängigkeit von Leistungsgröße und Küstenentfernung – als wichtigen Bestandteil eines multimodalen Energiesystems der Zukunft. Als erste konkrete Folgemaßnahme entstand das Pilotprojekt PosHYdon^[23].

Dabei handelt es sich um einen Elektrolyseur auf einer Plattform in der Nordsee. Nach Abschluss dieses Projektes können die Annahmen, die im Rahmen des NSE-Projekts getroffen wurden, validiert und ggf. angepasst werden.

Die Niederlande haben hier vermutlich durch die vielen mittlerweile oder in Kürze ungenutzten Förderplattformen ein Alleinstellungsmerkmal. Eine Umwidmung und Sekundärnutzung erscheint möglich.

Auf europäischer Ebene wird der Fokus aktuell mehr auf die Erschließung von Offshore-Flächen durch HGÜ-Leitungen gelegt. Hier würde die Elektrolyse an Land erfolgen.

Carbon Capture and Storage (CCS) wird in den Niederlanden als ein wichtiges Bindeglied für die Transformation eines fossilen Energiesystems hin zu einem erneuerbaren Energiesystem gesehen. Entsprechend werden die technischen Optionen und die wirtschaftlichen Implikationen analysiert. Dies unterscheidet sich von der Diskussion in Deutschland, wo Kohlendioxidabscheidung aktuell nur im Kontext von Industrieprozessen diskutiert wird, bei denen die CO₂-Entstehung unvermeidbar ist, wie bei der schon genannten Zementherstellung. Im Kontext von fossilen Kraftwerken spielt CCS keine Rolle.

Bis Ende 2022 sollen die finalen Ergebnisse aus dem NSE-Programme vorgestellt werden. Ziel ist es, konkrete Zeitpläne für die Entwicklung der Systemintegrationsprojekte zu entwerfen. Weiterhin soll beurteilt werden, welche Hürden mit Blick auf Technik, Rechts- und Regulierungsrahmen sowie Finanzierung auftreten können und wie diese zu lösen sind. ◇



Abbildung 4: Offshore Vernetzung von Windparks und Ausprägung eines großräumigen Gleichstromübertragungsnetzes, nach dem „Eurobar“-Konzept von Amprion^[27]

Literaturverzeichnis

- [1] Vestas Wind Systems A/S: V236-15.0MW. Vestas Wind Systems A/S, 2021, <https://hozebra.ipapercms.dk/Vestas/Communication/Productbrochure/OffshoreProductBrochure/v236-150-mw-brochure/> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [2] Equinor ASA: The future of offshore wind is a float. Equinor ASA, 2021, <https://www.equinor.com/en/what-we-do/floating-wind.html> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [3] Marx, L.: Norwegen: Floating-Offshore-Pilot startet in Testbetrieb [online]. In: Zeitung für kommunale Wirtschaft, 2021 [Zugriff am: 21.12.2021], <https://www.zfk.de/energie/strom/norwegen-floating-offshore-pilot-startet-in-testbetrieb>.
- [4] EnBW Energie Baden-Württemberg AG: EnBW erhält in erster deutscher Offshore-Windauktion Zuschlag für 900 Megawatt starken Offshore-Windpark „He Dreith“. EnBW Energie Baden-Württemberg AG, 2017, <https://www.enbw.com/unternehmen/investoren/news-und-publikationen/enbw-erhaelt-in-erster-deutscher-offshore-windauktion-zuschlag-fuer.html> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [5] North Sea Energy: North Sea Energy – About us. North Sea Energy, <https://north-sea-energy.eu/en/about-us/> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [6] North Sea Energy: North Sea Energy Atlas. North Sea Energy, <https://north-sea-energy.eu/en/energy-atlas/> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [7] Blechner, N.: Mit dem Wasserstoff-LKW in die Zukunft, 2021, <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/boerse/wasserstoff-lkw-101.html> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [8] Deutsche Bahn: Deutsche Bahn und Siemens starten ins Wasserstoffzeitalter – Gemeinschaftsprojekt entwickelt neuen Regionalzug und spezielle Tankstelle. Deutsche Bahn, 2020, <https://www.dbenergie.de/dbenergie-de/archiv/Deutsche-Bahn-und-Siemens-starten-ins-Wasserstoff-Zeitalter--5736796> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [9] Kueppers Solutions GmbH: Power2Metal. Kueppers Solutions GmbH, 2019, <https://kueppers-solutions.de/power2metal/> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [10] House of Energy: Erzeugung von Wasserstoff. In: Aspekte (2020), Heft 3, https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2020/3066_AspekteNo3WasserstoffStandJuni2020.pdf [Zugriff am: 18.01.2022].
- [11] Bundesministerium für Bildung und Forschung: Methanpyrolyse: Klimafreundlicher Wasserstoff aus Erdgas. Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2019, <https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/wasserstoff-aus-methanpyrolyse.php> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [12] Bukold, S.: Blauer Wasserstoff – Perspektiven und Grenzen eines neuen Technologiepfades. EnergyComment, 2020, <https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/blauer-wasserstoff-studie-2020.pdf> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [13] North Sea Energy: A vision on hydrogen potential from the North Sea. North Sea Energy, 2020, https://north-sea-energy.eu/static/do83bc83864f45b2bfd7d88ec6847bd/FINAL-NSE3_D1.6-D1.7-D1.8-Offshore-Hydrogen-roadmap-linked-to-the-national-hydrogen-grid.pdf [Zugriff am: 21.12.2021].
- [14] North Sea Energy: Regulatory Framework: Legal Challenges and Incentives for Developing Hydrogen Offshore – D2.2, D2.3. North Sea Energy, 2020, https://north-sea-energy.eu/static/1f13bd895cf3e630af1bb27f2630f2/11-FINAL-NSE3_D2.2-D2.3-Analysis-of-legal-basis-for-offshore-hydrogen-planning-and-Legal-assessment.pdf [Zugriff am: 21.12.2021].
- [15] Bundesministerium für Bildung und Forschung: H2Mare – Wie Partner im Leitprojekt H2Mare Wasserstoff direkt auf hoher See produzieren wollen. Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2021, <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/h2mare> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [16] South Korea plans to build floating offshore wind farm [online]. In: Power Technology | Energy News and Market Analysis, 2021 [Zugriff am: 21.12.2021], <https://www.power-technology.com/news/south-korea-wind-farm/>.
- [17] Takada, A. Japan plans huge offshore wind expansion to hit climate goal [online]. In: Bloomberg Green, 2020 [Zugriff am: 21.12.2021], <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-12-15/japan-to-lift-offshore-wind-capacity-fourfold-in-decade-to-2040>.
- [18] Bundesnetzagentur: Quartalsbericht Netz- und Systemsicherheit - Gesamtes Jahr 2020. Bundesnetzagentur, 2021, https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2020/Quartalszahlen_Gesamtjahr_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [Zugriff am: 21.12.2021].
- [19] Pai, L. North Sea Aims 60 GW Offshore Wind by 2050 [online]. In: Offshore Engineer, 2020 [Zugriff am: 21.12.2021], <https://www.oedigital.com/news/476422-north-sea-aims-60gw-offshore-wind-by-2050>.
- [20] North Sea Energy: Value of a coordinated offshore power grid for offshore energy sectors. North Sea Energy, 2020, <https://north-sea-energy.eu/static/7a0e988062a058bcfa600f197516e159/7a-FINAL-NSE3-D3.7-Final-report-Value-of-a-coordinated-offshore-power-grid-for-offshore-energy-sectors.pdf> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [21] North Sea Energy: An analysis of the value of offshore hydrogen production in relation to alternatives. North Sea Energy, 2020, <https://north-sea-energy.eu/static/270b3052f9d401bac10da5345462a4c1/FINAL-NSE3-D1.1-D1.2-Report-analyzing-the-value-of-this-technology-option-in-relation-to-alternatives-and-factsheet.pdf> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [22] Equinor ASA: Electrification of oil and gas operations. Equinor ASA, 2021, <https://www.equinor.com/en/what-we-do/electrification.html> [Accessed: 20.12.2021].
- [23] Nexstep; TNO: PosHYon | Green Hydrogen Energy. Nexstep; TNO, 2021, <https://poshyon.com/en/home-en/> [Zugriff am: 20.12.2021].
- [24] Gasunie; Tennet: Infrastructure Outlook 2050 – A joint study by Gasunie and TenneT on integrated energy infrastructure in the Netherlands and Germany, 2019, https://www.tennet.eu/fileadmin/user_upload/Company/News/Dutch/2019/Infrastructure_Outlook_2050_appendices_190214.pdf [Accessed: 21.12.2021].
- [25] CE Delft: Net voor de Toekomst. CE Delft, 2017, https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_3L53_Net_voor_de_Toekomst_Zonder_BJL.pdf [Zugriff am: 20.12.2021].
- [26] TenneT TSO GmbH: NordLink – das „grüne Kabel“ – zwischen Deutschland und Norwegen ist jetzt vollumfänglich in Betrieb. TenneT TSO GmbH, 2021, <https://www.tennet.eu/de/tinyurl-storage/news/nordlink-das-gruene-kabel-zwischen-deutschland-und-norwegen-ist-jetzt-vollumfaenglich-in-betrieb/> [Zugriff am: 21.12.2021].
- [27] Amprion GmbH: Climate Protection by Innovation. Amprion GmbH, 2020, https://www.amprion.net/Bilder/Netzjournal/2020/Eurobar/Eurobar_Handout_final_EN.pdf [Zugriff am: 21.12.2021].

Mögliche Rollen von Wasserstoff in Deutschland

Systemische Betrachtung der Energiewende

Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner, House of Energy e.V.
Dirk Filzek, House of Energy e.V.

Wasserstoff gilt als neuer Hoffnungsträger für die Energiewende und die Transformation hin zu einer klimaverträglichen Wirtschaft. Als Energieträger können Wasserstoff und wasserstoffbasierte Syntheseprodukte überall dort zum Einsatz kommen, wo die Elektrifizierung an ihre Grenzen stößt und Moleküle benötigt werden. Im aktuellen gesellschaftliche Diskurs geht es um die konkrete Rolle, die Wasserstoff bei der Dekarbonisierung der Wirtschaft in naher Zukunft spielen soll. Dabei bleibt uns nicht viel Zeit, um unsere Klimaziele zu erreichen. Es gilt, den Markthochlauf für Wasserstoff beherzt anzuschieben und zu gestalten. Dieser Beitrag vermittelt Hintergrundwissen und beleuchtet offene Fragen zu den Chancen und Grenzen – aus einer unabhängigen und ganzheitlichen Perspektive – mit dem Ziel, die Diskussion aus fachlicher Sicht zu unterstützen.

Ausgangssituation

Die **Energiewende** verfolgt das Ziel, die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas nicht mehr zu nutzen. Dies stellt einen **fundamentalen Paradigmenwechsel** dar, da die Entwicklung der Menschheit seit mehr als 100 Jahren auf dem großtechnischen Einsatz dieser Energieträger basiert. Der Preis für die Nutzung der fossilen Energieträger besteht in der Erhöhung des Kohlendioxidanteils in der Atmosphäre von etwa 280ppm in der vorindustriellen Zeit auf etwa 400ppm heute^[1] – 100ppm entspricht dabei einem Anteil von 0,01%. Auch wenn dies nicht spektakulär klingt, so hat diese Veränderung durch den Treibhauseffekt das Potenzial, das Klima auf der Erde signifikant und dauerhaft zu verändern. Dies gefährdet die Lebensbedingungen für die Menschheit und viele andere Spezies.

In Deutschland beinhaltet die Energiewende darüber hinaus den Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie. Im Ziel soll eine klimaverträgliche und grüne Energiewirtschaft zur Begrenzung des Klimawandels geschaffen sowie geschlossene Roh- und Wertstoffkreisläufe etabliert werden.

Die Begrenzung des Klimawandels ist zudem ein internationales Thema. Im Vergleich zu Deutschland werden auch andere Konzepte verfolgt. Der technologische Lösungsraum wird häufig weiter gefasst.

Insbesondere werden neben grünen Technologien auch Verfahren zur vollständigen oder teilweisen Dekarbonisierung der fossilen

Energiewirtschaft in Erwägung gezogen und die Kernenergie wird regelmäßig als positiv für das Klima eingestuft. Auch das Thema Substitution spielt eine Rolle.

Beispielsweise reduziert der **Ersatz von Braunkohle durch Erdgas** die spezifischen Klimagasemissionen um rund 70%, wenn es gelingt, Methanschlupf im vorgelagerten Erdgassystem zu unterbinden^[2]. Methan ist ein Treibhausgas mit einer Wirksamkeit, die Kohlendioxid um den Faktor von etwa 28 in einem Zeitraum von 100 Jahren^[3] übertrifft.

Weltweit ist der Energiesektor für rund 75% aller anthropogenen klimarelevanten Emissionen verantwortlich^[4]. Gegenwärtig sind rund **87% aller eingesetzten Primärenergieträger fossilen Ursprungs**^[5]. Dies zeigt, wie wichtig es ist, den Klimawandel zu begrenzen. Es wird immer deutlicher, dass wenig Zeit zum Handeln bleibt. Die Transformation eines globalen technischen Systems erfordert jedoch Zeit.

Mit Blick auf die jährlichen **globalen Kohlendioxidemissionen** ist festzuhalten, dass diese mittlerweile auf einem Niveau von **37 Gigatonnen pro Jahr** angelangt sind^[6]. Der **mittlere jährliche Anstieg** der Emissionen nahm in den letzten beiden Dekaden ab und tendiert aktuell gegen null, was einer Stagnation der jährlichen Kohlendioxidemissionen entspricht. Allerdings ist der erforderliche nachhaltige **Rückgang der Emissionen noch nicht erkennbar**. Das Jahr 2020 ist aufgrund der Covid-19 als Ausnahme zu betrachten. Ergänzend ist auf die endliche Verfügbarkeit des fossilen Energieträgers hinzuweisen.

Deutschland ist der weltweit sechstgrößte Emittent von Kohlendioxid. Der Anteil an den globalen Emissionen liegt in der Größenordnung von 2,0%^[7]. Obwohl die

Treibhausgasemissionen in Deutschland von 1990 bis 2020, d. h. in 30 Jahren, von rund 1,24 auf etwa 0,74 Gigatonnen – also um ca. 40% – gesenkt werden konnten, **emittiert Deutschland pro Kopf immer noch rund das Doppelte im Vergleich zum globalen Durchschnitt**^[8,9]. Wurde in 30 Jahren, unter Einschluss des Sondereffekts der Wiedervereinigung Deutschlands, eine Reduktion der Klimagasemissionen von 40% erreicht, so müssen in den kommenden 25 Jahren die restlichen 60% bewältigt werden. Dies bedeutet nicht nur, die **Geschwindigkeit der Transformation** in etwa zu verdoppeln. Auch die Komplexität erhöht sich, da die einfach zu generierenden Emissionsreduktionen bereits umgesetzt sind. Zudem geht es nicht ausschließlich um Kohlendioxid, sondern auch um weitere Klimagase und klimarelevante Entwicklungen.

Zielsystem für die Energieversorgung Deutschlands

In Deutschland basiert das Zielenergiesystem auf den beiden Säulen „**Erneuerbare Energien**“ und „**Bedarfsreduktion**“ durch Effizienz und Suffizienz. Dieser Ansatz führt zu einem grundlegenden Umbau der existierenden energietechnischen Infrastruktur, welche die Basis für Wohlstand, wirtschaftlichen Erfolg und Zukunftssicherung des Landes darstellt. **Der Transformationsprozess ist daher erfolgskritisch**. Er ist mit Blick auf den Klimawandel zeitnah bei laufenden Wirtschaftsprozessen durchzuführen. Er erfordert erhebliche Finanzmittel sowie große Mengen an Rohstoffen und Materialien. Finanzinstrumente, Rechtsrahmen, Planungssicherheit, Kreislaufwirtschaft, Technologieentwicklung und Lösungen für die mit der Transformation

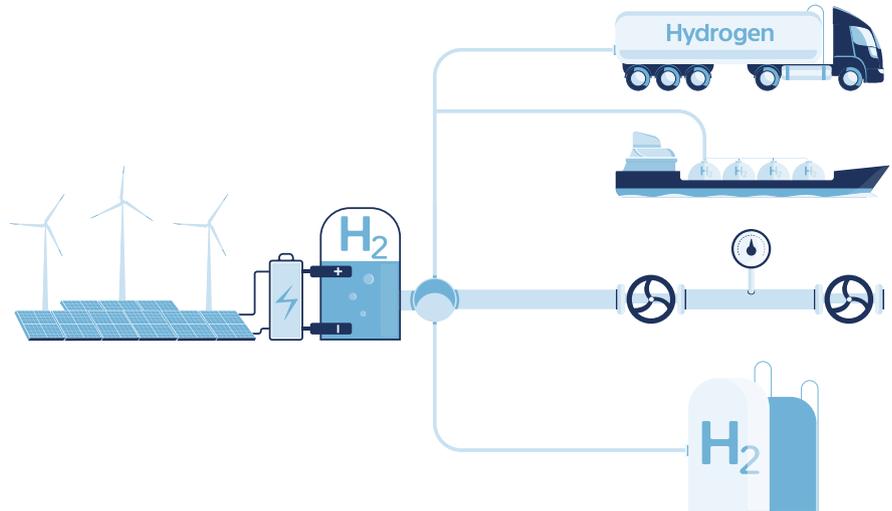
verbundenen gesellschaftlichen Veränderungen sind wichtig für diesen mittelfristigen Prozess. Seitens der Politik sind hierzu die richtigen Leitplanken und Anreize zu setzen. Dies ist eine der anspruchsvollsten Herausforderungen der Gegenwart.

Mit Blick auf die Transformationsgeschwindigkeit müssen beispielsweise 4% der vorhandenen und laufend genutzten Infrastruktur pro Jahr ersetzt werden, wenn ein Zeitraum von 25 Jahren für einen Komplettumbau zur Verfügung steht. Typische Konversionsraten im Energiesektor liegen aktuell im Bereich von 1% bis 2%. **Die zu erwartende Transformationsdauer liegt damit gegenwärtig zwischen 50 und 100 Jahren.** Eine Beschleunigung mit Hilfe neuer und wirksamer Instrumente und Technologien ist also dringend erforderlich.

Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe

Im Kontext einer übergreifenden Betrachtung stellt sich Wasserstoff als Multitalent heraus. Er ist nicht nur in der Lage, als speicherbarer Energieträger das Stromsystem zu stabilisieren, sondern er kann auch in der Stahlindustrie, der Chemieindustrie, der Mobilität, der Wärmeerzeugung im Wohnungssektor oder der industriellen und gewerblichen Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Diese Überlegungen führen zur Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland mit Quellen, Netzen, Speichern und Senken.

In molekularer Form kann erneuerbare Energie in großen Mengen über weite Strecken transportiert und so deren Import nach Deutschland ermöglicht werden.



Der internationale Transport von Wasserstoff erfolgt gasförmig über Rohrleitungen oder als Flüssigwasserstoff per Schiffsverkehr. Die letztgenannte Transportoption führt aufgrund der physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff zu höheren Kosten und beträchtlichen Energieverlusten, die diesen Weg insgesamt in Frage stellt^[10]. Daher dürfte sich der Transport per Schiff auf langen Überseestrecken eher auf wasserstoffbasierte synthetische Kraftstoffe wie **Ammoniak, Methanol** oder **Kerosin** konzentrieren. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass die entsprechende Herstellung mittels **Power-to-Liquid-Verfahren** auch im Ausland stattfindet, v.a. wenn dort exzellente Bedingungen für regenerative Energien gegeben sind.

Die Kombination von Strom mit dem Speichermedium Wasserstoff wird nicht alle Aufgaben im Energiebereich zufriedenstellend lösen. Vor allem im Mobilitätsbereich werden künftig komplexere Moleküle – z.B. Ammoniak oder Methanol für den Schiffsantrieb sowie synthetisches Kerosin bei Langstreckenflugzeugen – eingesetzt. **Wasserstoff ist ein wichtiger Basisstoff bei der**

Synthese dieser Energieträger. Weitere Stoffe wie Kohlendioxid oder Stickstoff sind dazu erforderlich.

Kohlenstoffhaltige synthetische Kraftstoffe sind nur dann vollständig klimaneutral, wenn die äquivalente Menge an Kohlendioxid vorher der Atmosphäre entnommen wurde. Dies ist ein sehr aufwendiges Unterfangen, da der Anteil an Kohlendioxid „nur“ 400ppm beträgt. Um also an ein Molekül Kohlendioxid zu gelangen, müssen 2.499 weitere Moleküle ausgefiltert werden. Nimmt man hingegen Abgase von fossilen Kraftwerken, um Kohlendioxid zu gewinnen, so ist die Kohlendioxidkonzentration im Abgas deutlich über 50%. Das Herausfiltern – Sequestrieren – ist damit technisch einfacher zu bewerkstelligen. Allerdings führt der Einbau der so gewonnenen Kohlendioxidmoleküle in synthetische Kraftstoffe wiederum zur Emission des Klimagases. In einer Gesamtbilanz wird die Emission an Kohlendioxid bei diesem Verfahren zwar um die Emissionen aus dem substituierten fossilen Treibstoff reduziert, aber nicht vollständig vermieden. Ein Kohlendioxidmolekül wird sozusagen zwei Mal verwendet.

Perspektivisch geht es darum, dass kein weiterer fossiler Kohlenstoff in den globalen Kohlenstoffkreislauf eintritt, sondern – im Gegenteil – diesem entzogen wird.

Die **Verwendung von Ammoniak vermeidet Kohlenstoff** und setzt auf einen Stickstoffkreislauf. Luft besteht zu 78 % aus Stickstoff. Dieser lässt sich mit dem Haber-Bosch-Verfahren großtechnisch gewinnen und durch Hinzufügen von Wasserstoff zu Ammoniak synthetisieren. Eine weitere Option sind Brennstoffzellen, mit deren Hilfe Ammoniak hergestellt werden kann.

Mit Blick auf die Anwendung verbrennt Ammoniak mit Sauerstoff zu Stickstoff und Wasser. Damit ist Ammoniak zukünftig ein aussichtsreicher Energieträger, der nicht in den Kohlenstoffkreislauf zurückgreift. Seine **gute Speicherbarkeit** macht ihn als Kraftstoff für den Verkehr interessant. **Dabei müssen Umweltrisiken systematisch ausgeschlossen werden.** Ammoniak ist toxisch.

Im Gesamtkontext der Erderwärmung sind weiterhin Emissionen des höchst klimaschädlichen Lachgases – Distickstoffmonoxid – nachweislich zu vermeiden^[11].

Herstellung und Anwendung von Wasserstoff

Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Wasserstoff führen zur Frage nach der benötigten Menge und den – priorisierten – künftigen Einsatzgebieten. Mit Blick auf die Herkunft von Wasserstoff ist im Wesentlichen auf folgende Optionen zu verweisen^[12]:

Hergestellt werden kann Wasserstoff

- als **Nebenprodukt** der chemischen Industrie (z. B. Chlor-Alkali-Elektrolyse; mit und ohne Kohlendioxidemission),
- auf **Basis fossiler Energieträger** (v. a. Erdgas; mit und ohne Kohlendioxidemission),
- auf **Basis elektrischer Energie** (grün, fossil oder nuklear; mit und ohne Kohlendioxidemissionen),
- auf **Basis von Prozesswärme** (z. B. Schwefel-Iod-Zyklus; grün, fossil oder nuklear; mit und ohne Kohlendioxidemissionen), sowie
- auf **Basis von Biomasse** oder biogenen Abfällen.

Nicht alle genannten Verfahren weisen den gleichen **technischen Reifegrad** auf. Forschungsbedarf besteht insbesondere bei Erzeugungsverfahren, die solare Energie photochemisch, photokatalytisch, solarthermochemisch oder photobiologisch direkt in Wasserstoff wandeln. Die verschiedenen Herstellungsoptionen von Wasserstoff werden mit Farben gekennzeichnet^[13]. Unter den in Deutschland definierten Randbedingungen der Energiewende ist Wasserstoff im Zielsystem „grün“. Seine Herstellung basiert damit auf regenerativen Energien wie grüner Elektrizität, Biomasse oder biogenem Abfall und ggf. grüner Wärme.

Auch Wasserstoff als Nebenprodukt der chemischen Industrie wird in diesem Kontext akzeptiert.

Es besteht weitgehend Konsens darüber, dass

- die in Deutschland benötigte Menge an grünem **Wasserstoff nicht ausschließlich in Deutschland hergestellt** werden kann und damit Importe von grünem Wasserstoff – durch Rohrleitungen oder verflüssigt per Schiff – eine wichtige Rolle spielen. Dazu sind ausländische Partner zu involvieren.
- beim **Import von grünem Wasserstoff** auf ökologische und soziale Standards vor Ort zu achten ist – auch im Sinne der Nachhaltigkeitsziele der UN (SDGs: Sustainable Development Goals). Dies betrifft insbesondere das Thema Wasserversorgung in sonnenreichen Gegenden^[14].
- die **Nutzung von „Überschussstrom“** nicht ausreichen wird, um den Bedarf zu decken, und damit leistungsstarke regenerative Energiequellen zum Zweck der Wasserstoffherzeugung zu errichten sind.
- generell ein **immenser Ausbau** der strombasierten Erneuerbaren Energien Wind, Photovoltaik und Geothermie erforderlich ist, um relevante Mengen grünen Wasserstoffs aus eigener Produktion decken und die daran gekoppelte Wertschöpfung im Land halten zu können.
- der Aufbau einer umfangreichen (Wasserstoff-)Infrastruktur **ausreichend Zeit**, eine **geeignete Logistik** sowie **ausreichendes Kapital** erfordert.

Weiterhin besteht weitgehend Konsens, dass Wasserstoff

- **vielfältig einsetzbar** ist und
- eine **wichtige Rolle** sowohl bei der **Stabilisierung des Stromsystems** als auch im Kontext einer **klimaneutralen Industrie** und einer **klimaneutralen Mobilität** spielen wird – v.a. für Anwendungen, bei denen eine Elektrifizierung nicht möglich ist.

Technisch betrachtet kann Wasserstoff im Grundsatz für folgende Anwendungen eingesetzt werden

- **Stromsystem:** Langzeitspeicher zur Beherrschung der „Dunkelflaute“; Resilienz und Stabilisierung des Stromsystems durch reine Stromerzeugung oder Kraft-Wärme-Kopplung
- **Stahlindustrie:** Reduktion von Eisenerzen
- **Chemie:** Energieversorgung sowie Basischemikalie u.a. für die Herstellung von Kunststoffen oder synthetischen Kraftstoffen
- **Mobilität:** möglich für schwerere Fahrzeuge wie Busse, LKW, Züge, Schiffe, Flugzeuge
- **Wärme:** Prozess- und Heizungswärme; reine Wärmeerzeugung oder Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis von reinem Wasserstoff oder Erdgas mit bis zu 30 % Blending im Wasserstoff

Bei den Anwendungen von Wasserstoff liegt der Fokus mehr auf der Effektivität als auf der Effizienz. Der Einsatz von effizienter Elektrizität führt nicht zur gewünschten Wirkung bzw. zum angestrebten Effekt. Beispielsweise dürften **Langstreckenflüge rein elektrisch nicht realisierbar** sein. Das Ziel muss also auf einem anderen weniger effizienten Weg erreicht werden.

Wichtige Technologien für den Einsatz von Wasserstoff sind Verbrennungsanlagen und -motoren, Gasturbinen und Brennstoffzellen.

Es ist darauf zu achten, dass der Gesamtbedarf an Wasserstoff in den relevanten Anwendungsfeldern durch Effizienz- und Suffizienzmaßnahmen so gering wie möglich gehalten wird. Auch nichtelektrische regenerative Energiequellen wie Solarthermie oder Geothermie können dazu beitragen den Wasserstoffbedarf gering zu halten.

Diskussionspunkte im Kontext von Wasserstoff

Der Einsatz von Wasserstoff in den Sektoren Chemie, Stahl, Mobilität und Stromerzeugung wird im Wesentlichen bejaht. Mit Blick auf die Modernisierungszyklen der entsprechenden Anlagen kommt dem richtigen Zeitpunkt der Umstellung auf den Energieträger und Rohstoff Wasserstoff eine wichtige Bedeutung zu. Sofern eine Modernisierung ansteht, bevor Wasserstoff verfügbar ist, können neue Anlagen H₂-ready errichtet werden.

Was die Wärme anbelangt, gehen die Meinungen deutlich auseinander. Besteht im Hinblick von Hochtemperaturwärme noch weitgehender Konsens, so wird der Einsatz von **Wasserstoff im Heizungssektor heftig diskutiert**. Die Eckpunkte stellen sich wie folgt dar:

Eine Wärmepumpenheizung ist deutlich effizienter als eine Brennwertheizung auf Wasserstoffbasis.

Erstere erfordert allerdings in der Regel eine energetische Sanierung des Bestandsgebäudes, während letztere die vorhandene Erdgasinfrastruktur nutzt, dafür aber den hohen Exergiewert mit Verbrennungstemperaturen von über 2.000°C nur unzureichend umsetzt. Die Anwendung von Wasserstoff in hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung – mit Gasturbinen, Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen – ist hingegen vorstellbar. Dies gilt v.a. dann, wenn diese Anlagen mit Wärmespeichern gekoppelt sind und so eine flexible Stromerzeugung möglich wird. Die Erdgasverteilungsnetze sind vorwiegend in kommunalem Eigentum und schwerpunktmäßig für die Versorgung von Erdgasheizungsanlagen konzipiert. Für eine Wasserstoffnutzung müssen sie entsprechend ausgerüstet werden. Wird der Wärmemarkt für den Einsatz von Wasserstoff geöffnet, steigt naturgemäß der Bedarf.

Abschätzungen des künftigen Bedarfs an Wasserstoff in Deutschland liegen je nach Quelle zwischen 500 TWh und 1.000 TWh. Diese Werte entsprechen dem halben bzw. dem vollständigen aktuellen Erdgaseinsatz in Deutschland^[vgl. 15].

Die aktuelle Diskussion in Deutschland fokussiert sich – nicht abschließend – auf folgende Fragestellungen:

- Soll eine **zeitliche** und/oder **inhaltliche Priorisierung des Wasserstoffeinsatzes** vorgenommen werden?

- Welche **Rolle** spielt **Wasserstoff** im **Wärmesektor**?
- Was geschieht künftig mit den **Erdgasverteilungsnetzen**, die gegenwärtig wesentlich für die Versorgung von Heizungsanlagen mit Erdgas genutzt werden?
- Wie werden sich **Angebot und Nachfrage an grünem Wasserstoff** vor dem Hintergrund eines entstehenden Weltmarktes entwickeln und wie ist die Verfügbarkeit geopolitisch zu bewerten?
- Kann der **Hochlauf von Import und heimischer Erzeugung** an grünem Wasserstoff **schnell genug** erfolgen?
- Welche **Rolle** spielt **nicht grüner**, aber dekarbonisierter blauer oder türkiser Wasserstoff im Kontext der Transformation?
- Welche Mengen an **Wasserstoff allgemein und an grünem Wasserstoff** im Besonderen sind in welcher **Qualität**, zu welchen **Zeitpunkten** und zu welchen **Preisen** verfügbar?
- Welche zeitlich beschränkten **Übergangsszenarien** sind denkbar?
- Wie können diese Übergangsszenarien verlässlich zu einem **Zielszenario** mit ausschließlich grünem Wasserstoff hingeführt werden?

- Welche **Konsequenzen** hat eine **Beschränkung auf grünen Wasserstoff** für Energieversorger und Gaswirtschaft und wie können diese beherrscht werden?
- Wie können betroffene **Wirtschaftszweige zu Beteiligten** und Unterstützern der **Energiewende** gemacht werden?
- Welche **Rolle** spielt die **Nachhaltigkeit** im Sinne eines zentralen Treibers der Wasserstoffwirtschaft und wie kann ein pragmatisches Monitoring (z. B. Zertifizierung, Lebenszyklusanalysen, Berichtspflichten) aussehen?

- Wie kann ein **liquider Wasserstoffmarkt** geschaffen werden?
- Welche **wirtschaftliche Dynamik** ergibt sich daraus?
- Welche **Rolle** werden **klimaneutrale Industrieprodukte** auf den internationalen Märkten spielen und was bedeutet dies mit Blick auf den Wasserstoffeinsatz?
- Welche **Anpassungen im gesetzlichen und regulatorischen Rahmen** sind erforderlich?

Die Positionen in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sind hierzu sehr unterschiedlich. Dies erfordert die Erarbeitung eines Konsenses.



Multimodales Zielsystem der Energiewende

Zentrale Eckpunkte mit Blick auf das multimodale Zielsystem der Energiewende:

- Die **Bedeutung leitungsbundener und batteriegestützter Elektrizität steigt** gegenüber dem gegenwärtigen Status.
- **Wasserstoff** wird künftig eine **größere Rolle** spielen und ist für die Transformation von Industrieprozessen unabdingbar.
- Insbesondere im **Mobilitätsbereich** und hier mit Blick auf LKW, Züge, Schiffe und Langstreckenflugzeuge werden neben Wasserstoff auch synthetische Kraftstoffe wie Ammoniak, Methanol oder Kerosin benötigt. Dazu sind weitere Stoffe wie Kohlendioxid oder Stickstoff erforderlich.

Aufgrund des unverändert **großen Technologiefortschritts** ist die Konsistenz des Zielsystems, d. h. die Frage, welche Technologie und welcher Energieträger welchen Anteil an der Lösung übernimmt, nicht eindeutig beantwortbar.

Es zeichnet sich jedoch ab, dass Stromanwendungen einen größeren Anteil am Lösungsraum haben werden, als noch vor wenigen Jahren vermutet. Dies reduziert den perspektivischen Einsatzbereich von Wasserstoff. Dennoch wird der Bedarf gegenüber dem aktuellen signifikant wachsen.

Der Faktor Zeit, Systemtransformation und Kohlendioxidsenken

Der Weltklimarat wies darauf hin, dass der Anstieg der globalen Mitteltemperatur bereits 2030 die Marke von 1,5 Grad überschreiten wird, falls keine kurzfristigen und deutlichen Gegenmaßnahmen ergriffen werden^[16]. Die zur **Dekarbonisierung** von Wirtschaft und Gesellschaft **verfügbare Zeit** wird zunehmend zum knappen Gut.

Damit stellt sich die Frage nach einer möglichst **kurzfristigen Reduktion der Klimagasemissionen**, wobei der Einsatz von regenerativem Strom und Wasserstoff zur Lösung dieser Herausforderung in erheblichem Umfang beitragen kann.

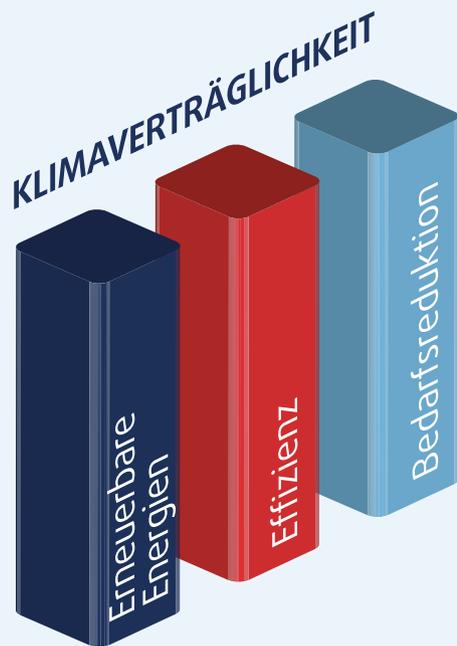
Mit Blick auf Wasserstoff ist zweifelsfrei langfristig anzustreben, dass dieser unter Einsatz erneuerbarer in- und ausländischer Energiequellen hergestellt wird. Nur dadurch wird die Nachhaltigkeit gewährleistet.

Um dieses Ziel zu erreichen, ist der **Aufbau einer umfangreichen Wasserstoffinfrastruktur** nötig und es ist der Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu bewerkstelligen. Schließlich ist eine dem Bedarf entsprechende Menge an Wasserstoff bereitzustellen und ein liquider Markt aufzubauen.

Für dieses Vorgehen ist entsprechend Kapital erforderlich und der Infrastrukturaufbau muss organisiert werden. Die Transformation kann nicht beliebig schnell durchgeführt werden.

Sie erfordert Zeit. Daher sind unverzüglich Maßnahmen zu ergreifen, um diesen Prozess einzuleiten. Bestehende Infrastrukturen möglichst umfangreich zu nutzen, beschleunigt die Transformation und reduziert den Kapitalbedarf. Heute wird **Wasserstoff** im Wesentlichen industriell genutzt und **mittels Dampfreformierung aus fossilem Erdgas** gewonnen. Bei der Herstellung wird Kohlendioxid freigesetzt. Von einigen Ausnahmen abgesehen ist die Wasserstoffinfrastruktur stets nur lokal ausgeprägt. Die **Wasserstoffinfrastruktur** ist deutlich auszubauen. Dies gilt für **alle Stufen der Wertschöpfungskette: Erzeugung, Transport, Verteilung und Anwendung**. Das zu überwindende Problem besteht in der wechselseitigen Abhängigkeit von Infrastruktur und Anwendung. Wasserstoffanwendungen kann es nur geben, wenn die Infrastruktur vorhanden ist, und Investitionen in die Infrastruktur wird es nur geben, wenn die Abnahme gesichert ist. Diesen Kreis gilt es mittels konzentrierter Aktionen zu durchbrechen. Dazu sind **Grundsatzentscheidungen auf Strategie-, Planungs- und Regulierungsebene** zu treffen^[17]. Der kurzfristige **Einsatz von dekarbonisiertem und nicht notwendigerweise grünem Wasserstoff** unter Nutzung der bestehenden Erdgasinfrastruktur erlaubt, die **Kohlendioxidemissionen schnell zu senken**. Gleichzeitig riskiert dies **Lock-in-Effekte**, die eine rein grüne Energiewirtschaft verzögern oder partiell verhindern. Der Markthochlauf dürfte damit ebenfalls unterstützt werden.

Nach aktueller Einschätzung werden die beiden genannten Säulen „**Erneuerbare Energien**“ und „**Bedarfsreduktion**“ nicht ausreichen, um die Klimaneutralität zu erreichen.



Die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre erreicht schon bald Werte, bei denen ein klimaneutrales Wirtschaften nicht mehr ausreichen wird. Klimaverträgliches Wirtschaften dürfte eine gleichzeitige Reduktion der Klimagaskonzentration in der Atmosphäre voraussetzen. Auch der Blick auf die verschiedenen Quellen für Treibhausgas außerhalb des Energiesektors legt die Vermutung nahe, dass **dauerhafte Kohlendioxidsenken** – neben **Erneuerbaren Energien** und **Effizienz** – eine weitere Säule hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft bilden. In diesem Kontext ist eine realistische Vision für ein klimaverträgliches Leben und Wirtschaften zu entwickeln und es sind Wege dorthin aufzuzeigen. Die Frage der Gewichtung der drei Säulen und somit der Konsistenz des Zielsystems ist zu beantworten. Dazu sind mehrere Wege gangbar.

Es gibt verschiedene technische und landschaftsökologische Optionen, um Kohlendioxid zu senken. Diese Konzepte sind systemisch und mit Blick auf ihr **Langzeitverhalten** und ihre **Nachhaltigkeit** zu bewerten. Dabei wird **dauerhafte Lagerung von Kohlendioxid** mittels technischer Verfahren höchst **kontrovers** diskutiert. Auch im Nichtenergiebereich ist das Thema Vermeidung von Klimagasemissionen ein zentraler Ansatz.

Der Einsatz von **Kohlendioxid als Rohstoff** erfolgt aktuell nur in sehr begrenztem Umfang. Würde z.B. die gesamte vom **Luftverkehr** benötigte Kerosinmenge synthetisch und unter Einsatz von sequestriertem Kohlendioxid hergestellt, würden zwar erhebliche Mengen Kohlendioxid in diesen Prozess eingebunden, sie würden aber letztendlich doch in die Atmosphäre emittiert werden.

Wird erwogen, **Kohlendioxid** dauerhaft dem Kreislauf zu entziehen, indem es **technisch abgeschieden** und **eingelagert** wird, so ist der benötigte Energieaufwand geringer, wenn bei konzentrierten (nicht vermeidbaren) Emissionen Kohlendioxid abgeschieden wird, anstatt es erst nach dem (Verbrennungs-) Prozess aus der Atmosphäre zurückzuholen.

Energiewende und Dekarbonisierung haben eine nationale und eine globale Komponente. Länder wie **Japan und Südkorea entkoppeln in ihrer Strategie** die drei Schritte Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur, Dekarbonisierung des Wasserstoffs und (alleiniger) Einsatz von grünem Wasserstoff. Ziel dieses Vorgehens ist, den **Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu beschleunigen**. Deutschland strebt den direkten Schritt in ein grünes Energiesystem an.

Die Diskussion in Deutschland und Hessen

Mit Blick auf Deutschland ist die **Gestaltung des Transformationsprozesses** eine der komplexesten und schwierigsten Herausforderungen für die Politik der Gegenwart. Dabei sind die bekannten energiepolitischen **Ziele Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit**, ergänzt um **Akzeptanz**, zu beachten. **Das energiepolitische Dreieck wird zum Viereck**. Da die Energiewende ein mittelfristiger Prozess ist, erfordern die wesentlichen aktuell offenen Punkte einen gesellschaftspolitischen Konsens. Aus Betroffenen müssen Beteiligte werden. Ziele, Leitplanken und Methoden sind klar zu trennen.

Transparenz und **Beteiligung** sind ebenso entscheidend wie **soziale Ausgewogenheit**. Es ist politisch die Frage zu beantworten, an welcher Stelle und in welcher Kombination welche Methoden – wie z.B. Marktmechanismen, Ordnungsrecht, Förderungen und Pönalen – eingesetzt werden, um die Klimaziele zu erreichen.

Angesichts der knappen Zeit ist die **Wirksamkeit der Methoden** ein wichtiger Faktor. Verschiedene Forschungsstellen analysieren die Wirksamkeit von Methoden(-kombinationen) und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung der Mechanismen, so z.B. die Stiftung Umweltenergierecht ^[18, 19]. Allgemein eignen sich Marktmechanismen besonders gut, um multidimensionale, komplexe und zeitlich variable Systeme zu optimieren. Um klassisches Marktversagen – also keine oder eine falsche Entwicklung – zu vermeiden, ist die Einbettung in einen Rechtsrahmen erforderlich, der soziale und ökologische Leitplanken definiert.

Innerhalb der nächsten 10 Jahre müssen klimaverträgliche Technologien vom Pilot- und Demonstrationsbetrieb hochskaliert und in einen wirtschaftlichen Betrieb überführt werden.

Unser exportorientierter Wirtschaftsstandort gibt uns die Chance, die Technologieentwicklung maßgeblich mit anzustoßen. Dies führt zu **Lern- und Skaleneffekten auf den Märkten**. Mittelfristig dürften die Kosten sowohl für die Herstellung von grünem Wasserstoff als auch für die Anwendungstechnologien deutlich sinken. Diese Kostendegression erleichtert den Übergang in eine auf Dauer grüne Wasserstoffwirtschaft. Indem neue Anlagentechnologien gezielt auf dem Heimatmarkt erprobt werden, lässt sich unser Wirtschaftsstandort gemäß dem Motto „**Klimaschutz made in Germany bzw. Europe**“ zukunftsfähig weiterentwickeln. Rechtsrahmen und Marktdesign sind dafür weiterzuentwickeln. Die derzeitigen Rahmenbedingungen erlauben es bereits, regionale Projekte auf den Weg zu bringen. Dieser Prozess kann unterstützt werden, indem die verschiedenen Akteure in den Regionen miteinander vernetzt und regionale Initiativen gestartet und koordiniert begleitet werden.

Wichtige Hinweise zu dieser Diskussion leisten u.a. die Hessische Wasserstoffstrategie^[20], die Nationale Wasserstoffstrategie^[21], die Wasserstoffstrategie der EU^[22] sowie die vom Ökoinstitut e.V. hergeleitete Wasserstoffstrategie von Mai 2021^[17], die Expertenempfehlung des Forschungnetzwerks Wasserstoff von August 2021^[23] und das Handbook Screening Wasserstoff Technik der Uni Erlangen-Nürnberg^[12]. ◇

Literaturhinweise und Quellenangaben

- [1] Umwelt Bundesamt: Atmosphärische Treibhausgaskonzentrationen, April 2021, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen>
- [2] Volker Quaschnig: Spezifische Kohlendioxidemissionen verschiedener Brennstoffe, <https://www.volker-quaschnig.de/datserv/CO2-spez/index.php>
- [3] Deutsche Umwelthilfe: Hintergrundpapier – Methan Auswirkungen auf Klima und Gesundheit, Juni 2015, http://www.duh.de/uploads/tx_duhdownloads/DUH_Hintergrundpapier_Methan.pdf
- [4] World Resources Institute: Greenhouse Gas Emissions on Climate Watch – World Greenhouse Gas Emissions 2016, <https://climatewatchdata.org>
- [5] BP: Full Report – Statistical Review of World Energy, 70th edition 2021, <https://www.bp.com/bp/pdfs/energy-economics>
- [6] statista: CO₂-Emissionen weltweit in den Jahren 1960 bis 2019, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37187/umfrage/der-weltweite-co2-ausstoss-seit-1751/>
- [7] statista: CO₂-Emissionen – Größte Länder nach Anteil am weltweiten CO₂-Ausstoß im Jahr 2019, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/179260/umfrage/die-zehn-groessten-co2-emittenten-weltweit/>
- [8] statista: CO₂-Emissionen pro Kopf weltweit nach ausgewählten Ländern im Jahr 2019, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167877/umfrage/co-emissionen-nach-laendern-je-einwohner/>
- [9] Umwelt Bundesamt: Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, Juni 2021, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>
- [10] Ulf Bossel: Wasserstoff löst keine Energieprobleme, LIFIS ONLINE, Dezember 2010, https://www.leibniz-institut.de/archiv/bossel_16_12_10.pdf
- [11] NABU Bundesverband: Studie – Ammoniak als Schiffstreibstoff – Risiken und Perspektiven – Zusammenfassung. Juni 2021, <https://en.nabu.de/imperia/md/content/nabude/verkehr/210622-nabu-studie-ammoniak-schiffstreibstoff.pdf>
- [12] Thomas Plankenbühler, Sebastian Kolb, Katharina Herkendell, Jürgen Karl: Handbook Screening Wasserstofftechnik, Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, April 2021, https://www.n-ergie.de/public/remotemedien/media/n_ergie/internet/die_n_ergie/unternehmen_1/publikationen/FirstSpirit_1632302712497H2_Handbook_-_final_-_19-09-2021.pdf
- [13] House of Energy: Aspekte 3 – Erzeugung von Wasserstoff, Juni 2020, https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2020/3066_Aspekte_No3_Wasserstoff_Stand-Juniz020.pdf

- [14] Handelsblatt: Schattenseite des Hoffnungsträgers: Produktion von Wasserstoff könnte Ressourcen gefährden, 5.4.2021, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/klimaneutralitaet-schattenseite-des-hoffnungstraegers-produktion-von-wasserstoff-koennte-ressourcen-gefaehrden/27063644.html?ticket=ST-3447441-FKFc5uZzedFxudPjfbzl-ap4>
- [15] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Energiedaten – Gesamtausgabe, Stand: Oktober 2019, https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energiedaten/energiedaten-gesamt-pdf-grafiken.pdf?__blob=publicationFile&v=40
- [16] Tagesspiegel: Die 1,5-Grad-Grenze könnte schon 2030 überschritten werden, August 2021, <https://www.tagesspiegel.de/wissen/weltklimarat-zur-klimakrise-die-1-5-grad-grenze-koennte-schon-2030-ueberschritten-werden/27496374.html>
- [17] Öko-Institut e.V.: Die Wasserstoffstrategie 2.0 für Deutschland. Untersuchung für die Stiftung Klimaneutralität, Mai 2021, <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Die-Wasserstoffstrategie-2-0-fuer-DE.pdf>
- [18] Stiftung Umweltenergierecht: <https://stiftung-umweltenergierecht.de/>
- [19] Beispielhafte Forschungsstellen zum Rechtsrahmen (alphabetisch):
- Agora Energiewende Smart Energy for Europe Platform (SEFEP) gGmbH: <https://www.agora-energiewende.de>
 - Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): <https://www.dena.de/themen-projekte/erneuerbare-energien/politik-und-markt/>
 - Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.: <https://www.diw.de>
 - Helmholtz Zentrum für Umweltforschung: <https://www.ufz.de/index.php?de=38395#forschungsfelder>
 - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln gGmbH (EWI): <https://www.ewi.uni-koeln.de>
 - Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS) e.V.: <https://foes.de/>
 - Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH: <https://www.gws-os.com/de>
 - ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH: <https://www.ifeu.de/themen/energie/politikinstrumente-und-szenarien/>
 - Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (IKEM): <https://www.ikem.de>
 - Öko-Institut e.V.: <https://www.oeko.de/forschung-beratung/themen/umweltpolitik-und-umweltrecht>
 - Rat für Nachhaltige Entwicklung: <https://www.nachhaltigkeitsrat.de>
 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21): www.ren21.net
 - Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): <https://www.umweltrat.de>
 - Stiftung World Future Council: <https://www.worldfuturecouncil.org> und <https://www.futurepolicy.org/>
 - Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU): <https://www.wbgu.de/de>
 - Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH: <https://wupperinst.org>
 - ZEW – Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim: <https://www.zew.de/forschung/umwelt-und-ressourcen/ökonomik-umweltmanagement>
- [20] HMWEVW: Wasserstoffstrategie des Landes Hessen, Publikation voraussichtlich Oktober 2021, <https://wirtschaft.hessen.de/node/60>
- [21] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Juni 2022. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=20
- [22] European Commission: A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. Juli 2020. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf
- [23] Projektträger Jülich (PtJ) (Hrsg.): Expertenempfehlung Forschungsnetzwerk Wasserstoff. August 2021. https://www.forschungsnetzwerke-energie.de/lw_resource/datapool/systemfiles/agent/fnepublications/CB89EC28FD6325E2E0537E695E860C38/live/document/Expertenempfehlung_Forschungsnetzwerk_Wasserstoff.pdf

Hinweis der Verfasser

Dieser Beitrag entstand vor dem 24.02.2022. Seit dem Beschluss von Deutschland und der EU, den Gasbezug aus Russland bis spätestens 2024 einzustellen, ist Erdgas eingeschränkt verfügbar und teuer. Die Rolle von blauem und türkischem Wasserstoff ist neu zu bewerten.

GASTBEITRÄGE

Sustainable Finance und die Suche nach einer Definition für Nachhaltigkeit



Rechtsanwalt Christoph Paul, Becker Büttner Held Rechtsanwälte

Nachhaltigkeit ist das Motto der Stunde. Kaum ein Bereich, ob in der Politik, der Wirtschaft oder dem Privatleben, ist nicht von dem Bestreben geprägt, nachhaltig zu sein. Den wohl bekanntesten Ansatz, sich einer Definition für Nachhaltigkeit zu nähern, haben die Vereinten Nationen entwickelt. Mit den 17 Sustainable Development Goals („SDGs“) werden umfangreiche Zielvorstellungen formuliert, deren Erreichung unseren Planeten zu einem nachhaltigen Lebensort für alle machen soll.

Stellt man sich einen Kompass vor, so pendelt sich die Nadel damit immer auf das große „N“ für Nachhaltigkeit ein. Soll aus dem Motto der Nachhaltigkeit jedoch eine verbindliche Vorgabe werden, reicht eine bloße Richtungsanzeige nicht aus. Um (rechtlich) verbindliche Vorgaben für nachhaltiges Handeln und Wirtschaften zu entwickeln, braucht es eine klare Definition, was nachhaltig ist – und was nicht.

Nimmt man sich den Klimaschutz (SDG Nr. 13) heraus, werden die Konturen der ökologischen Nachhaltigkeit durch das Pariser Klimaschutzabkommen weiter geschärft. Durch die kompromisslose Reduzierung von CO₂-Emissionen soll die Erderwärmung auf unter 2 Grad – besser wären 1,5 Grad – begrenzt

werden. Als Notwendigkeit nennt das Pariser Klimaschutzabkommen dafür in Art. 2c), dass Finanzmittelflüsse in den Einklang mit einer treibhausgasarmen und gegenüber Klimaänderungen widerstandsfähigen Entwicklung gebracht werden müssen. Damit gemeint ist die Bereitstellung des notwendigen Kapitals, um eine wirtschaftliche Transformation im Sinne des 2-Grad-Ziels sozial und gerecht zu ermöglichen. Es ist naheliegend, dass sich für die Inzentivierung und Lenkung der Kapitalflüsse in diesem Sinne der Begriff „Sustainable Finance“ etabliert hat.

Hintergrund dieser notwendigen **Inzentivierung von Kapitalflüssen** ist die Erkenntnis, dass staatliche Akteure und die öffentliche Hand das benötigte Investitionskapital zum

Erreichen der Klimaziele nicht alleine werden aufbringen können. Auf europäischer Ebene sind die Schätzungen des Investitionsbedarfs seit Jahren stark steigend – zuletzt im Rahmen des **Green Deals** bei 260 Mrd. Euro jährlich – und werden durch noch ambitioniertere europäische Klimaziele zusätzlich nach oben getrieben. Es stellt sich damit die Frage, wie zusätzliches privates Kapital mobilisiert und zielgerichtet in Investitionen gelenkt werden kann, die zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen führen.

Eine **Schlüsselrolle kommt hier dem Finanzsektor** zu. Durch seine Funktion, privates Investitionskapital durch das Kreieren von passenden Finanzprodukten zu sammeln und es so gebündelt der Realwirtschaft zur

Verfügung zu stellen, kann bereits hier eine wegweisende Lenkungswirkung erreicht werden. Dass daher die Nachhaltigkeit auch in der Finanzmarktregulierung verstärkt Einzug gefunden hat, ist damit folgerichtig.

Doch kann die wichtige Rolle des Finanzsektors als **Vermittler zwischen Investitionskapital und Realwirtschaft** nicht darüber hinweghelfen, dass der Grad der Nachhaltigkeit einer Investition nicht durch ihn selbst bestimmt werden kann, sondern sich dort entscheidet, wo das Kapital konkret arrondiert und ausgegeben wird und die Wertschöpfung auf Seiten der Realwirtschaft beginnt. Ob eine Investition in ein Unternehmen als ökologisch nachhaltig bewertet wird oder nicht, bestimmt sich somit ganz konkret danach, wie dieses Unternehmen wirtschaftlich agiert. Wann eine wirtschaftliche Tätigkeit als ökologisch nachhaltig anzusehen ist, bestimmt sich nach der im Juni 2020 geschaffenen **europäischen Taxonomieverordnung**. Dabei handelt es sich um die dringend benötigte und europaweit harmonisierte Definition für ökologisch nachhaltiges Wirtschaftshandeln, welche zumindest in Bezug auf den Klimawandel für ein einheitliches Verständnis von ökologischer Nachhaltigkeit sorgen soll. Die Funktionsweise der Taxonomieverordnung lässt sich in drei Stufen zusammenfassen:

- Auf der **ersten Stufe** bestimmt die Taxonomieverordnung in Art. 9 folgende Umweltziele:
 1. Klimaschutz
 2. Anpassung an den Klimawandel
 3. Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wasser- und Meeresressourcen
 4. Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft
 5. Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung
 6. Schutz und Wiederherstellung der Biodiversität und der Ökosysteme

- Auf der **zweiten Stufe** werden die in den Art. 10 bis 15 der Taxonomieverordnung genannten Umweltziele näher beschrieben und es wird festgelegt, unter welchen Umständen eine wirtschaftliche Tätigkeit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung eines der Umweltziele leistet. Unter einem wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz versteht die Taxonomieverordnung gem. Art. 10 Abs. 1 dabei eine Wirtschaftstätigkeit, welche dazu beiträgt, die Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, das eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert, indem im Einklang mit dem langfristigen Temperaturziel des Übereinkommens von Paris Treibhausgasemissionen vermieden oder verringert werden oder die Speicherung von Treibhausgasen verstärkt wird. Zu den konkreten Wirtschaftstätigkeiten, die dieses Ziel erfüllen, zählt gem. Art. 10 Abs. 1b) zum Beispiel die Steigerung der Energieeffizienz.

- Auf der **dritten Stufe** kommt es zu der Festlegung konkreter branchenspezifischer Grenzwerte, anhand derer der „wesentliche Beitrag“ einer Wirtschaftstätigkeit zu einem Umweltziel sowie die Grenze zu einer „erheblichen Beeinträchtigung“ eines Umweltziels festgelegt wird. So leistet die **Renovierung eines bestehenden Gebäudes** einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz, wenn sie zu einer **Verringerung des Primärenergiebedarfs** um mindestens 30 % führt.

Nur wenn eine wirtschaftliche Tätigkeit einen wesentlichen Beitrag zu mindestens einem der Klimaziele leistet, dabei keines

der anderen Klimaziele wesentlich beeinträchtigt und zusätzlich soziale Mindeststandards einhält, kann sie als „taxonomiekonform“ und damit als ökologisch nachhaltig bewertet werden.

Herzstück der Taxonomieverordnung sind damit die konkreten Grenzwerte (technische Bewertungskriterien). Die Europäische Kommission hat am 04.06.2021 zumindest für die **Klimaziele „Klimaschutz“** und **„Anpassung an den Klimawandel“** die ersten verbindlichen technischen Bewertungskriterien in Form eines delegierten Rechtsakts erlassen, welche ab dem 01.01.2022 anzuwenden sind. Perspektivisch sollen hier entsprechende Grenzwerte für alle wirtschaftlichen Tätigkeiten entwickelt werden. Da dies zwangsläufig ein langwieriger Prozess sein wird, wurde mit den Wirtschaftsfeldern angefangen, die nachweislich für den größten Anteil an Treibhausgasemissionen in Europa verantwortlich sind – darunter natürlich auch die Energiewirtschaft.

Auch wenn sich die genaue Ausgestaltung der Grenzwerte noch in einem Prozess befindet, wurde mit der Taxonomieverordnung eine Definition für ökologische Nachhaltigkeit geschaffen. Ob und wie gut diese insbesondere für die Unternehmen der Realwirtschaft händelbar ist, wird die Zukunft erst noch zeigen.

Fest steht, dass der Nachweis über die Einhaltung weiterer Grenzwerte für die Unternehmen zusätzlichen Aufwand bedeutet und teilweise die Etablierung gänzlich neuer Prozesse erfordert.

Ob damit die bezweckte Erleichterung beim Zugang zum Kapitalmarkt einhergeht, ist ebenfalls noch abzuwarten und wird derzeit kontrovers diskutiert. ◇



„Es geht darum, den Markt zu stärken!“
Neue Anreize für den Strommarkt

Dirk Filzek, House of Energy e.V.

Interview mit Ingrid Nestle, Sprecherin für Energiewirtschaft der Grünen-Bundestagsfraktion, zum Thema Strommarktdesign

Die zweite Phase der Energiewende wird mit einer Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Mobilität und Industrie einhergehen. Dadurch werden die Erneuerbaren Energien für alle Sektoren verfügbar – eine wichtige Voraussetzung zur Erreichung unserer Klimaziele. Dies setzt eine Weiterentwicklung des Strommarktdesigns voraus, denn der bisherige Strommarkt stößt mit der Energiewende an seine Grenzen und es fehlen die benötigten Investitionssignale. Im Frühjahr 2021 beschloss die Bundestagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen ihr Konzept für ein neues Strommarktdesign. Wir fragten Ingrid Nestle, mit welchen zentralen Elementen des Strommarktdesigns eine sichere und kostengünstige Versorgung mit viel erneuerbaren Energien erreicht werden soll.

Zum Start einer Interviewreihe führte Dirk Filzek vom House of Energy dieses Interview im Sommer vor der Bundestagswahl 2021 und vor dem russischen Überfall auf die Ukraine.

HoE: Frau Dr. Nestle, mit Ihrem Vorschlag für ein neues „Strommarktdesign im Konzert der energiepolitischen Maßnahmen“ streben Sie an, die Grundlagen für ein Versorgungssystem zu schaffen, dass perspektivisch zu 100% auf Erneuerbaren Energien basiert. Dazu soll ein marktwirtschaftlicher Wettbewerb mit klaren Leitplanken organisiert werden. Was sind die zentralen Punkte Ihres Reformvorschlags?

Die Erneuerbaren Energien stehen im Mittelpunkt. Strom aus Wind und Sonne ist inzwischen günstiger als Strom aus neuen fossilen und atomaren Kraftwerken. Wir können also, indem wir jetzt Erneuerbare zubauen, den Strompreis senken. Gleichzeitig muss der Strommarkt damit umgehen, dass die Stromerzeugung aus Wind und Sonne wetterabhängig ist. Dabei handelt es sich um ein völlig anderes Umfeld als in der Vergangenheit und der Strommarkt muss darauf reagieren – sonst wird es schwierig.

Deshalb setzt unser Vorschlag für einen Strommarkt auch klare Anreize für Verbraucher, um auf die Verfügbarkeit von Wind und Sonne zu reagieren. Viele Verbraucher könnten problemlos auf Strompreise reagieren; aber sie tun es nicht, weil sie am Strommarkt dafür bestraft werden. Ein Beispiel: Ein großes Alu-Unternehmen könnte seinen Stromverbrauch von heute auf morgen um 48 Stunden verschieben. Wenn sie es aber tatsächlich täten, müssten sie bei den Netzentgelten ordentlich draufzahlen. Es ist absurd, dass sie nicht auf die Verfügbarkeit reagieren können.

HoE: Mit der Sektorenkopplung werden wir zukünftig eine Reihe neuer Energie-Verbraucher im Stromnetz sehen ...

Die neuen großen Verbraucher, die in naher Zukunft in den Markt hineinkommen werden, bringen zu einem großen Teil Flexibilität mit. So kann die Erzeugung von Wasserstoff zeitlich flexibel organisiert werden. Auch Wärmepumpen sind in Verbindung mit Wärmespeichern flexibel. Elektromobilität ist nicht immer flexibel (wenn man gerade am Supercharger steht, will man sofort laden); aber wer über Nacht lädt, bringt natürlich zeitliche Flexibilität mit.

Das heißt, wir haben in Zukunft einen sehr großen Anteil an Verbrauchern, die flexibel sein können. Der Strommarkt muss so organisiert sein, dass es sich für die flexiblen Verbraucher lohnt, die zeitliche Verfügbarkeit von Strom aus Wind und Sonne so weit wie möglich abzufahren.

Interessant dabei: Dies lohnt sich dann tatsächlich auch für diejenigen Marktakteure, die nicht flexibel sind. Dadurch, dass die flexiblen Verbraucher so weit möglich aus den Zeiten rausgehen, zu denen Wind- und Sonnenstrom knapp sind, bleibt der vorhandene Strom natürlich im Wesentlichen für diejenigen Verbraucher erhalten, die nicht flexibel sind, d.h. auch diese haben einen wirtschaftlichen Vorteil davon.

HoE: Sie sprechen von „klaren Anreizen“ für Verbraucher, auf die Verfügbarkeit von Wind und Sonne zu reagieren. Wie sollen diese konkret aussehen?

Über eine Reform der Abgaben, Entgelte und Umlagen auf die Strompreise wollen wir realisieren, dass die Preissignale tatsächlich bei den Kunden ankommen. Das ist ein ganz zentrales Element. Und davon profitieren auch Speicher. Es geht darum, den Markt zu stärken! Natürlich braucht es für das Gesamtsystem noch weitere Elemente.

HoE: Welche weiteren Mechanismen planen Sie, damit Investitionen in Flexibilität und Sektorenkopplung attraktiv werden? Und wie koordinieren Sie die flexiblen Akteure und deren Einsatzzeiten über den Strommarkt, so dass die Anlagen sich tatsächlich stromnetzdienlich verhalten?

Indem wir ein klares Marktdesign schaffen, das Flexibilität belohnt und auf das sich die Akteure einstellen und verlassen können. Ganz wichtig ist, dass flexible Anlagen sehr günstigen Strom beziehen können, wenn sie sich systemdienlich verhalten.

Das Preissignal entsteht über die Strombörse. Und wir verstärken es im Zusammenspiel mit halbdynamischen Umlagen. Unser Vorschlag ist, die EEG-Umlage künftig dann stärker zu senken, wenn die Stromerzeugung CO₂-arm ist. Bei den Kunden werden die Umlagen also nicht mehr so starr berechnet wie bislang, sondern dann abgeschmolzen, wenn Wind und Sonne viel Strom liefern. Mit den neuen intelligenten Stromzählern wird das möglich. Der Spotmarktpreis ist ein sehr guter Indikator dafür, ob gerade mehr Angebot als Nachfrage da ist oder andersherum. In Kombination mit halbdynamischen Umlagen auf den Strompreis verschiebt sich

das Preissignal von „Es ist gerade generell viel Strom da“ zu „Es ist gerade viel CO₂-armer Strom am Markt verfügbar“. Halbdynamisch nennen wir die Umlage deshalb, weil wir sie nach oben hin deckeln wollen, damit der Strom nicht teurer wird als nötig. Denn wir benötigen Strompreissignale, die in keine Richtung verzerrend wirken.

So schaffen wir Klarheit über Preissignale. Und das gibt zugleich klare Investitionssignale. Wenn die Erneuerbaren da sind und der CO₂-Gehalt im Strommix niedrig ist, gibt es preisgünstigen Strom. Damit ist klar: Die flexibel steuerbaren Anlagen werden so geplant, dass sie genau in die Zeiten mit viel Wind und Sonne gehen. Und wir gehen nicht das Risiko ein, dass die Sektorenkopplung zu einer Verlängerung der Kohleverstromung führt. Letztlich nimmt diese Maßnahme den Effekt eines realistischen CO₂-Preises vorweg. Sie ist sinnvoll, um gezielt Investitionssicherheit zu bieten, damit wir sofort mit dem Sprung in die Zukunft beginnen können und „Stranded Investments“ vermeiden.

Sollte das anfangs nicht ausreichen, weil die Investitionskosten noch zu hoch sind (z. B. bei Flexibilität in der Industrie, für die ein großer Investitionsbedarf besteht), können wir uns auch vorstellen, über eine Ausschreibung die kostengünstigsten Flexibilitätspotenziale zu identifizieren und zusätzlich zu fördern. Dies

wäre ein sehr kostengünstiger Weg, mit dem eine Subventionsspirale bewusst vermieden wird.

.....

HoE: Sehen Sie einen Mechanismus vor, der gewährleistet, dass große flexible Stromverbraucher und Speicher an netzdienlichen Standorten errichtet werden?

.....

Ja, das braucht man auf jeden Fall. Kurzfristig wollen wir für Elektrolyseure entsprechende Preisanreize setzen, weil hier in den nächsten Jahren viel investiert wird. Wenn die erstmal an einer Stelle stehen, kann man die nicht mehr so einfach hochnehmen und an eine andere Stelle tragen. Deswegen ist es wichtig, schon kurzfristig über Preissignale zu steuern, dass die Elektrolyseure tendenziell vor dem Netzengpass entstehen und nicht dahinter. Man kann den Wasserstoff trotzdem noch in Süddeutschland verbrauchen, denn der Transport von Wasserstoff über umgewidmete Gasleitungen ist sehr viel günstiger als der Neubau von HGÜ-Stromtrassen. Aber dazu brauchen wir sofort geeignete Preissignale.

Dazu wollen wir die Netzentgelte dann abschmelzen, wenn der Elektrolyseur gerade keinen Netzengpass verursacht oder ver-



stärkt. Wir sagen: „Ihr müsst keine Netzentgelte zahlen“ –, aber eben auch nur dann, wenn ihr gerade nicht vorm Netzengpass seid. Dann kann jeder Investor sich selbst überlegen und entscheiden, an welchen Standorten er zu wie vielen Stunden im Jahr Strom ohne Netzentgelte beziehen kann. Das kann an manchen Standorten das ganze Jahr über sein und an anderen wird es deutlich seltener sein. Die Höhe der Netzentgelte ist ein relevanter Posten, der Investitionsentscheidungen beeinflusst.

.....

HoE: Anhaltende Netzengpässe werden mit der fortschreitenden Energiewende zu einer Herausforderung für die Netzstabilität. Reichen die Mechanismen der dynamisierten Strompreisbestandteile bereits aus?

.....

Klar ist: Die Gesellschaft muss in der nächsten Legislatur klären, ob wir auch regionale Preissignale einsetzen oder ob wir deutlich mehr Stromleitungen zubauen, als heute geplant sind, und dadurch die zu erwartenden Netzengpässe auf ein kleines Maß zurückfahren. Das ist im Moment noch nicht ausreichend diskutiert. Ich finde beides legitim. Aber ich glaube, wir können die Entscheidung nicht mehr ewig vor uns herschieben.



HoE: Haben Sie eine Präferenz?

Sinnvoll wäre so viel Netzausbau, dass die Preise nicht dramatisch auseinanderfallen. Aufgabe des regionalen Preissignals wäre, die Situation untertägig „auszumendeln“, sodass jeder sich nach einem vernünftigen Preissignal richten kann.

Um Missverständnissen vorzubeugen: Bei den regionalen Stromgebotszonen geht es nicht darum, ein Preisgefälle zwischen Nord und Süd aufzumachen. Ehrlich gesagt wird sehr viel Photovoltaik in Süddeutschland stehen, und wenn wir regionale Preise haben, wird es auch viele Stunden im Jahr geben, zu denen es im Süden billiger ist als im Norden.

Vielmehr geht darum, dass die flexiblen Akteure zum richtigen Zeitpunkt verbrauchen. Es bringt ja wenig, wenn die E-Auto-Besitzer in Schleswig-Holstein auf die Verfügbarkeit von Sonnenstrom in Bayern reagieren, obwohl dazwischen ein Netzengpass ist und der Strom gar nicht bei ihnen ankommt. An jedem einzelnen Tag muss das Preissignal ja stimmen und unverzerrt bei der Entscheidung helfen, ob man eher besser mittags oder besser nachts sein Auto auflädt. Und das kann nicht funktionieren, wenn man sowohl eine einheitliche Preiszone als auch massive Netzengpässe hat.

HoE: Sie sprachen die Notwendig an, kurzfristig große Kapazitäten an flexiblen Elektrolyseuren aufzubauen. Wird es nicht viele Betreiber geben, die daran interessiert sind, ihre Elektrolyseure mit maximaler Volllaststundenzahl und minimaler Flexibilität zu betreiben, z.B. für industrielle Anwendungen?

Um ihre Flexibilität zu erhalten, müssen die Elektrolyseure mit rund 3000 Volllaststunden im Jahr hinkommen. Und das Marktdesign muss so gestaltet sein, dass das wirtschaftlich ist. Ich gehe davon aus, dass die Investitionskosten für Elektrolyseure deutlich heruntergehen werden, sodass man auch mit geringeren Volllaststunden immer noch auf erträgliche Wasserstoffpreise kommt.

Wir wollen die Elektrolyseure auch unterstützen, indem wir die Umstellung der Industrie fördern. Denn wir müssen sicherstellen, dass die Industrie den Wasserstoff, den sie braucht, auch bekommt. Die Industrie muss in der Lage sein, die höheren Preise für grünen Wasserstoff auch bezahlen zu können. Wenn wir Wasserstoff einfach nur so weit heruntersubventionieren, dass er von allen möglichen Akteuren gekauft wird,

dann ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass die Industrie nicht mehr ausreichend abbekommt.

Deshalb sage ich: Wir brauchen definitiv weitere Finanzierungsmechanismen für eine Finanzierung über die Industrie. Falls das noch nicht ausreichen sollte, um einen Hochlauf beim Wasserstoff definitiv abzusichern, können wir uns vorstellen, dass es eine Förderung obendrauf gibt, die kostengünstig über eine Ausschreibung festgestellt wird. Mithilfe der Ausschreibung stellen wir ebenfalls sicher, dass die Elektrolyseure an der systemdienlich richtigen Stelle stehen und erneuerbaren Strom aufnehmen. Und dann zahle ich lieber ein bisschen mehr für den Wasserstoff, habe aber wirklich grünen Wasserstoff, als dass ich sage, es muss aber ein bisschen billiger sein, hab jetzt aber ganz viel Kohlestrom drin – aber egal, das kann ich nicht verhindern. Ein solcher Ansatz wäre gesamtgesellschaftlich viel teurer, denn es ist absurd, aus Kohlestrom Wasserstoff zu machen.

HoE: Um die Elektrolyseure und die vielen anderen Verbraucher mit Strom zu versorgen, braucht es große Mengen Erneuerbarer Energie. Wie soll der Ausbau der Erneuerbaren Energien angekurbelt werden?



Es ist ganz wichtig, auch über die Jahre hinweg Investitionssicherheit mit anspruchsvollen Ausbauzielen zu schaffen. Im Moment sind die Ausbaukorridore im EEG viel zu niedrig und ab und zu kommt dann plötzlich noch mal ein Schlag oben drauf, weil man im Folgejahr doch mehr Windparks haben will. Kein Mensch kann innerhalb von einem Jahr mehr Windparks aus dem Ärmel zaubern. Und dann haben sie noch diese endogene Mengensteuerung im EEG 2021, die vorsieht, dass das Ausschreibungsvolumen für Windenergie an Land bei drohender Unterzeichnung durch die Bundesnetzagentur zu reduzieren ist. Das klingt erstmal nicht so schlimm, bedeutet aber, dass die Zubaumengen für Windenergie an Land sich selbstständig immer weiter herunterregeln. Das ist der völlig falsche Ansatz! Wir brauchen ganz im Gegenteil jetzt die Investitionssicherheit dafür, dass auch in vier, in fünf, in sieben Jahren die Mengen abgefragt werden, die wir tatsächlich brauchen. Dies wollen wir durch ein klares Marktdesign schaffen.

Dabei setzen wir unter anderem auf Differenzverträge für die Erneuerbaren Energien, auch CfDs (Contracts for difference) genannt. CfDs sind mehr ein Finanzierungs- als ein Förderinstrument. Das sind im Prinzip Langfristverträge zwischen Stromproduzenten und der Gemeinschaft der Verbraucher und sie dienen dem Zweck, für beide Seiten das langfristige Preisrisiko über 10/15/20 Jahre zu reduzieren. Bei den CfDs bieten die Produzenten darauf, eine gleitende Marktprämie zu beziehen, wie sie heute schon etabliert ist. Und die Günstigsten bekommen den Zuschlag. Durch die gleitende Marktprämie haben Produzenten einen Anreiz, den zeitlichen Verlauf ihrer Erzeugung zu optimieren, da sie den kurzfristigen Preisschwankungen

der Spotmärkte voll ausgesetzt sind. Über die Gesamtlaufzeit des Vertrages hingegen sind sie vor generell sinkenden Preisen am Strommarkt geschützt. Im Tausch gehen bei steigenden Börsenstrompreisen zusätzliche Erlöse an die Verbraucher. So haben Verbraucher und Industrie mehr Möglichkeiten, sauberen Strom verlässlich und zu wettbewerbliehen Preisen zu beziehen.

Diese Absicherung bedeutet, dass wir kostengünstiges Kapital für den Ausbau der erneuerbaren Energien garantieren können! Aktuell scheitert es nicht am Kapital, sondern an der Frage, welche Kosten man für das Kapital einrechnen muss. Über CfDs schaffen wir also eine Absicherung, die dafür sorgt, dass die Projekte zu niedrigeren Kosten umgesetzt werden können. Damit werden die Stromgestehungskosten um 15% bis 30% günstiger als ohne ein vergleichbares Instrument zur Risikoabsicherung. Auch das ist wichtig, um die Erneuerbaren kostengünstig und verlässlich auszubauen.

Dann muss im Planungsbereich einiges passieren, damit der Ausbau beschleunigt wird. Bei generellen Planungsvorgaben wollen wir, dass das Planungsrecht deutschlandweit vereinheitlicht und klarer wird, um den Ausbau zu beschleunigen. Und es geht um Akzeptanz. Es ist wirklich wichtig, wieder für den Ausbau der Erneuerbaren Energien zu werben. In den letzten Jahren wurden erneuerbare Energien viel zu oft schlecht geredet und falsche Geschichten in Umlauf gebracht. Es ist wichtig, die richtigen Fakten breit in die Öffentlichkeit zu tragen. Aber auch simple Dinge helfen weiter, wie

z.B. die Schaffung von Flächen im Bereich von Flugsicherungsanlagen oder dort, wo das Militär sie nicht mehr benötigt.

HoE: Was passiert zu Zeiten, in denen Wind und Sonne den verbleibenden, unverschiebbaren Strombedarf nicht decken?

In den wenigen Wochen im Jahr, in denen es wirklich wenig Wind und Sonne gibt, werden Gaskraftwerke eingesetzt, die mit erneuerbaren Gasen laufen. Würde man einfach das heutige System 1:1 beibehalten und sagen, naja, fossiles Gas wird durch erneuerbare Gase ersetzt, dann wäre das nicht bezahlbar und man würde die benötigten Gasmengen kaum zusammenbekommen. Sofern jedoch das Strommarktdesign insgesamt stimmt, braucht man diese Gaskraftwerke nur noch so selten, dass man sie problemlos mit erneuerbaren Gasen betreiben kann.

HoE: Binden Sie die Bürgerenergie in den Strommarkt mit ein? Sollen Energy-Sharing, Peer-to-Peer-Stromprodukte und Mieterstromprojekte unterstützt werden? Wenn ja, wie?

Bürgerenergie ist ganz zentral für das grüne Stromkonzept. Auch Mieterstrom wollen wir unkomplizierter und einfacher machen, damit wirklich alle vom Ausbau der Erneuerbaren profitieren können. Ein Punkt, der uns

wichtig dabei ist, ist, dass die Bürgerenergie auch das Gesamtsystem stützt und dass die Verfügbarkeit von Strom aus Wind und Sonne auch bei Haushalten eine Rolle spielt.

Deswegen muss man das systemintelligent aufsetzen. Wir haben uns z. B. dafür eingesetzt, dass Heimspeicher verwendet werden können, um – gepoolt über einen Aggregator – Systemdienstleistungen anzubieten. Auch für eine kostengünstige und sichere Digitalisierung setzen wir uns ein, damit die vielen Kleinstakteure zusammen intelligent das Gesamtsystem unterstützen und davon auch profitieren können.

Modelle wie der Peer-to-Peer-Handel sind gute Ideen. Wir müssen nur vermeiden, dass daraus ein reiner EEG-Umlagen-Sparmechanismus wird, bei dem sich ein Teil der Leute gegen das Gesamtsystem optimiert. Dafür ist der Weg zu 100% Erneuerbaren Energien zu kompliziert. Wer von den Netzdienstleistungen profitiert, soll auch Anreize haben, sich insgesamt systemdienlich zu verhalten. Wenn wir das intelligent ausgestalten, ist die Bürgerenergie eine wichtige und tragende Säule, die auch zur Netzentlastung beiträgt.

.....

HoE: Sieht Ihr Strommarktdesign spezielle Brückenmechanismen vor, um den Übergang von der derzeitigen Versorgungsstruktur zu einer 100% Erneuerbaren Energien-Versorgung zu bewerkstelligen?

.....

Das ganze Paket ist unser Mechanismus und vieles davon kann auch auf Dauer bestehen bleiben. Vieles davon funktioniert auch bei 100% Erneuerbaren Energien. Was

später nicht mehr in dem Maße da sein wird, sind die halbdynamischen Umlagen. Die werden ersetzt durch einen steigenden CO₂-Preis, der dann ausdrückt, wann der Strom CO₂-arm ist und wann nicht. Die halbdynamischen Umlagen werden sich über die Jahre von selbst reduzieren und rausgehen, weil die EEG-Umlage ja in dem Maße kleiner wird, in dem wir die Entwicklungskosten der Erneuerbaren Energien abbezahlt haben. Der heutige Zubau macht nicht mehr viel EEG-Umlage aus. Und das ist ein Glücksfall, weil wir ja parallel den CO₂-Preis hochziehen wollen, dessen Wirkung in die gleiche Richtung geht. Die halbdynamische EEG-Umlage ist somit die Brücke zum CO₂-Preis. Dabei schließe ich nicht aus, dass man an der einen oder anderen Stelle auch noch mal schauen muss, wie man nachsteuert.

Und natürlich sind die CfDs sehr wichtig, weil eine große Unsicherheit darin besteht, wo die Strompreise zukünftig hingehen. Und diese Unsicherheit ist unfassbar teuer. Wenn man da keine Risikoabsicherung über ein solches Finanzierungsinstrument mit hineinnimmt, können massive Kosten am Kapitalmarkt entstehen. Deshalb brauchen wir das ganz dringend.

Dann sind an den Systemdienstleistungsmärkten dringend unnötige Hindernisse abzubauen, damit Speicher, flexible Lasten, Phasenschieber, Kondensatoren und erneuerbare Energien Systemdienstleistungen anbieten und bereitstellen können. Auf dem Weg zu 100% erneuerbaren Energien wird das immer wichtiger. Dazu kann ein Vorrang für innovative Technologien auf Systemdienstleistungsmärkten einen wichtigen Beitrag leisten. Die Ausschreibungszeiträume sollten so angepasst werden, dass eine Beteiligung von Wind- und Sonne auf Basis zuverlässiger Kurzzeitprognosen ermöglicht wird.



.....

HoE: Wie binden Sie die Wissenschaft und die Wirtschaft ein, um das Strommarktdesign weiterzuentwickeln?

.....

Wir haben die Wissenschaft und die Wirtschaft schon bei der Entwicklung ganz intensiv eingebunden und verschiedene Runden mit Wissenschaft, aber auch mit Wirtschaftsvertretern und Verbänden gedreht. Und auch seit der Verabschiedung des Konzepts wurde es mehrfach vorgestellt und diskutiert. Ich bin da immer neugierig und offen für Feedback. Selbstverständlich wird das Konzept auch in der nächsten Legislatur im Dialog mit den verschiedenen Akteuren weiterentwickelt und optimiert. Dabei versuchen wir, jedes Argument zu gewichten und nicht die Summe der Meldungen zu einem Thema. Denn letztlich geht es nicht darum, wo am lautesten geschrien wird, sondern darum, wo wirklich gute Argumente auf dem Tisch liegen. ◇

Frau Nestle, vielen Dank für dieses Gespräch!

Länderübergreifendes Netzwerk macht Unternehmen für Energieeffizienz und Klimaschutz stark

Dr. Niclas Wenz, IHK Darmstadt Rhein Main Neckar

Netzwerkgründung ETA-Metropol Rhein Main Neckar

Die heimische Industrie hat die einfach zu realisierenden Klimaschutzmaßnahmen bereits weitgehend umgesetzt. Jetzt geht es darum, die Herausforderungen anzugehen, die mehr Aufwand erfordern. Das neue Netzwerk „ETA-Metropol Rhein Main Neckar für Energieeffizienz und Klimaschutz“ unterstützt Unternehmen dabei. Die von mehreren IHKs aus den Metropolregionen Rhein-Neckar und Frankfurt-Rhein-Main getragene Plattform vernetzt Unternehmen, organisiert den Erfahrungsaustausch zwischen ihnen und regt Kooperationen an. Mit dem Zusammenschluss der IHKs aus den Metropolregionen Rhein-Neckar und Frankfurt-Rhein-Main wurde die erste bundesländerübergreifende Kooperation verwirklicht. Das House of Energy unterstützt das neue Netzwerk und arbeitet mit den IHKs in Hessen zusammen, um die Energiewende auch in der Industrie voranzutreiben.

Der **Preis der CO₂-Zertifikate in Europa steigt** und steigt – allein in den vergangenen zwei Jahren **um etwa siebzig Prozent**. Für viele Unternehmen sind die Treibhausgas-Emissionen längst eine zentrale Variable ihrer Wirtschaftlichkeit – die in den nächsten Jahren noch deutlich an Gewicht gewinnen dürfte, da sich die Emissionszertifikate mit dem neuen Klimaziel der EU im Rahmen des **Green Deals** weiter verteuern werden.

Die Unternehmen in den Metropolregionen sind beim Klimaschutz in den vergangenen Jahren bereits weit vorangekommen. So zeigt etwa die aktuelle Emissionsbilanz des hessischen Umweltministeriums, dass kein anderer Sektor im Bundesland seinen CO₂-Ausstoß seit 1990 prozentual so stark reduziert hat wie die Industrie.

Viele Betriebe haben massiv in Effizienztechnologien investiert, von der LED-Beleuchtung bis hin zu Öfen mit geringeren Wärmeverlusten. Allerdings ist das Potenzial der relativ einfach zu realisierenden Maßnahmen bereits weitgehend ausgeschöpft – die niedrig hängenden Früchte sind größtenteils geerntet. Für die Unternehmen wird der Klimaschutz damit künftig deutlich komplexer.

Die zukünftigen Herausforderungen lassen sich am besten gemeinsam bearbeiten, brauchen neue Freiräume, Innovationen und Erfindergeist.

Die **Industrie- und Handelskammern** aus den **Metropolregionen Rhein-Neckar** und **Frankfurt-Rhein-Main** haben deshalb eine neue Plattform für Unternehmen geschaffen, die nun die nächsten Schritte gehen wollen: Das **„Netzwerk ETA-Metropol Rhein Main Neckar für Energieeffizienz und Klimaschutz“**.

Energiemanagement als Voraussetzung

Das Netzwerk steht allen großen Unternehmen in der Region offen, die bereits ein Energiemanagementsystem implementiert haben. Die Mitglieder treffen sich drei Mal im Jahr, um **Ansätze zur Minderung ihrer CO₂-Emissionen** und ihres **Energieverbrauchs** sowie damit verbundene **Herausforderungen und Probleme zu diskutieren**. Bei diesem Erfahrungs- und Wissensaustausch geht es weniger um Fragen der operativen Optimierung als vielmehr um den ganzheitlichen, strategischen Blick auf das neue Aufgabenfeld. Ergänzt werden die **regelmäßigen Netzwerktreffen** um ein **jährliches Symposium**, auf dem Fachleute berichten, was Unternehmen künftig von politischer und regulatorischer Seite zu erwarten haben. Merck, Schott, Pirelli Deutschland, HEWI und VAC Vacuum-schmelze sowie weitere Unternehmen haben bereits ihre Teilnahme an der Gründung des Netzwerks zugesagt.

.....
„ETA-Metropol Rhein Main Neckar ist derzeit noch in der Gründungsphase. Daher freuen wir uns sehr, wenn sich weitere Unternehmen dem Netzwerk anschließen“

Dr. Niclas Wenz von der IHK Darmstadt Rhein Main Neckar

ETA-Metropol Rhein Main Neckar ist Teil der bundesweiten **Initiative für Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke**, welche die Bundesregierung und Wirtschaftsverbände gemeinsam auf den Weg gebracht haben. Ihr liegt der Gedanke zugrunde, dass Energie-

effizienz und Klimaschutz in der deutschen Wirtschaft am wirksamsten vorangetrieben werden, wenn die Unternehmen die Aufgaben in Eigeninitiative und -verantwortung angehen. Dabei ist ETA-Metropol Rhein Main Neckar in zweifacher Hinsicht einzigartig:

Das Netzwerk ist das bundesweit erste in gemeinschaftlicher Trägerschaft mehrerer IHKs – und das erste, das nicht auf ein einzelnes Bundesland beschränkt ist.

Komplexität verlangt Kooperation

Nachdem der Fokus beim betrieblichen Klimaschutz bislang vor allem auf der Modernisierung einzelner Technologien, Anlagen und Maschinen lag, so sind Unternehmen heute gefordert, vermehrt prozess- und abteilungsübergreifend zu handeln – und auch über die Grenzen des eigenen Betriebs hinaus zu denken. **Beispiel Abwärme:** Sind die Reduktionsmöglichkeiten ausgeschöpft, kann es sinnvoll sein, die verbleibende Abwärme für andere Zwecke zu nutzen.

Da es im Unternehmen selbst aber oft an möglichen Abnehmern fehlt, bietet sich die Zusammenarbeit mit benachbarten Firmen oder örtlichen Wärmenetz-Betreibern an. ETA-Metropol Rhein Main Neckar schafft den Rahmen, um Erfahrungen mit Modellen dieser Art auszutauschen, um Wissen weiterzugeben oder auf regulatorische Hemmnisse aufmerksam zu machen. Im besten Fall entwickeln sich Kooperationen mit anderen Teilnehmern – wie jüngst das neue **Reallabor der Energiewende für Technologien in der Anwendung (DELTA)**.

Klimaschutz ist Wachstumsstrategie

Ein solcher auf Integration und Kooperation ausgerichteter Ansatz beim betrieblichen Klimaschutz stärkt die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen nachhaltig. Damit steht ETA-Metropol Rhein Main Neckar im Einklang mit dem Green Deal der EU, den die Europäische Kommission ausdrücklich als neue Wachstumsstrategie versteht. So setzt sie neben der Treibhausgasneutralität bis 2050 auch das Ziel, das Wirtschaftswachstum von der Ressourcennutzung abzukoppeln. In der Konsequenz muss das Thema Energieeffizienz in Europa künftig anders zu bemessen werden.

„Da Energieeffizienz im Sinne des Green Deal bedeutet, die Energieproduktivität zu steigern, sollten auch die eingesetzten Energiemengen pro produzierter Einheit und nicht allein absolute Werte im Fokus der Politik liegen. Das gibt ein viel realistischeres Bild von den Fortschritten bei der Energieeffizienz“,

erklärt der Energie- und Klimaexperte Dr. Wenz mit Blick auf die Diskussion zum „Fit for 55 Package“ der EU-Kommission. Dies gilt insbesondere für den Stromverbrauch, der wegen der Elektrifizierung vieler Prozesse in der Industrie künftig ohnehin stark steigen wird. Auch die Elektromobilität und Wasserstoffwirtschaft oder der Umstieg von Gas- und Ölkesseln auf Wärmepumpen im Gebäudesektor wird dazu beitragen, dass der Strombedarf in einigen Jahren deutlich höher liegen wird als heute.

Um die deutschen Erneuerbare-Energien-Ziele zu erreichen, müssen Windenergie und Photovoltaik daher deutlich schneller ausgebaut werden als bislang vorgesehen. Doch noch fehlen vielfach notwendige Anreize und die Regulierung hinkt den eigenen Zielen und politischen Ambitionen hinterher.

Technologieoffenheit mobilisiert Innovationen

Mit dem Ziel, die CO₂-Emissionen bis 2030 um 55 Prozent zu reduzieren, hat die EU einen wichtigen Meilenstein auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität gesetzt. Diese Marke lässt sich aber nur dann erreichen, wenn die Industrie ihren ganzen Erfindergeist aufbietet.

Die Unternehmen müssen experimentieren, um wirksame, wirtschaftliche Lösungen für die anstehenden Aufgaben zu finden.

ETA-Metropol Rhein Main Neckar unterstützt sie dabei, indem es die Teilnehmer mit den zahlreichen wissenschaftlichen Institutionen in den Metropolregionen Frankfurt-Rhein-Main und Rhein-Neckar zusammenbringt. Das Netzwerk gewährleistet den Wissenstransfer und stößt Kooperationen an, sodass sich Forschungskonsortien leichter entwickeln können. Um die Innovationskraft der Industrie zu mobilisieren, ist die Politik gut beraten, den Unternehmen ein Maximum an Eigenverantwortung einzuräumen.

Das **Prinzip der Technologieoffenheit** wird in der aktuellen Klimapolitik vielfach ignoriert. Dabei ist der Erfolg des globalen Klimaschutzes abhängig von Innovationen und neuen Technologien. Ihr leistungsstarker Export in die Welt kennzeichnet die deutsche Industrie – die seit vielen Jahren über die EEG-Umlage und CO₂-Preise den Transformationsprozess zur Klimaneutralität maßgeblich finanziert. ◇

Netzwerk ETA-Plus Südhessen

Im Netzwerk ETA-Plus Südhessen für Energieeffizienz und Klimaschutz zeigen Unternehmen, was sie beim Thema Klimaschutz bereits tun und wie andere Unternehmen von diesen Erfahrungen profitieren können.

Neu ist eine **plattformbasierte Website**, auf der Unternehmen auch außerhalb des Netzwerks gute **Beispiele im Bereich Energieeffizienz** und **Klimaschutz** einstellen können. Damit werden diese Maßnahmen auch online einem breiten Publikum zugänglich gemacht. Das neue Netzwerk geht nun einen Schritt weiter:

Unter <https://eta-plus-suedhessen.de> sind in der „virtuellen Effizienz-Fabrik“ bereits erste Beispiele und Unternehmen vertreten.

Das ETA-Plus Netzwerk ist Teil der Bundesinitiative Energieeffizienz- und Klimaschutz Netzwerke. ◇

Netzwerk Energieeffizienz – Pirelli Deutschland mit Sitz in Hessen ist mit dabei

Dr. Niclas Wenz, IHK Darmstadt Rhein Main Neckar
Karl Hock, Pirelli Deutschland GmbH

Im Interview mit Dr. Niclas Wenz, IHK Darmstadt Rhein Main Neckar, erklärt Karl Hock, Leiter Energiemanagement bei Pirelli Deutschland GmbH, warum.

Welche Bedeutung hat das Thema Energieeffizienz für Ihr Unternehmen?

Eine enorme und das aus zwei Gründen: Zum einen legt Pirelli große Sorgfalt auf Nachhaltigkeit und verfolgt sehr ambitionierte Ziele, um den CO₂-Fußabdruck zu verkleinern und die Energieeffizienz über die gesamte Produktion zu steigern. So will Pirelli weltweit bis 2030 in seiner Produktion CO₂-neutral sein und bis 2025 seinen Energieverbrauch um 10% gegenüber 2019 reduzieren sowie zu 100% erneuerbaren Strom beziehen. Darüber hinaus hat Energieeffizienz in allen europäischen Werken eine hohe Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit. Dies gilt insbesondere auch für Deutschland aufgrund der stetig steigenden Energiepreise.

Was tun Sie, um den Energiebedarf zu senken?

Viel. Nur zwei Beispiele: Wir haben unsere KWK-Gasturbine auf Hocheffizienz-Standard gebracht. Zudem nutzen wir jetzt Abwärme für das Beheizen von Gebäuden sowie für die Kühlung von Prozessen. Mit diesen und weiteren Maßnahmen sparen wir jährlich mehrere Tonnen CO₂ ein. Dafür haben wir in den vergangenen Jahren eine zweistellige Millionensumme investiert.

Warum beteiligen Sie sich am Netzwerk ETA-Metropol Rhein Main Neckar, wo Sie bei der Energieeffizienz doch schon auf eigene Faust so weit gekommen sind?

Es gibt noch weitere Potenziale, die wir erschließen wollen. Dafür versprechen wir uns viel vom Austausch mit Unternehmen, die vor vergleichbaren Herausforderungen stehen. Zudem möchten wir mit unserer Teilnahme ein Signal an Politik und Öffentlichkeit

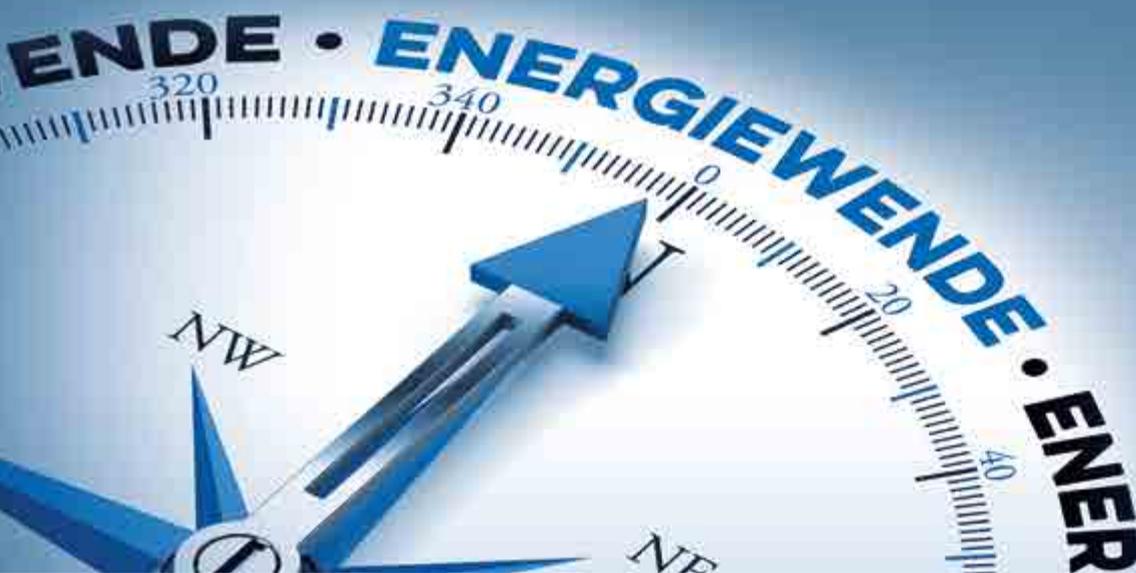
senden: Wir gehen unsere Klimaschutz-Aufgaben mit großem Engagement an, auch in Zusammenarbeit mit anderen Industrieunternehmen der Region.

Das Netzwerk versammelt Unternehmen unterschiedlichster Branchen. Was haben sich ein Reifenhersteller und etwa ein Pharmakonzern zu sagen?

Uns eint der hohe Bedarf an Strom, Wärme und Kälte. Viele Prozesse sind ähnlich, ebenso die eingesetzten Technologien – und damit auch die Aufgaben, vor denen wir stehen. Ich bin deshalb überzeugt, dass wir vom Austausch stark profitieren werden. Nicht zuletzt, weil wir im Netzwerk auch regulatorische Fragen thematisieren werden. Hier gibt es sehr viel Dynamik, die Bestimmungen ändern sich laufend, die Vorgaben sind komplex. Darüber mit Kolleginnen und Kollegen sowie externen Fachleuten zu sprechen, ist sicher ein großer Gewinn. ◇

Fraunhofer CINES: 7 Empfehlungen zum Gelingen der Energiewende

Prof. Dr. Kurt Rohrig, ehem. Institutsleiter Fraunhofer IEE, Kassel



Die Transformation der gesamten Energieversorgung hin zu einem CO₂-neutralen Energiesystem ist die zentrale Aufgabe der Industrienationen im 21. Jahrhundert und wird den Industriestandort Deutschland nachhaltig verändern und – wenn sie gelingt – als der zu beschreitende Weg zu einer modernen, dem technischen Fortschritt angemessenen Energieversorgung anerkannt sein.

Die **verschärften europäischen Klimaziele** und das **neue deutsche Klimaschutzgesetz** sind sehr **ambitioniert** und erfordern drastische und **sofortige Maßnahmen**. Zur Frage, wie diese am besten ausgestaltet sein sollten, haben wir im Fraunhofer Cluster of Excellence Integrated Energy Systems (CINES), zu dem das Fraun-

hofer IEE, ISE, ISI und IEG zählen, gemeinsam sieben Empfehlungen für ein Gelingen der Energiewende erarbeitet.

Welche Weichen müssen in der nächsten Legislaturperiode gestellt werden, um in Bereichen wie **Abgaben und Umlagen**, der **Wärmewende** oder im **Verkehrssektor** so-

wie anderen Sektoren schnellstmöglich eine **Transformation des Energiesystems** zu erreichen?

Diese Frage steht im Mittelpunkt eines neuen Kurzpapiers des Fraunhofer CINES, das auf unseren Energiesystemanalysen und weiteren Ergebnissen unserer Energieforschung basiert.

Zusammenfassung der Empfehlungen:

1. Technologieoffenheit oder klare Vorgaben:

Die richtige Balance finden.

Für das Gelingen der Energiewende ist langfristige Technologieoffenheit ein wichtiger Grundsatz. Es stellt sich jedoch die Frage, ob das neue Klimaschutzgesetz durch den erhöhten Zeitdruck bei der Umsetzung der Energiewende der Technologieoffenheit nicht de facto deutliche Grenzen setzt.

Die erforderlichen Infrastrukturplanungen verlangen klare Richtungsentscheidungen, und das Portfolio an Technologien, die bis 2030 schnell und stark ausgebaut werden können, ist begrenzt.

Die Politik muss daher den Mut haben, langfristig offen für neue Technologien zu sein, kurzfristig aber die etablierten, schnell verfügbaren Technologien zielgerichtet und mit Nachdruck zu fördern.

2. Energiepreise: Mit grundlegenden Reformen Sektorenkopplung fördern sowie Sozialverträglichkeit und Wettbewerbsfähigkeit sichern.

Hohe Strompreise behindern derzeit den Ausbau der Sektorenkopplung und sollten über eine Reduzierung der staatlich induzierten Energiepreiskomponenten wie der EEG-Umlage und gegebenenfalls der Stromsteuer gesenkt werden. Dies könnte gleichzeitig einkommensschwächere Haushalte entlasten.

3. Erneuerbare Energien: Ein stark beschleunigter Ausbau von Wind- und Solarenergie ist das Rückgrat der Energiewende.

Die heutige Ausbaugeschwindigkeit ist nicht ausreichend, um die Klimaziele zu erreichen. Die Ausschreibungsmengen für Onshore-Wind sollten auf 6–8 GW/a und des PV-Zubaus auf 8–16 GW/a erhöht werden. Der Ausbau von Onshore-Wind sollte zudem durch die Ausweisung von mehr Flächen und einer Verbesserung des Genehmigungsprozesses beschleunigt werden.

4. Wärmewende: Sanierung, Wärmepumpen und Wärmenetze als Schlüssel zu einem klimaneutralen Gebäudebestand.

Dementsprechend sollten bis 2045 sowohl die Sanierungsrate als auch die Sanierungstiefe deutlich gesteigert, 6 Mio. Wärmepumpen installiert und die Ausbaurate von Nah- und Fernwärme um das Dreifache gesteigert werden – bei der Fernwärme mit besonderem Fokus auf hohe Anteile von Wärmepumpen, Solar- und Geothermie, Abwärme sowie Biomasse.

5. Industriegewende: Ein klarer Rahmen ermöglicht der Industrie Investitionen in CO₂-neutrale Produktionstechniken.

Ohne diesen können Investitionen in neue Anlagentechnik wie zum Beispiel die Umstellung der Stahlherstellung auf wasserstoffbasierte Verfahren oder die Elektrifizierung der Bereitstellung von Prozesswärme derzeit nicht getätigt werden. Zur Minderung der Emissionen in der

Zementindustrie und anderer Prozesse sollte die Politik auch Perspektiven für die Abscheidung und Speicherung von CO₂ erarbeiten.

6. Verkehrswende: CO₂-armer Verkehr ist möglich, erfordert aber schnelles, klares und ehrgeiziges Handeln.

Dazu zählt etwa eine schnelle Umstellung der Fahrzeugflotte auf emissionsfreie Fahrzeuge, die Einführung ambitionierter Flottengrenzwerte für Pkw und Lkw in Europa, die Einführung eines bundesweiten Tempolimits von 130 km/h auf Autobahnen oder ein rasanter Infrastrukturausbau, etwa bei der Schnellladeinfrastruktur für Elektro-Pkw und -Lkw.

7. Infrastrukturen: Energieinfrastrukturen brauchen Planungssicherheit und systemische Ansätze.

Egal ob Stromnetze, Wärmenetze für urbane Räume oder Wasserstoff für die Industrie – viele Energiewende-Optionen benötigen Infrastrukturen. Es braucht eine klare Systementwicklungsstrategie über alle Sektoren hinweg, die Orientierung bietet und die langfristigen energie- und klimapolitischen Ziele im Blick behält. Für Transport- und Verteilnetze sind dabei sektorenübergreifende, integrierte Planungswerkzeuge und -prozesse erforderlich, auf deren Basis der effiziente Ausbau proaktiv umgesetzt werden kann. ◊



Energie- und Wärmewende durch Geothermie am Fraunhofer IEG

Jascha Börner, Fraunhofer IEG

Mit dem Wegfall der fossilen Energieträger fehlt in Deutschland nicht nur ein grundlastfähiger Stromträger, sondern auch ein Wärmelieferant für Industrie und Haushalte. Die Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG forscht an Lösungen, die dieses Defizit in Form von Geothermie nachhaltig und regenerativ auffangen.

Die Wärme im Erdinneren gilt als unerschöpflich (Bundesverband Geothermie^[1]). Die geothermische Nutzung ist frei von Emissionen wie CO₂ und eignet sich als grundlastfähiges System, das heißt unabhängig von äußeren Einflüssen wie Wind und Sonne, und kann ganzjährig zur Strom- und Wärmebereitstellung genutzt werden. Die **Geothermie** kann einen großen und wichtigen Teil dazu beitragen, die Energiewende voranzutreiben.

In deutschen Haushalten entfallen etwa **68% des gesamten Energiebedarfes** auf die **Beheizung von Wohnräumen** (Stand 2018, Umweltbundesamt^[2]). Dabei werden größtenteils Kohlenwasserstoffe wie Mineralöle und Erdgas genutzt. Die oberflächennahe Geothermie bietet das Potenzial, deutschlandweit Wärme und auch Kälte für Haushalte bereitzustellen. Dafür reichen in den meisten Fällen ein oder zwei Bohrungen mit einer Teufe von

40–150m. Mit dem 2013 errichteten GeoStar, einem sternförmigen Sondenfeld am IEG-Standort Bochum, konnte gezeigt werden, dass auch mit **wenig Platzbedarf** die **drei Institutsgebäude klimatisiert** werden können (Fraunhofer IEG^[3]). Durch den Erfolg ist 2016 an der Hochschule Bochum ein weiterer GeoStar2 errichtet worden, mit dem die Wärme- und Kälteversorgung eines Hörsaals CO₂-neutral realisiert wird.

Die **Nettowärmegewinnung** aus Kraft-Wärme-Kopplung fossiler Energieträger wie Erdgas, Stein- und Braunkohle beträgt 161 Terrawattstunden jährlich (Stand 2019, Umweltbundesamt [2]). Durch den Einsatz der Tiefengeothermie lässt sich die **Bereitstellung der Wärme mit hohem Energiepotenzial umweltverträglich** realisieren. Im Rahmen des Forschungsprojektes DGE-Rollout wird untersucht, welche Standorte in Nord-West Europa für tiefe Geothermie in Frage kommen (Interreg NWE [4]). Am Real-labor Rheinland des IEG wird im Rahmen des Projektes untersucht, ob die bestehende Fernwärmeinfrastruktur des RWE-Braunkohlekraftwerkes mit Wärme aus Tiefengeothermie gespeist werden kann.

Von den **Gesamtkosten einer Geothermieanlage** mit Bohrtiefen von mehr als 1.000 m entfallen circa **70 % auf die Bohrung**. Um den großflächigen Einsatz der Geothermie weiter voranzubringen, müssen die Kosten erheblich reduziert werden. Hier setzt die Abteilung Innovative Bohrverfahren des Fraunhofer IEG an und entwickelt neuartige Bohrverfahren, die auf die jeweiligen Einsatzbedingungen bei Geothermiebohrungen angepasst werden. Anders als bei Öl- und Gasbohrungen befinden sich geogene Reservoirs, die für eine Fördertemperatur von 100°C bis 250°C benötigt werden, nicht in weicheren Sedimentgesteinen, sondern in Hartgesteinen wie Graniten und Gneisen. Das Durchbohren dieser Gesteinsformationen erfordert einen immensen Zeitaufwand und einen erhöhten Werkzeugverschleiß. Mit einem neuartigen Verfahren, dem LaserJet-Drilling, konnte gezeigt werden, dass sowohl Werkzeugverschleiß als auch **Bohrgeschwindigkeit signifikant erhöht** werden können. Ein dafür gebauter Prototyp im Maßstab 1:1 ist auf dem Fraunhofer-Gelände erfolgreich getestet worden

(Fraunhofer IEG [3], Bundesverband Geothermie [1]). Eine weitere Technologie, bei der erwartet wird, dass **nahezu verschleißfrei** und mit **hohen Bohrgeschwindigkeiten** kristalline Gesteinsformationen erschlossen werden können, ist das Plasma-Pulsed Geo-Drilling. Dabei wird eine Elektrodenmatrix genutzt und mit hohen Stromspannungen ein Plasma in dem zu durchbohrenden Gestein induziert. Am Fraunhofer IEG wird dabei untersucht, welchen Einfluss hohe Temperaturen und Drücke, die in den Reservoirschichten vorherrschen, auf den Bohrprozess haben (Fraunhofer IEG [3], ETH Zürich [6]).



3D-Modell Plasma-Pulsed Geo-Drilling-Bohrkopf

Zukünftig ist die **Koppelung verschiedener Energiesektoren unumgänglich**. Nur so können die Vorteile aller Energiesysteme vollständig ausgeschöpft und bedarfsgerecht zusammengeführt werden. In der Vergangenheit ist es bei wenigen Tiefbohrungen zu Vorkommnissen wie Erdbeben gekommen. Durch erweitertes Monitoring und eine noch striktere Überwachung bei den Bohrtätigkeiten kann diese Gefahr jedoch stark minimiert werden. Deshalb ist es wichtig, die Bevölkerung frühzeitig in anstehende Tiefengeothermie-Projekte einzubinden und aufzuklären. Die Energieerzeugung und -bereitstellung im eigenen Lande erfordert dabei auch eine breite, neu aufgelegte Diskussion über mögliche Risiken und Sicherheiten.



LaserJetDrilling Prototyp eingebaut in Bohrgerät

Quellen

- [1] Bundesverband Geothermie: <https://www.geothermie.de/>
- [2] Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de>
- [3] IEG: <https://www.ieg.fraunhofer.de>
- [4] Interreg NWE: <https://www.nweurope.eu>
- [5] Geologischer Dienst Erdwärme generell: <https://www.gd.nrw.de>
- [6] ETH Zürich: <https://geg.ethz.ch/>

Flexibilität –

Das zentrale Element des Energiesystems der Zukunft

Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner, House of Energy e.V.
Stefan Küppers, Westnetz GmbH
Markus Zdrallek, Bergische Universität Wuppertal



Das deutsche Energieversorgungssystem befindet sich seit rund 20 Jahren in einem fundamentalen Transformationsprozess, der international auch als „The German Energiewende“ bezeichnet wird. Dieser Prozess stellt auf den Übergang von konventionellen auf regenerative und CO₂-neutrale Primärenergiequellen ab. Lag der Fokus zunächst auf der regenerativen Stromerzeugung, so werden die Überlegungen inzwischen auf Netze, Systemstabilität sowie die Sektoren Wärme und Mobilität ausgeweitet. Bei beachtenswerten Fortschritten der Energiewende – vor allem im Stromsektor – fehlt es unverändert an einem Zieldesign für ein zunächst mehrheitlich und später vollständig regeneratives und CO₂-neutrales Energiesystem. Flexibilität und Sektorenkopplung sind dabei Schlüsselemente. Dieser Beitrag versucht die Etablierung und den Einsatz von Flexibilität und Sektorenkopplung zu beschreiben sowie konkrete Umsetzungsempfehlungen abzuleiten.

Einführung und Zielsetzung

Die Energiewende in Deutschland schreitet stetig voran. So lag im Jahr **2020 der durchschnittliche Anteil der erneuerbaren Energie (EE) am Strommix bereits bei über 50 %**. Dieser Wert war vor 10 Jahren noch nicht absehbar, als die Autoren bereits einen ersten Blick in die Zukunft wagten^[1]. Der Durchschnittswert ist aber nur bedingt aussagekräftig. So gibt es sonnige und windige Tage, an denen die EE-Erzeugung zeitweise oberhalb der Lastkurve liegt (Bild 1). Der **Einfluss der EE im Stromsektor ist also enorm gestiegen**. Hingegen haben sich die Prognosen^[1] mit Blick auf die Einführung von Smart Meter oder zeitvariablen Tarifen nicht im erwarteten Umfang manifestiert.

Auch in den **Sektoren Wärme und Mobilität** ist der großflächige Einsatz CO₂-armer Technologien im letzten Jahrzehnt eher schleppend verlaufen. Dies führt zu einer unausgewogenen Ausprägung des Gesamtsystems. Die „Einführungsphase“ der EE im Stromsystem ist beendet, volatile und dezentrale EE werden zur systembestimmenden Größe, dennoch fehlen weitere

wichtige und systemrelevante Elemente. Die Stromwende muss zur Energie- und Flexibilitätswende werden.

In Politik, Energiewirtschaft und Industrie besteht inzwischen **Konsens**, dass der Einstieg in die **Sektorenkopplung dringend erforderlich** und ein multimodales System zu etablieren ist. Zum einen werden die CO₂-Reduktionsziele der Sektoren Wärme, Verkehr und Industrieprozesse derzeit deutlich verfehlt, was durch die Sektorenkopplung verbessert werden kann. Zum anderen ist es zur Stabilisierung des gesamten Energiesystems vorteilhaft, die Sektoren zu koppeln und dabei **Umwandlungs- und Speichereffekte flexibel und systemstabilisierend zu nutzen**.

In den vergangenen Jahren gab es zahlreiche Prototypen, Studien und Feldtests der betroffenen Branchen an Universitäten, in Forschungseinrichtungen und in Unternehmen. Auch die groß angelegten SINTEG-Projekte sind mittlerweile nahezu abgeschlossen. In Summe liegen genügend Erfahrungen vor und als Fazit kann formuliert werden:

Erprobt und vorgedacht ist sehr viel, es ist an der Zeit, dies nun systemisch und konzertiert umzusetzen!

Dieser Beitrag versucht, basierend auf dem vorliegenden Wissen, Etablierung und Funktion von Flexibilitätsmärkten zu beschreiben sowie **konkrete Empfehlungen** zum weiteren Vorgehen abzuleiten. Dazu gehört als wesentliches Element die Anpassung des Ordnungsrahmens. Das Digitalisierungsbarometer 2019^[3] zeigt den Handlungsbedarf deutlich auf. Die sichere, wirtschaftlich darstellbare und zügige Digitalisierung des Verteilungsnetzes ist ein Erfolgsfaktor für den **Einsatz von Flexibilitäten**. Diese senken die Kosten und erhöhen die **Stabilität des Systems**.

Energiesysteme der Zukunft – Erneuerbar und CO₂-neutral

Bei beachtenswerten Fortschritten der Energiewende im Strombereich fehlt es nach wie vor an der Festlegung eines

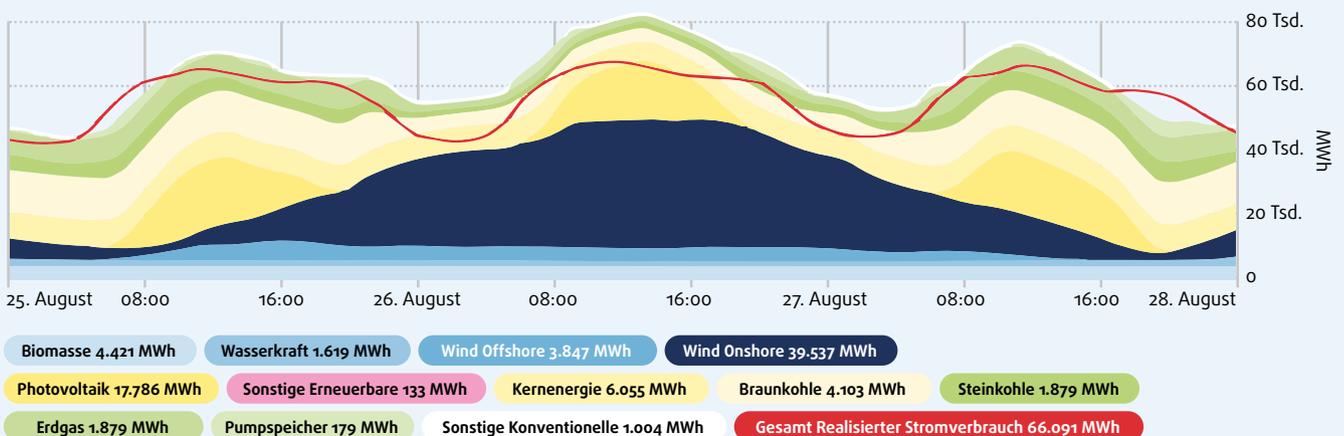


Bild 1: Zeitverlauf Erzeugung und Last in Deutschland, 25.–27.8.2020^[2].

akzeptierten und konsistenten Zieldesigns für ein zunächst mehrheitlich und später vollständig regeneratives und CO₂-neutrales Energiesystem.

Dabei wurden mögliche Zieldesigns in zahlreichen wissenschaftlichen Studien untersucht. Exemplarisch sei auf [4, 5, 6, 7] verwiesen. Sie bestehen jeweils aus einer Kombination verschiedener Technologien in unterschiedlicher Konsistenz, stimmen im Kern aber darin überein, dass ein multimodaler, sektorenübergreifender Lösungsansatz deutlich kosteneffizienter ist als eine „All-electric World“. Gemäß [4] liegt der monetäre Vorteil in Deutschland bei bis zu 600 Mrd. Euro bis 2050. Der Lösungsraum basiert auf den vier Eckpfeilern nach Bild 2.

Die weitgehende und zugleich ökonomisch sinnvolle Elektrifizierung in allen Sektoren sowie eine deutlich steigende Energieeffizienz – zum Teil mit der Elektrifizierung einhergehend – sind notwendige Voraussetzungen. Der Endenergiebedarf in Deutschland sinkt dadurch von ca. 2.500 TWh/a heute auf bis zu ca. 1.600 TWh/a [4, Seite 186]. Zudem ist ein **weiterer Ausbau der EE-Leistung erforderlich**. Die installierte Leistung muss von heute ca. 124 GW [8] auf

ca. 325 GW [4, Seite 254] steigen. Damit können knapp 800 TWh/a elektrische Energie im Inland gewonnen werden. Die verbleibenden 50 % müssen im Wesentlichen in Form EE-basierter synthetischer Energieträger – das heißt vor allem H₂ – importiert werden. Die Realisierung dieses einfachen „**Energie-dreisatzes**“ erfordert als zentrales Element die Erschließung und Nutzung möglichst vieler Flexibilitätsoptionen, besonders im Wärme- und Mobilitätssektor [9, Seite 12], für das Stromnetz. Jede genutzte Flexibilitätsoption verringert den Bedarf an erforderlichen Speicherkapazitäten [10].

Technische Eckpunkte des Stromsystems der Zukunft

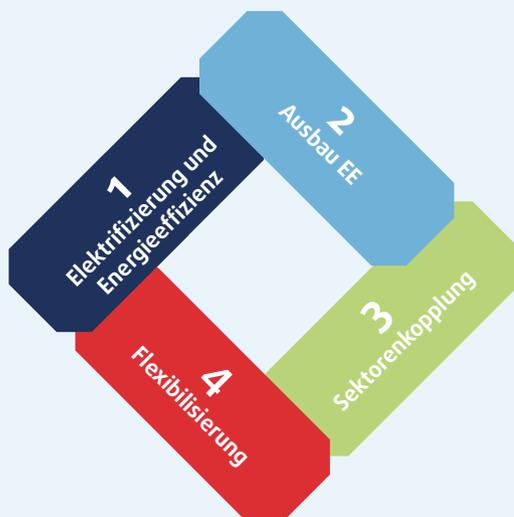
Das Stromsystem bildet das zentrale Element des Energiesystems der Zukunft. Es ist jedoch durch ein Gas/H₂- und Wärmesystem zu ergänzen. Gas steht hierbei für CH₄. Somit sind die Betreiber von Gas/H₂- und Wärmenetzen in die konzeptionellen Überlegungen mit einzubeziehen. **Power-to-Heat** und **Power-to-Gas/H₂** sind die Kopplungstechnologien. Temporär hohe Erzeugungsleistungen im Strombereich können so in den Wärme- bzw. Gas/H₂-

Sektor „verschoben“ werden. Im Gas/H₂-Sektor ist zu einem anderen Zeitpunkt und an anderer Stelle – mit Verlusten – eine Rückverstromung möglich (**Gas/H₂-to-Power**). Nicht zu vernachlässigen ist auch die Power-to-Power-Technologie Elektromobilität. Batteriegrößen von künftig 100 kWh und mehr werden unter dem Stichwort **Grid-to-Vehicle** und ggf. auch **Vehicle-to-Grid** eine wichtige Rolle spielen.

Ordnungspolitisch wichtig ist, dass beim Übergang von einer Energieform in eine andere **keine fiskalisch verursachten Belastungen** wie Steuern, Abgaben oder Gebühren anfallen. Diese dürfen nur an der „Grenze“ zum Endverbrauch erhoben werden. Es ist nicht isoliert und sektorenspezifisch, sondern im Sinne eines Gesamtenergiesystems zu denken. Dies stellt einen signifikanten Systembruch mit der etablierten Vorgehensweise dar.

EE sind heimische Energieträger. Sie sind kostenfrei und in einer enormen Quantität verfügbar. Diese sehr positive Einschätzung gilt jedoch nicht für die Qualität des Energieangebots. Es ist volatil, intermittierend und weist sowohl geringe Energiedichten als auch geringe Jahresbenutzungsdauern auf. EE erfordern damit große Flächen, es sind hohe Kraftwerksleistungen zu installieren und die Stabilität des Stromsystems ist durch geeignete Maßnahmen aufwändig sicherzustellen. Die Energiewende erfordert neben geeigneten Technologien die Akzeptanz der Bevölkerung und die Beachtung der Wechselwirkungen mit Land- und Forstwirtschaft sowie des Themas Biodiversität. Wirtschaftlich gesehen ist die Energiewende eine „**Kapitalwende**“, während technisch von einer „**Flexibilitäts- und Leistungswende**“ zu sprechen ist. Kapitalbedarf und Leistungsbeherrschung stellen die Herausforderungen dar.

Bild 2:
Eckpfeiler des
Energiesystems
der Zukunft



Energie, Leistung und Flexibilität ergeben sich aus der jeweils vorherigen Größe durch deren zeitliche Ableitung. Energie ist eine integrale Größe, während Flexibilität in Bezug auf Angebot und Nachfrage zeit- und ortsselektiv ist. Als **Flexibilitätsinstrumente** kommen alle Elemente, die eine potenzielle kurzfristige Leistungsänderung bewirken können, also **flexible Ergänzungskraftwerke** (z. B. Gaskraftwerke), **Stromspeicher** (z. B. Batterien oder Pumpspeicherkraftwerke), aber auch **flexible Lasten** (Stichwort Demand Side Management) in Betracht. Wichtig ist, dass der Bedarf an stabilisierender Flexibilität durch eine generelle Senkung des Energiebedarfs reduziert wird.

Dies führt zu einer **neuen Rolle von Verteilungs- und Übertragungsnetzen**. Die Frequenzhaltung kann im beschriebenen System nicht mehr ausschließlich durch die bekannten Maßnahmen auf der Übertragungsebene gewährleistet werden. Es sind kaskadierte zelluläre Strukturen erforderlich, die konzentriert zur Lösung dieser Aufgabe beitragen. Dies bedeutet eine erweiterte Rolle für Verteilungs-

netze. Die Minimierung des Leistungsaustauschs mit der vorgelagerten Ebene wird zum wesentlichen Ordnungsprinzip. Das Leistungsgleichgewicht ist mit Hilfe des Subsidiaritätsprinzips, soweit wirtschaftlich darstellbar, regional sicherzustellen. Dies erfordert **aktive Verteilungsnetze und Mechanismen zur Steuerung der vorhandenen Flexibilitäten**. Bidirektionale Stromflüsse werden zum prägenden Kennzeichen der neuen physikalischen Realität.

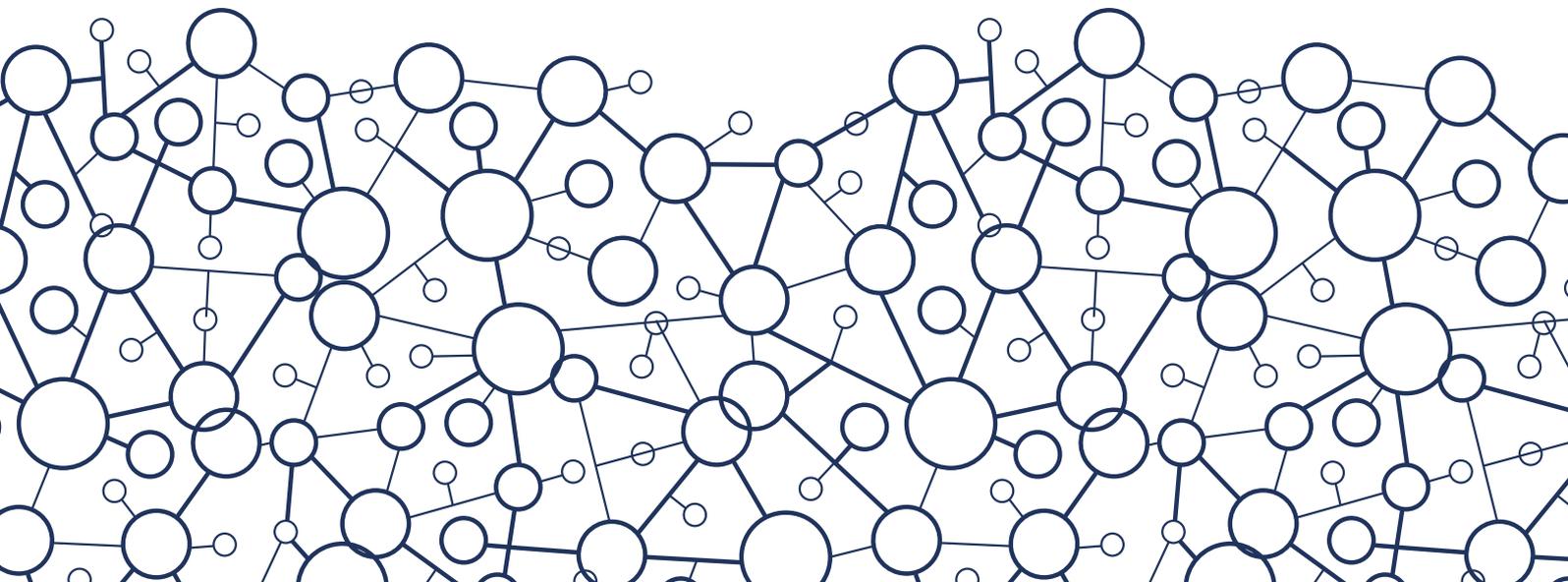
Flexibilitäten können in verschiedene Kategorien unterteilt werden. Es gibt **aktive Netzelemente** mit Einfluss auf Stromfluss und Spannung. Auf diese wird von den Verteilungsnetzbetreibern direkt zugegriffen. Weiterhin existieren **kundenbasierte Flexibilitäten**, die Blindleistung, aber auch Wirkleistung bereitstellen oder aufnehmen. Letztere können u. a. über kaskadierte Flexibilitätsmärkte organisiert werden. Der bilateral vereinbarte direkte Zugriff ist dadurch nicht ausgeschlossen.

Für die identifizierten Flexibilitäten bieten sich mannigfaltige Anwendungen. Sie können zur Stabilisierung der globalen Leistungs-

bilanz einer Regelzone eingesetzt werden. Dies kann in Kooperation mit Übertragungsnetzbetreibern (**Leistungs-Frequenz-Regelung**) oder Bilanzkreisverantwortlichen (**Ausgleichsenergie, Intraday-Handel**) erfolgen. Flexibilitäten können zudem zur Vermeidung lokaler Überlastsituationen oder Spannungsbandverletzungen beitragen. Auch die Minimierung des Energieaustauschs zwischen Spannungsebenen kann unterstützt werden. Hier sind vor allem die Verteilungsnetzbetreiber angesprochen.

Zelluläre Strukturen

In traditionellen Stromsystemen arbeiteten Kraftwerke im Lastfolgebetrieb. Sie versuchten stets in Summe so exakt wie möglich die von den Kunden geforderte Leistung bereitzustellen. Der Ausgleich von Abweichungen fand im Übertragungsnetz statt, an welches die steuerbaren Kraftwerke angeschlossen waren. Folgerichtig ändert sich dieses Bild im Rahmen der Energiewende deutlich. Diese erfordert subsidiäre Konzepte mit einer Zwischenbilanzierung, die auch als Energiezellen bezeichnet werden. Sie sind sektorenübergreifend auszulegen,



korrelieren im Strombereich aber sehr gut mit den vorhandenen Netzebenen. Im Gegensatz zur bisherigen Betriebsweise muss aber angestrebt werden, die Austauschleistung mit der vorgelagerten Zelle (Spannungsebene) zu minimieren. Dazu müssen in der Zelle Flexibilitäten verfügbar und ansprechbar sein. Prognose und Bilanzierung werden zur wesentlichen Aufgabe auf Verteilnetzebene. Die Entwicklungen rund um die Novellierung des Einspeisemanagements „Redispatch 2.0“ stellen hierzu einen wichtigen Schritt dar.

Vor diesem Hintergrund wird in mehreren Vorhaben^[11,12] die Idee einer **zellulären Netzstruktur** entwickelt und erprobt. Ziel ist die Entwicklung eines Konzepts für Aufbau und Betrieb eines auf **hierarchischen, zellulären Strukturen basierenden Energiesystems mit sehr hoher EE-Durchdringung**, welches die erforderlichen Flexibilitätsoptionen möglichst marktbasierend zur Verfügung stellt, so die Systemsicherheit aller Sektoren garantiert und gleichzeitig den erforderlichen Netzausbau minimiert.

Nutzung von Flexibilitäten

In einem **Diskussionspapier** der BNetzA^[13] ist festgehalten: „Der [...] Netzbetreiber wird einen Flexibilitätsbaukasten benötigen, aus dem er sich die geeignetsten Instrumente auswählen kann. Erzeuger (Abregelung von EE-Anlagen und konventionellen Anlagen), Speicher und Lasten können gleichermaßen netzdienliche Flexibilitäten anbieten. Der insofern zu erwartende Flexibilitätsbedarf ist an das konkrete Vorliegen eines Engpasses geknüpft und sollte nicht überschätzt werden; ein eigenständiger Zukunftsmarkt wird daraus kaum entstehen. Das wäre auch nicht wünschenswert, weil dadurch für einzelne

Akteure ein Interesse an der Beibehaltung von Netzengpässen entstehen könnte.“

Damit wird deutlich, dass der **gültige Regulierungsrahmen ein wesentliches Werkzeug zur Gestaltung des Flexibilitätsmarktes** darstellt. Wird alleinig der primärseitige Ausbau der Netze „angereizt“, so wird im Ergebnis eine kapitalintensive, sehr teure, auf die maximale Leistung konzipierte „Kupferplatte“ entstehen, die alle vom Markt induzierten Energieflüsse passiv abbilden kann. Behält man aber auch das Kostenoptimum des Systems und die Finanzierungskraft der Netzbetreiber im Blick, so tragen Flexibilitäten erheblich dazu bei, die Auslastung der Netzinfrastruktur zu optimieren und den physischen Ausbau zu minimieren. Dazu gehört auch, Engpässe rechtzeitig und bei einem erlaubten temporären „Überlastungsgrad“ zu erkennen und zu beheben. Auch über die **Ausprägung des (n-1)-Kriteriums** ist nachzudenken. Dies alles optimiert im Kern die Jahresbenutzungsdauer der installierten Netzleistung.

Wichtige Fragen ergeben sich bei der Konkretisierung: **Welche Flexibilitäten können marktbasierend, also freiwillig organisiert werden** und welche sind systemrelevant und damit gesichert (z.B. vom Systemverantwortlichen) und zeitkritisch zu erbringen? Hier geben die sogenannten Systemdienstleistungen eine erste Antwort. In jedem Fall bedarf es eines Satzes von Regeln, die den Flexibilitätsmarkt beschreiben und die Rahmenbedingungen definieren. Der Markt muss die Grenzen der Systemstabilität berücksichtigen und entsprechende Restriktionen in Kauf nehmen.

Beispielhaft soll der Fall der Erzeugung und des Bezugs von Wirkleistung sowie – in definierten Grenzen – des Bezugs

oder der Lieferung von Blindleistung betrachtet werden. Hier ist ein Marktmodell grundsätzlich anwendbar, allerdings ist der aktuelle Ordnungsrahmen unzureichend. Die zu setzenden Grundregeln müssten folgende Aspekte berücksichtigen:

- Das **systembezogene Leistungsgleichgewicht** zwischen Erzeugung und Verbrauch ist zu jedem Zeitpunkt vorhanden. Dazu wird unverändert ein zentraler Markt für die Frequenzleistungsregelung in Form von Auktionen existieren. Allerdings können künftig auch Flexibilitätsmärkte ihren Beitrag leisten.
- Lokal erfolgt künftig zusätzlich eine **Minimierung des Leistungsaustauschs** zwischen vor- und nachgelagerten Zellen. Das Prinzip der technischen Subsidiarität bewirkt die lokale Kompensation von Differenzen unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit.
- **Flexibilitäten** werden je nach Größe und Spannungsebene der Netzanbindung lokal, regional, überregional oder global genutzt und gehandelt.
- Die systemdienliche Nutzung von Flexibilitäten erfolgt gemeinsam durch **Verteilnetzbetreiber** (Engpassmanagement und Redispatch 2.0), **Übertragungsnetzbetreiber** (Redispatch 2.0) und **Bilanzkreisverantwortliche** (Ausgleichenergie).
- Ergänzend können **bidirektionale Vereinbarungen** zur Nutzung der Flexibilitäten zwischen Netzbetreiber und Flexibilitätsanbieter geschlossen werden.

→ **Netzelemente** (z.B. Spannungsregler an Transformatoren) sind den Netzbetreibern zugeordnet. Sie werden im Kontext der Netze reguliert. Blindleistung hingegen kann künftig auch marktbasierend beschafft werden. Regionale Aspekte sind zu berücksichtigen.

Aufbau eines einfachen Flexibilitätsmarktes

Eine vielversprechende Möglichkeit, die **Flexibilität von dezentralen Anlagen** im Verteilnetz für das Engpassmanagement der Netzbetreiber zu nutzen, stellen **regionale Flexibilitätsmärkte** dar. Das zugrundeliegende Konzept^[14,15] wurde bereits in einer Reihe von Forschungsprojekten (z.B. ^[16, 17]) untersucht.

Regionale Flexibilitätsmärkte sollten zur Minimierung von Prognoseungenauigkeiten so kurzfristig wie möglich agieren. Damit die Anbieter, die regional keinen Zuschlag erhalten, jedoch die Option behalten, alternativ am **globalen Intraday-Markt** zu handeln, ist ein Vorlauf von mindestens 30 Minuten vor Ausführung sinnvoll. Für die konkrete Umsetzung des Marktes ist netzseitig die Etablierung eines **Smart Grid** erforderlich, um drohende Engpässe erkennen und durch die Aktivierung von Flexibilität abwenden zu können. Um den Netzstatus in die (nahe) Zukunft projizieren zu können, wird zudem eine Netzstatusprognose benötigt^[18], aus der sich eine Ampelphase ableiten lässt^[19, 20]. In der gelben Ampelphase können die Marktteilnehmer an einer Online-Handelsplattform ihre Gebote abgeben. Grün bedeutet keine Handlungsnotwendigkeit und Rot erfordert ein sofortiges und zwangsweises Eingreifen.

Die Marktplätze (Bild 3) sind dabei anhand der physikalischen Wirkung der Anlagen auf den Engpass automatisch zu bilden. In Folge entstehen je nach Art der prognostizierten Grenzwertverletzung unterschiedliche Marktplätze. So können **Spannungsbandverletzungen** nur von Anlagen im selben Netzstrang und Überlastungen nur von Anlagen, die sich „hinter“ dem betroffenen Betriebsmittel befinden, behoben werden. Je nach Ort und Typ der Grenzwertverletzung ergeben sich unterschiedliche Marktplätze mit unterschiedlichen Marktteilnehmern, die ihre Gebote abgeben.

Diese Gebote werden dann – auf Basis des prognostizierten Netzstatus – von einem Optimierungsalgorithmus automatisiert ausgewertet^[21]. Das wirtschaftlichste Gebot zur Behebung der Grenzwertverletzung erhält automatisch den Zuschlag.

Im Vergleich zu anderen **Konzepten der Engpassbewirtschaftung** wie z.B. der bedingten Netznutzung^[22] besteht der Vorteil dieser marktbasierenden Lösung darin, dass die Marktteilnehmer über die Gebotsystematik stets die alleinige Kontrolle über ihre Anlagen behalten. Dies verspricht eine sehr hohe Akzeptanz. Grundsätzlich sind die Voraussetzungen für alle Konzepte der Engpassbewirtschaftung – und damit auch für Redispatch 2.0 – identisch, so dass die Bausteine, wie Optimierungsalgorithmus und Smart Grid Systeme, äquivalent verwendet werden können.

Ausgewählte Flexibilitätsprojekte

Die bisher größten Projekte zum Thema Flexibilität in Deutschland sind die fünf SINTEG-Projekte. So ist etwa das Ziel des

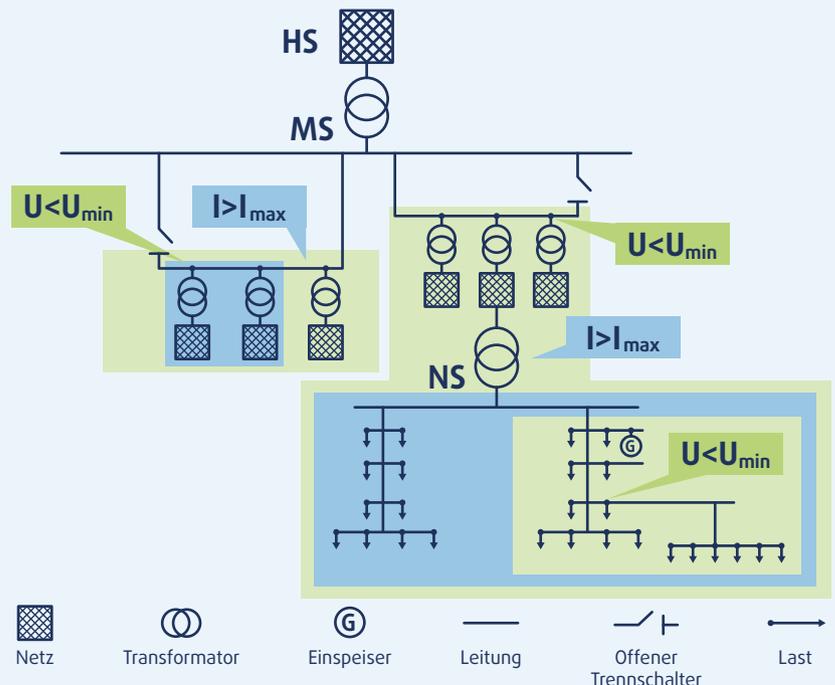


Bild 3: Beispielhafte Marktplätze durch verschiedene Grenzwertverletzungen

Teilprojekts DESIGNETZ, **Blaupausen für das dezentrale Stromnetz der Zukunft** zu entwickeln, indem die EE-basierten Erzeuger in das Energiesystem integriert werden und gleichzeitig der Netzausbau auf ein Minimum reduziert wird. **Die Versorgungssicherheit hat oberste Priorität.** Um dieses Ziel zu erreichen, müssen viele dezentrale Einzelösungen zu einem Gesamtsystem vereinigt werden. DESIGNETZ integriert rund 30 innovative Energieprojekte in ein intelligentes Energienetz. Herzstück des Projektes ist ein Regelalgorithmus, der den überregionalen Energieausgleich ermöglicht.

Die **Leitidee** in einem weiteren Teilprojekt C/sells widmet sich drei wesentlichen Eigenschaften künftiger Energienetze, nämlich **Zellularität, Partizipation** und **Vielfältigkeit**. Als zentrale Prinzipien bilden sie die Leitplanken für die verschiedenen Maßnahmen, mit denen C/sells die Energiewende umsetzt.

Im Teilprojekt enera werden im Rahmen eines **groß angelegten Feldtests** vor allem neue Daten erfasst. Daraus sollen neue Mehrwerte realisiert werden. Ziel ist mehr **Transparenz durch Echtzeitdaten** für den Einzelnen und das gesamte System. Die Nutzer werden in Echtzeit ins Energiesystem eingebunden und können sich als aktive Unterstützer der Energiewende einbringen.

Das Teilprojekt NEW4.0 will konkret zeigen, dass sich bis **2035 Schleswig-Holstein und Hamburg zu 100 % mit Strom aus EE-Quellen** versorgen lassen. Die Digitalisierung ist wichtiger Schlüssel für den Ausgleich.

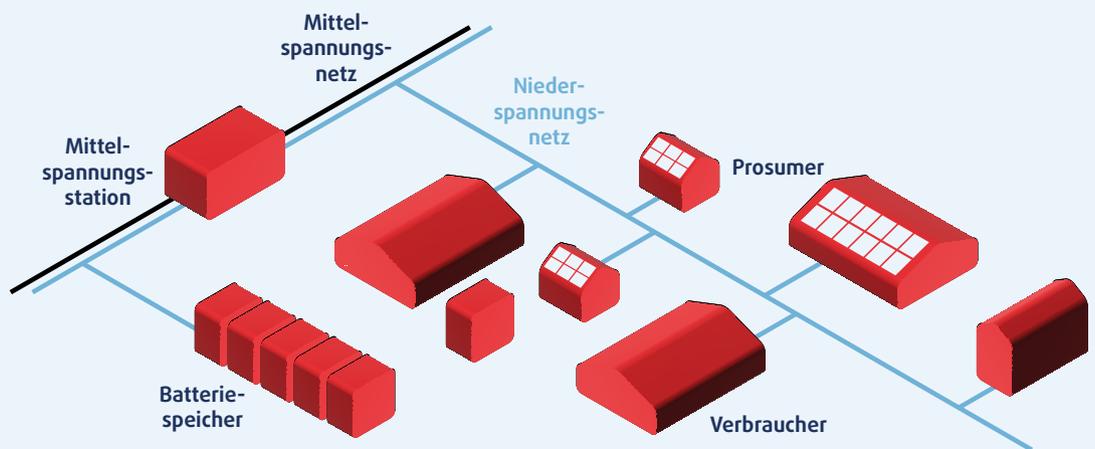
Schließlich wird im Teilprojekt WindNODE identifiziert, wie und wo **technische Lastverschiebungspotenziale** sowie **Optionen für die Sektorenkopplung** in Nordostdeutschland gefunden werden können, um als Flexibilitäten im Energiesystem genutzt zu

werden. Der Fokus liegt auf industriellen und gewerblichen Flexibilitäten sowie auf Flexibilitäten in Quartieren und im Mobilitätssektor.

Kernelement dieser fünf großen Forschungsprogramme ist – wie für geschlossene Systeme notwendig – stets eine Kombination aus EE-Quellen, Speichern und flexiblen Lasten, die mit einer intelligenten Steuerung verbunden sind.

Im Folgenden sollen einzelne konkrete Beispiele vorgestellt werden, die bereits länger in Betrieb sind und belastbare Ergebnisse liefern. Die Westnetz GmbH hat z.B. in der Gemeinde Wettringen (NRW) bereits seit 2015 einen **Batteriespeicher im Niederspannungsnetz installiert**. Bild 4 stellt das Prinzip dar. Der Speicher arbeitet netzdienlich und wird am Tag bei Bedarf mit der Energie der PV-Anlagen geladen. Nachts erfolgt die Rückspeisung.

EIChe Lithium-Ionen Speichersystem



Peak-shaving



Bild 4: Speicher Wettringen

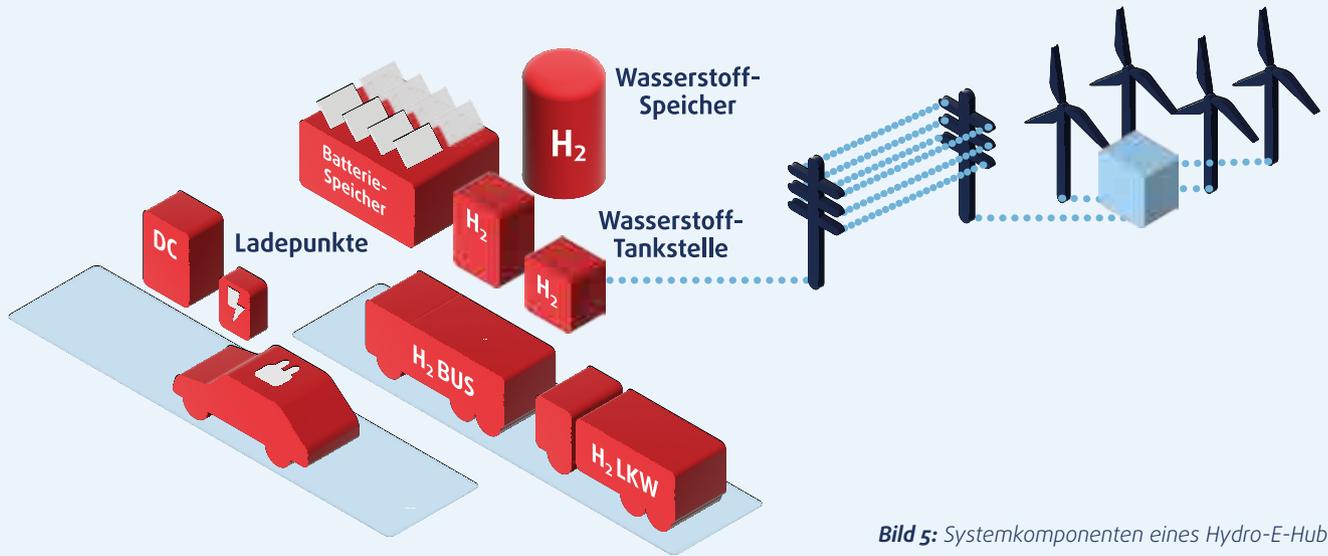


Bild 5: Systemkomponenten eines Hydro-E-Hub

Inzwischen sind weitere vergleichbare Projekte realisiert. Mit diesen Lösungen wird erfolgreich eine Einspeisespitze am Mittag und eine Lastspitze am Abend vermieden. Es ist also nachgewiesen, dass **mittels Netzspeichern Netzausbau vermieden werden kann**. Die Regelung erfolgt dezentral auf Speicherebene. Das Prinzip ist vergleichbar dem der sogenannten „Netz-Booster“, die auf Übertragungsebene vorgesehen sind. Die Kosten der Speicher sind im Verteilungsnetz regulatorisch allerdings nicht anerkannt.

Ein anderes aktuelles Projekt von Westenergie AG und Westnetz GmbH beschäftigt sich mit dem **intelligenten Management von E-Ladesäulen**. Bei diesem Ansatz wird die Lastseite betrachtet. Der Ausbau der Elektromobilität ist in Europa und Deutschland erklärtes Ziel. Bis 2030 sollen 10 Millionen Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen unterwegs sein. Seit Langem wird dabei diskutiert, ob konventioneller Netzausbau oder intelligentes Laden hierfür der richtige Weg ist. Ziel des Projektes „Intelligent Grid Application – InGA“ ist es, unter Berücksichtigung der Mobilitätsanforderungen der Nutzer die Ladevorgänge der Fahrzeuge intelligent so zu steuern, dass der Netzausbaubedarf minimiert wird. Ein

theoretischer Ansatz wurde im Rahmen des Projektes weiterentwickelt und in einem **Praxistest an zwei Standorten und an 25 Ladepunkten** erprobt. Das Ausrollen auf die gesamte Fläche der Westnetz sowie die weitere Vermarktung sind vorgesehen.

Power-to-heat und **Power-to-Gas/H₂-Projekte** laufen derzeit bei vielen Energieversorgern und Netzbetreibern und beschäftigen sich ebenfalls mit dem Themenfeld Speicher. So wird in vielen Fällen aus „Überschussstrom“ in erzeugungsstarken Zeiten entweder Wärme oder H₂ erzeugt. Die Wärme wird mittels Wärmetauscher in Wärmenetzen eingesetzt. Dabei wird meist Wasser als thermischer Speicher genutzt. Weiterhin demonstrieren auch eine Reihe von Projekten mittels Elektrolyse sehr erfolgreich, wie EE-Strom als H₂ gespeichert und genutzt werden kann. Das produzierte H₂ wird entweder dem Gasnetz beigemischt oder direkt in Reinform für den **Betrieb von Fahrzeugen** oder **industriell** genutzt. Im Zusammenhang mit Bussen, LKWs und Bahnen ist das sogenannten „grüne H₂“ aus EE-Produktion ein wichtiger Schlüssel für die Verkehrswende. Die Speicherbarkeit von H₂ ist sehr gut, die Kosten sind jedoch noch zu hoch. Zudem existieren ordnungspolitische Zusatzlasten. Bei der Variante der Bei-

mischung existieren verschiedene Projekte, die zwischen 10 % und 30 % Volumenanteile H₂ praktisch im Gasnetz erproben. Auch der Aufbau oder die Umwidmung bestehender Gasnetze in reine H₂-Netze wird von Netzbetreibern geplant.

In einem sehr frühen Stadium befindet sich das Projekt Hydro-E-Hub der Westenergie AG / Westnetz GmbH (Bild 5). Damit soll erstmals eine sektorenübergreifende Tankstelle der Zukunft entstehen, die sowohl den **Bedarf an H₂ als nachhaltigem Treibstoff** als auch den **Strombedarf durch Schnellladeinfrastruktur** abdeckt. Die Anlage stellt nicht nur klimafreundliche Energie für die Mobilität bereit, sie generiert zudem H₂ für die Sektoren Industrie und Wärme. Schließlich kann sie Netz- und Systemdienstleistungen erbringen. Es handelt sich um eine sektorübergreifende Flexibilität, die netz- oder systemdienlich, aber auch marktdienlich eingesetzt werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Energiewende bedeutet weit mehr als die Erschließung von regenerativen Energiequellen für den Strombereich. Vielmehr sind alle relevanten Sektoren – **Wohnen, Ver-**

kehr, Industrie, Kommunikation – sowie die zentralen Branchen **Chemie, Automotive, Wohnungsbau und IT** umfassend einzu-binden. Die Sinnhaftigkeit von isolierten, sektorspezifischen Betrachtungen schwindet. Das Gesamtsystem steht im Fokus.

Stabilität basiert zunehmend auf Flexibilität. Diese wird zu einem zentralen Baustein des neuen Energiesystems. Die ausschließliche Betrachtung von „Energie“ greift zu kurz.

Nur die zur richtigen Zeit und am richtigen Ort bereitgestellte oder entnommene Energie ist wertvoll. **Flexibilität muss damit einen Wert bekommen.** Diese räumliche und zeitliche Verknüpfung führt stringent zu Ende gedacht zu einer neuen, stärker zellulären Grundstruktur des Energieversorgungssystems mit einer

dynamisierten Betriebsweise und bidirektionalen Stromflüssen. Dies verändert auch die Dimensionierungsgrundlagen elektrischer Netze. Ein Großteil der nötigen Flexibilität lässt sich über geeignete Märkte organisieren. Jedoch nicht alles kann der Markt alleine richten. Auch in Zukunft ist die Systemverantwortung verlässlich zu regeln. Allerdings weist die Logik auch hier auf einen **deutlich dezentraleren Lösungsraum** hin.

Die bereits in^[1] angemahnte Automatisierung und Digitalisierung der Netze ist essenziell für die Etablierung eines Systems, bei dem Flexibilität das Kernelement für Stabilisierung und Optimierung darstellt. Das Denken im Gesamtsystem bedeutet auch den Abbau fiskalischer **„Zollschranken“** zwischen den Sektoren und Energieformen in Netzen der öffentlichen Versorgung. Energiewende muss zur durchgängigen und sektorenübergreifenden „Flexibilitäts-wende“ werden. ◇

Der Artikel wurde im ETG-Fachbericht 163 zum ETG-Kongress 2021 vom VDE-Verlag veröffentlicht.

Literaturverzeichnis

- [1] Birkner, P.; Küppers, S.; Zdrallek, M., „Anforderungen und zukünftiger Bedarf für intelligente Netze in Deutschland“, Fachbericht zum VDE-Kongress 2010 – E-Mobility, Berlin/Offenbach: VDE Verlag, 2010.
- [2] www.smard.de; Strommarktdaten Bundesnetzagentur
- [3] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, „Barometer Digitalisierung der Energiewende – Ein neues Denken und Handeln für die Digitalisierung der Energiewende“, Berlin, 2019.
- [4] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „dena-Leitstudie Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050,“ Berlin, 2018.
- [5] J. Nitsch, „Die Energiewende nach COP21 – Aktuelle Szenarien der deutschen Energieversorgung“, 2016.
- [6] H.-M. Henning und A. Palzer, „Energiesystem Deutschland 2050: Sektor- und Energieträgerübergreifende, modellbasierte, ganzheitliche Untersuchung zur langfristigen Reduktion energiebedingter CO₂-Emissionen durch Energieeffizienz und den Einsatz Erneuerbarer Energien“, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, 2013.
- [7] P. Gerbert, P. Herhold, J. Burchardt, S. Schönberger, F. Rechenmacher, A. Kirchner, A. Kemmler und M. Wünsch, „Klimapfade für Deutschland“, BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., Berlin, 2018.

- [8] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., „Energiemarkt Deutschland 2019“, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Berlin, 2019.
- [9] Fraunhofer ISI, „Sektorkopplung – Definition, Chancen und Herausforderungen – Working Paper Sustainability and Innovation“, 2018.
- [10] C. Brunner, „Berücksichtigung von Flexibilität im zukünftigen Strommarktdesign“, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, Bd. 4, Nr. 64, pp. 8–13, 2014.
- [11] B. Uhlemeyer et. al., „The Cellular Approach as a Principle in Integrated Energy System Planning and Operation“, *Proceedings of the CIREN Workshop 2020*, Berlin.
- [12] J. Bayer et. al., „Zellulares Energiesystem – Ein Beitrag zur Konkretisierung des zellularen Ansatzes mit Handlungsempfehlungen“ *Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., Frankfurt am Main*, 2019.
- [13] BNetzA, „Flexibilität im Stromversorgungssystem – Bestandsaufnahme, Hemmnisse und Ansätze zur verbesserten Erschließung von Flexibilität“, *Diskussionspapier*, 2017.
- [14] R. Apel, V. Berg, B. Fey, K. Geschermann, W. Glaunsinger, A. v. Scheven, M. Stötzer und S. Wanzek, „VDE Studie: Regionale Flexibilitätsmärkte – Marktbasierter Nutzung von regionalen Flexibilitätsoptionen als Baustein zur erfolgreichen Integration von erneuerbaren Energien in die Verteilnetze“, 2014.
- [15] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), „Konkretisierung des Ampelkonzepts im Verteilnetz“, Berlin, 2017.
- [16] EPEX SPOT und EWE, „Projekt enera: EWE und EPEX SPOT schaffen lokale Marktplattform zur Vermeidung von Netzengpässen“, Essen, Oldenburg, Paris, 2018.
- [17] T. Fieseler und E. Heilmann, „DILLENBURG macht’s vor! Mit intelligenter Messtechnik und aktiven flexiblen Prosumenten auf dem Weg zum Verteilnetz der Zukunft“, *C/sells-Community* 2019.
- [18] J. Hermanns, M. Ludwig, K. Korotkiewicz, F. Paulat and M. Zdrallek, „Modulare Netzzustandsprognosen als Fundament für ein präventives Verteilnetzmanagement“, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, pp. 63–65, November 2018.
- [19] S. Pack, K. Kotthaus, J. Hermanns, F. Paulat, J. Meese, M. Zdrallek und T. Braje, „Integration of smart grid control strategies in the green phase of the distribution grid traffic light concept“, in *Proceedings of the 2018 Conference on Sustainable Energy Supply and Energy Storage Systems*, Hamburg, 2018.
- [20] S. Pack, K. Kotthaus, J. Hermanns, B. Dahlmann, M. Zdrallek, S. Raczka und F. Schweiger, „Advantages of modifying the BDEW traffic light concept for local flexibility markets“, in *Proceedings of the 4th International Hybrid Power Systems Workshop*, 2019.
- [21] K. Kotthaus, S. Pack, J. Hermanns, F. Paulat, M. Zdrallek, C. Baumeister, F. Schweiger, „New opportunities for congestion management and grid planning due to decentralized flexibility“, *Proceedings of the CIREN Workshop 2020*, Berlin.
- [22] W. Zander, U. N. A. Rosen und S. Patzack, „Gutachten Digitalisierung der Energiewende (i.A. BMWI) – Top Thema 2: Regulierung, Flexibilisierung und Sektorkopplung“, 2018.

Wie kommt die **Energiewende** in die Stadt?

Dr.-Ing. Anna Marie Kallert, Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE
Dr. Dietrich Schmidt, Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE

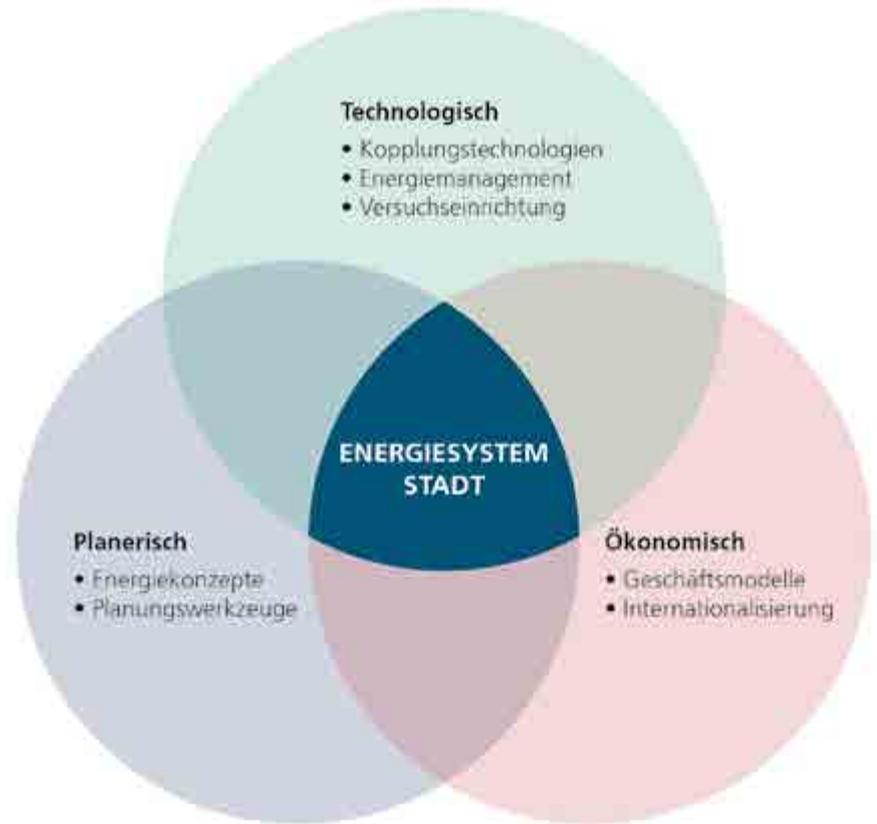


Städte spielen auf Grund des hohen Energie- und Ressourcenverbrauchs, der hohen örtlichen Dichte von Infrastrukturen, aber auch durch die Vielzahl von Akteuren eine zentrale Rolle bei der Energiewende und für den Klimaschutz. Gerade für die urbane Umgebung erfordern die verschärften europäischen Klimaschutzziele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

Städte nehmen bei der **Umsetzung der Energiesystemtransformation** eine Schlüsselrolle ein. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass hier weitverzweigte 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 die Gebäudebeheizung und Trinkwarmwasserbereitung 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**.

Doch insbesondere städtische Quartiere sind der sinnvollste Umsetzungsmaßstab für integrierte innovative Systeme, da hier die größten **Synergieeffekte zwischen Effizienzmaßnahmen und nachhaltiger Energieerzeugung** erschlossen werden können. Allerdings stellen sich im urbanen Umfeld auch besondere Herausforderungen. So bilden beispielsweise gewachsene Strukturen im Bestand und hohe Nutzungsdichten potenzielle Restriktionen für die Integration von Technologien zur effizienten Nutzung erneuerbarer Energiequellen.

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



Eine zügige Umsetzung von Maßnahmen dürfen wir nicht aus dem Auge verlieren. Die **Energiewende** und der Klimaschutz brauchen eine **zeitnahe Umsetzung**, die auf einer fundierten Wissensbasis gründet. Die urbane Energiewende ist ein entscheidendes Werkzeug, um den großen Aufgaben 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 für die Integration hoher Anteile erneuerbarer Energien in die Energieinfrastrukturen mit neuen Dienstleistungen und Werkzeugen für Kommunen, Industrie, Gewerbe und private Haushalte.

Umsetzung

Für die **Umsetzung der Energiewende im Wärmesektor** sind **Sanierung, Wärmepumpen** und **Wärmenetze** der Schlüssel zu einem klimaneutralen Gebäudebestand. Dementsprechend müssen sowohl die Sanierungsrate als auch die Sanierungstiefe deutlich gesteigert, Wärmepumpen für den Umbau unserer Heizungsanlagen installiert und Nah- und Fernwärme massiv ausgebaut werden. Darüber hinaus führt der vermehrte Einsatz von Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen 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.

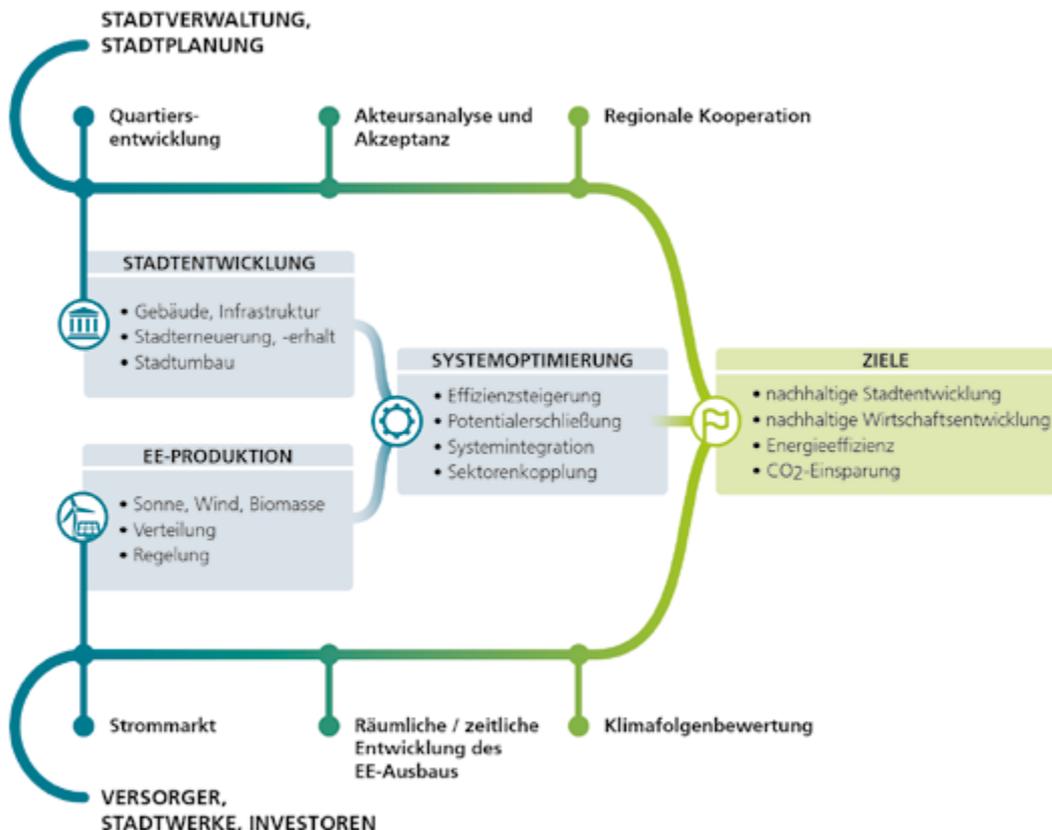
Im komplexen **Umfeld urbaner Energiesysteme** sind in Zukunft die **Planungsaufgaben** einer der wichtigsten Pfeiler zur Umgestaltung von eng besiedelten Strukturen wie Quartieren, Städten und Ballungszentren für eine nachhaltige Energieversorgung. Hier sind grundlegende Konzepte, lokal-spezifische Bedarfsbestimmungen, integrale 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.

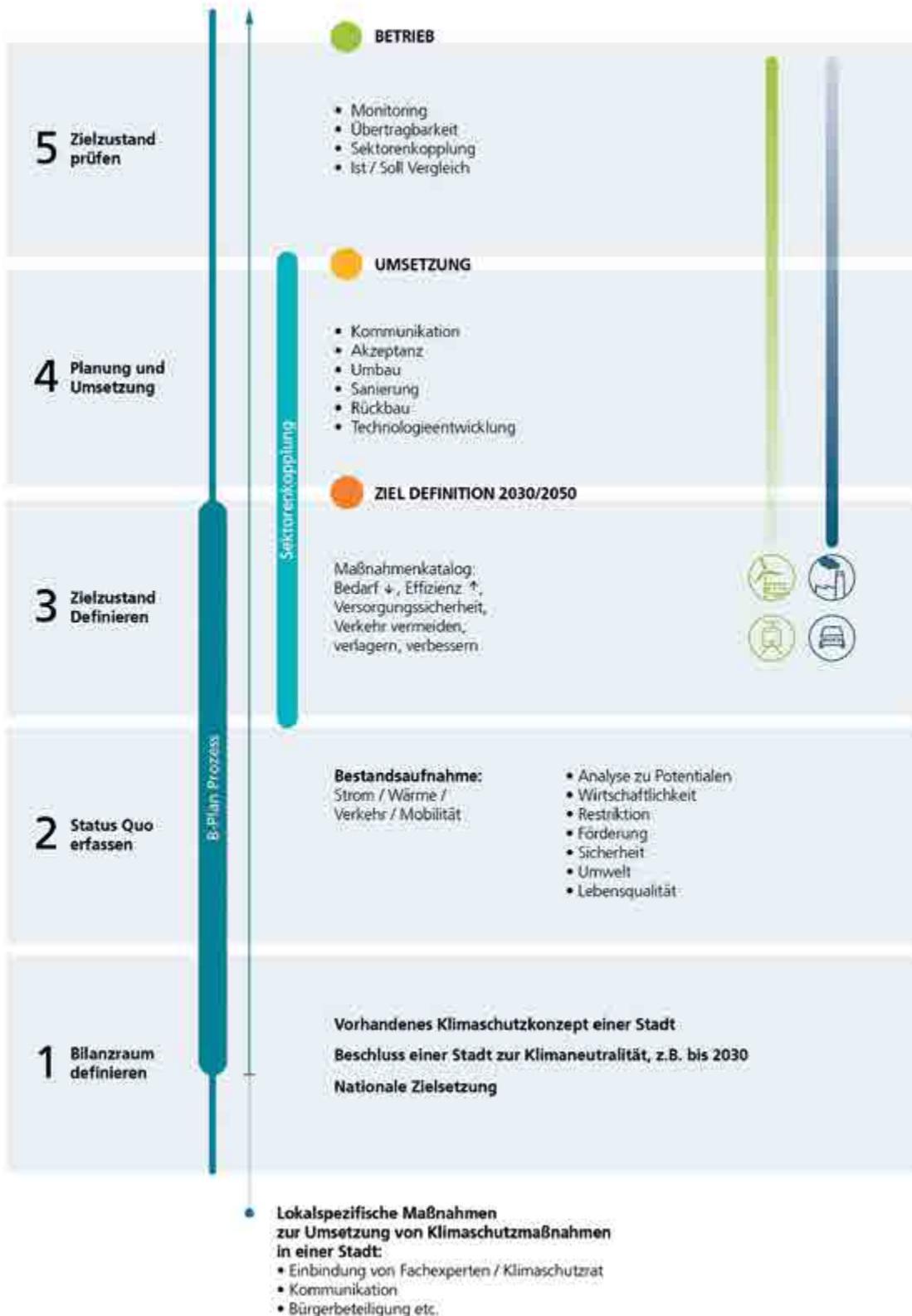
Die Umsetzung von lokalen innovativen Energieprojekten erfordert die **Einbeziehung von politischen Akteuren** und umfassende Kenntnisse über die Regularien, Prozesse und Methoden, mit denen Städte, Kommunen und

Regionen ebenso wie Versorger, Netzbetreiber, 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 Quartiers-**





und **Energieprojekten** entwickelt. Diese Konzepte bilden den strategischen Rahmen für detaillierte Umsetzungs-kooperationen, 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 Publikationsreihe PERSPEKTIVEN

**Einmal jährlich erwartet Sie ein Spektrum spannender Inhalte.
Die nächste Ausgabe der PERSPEKTIVEN erscheint 2023!**



Mit den PERSPEKTIVEN geben wir fachliche Einblicke in die Themen des House of Energy. Neben Ergebnissen der Arbeit des House of Energy enthalten die Perspektiven auch Experten-Beiträge. Die Publikation bildet unterschiedliche Sichtweisen ab. Die Texte stammen von der Geschäftsstelle, den Mitgliedern oder Gastautoren. Es handelt sich um Analysen, Projektbeschreibungen oder die Darstellung von Projektergebnissen. Auch Produkte von Unternehmen, Technologien oder Forschungsergebnisse finden ihren Platz.

Reichen Sie ein Thema ein, das Sie bewegt und dessen Veröffentlichung Ihnen wichtig ist.



Ihre Vorteile

- Wichtige Entscheider der Energiebranche erfahren von Ihrem Thema.
- Ihr Wissen leistet einen Beitrag zum Gelingen der Energiewende.
- Sie erhalten die Publikation in print- und digital zur eigenen Verbreitung.
- Ihr Beitrag ist für Sie kostenfrei.

Ob politisch, wissenschaftlich oder wirtschaftlich – wir treffen eine interessante Auswahl und freuen uns über Ihren Beitrag an kommunikation@house-of-energy.org

Impressum

Herausgeber

House of Energy e.V.

Universitätsplatz 12

34127 Kassel

Tel.: +49 561 95379-790

E-Mail: info@house-of-energy.org

www.house-of-energy.org

Registergericht:

Amtsgericht Kassel VR 5251

Vertretungsberechtigter Vorstand:

- Staatssekretär
Jens Deutschendorf (Vorsitz)
- Dr. Marie-Luise Wolff
- Prof. Dr. Rolf-Dieter Postlep

Redaktion

Ivonne Müller (*im*)

Prof. Dr. Peter Birkner (*pb*)

Nora Linnenweber (*nl*)

Dirk Filzek (*df*)

Gestaltung

Caroline Enders, Christoph Dahinten

Lektorat

Korrekturbüro Ruhr

Manteuffelstraße 16 · 47057 Duisburg

Bildnachweise

Titelfoto Umschlag: © your123 – stock.adobe.com, Seite 1; Foto Peter Birkner: © LICHTFANG – Sonja Rode, Seite 3; Grafik: © Christoph Dahinten, Seite 3; Titelmotiv Anzeige: © contrastwerkstatt, © flyalone, © royyimzy – stock.adobe.com, Seite 5; Mobiltelefon: © Comauthor – stock.adobe.com, Seite 6; Bild Startup-Illustration: © jozefmicic – stock.adobe.com, Seite 6; Bild Windkraft im Meer: © New Africa – stock.adobe.com, Seite 7; Bild Euro-Pflanze: © alphaspirit – stock.adobe.com, Seite 7; Artikel Titelbild: © Alex – stock.adobe.com, Seite 8; Artikel Titelbild: © issaronow – stock.adobe.com, Seite 10; Grafik: © FLAVIA IT-Management GmbH, Seite 11; Artikel Titelbild: © Peter Varga – stock.adobe.com, Seite 12; Bild Laptop mit Mobiltelefon: © Rymden – stock.adobe.com, Seite 13; Artikel Titelbild: © J.M. Image Factory – stock.adobe.com, Seite 14; Mobiltelefon: © Comauthor – stock.adobe.com, Seite 17; Artikel Titelbild: © Petmal – Getty Images/Stockphoto, Seite 18; Artikel Titelbild: © Sven Loeffler – stock.adobe.com, Seite 20; Foto Intelligente Ortsnetzstation iONS: © Ingenieurbüro Pfeffer GmbH, Seite 21; Abbildung Netztopologie Dorf: Hochschule Darmstadt, Seite 21; Abbildung Infobox 1 Sekundärtechnik zur Kommunikation im Labor: Hochschule Darmstadt, Seite 22; Abbildung Infobox 2 Primärtechnik des Niederspannungsnetzes im Labor: Hochschule Darmstadt, Seite 23; Abbildung Infobox 3 Effekte und Simulation im Netz: Hochschule Darmstadt, Seite 24; Artikel Titelbild: Thorsten Weigl, © Adam Opel AG, www.media.opel.de, Seite 26; Bild Batteriecontainer: © Opel Automobile GmbH, www.media.opel.de, Seite 27; Foto Prof. Dr. Ludwig Brabetz: © Jürgen Kneifel, Seite 27; Grafik E-Mobility-LAB Hessen: © Universität Kassel / Caroline Enders, Seite 28; Bild Batteriecontainer: © Adam Opel AG, www.media.opel.de, Seite 29; Artikel Titelbild: EST, © TU Darmstadt, Seite 30; Bild Biofuel-Tankstelle: © Elnur Amikshiyev – stock.adobe.com, Seite 31; Bild Forum Startup+: © tostphoto – stock.adobe.com, Seite 32; Artikel Titelbild: © Irina Strelnikova – stock.adobe.com, Seite 34; Artikel Titelbild: © jozefmicic – stock.adobe.com, Seite 36; Artikel Titelbild: © Rashevskiy Media – stock.adobe.com, Seite 38; Bild: © spainter_vfx – stock.adobe.com, Seite 41; Bild: © aleximx – stock.adobe.com, Seite 43; Bild: © peach_fotolia – stock.adobe.com, Seite 44; Artikel Titelbild: © Sergii Chernov – stock.adobe.com, Seite 46; Bild Auto: © pgottschalk – stock.adobe.com, Seite 47; Artikel Titelbild: © Worawut – stock.adobe.com, Seite 48; Illustration: © Worawut – stock.adobe.com, Seite 49; Foto Prof. Dr. Peter Birkner: © LICHTFANG – Sonja Rode, Seite 50; Foto Dirk Filzek: © LICHTFANG – Sonja Rode, Seite 50; Artikel Titelbild: © Boyarkina Marina – stock.adobe.com, Seite 52; Bild Grüne Waage: © malp – stock.adobe.com, Seite 55; Artikel Titelbild: © onimate – stock.adobe.com, Seite 58; Grafik Wasserstoffversorgung im Industriepark Höchst: © Infraserv Höchst, Seite 60; Artikel Titelbild: © airborne77 – stock.adobe.com, Seite 62; Grafik Ziele für nachhaltige Entwicklung: © United Nations, Seite 64; Artikel Titelbild: © Romolo Tavani – stock.adobe.com, Seite 66; Bild Wald: © malp – stock.adobe.com, Seite 68; Bild Puzzleleite: © malp – stock.adobe.com, Seite 70; Artikel Titelbild: © j-mel – stock.adobe.com, Seite 72; Bild E-Bus in Heidelberg: © Rhein-Neckar / Tobias Schwerdt, Seite 74;

Bild H2-Tankstelle: © EZPS – stock.adobe.com, Seite 75; Bild Digitaler Auto-Zwilling: © chesky – stock.adobe.com, Seite 75; Artikel Titelbild: © AllebaziB – stock.adobe.com, Seite 76; Foto Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner: © LICHTFANG – Sonja Rode, Seite 78; Artikel Titelbild: © New Africa – stock.adobe.com, Seite 80; Grafik Abbildung 1 vereinfacht entnommen aus: North Sea Energy Atlas. North Sea Energy, <https://north-sea-energy.eu/en/energy-atlas/> [Zugriff am: 21.12.2021], Seite 81; Bild Meer mit Windrad: © Michael Rosskoth – stock.adobe.com, Seite 82; Bild Strommasten im Meer: © Aania – stock.adobe.com, Seite 84; Grafik Abbildung 2: Eigene Darstellung, Seite 85; Grafik Abbildung 3 vereinfacht entnommen aus: North Sea Energy: Value of a coordinated offshore power grid for offshore energy sectors. North Sea Energy, 2020, Seite 86; Bild H2 Hydrogen Power Station: © AA+W – stock.adobe.com, Seite 87; Bild Windpark im Meer: © Shutter81 – stock.adobe.com, Seite 89; Grafik Abbildung 4 vereinfacht entnommen aus: Amprion GmbH: Climate Protection by Innovation. Amprion GmbH, 2020, Seite 90; Artikel Titelbild: © malp – stock.adobe.com, Seite 92; Grafik H2 Verteilung: © scharfsinn86 – stock.adobe.com, Seite 94; Foto H2 Würfel: © Fokussiert – stock.adobe.com, Seite 97; Grafik: © Christoph Dahinten – House of Energy e.V., Seite 99; Artikel Titelbild: © alphaspirit – stock.adobe.com, Seite 102; Artikel Titelbild Ingrid Nestle: © Gunnar Dethlefsen, Seite 104; Bild 3D-Illustration Smart Grid – intelligente Stromnetze: © ag visuell – stock.adobe.com, Seite 106; Bild Smart City Stadtnetz: © Yingyaipumi – stock.adobe.com, Seite 106; Bild Smart City Stadtnetz: © Yingyaipumi – stock.adobe.com, Seite 107; Bild Grüner Stecker – Strompreis Haus & Wohnung: © bht2000 – stock.adobe.com, Seite 108; Foto Ingrid Nestle: © Gunnar Dethlefsen, Seite 109; Artikel Titelbild: © Ruslam – stock.adobe.com, Seite 110; Artikel Titelbild: © kinwun – stock.adobe.com, Seite 113; Artikel Titelbild: © Robert Kneschke – stock.adobe.com, Seite 114; Artikel Titelbild: © Stéphane Lefebvre – stock.adobe.com, Seite 116; Foto 3D-Modell Plasma-Pulsed Geo-Drilling-Bohrkopf: © Fraunhofer IEG/Börner, Seite 117; Foto LaserJetDrilling Prototyp eingebaut in Bohrgerät: © Fraunhofer IEG/Schwarz, Seite 117; Artikel Titelbild: © patpitchaya – stock.adobe.com, Seite 118; Grafik Bild 1 Zeitverlauf Erzeugung und Last in Deutschland, vereinfacht entnommen: www.smard.de, Strommarktdaten Bundesnetzagentur, Seite 119; Grafik Bild 2 Eckpfeiler des Energiesystems der Zukunft: Christoph Dahinten, Seite 120; Bild Vernetzungsstruktur: © Oksancia – stock.adobe.com, Seite 121; Grafik Beispielhafte Marktplätze durch verschiedene Grenzwertverletzungen: Bergische Universität Wuppertal, Seite 123; Grafik Bild 4 Speicher Wettringen: DESIGNETZ, Aufbereitung durch House of Energy, Seite 124; Grafik Bild 5 Systemkomponenten eines Hydro-E-Hub: Bergische Universität Wuppertal, Aufbereitung durch House of Energy, Seite 125; Artikel Titelbild: © Jan Christopher Becke – fotolia.com, Seite 128; Grafik Energiesystem Stadt: © Fraunhofer IEE, Seite 129; Grafik Energiewende Städte und Kommunen: © Fraunhofer IEE, Seite 130; Grafik Energiewende Prozess: © Fraunhofer IEE, Seite 131; Titelfoto Umschlag Ausgabe 2021/22: © your123 – stock.adobe.com, Seite 132; Titelfoto Umschlag Ausgabe 2020: © T.W. van Urk – stock.adobe.com, Seite 132

Notizen

