

PERSPEKTIVEN

Die Fachpublikation des House of Energy

Energie trifft Nachhaltigkeit:

Konzepte von heute – Lösungen für morgen

Technologie

Die zukünftige Rolle von Erdgas im deutschen Energiesystem

Gastbeiträge

Suffizienz in Wirtschaft und Politik

Vorwort

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



es ist mir eine große Freude, Ihnen die vierte Ausgabe unseres Periodikums „Perspektiven“ mit dem Titel „Energiewende trifft Nachhaltigkeit: Konzepte von heute – Lösungen von morgen“ zu präsentieren. Im Jahresrhythmus stellen wir für Sie Projekthalte und -ergebnisse, Überlegungen und Analysen der Expertinnen und Experten unseres Mitgliedernetzwerks sowie Gastbeiträge mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten zusammen. Die Perspektiven sind ein Kaleidoskop der Aktivitäten und Überlegungen Ihres Kompetenzzentrums für Energie. Ganz bewusst versuchen wir, auch eine globale Sichtweise einzunehmen und uns nicht auf Deutschland zu beschränken. Energiewende ist schließlich ein weltweites Transformations- und Entwicklungsprojekt.

Der griechische Philosoph Heraklit formuliert „πάντα ῥεῖ“ – „alles fließt“. Dieser kurze Satz ist aktueller denn je. Die Rahmenbedingungen, mit denen wir leben und arbeiten, verändern sich rasend schnell. Die gilt in besonderem Maße auch für den Energiebereich und hat gravierende Folgen. Dazu drei kurze Beispiele:

Erdgas wurde lange Zeit als Brücke von der fossilen in die regenerative Welt gesehen. Je nach Standpunkt und Interessenslage wurde

über breite oder schmale, lange oder kurze Brücken diskutiert. Der politisch nicht erwartete russische Überfall auf die Ukraine hat Europa und insbesondere Deutschland die Vulnerabilität und Fragilität der Erdgasversorgung drastisch vor Augen geführt. Plötzlich stellte sich nicht mehr die Frage nach den Eigenschaften der Brücke, sondern ob diese Brücke überhaupt noch existiert. Konzepte, die bis dahin als in Stein gemeißelt galten, mussten grundlegend angepasst werden.

Ein weiteres Beispiel ist der Anwendungsbe- reich von Wasserstoff. Vor fünf Jahren vertra- ten viele Experten die Auffassung, dass Was- serstoff künftig eine wesentliche Rolle in der Mobilität und in der Wärmeversorgung spielen würde. Aufgrund des technischen Fortschritts beispielsweise bei Batterien und Wärmepum- pen geht man in den beiden Sektoren aktuell davon aus, dass Wasserstoff eher in Nischen als flächendeckend eingesetzt wird. Entspre- chend ändert sich die Konzeption des Ener- giesystems der Zukunft.

Schließlich ist noch auf den Einsatz der künst- lichen Intelligenz (KI) hinzuweisen. Steuerung und Regelung stehen hier im Mittelpunkt der Betrachtung. Die klassischen Ingenieurwis-

senschaften setzten auf formelbasierte Kau- salitäten. Der Zusammenhang zwischen Ursa- che(n) und Wirkung war klar beschrieben. Bei hochkomplexen Systemen greift man heute häufig auf KI zurück. Es werden Entscheidun- gen aufgrund von Mustern und Korrelationen getroffen, ohne dass der kausale Zusammen- hang im Detail bekannt ist. Daraus resultie- ren enorme Chancen, aber auch Risiken. Die relevanten Themenfelder sind Technologie, Soziologie, Rechtsrahmen und Finanzierung.

Diese drei Beispiele zeigen, wie groß der Ein- fluss von Rahmenbedingungen auf die Kon- sistenz des Energiesystems von morgen ist. Wer vorgibt zu wissen, welche Technologien um 2040 verfügbar sein werden und in wel- chem Verhältnis sie eingesetzt werden, arbei- tet unseriös. Bestenfalls gibt es eine vage Ahnung und es können Eckpunkte beschrie- ben werden.

Der Zukunftsforscher Matthias Horx formu- lierte: „Ich habe festgestellt, dass sich die Menschen gar nicht wirklich für die Zukunft interessieren. Sie interessieren sich eher für eine Verlängerung der Vergangenheit ins Mor- gen. Genau das hat aber die Zukunft nicht im Programm.“

Um nicht in einer vorgefassten Meinung zu verharren und seine Agilität und Neugierde zu behalten, ist der Wechsel der Perspektive hilfreich. Genau dazu ist der vorliegende Band gedacht. Nach meiner persönlichen Erfahrung brauchen wir mehr Zielorientierung sowie Flexibilität und Pragmatismus in der Methodenwahl. Zudem brauchen wir mehr Mut zur kurzfristigen Umsetzung der als richtig erkannten Schritte. Ideologiegeprägte Verfahrensanweisungen hingegen sind wenig hilfreich. Sie stoßen eher ab, als dass sie unterstützen.

Weiterhin benötigen wir Optimismus. Das Wort Krise wurde in den letzten Jahren so häufig verwendet, dass es niemand mehr hören möchte. Die Motivation von Bürgern und Entscheidern ist darüber nicht möglich. Angst schreckt auf, ist aber kein guter Wegbegleiter. Was wir stattdessen brauchen, ist ein positiver Geist, der Mut macht und inspirierend wirkt. Aufbruchsstimmung wirkt anziehend und mitreißend. Leuchtturmprojekte mit Strahlkraft und Signalwirkung können hier unterstützend wirken.

Auch Ihr House of Energy befindet sich im Wandel. Zu den drei bekannten Aktivitätsbereichen

- Ideengeber für das neue nachhaltige Energiesystem,
- zukunftsweisende Pilot- und Umsetzungsprojekte,
- Kommunikation und Weiterbildung

kommen zwei neue Themenfelder hinzu. Zum einen arbeiten wir mit Partnern an der Etablierung eines ganzheitlichen Gründerzentrums für Energie und Nachhaltigkeit in Hessen mit dem Arbeitstitel „Green Energy and Sustainability Hub - CENTER SEVEN“. Zum zweiten sind wir über den Koalitionsvertrag der neuen hessischen Landesregierung eingeladen, an der Konzeption und der Umsetzung des hessischen Exzellenzclusters 2040 für Energie mitzuwirken.

Wichtig sind ein umfängliches Denken und Agieren in den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit: Ökologie, Ökonomie und soziokulturelle Belange. Von einem Gedanken bis zur anwendbaren Lösung braucht es Zeit. Diese ist das eigentlich knappe Gut der Energiewende. Ich lade Sie daher ein, mit den Partnern im Netzwerk des House of Energy nachzudenken und neue Gedanken zu entwickeln. Gleichzeitig lade ich Sie aber auch ein, diese Gedanken gemeinsam in die Praxis umzusetzen und so wichtige Impulse für die Gestaltung der Zukunft zu geben.

Viel Spaß beim Lesen dieser Ausgabe wünscht
Ihnen



Impressum

Herausgeber

House of Energy e.V.
Universitätsplatz 12
34127 Kassel

Tel.: +49 (0)561 953 79-790
E-Mail: info@house-of-energy.org
www.house-of-energy.org

Registergericht:

Amtsgericht Kassel VR 5251

Vertretungsberechtigter Vorstand:

Jens Deutschendorf (Vorsitz)
Dr. Marie-Luise Wolff
Prof. Dr. Rolf-Dieter Postlep

Redaktion

Ivonne Müller
Prof. Dr. Peter Birkner

Gestaltung

Caroline Enders

Lektorat

Korrekturbüro Ruhr
Manteuffelstr. 16
47057 Duisburg

Papier

Vivus 100 Recyclingpapier

Druck

Druck- und Verlagshaus
Thiele & Schwarz GmbH
Werner-Heisenberg-Straße 7
34123 Kassel

Erscheinungstermin

März 2024

Bildnachweise

Coverbild: Icon: © selim/stock.adobe.com, Hintergrund: © dwph/stock.adobe.com

© LICHTFANG – Sonja Rode, Seite 1; © industrieblick/stock.adobe.com, Seite 4; © jordano/stock.adobe.com, Seite 5; © Tom Merton/KOTO/stock.adobe.com, Seite 6; © Frieda Dilchert, Seite 7; © House of Energy e.V., Seite 8; © Fiona Körner/Science Park Kassel, Seite 9; © Heiko Meyer, Seite 10; © Sven Berg, p&e power & energy, Seite 14; © yuliachupina/stock.adobe.com, Seite 18; © Fraunhofer IEE, Seite 22; © Fraunhofer IEE/André Rauchhaupt, Seite 23; © Michail/stock.adobe.com, Seite 27; © Jan Bosch, Seite 30, 31; © Alexander Ignatov auf Pixabay, Seite 33; © Lichtfang – Sonja Rode, Seite 38; © Suppachok Nuthep/stock.adobe.com, Seite 40; © TRIQBRIQ AG, Seite 42, 43, 44; © Tobias Koch, Seite 46; © Irina Strelnikova /stock.adobe.com, Seite 49, 50; © Tobias Koch, Seite 51; © House of Energy e.V., Seite 52; © Schmutzler-Schaub/stock.adobe.com, Seite 55; © industrieblick/stock.adobe.com, Seite 60; © WWW.JET-PIX.DE/stock.adobe.com, Seite 64; © Kevon Rupp | Frankfurt UAS, Seite 68; © jordano/stock.adobe.com, Seite 70; © VectorMine/stock.adobe.com, Seite 70; © kichigin19/stock.adobe.com, Seite 72; © pexels – Leah Kelley, Seite 74; © connel_design/stock.adobe.com, Seite 76; © Sabrina/stock.adobe.com, Seite 77; © Jopstock/stock.adobe.com, Seite 83; © travelview/stock.adobe.com, Seite 84; © ECDF PR Felix Noak, Seite 86; © Bürger-Energie Bodensee, Seite 88; © Friedensfördernde Energie-Genossenschaft Herford eG, Seite 90, 92, 93; © House of Energy e.V., Seite 94; © bilanol/stock.adobe.com, Seite 96; © Fokke Baarsen/stock.adobe.com, Seite 97

Inhalt

PROJEKTE

- 6 /
genesis – Förderung für Green Energy Startups in Hessen
- 10 /
LESS is more: Bürger:innen spielerisch für den Klimaschutz begeistern
- 14 /
Batteriespeicher für die Energiewende
- 18 /
Klimaschonende Mobilität mit Hilfe von KI-Ladeinfrastrukturen optimieren
- 22 /
Der Neubau des Fraunhofer IEE – ein Beispiel innovativer Energieversorgung
- 28 /
Kalte Nahwärmenetze als Baustein der Wärmewende: Projekt KNW-Plus untersucht zentrale und dezentrale Wärmequellen im Netzverbund
- 30 /
Mit Groß-Wärmepumpen Stromnetze stabilisieren
- 33 /
Wirkung von Laststeuerungsprogrammen in Wertschöpfungsketten

NETZWERK

- 36 /
Neue Mitglieder im House of Energy
- 38 /
Vernetzt und informiert
- 40 /
Zuwachs im Forum Startup+ Wir stellen vor ...
- 42 /
Materialinnovation im kreislauffähigen Holzbau
- 46 /
Interview: Jetzt ist die Zeit für die Klimawende!
- 52 /
Zukunftsthema Wasser: Energiewende und Wasserwende
- 58 /
Konzeption und Umsetzung der Digitalen Plattform für Kommunale Services (DIPKO)

60 / Die zukünftige Rolle von Erdgas im deutschen Energiesystem



68 /

Flexibel lernen an der Frankfurt University of Applied Sciences: Neue Wege in der Weiterbildung

GASTBEITRÄGE

70 /

Besser! Anders! Weniger!
Warum Suffizienz für eine regenerative Wirtschaft entscheidend ist

74 /

Suffizienzpolitik konkret –
energiesuffizientes Leben möglich machen

80 /

Argentinien und der Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft

86 /

Die Ära der Anpassung

88 /

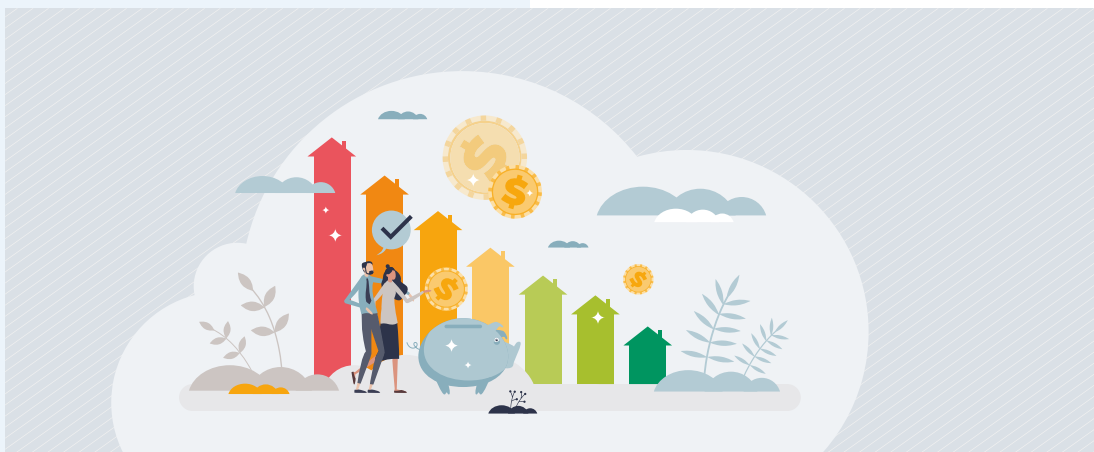
Energiegenossenschaften: **Lohnende Geschäftsmodelle und sinnvolle Kooperationen**

90 /

Echte Bürger:innenbeteiligung mit **Energy-Sharing**

94 /

Flexibilitäten im Kontext der Energiewende – eine technische und juristische Einschätzung



PROJEKTE

genesis – Förderung für Green Energy Startups in Hessen

Christian Engers, House of Energy e.V.

Das Projekt genesis fördert hessische Gründungsinteressierte und Startups aus dem Bereich Green Energy. Das Ziel ist es, die Wettbewerbsfähigkeit der Teilnehmenden zu erhöhen. Durch die Unterstützung der Startups werden deren Innovations- und Wachstumskräfte gestärkt. Langfristig soll sich ein Gründungsökosystem für Energie-Startups entwickeln, das attraktiv und überregional sichtbar ist.

House 
of Energy


SCIENCE
PARK KASSEL

Projektstart mit Netzwerkabend in Kassel

Im November 2023 ist das Projekt genesis mit einem Netzwerkabend feierlich an den Start gegangen. Rund 60 Teilnehmende zeigten in der Neuen Denkerei Kassel ihr Interesse, dieses Projekt voranzutreiben und wie sie sich einbringen können, um Startups zu unterstützen.

Das Projektteam genesis freut sich auf den Austausch mit allen Akteuren aus dem hessischen Startup-Ökosystem. Von links: Stephanie Röbel, Christian Engers und Jennifer Bröckel vom House of Energy (Foto: Frieda Dilchert)



Hintergrund

Der Titel des Projekts – genesis – verweist auf die Entstehung innovativer Unternehmen. Es wurde ins Leben gerufen, um grüne Energie-Startups zu fördern und somit eine nachhaltige Energiezukunft zu gestalten. Den jungen Unternehmen wird eine Plattform geboten, um Innovationen im Bereich der erneuerbaren Energien zu realisieren. Hierdurch wird die Entwicklung neuer Technologien und Geschäftsmodelle für eine umweltfreundliche Energieerzeugung unterstützt. Das Projekt hat im September 2023 begonnen und läuft bis Dezember 2024 und wird vom hessischen Wirtschaftsministerium gefördert (Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung von Start-ups und Scale-ups).

Zu den Aufgaben des House of Energy gehört es, Innovationen im Bereich der regenerativen und nachhaltigen Energieversorgung zu fördern, um die Energiewende in Hessen voranzubringen. Durch das Netzwerk „Forum

Startup+“ innerhalb des House of Energy, in dem rund 150 junge, innovative Unternehmen mit Energiebezug aus ganz Deutschland registriert sind, bestehen bereits gute Kontakte in die Startup-Szene. Das Projekt genesis ermöglicht dem House of Energy nun, diese gezielt und passgenau zu fördern.

„Unser Netzwerk arbeitet an Innovationen im Energiebereich. Der Weg von der Idee zur Realisierung beinhaltet auch Produktentwicklung und Unternehmertum. Hier setzt das Projekt genesis an“, betont Prof. Peter Birkner, Geschäftsführer des House of Energy.

Genesis richtet sich einerseits an Startups sowie Gründungsinteressierte aus dem Bereich Green Energy (bspw. innovative Energietechnologien) und andererseits werden auch Lösungen gefördert, die im Bereich Green Energy Anwendung finden können (z. B. Einsatz von KI im Energiesystem).

Inhalte

Den Kern des Projekts bilden ein Akzelerator und ein Tandem-Programm. Daneben ist die Vernetzung der hessischen Energie-Startups untereinander und mit Investoren sowie mit Kompetenzträgern aus Industrie, Energiewirtschaft, Forschung und Wissenschaft ein zentraler Bestandteil.

Im **Akzelerator** werden in Runde 1 von März bis Juni 2024 Gründungsinteressierte bei der Validierung ihrer Innovation unterstützt, um den „proof of concept“ zu erreichen. Sie können von einer kritischen und konstruktiven Reflexion ihrer Innovation mit Fachexperten

sowie von einem Coaching durch den Science Park Kassel profitieren. In Runde 2 des Akzelerators können Startups von September bis Dezember 2024 erste Pilot- bzw. Kundenprojekte umsetzen. Hierdurch sollen Reifegrad und Qualität im Wertangebot erhöht werden.

Im **Tandem-Programm** tauschen sich Gründungsinteressierte und Startups mit etablierten Experten aus der Praxis themenoffen aus. Die Teilnehmenden können von der Erfahrung profitieren, Kontakte erweitern und ihre Sichtbarkeit erhöhen. Hierdurch kann auch der Zugang zu Investoren, Branchenexperten und zu potenziellen Kunden erleichtert werden.

Individuelles Coaching und Qualifizierungsangebote ergänzen das genesis-Programm. Durch die proaktive Vernetzung von Green-Energy-Startups mit Unternehmen und Organisationen der Energiewirtschaft sollen Synergieeffekte entstehen. Die Vernetzung in der Region bringt Innovationen schneller in die Breite und hilft jungen Unternehmen, sich im Markt zu etablieren. Auch etablierte Unternehmen profitieren von der Zusammenarbeit.

Genesis ist ein Baustein, um das Green-Energy-Ökosystem Hessens zu stärken. Startups profitieren von der umfassenden Unterstützung, wie bspw. Expertenberatung,

Netzwerke und Zugang zu Forschungseinrichtungen. Durch die Zusammenführung von Ideen, Ressourcen und Know-how wird die Innovationskraft der Green-Energy-Startups in Hessen ausgebaut. Die Synergieeffekte zwischen Forschung, Wirtschaft und Unternehmertum schaffen eine vielversprechende Basis für nachhaltige Energieentwicklungen in der Region und darüber hinaus.

Bewerbung bis 14. August 2024

Auftakt-Event
29. August 2024
Marburg

Individuelles Coaching

Matching mit Pilotkunden und Projektentwicklungs-Workshop

Experten-Beratung

Individuelles Coaching

Experten-Beratung

Durchführung Pilotprojekt

Abschluss-Event
17. Dezember 2024
Kassel

SEPTEMBER OKTOBER NOVEMBER DEZEMBER

AKZELERATOR 2 – PILOTPROJEKT

Für wen?

Gründer:innen und Start-ups mit einer vielversprechenden Anwendung im Bereich Green Energy

Pilotkunden

Aus unserem großen Netzwerk und unseren vielseitigen Kontakten in die (Energie-)Wirtschaft finden wir den passenden Anwendungspartner für euer Produkt / eure Dienstleistung

Coaching

- Erarbeitung eines Entwicklungsplans
- Optimierung des Vertriebsprozesses von der Leadgenerierung zur Kundenbindung

Deine Benefits

- Reifegrad und Qualität des Angebots erhöhen
- passgenaue Beratung durch Fachexperten
- Erhöhung der Sichtbarkeit und Erweiterung des Netzwerks

www.genesis4startups.de



**SCIENCE
PARK KASSEL**



House of Energy und Science Park Kassel kooperieren in der Gründungsförderung

Seit Dezember 2023 kooperieren das House of Energy und der Science Park Kassel in dem Projekt genesis, um die Entwicklung und Förderung von Startups aus dem Bereich Green Energy zu verstärken.

Die Science Park Kassel GmbH unterstützt das House of Energy bei der Konzeption und Durchführung des genesis-Akzelerators. Als Innovations- und Gründerzentrum der Universität Kassel bietet der Science Park Kassel Kompetenz und Know-how in der Entwicklung von strukturierten Innovations- und Gründungsprogrammen und hat viel Erfahrung in der Durchführung gesammelt. Nicht nur an der Universität Kassel und dem Fraunhofer IEE, auch in dem Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz Hessian.ai, dem hessenweiten Hochschulprogramm Hessen-Ideen und der europäischen Clean-Tech-Förderung Climate-KIC wurden und werden solche Programme schon erfolgreich durchgeführt.

Projekt

Projektlaufzeit

09.2023–12.2024

Gesamtprojektvolumen

318.000 €

Gesamtfördevolumen

270.500 €

Projektvolumen House of Energy

318.000 €

Projektförderung

Dieses Projekt wird gefördert in der Maßnahme „Projekte zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und Gründungsmotivation“ durch das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum.

Projektwebsite

www.genesis4startups.de

#genesis4startups



HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr, Wohnen
und ländlichen Raum

LESS is more:

Bürger:innen spielerisch für den Klimaschutz begeistern

Tarek Anwarzai, Fraunhofer IEE, Dr. Anja Köbrich León, Universität Kassel, Moritz Morgenroth, twigbit Technologies GmbH, Stefanie Roth, House of Energy e.V., Bianca Stamminger, deEnet e.V.



Das Verbundvorhaben LESS is more, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, wurde Ende 2023 erfolgreich abgeschlossen. Herzstück des Projekts war die App klimo, die emissionsarmes Verhalten der Kasseler Bürger:innen spielerisch fördert sowie klimafreundliches Handeln belohnt und Optionen aufzeigt, CO₂ einzusparen. Im Laufe der dreijährigen Projektlaufzeit wurde das Nutzerverhalten mittels verhaltensökonomischer Ansätze analysiert.



Bild: v.l.n.r. Prof. Peter Birkner, House of Energy, Prof. Dr. Heike Wetzel, Universität Kassel, Dr. Reinhard Mackensen, Fraunhofer IEE, Moritz Morgenroth, twigbit Technologies, Dr. Matthias Jahnke, deEnet

Klimo stellt die Stadt und die Region in den Fokus. Gegenüber den vielen Klima-Apps, die es bereits gibt und die eher abstrakt aufzeigen, was sich für den Klimaschutz tun lässt, bietet die App klimo vielfältige und konkrete Anknüpfungspunkte an die Entwicklungen in Kassel und in der Region, um nachhaltiges Denken und Handeln der Bevölkerung zu unterstützen. Mit der App wurde somit ein Instrument für Kassel entwickelt, das die Energiewende nicht auf technologischer oder wirtschaftlicher Ebene voranbringt, sondern das Verhalten der einzelnen Bürger:innen mit einbezieht.

Klimaschutz für die Hosentasche

Zentrales Element der App ist der CO₂-Rechner, welcher vom Fraunhofer IEE entwickelt wurde. Der Einstieg in die App benötigt nur wenige Schritte und der persönliche CO₂-Fußabdruck wird direkt angezeigt. Dieser ist durch den Schnelleinstieg noch recht ungenau, aber jeder:r Nutzer:in hat jetzt die Möglichkeit, tief in den Rechner einzutauchen und so viele detaillierte Informationen einzugeben, wie er oder sie möchte. Je mehr Daten, umso genauer ist der Fußabdruck. Zusätzlich wurde auch der sogenannte CO₂-Handabdruck in die App implementiert. In diesem Bereich können die User angeben, was sie schon Gutes tun fürs Klima.

In der App können sich die Nutzer:innen jede Woche verschiedene Challenges vornehmen, um Emissionen zu sparen. Es kann aus mehr als 100 Challenges ausgewählt werden. Zu jeder Challenge sind wissenswerte Fakten hinterlegt. Als zusätzliches spielerisches Element werden für erfolgreich absolvierte Challenges zusätzlich Punkte vergeben. Diese können wiederum in Belohnungen auf einer virtuellen Kassel-Karte eingelöst werden. So kann zum Beispiel eine wüstenähnliche Landschaft in

eine grüne Oase mit Windkraft- und Photovoltaikanlagen verwandelt werden.

Im Dezember 2022 erhielten die Nutzer:innen der App Zugang zum klimo-Adventskalender. Es öffnete sich täglich ein Türchen mit nachhaltigen Tipps, Tricks und Informationen zum Klima- und Umweltschutz. Von Best-Practice-Beispielen bis hin zu digitalen Belohnungen für die App klimo im Bereich Umweltschutz bot der Adventskalender eine interaktive Möglichkeit, die Vorweihnachtszeit mit Fokus auf Nachhaltigkeit zu erleben.

Über 700 Klicks zeugen von einer regen Teilnahme an den interaktiven Aktionen des Adventskalenders. Diese Zahlen belegen nicht nur das Interesse der klimo-Community, sondern auch den Erfolg dieses Features, das es ermöglicht, täglich einen Schritt in Richtung nachhaltiger Entscheidungen zu gehen.

Im Jahr 2023 wurde das Umwelt-Quiz eingeführt, das seit Oktober das Wissen der Nutzer:innen und Nutzer über Klima- und Umweltschutz testet. Mit Fragen von ökologischen Grundbegriffen bis hin zu aktuellen Umweltthemen bietet das Quiz nicht nur eine intellektuelle Herausforderung, sondern ermöglicht auch, attraktive Preise zu gewinnen.

Die positive Resonanz der Nutzer:innen zeigt, dass digitale Initiativen, die nicht nur informativ, sondern auch unterhaltsam sind, eine breite Akzeptanz finden.

Herausforderung: Crowdfunding

Ziel war es, ein breites Angebot an Beteiligungs- und Investitionsmöglichkeiten in lokale und regionale CO₂-Minderungsprojekte zu schaffen und den Nutzer:innen der App zu ermöglichen, ihr CO₂-Reduktionsziel zu errei-

chen. Zu den Aufgaben zählten Partnerakquise und die Ausgestaltung von Projekten (Definition, technische Umsetzung, Crowdfunding).

Die größte Hürde stellte das Thema Crowdfunding dar. Trotz zahlreicher und intensiver Gespräche und Interessenbekundungen konnte nur ein Crowdfunding-Projekt gewonnen werden. In der Regel scheiterte es an fehlenden personellen Ressourcen auf Seiten der potenziellen Partner:innen, um eine Crowdfunding-Kampagne zu planen und umzusetzen. Crowdfunding schien in diesem Fall nicht das geeignete Instrument zu sein, um lokale Aktionen und Projekte zu gewinnen und zu fördern.

klimo für Schüler:innen und Auszubildende – eine Erfolgsgeschichte

Die Einbindung von klimo bei Projekttagen von Schüler:innen und Auszubildenden hat hingegen sehr gut funktioniert. Es war ein großes Grundinteresse am Thema Klimaschutz vorhanden sowie eine hohe Affinität zu digitalen Medien. So war das Team von Less is more an verschiedenen Schulen im Rahmen von „plenergy – Vom Planspiel zur Energiewende“ eingebunden, um beispielsweise Schüler:innen bei der Projektentwicklung für mehr Klimaschutz zu beraten.

Bei dem dreitägigen Planspiel plenergy erarbeiteten Jugendliche verschiedener Altersklassen in „Fachausschüssen“ Wissen zur Energiewende und Ideen für deren Umsetzung in den jeweiligen Kommunen.

Im Rahmen einer Projektwoche am Lichtenberg-Gymnasium in Kassel hat klimo einen zweitägigen Workshop mit dem Themenschwerpunkt „Content Marketing – von der Idee zur Kampagne: Crowdfunding, Klima-

schutz, Nachhaltigkeit“ angeboten. Darin wurde den Schüler:innen die App klimo vorgestellt und Ansätze wurden erarbeitet, welche Bürger:innen motivieren sollen, sich ebenfalls mit der App auseinanderzusetzen. Es entstanden fünf animierte Videos, in denen die Schüler:innen ganz eigene Geschichten erzählen. Eine zentrale Rolle spielten darin die „klimo-Superheld:innen“.

Gamification-Elemente, Nudging, Push-Notifications und ihre Auswirkungen

Ziel der Untersuchung der Universität Kassel war es, den Einfluss der App klimo auf alltägliche klimarelevante Entscheidungen zu analysieren. Eine Frage war zum Beispiel: Verändert sich das Nutzungsverhalten, wenn man Energienutzungsgewohnheiten mittels Nudging in den regionalen Kontext einbettet? Darauf basierend wurde empirisch bewertet, ob Nudging als ein Instrument eine praktikable Form ist, um Verhalten politisch zu steuern.

Als Nudge bezeichnet man einen „sanften Stupser“ in Richtung eines wünschenswerten Verhaltens. Durch Nudges wird die Wahrnehmung der Individuen und damit die Entscheidungssituation beeinflusst, indem kleine Änderungen der Entscheidungssituation vorgenommen werden, wobei jedoch Preise und Auswahlmöglichkeiten unverändert bleiben.^[1]

Es zeigte sich, dass Nudges mit einem ein-

fachen Slogan wie „Mit klimo fürs Klima“ signifikant bessere Klickzahlen und CO₂-Einsparungen zwischen Anfangs- und Endberechnung erzielten im Vergleich zu den Nudges mit Informationen zu Klimaneutralität, Starkregenereignissen oder ähnlichen Themen, die entweder im globalen, nationalen oder regionalen Kontext standen. Die Einbettung des regionalen Kontextes führte zu einer größeren In-App-Aktivität, aber zu geringeren CO₂-Einsparungen durch Challenges im Vergleich zu den Nudges im deutschlandweiten oder globalen Kontext. Interessanterweise zeigten die Nudges im deutschlandweiten oder globalen Kontext ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der Anzahl abgeschlossener Challenges und der resultierenden CO₂-Reduktion im Vergleich zum „Slogan“-Nudge. Die Unterschiede zwischen den globalen und deutschlandweiten Informationstreatments waren insgesamt gering.

Weitere Ergebnisse:

- Push-Notifications steigern insgesamt die Nutzung der App signifikant.
- Im Versuchszeitraum nahm jede:r Nutzer:in durchschnittlich an 35 Challenges teil, wodurch etwa 3 kg CO₂ pro Nutzer:in eingespart wurden.
- Insgesamt konnten alle Nutzer:innen zusammen während des Versuchszeitraums eine beeindruckende Menge von etwa 2,64 Tonnen CO₂ einsparen.
- Die Teilnehmenden nahmen im Durchschnitt sieben Änderungen der CO₂-Berechnung vor, wobei die Endberechnung im Durchschnitt um -0,4 t CO₂ niedriger ausfiel als die Anfangsberechnung.

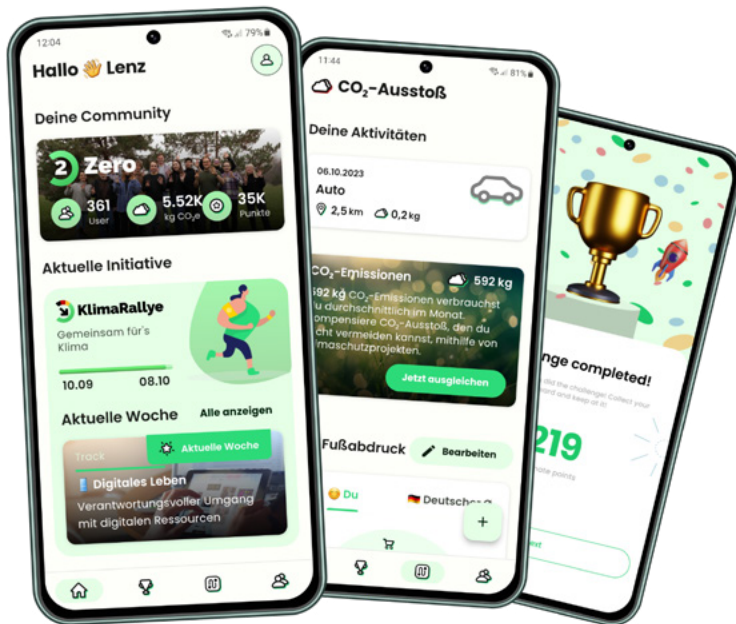
In Bezug auf die App klimo bedeutet dies, dass die Verwendung einfacher Slogans als Nudges im Vergleich zu Informationstreatments bevorzugt werden sollte. Sollen dennoch Informationen über den Klimawandel transportiert werden, so empfiehlt es sich tendenziell, die Auswirkungen nicht im regionalen, sondern im landesweiten oder globalen Kontext darzustellen. Generell eignet sich also das Nudging als ein Instrument der verhaltensbasierten Verbraucherpolitik, jedoch ist eine Einbindung in den regionalen Kontext zumindest im Fall einer tendenziell altruistischen und biosphärischen Zielgruppe nicht die geeignetste Form der politischen Steuerung.

2zero – Ein Blick in die Zukunft

Die während der Projektlaufzeit gewonnenen Erkenntnisse fließen nun in die Ausgründung zzero des Projektpartners twigbit ein. zzero bietet Kommunen eine innovative App, um Bürgerinnen und Bürger aktiv in den regionalen Klimaschutz einzubinden und sie auf unterhaltsame Weise für dieses Thema zu begeistern. Den Kommunen und Unternehmen werden maßgeschneiderte Tools, Materialien und eine individuell anpassbare App zur Verfügung gestellt. Diese Lösungen umfassen sowohl kurzfristige Aktionen wie den Klimathon oder die KlimaRallye als auch langfristige Kampagnen, die das ganze Jahr über laufen und die Gemeinden kontinuierlich begleiten.

Mit ihrer Klimaschutzapp hat zzero bereits über 50 Unternehmen und Kommunen auf ihrem Weg zur Klimaneutralität unterstützt.

Die Vision von zzero ist es, Gesundheit, Nachhaltigkeit und Selbstwirksamkeit als Schlüsselemente eines langfristigen und greifbaren Wandels sowohl in der Gesellschaft als auch im Arbeitsleben zu etablieren und zu fördern.



Projekt

Projektlaufzeit

01.2021–12.2023

Abgeschlossen

Gesamtprojektvolumen

1,9 Mio. €

Gesamtfördervolumen

1,7 Mio. €

Projektkonsortium

- House of Energy e.V.
- deENet e.V.
- Fraunhofer IEE
- twigbit technologies GmbH
- Universität Kassel, Fachgebiet Mikroökonomik und empirische Energieökonomik

Projektförderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)



Projektwebsite

www.klimo.app



Folge klimo auf Instagram

<https://www.instagram.com/klimo.app/>

Quellen

[1] Thaler, Richard H.; Sunstein, Cass R. (2008): Nudge. Improving decisions about health, wealth, and happiness. Rev. and expanded ed., with a new afterword and a new chapter. New York, NY: Penguin.



Batteriespeicher für die Energiewende

Christian Engers, House of Energy e.V.

Ende August 2023 ist das EU-Projekt STEPS nach fast vier Jahren zu Ende gegangen. Das Projekt hat kleine und mittlere Unternehmen (KMU) im europäischen Energiespeichersektor gestärkt, unter anderem auch das Startup p&e power & energy.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

House
of Energy

Interreg 
North-West Europe
STEPS
European Regional Development Fund

p&e baut Testcontainer auf dem Parkplatz des Science Parks Kassel

Der Container beherbergt Testmöglichkeiten für eine **neuartige Leistungselektronik von Energiespeichern**. Leistungselektronik ist ein wichtiger Baustein für die Energiewende und kommt in Solarwechselrichtern ebenso zum Einsatz wie in Fahrzeugen mit Elektroantrieb. Im Rahmen eines EU-Projekts und eines vom BMBF geförderten Projektes testet das Kassler Startup p&e power&energy seine Leistungselektronikplattform für Batteriespeicher auf Lithium- oder Natrium-Ionen-Basis.

Der Container ist im ersten Schritt für den Test von zwei Speichern ausgelegt, deren Be- und Entladeverhalten unter verschiedenen Rahmenbedingungen überprüft wird. Der Clou: Für den Test wird im Idealfall keine Energie aus dem Netz verbraucht. Denn an den Außenseiten des Containers sind Photovoltaik-Module angebracht, die den Speicher mit Sonnenenergie aufladen. Ziel des Feldversuchs war es, die **Lebensdauer der Leistungselektronik nachzuweisen und die Lebensdauer von Batterien zu erhöhen**.

Gerold Schulze, einer der Gründer von p&e, erklärt: „Normalerweise wird die Lebensdauer einer Batterie aufgrund der Reihenschaltung durch die schwächste Batteriezelle bestimmt. Hier setzt unsere Hard- und Software an: Durch die **Kombination von Leistungselektronik und Batteriemangement auf Ebene der einzelnen Batteriezelle** wird die Kapazitätsausnutzung des gesamten Speichers erhöht und sowohl die Systemkosten als auch die Kosten für die Leistungselektronik werden gesenkt. Eine bessere Reparaturfähigkeit und die längere Nutzungsdauer führen zu einem geringeren Ressourceneinsatz.“

p & e power & energy GmbH

Die p&e entwickelt und liefert Software- und Hardwarelösungen mit dem Ziel, zu einer vollständig auf Erneuerbaren Energien beruhenden Energieversorgung beizutragen. Die Leistungselektronikplattform für Batteriespeicher ist dabei als lizenzierbares Technologieangebot für Integratoren wie Batteriezellhersteller, Systemanbieter und Wechselrichterhersteller vorgesehen. www.p-and-e.com

Weitere Vorteile sieht Schulze in dem höheren Wirkungsgrad der Leistungselektronik von über 99%, der Skalierbarkeit und den Anwendungsbereichen in Gewerbe und Industrie sowie in der Elektromobilität, etwa bei Nutzfahrzeugen und Schiffen. Die Plattform der Leistungselektronik ist so angelegt, dass sie hinsichtlich des Stroms und der Spannung sowie verschiedener Batteriezellen flexibel angepasst werden kann – spricht in Bezug auf Leistung und Energie, eben power&energy. Um den Ressourceneinsatz für den Test zu reduzieren, wurde nicht nur Strom aus Erneuerbaren Energien verwendet. Der Container selbst sowie die PV-Module wurden gebraucht gekauft.

Innovative Speicherlösungen für Europa und darüber hinaus

Der Test lief im Rahmen des Interreg NWE Projekts STEPS (Storage of Energy & Power Systems). Ziel des Projektes war es, kleine und mittelständische Unternehmen dabei zu unterstützen, ihre innovativen Energiespeicherlösungen weiterzuentwickeln. Da zunehmend in dezentrale erneuerbare Energien investiert wird und der Bedarf an Energiespeicherlösungen entsprechend steigt, möchte das Interreg North-West Europe Programme hiesige Anbieter und den europäischen Markt stärken. Ein Element ist dabei die transna-

tionale Zusammenarbeit. p&e wurde in Spezialfragen im Rahmen des Projekts von der TU Darmstadt beraten. Das House of Energy, Innovationscluster für die Energiewende, ebenfalls mit Sitz im Science Park Kassel, koordinierte die deutschen Projektaktivitäten. Projektmanager Christian Engers freut sich über die Fertigstellung des Testcontainers: „EU-Projekte bringen eine gewisse Komplexität mit sich und es ist schön zu sehen, dass wir nun ein konkretes Ergebnis bei uns auf dem Hof haben.“

Die Ingenieure bei p&e freuen sich über die Testergebnisse: „Wir konnten hier wertvolle Daten sammeln, um unsere Prototypen zu verbessern.“ Darüber hinaus gibt es vielfältige Einsatzmöglichkeiten, nicht nur für die Leistungselektronikplattform. Die Kombination aus Container, PV-Anlage und Stromspeicher kann eine sinnvolle Maßnahme zur Förderung erneuerbarer Energien z. B. in Afrika darstellen – durch den Ausbau der Infrastruktur in ländlichen Gebieten. Energiespeicher bieten weltweit eine umweltfreundliche Möglichkeit zur Speicherung von überschüssiger Energie aus dezentralen erneuerbaren Quellen, die sonst ungenutzt bliebe. Die Lösungen der p&e können auch als Backup-Stromquelle dienen, falls das Hauptstromnetz ausfällt, da sie inselnetzfähig sind. Somit wird die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen sowie den internationalen Energiemärkten verringert.

Weitere Ergebnisse

Auf der Website des STEPS-Projekts wurden mehrere Berichte und Broschüren veröffentlicht. Zum Beispiel eine Marktanalyse über Trends und Herausforderungen in einem rasant wachsenden Markt, eine Broschüre mit Faktenblättern über Energie- und Stromspeicherung in verschiedenen Sektoren und eine Broschüre mit den Ergebnissen der Erprobung innovativer Speicherlösungen durch KMU im Rahmen des STEPS-Förderprogramms.

Besonders zu empfehlen ist die Zusammenfassung (auf Englisch) aller im Projekt durchgeführten Speichertests in Irland, England, Holland und Belgien inklusive Vorstellung

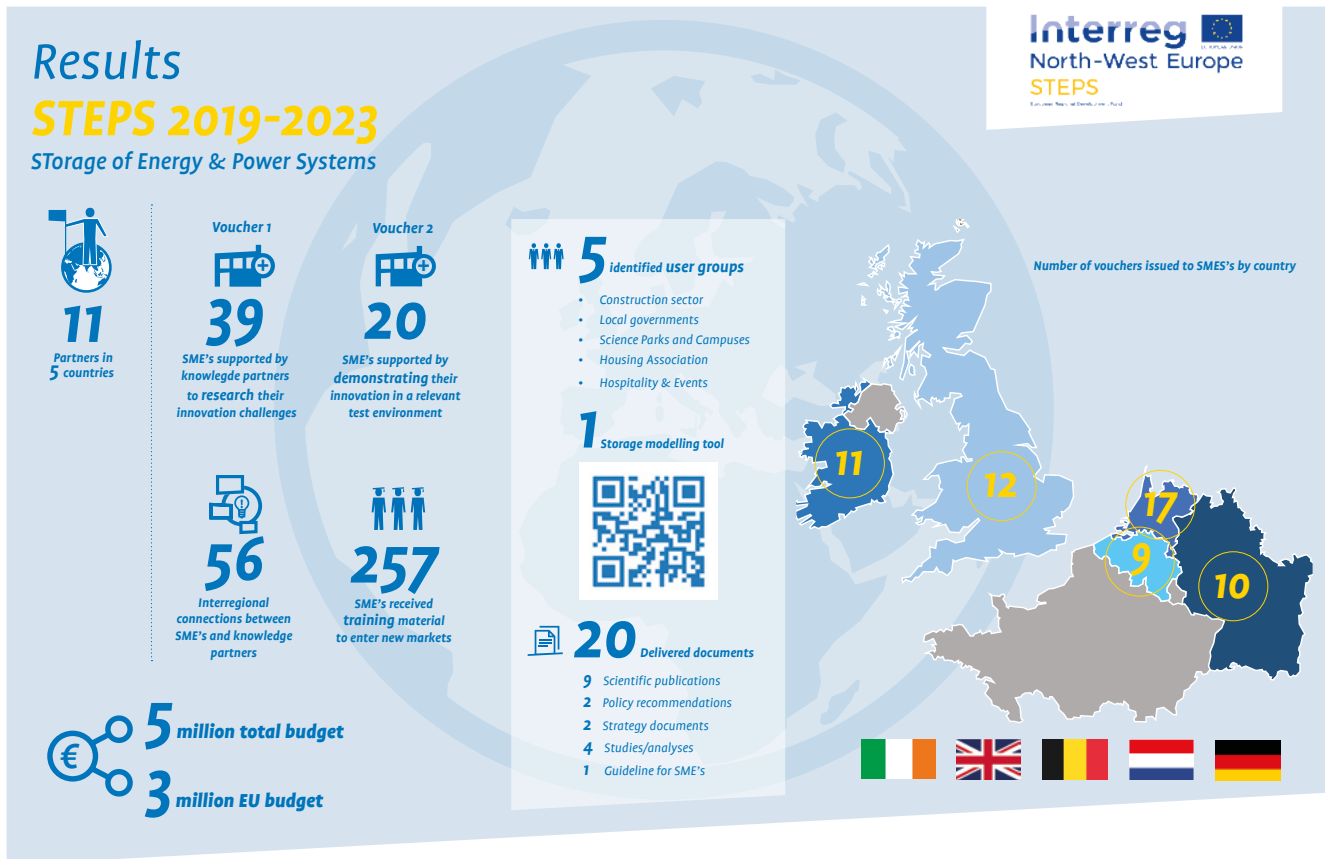
der teilnehmenden KMU. Sie ist in der Abschlussbroschüre zu finden: <https://vb.nweu-rop.eu/media/20913/result-booklet-smes-projects.pdf>

Simulations-Tool für Energiespeicher

Die Universität Gent hat das STEPS-Simulationstool für Energiespeicher entwickelt. Diese webbasierte Anwendung soll die Nutzer bei der Ermittlung der optimalen Größe von Energiespeichersystemen unterstützen. Das kostenlose Tool wurde mit dem Fokus auf Praktikabilität entwickelt und bietet sowohl kommerziellen Nutzern als auch akademischen Forschern wertvolle Einblicke.

Das STEPS-Simulationstool für Energiespeicher unterscheidet sich grundlegend von bestehenden Anwendungen. Traditionell beruht die Bestimmung der optimalen Größe eines Batteriesystems auf Faustformeln. Die optimale Batteriegröße ist jedoch eine komplexe und individuelle Angelegenheit, die sich nicht einfach in einfache Regeln umsetzen lässt. Das aktuelle Lastprofil und das Ertragsprofil sind oft zu unterschiedlich, als dass man sie anhand allgemeiner Richtlinien beurteilen könnte. Zudem hängt die optimale Speichergröße stark von der verwendeten Batterietechnologie und den aktuellen Strompreisen ab.

Im Gegensatz dazu arbeitet das STEPS-Simulationstool für Energiespeicher auf der Grund-



lage eines realen Batteriemodells, das mit den Daten eines ganzen Jahres gefüttert wird, einschließlich Energieverbrauch und Einspeisung. Das Batteriemodell simuliert das gesamte Jahr und lädt und entlädt die virtuelle Batterie auf der Grundlage der bereitgestellten Daten, der Preissignale und der gewählten Steuerungsstrategie. Anschließend werden die Ergebnisse analysiert und mit wirtschaftlichen Parametern verglichen, um das Ausmaß der Senkung der Stromrechnungen zu berechnen und die Amortisationszeit zu ermitteln. Dieser Prozess kann für 50 verschiedene Batteriegrößen gleichzeitig durchgeführt werden. Anhand dieser Ergebnisse kann das Tool die optimale und leistungsfähigste Batteriegröße für die jeweilige Anwendung ermitteln.

Ausprobiert werden kann das Tool unter: <https://steps-tool.icysand-8286c38f.west-europe.azurecontainerapps.io/>

Projekt

Projektlaufzeit

04.2020–09.2023

Abgeschlossen

Gesamtprojektvolumen

ca. 5.000.000 €

Gesamtfördervolumen

ca. 3.000.000 €

Projektvolumen House of Energy

ca. 462.000 € (Förderung 277.000 €)

Projektkonsortium

- Oost NL (NL) (Lead Partner)
- Universiteit Twente (NL)
- Flux50 (BE)
- POM Oost-Vlaanderen (BE)
- Universiteit Gent (BE)
- Galway Energy Co-operative (IE)
- 3 Counties Energy Agency (IE)
- National University of Ireland Galway (IE)
- Cambridge Cleantech (GB)
- The Faraday Institution (GB)
- House of Energy e.V. (DE)

Projektförderung

Interreg North West Europe

Projektwebsite

www.stepsnwe-application.com





Klimaschonende Mobilität mit Hilfe von KI- Ladeinfrastrukturen optimieren

Mohamed Hassouna und Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Sick, Universität Kassel

Das vom BMBF geförderte Projekt „Selbst-Adaptives Lademanagement für Ladeinfrastruktur“ kurz „SALM“ hatte zum Ziel, Ladevorgänge von E-Fahrzeugen durch Einsatz künstlicher Intelligenz so zu regeln, dass im Gesamtsystem – bestehend aus Netz, Ladesäulen und Elektrofahrzeugen – keine Lastschwankungen entstehen, die aus ungesteuerten Ladevorgängen resultieren würden.

Vor dem Hintergrund der Energiewende stellt der Ausbau der Elektromobilität und die daraus resultierende Netzbelastung für die Beladung der Fahrzeugbatterien eine zusätzliche Anforderung für die Energieversorger dar. Letztendlich treffen an den Ladestationen die Schwankungen der Energieversorgung auf die Lastschwankungen, die aus ungesteuerten Ladevorgängen der Elektrofahrzeuge resultieren.

Abbildung verschiedener Lastmanagement-Szenarien durch digitale Zwillinge

Im SALM-Projekt wurde eine hochwertige Simulationsumgebung für Ladeinfrastrukturen entwickelt. Diese ermöglicht es, verschiedene Ladeinfrastrukturen digital abzubilden und realistische Lastmanagement-Szenarien zu generieren. Dabei wurden auch reale Datensätze synthetisiert und der Wissenstransfer zwischen verschiedenen Akteuren im Bereich Elektromobilität wurde untersucht. Durch die Integration von Datenquellen wie Ladestationen, Elektrofahrzeugen und Fahrerinformationen konnten Zusammenhänge und Abhängigkeiten analysiert werden. Dieses Verständnis ermöglicht es, den Energiebedarf von E-Fahrern an einem bestimmten Ort, zu einer bestimmten Zeit und für eine bestimmte Bevölkerungsgruppe abzuschätzen.

Diese Bedarfsprognose kann Energieversorgern und Netzbetreibern helfen, die Energieverteilungsnetze zu optimieren, um Kosten zu senken und die Effizienz zu steigern.

Das Lademanagement verfolgt verschiedene Ziele, darunter die Maximierung der Nutzung der Ladeinfrastruktur, die Verbesserung der Ladequalität und die Minimierung von Kosten, Emissionen und Leistungswechseln. Die spezifischen Ziele hängen von den Anforderungen und Einschränkungen ab. Die Simulationsumgebung kann historische Event-Daten verwenden und diese in sequenzieller Reihenfolge verschmelzen, um Kontrollsignale zu erzeugen. Externe Daten wie Preisdaten oder erneuerbare Energieanteile können ebenfalls integriert werden. Die Simulationsumgebung unterstützt verschiedene reale Datensätze und ermöglicht die freie Konfiguration der Topologie. Insgesamt ist die Simulationsumgebung ein flexibles und leistungsfähiges Werkzeug zur optimalen Planung, Steuerung und Optimierung von Lademanagement-Szenarien.

Um tiefen neuronalen Netzen ausreichend Trainingsdaten zur Verfügung zu stellen, wurde die Simulation um Kopplungsmechanismen erweitert. Dadurch sollen die simulierten Datenverläufe das Verhalten realer Ladestationen möglichst realistisch widerspiegeln. Hierfür wurden statistische und generative Verfahren wie Histogramme, Gaußsche Mischmodelle und Variationale Autoencoder (VAE) eingesetzt. Diese Modelle können das Nutzungsverhalten und die Ladekurven realistisch simulieren, einschließlich der zufälligen Aspekte. Um den Energiebedarf von Elektrofahrzeugen besser zu verstehen, wurden synthetische Daten generiert, die verschiedene Nutzungsszenarien abbilden. Diese Daten ermöglichen es, verborgene Faktoren, Korrelationen und Abhängigkeiten aufzudecken, die in realen Daten möglicherweise nicht sofort erkennbar sind.

Die Verwendung synthetischer Daten führt zu einer besseren Vorhersage des Energiebedarfs und ermöglicht effizientere Strategien für das Energiemanagement.

Reinforcement-Learning-Verfahren sind gut geeignet, um Ladevorgänge zu steuern. Single-Agent-Methoden können eine kleine Ladeinfrastruktur effizient verwalten und Kosten minimieren, indem sie günstige Zeiträume priorisieren. Die Nutzung von topologischen Informationen und Beziehungen zwischen den Stationen ist wichtig für die Ladeentscheidungen. Die Ladeinfrastruktur kann als Graph dargestellt werden, wobei Ladestationen Knoten sind und Kanten ihre physischen Verbindungen darstellen. Ein Graph-Neural-Network (GNN) kann als Policy-Netzwerk verwendet werden, um Entscheidungen zu treffen und die infrastrukturelle Semantik zu kodieren. Das Wissen kann zwischen den Stationen ausgetauscht und angepasst werden, um Unterschiede zu berücksichtigen. GNN-Modelle ermöglichen einen Wissenstransfer und eine Generalisierung über die Knotenpunkte. Die Adaptivität zur Topologie-Veränderungen kann verbessert werden, indem Knotenpunkte ausgeblendet werden, um das Hinzufügen, Löschen oder die Störung von Ladestationen zu simulieren.

Transfer-Learning ist eine leistungsstarke Technik, bei der ein Modell in einem Ausgangsbereich trainiert und dann an einen Zielbereich angepasst wird, um das Problem der Datenknappheit zu lösen. In diesem Fall wurde ein für zeitliche Daten optimiertes Convolutional-Neural-Network (CNN) auf einer größeren Quelldomäne trainiert, die von zwei geografisch getrennten Ladestationen stammt. Anschließend wurde das CNN-Mo-

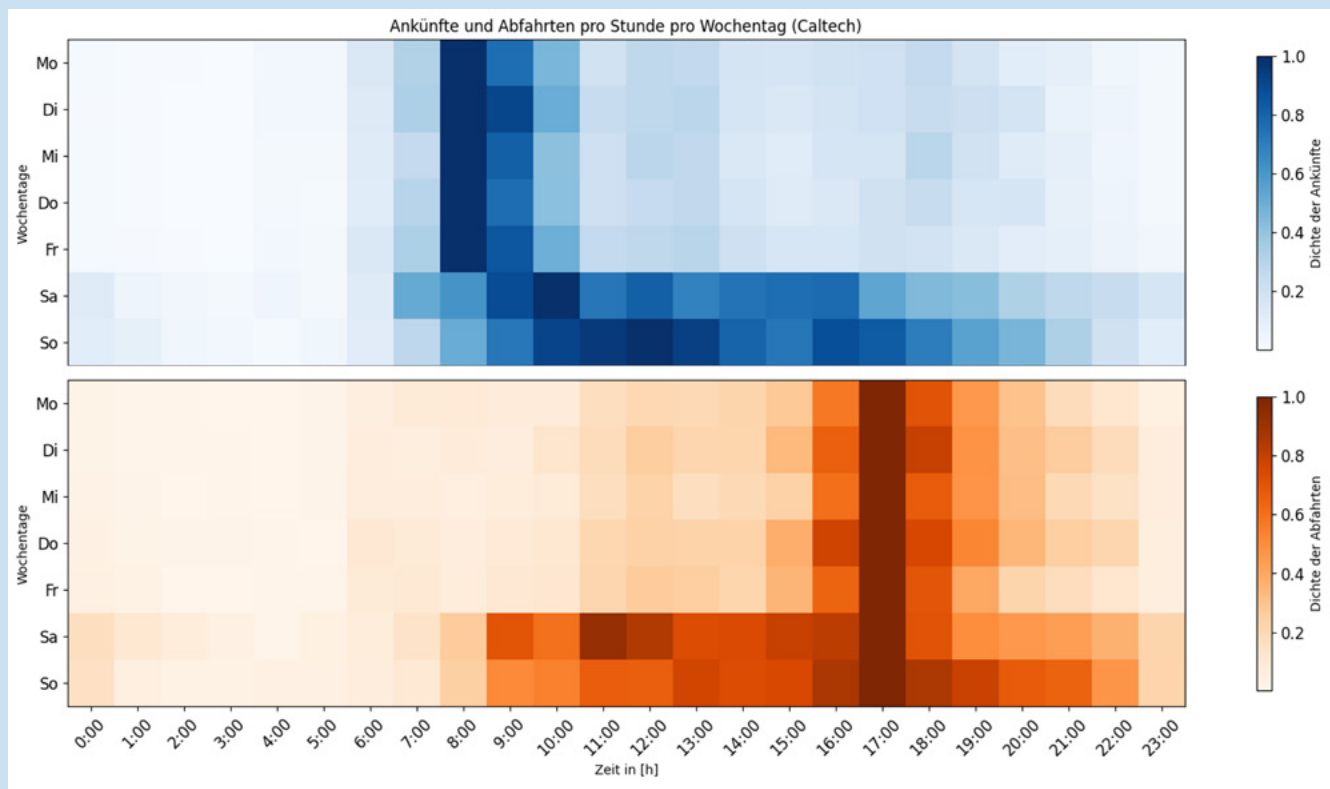
dell an einem kleineren Zieldatensatz, der von einem ähnlichen Standort stammt, feinabgestimmt. Trotz begrenzter Trainingsdaten wurde eine verbesserte Leistung und Genauigkeit auf dem Zieldatensatz festgestellt.

Diese Lösung ermöglicht es Betreibern von Industrienetzen und Verteilnetzbetreibern, ihre Kosten für den Netzausbau zu begrenzen, indem sie die Netzkapazitäten effizient nutzen.

Ausblick

Die erfolgreiche Umsetzung einer intuitiven und aussagekräftigen Visualisierung der erhobenen Daten war entscheidend für den Erfolg des Projekts. Diese Visualisierung ermöglichte es, komplexe Zusammenhänge auf einen Blick zu erfassen und gemeinsame Schlussfolgerungen mit Betreibern von Ladeinfrastruktur zu ziehen. In Zukunft wird ein besonderer Fokus auf der Weiterentwicklung der Visualisierungsmöglichkeiten liegen. Durch die konsequente Weiterentwicklung sollen präzise Prognosen und zielgerichtete Investitionen

ermöglicht werden, indem Entscheidungsträger in einer Simulation direkt angesprochen werden. Dadurch wird die Simulation zu einem unverzichtbaren Werkzeug für Unternehmen und Organisationen, die den Aufbau der Ladeinfrastruktur auf Basis von Daten und Analysen optimieren möchten.



Heatmap, die die stündliche Verteilung der Ankünfte /Abfahrten von Elektrofahrzeugen über die Woche hinweg darstellt, und dabei Spitzenzeiten und Trends aufzeigt. Quelle: Universität Kassel (Daten: <https://ev.caltech.edu/dataset>)

Projekt

Projektlaufzeit

01.2021–06.2023

Abgeschlossen

Gesamtprojektvolumen

ca. 1.200.000 €

Gesamtfördervolumen

ca. 880.000 €

Unterauftrag House of Energy

21.000 €

Projektkonsortium

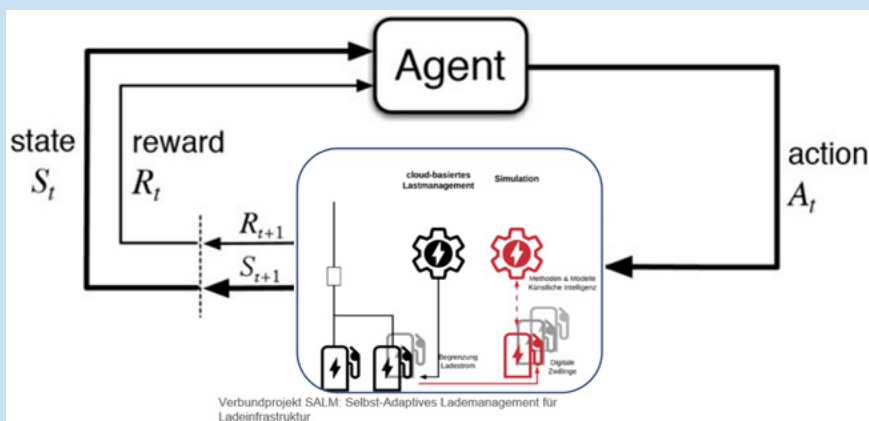
- FLAVIA IT-Management GmbH
(Verbundkoordinator)
- Universität Kassel

Projektförderung

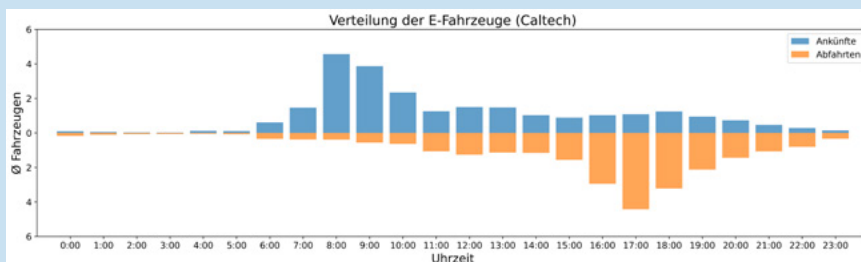
Bundesministerium für Bildung und
Forschung (BMBF)



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Reinforcement Learning zur Steuerung des Lademanagements: Der Agent interagiert mit einer realistischen Simulation, welche das Verhalten der Ladeinfrastruktur mittels digitale Zwillinge abbildet.



Verteilung der stündlichen Ankünfte und Abfahrten von Elektrofahrzeugen an der Ladeinfrastruktur. Quelle: Universität Kassel (Daten: <https://ev.caltech.edu/dataset>)

Der Neubau des Fraunhofer IEE – ein Beispiel innovativer Energieversorgung

Zusammengefasst von Dr. Christine Lenz, House of Energy e. V.

Auf dem alten Zollgelände ist in der Nähe des Kulturbahnhofs Kassel das neue Institutsgebäude des Fraunhofer IEE gebaut und 2022 in Betrieb genommen worden. In dem neuen Gebäudekomplex wurden die bisherigen Kasseler Standorte unter einem Dach vereint. Das Gebäude ist ein Referenzobjekt moderner Gebäudetechnik und zeigt, wie Klimaneutralität im Gebäudebetrieb bei gleichzeitiger Sicherung des Nutzerkomforts gelingen kann.

U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T

smart!place

Fraunhofer
IEE

House
of Energy

Über das Projekt

Der Neubau des Fraunhofer-Instituts für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE, gestaltet als „Leitwarte der Energiewende“, setzt auf ein ambitioniertes Gebäude- und Anlagenkonzept: Abwärmenutzung aus dem Rechenzentrum, Solar-Luft-Absorber und eine Eisspeicher-Wärmepumpe werden eingesetzt,

um Büros und Labore zu heizen. Strom wird über fassadenintegrierte Photovoltaikmodule erzeugt. Über nächtliche Querlüftung und Eisspeicherkälte wird im Sommer ein kühles Klima für effektives Arbeiten erzielt. Mit einer Kombination aus außen liegender Verschattung, aktiver Betonkerntemperierung, Wärmepumpe und Eisspeichertechnologie sowie zentralen und dezentralen Lüftungsgeräten

wird das Gebäude effizient und emissionsarm betrieben. Ein integriertes Monitoringsystem ermöglicht die Optimierung des Energieverbrauchs sowie des Nutzerkomforts.

Prof. Dr. Clemens Hoffmann (Fachgebietsleiter Integrierte Energiesysteme der Universität Kassel und Institutsleiter Fraunhofer IEE von 2012–2021):

„Unter der spannenden Herausforderung zwischen zukunftsweisender Technik und wirtschaftlicher Optimierung sind in diesem Gebäude Lösungen gefunden worden, die als Referenz überzeugend wirken können. Eine solche Gebäudetechnik stellt einen komplexen „Organismus“ dar, der erst allmählich „laufen lernen“ muss. Deshalb haben wir ein Begleitprojekt ins Leben gerufen, um diese „Tuning“-Phase wissenschaftlich zu begleiten.“

Die Inbetriebnahme sowie der Regelbetrieb des Gebäudes wurden wissenschaftlich begleitet, bewertet und Optimierungspotenziale wurden aufgezeigt. Im Rahmen des Projektes „Entwicklung und Bewertung innovativer Energieversorgungssysteme am Beispiel des Fraunhofer Neubaus in Kassel“ hatte die Universität Kassel die Konsortialführung inne.

Da die grundlegenden Bedarfe bei vielen Nichtwohngebäuden einer solchen Größe mit ihren Anforderungen an Wärmeversorgung, Klimatisierung und maschinelle Lüftung ähnlich sind, ist die beim IEE-Neubau realisierte ganzheitliche Lösung für eine Übertragung auf andere Gebäude sehr interessant. Die Kombination von innovativer Technik und einem flexiblen Mess-, Steuerungs- und Regelungssystem ermöglicht über den Rahmen des Projekts hinaus, weiterführende Forschungsfragen im Bereich energieeffizienter Gebäude und Gebäudetechnik zu bearbeiten.

Gebäudeentwurf

Das viergeschossige Gebäude bietet den Mitarbeitenden mit einer Bürofläche von 5.350 m² 320 Arbeitsplätze. Durch Homeoffice und Desk-Sharing gibt es Büroarbeitsplätze für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Darüber hinaus stehen den Fachabteilungen im Technikum auf 2.150 m² unterschiedliche Labore zur Verfügung. Im Eingangsbereich bietet ein großes alle Geschosse verbindendes Atrium Platz für größere Veranstaltungen. Eine Kantine sowie großzügige offene Besprechungsräume bieten Platz für Interaktionen.

Die Fassade im Erdgeschoss des Gebäudes ist als 3-Scheiben-Vorhangfassade ausgeführt. In den übrigen Geschossen wurde eine Bandfassade umgesetzt, bei der zusätzliche Blindelemente neben einem außen liegenden Sonnenschutz dafür sorgen, dass die Büroflächen im Sommer nicht überhitzt werden. Die Energieeffizienz wird verbessert, indem in einige nach Süden ausgerichtete Blindelemente Photovoltaik (BIPV) integriert wurde.

Gebäudetechnik

Ein großer Anteil der im Gebäude benötigten Wärme wird über Solarthermie sowie über die Abwärme des internen Rechenzentrums bereitgestellt. Für die Zwischenspeicherung dieser Abwärme ist ein Eisspeicher installiert, der zur Klimatisierung der Büros und Kühlung des Rechenzentrums eingesetzt wird. Mit einer Größe von 600 m³ und einer thermischen Kapazität von ca. 50 MWh wird der Eisspeicher im Winter als Wärmespeicher und im Sommer als Kältespeicher verwendet. Je nach Bedarf wird im Sommer damit passiv gekühlt und im Winter mit Hilfe einer Wärmepumpe geheizt.

Die Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von ca. 220 kW stellt den Hauptanteil des Wärmebedarfs für das Gebäude bereit. Für die Betriebssicherheit bei Ausfall einer Komponente sowie für die Deckung von Spitzenlasten sorgt eine Gasthermen-Kaskade mit einer thermischen Leistung von bis zu 600 kW. Um die Wärme an die Räume abzugeben, sind mit Fußbodenheizflächen, statischen Heizkörpern



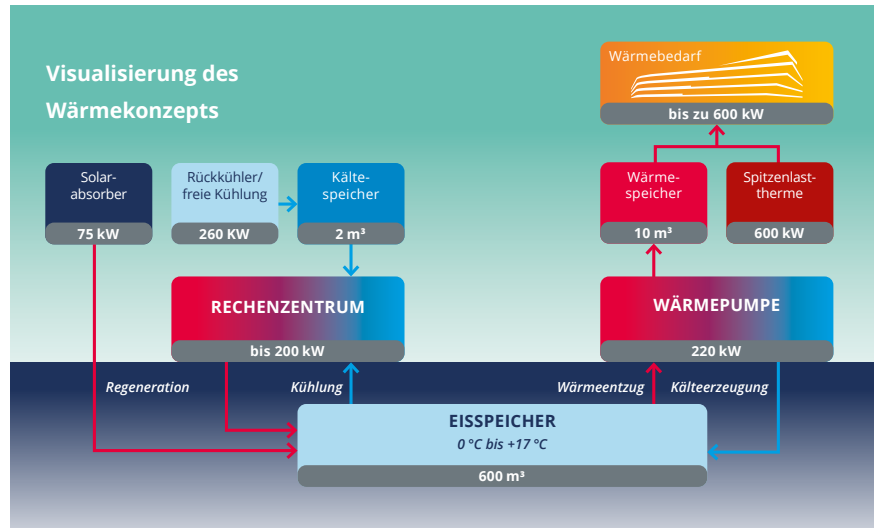
und zentralen und dezentralen Lüftungsanlagen verschiedene Übergabesysteme vorhanden.

Für die Kühlung bzw. Reduzierung des Kühlbedarfs in den Büroflächen nehmen die dezentralen Lüftungsanlagen eine führende Rolle ein. Neben dem außen liegenden Sonnenschutz ermöglichen die dezentralen Lüftungsanlagen mittels Nachtquerlüftung eine Reduzierung des Kühlbetriebs. Dabei saugen die Anlagen auf einer Fassadenseite kühle Luft aus der Umgebung an und geben aufgeheizte Raumluft auf der gegenüberliegenden Fassadenseite wieder an die Umgebung ab. Für heißere Phasen im Sommer mit vergleichsweise tropischen Nächten wird der Eisspeicher herangezogen. Dessen Kühlenergie wird über die dezentralen Lüftungsanlagen und den installierten Betonkern abgegeben.

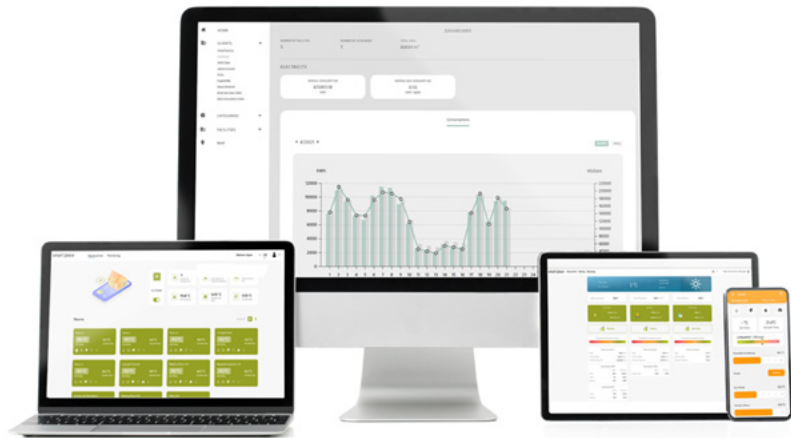
Gebäudesteuerung und Monitoring

Der Projektpartner Smartplace hat die übergeordnete Gebäudeleittechnik (GLT) realisiert. Eine wesentliche Aufgabe dieser GLT ist die Zusammenführung der Datenpunkte aus dem BACnet-Automatonsystem, das die Gewerke Heizung/Lüftung/Klima (HLK) abdeckt, und dem KNX-Automatonsystem, das vor allem die Beleuchtung und die Jalousien steuert. Die Gebäudeleittechnik ermöglicht ein übergreifendes Monitoring aller Messdaten aus beiden Bereichen der Gebäudeautomation. Darüber hinaus stellt die GLT eine Konfigurationsoberfläche für die Raumautomation zur Verfügung – mit einem „virtuellen Raumbediengerät“ als zentralem Element.

Smartplace hat basierend auf dem Open-Source-Betriebssystem OGEMA, das gemeinsam von mehreren Fraunhofer-Instituten unter Führung des IEE entwickelt wurde, das



Wärmekonzept des Neubaus vom Fraunhofer IEE



Betriebssystem SmartrOS für Gebäudeautomation und Energiemanagement umgesetzt. Die Möglichkeit zur Erweiterung des Systems durch zusätzliche Hardware-Treiber und Anwendungen bildet die Grundlage für das Full-Service-Angebot von Smartplace. Auch hierfür wird ein laufendes Monitoring ergänzt, um eine automatisierte Überwachung und Organisation der Fehlerbehebung einzusetzen.

Auf der Gebäudeleittechnik können mittels zusätzlicher OGEMA-Apps sowie der REST-API praktisch beliebig neue Anwendungen ergänzt und erprobt werden. Auch dies ist

eine wesentliche Funktion für die Nutzung des Gebäudes als Living Lab. Es wurde ein spezielles Appstore-Konzept realisiert, das es ermöglicht, neue Funktionen in einzelnen Gebäudeteilen isoliert zu erproben und immer wieder auf bekannte funktionierende Software- und Konfigurationsstände zurückzuspielen. Ein Beispiel bietet die flexible Arbeitsplatznutzung durch Desk-Sharing und Homeoffice. Um nur genutzte Räume gezielt zu heizen, führte das Institut eine Buchungslösung ein, über die die Raumheizung durch eine Erweiterung an die Buchungen gekoppelt werden soll. Im Rahmen des Projekts wurde

dies bereits für einen Testbereich über die Lösung SmarttrBooking erfolgreich demonstriert.

Das virtuelle Raumbediengerät ist eine Monitoring- und Konfigurationsoberfläche. Dieses kann einerseits von den Mitarbeitenden des Gebäudemanagements genutzt werden, um Einstellungen und Messwerte der Raumautomation zu überwachen und zu setzen. Außerdem ermöglicht das

virtuelle Raumbediengerät weitere Nutzerkonten für Personen, die z. B. aufgrund körperlicher Einschränkungen die Raumbediengeräte nicht oder nur eingeschränkt nutzen können oder einen Fernzugriff auf die Einstellungen der genutzten Räume benötigen. Über die Projektlösung hinaus kann eine entsprechende Einzelraumsteuerung mittels funkbasierter Aktoren und Sensoren auch in Bestandsgebäuden kosteneffizient nachgerüstet werden. Hierfür bietet Smarttrplace eine Full-Service-Lösung an, die Planung, Installation und Wartung aus einer Hand umfasst und auf SmarttrOS basiert.

Lessons Learned

Die grundlegende Anforderung für die Wärmeversorgung des Gebäudes ist es, einen möglichst klimaneutralen Betrieb bei ausreichendem Komfort sicherzustellen. Dementsprechend soll ein möglichst geringer Gasverbrauch erzielt werden.

Messungen in der Heizperiode 2022/23 ergaben, dass zwei Drittel des Endenergiebedarfs zur Wärmebereitstellung über die Wärmepumpe und somit auch über die Abwärmenutzung gedeckt werden konnten.

Obwohl die Abwärmeleistung des Rechenzentrums nur der Hälfte des Planungswertes entspricht, konnte auf eine übermäßige Nutzung der Gasthermen verzichtet werden. Dies ist zum einen der durch die bundesweite Energiekrise motivierten Absenkung der Raumtemperatur (19 °C) durch das Facility-Management geschuldet und zum anderen dem relativ milden Winter 2022/23. Mit der Absenkung wurde aber nicht nur der Energieverbrauch beeinflusst, sondern auch die Zufriedenheit der Nutzenden, die die Raumtemperatur zeitweise als zu kalt empfanden.

Die Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes wird neben dem Einsatz der Verschattungssysteme über die Nachtquerlüftung umgesetzt. Die Raumtemperatur wurde auf einen Sollwert von 22 °C abgekühlt. Als dieser Grenzwert erreicht war, schaltete sich die nächtliche Querlüftung ab. Direkt nach Abschaltung, so zeigen die Messungen, gab es einen kurzen, aber deutlichen Anstieg der Raumtemperatur um 1 K, was verdeutlicht, wie groß der Einfluss der thermischen Gebäudemasse ist. Um den Raum effektiver abzukühlen, könnte die Solltemperatur gesenkt werden, wofür die Nutzung von Wettervorhersagen zu empfehlen wäre. Vor allem in den Übergangsphasen Frühling und Herbst sollte die thermische Gebäudemasse nicht zu stark gekühlt werden, um zu vermeiden, dass es zum unnötigen Heizen des Gebäudes kommt. Die meisten Nutzenden empfanden die Raumtemperatur im Sommer als optimal, nur 33 % empfanden es als etwas zu warm. Dieses Ergebnis lässt sich auf den hohen Dämmstandard sowie den außen liegenden Sonnenschutz zurückführen. Auch der Eisspeicher, über den das Gebäude aktiv gekühlt werden kann, spielt eine wichtige Rolle.

Das Monitoring konnte in der Einregulierungsphase des Gebäudebetriebs Fehler erkennen und zur Behebung beitragen, beispielsweise ein Fehlbetrieb der Gasthermen im Sommer, Detektion defekter Anlagenteile oder die Unterbrechung der Kühlung des Rechenzentrums.

Es zeigt sich, dass ein Monitoring sowohl in der Inbetriebnahmephase, aber auch kontinuierlich während des Betriebs ein wichtiges Instrument zur Steigerung von Energieeffizienz und Nutzerkomfort ist. Über die ständige Kontrolle können Fehlfunktionen schnell erkannt werden, wodurch sich größere Schäden und Kosten vermeiden lassen. Zusätzlich können die größten Einsparpotenziale über die Zeit identifiziert und optimiert werden.

Übertragbarkeit und Ausblick

Das Energiekonzept des Fraunhofer IEE-Neubaus ermöglicht es, das Gebäude mit einem sehr hohen Anteil erneuerbarer Energien zu versorgen und gleichzeitig dem Nutzerkomfort gerecht zu werden.

Die zentralen Komponenten des Anlagenkonzeptes sind eine Wärmepumpe in Kombination mit einem Eisspeicher, ein Lüftungskonzept mit dezentralen Geräten sowie ein erweitertes Energiemanagement und Monitoring.

Einen Eisspeicher einzurichten, kann eine Alternative zu Geothermie- oder Luftwärmepumpe sein, wenn Solarthermie oder Abwärme zur Regeneration zur Verfügung stehen. Der Bau eines Eisspeichers erfordert wenig Grundstücksfläche im Gegensatz zu Erdsonden, Erdkollektoren oder auch Grundwasserbrunnen und ist genehmigungstechnisch einfacher umzusetzen. Insbesondere bei Bestandsgebäuden wäre eine Realisierung dieser geothermischen Optionen auf einem bestehenden Grundstück meist mit erheblichen Beeinträchtigungen verbunden.

Eine wesentliche Frage ist, ob eine hinreichend große Wärmequelle zur Regeneration – wie in dem Fall die Rechenzentrumsabwärme – verfügbar ist. Um den Eisspeicher richtig zu dimensionieren, ist entscheidend, die dauerhaft anstehende Leistung der Abwärme genau zu kennen. Anderenfalls könnte eine Luftwärmepumpe ergänzt werden, um den Speicher und die Wärmequelle wirtschaftlich zu dimensionieren. Es wird erwartet, dass zukünftig der Anteil an Luftwärmepumpen stark zunimmt. Bei sehr niedrigen Außentemperaturen wird dies zu enormen Strombedarfsspitzen führen, die mit sehr hohen Strompreisen einhergehen. Daher könnte der Eisspeicher als Backup zu einem System, das bei mildereren Temperaturen überwiegend mit Luftwärmepumpe arbeitet, zukünftig ein großes Potenzial entwickeln.

Im Rahmen des Projektes hat sich bestätigt, dass die dezentralen Lüftungsanlagen in Einzelräumen sowie in Großraumbüros für eine gute Luftqualität sorgen und dies auch in anderen Nichtwohngebäuden mit der richtigen Parametrisierung der Fall sein kann. Die nächtliche Querlüftung in Kombination mit den automatisierten Außenjalousien reduziert die Kühllast erheblich, kann jedoch nicht sicherstellen, dass während längerer Hitzeperioden

effektiv gekühlt wird. Für die Kühlung kann der Eisspeicher ebenfalls ein wichtiges Backup sein, hier ist die Wärmespeicherfähigkeit des Eisspeichers aber eine wesentliche und oftmals begrenzende Randbedingung. In der Praxis kann zum Kühlen häufig überschüssiger PV-Strom genutzt werden, wodurch die realen Stromkosten deutlich reduziert werden. Das heißt, die Eisspeicherlösung kann insbesondere für Gebäude, bei denen PV-Eigenstromnutzung nur sehr eingeschränkt möglich und gleichzeitig Kühlung wünschenswert, aber nicht durchgängig erforderlich ist, interessant sein.

Zur Evaluation des Energiekonzeptes, das im laufenden Betrieb untersucht wurde, fand ein Monitoring der wesentlichen Größen statt. Noch ist der Aufwand, die gewonnenen Daten zu strukturieren, mit der Hardware abzugleichen und zu analysieren, sehr aufwändig. Die Standardisierung einer monitoringbasierten Inbetriebnahme von gebäudetechnischen Anlagen und deren Steuerung zur Abnahme ist unabdingbar, um zukünftig komplexe Energiekonzepte wie geplant umzusetzen.

Projekt

Projektlaufzeit

03.2021–03.2023

Abgeschlossen

Gesamtprojektvolumen

ca. 530.000 €

Gesamtfördervolumen

ca. 390.000 €

Unterauftrag House of Energy

8.400 €

Projektkonsortium

- Universität Kassel,
FG Integrierte Energiesysteme
(Verbundkoordinator)
- Smartrplace GmbH

Projektförderung

Land Hessen aus Mitteln des Europäischen 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

House 
of **Energy**
Innovationsförderung

VON HESSEN FÜR HESSEN

Das House of Energy verhilft
Ihrer Innovation zur Förderung

Ihre **Idee** ist **neu, innovativ** und bringt
Energietechnologien in Hessen voran?

Bewerben Sie sich jetzt mit Ihrer
Projektskizze um **Fördermittel!**

Weitere Informationen



Vor allem kleinere und kürzere Projekte können
mit Mitteln des Landes Hessen realisiert werden.

Senden Sie Ihre Projektskizze an

Innovationsfoerderung@house-of-energy.org

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!

HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr, Wohnen
und ländlichen Raum

Kalte Nahwärmenetze als Baustein der Wärmewende

Projekt KNW-Plus untersucht zentrale und dezentrale Wärmequellen im Netzverbund

Constantin Völzel, Technische Hochschule Mittelhessen (THM)



Kalte Nahwärme (KNW) – Wärmenetze der 5. Generation

Kalte Nahwärmenetze werden, in Anlehnung an die historische Entwicklung von Temperaturniveaus und typischen Konstellationen von Wärmeerzeugern, auch als Wärmenetze der 5. Generation bezeichnet^[1,2]. Schon Wärmenetze der 4. Generation bieten als Niedertemperaturnetze mit Vorlauftemperaturen um 60°C die Möglichkeit, erneuerbare Wärmequellen wie Solarthermie einzuspeisen, Wärmeverluste im Netz zu reduzieren und zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung beizutragen^[3]. In den vergangenen Jahren ist ein deutlicher Anstieg der Anzahl realisierter Projekte im Neubau in Deutschland und Mitteleuropa zu verzeichnen, wobei eine Vielzahl regenerativer (Umwelt-) Wärmequellen die Netze versorgen^[4]. Hierzu gehören neben geothermischen Wärmequellen wie Erdwärmesonden (EWS) und horizontalen Erdwärmekollektoren (EWK) auch Luftwärmetauscher oder Abwärmequellen aus gewerblichen Prozessen oder Kühlan-

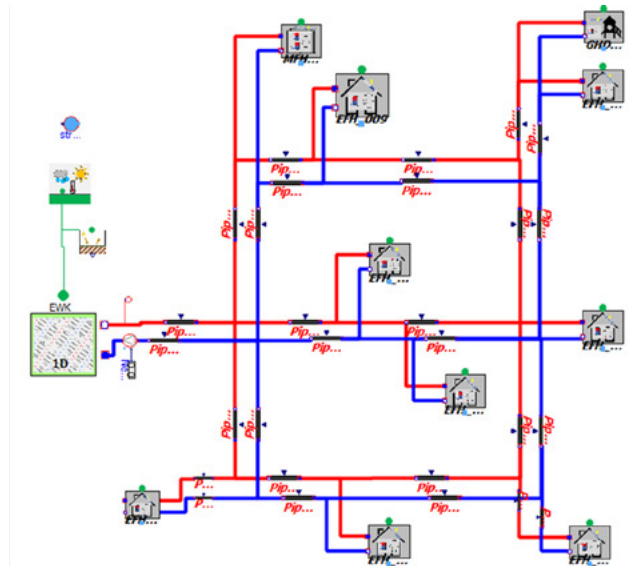
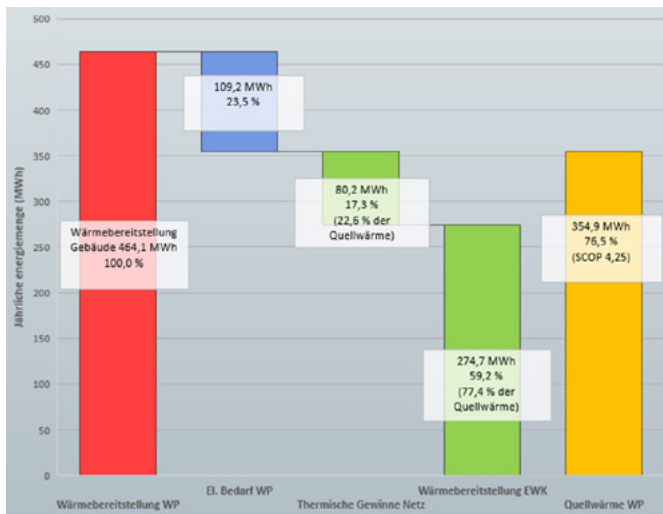
wendungen. Das Temperaturniveau der im Netz zirkulierenden Sole (Wasser-Glykol-Gemisch zur Sicherstellung der Frostfreiheit bei Temperaturen unter 0°C) liegt in Wärmenetzen der 5. Generation nahe der Umgebungstemperatur des Erdreichs im jahreszeitlichen Verlauf, sodass die flexible Einbindung von unterschiedlichsten Niedertemperatur-Wärmequellen möglich ist. Ebenso sind thermische Verluste im Netz vernachlässigbar. Vielmehr können im Verteilnetz sogar thermische Zugewinne erreicht werden, beispielsweise wenn im Netz örtlich verteilte Prosumer in die bedarfsgerechte Dimensionierung der Wärmequellen mit einfließen.

Projekt „KNW-Plus“ der THM entwickelt simulationsgestützte Auslegungshilfe

Das Projekt KNW-Plus unter wissenschaftlicher Führung der THM und mit Unterstützung des Projektpartners IMAXX Projektentwicklungsgesellschaft mbH und des Unterauftrag-

nehmers Stadtwerke Bad Nauheim GmbH hat zum Ziel, ein Open-Source-Simulationswerkzeug für einen multivalenten Wärmequellenmix in KNW-Netzen zu entwickeln. Als Ergebnis sollen für konkrete Anwendungsfälle Vorzugsvarianten von Erzeugerkombinationen aus energetischer Sicht empfohlen werden. Eine wirtschaftliche Bewertung der Varianten aus Betreibersicht ergänzt die Ergebnisse des Simulationswerkzeugs, da in Wärmenetzen der 5. Generation energetische und ökonomische Optima oftmals nicht kongruent sind.

Zu diesem Zweck wird von den Bearbeitern seitens der THM in der Softwareumgebung OpenModelica ein Simulationswerkzeug aufgebaut. Der Fokus bei der Modellierung der Wärmequellen liegt auf EWS-Feldern und EWK, für die sowohl auf bestehende und validierte Modelle^[5] zurückgegriffen werden kann als auch Eigenentwicklungen zum Einsatz kommen. Die Kombination aus detaillierten Prosumer-Modellen mit getrennter Betrachtung von Trinkwarmwasserbereitung, Heizungsbetrieb, Aufdachanlagen für hybride



PVT- oder solarthermische Kollektoren, einer hydraulisch-thermischen Repräsentation des Verteilnetzes sowie 1D- bzw. 2D-Modellen der geothermischen Wärmequellen geht im Detailgrad über viele veröffentlichte Simulationswerkzeuge zum Thema KNW hinaus.

Die Stadtwerke Bad Nauheim GmbH unterstützen das Vorhaben durch fundierte Praxiserfahrung als Betreiber eines KNW-Netzes mit

dem größten EWK Deutschlands und ermöglicht dem Team der THM, eine weitere Anlage im Aufbau mit Messtechnik im Erdreich und im Verteilnetz zu bestücken. Die IMAXX Projektentwicklungsgesellschaft mbH unterstützt darüber hinaus durch die Sicht eines Immobilienentwicklers, die Projektergebnisse an Interessenten aus der Praxis passend zu kommunizieren.

Projekt

Projektleitung

Technische Hochschule Mittelhessen

Projektpartner und Unterauftragnehmer

- IMAXX Projektentwicklungsgesellschaft mbH
- Stadtwerke Bad Nauheim GmbH

Projektlaufzeit

08.2022–12.2023

Abgeschlossen

Förderung

181.161 €

Projektförderung

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Landes Hessen (HMWEVW) und im Rahmen der Innovationsförderung des House of Energy gefördert.

Quellen

- [1] Lund, H. u. a., „4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems“, Energy, Bd. 68, pp. 1–11, 2014.
- [2] Buffa, S., Cozzini, M., D'Antoni, M., Baratieri, M., Fedrizzi, R., „5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe“, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Bd. 104, p. 504–522, April 2019.
- [3] Agora Energiewende, „Wie werden Wärmenetze grün? Dokumentation zur Diskussionsveranstaltung am 21. Mai 2019 auf den Berliner Energietagen 2019“.
- [4] Wirtz, M., Schreiber, T., Müller, D., „Survey of 53 Fifth-Generation District Heating and Cooling (5GDHC) Networks in Germany“, Energy Technology 11, 2022, DOI: 10.1002/ente.202200749
- [5] Formhals, J., „Object-oriented Modelling of Solar district Heating Grids with Underground Thermal Energy Storage“, PhD Thesis, TU Darmstadt, 2022.

House
of Energy
Innovationsförderung

HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen



Mit Groß-Wärmepumpen Stromnetze stabilisieren

Dr. Bernd Hafner, Rudolf Schmidt und Simon Niemeier, Viessmann Climate Solutions SE

Mit dem Projekt „Anlagen mit Groß-Wärmepumpen (GWP) im netzdienlichen Betrieb“ sollen die Potenziale von GWP für eine flexible Bereitstellung von Reservekapazitäten für das Stromübertragungsnetz evaluiert werden. Durch eine intelligente Steuerung können Wärmepumpen – durch die Speicherung von thermischer Energie – einen Beitrag für die Stabilität der Stromnetze leisten und so den weiteren Ausbau erneuerbarer Stromquellen unterstützen.

VIESSMANN

Hintergrund und Ziele

Die Untersuchung des netzdienlichen Einsatzes von Wärmepumpen fokussierte sich bisher insbesondere auf kleinere Anlagen im Ein- oder Zweifamilienhaus. Größere Wärmepumpen (GWP) mit einer Heizleistung zwischen ca. 50kW und 500kW haben durch ihre größere elektrische Leistung jedoch ein besonders hohes Potenzial für einen netzdienlichen Einsatz. Auch wenn Anlagen mit GWP weniger als 10 % des gesamten Wärmepumpenmarktes ausmachen, liegt die jährlich installierte elektrische Anschlussleistung bei etwa 30 %. Die elektrische Leistung der GWP ist daher deutlich größer und durch die multivalente Betriebsweise der Anlagen, die in Kombination mit weiteren alternativen Wärmeerzeugern arbeiten, kann der für kleine Wärmepumpenanlagen typische Nachholeffekt vermieden werden.

.....

Der Markt für Heizungswärmepumpen in Deutschland lag 2021 bei 140.000 Stück, 2022 bei 236.000 Stück.^[1] Ein Wachstum des Marktes auf 500.000 Stück wird angestrebt. Bereits 2022 wurden über 500 MW elektrischer Anschlussleistung durch Größere Wärmepumpen (GWP) an die elektrischen Netze gebracht. In Deutschland wird der Endenergieverbrauch für Wärme im Gebäudesektor durch Gebäudesanierungen zurückgehen^[2]. In Hessen lag dieser Verbrauch 2021 bei 70,4 TWh (253,7 PJ).^[3]

.....

Für eine netzdienliche Nutzung muss jede Anlage mit GWP möglichst genau prognostizierbar und steuerbar sein. Ziel des Vorhabens ist es daher, durch Simulationsstudien und anhand von Pilotanlagen das Verhalten von multivalenten Anlagen genauer zu erfassen und die Erweiterung der Ansteuerungs-Schnittstelle zu konzipieren. Dadurch sollen multivalente Anlagen sowohl zur Lastverschiebung als auch zur Lastvermeidung und für Lastanreize genutzt werden können, ohne dass es zu negativen Auswirkungen durch bspw. Nachholeffekte oder Energiemehrverbrauch kommt.

Die hohe Relevanz des Projektes zeigt sich in den jüngsten Regelungen der Bundesnetzagentur zur „Integration steuerbarer Verbrauchseinrichtungen“ nach § 14a EnWG. Netzbetreiber sind verpflichtet, Anschlüsse von Verbrauchern wie bspw. Wärmepumpen zeitnah zu realisieren, müssen aber im Gegenzug die Möglichkeit erhalten, die Last von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen wie Wärmepumpen bei drohender Überlastung des Netzes temporär zu reduzieren.

Vorgehen und Ablauf

Um die Netzdienlichkeit von GWP im Rahmen des Projektes zu evaluieren, wird Viessmann eng mit dem Übertragungsnetzbetreiber Tennet TSO GmbH zusammenarbeiten, um insb. Rückschlüsse auf Lastverschiebungen durch die Wärmepumpen und eine angepasste Netzführung zu ziehen. Viessmann und Tennet haben bereits in einem nicht geförderten Vorgänger-Projekt „ViFlex“ den netzdienlichen Einsatz von Wärmepumpen für Ein- oder Zweifamilienhäuser untersucht und Verfahren zur Bündelung, Verbrauchsprognose und Verschiebung der elektrischen Last entwickelt. Diese Basis fließt nun in die Betrachtung von GWP ein, sowohl hinsichtlich der Erarbeitung

von Regelungsverfahren für den netzdienlichen GWP-Einsatz, der Erprobung im Rahmen von Feldtests sowie der Analyse von Effekten auf Marktteilnehmer.

Zu Beginn des Vorhabens erfolgt die Konzeption von Regelungsverfahren für multivalente Anlagen zum netzdienlichen Betrieb. Es wird untersucht, wie sich die lokale Anlagensteuerung bei Sperrern der Wärmepumpe insbesondere in Bezug auf die Zuschaltung von alternativen Wärmeerzeugern verhalten soll, um Mehrverbrauch an Energie und Nachholeffekte zu vermeiden.

Anschließend erfolgt die Erprobung des entwickelten Konzepts an zwei Pilotanlagen im Netzgebiet der Tennet. Dabei ist eine Anlage bereits festgelegt: Die Energiezentrale der Grube Fortuna in Oberbiel (LDK) versorgt einen musealen Gebäudekomplex mit Gaststätte und Betriebsgebäuden mit Heizwärme (bestehend aus einer Wärmepumpenkaskade (2 x 45 kW), einem Pelletkessel (220 kW), sowie drei Pufferspeichern mit je 2.000 l Volumen).



Für die zweite Anlage kommen mehrere Projekte in die engere Auswahl. Wichtig für die Versuchsanlage ist die Ausstattung mit 2 bis 3 größeren Wärmepumpen, einer alternativen Quelle (Bsp. Gaskessel) und einer übergeordneten Anlagensteuerung (Vitocontrol). Die Anlage wird im weiteren Projektfortschritt festgelegt.

Abschließend erfolgt eine Analyse und Diskussion der Ergebnisse aus Konzeption und Feldtests hinsichtlich Auswirkungen für die unterschiedlichen Marktteilnehmer (ÜNB, VNB, Bilanzkreis) und den Anlagenbetreiber. Die Ergebnisse der entwickelten Verfahren werden in Workshops vorgestellt und in den entsprechenden Gremien der Energiewirtschaft geteilt. Die Begleitung des Vorhabens sowohl durch Anlagenbetreiber, einen Übertragungsnetzbetreiber als auch Experten aus der Energiewirtschaft spiegelt den Fortschritt und die Ergebnisse des Vorhabens beständig an den verschiedenen Anforderungen von Anlagenbesitzern und Marktmechanismen.

Quellen

- [1] Bundesverband Wärmepumpen e.V.: <https://www.waermepumpe.de/presse/pressemitteilungen/details/waermepumpenabsatz-2022-wachstum-von-53-prozent-gegenueber-dem-vorjahr/#content>
- [2] Studie Klimaneutrales Deutschland 2045; Prognos AG, Öko-Institut e.V., Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH: https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_01_DE_KNDE2045/KNDE2045_Langfassung.pdf
- [3] Energiewende in Hessen, Monitoringbericht 2022, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen: https://wirtschaft.hessen.de/sites/wirtschaft.hessen.de/files/2022-12/monitoringbericht_2022_web.pdf

Projekt

Projektleitung

Viessmann Climate Solutions SE

Assoziierter Partner

TenneT TSO GmbH

Projektlaufzeit

11.2023–10.2024

Förderung

57.186 €

Projektförderung

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Landes Hessen (HMWVW) und im Rahmen der Innovationsförderung des House of Energy gefördert.

House 
of Energy
Innovationsförderung

HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr, Wohnen
und ländlichen Raum

Wirkung von Laststeuerungsprogrammen in Wertschöpfungsketten

Marc Füchtenhans und Prof. Dr. Christoph H. Glock, Fachgebiet Produktion und Supply Chain Management, Technische Universität Darmstadt

Mit einem steigenden Anteil erneuerbarer Energien wird die Stromerzeugung immer volatiler. Damit wird es zunehmend schwierig, das Stromangebot an die Nachfrage anzupassen, sodass sich die Nachfrage künftig an der Erzeugung ausrichten muss. Der Einsatz sogenannter Laststeuerungsprogramme ermöglicht vor diesem Hintergrund eine Flexibilisierung der Energienachfrage. Dies verbessert die Netzstabilität, erfordert aber auch, dass die Akteure innerhalb von Wertschöpfungsketten die verschiedenen Maßnahmen kennen und die Auswirkungen einschätzen können.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Wozu Laststeuerung?

Mit dem Ziel einer nachhaltigen und emissionsarmen Energieversorgung sind erneuerbare Energieträger ein zentraler Baustein der Energieversorgung der Zukunft. Erneuerbare Energieträger sind Energieformen, die im Gegensatz zu fossilen Energieträgern (wie

beispielsweise Kohle, Erdöl oder Erdgas) vergleichsweise schnell regenerieren bzw. unbegrenzt verfügbar sind. Dazu zählen unter anderem die Sonnenenergie, Wasserkraft und Windkraft. Neben zahlreichen Vorteilen gibt es jedoch auch Herausforderungen, die bei der Nutzung erneuerbarer Energieträger berücksichtigt werden müssen. Jenseits des

politischen und regulatorischen Umfelds, der gesellschaftlichen Akzeptanz und technologischer Fragestellungen muss insbesondere die volatile Energieverfügbarkeit für eine sichere Energieversorgung berücksichtigt werden.^[1] Um die Energieversorgung und die Netzstabilität auch bei einem zunehmenden Anteil volatiler erneuerbarer Energieträger zu ver-

treibbaren Kosten sicherzustellen, müssen Verbraucher in der Lage sein, ihren elektrischen Lastbedarf im Zeitverlauf verlagern zu können.^[2] Um diese Lastverlagerung zu erreichen, gibt es verschiedene Arten von Laststeuerung (im Englischen: Demand Side Management^[3]), die von Netzbetreibern eingesetzt werden können.

Unter dem Begriff Laststeuerung versteht man Maßnahmen oder Anreizsysteme, mit denen Versorgungsunternehmen das Verbraucherverhalten ihrer Kunden in Abhängigkeit von der Energieverfügbarkeit beeinflussen können. Das übergeordnete Ziel besteht darin, das Energienetz zu stabilisieren und eine zuverlässige Energieversorgung sicherzustellen. Wenn die Energienachfrage im Netz steigt, kann das Versorgungsunternehmen durch geeignete Maßnahmen die Lastnachfrage im Netz reduzieren, anstatt die Energieproduktion zu erhöhen. Verbraucher, üblicherweise solche mit hohem Energieverbrauch, haben die Möglichkeit, sich freiwillig an einem Laststeuerungsprogramm zu beteiligen. Dabei bieten ereignisgesteuerte Programme beispielsweise Anreizzahlungen für Energieverbraucher als Reaktion auf bestimmte Ereignisse, wie etwa Ausfälle von Stromgeneratoren oder ungünstige Wetterereignisse.^[4] Alternativ wird bei preisgesteuerten Programmen der Strompreis durch den Energieversorger über den Zeitverlauf so angepasst, dass der Energieverbraucher seine Nachfrage entsprechend ändert.^[3] Ein Anreiz kann daher auf verschiedene Weise gegeben werden, um die Energienachfrage so zu beeinflussen, dass sie besser auf die Volatilität der Stromerzeugung und damit auf die Energieproduktion aus erneuerbaren Energien reagiert.

Der Einfluss von Laststeuerungsprogrammen auf Wertschöpfungsketten

Kommen Laststeuerungsprogramme beispielsweise in der fertigen Industrie zur Anwendung, kann dies zu längeren oder weniger gut planbaren Produktionszeiten führen^[5, 6], was wiederum Einfluss auf vor- sowie nachgelagerte Prozesse und Akteure in einer Wertschöpfungskette haben kann. Dabei muss beachtet werden, dass Lagerbestände für alle Akteure ein wichtiger Faktor sind. Ein großer Lagerbestand bindet viel Kapital und kann aufgrund langer Lagerdauern dazu führen, dass Produkte (z. B. aufgrund von Verderb) unverkäuflich werden. Ein zu geringer Bestand kann hingegen zu Lieferrückständen führen, was die Kundenzufriedenheit negativ beeinträchtigen kann. Für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Wertschöpfungsketten wird häufig das sogenannte Service-Level verwendet, das angibt, in welchem Maße Bestellungen, die bei einem Unternehmen eintreffen, termingerecht bearbeitet werden können. Indem Lagerbestände optimiert werden, werden das Risiko von Lieferrückständen sowie die anfallenden Kosten reduziert. Dabei muss beachtet werden, dass sich optimale Lagerbestände abhängig vom Produkt, der Kundennachfrage und Kundenanforderungen sowie der anfallenden Lieferzeiten schnell ändern können.^[7] Daher müssen beim Bestandsmanagement auch Produktions- und Lieferzeiten berücksichtigt werden. Lange Lieferzeiten erfordern dabei regelmäßig hohe Sicherheitsbestände, um Bedarfsschwankungen während der Lieferzeit adäquat ausgleichen zu können.

Das Fachgebiet Produktion und Supply Chain Management untersucht in diesem laufenden Forschungsprojekt die Auswirkungen von Laststeuerungsprogrammen auf Wertschöpfungsketten, Kunden-Lieferanten-Be-

ziehungen und das Bestandsmanagement. Unter Berücksichtigung von Anreizsystemen wird untersucht, wie Produzenten und Abnehmer auf Verzögerungen im Fertigungsprozess reagieren sollten, um eine Verschlechterung des Service-Levels zu vermeiden. Da Verzögerungen im Fall von ereignisgesteuerten Laststeuerungsprogrammen zufällig auftreten und somit schlecht planbar sind, wird dies im Allgemeinen zu einer Erhöhung von Sicherheitsbeständen führen. Zusätzliche Bestände erhöhen den Ressourcenverbrauch in der Wertschöpfungskette und führen zu zusätzlichen Kosten, die Akzeptanzprobleme hinsichtlich der Laststeuerungsprogramme auslösen können, und verschlechtern außerdem die Energiebilanz des Lagers. Im Forschungsprojekt werden daher die Wechselbeziehungen zwischen den Anreizsystemen und deren Auswirkungen auf die Wertschöpfungskette analysiert und mögliche Ansätze betrachtet, um die negativen Effekte abzumildern.

Quellen

- [1] DENA. Planning of the grid integration of wind energy in Germany onshore and offshore up to the year 2020 (dena grid study), German Energy Agency, February 2005.
- [2] Alizadeh, M. I., Moghaddam, M. P., Amjady, N., Siano, P., & Sheikh-El-Eslami, M. K. (2016). Flexibility in future power systems with high renewable penetration: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1186-1193.
- [3] Hussain, I., Mohsin, S., Basit, A., Khan, Z. A., Qasim, U., & Javaid, N. (2015). A review on demand response: Pricing, optimization, and appliance scheduling. *Procedia Computer Science*, 52, 843-850.
- [4] Sun, Z., & Li, L. (2014). Potential capability estimation for real time electricity demand response of sustainable manufacturing systems using Markov Decision Process. *Journal of Cleaner Production*, 65, 184-193.
- [5] Weitzel, T., & Glock, C. H. (2019). Scheduling a storage-augmented discrete production facility under incentive-based demand response. *International Journal of Production Research*, 57(1), 250-270.
- [6] Fächtenhans, M., & Glock, C. H. (2023). The impact of incentive-based programmes on job-shop scheduling with variable machine speeds. *International Journal of Production Research*, 1-19.
- [7] Thonemann, U. (2010). *Operations Management: Konzepte, Methoden und Anwendungen*. Pearson Deutschland GmbH, S. 194.

Projekt

Projektleitung

Technische Universität Darmstadt,
Fachgebiet Produktion und Supply Chain
Management

Projektlaufzeit

08.2023-07.2024

Förderung

41.540 €

Projektförderung

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Landes Hessen (HMWVW) und im Rahmen der Innovationsförderung des House of Energy gefördert.

House 
of Energy
Innovationsförderung

HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr, Wohnen
und ländlichen Raum

NETZWERK

Neue Mitglieder im House of Energy

Dem House of Energy sind im letzten Jahr drei neue Mitglieder beigetreten, die seitdem das Netzwerk bereichern. Die Unternehmen ergänzen das Kompetenzprofil der Mitglieder in unterschiedlichen Bereichen:



Die Mitarbeitenden der **GROSS GmbH** entwickeln, montieren und betreuen industrielle Druckluft-, Stickstoff und Gassysteme, so dass ein energieeffizienter und ausfallsicherer Betrieb gewährleistet wird. Als einer der Top-3-Strategiepartner Deutschlands des weltweit führenden Kompressorenherstellers „Atlas Copco“ stellt die GROSS GmbH eine hochwertige und effiziente Produktpalette für ihre Kunden und deren Projekte zur Verfügung.



Als Vermögensverwalter gehört die **EB – Sustainable Investment Management GmbH** (EB-SIM) zu den führenden Experten für nachhaltige Geldanlagen im deutschsprachigen Raum. Sie beschäftigt über 80 Mitarbeitende und verwaltet ein Vermögen von mehr als 6 Milliarden Euro. Ihre Investments verbinden Rendite mit langfristigen Verbesserungen für Mensch und Umwelt, nach dem ganzheitlichen Verständnis von Nachhaltigkeit der EB-SIM sowie der Evangelischen Bank als Muttergesellschaft. Neben Erzeugungsprojekten finanzieren eigene und von der EB-SIM beratene Fonds außerdem nachhaltige Energieeffizienz- und Wärmeprojekte sowie weitere Energiewendethemen ab Baureife.



Die **Vulcan Energie Ressourcen GmbH** hat eine innovative und zukunftsweisende Technologie zur CO₂-neutralen Lithiumgewinnung entwickelt, die sie zu einem Pionier auf diesem Gebiet macht. Talente und Experten aus über 25 Nationen arbeiten bei Vulcan mit Herzblut zusammen, um die Transformation hin zu einer klimaneutralen Mobilitäts- und Energiewirtschaft zu beschleunigen. Das Unternehmen setzt derzeit Projekte im Oberrheingraben um, mit dem Ziel, die Region mit grundlastfähiger sowie Erneuerbarer Energie zu versorgen und die Mobilitätswende in Deutschland und Europa mit CO₂-neutralem Lithium zu unterstützen.

Insgesamt rund 45 Mitglieder aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung engagieren sich für ein nachhaltiges Energiesystem und decken mit ihrer Kompetenz alle relevanten Themenfelder der Energiewende ab.

www.house-of-energy.org/mitglieder



House of Energy

7

Jahre für das Energiesystem der Zukunft



≈ 45

MITGLIEDER

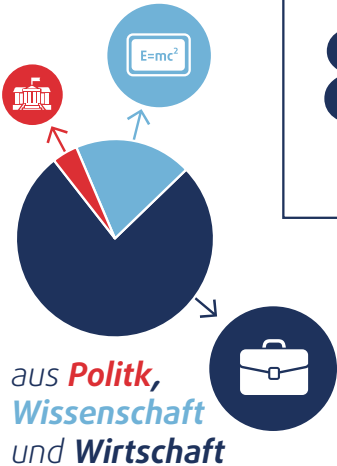
KOOPERATION

19

Mitarbeitende

13

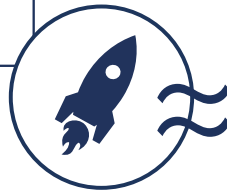
Vorstände



8

Netzwerkpartner

INNOVATION



≈ 150

Startups

VERNETZUNG



≈ 1500

Follower:innen

≈ 700

Abonent:innen



≈ 20

PROJEKTE

TRANSDISZIPLINÄR

WISSENSTRANSFER

pro Jahr über

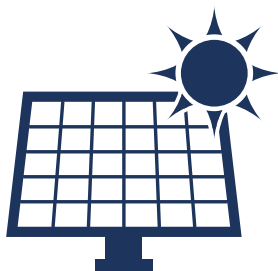
30

Fachveranstaltungen

mit mehr als

10000

Expert:innen



Vernetzt und informiert



Sprechen Sie uns an

Nicht nur bei Fragen zur Mitgliedschaft oder einer Projektidee ist das Team der House of Energy Geschäftsstelle für Sie da.

info@house-of-energy.org

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/newsletter



Veranstaltungen

Auch 2024 finden Sie viele interessante Workshops, Dialoge und Konferenzen auf www.house-of-energy.org



House of Energy Dialog 2024

House of Energy
Dialog

in Kooperation mit
ING 

Finanzierung von Energiewende und Dekarbonisierung – Wie entfachen wir die notwendige Dynamik?

25. Juni 2024 | 13 - 19 Uhr
ING-DiBa AG, Frankfurt am Main

Jetzt anmelden!





Weiterbildung Innovationsmanagement Energie

Berufsbegleitendes Managementprogramm

Weitere
Informationen
www.unikims.de/ime



Innovative Energiesysteme – Zukunft gestalten

Die berufsbegleitende Weiterbildung **Innovationsmanagement Energie (IME)** 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 Changemanagement.

House
of Energy

Forum Startup+



Zuwachs im Forum Startup+ Wir stellen vor ...

Mehr als 150 kleine innovative Unternehmen mit Energiebezug wirken im Innovationsnetzwerk des House of Energy mit. Und es wächst kontinuierlich: Seit Erscheinen der letzten PERSPEKTIVEN sind 13 Unternehmen hinzugekommen. Getreu dem Motto „Impulse für Hessen & Impulse aus Hessen“ bringen sie Kompetenzen aus vielfältigen Bereichen wie Gebäude/Industrie, Versorgungsnetze, Plattformlösungen, Energieerzeugung und Finanzierung ein und unterstützen mit ihren innovativen Lösungen die Transformation des Energiesystems.

Nachfolgend werden fünf Neuzugänge aus dem Forum Startup+ vorgestellt. Ihre Kompetenzen sind breit gestreut. Sie reichen von der Optimierung der Energiespeicherung, einem thermischen Energiespeicher, der intelligenten datenbasierten Steuerung von Energiesystemen über eine Nachhaltigkeitsapp bis hin zu Cyber Security für IT, OT und IoT.



Das Ziel von **Folivora** ist es, Nachhaltigkeit und Energieeffizienz nicht auf Kosten des wirtschaftlichen Nutzens und durch hohe infrastrukturelle Investitionen zu erreichen, sondern durch intelligente datenbasierte virtuelle Energiesystemkybernetik. Als Spin-off der Technischen Universität Darmstadt verfügt das Team über einschlägige Projekterfahrung im Bereich Energiesystem- und Quartiersentwicklung. Das Fazit: Egal ob Industriepark, Wohnsiedlung, städtisches Netz oder Quartierkreis – überall dort, wo Energie ausgetauscht wird, Energie- und Geldflüsse gesteuert werden sollen, ist ein ganzheit-

liches Energiebetriebssystem notwendig. Für komplexe Energiesysteme gibt es eine Vielzahl von betrieblichen Entscheidungsalternativen, die sich aufgrund wechselnder Umweltbedingungen ständig ändern. Um aus dieser Vielzahl von Alternativen jederzeit die ökonomisch oder ökologisch beste Entscheidung zu treffen, wird ein zentraler, omnipräsenter und intelligenter Entscheider benötigt – das SlothBrAln.

www.folivoraenergy.com



Das Ziel von **Heatventors** ist es thermisch Energie einfach, effizient, effektiv und kostengünstig in allen Bereichen zu speichern und einen direkten Beitrag zur Dekarbonisierung zu liefern. Das Startup hilft, die Herausforderungen der Wärmewende zu lösen. Über 50 % unseres Energieverbrauchs werden für Wärme- und Kälteenergie (thermische Energie) verwendet, aber weniger als 10 % werden durch ökologische Energie generiert. Moderne Heiz- und Klimaanlage sind in vielen Gebäuden installiert, wie z. B. in Schulen, Flughäfen, Lagerhallen bis hin zu Bürogebäuden und Mehrfamilienhäusern. Diese Anlagen liefern ein angenehmes Klima, wenn der Bedarf besteht, d. h., wenn es heiß/kalt ist, und nicht, wenn es wirtschaftlich und ökologisch am besten ist.

HeatVentors intelligente thermische Batterie speichert jegliche Temperatur (von -30 °C bis 120 °C) in biologischen Materialien 10 x effektiver als Wasserpufferspeicher und reduziert den Energiebedarf um 20–50 %. Wärmespeicherung einfach wie eine Strombatterie

www.heatventors.com



reLi Energy ist ein vielversprechendes Start-up, das sich auf die Optimierung der Energiespeicherung für erneuerbare Energieprojekte spezialisiert hat. Mithilfe einer wegweisenden Technologie wird die Lebensdauer von Batterien um bis zu 35 % verlängert, die Gewinne steigen um bis zu 70 % und die Batterieemissionen werden um bis zu 35 % reduziert. Durch die nahtlose Integration von reLi wird eine effiziente Überwachung, Optimierung und Steuerung des Batteriebetriebs ermöglicht, um sowohl Gewinne als auch Lebensdauer zu maximieren.

www.relienergy.de



Der lightweight Network Explorer von **Narrowin** ist ein digitaler Zwilling. Er visualisiert und charakterisiert automatisch die Topologie des IT-, OT- und IoT-Netzwerks. So erhält man schnell und einfach ein herstellerübergreifendes Live-Bild und eine interaktive Dokumentation des Netzwerks mit umfassenden Such- und Analysemöglichkeiten. Durch die gewonnene Visibilität können Sofort-Maßnahmen identifiziert werden, um Betriebsunterbrechungen vorzubeugen und die Stabilität und Security des Netzwerks sicherzustellen. Der Explorer hilft, Fehler bei Störungen und Unterbrechungen schnell zu finden, den Ausbau des Netzwerks laufend nachzuvollziehen und regulatorische Vorgaben zu prüfen. Dies spart Zeit und sichert einen reibungslosen Betrieb. Durch den Lightweight-Ansatz kann die Technologie innerhalb weniger Stunden eingesetzt werden.

www.narrowin.ch/de



Zzero unterstützt über 50 Kommunen und Unternehmen mit einer Nachhaltigkeitsapp beim Klimaschutz. Das Startup hilft euren Bürger:innen und Mitarbeitenden, spielerisch Klimaziele zu erreichen. Das bedeutet für euch – kleiner Aufwand, große Wirkung!

- **zzero App:** Mit Challenges, Ratgebern, News und Belohnungen rund um die Nachhaltigkeit können Teilnehmende spielerisch CO₂ einsparen.
- **Management App:** Mit wenigen Klicks können Nachhaltigkeitsmanager:innen Aktionen starten, eigene Inhalte erstellen und Daten analysieren.
- **Marketingmaterial:** Für die Bewerbung der App bietet euch Zzero einen Marketing-Aktionsplan, Vorlagen für Print & Social Media und eine coole Landingpage.

Es können zeitbeschränkte Initiativen wie der „Klimathon“ oder auch langfristig angelegte Modelle ausgewählt werden.

www.zzero.earth

Materialinnovation im kreislauffähigen Holzbau

Lewin Fricke, TRIQBRIQ AG

Das Bauwesen ist der ressourcen- und müllintensivste Wirtschaftssektor in Deutschland^[1]. Gründe dafür sind auch die verbauten Materialien und die damit verbundene Graue Energie. Hinzu kommt ein eklatanter Mangel an Kreislaufwirtschaft. Obwohl ein großer Teil der Baumaterialien im Bestand beim Neubau wiederverwendet werden könnte, wird dies nur bei einem Prozent in Deutschland getan. Bei einer konsequenten Kreislaufwirtschaft von Materialien im Bausektor könnten bis zu 20 Prozent des gesamten CO₂-Verbrauchs und 30 Prozent des Abfallaufkommens eingespart werden. Dieses Potenzial wird aktuell kaum genutzt.

Auch der Bedarf an Wohnraum in Städten und Gemeinden steigt bundesweit. Dementsprechend sieht der Koalitionsvertrag vor, dass jedes Jahr 400.000 neue Wohnungen entstehen sollen – 100.000 Wohnungen davon sollen dem sozialen Wohnbau zugeordnet werden. Aktuell sind diese Ziele nicht realistisch. Die Bau- und Immobilienwirtschaft muss eine ökologische und bezahlbare Bauweise vollziehen, gleichzeitig aber den enormen Zahlen an gefordertem Wohnraum gerecht werden. Hier sind vor allem nachhaltige und kreislauffähige Materialinnovationen entscheidend – denn ohne eine praxisorientierte Baumaterialwende wird auch die Bauweise nicht zu erreichen sein.

Wie viel Holz haben wir zur Verfügung?

Der Holzbau beantwortet grundlegend viele Problemstellungen in der Bauwirtschaft. Holzbausysteme gibt es dementsprechend viele. Oft sind diese aber weder innovativ noch ressourcenschonend. Darüber hinaus wird grundlegend diskutiert, ob überhaupt genug Holz vorhanden ist, um die Wohnbauziele der Bundesregierung nachhaltig und zielführend in Holzbauweise zu realisieren.

In der Waldzustandserhebung 2020 kommt das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft zu dem Schluss, dass Stürme, Dürren und Borkenkäferbefall den Wäldern in den letzten Jahren enorm geschadet haben. Fachleute gehen allein für die Jahre 2018 bis 2020 von einem Schadholzbefall von 171 Millionen Kubikmetern aus. Das entspricht einer Fläche von ca. 277.000 Hektar.

Diese klimatischen Bedingungen scheinen sich laut Waldzustandserhebung deutschlandweit konsequent fortzusetzen. Aufgrund dessen besteht ein deutliches Überangebot

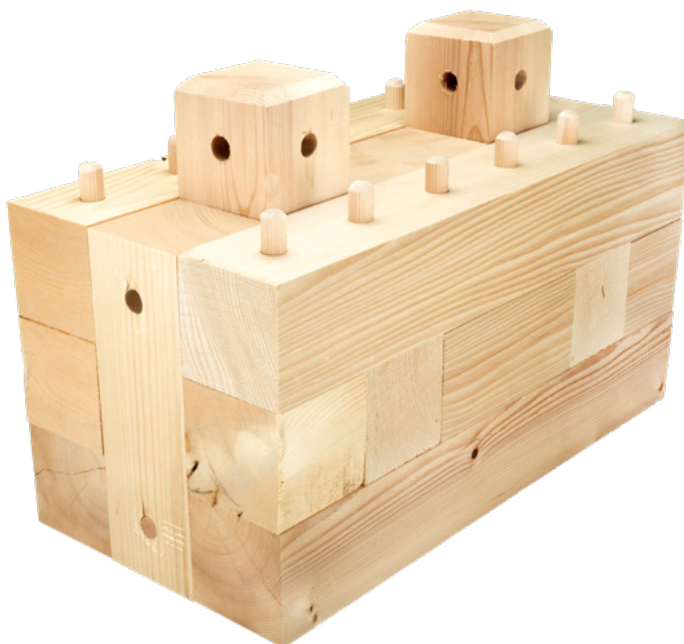
an Schad-, Schwach- und Sturmholz (sogenanntem Kalamitätsholz). Diese Hölzer sind in der Baubranche allerdings oft nicht zielführend einsetzbar.

Gleichzeitig schlummert in unserer gebauten Umwelt ein erhebliches Potenzial. Die Gebäude in unseren Städten und Gemeinden sind ein gigantisches anthropogenes Rohstofflager. In diesem befinden sich Millionen von Kubikmetern an hochqualitativem Bauholz. Aktuell wird dieses Holz bei Rück- und Umbauprojekten meistens nicht sortenrein entnommen und wiederverwendet, sondern verbrannt. Der gebundene Kohlenstoff in diesem Holz wird folglich in Form von CO₂ wieder in unsere Atmosphäre emittiert. Ziel muss es sein, dieses Holzvorkommen zu aktivieren und in Form von standardisierten und einfach zu verbauenden Systemen wieder im Neubau einzusetzen.

Ressourcenschonende Materialinnovation TRIQBRIQ

Genau hier setzt die TRIQBRIQ AG mit ihrem gleichnamigen Holzbau-System an. TRIQBRIQ besteht aus mikro-modularen Holzbausteinen – den sogenannten BRIQs. Diese werden mit Robotertechnik hochpräzise aus kostengünstigem Industrie- und Kalamitätsholz hergestellt. Auch rückläufiges Bauholz kommt dabei großvolumig zur Anwendung.

Die einzelnen BRIQs werden auf der Baustelle im Verband aufeinandergesteckt und über Buchenholzdübel miteinander verriegelt. Auf diese Weise lassen sich tragende Außenwände kosteneffizient, flexibel und in kurzer Zeit errichten. Zu den weiteren Vorteilen gehört, dass die BRIQs am Ende der Nutzungsphase eines Gebäudes sortenrein entnommen und vollständig wiederverwendet werden können. Damit bietet TRIQBRIQ eine ganzheitlich nachhaltige und kreislauffähige Alternative zu konventionellen Baustoffen.



Serielle Produktion in Tübingen

Im Jahr 2022 eröffnete das Startup im Beisein der Geschäftsführerin der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, Christine Lemaître, sein Stammwerk in Tübingen. Hier hat das junge Team eine roboter-unterstützte Produktionsanlage aufgebaut, mit der es sein eigens entwickeltes Holzbausystem seriell produziert.

Der Produktionsprozess beginnt mit dem Hobeln der Kanthölzer aus Industrie- und Kalamitätsholz, das von regionalen Forstbetrieben bezogen wird. Seit Kurzem ist es der TRIQBRIQ AG außerdem möglich, rückgebautes Holz als Rohstoff zu verwenden. Die Bearbeitung des

Holzes mit werkseigenen Hobelmaschinen garantiert höchste Präzision und eine Passgenauigkeit aller Teile.

Der Kern der TRIQBRIQ-Produktion besteht aus Kuka-Robotern. Diese verwandeln die gehobelten Kanthölzer entlang eines patentierten dreiaxialen Dübel-Systems zu hochwertigen und statisch einwandfreien BRIQs. Auf diese Weise ist es möglich, Industrie- und Kalamitätsholz (Schwachholz, Schadholz, Käferholz etc.) sowie rückgebautes Holz verschiedenster Qualitäten zu einem kreislauffähigen und sicher einsetzbaren Baustoff weiterzuverarbeiten. Aktuell produziert die TRIQBRIQ AG so in zwei Tagen ausreichend BRIQs für den Bau von einem Einfamilienhaus. Geliefert werden die BRIQs auf Europaletten – wiedereinsetz-

bare Abdeckhauben und Spanngurte sorgen dabei für die müllfreie Zustellung.

Die gesamte TRIQBRIQ-Produktionsanlage ist flexibel replizierbar. Vor diesem Hintergrund ist eine bedarfsgerechte Skalierung der Produktionskapazitäten regional, aber auch überregional problemlos umsetzbar. Ziel der TRIQBRIQ AG ist es daher, bis 2027 an über 30 Standorten zu produzieren. Die modulare Roboteranlage ist ideal geeignet, um nahtlos an den Produktionsprozess von Sägewerken und Abbandzentren anzuschließen. Geplant sind folglich weitere unternehmenseigene Werke sowie partnerschaftlich betriebene Produktionsstätten.



Innovative Kooperation mit Concular und Hagemeister

Wie ganzheitliche Kreislaufwirtschaft im gesamten Wandaufbau aussehen kann, zeigen TRIQBRIQ, Concular und Hagemeister mit der „Kreislaufwand“. Die gemeinschaftliche Innovation ist eine vollwertige tragende Außenwand. Der Clou: Alle verwendeten Elemente sind ohne Kleber oder Mörtel zusammengefügt und somit sortenrein und beschädigungsfrei rückbaubar. Die Errichtung der gesamten Wand gelingt schnell, einfach und sauber. Das Ergebnis ist eine echte Rohbau-Alternative: Ressourcenschonend, klimapositiv und kreislauffähig.

Die tragende Massivholzwand produziert TRIQBRIQ. Das dafür verwendete Holz stammt aus Rückbauprojekten der Firma Concular. Als Wetterschutzebene dient die zirkuläre Klinker-

Verblendfassade von Hagemeister und Exklusivpartner drystack. Zwischen den Funktionsebenen aus Holz und Klinker lässt sich eine Dämmebene ergänzen. An der Innenwand kommen Lehmbauplatten zum Einsatz.

Die Kreislaufwand ist der Beweis, dass es eine praktikable Alternative zum herkömmlichen Massivbau gibt. Jedes Element ist unvergleichlich rohstoffsparend und klimaschonend. Darüber hinaus bietet das System Architektinnen und Architekten Gestaltungsspielraum für kreative Architektur – ganz im Sinne des Cradle-to-Cradle-Gedankens. Auf der Weltleitmesse für Baustoffe BAU 2023 wurde die „Kreislaufwand“ daher mit dem Innovationspreis der Messe und des Architekturfachmagazins AIT ausgezeichnet.

Vorstand Maximilian Wörner ist sichtlich zufrieden mit der Umsetzung des ersten mehr-

stöckigen Bauvorhabens und blickt mit Freude in die Zukunft:

„Bei unserem ersten mehrstöckigen Bauvorhaben, das wir mit unserem Bausystem beliefert haben, liefen alle Arbeitsschritte schneller als geplant. Jetzt blicken wir mit Vorfreude auf die anstehenden Projekte. Diese werden nicht nur deutlich größer, sondern dank unserer optimierten Technologie auch höher.“

Neue Zulassung ermöglicht noch größere Gebäude

Seit November 2023 ist das weiterentwickelte TRIQBRIQ-System WS25 bauaufsichtlich zugelassen. Die Zulassung sieht keine Reglementierung der Geschossanzahl vor, sondern gibt Tragwerksplanern lediglich eine Berechnungsgrundlage an die Hand. Auf Basis dieser Grundlage konnte das junge Unternehmen gemein-

sam mit Statikern nachweisen, dass Gebäude mit fünf Geschossen (reine Holzbauweise) beziehungsweise acht Geschossen (Holz-Beton-Hybridbauweise) möglich sind. Nun steht als erstes Großprojekt für 2024 der Rohbau eines Supermarktes an. Über 15.000 Holzbausteine sollen dabei zum Einsatz kommen.

Quellen

- [1] Umweltbundesamt:
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/bauabfaelle#verwertung-von-bau-und-abbruchabfallen>

Der Autor

Lewin Fricke ist Leiter Öffentlichkeitsarbeit bei TRIQBRIQ AG. TRIQBRIQ hat ein Bausystem entwickelt, um Schwach- und Schadh Holz in der Baubranche zu nutzen.

A portrait of Dr. Wiebke Winter, a young woman with long, wavy blonde hair and blue eyes, wearing a dark green blazer over a white top. She is looking directly at the camera with a slight smile. The background is a blurred indoor setting.

Interview:

Jetzt ist die Zeit für die Klimawende!

Dirk Filzek, House of Energy e.V.

Interview mit Dr. Wiebke Winter, jüngstes Mitglied im Bundesvorstand der CDU und Landesvorsitzende der Jungen Union Bremen. Die promovierte Juristin hat 2021 den Verein KlimaUnion e.V. mitbegründet, der für eine 1,5-Grad-Klimapolitik in der CDU/CSU steht und der Partei dafür eine Plattform bietet.

Wir sprachen über Ziele und Aktivitäten der KlimaUnion, aber auch darüber, was sie persönlich in ihrem politischen Engagement antreibt und welche Möglichkeiten sie für den Klimaschutz sieht.

Guten Tag Frau Winter!

Moin, schönen guten Tag! Ich muss mir gerade mal meinen Kater greifen, der macht hier Rabatz. Ich bin im Moment nach Hause gekommen. Da ist es immer eine große Freude, wenn ich wieder da bin.

Na, dann soll er gerne dazukommen und Sie begrüßen! Frau Dr. Winter, sind Sie eine Vertreterin der jungen Generation, die den Klimawandel bereits erleben wird. Im März werden Sie 28 Jahre alt. Zugleich sind Sie in der Politik beachtlich aktiv und erfolgreich und haben im Jahr 2021 die KlimaUnion mitbegründet. Was treibt Sie an?

Wenn man mich vor 5 Jahren gefragt hätte, ob ich in die Berufspolitik gehen würde, dann hätte ich das wahrscheinlich noch verneint. Mir ist allerdings immer weiter klar geworden, wie fragil die Situation ist, in der wir uns jetzt befinden – und dass wir wirklich nicht mehr viel Zeit haben! Wenn ich dazu beitragen möchte, dass wir einen ehrgeizigen Klimaschutz verfolgen, dass wir schneller bzw. überhaupt klimaneutral werden und dass wir das auch weltweit schaffen, dann kann ich nicht noch 20 Jahre warten, um mich politisch zu engagieren. Daher habe ich mich jetzt entschieden, selbst Politik zu gestalten. Mir geht es darum, unsere Heimat zu bewahren. Ich selbst komme aus Bremen, einer Stadt, die nicht weit über dem Meeresspiegel angesiedelt ist.

Welche neuen Akzente bringt Ihre Generation in die Klima- und Energiepolitik ein?

Ich denke, dass es vor allem die Dringlichkeit des Problems ist und diese unmittelbare Betroffenheit, die für meine Generation viel stärker da ist als z. B. für die Generation

der sogenannten „Babyboomer“, von denen gerade viele in den höchsten Entscheidungspositionen sind. Als junger Mensch werde ich mit hoher Wahrscheinlichkeit auch nach 2050 noch auf dieser Erde leben und viele Folgen des Klimawandels selbst miterleben. Sollte ich einmal Kinder haben, so gilt das auch für sie. Meine Generation hat deshalb ein anderes Bewusstsein für Klimaschutz und den Antrieb, dies auch in Politik und Gesellschaft bewusst zu machen.

Was bedeutet der Klimawandel für Sie?

Das ist eine große Frage. Aus naturwissenschaftlicher Sicht erwärmt sich der gesamte Planet sehr rasch. Und das bedeutet, dass wir Lebensräume in einer Geschwindigkeit verlieren werden, wie wir das in unserer Zivilisation noch nie erlebt haben. Das bedroht viele Lebensformen auf der Erde, weil wir uns so schnell gar nicht anpassen können. Deswegen stellt der Klimawandel eine große Gefahr für das derzeit bestehende Leben auf der Erde dar – für die Artenvielfalt und auch für das menschliche Leben. Auch wenn wir als Menschheit nicht aussterben: Der Lebensraumverlust kann die Menschheit in katastrophale Situationen bringen. Wir sehen ja schon jetzt, wie Hungerkatastrophen durch Dürren ausgelöst werden. Wenn Menschen ihre Heimat verlieren, sind sie zur Migration gezwungen, also dazu, irgendwohin weiterzuziehen. Das kann zu Verteilungskämpfen führen, die Menschenleben kosten. Damit will ich allerdings nicht schwarzmalen: Wichtig ist jedoch, sich diese möglichen und vielfach wissenschaftlich beschriebenen Klimafolgen bewusst zu machen.

Wird die junge Generation mit diesem Anliegen in Politik und Gesellschaft wahrgenommen?

Ich finde, da hat sich in den letzten Jahren schon viel geändert. Gerade die Bewegung rund um Fridays for Future hat viel bewirkt. Ich teile nicht jeden Vorschlag, den sie machen. Aber die Aufmerksamkeit, die sie für das Problem geschaffen haben, ist enorm und ich bin sehr dankbar dafür. Mein Eindruck ist, dass das Problembewusstsein mittlerweile deutlich größer ist.

Wann wurde Ihnen klar, dass Sie in die Politik gehen wollen, und wie es Ihnen gelungen, in die Position zu kommen, politisch mitgestalten zu können?

Umweltthemen bewegen mich und ich habe mich immer für Politik interessiert. Als Teenager war ich noch auf Demonstrationen gegen Atomkraft, weil ich keine Lösung für die Endlagerung sah. Als 2018/19 die Klimaproteste von Fridays for Future begannen, habe ich mich intensiv mit dem Klimathema beschäftigt, viel dazu gelesen, und mir wurde die Dramatik der Klimakrise noch bewusster. 2019 wurde ich Vorsitzende der Jungen Union Bremen und habe gleich gesagt: Wir müssen dieses Thema sofort anpacken und Ideen entwickeln, denn das wird uns betreffen. Solch ein Engagement geht am besten als Mitglied einer Partei. Und dann habe ich immer sehr klar meine Meinung gesagt, selbst Anträge geschrieben, bin auf andere Abgeordnete zugegangen und habe mich für das eingesetzt, was mir wichtig ist.

Wie kam es dazu, dass Sie in den Bundesvorstand der CDU gewählt wurden?

Bei einem zufälligen Besuch der CDU-Website

habe ich mir angeschaut, wie viele Menschen in meinem Alter und mit meinem Geschlecht im Bundesvorstand der CDU vertreten sind, und fand niemanden. Dann habe ich gedacht: Das finde ich nicht richtig. Ich habe mich dann entschieden, mit der Unterstützung der Jungen Union und der CDU Bremen selbst zu kandidieren. Ich kann nicht darüber meckern, dass es niemanden gibt, wenn ich nicht selbst ein Angebot mache. Und es hat geklappt – womit ich zunächst nicht gerechnet hatte. Die Arbeit im Bundesvorstand macht mir viel Freude und es ist eine große Ehre, in diesem Gremium dabei sein zu dürfen!

In der aktuellen von multiplen Krisen geprägten Zeit, in der Krisenmanagement zum Dauerzustand wird, bestimmen andere Themen die öffentliche Debatte und die Offenheit für Klimaschutzmaßnahmen in Politik und Gesellschaft könnte sinken ...

Unsere Aufgabe ist es, immer wieder die Klimapolitik auf die Tagesordnung zu holen. Wir müssen uns gleichermaßen um alle Herausforderungen kümmern. Wir müssen uns auch um die Klimapolitik kümmern, wenn gerade Krieg oder Inflation ist oder wir Energieknappheit haben, denn die Klimakrise löst sich nicht von selbst. Und je schneller wir handeln, desto geringer werden die Klimafolgen für uns! Deswegen ist es jetzt unsere Pflicht, möglichst schnell zu handeln.

Womit wir bei der KlimaUnion wären! Was war Auslöser für die Gründung des Vereins KlimaUnion e. V. und wie kam es zu Ihrer Mitwirkung als Mitbegründerin?

Begründet haben wir die KlimaUnion im März 2021. Der Gründerkreis lernte sich über Clubhaus kennen. Das war eine Social-Net-

work-App, mit der man sich zu Coronazeiten in Online-Audiodiskussionen treffen konnte. Mitgründerin Bianca Pretorius hatte bereits mit anderen zusammen die Idee der Klima-Union entwickelt. Sie fragte, ob ich Interesse hätte, die KlimaUnion zu gründen. Das passte natürlich, da ich mich für mehr Klimaschutz auf Bundesebene einsetzen wollte und im Bundesvorstand der CDU vertreten bin.

Welche Ziele verfolgen Sie mit der Klima-Union?

Der Verein setzt sich für eine ehrgeizige Klimapolitik innerhalb der Union ein. Und vor allen Dingen soll er eine Plattform für alle an Klimaschutz interessierten Mitglieder bieten. Bisher fehlte solch eine Plattform für Klimapolitik auf Bundesebene, die als Think-Tank für die CDU/CSU agiert. Es geht darum, wie wir Klimaneutralität erreichen können. Dazu braucht es einen guten Austausch auf allen Ebenen, auch zwischen Kommunalparlamentariern aus unterschiedlichen Bundesländern. Wir wollen ein starkes Netzwerk aufbauen. Dabei versteht sich die KlimaUnion als eingetragener Verein, der der Union nahesteht – ähnlich wie der Wirtschaftsrat oder das cnetz, das sich für Digitalpolitik einsetzt.

Was verstehen Sie konkret unter „ehrgeizige Klimapolitik“?

Es geht uns um eine wissenschaftlich begründete, wirksame 1,5-Grad-Politik. Wir wollen, dass Deutschland seine europäische Führungsrolle in der Klimapolitik konsequent ausbaut. So können wir uns zu einem attraktiven Industriestandort für klimaneutrale Produkte auf dem Weltmarkt entwickeln.

Wie wollen Sie diese Klimaziele erreichen?

Vor allen Dingen müssen Treibhausgase einen wirksamen Preis bekommen. Irgendwann muss der Preis so hoch sein, dass keine Treibhausgase mehr emittiert werden. Genau das machen wir ja jetzt auch innerhalb der Europäischen Union und in Deutschland. Für restliche Treibhausgase, die nicht eliminiert werden können, muss es eine Pflicht zur geordneten „Abfallentsorgung“ geben, z. B. durch Abscheidung und Verpressung (CCS). Wir müssen uns einen Rahmen geben, in dem ein klimaneutrales Leben viel attraktiver ist als ein klimaschädliches. Während der Übergangszeit muss uns dieser Rahmen Anreize bieten, auf grüne Energien und Wasserstoff umzusteigen. Dies erreichen wir mit einem CO₂-Zertifikatehandel, der so angelegt ist, dass stetig weniger Zertifikate zur Verfügung stehen. Solch ein Vorgehen bietet auch Planungssicherheit für alle Seiten. Irgendwann gibt es keine Zertifikate mehr und das ist gut, weil wir dann einen Deckel darauf haben. Denn: Eine Tonne CO₂ verursacht Schäden von rund 600 Euro. Klar ist auch, dass wir gleichzeitig einen sozialen Ausgleich, z. B. das Klimageld, brauchen.

Inwieweit heben sich die von der Klima-Union vorgeschlagenen Maßnahmen von den bisherigen Forderungen der Politik ab?

Bereits 2021 haben wir ein sehr umfassendes Programm geschrieben. Es trägt den Titel „Die Jahre, auf die es ankommt. 100 % saubere Energie bis 2030“. Darin haben wir energie- und klimapolitische Maßnahmen beschrieben. Nur um ein Beispiel zu nennen: Wir haben schon damals das bidirektionale Laden von E-Autos adressiert. Ein Thema, das vor Kurzem



noch sehr fern schien und das jetzt immer mehr diskutiert wird. In den nächsten Jahren müssen die mittel- und langfristigen Infrastrukturentscheidungen bezüglich Energie, Industrie, Verkehr und Wärme getroffen werden.

Reicht das tatsächlich aus? Erst im August hat der deutsche Expertenrat für Klimafragen seine Stellungnahme zum Klimaschutzprogramm veröffentlicht und festgestellt, dass die Maßnahmen nicht genügen, um die Ziele des Klimaschutzgesetzes einzuhalten. Welche Pflöcke müssen eingeschlagen werden, um das 1,5-Grad-Ziel noch zu erreichen?

Gerade im Bereich des Verkehrs und auch beim Wohnen und Bauen sehen wir erhebliche Defizite. Wir müssen stärkere Anreize setzen und den Ausbau der Infrastruktur noch mal deutlich voranbringen, sodass es klimaneutrale Alternativen zum Status quo gibt. Das gilt zum Beispiel für E-Ladesäulen oder das Schienennetz der Bahn. Den Reflex der Ampelregierung, die Sektorenziele im Klimaschutzgesetz abzuschaffen, halte ich für falsch, auch weil die Messbarkeit darunter leidet.

Und dann müssen wir vor allen Dingen schauen, wie wir den Ausbau erneuerbarer Energien und den Netzausbau beschleunigen können, auch den Bestand an Speichern. Da müssen wir noch stärker in die Offensive kommen.

Meine große Hoffnung ist, dass erneuerbare Energien in der Produktion günstiger sind als fossile Energien.

Ein weiteres Ziel muss es sein, über die Europäische Union hinaus auch mit anderen Ländern wirksame und transparente Maßnahmen zur Emissionsminderung zu vereinbaren und weiterzuentwickeln. Das ist die Idee des Klimacubs der G7, einem zwischenstaatlichen Forum, das allen Ländern offensteht, die sich zu den Pariser Klimazielen bekennen.

Klimaforscher mahnen, sich nicht zu eng auf Treibhausgasbilanzen zu fokussieren, sondern das zugrunde liegende Problem des ökologischen Überschießens in den Blick zu nehmen. Da kommen planetare Grenzen hinsichtlich Ressourcen, Biodiversität etc. ins Spiel, die durch einen CO₂-Preis nicht abgebildet werden können ...

Um dies zu erreichen, müssen wir Instrumente und Maßnahmen wählen, die effektiv sind. Die EU sieht eine klimaneutrale Kreislaufwirtschaft vor. Wir haben genügend Alternativen zur Verfügung, um das umzusetzen. Sicherlich braucht es noch einiges an technischen Innovationen, um das zu schaffen. Dennoch: Wir sitzen immer noch am Steuer. Es gibt vieles, das verbessert werden kann, und vieles, das bewahrt werden kann. Zunächst kann man die low hanging fruits ernten. Dann kann man

schauen, welche Maßnahmen am besten funktionieren. Dazu lohnt es sich, auch über den Tellerrand zu blicken, in andere Länder. Und ich fände es gut, wenn wir es schaffen, Maßnahmen auf den Weg zu bringen, die andere Länder klug finden und übernehmen.

Wie bekommen Sie die Akzeptanz für all diese Maßnahmen?

Klar ist, dass wir eine soziale Abfederung brauchen. In den Frankfurter Leitsätzen aus dem Jahr 2022 bekennen wir uns dazu, unsere soziale Marktwirtschaft zu einer neuen ökologischen sozialen Marktwirtschaft weiterzuentwickeln, die auch die wirtschaftlichen Schwächeren nicht überfordert.

Menschen mit wenig Geld verursachen durchschnittlich deutlich weniger Emissionen als Menschen mit mehr Geld. Deswegen bedauere ich sehr, dass das versprochene Klimageld immer noch nicht auf dem Weg ist. Ich finde diesen Ansatz sehr clever, denn so können Menschen mit wenig Geld vielleicht noch etwas herausbekommen, während wohlhabendere Menschen, die mehr emittieren, entweder mehr bezahlen oder auch versuchen, Kosten zu sparen, indem sie ihre CO₂-Intensität reduzieren.

Ein weiterer ganz wichtiger Aspekt ist die Bürgerenergie. Windenergieanlagen sind ja nicht



immer Statuen der Schönheit. Wenn die Bürger davon profitieren, schafft das natürlich deutlich mehr Akzeptanz. Ganz praktisch kann das bedeuten, dass der Kindergarten von Gemeinden mit Windkraft besser ausgestattet oder die Sporthalle renoviert werden kann. Und es motiviert auch, wenn die Bürger wissen, dass sie für die Energie aus ihren Anlagen weniger zahlen als Freunde aus dem Nachbarort ohne Bürgerenergieprojekt.

Wie würde Ihre Vision zu der Frage aussehen, wie wir im Jahr 2050 wirtschaften und leben, nachdem es uns gelungen ist, den Karren herumzuziehen?

Wir werden unseren Wohlstand bewahren und noch weiter ausbauen können – und zwar in einer globalen Perspektive, denn wir werden weiterhin in einer Welt leben, in der wir uns nicht massiv vor Überschwemmungen, Dürren und Ähnlichem schützen müssen, sondern sorgenfrei leben können.

Die KlimaUnion gibt es seit bald drei Jahren. Auf welche ersten Erfolge können Sie

bereits zurückblicken?

Viele unserer Mitglieder sind an verschiedenen Stellen aktiv. Mark Helfrich und Thomas Heilmann sind in der CDU/CSU-Bundestagsfraktion vertreten – und übrigens auch im Bundestagsausschuss für Klimaschutz und Energie – und bringen sich dort ein. Mark Helfrich und ich arbeiten in der Fachkommission Nachhaltigkeit am CDU-Grundsatzprogramm mit. Das ist ein großes Projekt, das wir als Partei auf den Weg bringen. Wir sind der Auffassung, dass wir mit diesen Gesprächen – die nicht in der Öffentlichkeit ausgetragen werden – am erfolgreichsten sind.

Wie blickt die CDU/CSU auf die KlimaUnion?

Es wird schon sehr genau darauf geschaut, was wir machen. Wichtig sind die Gespräche mit vielen Akteuren innerhalb der Union. Es gibt sicherlich Leute, die die KlimaUnion eher kritisch sehen. Das ist auch so, weil Vereinigungen der CDU typischerweise aus soziographischen Erwägungen heraus gegründet wurden, wie z. B. die Junge Union, Frauen-

Union oder Senioren-Union. Es wird nie so sein, dass ein Verein alle Parteimitglieder binden kann. Deswegen ist es gut, dass wir jetzt eine Plattform haben, mit der wir uns vergleichbar dem Wirtschaftsrat oder dem cnetz positionieren können. Natürlich sind wir momentan noch in der Wachstumsphase. Wir sind noch nicht besonders alt, haben rund 1000 Mitglieder. Klar ist: Wir wollen das noch weiter ausbauen, wir wollen noch mehr sein, damit wir viele unserer Positionen erfolgreich einbringen können.

Welche Hoffnungen verbinden Sie mit der weiteren Entwicklung der KlimaUnion?

Ich wünsche mir, dass wir wegweisende Impulse für eine ehrgeizige Klimapolitik geben können. Auch die Leserinnen und Leser dieses Interviews wissen, dass dies kein unterkomplexes Thema ist. Man muss viele Punkte mitdenken. Meine Hoffnung wäre, dass es uns gelingt, uns als Expertinnen und Experten, als Think-Tank, zu etablieren, der die Partei darin unterstützt, einen klugen Kurs zu fahren, was die Klimapolitik anbetrifft.

Auf welchem Weg bauen Sie dieses Expertentum auf?

Wir laden Expertinnen und Experten zu Hintergrundgesprächen und Veranstaltungen ein, z. B. zu unserer Veranstaltungsreihe „1,5 Stunden für 1,5 Grad“. Für den inhaltlichen Austausch bieten wir Fachgruppen an, die auch Papiere ausarbeiten. Einmal im Jahr findet unser „KUngress“ statt.

Und: Starke Netzwerke sind entscheidend. Wir haben Landesverbände, die sich Gedanken machen – auch in Hessen haben wir einen starken Landesverband. Ergänzend wollen wir

ein Netzwerk für Kommunalpolitiker-/innen aufbauen, das einen Austausch zur klimaneutralen Gestaltung von Kommunen möglich macht. Einen weiteren großen Hebel sehe ich auf der internationalen Ebene: Ich hoffe, dass es uns als KlimaUnion gelingt, von unseren internationalen Partnerparteien als konservativer Klima-Think-Tank wahrgenommen zu werden. Sollten die Republikaner wieder ins Weiße Haus einziehen, möchten wir uns dafür einsetzen, dass sie zweimal darüber nachdenken, wieder aus dem Pariser Klimaabkommen auszusteigen.

Zum Abschluss möchte ich Sie bitten, den folgenden Satz zu ergänzen: „Mit meinem Wirken hoffe ich ...“

„... einen Beitrag dazu zu leisten, dass wir auf der Welt schnellstmöglich klimaneutral werden.“

Das wünsche ich Ihnen und uns allen. Haben Sie vielen Dank für dieses inspirierende Gespräch, in dem deutlich wurde, welche Wirkung persönliches Engagement entfalten kann!

Das Gespräch wurde am 8.11.2023 geführt.

.....
„Mit meinem Wirken hoffe ich einen Beitrag dazu zu leisten, dass wir auf der Welt schnellstmöglich klimaneutral werden.“



Zukunftsthema Wasser: **Energiewende und Wasserwende**

Dirk Filzek, House of Energy e.V.

Die globale Transformation des Energiesystems ist ein wesentlicher Baustein, um unsere Klimaziele zu erreichen. Die Energieinfrastruktur wird systematisch umgebaut und für die Zukunft fit gemacht. Stichworte sind regenerative Energien, Elektrizität, Wärme, Wasserstoff, Sektorenkopplung und multimodale Netze. Für die Resilienz der Energieversorgung wird das Thema Klimaanpassung zunehmend bedeutend.

Die **Funktionalität der kritischen Energieinfrastruktur** muss auch gewährleistet bleiben, wenn mit dem Klimawandel extreme Witterungsverhältnisse häufiger auftreten. Stürme, Überflutungen und Waldbrände sind das eine. Eine verlässliche **Verfügbarkeit der Ressource Wasser** ist nicht minder wichtig, um den Betrieb von Energieanlagen unterschiedlicher Art aufrechterhalten zu können. Um zukünftigen

gravierenden Einschränkungen der Wasserverfügbarkeit vorzubeugen, müssen wir einen neuen Umgang mit Wasser entwickeln – nicht zuletzt, um Krisen und Verteilungskämpfen vorzubeugen.

Dieser Beitrag führt in das Zukunftsthema Wasser ein und gibt einen Überblick über Wechselwirkungen mit der Energiewirtschaft.

Letztlich soll er dafür sensibilisieren, **bei Planung und Investition in Energieprojekte** die Auswirkungen des **Klimawandels und sich verändernder Wasserverfügbarkeiten** mitzudenken und frühzeitig ein geeignetes **Wassermanagement** einzuführen – sowohl im nationalen als auch im internationalen Kontext.

Die Herausforderung

Wasser in ausreichender Menge und von guter Qualität ist die Grundlage allen Lebens. Diese Ressource ist unersetzlich für die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung, die Stabilität der Ökosysteme, die Landwirtschaft und die Wirtschaft. **Wasser ist systemrelevant.** Wassermangel zählt zu den größten Risiken für die globale Sicherheit. Kein Wunder, dass die UN sauberes Wasser zu den zentralen Nachhaltigkeitszielen zählt und zur Aufrechterhaltung der Wassersicherheit die Koordinationsstelle „UN Water“ eingerichtet hat^[1].

In Deutschland sind wir noch daran gewöhnt, dass Wasser an jedem Ort zur Verfügung steht – zu jeder Zeit und in der gewünschten Menge. Bislang trat kein flächendeckender Wassermangel („Wasserstress“) auf. Die Trinkwasserversorgung ist derzeit noch gesichert. Doch angesichts des Klimawandels ist diese Gewissheit auch für Mitteleuropa in Frage gestellt. Bereits jetzt kommt es regional zu deutlichen Defiziten in der Verfügbarkeit der kritischen Ressource Wasser. Grund genug, eine **nachhaltige Wasserwirtschaft** einzuführen und zu etablieren. Dazu wurde 2023 die **Nationale Wasserstrategie** verabschiedet (Einzelheiten s. u.). Diese „Wasserwende“ ist auch für die Transformation des Energiesystems von Bedeutung, nicht nur für die Wasserstoffproduktion.

Darüber hinaus müssen wir uns mit dem **Mittelmeerraum** auseinandersetzen, der einen Hot Spot des Klimawandels darstellt und für den ein **intensiver Wasserstress** erwartet wird^[2]. Dieser Erkenntnis müssen wir Rechnung tragen, wenn dort Energieprojekte entstehen sollen, die in großem Stil den Export grüner Energieträger in die industriell geprägten Regionen Mitteleuropas ermöglichen. Prof. Dr. Martina Flörke von der Ruhr-

Universität Bochum untersuchte mithilfe des WaterGAP3-Modells, ob der Wasserbedarf an Standorten mit Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien im Jahr 2040 gedeckt werden kann. Sie kam zu dem Ergebnis, dass an **bis zu 42 Prozent der Standorte weltweit ein Defizit zu erwarten** ist, weil dort künftig mehr Wasser benötigt wird als verfügbar ist. Einige Standorte, die im **Mittelmeerraum** zur Energiegewinnung genutzt würden, müsse man **grundsätzlich hinterfragen.**^[3] Am Beispiel eines Solarkraftwerks in Marokko wird der Konflikt zwischen den Nachhaltigkeitszielen für Wasser und Energie deutlich: Für Kühlung und Reinigung der Spiegel werden fünf Liter Wasser pro produzierter Kilowattstunde Strom benötigt. Das sind jährlich in Summe zwei Millionen Kubikmeter Wasser an diesem Standort. In der trockenen, landwirtschaftlich geprägten Region seien die Menschen für ihr tägliches Leben auf das Wasser angewiesen.^[4] Infolge des Klimawandels muss damit gerechnet werden, dass sich das Wasserangebot in der Region weiter verringert.

Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung

Wenn sich mit dem Klimawandel die Lufttemperatur erhöht, kann die Luft physikalisch gesehen mehr Wasser aufnehmen – sieben Prozent mehr Wasserdampf pro Grad Celsius. Dementsprechend lassen Klimamodelle erwarten, dass die Jahressumme der Niederschläge bis Mitte des Jahrhunderts um 4 % und Ende des Jahrhunderts um 6 % zunimmt^[5].

Trotzdem steigt das Risiko von Wassermangel, denn für den **Wasserhaushalt einer Landschaft** spielen mehrere Faktoren eine Rolle, die sich mit dem Klimawandel relevant verändern werden, wie die zeitliche und räumliche Niederschlagsverteilung, die Fähigkeit

der Böden zur Wasseraufnahme oder die Speicherung von Gewässern aus Gletschern. Hinzu kommt die Nutzung durch den Menschen.

Der Deutsche Wetterdienst erwartet mit dem Klimawandel **feuchtere Winter und trockenere Sommer**. Zusätzlich verändern sich Eintrittswahrscheinlichkeit und Intensität von **Extremereignissen**. Lokal auftretende Starkregenereignisse dürften zunehmen. Ein Teil der Niederschläge fließt dann rasch oberflächlich ab, ohne der **Grundwasserneubildung** zugutezukommen. Auch mit einer höheren Intensität von Hitzewellen und längeren Dürreperioden ist zu rechnen. Die Zahl der Tage mit problematischer Trockenheit wird überall zunehmen. Wetterlagen mit Tiefdruck- und Hochdruckgebieten, deren Luftmassen sich quasi-stationär festsetzen, können dazu führen, dass über einen längeren Zeitraum viel Niederschlag in einer begrenzten Region niedergeht oder aber sich **lang anhaltende Trockenperioden** einstellen. Regional ist mit unterschiedlichen Trends der Veränderungen zu rechnen. Insbesondere der Nordosten Deutschlands wird von intensiven Trockenheiten betroffen sein. Auch werden sich **ungünstige Abfolgen von (Extrem-) Ereignissen** häufiger einstellen.^[5] Letzteres ist aus Sicht der Klimaanpassung besonders herausfordernd.

Schon jetzt beobachtet der Deutsche Wetterdienst eine zunehmende **Frühjahrs-trockenheit**, die zu erheblichen Beeinträchtigungen bei der **Pflanzenentwicklung** führt, was vor allem die Land- und Forstwirtschaft betrifft (siehe Abbildung Seite 56)^[6] – und damit u. a. auch die energetische Biomassenutzung.

Sind die **Böden** aufgrund einer Dürre zu trocken geworden, reduziert sich ihre Fähigkeit zur Wasseraufnahme. Diese **Benutzungshemmung** tritt auf, weil sich bei Trockenheit

vermehrt Fette und Wachse aus den organischen Bodenbestandteilen, z. B. Pflanzenresten, herauslösen und auf den mineralischen Bodenanteilen ablagern – je nach Bodentyp.^[7]

Als Folge fließt Regenwasser oberflächlich ab, anstatt einzusickern, und schwemmt fruchtbaren Boden mit sich (Erosion). Auch ein oberflächlich feuchter Boden kann in der Tiefe trocken sein. Wenn wenig Wasser im Boden ist, kann auch nur wenig Grundwasser neugebildet werden. Seit 1961 steigt die jährliche Zahl an Monaten, in denen **niedrige Grundwasserstände** gemessen werden, signifikant an. Besonders deutlich wirken sich dabei über mehrere Jahre hinweg auftretende Niederschlagsdefizite aus.^[8]

Zusätzlich und verstärkend steigt der **zivilisatorische Wasserverbrauch** bei heißer Witterung und ausbleibenden Niederschlägen dürrebedingt weiter an, insbesondere für die Landwirtschaft, aber auch z. B. für die privaten Haushalte. Mit dem steigenden Nutzungsdruck beschleunigt sich der **Rückgang der Wasserreserven**, die schon aufgrund der Witterung eine negative Wasserbilanz aufweisen (geringere Speisung, höhere Verdunstung).

Bereits jetzt geraten unsere Gewässer zunehmend unter Druck, wie die vergangenen Jahre

seit dem Sommer 2018 eindrücklich gezeigt haben. **Verschiedene Wirtschaftszweige** wie die Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Energieproduktion, Schifffahrt, Industrie, Fischerei und Aquakultur waren **direkt betroffen**. In Landkreisen mehrerer Bundesländer kam es zu Einschränkungen bestimmter Wassernutzungen für mehrere Sommerwochen.

Die Wintermonate brachten mehrfach nicht genug Niederschlag, um die Böden wieder ausreichend mit Wasser aufzufüllen. Regional kam es zu starken Beeinträchtigungen von Ökosystemen. Daraus ergeben sich Konsequenzen für die **Erhaltung eines intakten Naturhaushalts**, auch im Hinblick auf die Kohlenstoff-Speicherfunktion von Ökosystemen (z. B. Moore, Wälder) im Sinne des Klimaschutzes.

In einer **Risikoanalyse** kam die Bundesregierung 2019 zu dem Schluss, dass lange Dürreperioden (insbesondere in Verbindung mit Hitzewellen) zu **Problemen bei der Versorgung der Bevölkerung** mit Trinkwasser führen können. Da es an kontinuierlicher Erfahrung im Umgang mit Dürren fehle, sei die theoretische Vorbereitung umso wichtiger.^[9]

Eine **Warnung** sollte uns die Situation in Montevideo in **Uruguay** während der Dürre 2023 sein. Die Bevölkerung in der sonst wasserreichen Region konnte nicht mehr mit sauberem

Leitungswasser versorgt werden. Auf diese Not war die Gesellschaft nicht vorbereitet. In verschiedenen Ländern ist schon jetzt zu beobachten, dass Trinkwasser aus privaten Tankfahrzeugen zu hohen Preisen verkauft wird – aus Quellen außerhalb staatlicher Kontrollen.

Marokko ist vielfach im Zusammenhang mit der Produktion von Wasserstoff im Gespräch. Insbesondere für die am Mittelmeer gelegene Region mit Marokko, in der die Menschen bereits heute unter Wassermangel leiden^[10], wird prognostiziert, dass die **Winterniederschläge** in den kommenden Jahrzehnten **um bis zu 40 % zurückgehen** könnten. Modelle zeigen, dass sich mit dem Klimawandel die winterliche Luftzirkulation für die Region großräumig und nachteilig verändert. Daraus folgt eine starke Reduzierung der Wasserressourcen, was die Fähigkeit, Nahrungsmittel anzubauen und die **Region zu entwickeln**, bedrohlich einschränkt.^[2]

Derartiger Wassermangel dürfte nicht ohne Konsequenzen für die **Stabilität der Region** bleiben. **Syrien** hat bereits ein solches Szenario der Destabilisierung aufgrund von Dürre erlebt. Zwischen 2006 und 2011 war Syrien von einer außergewöhnlichen Dürre betroffen. 75 % der Bauern verloren ihre Ernten und 1,5 Millionen Menschen mussten in die Städte umsiedeln, denen die Aufnahmekapazität fehlte^[11]. Nachdem 2011 der Bürgerkrieg ausbrach, suchten viele Menschen Schutz in Europa.

Erste **Nutzungskonflikte um Wasser** deuten sich auch in Deutschland an, wie z. B. der Streit um die Gigafactory von Tesla im trockenen Brandenburg gezeigt hat. Dürren werden häufiger werden, länger andauern und mehr Menschen betreffen. Wie häufig Dürren in Mitteleuropa auftreten werden, hängt vom Ausmaß des globalen Temperaturanstiegs ab.^[12]

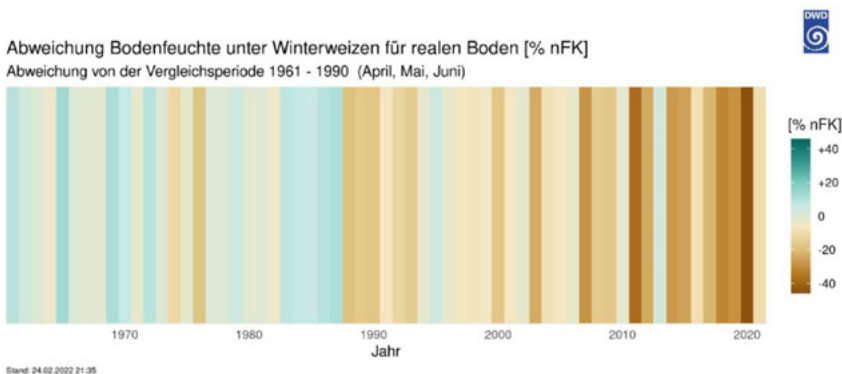


Abbildung: DWD (2022)^[6]

Wasserverfügbarkeit für jeden Zweck wird also zukünftig keine Selbstverständlichkeit mehr sein. Das Wasserthema zwingt uns, in **größeren Zeiträumen** und größeren räumlichen Bezügen zu denken. Wassermangel und Dürre besitzen das Potenzial, zur dauerhaften Bedrohung für Umwelt und Wirtschaft in Europa zu werden.^[13]

Schlussfolgerungen für ein Handlungskonzept

Daraus lassen sich mehrere Schlüsse ziehen:

1. Konsequenter Klimaschutz ist für die **Sicherheit der Wasserversorgung** erforderlich.
2. Um den **Wasserhaushalt von Gewässern** und Ökosystemen zu verbessern, sind naturnahe Strukturen in der Landschaft wiederherzustellen.
3. Für die **Resilienz der Energieversorgung** muss heute ein zukunftsgerichtetes Wassermanagement beginnen, das die Klimafolgen einbezieht.
4. Bei der Wassernutzung sollte zwischen Trinkwasser- und Betriebswasserqualität unterschieden und wo möglich eine Kreislaufführung für Prozesswasser etabliert werden. Chemische Substanzen im Abwasser sollten im Sinne der **Kreislaufwirtschaft** als Ressourcen genutzt werden.^[14]

Als **Indikator** für die Umweltwirkung einer Wassernutzung kann der „Wasserfußabdruck“ und speziell in Bezug auf die Wasserknappheit ein **knappheitsgewichteter Wasserfußabdruck (Water Scarcity Footprint)** ermittelt werden^[15]. Ein erfolgversprechendes Wassermanagement ist integrativ zu gestalten und



mehrdimensional zu denken, auch damit es den verschiedenen UN-Nachhaltigkeitszielen gleichermaßen zugutekommt.

Die Wasserwende wird international und national bereits eingeleitet.

Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) aus dem Jahr 2000 dient einer integrierten Wasserpolitik in der Gemeinschaft. Sie schafft einen rechtlichen Rahmen für den Schutz von Wasser, für die Erreichung eines guten Gewässerzustands und für die Beachtung von Nachhaltigkeitsgrundsätzen bei der Wassernutzung.^[16]

In Deutschland ist die Wasserrahmenrichtlinie im Wasserhaushaltsgesetz (WHG), in der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) und in der Grundwasserverordnung (GrwV) verankert. Die Gewässerbewirtschaftung hat nach dem Handlungsprinzip der Nachhaltigkeit zu erfolgen.

Nationale Wasserstrategie von 2023

Im März 2023 verabschiedete das Bundeskabinett die **Nationale Wasserstrategie**^[17]. Damit wurden ressortübergreifend die Grundlagen für ein modernes Wassermanagement gelegt.

Kernziele der Nationalen Wasserstrategie

sind, die Versorgung mit Trinkwasser zu gewährleisten, Grundwasser und Ökosysteme zu schützen sowie Landwirtschaft und Wirtschaft ausreichend mit Wasser zu versorgen. Im Mittelpunkt steht die **Vorsorge** – ein Leitprinzip des Umweltrechts. Dies schließt die Vorsorge für künftige Generationen ein, unter anderem, indem die Wasserversorgungs-Infrastruktur an die Folgen des Klimawandels angepasst wird. Die für den Menschen erforderlichen oder von ihm gewünschten Wassernutzungen sind mit den biologischen Lebensraumfunktionen der Gewässer in Einklang zu bringen, und zwar unter sich dynamisch verändernden Rahmenbedingungen.

Ein **Wassermanagement** soll dazu führen, dass Mangellagen möglichst nicht eintreten. Grundvoraussetzung dafür, dass das Wasser nicht knapp wird, sind der Schutz und die Wiederherstellung eines **naturnahen Wasserhaushaltes**. Die Wasserinfrastrukturen sind derart zu sanieren und weiterzuentwickeln, dass sie Extremereignissen widerstehen und eine sichere Wasserversorgung gewährleistet ist. Um eine gute Wasserqualität im Grund- und Oberflächenwasser zu erreichen, auch bei geringerer Wasserführung, gilt es zudem, das Einleiten gefährlicher Stoffe zu begrenzen.

Die **Anforderungen an die Wasserinfrastrukturen** steigen also, denn sie müssen vielfältige Funktionen für die Daseinsvorsorge inklusive Klimaschutz und Energiewende, Klimaanpassung, Ressourcenschonung und Naturschutz erfüllen. Die **Transformation der Wasserinfrastrukturen** erfordert daher einen stärker

integrativen und systemischen Ansatz für die Gewässerbewirtschaftung. Über den aktuellen Wirkungsbereich der Wasserwirtschaft hinaus sollen Akteure mit ihren Verantwortlichkeiten und Handlungsmöglichkeiten einbezogen und deren Interessen berücksichtigt werden. Auch die **Energiewirtschaft soll eingebunden werden**, um zu gewährleisten, dass eine nachhaltige Bereitstellung von Energie und Ressourcen weiter möglich bleibt.

Bei der Wassernutzung soll zwischen unterschiedlichen **Wasserqualitäten** unterschieden werden: Trinkwasser und Betriebswasser. Grundsätzlich gilt der **Sparsamkeitsgrundsatz**: Wassersparende und -schonende Verfahren, Produkte und Anwendungen sollen zum Einsatz kommen und eine **kreislauforientierte Nutzung** des Wassers und der darin enthaltenen (Roh-)Stoffe (z. B. Phosphor) soll zu mehr Nachhaltigkeit führen. Mit der Rückgewinnung des im Abwasser enthaltenen **Phosphors** könnte etwa die Hälfte der jährlichen Phosphormineraldüngerimporte eingespart werden.

Die **Wasser-Datenstrategie** hat zum Ziel, das Wassermanagement mit harmonisierten Daten zu unterstützen. Um genauer vorherzusagen, wo Wasser in Zukunft verfügbar ist und gebraucht wird, soll die Datenbasis erweitert und die Prognosefähigkeit gestärkt werden.

Im Fall von regionalen Wasserknappheiten wird es **Wasserrationierungen** entlang von **Wassernutzungshierarchien** geben. Die zuständigen Behörden entscheiden anhand einer noch zu erstellenden bundesweiten Leitlinie, wozu Wasser vorrangig genutzt werden darf. Vorrang hat die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser. Die Abgabe von Trinkwasser an Großverbraucher und zu Zwecken, für die kein sauberes Trinkwasser benötigt wird, wird reduziert werden können.

Der **Energieeinsatz in der Wasserwirtschaft** könnte sich durch die geplanten Vorgaben in der Nationalen Wasserstrategie um bis zu 30 % erhöhen, wie der VKU feststellt ^[18].

Lesen Sie weiter in der Langfassung des Beitrags (s. blauer Kasten nächste Seite).

Quellen:

- [1] UN Water: <https://www.unwater.org/>. Darin: Task Force on Water Security (2013): Water Security and the Global Water Agenda. <https://www.unwater.org/publications/water-security-and-global-water-agenda>
- [2] Tuel, A. & Eltahir, E. A. B. (2020): Is the Mediterranean a Climate Change Hot Spot? In: Journal of Climate, Vol. 33. https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/33/14/JCLI-D-19-0910.1.xml?tab_body=pdf
- [3] Weiler, J. (2021): Defizite vorprogrammiert - Wie viel Wasser benötigt die Energiegewinnung 2024? <https://www.scinexx.de/dossierartikel/defizite-vorprogrammiert>
- [4] Weiler, J. (2021): Energie gegen Wasser? Nachhaltigkeitsziele im Konflikt. <https://www.scinexx.de/dossierartikel/energie-gegen-wasser>
- [5] DWD (Deutscher Wetterdienst) (2020): Nationaler Klimareport. Klima – Gestern, heute und in der Zukunft. https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimareports/download_report_aufgabe-4.pdf?blob=publicationFile&v=2%20%20Seite%202023
- [6] DWD (Deutscher Wetterdienst) (2022): Klimapressekonferenz am 29. März 2022. https://www.dwd.de/DE/presse/pressekonferenzen/DE/2022/PK_29_03_2022/rede_fuchs_2022.pdf?blob=publicationFile&v=2
- [7] BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2020): Dürre macht Böden wasserabweisender. <https://www.scinexx.de/news/geowissen/duerre-macht-boeden-wasser-abweisender>
- [8] UBA (Umweltbundesamt) (2019): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. (S. 48 f.) https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf
- [9] Deutscher Bundestag (2019): Drucksache 19/9521. Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2018. <https://dserver.bundestag.de/btd/19/095/1909521.pdf>

- [10] Euronews (2022): Kaum noch Trinkwasser: Wie Marokko mit der Dürre kämpft. <https://de.euronews.com/2022/08/12/kaum-noch-trinkwasser-wie-marokko-mit-der-durre-kampft>
- [11] Plumer, B. (2013): Drought helped cause Syria's war. Will climate Change bring more like ist? In: The Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2013/09/10/drought-helped-caused-syrias-war-will-climate-change-bring-more-like-it>
- [12] Marx, A., UFZ (Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle). In: Reimer, Nick & Staud, Toralf (2021): Deutschland 2050. Wie der Klimawandel unser Leben verändern wird. S. 112
- [13] Hanke, Th. (2023): Der Wassermangel in Europa ist ein Desaster mit Ansage. In: Handelsblatt vom 28.04.2023. <https://www.handelsblatt.com/meinung/kolumnen/duerre-der-wassermangel-in-europa-ist-ein-desaster-mit-ansage/29113366.html>
- [14] Industr.com (2023): Wie Kommunen die Wasserwende beschleunigen können. <https://www.industr.com/de/wie-kommunen-die-wasserwende-beschleunigen-koennen-2693820>
- [15] UBA (Umweltbundesamt) (Hrsg.) (2022): Konzeptionelle Weiterentwicklung des Wasserfußabdrucks. Zur Abbildung möglicher qualitativer und quantitativer Wasserbelastungen entlang eines Produktlebenszyklus. In: Texte 4/2022. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_44-2022_konzeptionelle_weiterentwicklung_des_wasserfussabdrucks.pdf
- [16] RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES (2000): https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0003.02/DOC_1&format=PDF
- [17] BMUV (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz) (2023): Nationale Wasserstrategie. Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nationale_wasserstrategie_2023_bf.pdf sowie <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/nationale-wasserstrategie-2171158>
- [18] VKU (Verband kommunaler Unternehmen e. V.) (2023): Bundesregierung verabschiedet neues Energieeffizienzgesetz. <https://www.vku.de/themen/energiewende/artikel/bundesregierung-verabschiedet-neues-energieeffizienzgesetz>

In der **Langfassung** dieses Fachbeitrages, der in der Reihe **ASPEKTE № 10** erschienen ist, werden ergänzend die folgenden Sachverhalte in der Schnittmenge von Energiewende und Wasserwende thematisiert:

- Wasserstoffproduktion
- Meerwasserentsalzung für die Wasserstoffproduktion
- Sektorenkopplung der Infrastrukturen für Wasser und Energie
- Kühlung von Großkraftwerken
- Unterirdische Wärme- und Kältespeicher
- Wasserkraftnutzung
- Rohstoffe für die Energiewende

Ebenfalls finden Sie die Quellenangaben bzw. viele hilfreiche Literaturangaben im Anhang der ASPEKTE-Publikation.

Den **Zugang zu der Langfassung** finden Sie über folgenden **QR-Code** sowie in der **Infothek** auf der House of Energy-Website.



Konzeption und Umsetzung der Digitalen Plattform für Kommunale Services (DIPKO)

Jan-Emanuel Brandt, m3 management consulting GmbH, und Mirco Pinske, DIPKO GmbH

Stadtwerke haben über die kommunalen Querverbündelungen Zugang zu fast allen Bürgern der Kommune. Wer nicht Energiekunde ist, geht schwimmen, nutzt Parkhäuser, besucht kommunale Veranstaltungen etc. Dank der DIPKO können Kunden nun alle Vertragskonten auf einer Plattform mit einem Single Sign-on verwalten, Tickets kaufen, Kurse buchen und bezahlen. Stadtwerke haben dabei eine 360-Grad-Sicht auf ihre Kunden und deren Nutzerverhalten. Regelmäßige Kundenkontakte ermöglichen dabei Up- und Cross-Selling, Kundenbindungsmaßnahmen und transaktionsbasierte Geschäftsmodelle für die Kommune.

Von der Idee zum Konzept mit Einbindung der Stadtwerke

Ideengeber Mirco Pinske war viele Jahre und in verschiedenen Stadtwerken verantwortlich für Vertrieb und Kundenservice. Dabei erkannte er schon früh die naheliegende Verbindung von Energieversorgung und weiteren kommunalen Leistungen, wie z. B. dem Schwimmbad. Im Rahmen der steuerlichen Querverbundoptimierung subventionieren Energiekunden der Stadtwerke die oft defizitären Schwimmbäder. Im Gegenzuge sollten Energiekunden doch dann bitte schön vergünstigte Eintrittspreise oder Gratistickets für langjährige Treue bekommen. Bereits diese einfache Idee scheiterte an den üblichen Rahmenbedingungen

im Stadtwerk: Getrennte IT-Systeme und getrennte Verantwortlichkeiten für Energie und Schwimmbäder. Im Rahmen der Digitalisierung von Kundenprozessen im Stadtwerk mit der m3 management consulting GmbH fand sich dann die Lösung für das Problem: Eine digitale Plattform kann Kundendaten zusammenführen, verknüpfen und sowohl Kunden als auch Stadtwerken die jeweils benötigten Einsichten und Prozesse ermöglichen. Offene Schnittstellen garantieren die einfache Einbindung von Drittsystemen ohne hohen IT-Aufwand. Im nächsten Schritt wurde dann ein konkretes Konzept für kommunale Anwendungsfälle gemeinsam mit der m3 management consulting GmbH, verschiedenen Stadtwerken und weiteren Partnern erarbei-

tet. Danach hat die msg systems AG ein technisches Konzept für die Plattform entwickelt. Nun galt es, das Konzept in die Praxis umzusetzen.

Entwicklung der Plattform und Gründung des Start-ups

Das Konzept war so überzeugend, dass sich schnell strategische Investoren fanden, die eine Umsetzung finanziell und mit eigenem Engagement unterstützten. So konnte die Plattform von der msg systems AG entwickelt und eine Gesellschaft mit dem Ideengeber Mirco Pinske als Geschäftsführer gegründet werden. Die DIPKO GmbH ist Teil des msg Konzerns und wird vom Schwesterunternehmen, der m3 management consulting GmbH, weiter

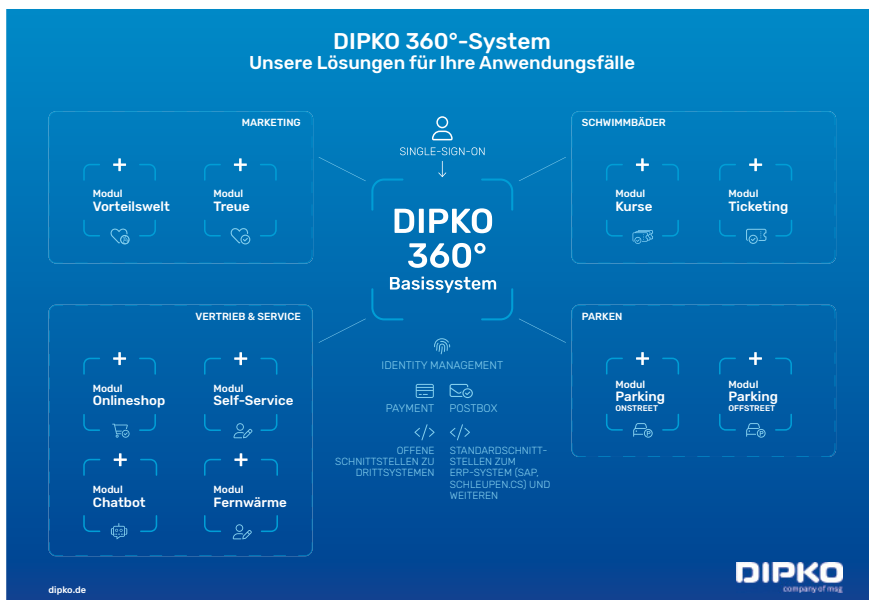


Bild: Systemkomponenten der DIPKO

in strategischen Fragen begleitet. Gemeinsam mit Partnern aus der Konzeptionsphase wurden die ersten Anwendungsfälle umgesetzt:

- Anbindung an verschiedene Backend-Systeme (ERP, Kassensysteme, CRM-Systeme und weitere Drittanbieter)
- Zusammenführung der Vertragskonten (z. B. ÖPNV, Telekommunikation und Energie in einem Kundenkonto auf der Plattform)
- Kundenportal mit Login und Postfach
- Online-Service-Prozesse
- Ticketverkauf und Bezahlung.

Der Proof of Concept war erfolgreich, und dann kam die Corona-Pandemie.

Das digitale Ticketing mit kontaktlosem Eintrittsmanagement ermöglichte es vielen Freibädern, trotz Pandemie zu öffnen und sogar die Belegung der Liegewiesen zu steuern!

Mehr als 30 Stadtwerke und Kommunen nutzten daraufhin die DIPKO und die Anzahl der Transaktionen stieg auf > 2 Mio. Damit war nun auch die Basis für transaktionsbasierte Geschäftsmodelle gelegt und weitere Anwendungsfälle wurden ausgearbeitet:

- Digitales Buchen und Bezahlen von Parkvorgängen
- Online-Shop für Produkte und Dienstleistungen
- Treueprogramm
- Vorteilswelt
- Chatbot

Das Geschäftsmodell wurde breiter und ermöglichte flexible Erweiterungen, und dann kam die Energiekrise.

Als Antwort auf die Energiekrise wurde die DIPKO um eine Energiesparwelt erweitert.

Mit einem Gamification-Ansatz werden Nutzer spielend leicht zum Energiesparen animiert.

Für verschiedene energiesparende Aktionen erhalten sie Energiesparpunkte, die sie wiederum in wertvolle Prämien der Vorteilswelt einlösen können. Dieser effektive Ansatz lässt Nutzer immer wieder auf die Plattform zurückkehren und bringt Energiesparen in die alltäglichen Tätigkeiten ein. Zudem wurde der DIPKO-Chatbot mit zahlreichen Energiespartipps rund um den gesamten Haushalt gefüttert. Somit gibt er Nutzern wichtige Hinweise, wo und wie sie im Alltag wertvolle Energie – und somit auch bares Geld – sparen können. Außerdem wurde der Funktionsumfang des Chatbots erweitert, sodass Kunden mit ihm auch Zählerstände aufnehmen, Abschläge ändern sowie Ratenzahlungen für Nachzahlungen anfragen können. Somit stellt er einen zusätzlichen Kommunikationskanal dar und entlastet Mitarbeiter im Kundenservice.

Dank stabiler Basisplattform und modularer Entwicklung können nach Bedarf und Marktlage kurzfristig neue Anwendungsfälle auf der DIPKO realisiert und skaliert werden. So gibt es auch für die Weiterentwicklung der Plattform viele Ideen, um den Funktionsumfang zu erweitern und das Kundenerlebnis zu verbessern.

Die Autoren

Jan-Emanuel Brandt ist Partner der m3 management consulting GmbH, die Unternehmen mit netzbasierten Geschäftsmodellen (Energie- und Telekommunikationssektor) bei der Transformation unterstützt.

Mirco Pinske war Geschäftsführer der DIPKO GmbH, die kommunale Unternehmen bei der Digitalisierung begleitet und sie mit einer digitalen Plattform für spartenübergreifende Services unterstützt.

Die zukünftige Rolle von Erdgas im deutschen Energiesystem

Peter Birkner, House of Energy e. V.

In den letzten Jahren war Erdgas nach Erdöl der zweitwichtigste Primärenergieträger in Deutschland. Der Anteil lag bei rund einem Viertel des Primärenergiebedarfs. Zur Endenergie trägt Erdgas um einen Faktor 1,5 mehr bei, als Elektrizität. Vor allem der Heizungssektor wird von Erdgas dominiert. Das war nicht immer so und wird vermutlich auch nicht so bleiben.

Der fossile Energieträger Erdgas ist zwar relativ klimafreundlich, dennoch bleibt seine Nutzung mit der Freisetzung von Kohlendioxid verbunden. Erdgas wird daher als Brückenoption für die grüne Energiewende gesehen. Im Zielsystem dominieren elektrische Anwendungen v. a. die Sektoren Mobilität und Wärme. Zu einer vollständigen Elektrifizierung – „all-electric world“ – wird es dennoch nicht kommen. Wasserstoff, Ammoniak, Methanol oder synthetisches Kerosin werden als chemische Energieträger die Elektrizität ergänzen.

Dies führt zur Frage nach der Zukunft des heutigen Erdgasnetzes, in dem ein immenses Kapital gebunden ist. Seit dem russischen Überfall auf die Ukraine wird zudem der Aspekt der Sicherheit der Erdgasversorgung intensiv diskutiert. Es ist damit zielführend, das Thema Erdgas im zeitlichen, technischen, wirtschaftlichen, aber auch machtpolitischen Kontext zu analysieren.

Erdgas in Deutschland – ein Rückblick

Die Elektrifizierung im Sinne der Bereitstellung von elektrischer Energie über flächendeckend errichtete elektrische Netze begann mit der industriellen Revolution ab 1880. Es handelte sich um einen kontinuierlichen Vorgang, bei dem die räumliche Trennung von Elektrizitätsbereitstellung und -nutzung mittels elektrischer Leitungen überbrückt wurde. Bei der Elektrizitätserzeugung kamen und kommen verschiedene Primärenergieträger zum Einsatz. Die Beiträge fester fossiler, nuklearer, gasförmiger fossiler Brennstoffe und regenerativer Energiequellen veränderten sich im Lauf der Zeit.

Parallel wurde die Infrastruktur zur flächendeckenden Versorgung mit Methan aufgebaut. Es gibt drei zeitliche Abschnitte, in denen der Gasbedarf jeweils deutlich angestiegen ist^[1]. Die Entwicklung einer flächendeckenden Gasinfrastruktur verlief zeitlich versetzt zur Entwicklung der Stromversorgung.

Die erste Periode dauerte bis etwa 1920. Bis dahin wurden Energiegase mit unterschiedlicher Zusammensetzung örtlich erzeugt. Die erzeugte Gesamtgasmenge war kurz vor dem Ersten Weltkrieg mit etwa 29 TWh im Vergleich mit dem heutigen Gasbedarf sehr gering^[1]. In der zweiten Periode wurde die Gasversorgung ausgebaut, um Kokereigase zu nutzen. Diese Gase entstanden durch Pyrolyse von Steinkohle und wurden nach Reinigung als Stadtgas bezeichnet. Der Heizwert liegt dabei in etwa bei 50 % des Werts von reinem Methan (10 kWh/m³). Stadtgas besteht in etwa zur Hälfte aus Wasserstoff, zu einem Viertel aus Methan sowie aus weiteren Gasen wie Stickstoff und Kohlenmonoxid^[2,3].

Ab 1960 stieg der Bedarf an Energiegasen deutlich an. Bei dieser dritten Periode geht es um Quantität und Qualität. Die Bereitstellung von lokalen oder regionalen Mischgasen (mit variabler Zusammensetzung) wurde durch den globalen Einsatz von hochreinem Methan abgelöst. Weiterhin mussten die Gasnetze deutlich erweitert werden. Zudem wurde ein Strategiewechsel in Bezug auf die Versorgungssicherheit erforderlich. Darunter ist die gesicherte Deckung der Nachfrage an Energiegas zu verstehen. Konnten vorher die benötigten Energiemengen durch heimische Energieträger bereitgestellt werden, so wurde ab 1960 die Gasversorgung in zunehmendem Maße von ausländischen Lieferanten abhängig. Die inländische Erdgasförderung trug nur noch untergeordnet zur Bedarfsdeckung bei^[4].

Im Jahr 2021 lag der inländische Erdgasbedarf bei rund 961 TWh^[5]. Dies entspricht in etwa einem Faktor 33 im Vergleich zur Zeit vor dem Ersten Weltkrieg.

Das benötigte Erdgas wurde 2021 zu rund 85 % importiert^[5]. Dies sind etwa 816 TWh. Die heimische Förderung lag bei etwa 47 TWh^[4]. Dies entspricht einem Anteil von etwa 5 %. Methan wurde weiterhin in geringem Maße von der Petrochemie bereitgestellt und es wurde aufbereitetes Biogas in das Gasnetz eingespeist. Die Größenordnung liegt in Summe im Bereich von ein bis zwei Prozent. 2021 wurde den Speichern mehr Erdgas entnommen als eingelagert. Die Importe wurden (mit Datenstand 2020) zu 55,2 % aus Russland, zu 30,6 % aus Norwegen und zu 12,7 % aus den Niederlanden gedeckt^[6].

Wichtig ist zudem der Hinweis, dass Deutschland über den eigenen Bedarf hinaus weitere Erdgas Mengen in Höhe von etwa 694 TWh für die Weiterleitung an Nachbarländer importiert^[5]. Damit steigt die Importquote auf 91 %

und die gesamte importierte Energiemenge beträgt 1.510 TWh. Die Anteile am Gesamtimport verteilen sich (wiederum mit Datenstand 2020) zu 67 % auf Russland, zu 21 % auf Norwegen und zu 12 % auf die Niederlande^[7]. Der Gesamterdgasbedarf liegt damit in Summe bei 1.655 TWh.

Die verfügbaren Erdgasquellen liefern Gas mit unterschiedlichem Energiegehalt. Insbesondere bieten die Niederlande L-Gas an, während Russland und Norwegen sogenanntes H-Gas fördern. L steht für „low caloric“ und H für „high caloric“. Entsprechend liegt der Brennwert für L-Gas zwischen 8,4 bis ca. 11,2 kWh/m³, während H-Gas auf ca. 10 bis 13,1 kWh/m³ kommt^[8]. In der Vergangenheit wurden etwa 75 % der deutschen Haushalte mit H-Gas versorgt. Da die niederländische Gasproduktion ausläuft, wird dieser Wert sukzessive auf 100 % ansteigen. Mit Gas betriebene Thermen, Heizkessel, Öfen, Herde und Durchlauferhitzer sind entsprechend umzurüsten und die Zähler anzupassen^[5].

Der Gastransport in Erdgasleitungen erfordert einen Druckaufbau mittels Kompressoren. Diese können mit Elektrizität oder Erdgas betrieben sein. Der Kompressor bestimmt die Transportrichtung einer Pipeline. Diese ist in der Regel fest. Einzig in Speichern kann Gas ein- und ausgespeichert werden. Mit Blick auf die Gasimporte nach Deutschland sind insbesondere der Nord-Süd-Transport aus Norwegen und der Ost-West-Transport aus Russland wichtig. Auf europäischer Ebene sind vor allem die östlichen Länder historisch auf den Bezug von russischem Erdgas angewiesen. Die Ukraine ist dabei ein zentrales Transitland.

Mit der Inbetriebnahme der Leitung North Stream I verfügte Deutschland ab 2011 über eine direkte Anbindung an Russland und war damit in geringerem Umfang auf Transite

durch Drittstaaten angewiesen. Zehn Jahre später sollte mit der Leitung North Stream II die direkte Verbindung weiter gestärkt werden. Allerdings ging North Stream II nie operativ in den Betrieb und am 26. September 2022 wurden beide Leitungssysteme durch einen Anschlag so stark beschädigt, dass sie bis auf Weiteres nicht mehr genutzt werden können.

Im Kontext des ukrainisch-russischen Gasstreits, der sich seit 2005 in unterschiedlichen Phasen und Intensitäten entwickelte, wurden eine ganze Reihe von Kompressorstationen so ertüchtigt, dass sie „reverse-flow-fähig“ wurden. Damit konnte Erdgas, das über die North-Stream-I-Pipeline nach Deutschland importiert wurde, an osteuropäische Länder aus dem Westen weitergeleitet werden. Die Abhängigkeit Europas vom Transitland Ukraine konnte so reduziert werden.

Ein weiterer strategischer Faktor sind die Erdgasspeicher, über die Deutschland verfügt^[9]. Mit einem Arbeitsgasvolumen von rund 255 TWh entspricht das Speichervolumen etwa 22% des in der EU verfügbaren Volumens. Bei einem Jahresbedarf von 691 TWh im Jahr 2021 würde die eingespeicherte Erdgasmenge gut vier Monate des durchschnittlichen Monatsbedarfs decken. Dies ist eine theoretische Betrachtung, da der Erdgasbedarf zwischen Sommer und Winter durchaus um einen Faktor drei variieren kann^[7].

Das Geschäftsmodell von Erdgasspeichern besteht in der Überführung eines variablen saisonalen Bedarfs in einen nahezu konstanten Bezug. Korrespondierend gibt es eine Preisdifferenz zwischen dem hohen Bedarf des Winters und dem geringeren des Sommers. Durch diesen Spread können die Kosten eines Speichers gedeckt werden. Dies war das Geschäftsmodell in Zeiten des Gasmonopols.

Wird der Gaspreis jedoch an der Börse gebildet und es können stets die Mengen bereitgestellt werden, die nachgefragt werden, so wird sich ein konstanter Gaspreis einstellen. Der Betrieb von Speichern wird dadurch wirtschaftlich schwierig. Der Preisspread verringert sich.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht bot die Verfügbarkeit von günstigem russischen Gas Deutschland und Europa die Chance, den Industrie- und Wirtschaftsstandort im Wettbewerb mit den USA zu stärken. Durch den großtechnischen Einsatz der – nicht unumstrittenen – Fracking-Technologie standen dort große Mengen an preisgünstigem Erdgas zur Verfügung.

Sicherheit, Zuverlässigkeit, Resilienz

Ergänzt man den Bezug preisgünstiger Energie aus Russland um den militärischen Schutz, den die USA Deutschland und Europa boten, sowie den intensiven und vorteilhaften Handel mit China, so sind die Eckpunkte der geopolitischen Strategie Deutschlands und Europas im Wesentlichen beschrieben. Die Globalisierung, d. h. international funktionierende Wertschöpfungsketten, die die jeweils optimalen Produktionsstätten miteinander verknüpfen, ist zentral für diese Strategie.

Die wirtschaftliche Ausrichtung ist erkennbar. Zwei der drei genannten Partner sind mehr oder weniger ausgeprägte Diktaturen. Hier sollte eine Kompensation durch das Prinzip „Wandel durch Handel“ erfolgen. Die gegenseitigen Abhängigkeiten sollten eine tragfähige Basis schaffen. Die Tatsache, dass die alleinige globale Führungsrolle der USA nach dem Fall des Eisernen Vorhangs nur eine temporäre Erscheinung war, fand ebenso keine Berücksichtigung wie die Option, Energie als Machtinstrument zu nutzen.

Jedes Optimum ist in Verbindung mit den jeweiligen Rahmenbedingungen zu sehen. Verändern sich diese, so verschiebt sich der optimale Punkt. Daher sind auch die Aspekte Sicherheit und Resilienz entscheidend. Dies gilt für alle drei Dimensionen Handel, Energie und militärischer Schutz. Auch hier war die Strategie Deutschlands und Europas im Kern kurzfristig. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die bisherige geopolitische Ausrichtung Deutschlands und Europas einer grundlegenden Revision bedarf. Es gilt mehr Verantwortung zu übernehmen und zu erkennen, dass Sicherheit nicht zum Nulltarif zu erhalten ist.

Der Begriff **Sicherheit** umfasst sowohl den Schutz des Menschen vor der Technik (Safety) als auch den Schutz der Technik vor dem Menschen (Security). In beiden Fällen geht es um einen störungs- und schadensfreien Prozessablauf.

Die **Zuverlässigkeit** oder besser die Unzuverlässigkeit eines Systems beschreibt die Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer (ggf. bewusst herbeigeführten) Störung.

Resilienz schließlich ist die Robustheit eines Systems im Störfall. Sie schließt die Vorhersage und das Einplanen von Störungen genauso mit ein wie die Begrenzung ihrer Auswirkungen und die Fähigkeit des Systems, sich zu erholen oder sich anzupassen.

Interessant ist, dass die Eigenschaften, die die Resilienz eines Systems erhöhen, auch Charakteristika der Energiewende darstellen. Dazu zählen Dezentralisierung, Diversifizierung, Adaptivität und Redundanz^[11].

Transformation des Gassystems

Die ersten deutlichen Anzeichen, dass die beschriebene geostrategische Architektur nicht die angenommene Stabilität aufwies, zeigten sich am 20. Februar 2014. An diesem Tag begann die Besetzung der ukrainischen Verwaltungseinheiten – der autonomen Republik Krim und der Stadt Sewastopol – durch die Russische Föderation in Form einer „militärische Spezialoperation“.

Trotz dieser dramatischen Ereignisse, die in den kommenden Monaten auf den Donbass übergriffen, zu einseitigen Unabhängigkeitserklärungen und zu festgefahrenen Frontlinien führten, erfüllte Russland seine Lieferverpflichtungen gegenüber Deutschland und Europa. Die Pipeline North Stream I mit einer jährlichen Transportkapazität von 550 TWh übernahm dabei eine wichtige Rolle. Gleichzeitig nahm die internationale Kritik am Bezug großer Mengen Erdgas aus Russland zu, da die erzielten Erlöse das Aggressionspotenzial Russlands steigerten. Die europäische Gasbörse zeigte sich davon relativ unbeeindruckt. Da der Gaszufluss ununterbrochen fortgesetzt wurde, blieb der Gaspreis von Anfang 2013 bis Mitte 2021 zu den meisten Zeiten unter der Marke von 3,0 ct/kWh^[12]. Wichtig war in diesem Kontext auch die Bewirtschaftung der deutschen Gasspeicher. Diese wurden vor der Heizperiode regelmäßig befüllt.

Die eigentliche Zeitenwende erfolgte am 22. Februar 2022. An diesem Tag griff Russland die Ukraine an. Wiederum wurde die Aktion als „militärische Spezialoperation“ deklariert. Allerdings ging das Kalkül Moskaus, die Ukraine binnen weniger Wochen mehr oder minder in Gänze kampfflos zu besetzen, nicht auf. Das Land setzte sich vehement zur Wehr und es entwickelt sich der russisch-ukrainische Krieg.

Die Ukraine wurde massiv von den USA, Europa und nicht zuletzt Deutschland unterstützt. Spätestens zu diesem Zeitpunkt kollabierten die bisherige Globalisierungsstrategie und das Prinzip „Wandel durch Handel“. Gegenüber Russland traten massive Sanktionen in Kraft, die jedoch von China und weiteren Ländern wie Indien, Iran oder auch der Türkei nicht oder nur teilweise unterstützt wurden. Damit waren für die EU und Deutschland die Themenfelder Energie, Handel und militärisches Potenzial neu zu definieren. Vor allem die Abhängigkeiten von Russland und China erwiesen sich als problematisch. Es galt, binnen kürzester Zeit andere Energieimporte zu erschließen und Liefer- und Absatzketten neu zu organisieren. Außerdem war die Friedensdividende, die zu einer Bundeswehr in Sparversion geführt hatte, aufgezehrt.

Mit Blick auf Erdgas hatten sich im Vorfeld dieser Ereignisse die Verflechtungen zwischen Deutschland mit Russland verstärkt. So verkaufte Wintershall 2013 rund 25 % der deutschen Erdgasspeicherkapazität an Gazprom und erwarb dafür Beteiligungen am westsibirischen Erdgasfeld Juschno Russkoje^[13].

Im Herbst 2021 waren die deutschen Gasspeicher aus wirtschaftlichen oder möglicherweise auch aus strategischen Gründen nur zum Teil gefüllt. Am Tag des russischen Überfalls lag der Füllstand mit nur 25 % deutlich niedriger als zum gleichen Zeitpunkt der Vorjahre^[14]. Der von Gazprom betriebene größte deutsche Erdgasspeicher Rheden mit einem Speichervolumen von 39 TWh sowie weitere Speicher des Unternehmens waren nahezu leer. Die Abhängigkeit von russischen Lieferungen wurde dadurch nochmals deutlich gesteigert. Russland erfüllte seine Lieferverpflichtungen noch bis Ende August 2022. Die Börsenpreise stiegen in etwa um einen Faktor 3 an^[12].

Europa und Deutschland mussten nun kurzfristig die Erdgasversorgung anderweitig sicherstellen. Dies führte zu hohen Kosten, die von Kunden und öffentlicher Hand getragen werden mussten. Mittelfristig galt es daher, die Kosten für Erdgas wieder zu senken. Bei beiden Maßnahmen musste zudem die Energiewende im Blick behalten werden, das Stichwort lautet Green Deal.

Wesentliche Sofortmaßnahmen in Deutschland waren:

- Reduktion des Erdgasbedarfs durch Steigerung von Effizienz und Suffizienz;
- Reduktion des Erdgasbedarfs durch den Einsatz anderer fossiler Energieträger wie Braunkohle oder Erdöl, bei denen die Abhängigkeit von Russland weniger stark ausgeprägt war. Dabei wurde auch ein temporär höherer Ausstoß an Kohlendioxid akzeptiert;
- Verschiebung des Ausstiegs aus der Kernenergie um einige Monate;
- Erschließung neuer Erdgasbezugsquellen über existierende Pipelines;
- Nutzung der europäischen LNG-Terminals zum Bezug von LNG-Gas.

Dabei steht LNG für Liquefied Natural Gas, also Flüssigerdgas. Insgesamt gelang es 2022, durch Reduktion des Gaseinsatzes gegenüber 2021 um 13 % eine Gasmangellage in Deutschland zu vermeiden^[15]. Der deutliche höhere Preis spielte dabei eine wichtige Rolle. Die veränderten Energieflussrichtungen und die innerdeutschen Kapazitätsengpässe konnten beherrscht werden.



2022 und 2023 wurden in Rekordzeit die ersten deutschen schwimmenden LNG-Terminals in Betrieb genommen. Dazu waren Investitionen in Milliardenhöhe erforderlich. Es handelt sich um die Anlagen in Wilhelmshaven, Brunsbüttel und Lubmin. Im ersten Halbjahr 2023 kamen darüber 33,8 TWh an Flüssigerdgas nach Deutschland. Das entspricht einem Anteil von 6,4 %^[16].

Die Anzahl der schwimmenden LNG-Terminals soll kurzfristig auf sechs erweitert werden. Diese könnten dann pro Jahr rund 300 TWh Erdgas in das deutsche Netz einspeisen. Mittel- bis langfristig sollen diese durch stationäre Terminals ersetzt werden. Drei derartige Terminals mit einer Kapazität von je rund 200 TWh sind in Planung^[17].

Die Menge an Erdgas, die jedes Jahr über Pipelines aus Russland in Deutschland ankam, lag 2020 bei etwa 560 TWh. Mit dem Ausbau der schwimmenden LNG-Terminals können gut 50 % dieser Menge und rund 30 % des aktuellen deutschen Bedarfs abgedeckt werden^[18].

Bislang erhält Deutschland LNG vor allem aus den USA. Dieses Flüssigerdgas wird über Terminals in den Niederlanden, Belgien oder Frankreich aufgenommen und dann nach Deutschland geliefert. Zu den größten Expor-

teuren zählt neben den USA außerdem Katar. Insbesondere die USA gewinnen Erdgas durch Fracking. Die Anwendung dieser Technologie zur Nutzung der deutschen Erdgasreserven wird abgelehnt. Die Umweltschädlichkeit von Fracking wird öffentlich heftig diskutiert.

LNG ist sehr energieintensiv. Das (in den USA durch Fracking) gewonnene Erdgas ist zu reinigen, zu komprimieren und auf rund -164 °C abzukühlen, um es zu verflüssigen. Anschließend erfolgt der Transport mittels Spezialtankschiffen zum Zielhafen. Dort wird es regasifiziert, also wieder in den gasförmigen Zustand versetzt, und in die Pipelines eingespeist. Die Änderung des Aggregatzustandes und der Transport führen zu Energieverlusten in einer Größenordnung von 10 % bis 25 %^[19]. LNG-Gas führt im Zielhafen folglich zu höheren Kosten als Pipelinegas. Mit Blick auf die Energiewende ist das Vorgehen fragwürdig.

Der Einsatz von LNG-Terminals in Deutschland führt zu einer Veränderung der Gasströme, da die neuen Einspeisepunkte nicht mit den Einspeisepunkten der russischen Pipelines übereinstimmen. Der Energiegehalt des Gases kann je nach Herkunft variieren. Beide Themen bedürfen einer Lösung.

Ein abschließender Punkt zu Methan. Wird es

verbrannt, so entsteht pro erzeugter Energieeinheit weniger Kohlendioxid als bei der Verbrennung von Kohle oder Erdöl. Entweicht Methan jedoch in die Atmosphäre, so ist es in einem Zeitraum von 100 Jahren um einen Faktor 25 klimaschädlicher als Kohlendioxid. Die Verteilung der Klimawirksamkeit über die Zeitdauer von 100 Jahren ist allerdings stark unterschiedlich. Sie erreicht nach 20 Jahren mit dem Faktor 84 gegenüber Kohlendioxid ihr Maximum und klingt dann ab^[20].

Energiewende in Deutschland

Das Ziel der Energiewende in Deutschland liegt in der möglichst ausschließlichen Nutzung regenerativer Primärenergiequellen für die Energieversorgung. Der Einsatz nuklearer und fossiler Primärenergieträger soll ausgeschlossen bzw. minimiert werden. Dadurch soll in Deutschland ein nachhaltiges Energiesystem etabliert werden, das CO_2 -neutral ist und auf Importe von fossilen Energieträgern weitestgehend verzichtet. Es besteht (mittlerweile) Konsens, dass die Abscheidung von Kohlendioxid aus Rauchgasen und die anschließende unterirdische Lagerung (wo nicht anders lösbar) sowie die Förderung natürlicher Kohlendioxidsenken Teil der Lösung sind. Neben der Energiewirtschaft setzen auch Landwirtschaft und verschiedene Produktionsprozesse erhebliche Mengen an Treibhausgasen frei, die nicht vermeidbar sind, z. T. aber sequestriert werden können.

Die technologischen Kernelemente der Energiewende sind:

- Reduktion des bisherigen Endenergiebedarfs durch Steigerung von Effizienz und Suffizienz, mit den verfügbaren Methoden Elektrifizierung und Digitalisierung.

- Bereitstellung des erforderlichen Endenergiebedarfs durch regenerative Energiequellen im Inland (tendenziell Strom) oder durch Import (tendenziell grüne Gase),
- Stabilisierung der volatilen und intermittierenden regenerativen Energiequellen Sonne und Wind durch Leitungen, Speicher, Flexibilitäten, Sektorenkopplung und Digitalisierung.

Auch wenn Deutschland technisch-physikalisch den künftig erforderlichen Endenergiebedarf mit heimischen Quellen decken könnte, ist es im Wesentlichen eine Frage der Akzeptanz, ob der Bürger in einem relativ dicht besiedelten Land die damit einhergehende Veränderung der Umwelt akzeptiert. Die Frage der (bilanziellen) Eigenversorgung Deutschlands ist also nicht zuletzt eine soziologische Angelegenheit.

Obwohl Elektrizität die zentrale Energieform der Zukunft ist, so werden auch chemische Energieträger wie Wasserstoff, Ammoniak, Biomethan, Methanol und synthetisch hergestellte Kohlenwasserstoffe eine wichtige Rolle einnehmen. Der Import grüner Energien wird nur zum geringen Teil durch Stromleitungen erfolgen. Vielmehr dürften Wasserstoffpipelines oder Spezialschiffe, die verflüssigtes Ammoniak oder Methanol transportieren, die wichtigsten Importkanäle darstellen. Russland fällt hier bis auf Weiteres als Partner aus. Die Ukraine hingegen könnte künftig einen wichtigen Platz als Exporteur grüner Energien einnehmen. Wie hoch auch immer der Anteil des Imports an regenerativer Energie sein mag: Es ist wichtig, die Bezugsquellen zu diversifizieren, um Fehler der Vergangenheit nicht zu wiederholen.

Die Umsetzung der Energiewende ist bis 2045 geplant und hat mehrere Konsequenzen. Das Thema Import von Erdgas und Erdöl verliert in diesem Kontext dramatisch an Bedeutung. Entsprechend ist die künftige Rolle der existierenden Erdgasinfrastruktur in Deutschland zu diskutieren. Transportnetze und Gasspeicher dürften künftig für Wasserstoff genutzt werden. Einige Anlagen werden auch stillzulegen oder neu zu errichten sein.

Eine der Herausforderungen, die zu bewältigen sind, liegt im volumenbezogenen Energieinhalt von Wasserstoff. Dieser beträgt rund 30 % des spezifischen Energieinhalts von Methan. Bei gegebenem Querschnitt eines Rohres müssen sich bei der Umstellung Fließgeschwindigkeit oder Gasdruck erhöhen. Alternativ reduziert sich die transportierte Energiemenge.

Die Zukunft der aktuell errichteten LNG-Terminals ist fraglich. Sie müssten mit vermutlich enormen Investitionen für die Umwandlung von flüssigem Ammoniak in Wasserstoff ertüchtigt werden. Ammoniak kann jedoch auch direkt als Brennstoff in mittelgroßen stationären Kraftwerken eingesetzt werden. Eine verlustbehaftete Umwandlung in Wasserstoff kann somit zumindest teilweise unterbleiben. Allerdings ist Ammoniak von der Anlandungsstelle zu den Kraftwerksstandorten zu transportieren und es sind sicherheitstechnische Auflagen zu erfüllen.

Eine deutlich komplexere Problemstellung ergibt sich rund um die Gasverteilungsnetze. Diese binden weit mehr Kapital als die Übertragungsnetze und befinden sich häufig in der Hand kommunaler Unternehmen. Zur Erreichung der Ziele der Energiewende sind neben dem Stromsektor auch die Sektoren Verkehr und Wärme zu dekarbonisieren. Da rund 50 % des aktuellen Endenergiebedarfs für die Wär-

megewinnung eingesetzt werden, ist dieser Bereich von zentraler Bedeutung. Die wesentlichen Energieträger im Heizungsbereich sind aktuell Erdgas (rund 50 %) und Erdöl (rund 25 %) ^[21]. Als klimaneutrale Heizungssysteme der Zukunft sind Wärmepumpen, Fernwärmesysteme und Biobrennstoffe vorgesehen. Die Nutzung von Abwärme und Geothermie dürfte v. a. in Verbindung mit Fernwärmesystemen erfolgen. Der ebenfalls diskutierte Wechsel von Erdgas auf klimaneutralen Wasserstoff dürfte aus Gründen der Verfügbarkeit, der Kosten und der Umwandlungsverluste bei der Herstellung von Wasserstoff bestenfalls für eine Nischenlösung geeignet sein. Dies gilt vermutlich auch für das sogenannte Blending, d. h. die Bereitstellung und Nutzung einer Mischung aus Wasserstoff und Methan.

Erdgas wird aktuell mit rund 3,0 ct/kWh (und teilweise sogar darunter) gehandelt ^[21]. Dies entspricht in etwa dem Preis vor dem russischen Überfall auf die Ukraine. Gemäß ^[22] wird für 2050 ein Preis von rund 8,5 ct/kWh für klimaneutralen Wasserstoff erwartet. Heute liegt er in etwa bei dem doppelten Wert.

Ein Wasserstoffpreis von 1 €/kg entspricht 3 ct/kWh. 17 ct/kWh führen daher auf 5,67 €/kg. Wasserstoff ist aktuell etwa doppelt so teuer wie Erdgas. Hinzukommen bei Erdgas und Wasserstoff Transport- und Verteilungskosten, Vertriebskosten sowie die Abgaben an die öffentliche Hand. Nicht vergessen werden darf der CO₂-Preis bei Verbrennung von Erdgas.

Betrachtet man die aktuellen Mengengerüste im Erdgasverteilungsnetz, so ergeben sich folgende Eckpunkte für das Jahr 2021^[5]:

Erdgasbedarf Deutschland:	961 TWh
Übertragungsnetz ohne Export:	961 TWh
Verteilungsnetz:	515 TWh
Davon für Heizung (100 % Haushalte und 50 % Gewerbe, Handel, Dienstleistungen)	344 TWh

Das bedeutet, dass etwa 2/3 des über das Verteilungsnetz transportierten Gases für Heizzwecke bestimmt ist und dass exakt diese Aufgabe im Zuge der Energiewende entfallen wird. Damit bleibt etwa 1/3 der bisherigen Energiemenge für eine Umstellung auf Wasserstoff.

Es wird also künftig nur ein Teil der bisherigen Infrastruktur zur Gasverteilung genutzt werden können. Dies bedeutet einen erheblichen Erlösverlust für Gasnetzbetreiber. Gleichzeitig entstehen aber Investitionen und Kosten für den Rückbau, die Ertüchtigung der Infrastruktur für Wasserstoff sowie auch den Neubau von Rohrleitungen.

Regulatorisch wird eine Verkürzung der Abschreibungsdauer für die Erdgasinfrastruktur diskutiert. Dies verteuert die Netzentgelte und erlaubt es den Netzbetreibern, ihre gebundenen Mittel schneller zu reduzieren und für die Neustrukturierung des Gasnetzes einzusetzen.

Da das künftige Wasserstoffnetz in wesentlichen Teilen durch eine Umwidmung des bisherigen Erdgasnetzes entstehen wird, ist es positiv zu werten, dass die Europäische Kommission ihre Überlegungen zur eigentumsrechtlichen Entflechtung von Erdgas-

und Wasserstoffnetzen vermutlich deutlich entschärfen wird.

Zukunft und Schlussfolgerungen

Das Erdgasnetz in Deutschland befindet sich zunehmend in einer vierten Entwicklungsphase. Die Rolle von Methan wird sich in den beiden kommenden Dekaden deutlich reduzieren und Wasserstoff wird wichtiger werden. Insgesamt wird die über das Gasnetz übertragene Energie verringert werden. Das Verteilungsnetz wird von der Umstellung stärker betroffen sein als das Übertragungsnetz. Eine genaue quantitative Abschätzung ist schwierig, da in den kommenden Jahren weitere technologische Optionen verfügbar sein werden, die aktuell noch nicht absehbar sind. Im Wesentlichen spielt hierbei die Frage eine Rolle, wie viele Anwendungsfälle mit elektrischer Energie gelöst werden können und welche auf den Einsatz von gasförmigen und flüssigen chemischen Energieträgern angewiesen sind. Weiterhin ist die Frage der technischen Lösung der Speicherfrage wichtig. Wasserstoff hat das Potenzial für eine mehrwöchige Energiespeicherung. Allerdings sind auch Wochenspeicher auf Basis von Redox-Flow- oder Redox-Solid-Batterien realisierbar. Schließlich ist die Rolle von Ammoniak noch nicht klar beschreibbar.

Das Energiesystem der Zukunft zeichnet sich zwar in seinen Eckpunkten ab, dennoch sind bezüglich technischer Konsistenz sowie Qualität und Quantität der einzelnen Energieträger noch erhebliche Variationen möglich.

Vergessen werden darf nicht, dass Technologien stets nur Lösungsoptionen für die Systemausprägung bieten. Die tatsächliche Umsetzung basiert auf genehmigungsrechtlichen Fragestellungen, Förderschemata, Kapitalver-

fügbarekeit und Akzeptanz. Insoweit sind hier noch einige Überraschungen zu erwarten.

Global gesehen wird die Energiewende deutlich pluralistischer sein, als die in Deutschland verfolgten Strategien. Oberstes Ziel ist die kurzfristige Reduktion der Klimagasemissionen. Auch im Sinne der Stärkung des exportorientierten Industrie-, Wirtschafts- und Wissenschaftsstandorts Deutschland sind Offenheit, Neugierde, Pragmatismus, Forschergeist und Unternehmertum entscheidende Komponenten für den künftigen Erfolg. Die erfolgreiche Demonstration von Technologien und Konzepten in Deutschland bildet eine wichtige Basis. Die Diskussion der eigenen Überlegungen mit anderen ist wertvoll. Ein ideologisch basiertes Vorgehen ist hingegen wenig hilfreich.

Der Autor

Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner ist Geschäftsführer des House of Energy e.V., Kassel, und Honorarprofessor für elektrische Energieversorgungstechnik an der Bergischen Universität Wuppertal.

Quellen

- [1] Energiewissen – Das Ende der Autarkie, <https://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB101-03.htm>
- [2] Wikipedia – Stadtgas, <https://de.wikipedia.org/wiki/Stadtgas>
- [3] Wikipedia – Heizwert, <https://de.wikipedia.org/wiki/Heizwert>
- [4] BDEW – Entwicklung der inländischen Erdgasförderung – <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/entwicklung-der-inlaendischen-erdgasfoerderung>
- [5] BDEW – Energieflussbild der Bundesrepublik Deutschland 2021 in TWh, https://www.bdew.de/media/documents/Energieflussbild_Deutschland_2021_TWh_NcT4xcn.svg_und_eigene_Berechnungen
- [6] statista – Verteilung der Anteile ausgewählter Länder am Erdgasimport von Deutschland im Jahr 2020, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/151871/umfrage/erdgasbezug-deutschlands-aus-verschiedenen-laendern>
- [7] Redaktionsnetzwerk Deutschland – Wie Deutschland unabhängig vom russischen Gas werden will, <https://www.rnd.de/politik/deutschland-will-weq-vom-russischen-gas-knallharter-poker-unansehnliche-kompromisse-GOL4MHLIFRHFTNEAYQ3QNDNMSA.html>
- [8] Bundesnetzagentur – Brennwert Gas, [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/A_Z_Glossar/B/Brennwert%20\(Gas\).html#:~:text=L%20DGas%20hat%20einen%20Brennwert,1%20kWh%20Fm3%20kommt](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/A_Z_Glossar/B/Brennwert%20(Gas).html#:~:text=L%20DGas%20hat%20einen%20Brennwert,1%20kWh%20Fm3%20kommt)
- [9] BDEW – Erdgasspeicherkapazitäten in Europa, <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/erdgasspeicherkapazitaeten-europa>
- [10] INES – Gasspeicherkapazitäten, <https://energien-speichern.de/erdgasspeicher/gasspeicherkapazitaeten>
- [11] Wikipedia – Resilienz (Ingenieurwissenschaften), [https://de.wikipedia.org/wiki/Resilienz_\(Ingenieurwissenschaften\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Resilienz_(Ingenieurwissenschaften))
- [12] Börse.de – Erdgaschart in Euro, <https://www.boerse.de/rohstoffe/Erdgaspreis/XD0002745517>
- [13] Spiegel – BASF und Gazprom besiegeln Milliarden Deal, <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/basf-und-gazprom-tauschen-firmenanteile-in-milliardenwert-a-1051387.html>
- [14] statista – Füllstand der Gasspeicher in Deutschland auf Tagesbasis vom 1. Februar 2022, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1294810/umfrage/fuellstand-der-gasspeicher-in-deutschland-auf-tagesbasis>
- [15] statista – Erdgasverbrauch in Deutschland in den Jahren 2005 bis 2022 in TWh, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164119/umfrage/erdgasverbrauch-in-deutschland-seit-1999>
- [16] Tagesschau – Energieversorgung: Deutsche LNG-Terminals importieren kaum Gas, <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/konjunktur/lng-terminals-gas-importe-100.html#:~:text=Nach%20Daten%20oder%20Bundesnetzagentur%20importierte,An-teil%20von%206%2C4%20Prozent>
- [17] Handelsblatt – So angewiesen ist Deutschland wirklich auf neue LNG-Terminals, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/faktencheck-so-angewiesen-ist-deutschland-wirklich-auf-neue-lng-terminals/29500682.html>
- [18] NDR – LNG: Fakten zu Flüssigerdgas und Projekten in Norddeutschland, <https://www.ndr.de/nachrichten/info/LNG-Fakten-zu-Fluessigerdgas-und-Projekten-in-Norddeutschland,lnghintergrund100.html>
- [19] Rosa Luxemburg Stiftung – Streitpunkt LNG, <https://www.rosalux.de/publikation/id/47014/streitpunkt-lng>
- [20] Umwelthilfe – Hintergrundpapier Methan: Auswirkungen auf Klima und Gesundheit https://www.duh.de/uploads/tx_duhdownloads/DUH_Hintergrundpapier_Methan.pdf
- [21] BDEW – Wie heizt Deutschland 2023?, <https://www.bdew.de/energie/studie-wie-heizt-deutschland>
- [22] FIS – Kosten von Wasserstoff, <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/291007>

Flexibel lernen an der Frankfurt University of Applied Sciences: Neue Wege in der Weiterbildung

Anna Bergstermann, Frankfurt University of Applied Sciences

Gesellschaftliche Veränderungen, Fachkräftemangel, Digitalisierung der Arbeits- und Lebenswelten erfordern den stetigen Ausbau eigenen Wissens. Als Hochschule der Chancen versteht die Frankfurt University of Applied Sciences (Frankfurt UAS) Bildung als lebensbegleitenden Prozess auf Basis von Durchlässigkeit sowie Anrechnung außerhochschulischer Qualifikationen mit offenen Zugängen zur Hochschul- und Weiterbildung.

Flexibilisierte, bedarfsorientierte Lernangebote für die Transformationsgesellschaft

Heute ist es von entscheidender Bedeutung, innovative Wege zu finden, um Wissen und Bildung zugänglich und adäquat zu gestalten. Vor diesem Hintergrund haben wir uns das Ziel gesetzt, flexibel gestaltete und bedarfsorientierte Lernangebote zu entwickeln, die in einer speziellen Zertifikatssystematik innerhalb der wissenschaftlichen Weiterbildung verankert sind.

Unser Ansatz zielt darauf ab, individuelle Lernbedürfnisse in den Mittelpunkt zu stellen und Bildungsangebote zu schaffen, die es den Lernenden ermöglichen, sich gezielt weiterzuentwickeln. Diese Lernangebote sollen nicht nur isoliert stehen, sondern auch die Möglichkeit bieten, innerhalb eines flexibilisierten Masterprogramms auf einen entsprechenden hochschulischen Abschluss hinzuarbeiten.

Wir sind fest davon überzeugt, dass die Entwicklung dieser Lehr- und Lernangebote ein kollektiver Prozess sein sollte. Daher setzen wir auf einen kontinuierlichen und dialogi-

schen Austausch zwischen Unternehmen, Institutionen, der Stadtgesellschaft, Lehrenden und Lernenden. Auf diese Weise können wir sicherstellen, dass die Inhalte unserer Bildungsangebote stets aktuell und relevant bleiben, um den sich wandelnden Themen und zukünftigen gesellschaftlichen Herausforderungen gerecht zu werden. Damit legen wir den Grundstein für eine nachhaltige und zukunftsorientierte Bildungslandschaft.

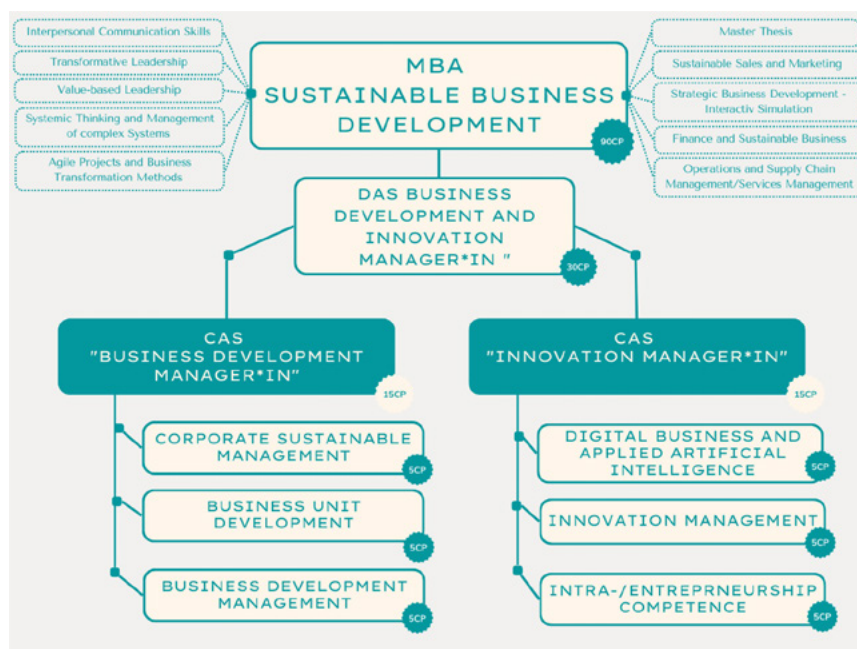
Im Fokus stehen die Formate Certificate of Advanced Studies (CAS) und Diploma of Advanced Studies (DAS), angelehnt an das Trans-

parenzraster der Deutschen Gesellschaft für wissenschaftliche Weiterbildung und Fernstudien (www.dgwf.net und www.kompetenzcampus.de/zertifikatsprogramme). Eine Anrechnung dieser Zertifikate auf einen Studienabschluss soll im Sinne der Durchlässigkeit und Anschlussfähigkeit von Bildungsangeboten gewährleistet werden. Auch widmen wir uns bereits dem Thema Microcredentials und entwickeln kleinteilige Lehr- und Lernangebote.

In allen Fällen stehen die Kompetenzentwicklung in Bezug auf gesellschaftlich relevante (Zukunfts-)Themen sowie interdisziplinäre Ansätze und Methoden im Vordergrund der konzipierten Lernangebote. Um hier eine hohe Reaktions- und Anpassungsfähigkeit in der Entwicklung von Angeboten zu erlangen, wird das Projekt Prozesse gestalten, die es erlauben, Bildungsangebote agil zu entwickeln, kurzfristig inhaltlich anzupassen und Formate der Qualitätssicherung zu etablieren

Der Weg zu flexiblen, bedarfsorientierten Lernangeboten

Im Folgenden wird beschrieben, wie der Weg zu flexiblen, bedarfsorientierten Lernangebo-



ten aussehen könnte. Als Beispiel dient der Master of Business Administration (MBA) „Sustainable Business Development“, der im Herbst 2023 an der Frankfurt UAS an den Start gegangen ist. Bereits während der Curriculums-Entwicklung wurde mitgedacht, welche Themen sich in kleinteiligeren Formaten aus dem Studienangebot herauslösen lassen und in die Zertifikatsstruktur überführt werden können. Ergebnis sind zwei Certificates of Advanced Studies (CAS) „Business Development Manager:in“ und „Innovation Manager:in“. Beide CAS gemeinsam ergeben das Diploma of Advanced Studies (DAS) „Business Development and Innovation Manager:in“. Alle Zerti-

fikate können unabhängig vom MBA besucht werden und sind auf das MBA-Studium anerkennbar, sodass ein späterer Studienabschluss möglich bleibt (siehe Grafik).

In einem zweiten Schritt möchten wir dieses System noch flexibler gestalten und die Anerkennung weiterer Zertifikate ermöglichen. Ganz konkret prüfen wir momentan die Anerkennung der berufsbegleitende Weiterbildung zur/zum „Qualifizierte:n Innovationsmanager:in für Energiesysteme“, die die Managementschool der Universität Kassel in Kooperation mit House of Energy anbietet.

Quellen

- [1] KompetenzCampus – Weiterbildung und Lebenslanges Lernen an der Frankfurt University of Applied Sciences: www.kompetenzcampus.de

direkter Link zur Zertifikatssystematik:

www.kompetenzcampus.de/zertifikatsprogramme

direkter Link zum MBA Sustainable Business Development:

www.kompetenzcampus.de/subd

- [2] Transparenzraster Deutsche Gesellschaft für Wissenschaftliche Weiterbildung und Fernstudien e.V. www.dgwf.net

Die Autorin

Anna Bergstermann ist Leiterin KompetenzCampus für Weiterbildung und Lebenslanges Lernen an der Frankfurt University of Applied Sciences

GASTBEITRÄGE

Besser! Anders! Weniger! **Warum Suffizienz für eine regenerative Wirtschaft entscheidend ist**

Wolfgang Sachs, Wuppertal Institut



Man muss nicht zur See fahren, um den Unterschied zwischen einem Tanker und einem Segelschiff zu erkennen. Der Tanker, ein Ungetüm aus Stahl, erbringt eine gewaltige Transportleistung, ist aber schwer zu manövrieren, nur auf Seestraßen einsetzbar und verbrennt obendrein jede Menge an fossilem Treibstoff. Anders das Segelschiff. Es ist zwar klein, aber leicht und wendig, wird von Sonnenenergie in Form von Wind angetrieben, doch kein Segelschiff ist imstande, in Bezug auf Ladungsgewicht und Geschwindigkeit mit dem Tanker mitzuhalten.

Dreigestirn des Wandels: Effizienz, Konsistenz, Suffizienz

Worum geht es beim Wandel von einer fossilen zu einer regenerativen Wirtschaft? Wie die Segelschiffe ist auch die regenerative Wirtschaft leicht im Material, naturverträglich im Antrieb und in den Stoffen und maßvoll in Leistung und Wirtschaftskraft. Im Gegensatz dazu basiert das fossile Modell auf hohem Materialverbrauch, Überlastung der Biosphäre und maximaler Leistung und Wachstum. Um diese Wende zu einer lebensdienlichen Wirtschaft mit Namen zu versehen, hat sich seit geraumer Zeit das Dreigestirn Effizienz, Konsistenz (Naturverträglichkeit) und Suffizienz eingebürgert.

Was die Effizienz betrifft, so ist Übergewicht jedem Segler ein Graus. Zu viele Kilos kosten Platz und machen das Boot schwerfälliger. Auch in der Wirtschaft ist Dematerialisierung angesagt, überall arbeiten Ingenieure und Designer daran, die Hardware der Gesellschaft ressourceneffizienter zu machen. Schritt für Schritt zeichnet sich bereits eine andere Wirtschaft ab, in der jede Wertschöpfungseinheit einen immer kleineren Fußabdruck auf dem Planeten hinterlässt. Dazu gehören leichte, verbrauchsarme und langlebige Produkte. Energiesparende Elektrogeräte, Passivhäuser, Kreislaufwirtschaft sind Beispiele dafür. Auf jeder Stufe der Produktkette können Verschwendung und Verluste durch effizientes Design und intelligente Organisation vermieden werden.

In Hinblick auf Konsistenz: Am Segelboot finden selbst Landratten faszinierend, wie es der Natur Bewegungsenergie abluchst, ohne sie zu beschädigen oder gar zu plündern. Erneuerbare Energien greifen in natürliche Flüsse wie Wind, Sonne, Wasser oder organisches

Wachstum ein, fangen sie auf, lenken sie und machen sie für den Menschen nutzbar. Windräder, die sich auf dem Land und auf dem Meer drehen, Wärmepumpen, die Wärme aus der Erde oder der Luft ziehen, Photovoltaik auf Hausdächern, an Fassaden wie auf landwirtschaftlichen Flächen sind Manifestationen, wie sich Gesellschaft und Wirtschaft auf den Weg zur Naturverträglichkeit machen.

Was die Suffizienz betrifft, so ist ein Segelboot zwar leicht und naturverträglich, aber im Vergleich zu einem Motorschiff in seiner Leistung begrenzt. Bei aller Eleganz des Designs und aller Naturverträglichkeit kann es weder schwere Lasten transportieren noch zuverlässig hohe Geschwindigkeiten erreichen. Diese Analogie gilt im Prinzip auch für die ökologische Wirtschaftsweise. Effizienz und Naturverträglichkeit reichen nicht aus, Suffizienz muss hinzukommen, um zu einer zukunftsfähigen Wirtschaft zu gelangen.

Doch nach 50 Jahren Umweltpolitik ist klar ersichtlich, dass die Anstrengungen bei Weitem nicht reichen. Die Umweltpolitik gleicht dem sprichwörtlichen Orchester auf der Titanic kurz vor dem Untergang. Die Wende ist nicht umfassend genug, nicht radikal genug, nicht schnell genug. Die Probleme werden immer mehr, die Lösungen kommen nicht nach. Und nicht wenige verpuffen angesichts der Feuerkraft der Lobby der Öl- und Gasindustrie und ihrer Helfershelfer in Politik und Medien. Immerhin haben die Autoren des Weltklimarates im März 2023 kein Blatt vor den Mund genommen, dass die bisherigen Bemühungen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen zum Jahrhundertende hin zu einer um 3,2 °C wärmeren Welt führen werden. Sagen wir, die Menschen haben bei Überschwemmungen im Ahrtal, bei Bränden in Zentralgriechenland und bei Dürren südlich der Sahara einen Vorgeschmack auf das bekommen, was bald Mil-

lionen von Erdenbürgern betreffen wird.

Wie viel ist genug?

Das zivilisatorische Projekt des Dreigestirns besteht darin, die Ressourcen der Industriemoderne mit der Regenerationsfähigkeit der Biosphäre in Einklang zu bringen. Dafür ist es sicherlich unerlässlich, bei der Effizienz und Naturverträglichkeit auf die Tube zu drücken. Ebenfalls – und noch dringender – bei der Politik der Suffizienz. Dabei spielt Suffizienz insofern eine fundamentale Rolle, als eine Effizienz-/Konsistenzstrategie ins Leere läuft, sobald die Einsparungen von der Gütermenge wieder aufgefressen werden.

Effizienz bedeutet, die Dinge richtig zu machen, Suffizienz bedeutet, die richtigen Dinge zu tun.

Denn in der expansiven Moderne dreht sich alles um das olympische Motto: größere Geschwindigkeiten, größere Entfernungen, größere Mengen an Gütern und Dienstleistungen. Suffizienz schwimmt gegen diesen Strom. Sie wird getragen von der sprichwörtlichen Erkenntnis, dass alles seinen Preis hat. So sind die technischen Meisterleistungen der Industriemoderne nur die eine Seite der Medaille, die andere sind Ungleichheit und Naturzerstörung. Daher plädieren die Befürworter der Suffizienz dafür, mit dem Steigerungsimperativ des „Schneller, Weiter, Mehr“ zu brechen. In diesem Sinne hat die Kunst des Unterlassens in der Politik Vorrang, um die Regeneration des Lebens in Natur und Gesellschaft zu ermöglichen.

Selbstverständlich muss man auch von Energiesuffizienz sprechen. Dabei muss man sich

von der populären Unterstellung lösen, die erneuerbaren Energien würden es schon richten, sie seien sogar unendlich verfügbar. Kein Zweifel, der Umstieg auf die Erneuerbaren ist unumgänglich, dennoch lässt sich die Frage nicht unterdrücken, wo und in welchem Umfang? Die Grenzen des Strombedarfes müssen angesichts der Kosten für Material, Fläche und Landschaft diskutiert werden. Denn Windräder und Photovoltaik benötigen Lithium, Nickel, Kobalt, Kupfer, die größtenteils aus dem globalen Süden herbeigeschafft werden müssen, mit den bekannten leidvollen Auswirkungen auf Natur und Gemeinwesen. Hierzulande beanspruchen die Erneuerbaren kostbare Fläche, zerstören das Landschaftsbild und bedeuten für viele Vögel den Tod. Welcher Nutzen rechtfertigt die Unbill von Windrädern und Solarzellen? Der Elektro-SUV, mit dem der wohlhabende Städter herumfährt? Der Stromverbrauch für das Streaming von Filmen zu Hause beim Ex-Kinogänger? Oder: all die Containerschiffe aus China und die Fernlastzüge auf den Autobahnen, die mit grünem Wasserstoff fahren? Allenthalben taucht die alte, allzu oft verdrängte Frage wieder auf: Wie viel ist genug? Was ist genug, wenn man die Weltbevölkerung in Auge hat?

Gewinnbringende Grenzen

Ohnehin sollte niemand davon ausgehen, dass ein Wirtschaftsmodell, das seit fast 200 Jahren auf fossilen Energieträgern basiert, mit erneuerbaren Energien unverändert fortgeführt werden kann. Suffizienz wird in Zukunft als technisches Gestaltungsprinzip gelten. Beispielsweise können Autos von ihren Konstruktionsprinzipien her auf mittlere Geschwindigkeiten ausgelegt werden. Was wäre gewesen, wenn das Pariser Abkommen von 2015 zum Beispiel die Verpflichtung der 20 größten Autohersteller der Welt enthalten hätte, innerhalb von zehn Jahren keine Autos mehr



zu produzieren, die schneller als 120 km/h fahren? Das wäre ein gewaltiger Bonus gewesen, um das 1,5-Grad-Ziel doch noch zu erreichen. Ein kleiner Schritt für die Menschheit, aber ein zu großer für den Kapitalismus. Stattdessen ist der Anteil von SUVs und Geländewagen an den Neuzulassungen seit 2015 kontinuierlich gestiegen, auf aktuell 29 Prozent in Europa. Groß, schwer, hochmotorisiert, SUVs sind Klimakiller, ein Elektro-SUV ist so widersinnig, wie Butter mit einer Kreissäge zu schneiden. Während Verbrennungsmotoren hohe Geschwindigkeiten lange durchhalten, müssen Elektroautos auf Reichweite achten. Sie sind daher ideale Fahrzeuge für mittlere Geschwindigkeiten.

Suffizienz lässt sich auch geografisch verstehen. Zum Beispiel im fundamentalen Sinne: Wie kann man die Hälfte der Erde für wildlebende Pflanzen und Tiere unter Schutz stellen? Das ist die entscheidende Frage für die biologische Vielfalt an Land und im Meer. Und wie viel Fläche ist genug für den Menschen? Ein heikles Thema, denn es berührt die Frage, ob es Grenzen für den Bedarf an Wohnraum und für alle Arten von Büro-, Gewerbe- und Verkehrsflächen gibt. In Deutschland jedenfalls hat die Siedlungs- und Verkehrsfläche von 1992 bis 2020 um rund 20 Prozent zugenommen, die durchschnittliche Wohnfläche von

rund 35 auf 47 Quadratmeter, fast die Hälfte der Gesamtfläche der Bundesrepublik ist versiegelt. Es gilt, mit der vorhandenen Bebauung auszukommen, was zu Verteilungskonflikten zwischen Miet- und Luxuswohnungen, Gewerbe- und Grünflächen, Gemeinschaftsgärten und Leerständen aller Art führt. Die Frage, wie man aus einer begrenzten Fläche mehr machen kann, bewegt schon heute die Geister von Architekten, Bürgern und Behörden rund um die Idee der „Grünen Stadt“.

Auch in der Wirtschaft ist ein Geschäftsmodell des Weniger längst überfällig. Die Kreislaufwirtschaft, wenn sie denn kommt, ist nicht nur eine Frage des ökonomischen Kalküls, sondern auch der Ehre: Mit Ausbeutern, egal ob von Ressourcen oder Arbeitern, arbeitet man nicht zusammen. Beispiel Textilindustrie. Europa importiert nicht weniger als 63 Prozent der Textilien und 70 Prozent der Modeartikel – vor allem aus Bangladesch, China und der Türkei. Während beispielsweise die Baumwolle für ein T-Shirt aus Pakistan stammt, wird sie in der Türkei zu Garn gewebt, in Indien zu Stoff verarbeitet und in Bangladesch genäht, um schließlich auf dem europäischen Markt zu landen. Der übermäßige Einsatz von Pestiziden im Baumwollanbau, die Wasserverschmutzung durch das Färben der Stoffe und die schlechten Arbeitsbedingungen der

Näherinnen sind nur allzu bekannt. Selbst ein hochwertiges Recycling würde den Ressourcenverbrauch nicht absolut senken, da der Konsum stetig zunimmt.

Ressourcen sparen ja, aber um die Erkenntnis kommt man nicht herum: Das umweltfreundlichste Produkt ist das, das man nicht gekauft hat.

Eine lebensdienliche Wirtschaft wird daher ohne einen Schub an Suffizienz nicht zu haben sein. Der Kapitalismus steht vor einer Bewährungsprobe besonderer Art: Nur wenn es ihm gelingt, Wertschöpfung mit abnehmenden Gütermengen zu betreiben, wird er das 21. Jahrhundert überleben.

Schließlich spielt Suffizienz auch eine Rolle in der Landwirtschaft. Es gibt mehrere Gründe, auf eine massive Reduktion der Schlachtviehbestände zu drängen. Zum einen die Futtermittelimporte, die in Südamerika Biodiversität vernichten. Zum anderen, dass Rinder und Schweine klimaschädliche Gase ausstoßen. Übertrendend ist die Tatsache, dass Tiere keine Dinge sind, die sich nach ökonomischer Logik produzieren lassen, sondern empfindungsfähige Lebewesen. So picken Hühner je nach genetischer Veranlagung im Freiland nach Futter, bauen Schweine für ihre Ferkel Nester aus Buschwerk, pflegen Kühe besondere Freundschaftsbande zu ihren Artgenossen. All das ist in der Massentierhaltung kaum möglich. Tiere mögen nicht so intelligent sein wie Menschen, aber sie kennen Angst und Einsamkeit, Leid und Langeweile. Kurz, aber prägnant hat das Yuval Noah Harari, der weltbekannte Historiker der Jetztzeit, so ausgedrückt: „Industrial farming is one of worst crimes in history“. Pflanzliche Ernährung ist auch ein Ausdruck

der Suffizienz, nicht aus Furcht vor einer Ressourcenkrise, sondern aus Verbundenheit mit anderen Lebewesen.

Aber wie steht es mit der Freiheit?

In der Tradition der Aufklärung kann der Mensch seine Freiheit genießen, solange er die Freiheit des anderen nicht verletzt. Räumlich gesehen: Wie weit darf man gehen? Zeitlich gesehen: Wie weit werden künftige Spielräume der Freiheit eingeschränkt? Die Verfassung spricht nicht mehr nur im Präsens, sondern auch im Futur. Wo endet die Freiheit der einen und wo beginnt die Freiheit der anderen? In diesem Sinne ist es der Auftrag der Suffizienz, die Freiheit der Überverbraucher zu bremsen und die der Minderverbraucher zu stärken. Es gilt, die Freiheit der Fußgänger und Fahrradfahrerinnen gegen die der Autobesitzer zu behaupten, die urbane Nähe gegen die Suburbanisierung, die Sozialunternehmerinnen gegen die transnationalen Konzerne, die Genügsamkeit gegen den Lebensstil der Üppigkeit. Vor allem die Freiheit jener zwei Drittel der Weltbevölkerung – und das ist das Herzstück der Suffizienz –, die unter der Naturzerstörung leiden, und nicht die jenes Drittels, das die Naturzerstörung verursacht. Um es mit dem bekannten Zitat von Gandhi zu sagen: „Die Welt hat genug für jedermanns Bedürfnisse, aber nicht für jedermanns Gier“.

Der Autor

Prof. Dr. Wolfgang Sachs war ehemals Forschungsleiter am Wuppertal Institut. Bis 2002 war er Aufsichtsratsvorsitzender von Greenpeace Deutschland und Autor des Weltklimarats.

Suffizienzpolitik konkret – energiesuffizientes Leben möglich machen

Benjamin Best, Leiter der Nachwuchsgruppe Energie-Suffizienz (EnSu) am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

Energiesuffizienz ist notwendig, um den Endenergieverbrauch in Deutschland bis zur Mitte des Jahrhunderts zu halbieren. Eine solche Reduktion ermöglicht die Einhaltung der Klimaziele, die Transformation zu einem zu 100 % erneuerbaren Energiesystem und andere Nachhaltigkeitsziele. Dieser Artikel zeigt, wie Suffizienz jetzt in allen Sektoren umgesetzt werden kann.

Die Diskussion zu Suffizienz findet zunehmend auf den großen politischen Bühnen statt. Sie wird als zentrale Strategie zur Bekämpfung des Klimawandels und anderer sozial-ökologischer Krisen anerkannt. Der IPCC hat im Jahr 2022 erstmals Suffizienz als wichtige Strategie beschrieben.^[1,2] In Deutschland mahnt der Expertenrat für Klimafragen die Bundesregierung, dass sie die Klimaziele verfehlen wird, wenn das Wachstum der Wohnfläche und des PKW-Bestands nicht durch eine Strategie der „Aktivitätsreduktion“ begrenzt wird.^[3] Auf der FVEE-Jahrestagung im Oktober 2023 stellte Prof. Dr. Sarah Gleeson fest, dass metallische Rohstoffe wie Kupfer und Lithium riskante Engpässe für die Energiewende sind. Die Suffizienzstrategie hat ein hohes

Potenzial zur Reduktion solcher Pfadrisiken und zur Beschleunigung der klimaneutralen Transformation.

Viel mehr als eine Konsumstrategie

Damit nennenswerte Verbrauchsreduktionen erreicht werden können, sind disruptive Politikinstrumente notwendig.^[8] Das klassische Instrumentarium aus Informationen und Kampagnen und Preisinstrumenten wird nicht ausreichen, weil externe Kosten nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt werden und Möglichkeiten zur freiwilligen Verbrauchsreduktion begrenzt sind. Kampagnen erzeugen viel Aufwand und haben kaum langfristige Effek-

Die wissenschaftliche Evidenz der letzten Jahre weist darauf hin, dass marktformige und technische Lösungsansätze einer „grünen Modernisierung“ allein nicht ausreichen, um schnell genug auf die ökologische Krise zu reagieren.^[4-6] Einen Lösungsweg mit Suffizienz zeigte „CLEVER“, ein 1,5°C-Szenario der französischen Nichtregierungsorganisation négaWatt, an dem das Wuppertal Institut beteiligt war. In diesem Szenario wurden das „SER-Framework“ („Sufficiency, Efficiency, Renewables“) angewendet und Priorität auf die Bedarfsreduktion gelegt. Dieses EU-Szenario erreicht -50 % Endenergieverbrauch bis zur Mitte des Jahrhunderts, benötigt keine zusätzlichen Kernkraftwerke, keine CCS-Technologien und kaum Energieimporte nach Europa.^[7]

Weitere Informationen: <https://clever-energy-scenario.eu/>

te. Gerechte Suffizienzpolitik setzt dagegen bei den strukturellen Rahmenbedingungen des Handelns an und bezieht sich u. a. auf Infrastrukturen, Steuern, Subventionen und Regulierung.^[9-11] Dem Konsum aller Produkte geht außerdem deren Herstellung voraus, weshalb sich ein Strang der neueren Suffizienzforschung mit der Reduktion physischer Produktion, Vergesellschaftung von Unternehmen und der sozial-ökologischen Konversion von (Industrie-)Produktion befasst.^[12-14]

Die Forschung der letzten Jahre zeigt, dass Suffizienz in Ansätzen bereits in die politische Praxis vordringt.^[15-17] Um die Politikfähigkeit von Suffizienz weiter zu verbessern, baute die Nachwuchsforschungsgruppe Energie-Suffizienz (EnSu) in den letzten drei Jahren eine Suffizienz-Politikdatenbank auf (<https://energysufficiency.de/en/policy-database-en/>). Sie beruht auf einer tiefgreifenden Literaturanalyse: Die Wissenschaftler:innen haben über 350 Suffizienz-Politikinstrumente aus wissenschaftlichen Studien, Politikplänen und Handlungsempfehlungen von Klima-Bürger:innen gesammelt. In der Datenbank sind alle Instrumente entlang einer einheitlichen Typologie der UNFCCC organisiert, welche auch zur Berichterstattung über nationale Klimaschutzmaßnahmen genutzt wird (vgl. Bild, Spezifischen Politikinstrumente).^[18]

In diesem Artikel zeige ich einen tentativen Politik-Mix für Suffizienz in den Sektoren Transport, Bauen/Wohnen, Ernährung/Landwirtschaft und Industrie auf. Er besteht aus übergeordneten Rahmenbedingungen und spezifischen Politikinstrumenten. Übergreifende Rahmenbedingungen sind u. a. mittel- und langfristige Minderungsziele für absolute Ressourcen- und Energieeinsparungen, die in allen Sektoren gleichermaßen eingehalten



Bild: Bausteine eines Suffizienz-Politik-Mix, Auswahl von spezifischen Politikinstrumenten aus der „Sufficiency Policy Database“

werden müssen. Zusammen mit Exnovations-/Ausstiegsplänen für z. B. Verbrennermotoren, fossile Heizungen und Kohleverstromung geben sie Wirtschaft und Gesellschaft eine Orientierung vor. Deutschland braucht eine sektorübergreifende Suffizienzstrategie, analog zu Strategien für Carbon- Management und Wasserstoff-Hochlauf. Im Zuge der Entwicklung jener Suffizienzstrategie sollten Ziele zur Senkung des Verkehrsaufwandes, des Autobesitzes, der Pro-Kopf-Wohnfläche und anderer Indikatoren diskutiert und festgelegt werden. Im Folgenden gehe ich auf beispielhafte Politikinstrumente in den unterschiedlichen Sektoren ein.

Transport

Der Verkehrssektor ist das Klimaschutz-Sorgenkind. In Deutschland wie in allen Europäischen Ländern wurde in den letzten Jahrzehnten verhältnismäßig immer mehr Geld in die Straße gesteckt und Schienen wurden abgebaut.^[19] Der PKW-Bestand und Autobesitz

nehmen immer weiter zu. Alle 10 Jahre kommen acht Millionen Autos zusätzlich auf die deutschen Straßen.^[20] Die Vermeidung von Verkehrsaufwand, z. B. durch die Verlagerung auf Bus, Bahn, Fahrrad- und Fußverkehr, sind Suffizienz. Ohne sie ist eine Verkehrswende nicht machbar.

Eine Verkehrswende ohne Suffizienz ist unmöglich.

Die Infrastruktur für den Umweltverbund, Mobility-on-Demand und Car-Sharing müssen ausgebaut werden. Eine dramatische Erhöhung braucht es auch in den Bereichen ÖPNV (Frequenz und Erreichbarkeit) sowie bei den Gebühren und Steuern für die Anmeldung eines privaten PKW und für das Anwohner:innen-Parken, um das Privat-Auto systematisch zu deattraktivieren. Zu einem Politik-Mix für Suffizienz im Verkehrssektor gehört auch eine Reform der Straßenverkehrsordnung (StVO), damit der „sanften Mobilität“ (dem nicht-motorisierten Verkehr) der Vorrang in der Verkehrsplanung eingeräumt werden kann.

Bauen/Wohnen

Im Bau- und Wohnsektor herrscht sozialer und ökologischer Handlungsdruck, weil kostengünstiger Wohnraum fehlt und der Fachkräftemangel und die aktuell hohen Kreditzinsen die Transformationsgeschwindigkeit im Sektor bremsen. Die Erfolge energetischer Modernisierungen werden zugleich durch die absolute Zunahme der Wohnfläche ausgehebelt. Das Wachstum an Quadratmetern pro Kopf wird unter anderem vom Trend zu kleineren Haushaltsgrößen und dem demographischen Wandel getrieben. Nach dem Auszug von Kindern bleiben Eltern häufig in einem großen Haus bzw. einer großen Wohnung zurück. Zur Lö-

sung der Wohnungsnot muss in Deutschland kein einziges Einfamilienhaus mehr gebaut werden. Es geht nicht darum, Neubau komplett zu verbieten, wohl aber sollte Neubau vor allem in Form von Aufdachgeschossen und Nachverdichtung realisiert werden. Zuvorderst muss der Gebäudebestand ertüchtigt werden. Suffizienz im Wohnbereich heißt unter anderem: professionelle Beratungsangebote für Wohnungstausch, Umzug und die Aufnahme von Untermietern. In wachsenden Regionen kann auch die bauliche Teilung von Einfamilienhäusern einen gewissen Teil des Drucks auf den Wohnungsmarkt abfedern. Es gibt bereits KfW-Fördermittel für Umbau, mit denen auch Wohnflächenteilung gefördert wird – diese Förderlinien firmieren unter dem Stichwort „Barrierereduzierung“. Diese Programme sollten deutschlandweit beworben und von Städten und Gemeinden auch in kommunale Wärmeplanungen und zur energetischen Stadt- und Quartierssanierung integriert werden.

Große Wohnungsunternehmen könnten eine Mindestbelegungsquote im Bestand einführen. Dabei definieren sie die Mindestbelegung beispielsweise so, dass die Haushaltsgröße zu keinem Zeitpunkt unter die Zimmerzahl +1 fallen darf. In einer 4-Zimmer-Wohnung müsste demgemäß stets ein 3-Personen-Haushalt leben. Unterschreitet der Haushalt diese Grenze, muss ein:e neue:r Mitbewohner:in gefunden werden oder es steht ein Umzug in eine kleinere Wohnung an. Sozialverträglich wird eine solche mietvertragliche Regelung dadurch, dass z. B. Übergangsfristen, Mitnahmerecht des Mietzinses und lebenslanges Wohnrecht vereinbart werden.

Ernährung/Landwirtschaft

Aus Klimaschutz- und Gesundheitsperspek-





tive sind Trends wie pflanzenbasierte Ernährungsstile und Biolandbau sehr zu begrüßen. Es braucht eine Beschleunigung und Unterstützung dieser Trends durch die Politik. Eine Mehrwertsteuersenkung auf pflanzliche Grundnahrungsmittel, z. B. auf 0 % auf Margarine und Haferdrinks, kann dabei zugleich die Portemonnaies der Bürger:innen entlasten. In der öffentlichen Versorgung/Kantinen sollte mehr pflanzenbasierte Kost angeboten werden. Dies kann Widerstände auslösen. Dabei ist vegane und vegetarische Kost kein Verzicht – außer vielleicht auf viele Krankheiten, die mit übermäßigem Fleischkonsum einhergehen, z. B. Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, chronische Entzündungen und Rheuma.

Der Mensch dominiert den Planeten in erschreckender Weise: 94 % der Säugetier-Biomasse auf der Erde bestehen aus Menschen und dessen Nutztieren, vor allem Schweinen und Rindern.^[21] Ein Suffizienz-Policy-Mix adressiert daher nicht bloß das Ernährungsverhalten, sondern auch die Herstellung. Eine gemeinschaftsgetragene regionale und klimaschonende Ernährungswirtschaft wäre das Ziel einer „Wirtschaftsförderung 4.0.“^[22] Zukunftsfähige Unternehmensmodelle wie die Community Supported Agriculture (CSA) und Selbsternteprojekte würden Lebensmittelabfälle reduzieren und die saisonale (Un-)Verfügbarkeit von Lebensmitteln akzeptie-

ren. Darüber hinaus sollte für alle Höfe eine flächenbezogene Grenze für die Viehhaltung eingeführt werden, z. B. eine Obergrenze von 1–1,5 Großvieheinheiten pro Hektar.

Industrie

Die industrielle Kreislaufwirtschaft ist undenkbar ohne Suffizienz. Fünf der neun Circular-Economy-Strategien, der sogenannten R-Strategien, sind praktisch Suffizienz bzw. haben Suffizienzanteile – „Refuse“, „Rethink“, „Reduce“, „Reuse“ und „Repair“^[23]. Die effektivste Möglichkeit zur Vermeidung von Rohstoffaufwand ist es, Produkte überflüssig zu machen und deren Nutzung zu senken. Wissenschaft und Nichtregierungsorganisationen weisen außerdem darauf hin, wie wichtig der Abbau klimaschädlicher Subventionen ist, z. B. der steuerlichen Vergünstigung der stofflichen Nutzung fossiler Energieträger, des Baukindergeldes oder der Entfernungspauschale. Werbeverbote für klimaschädliche Produkte wie SUV und Kreuzfahrten sowie Steuern auf schwer rezyklierbare Produkte können Energieverbrauch und Ressourcenbedarf ebenfalls senken.

Positive Anreize sind ebenso wichtig, etwa eine Wirtschaftsförderung, die soziales Unternehmertum priorisiert, und die Förderung von kommunalen Re-Use- und Reparatur-Zentren.

Auch der Jahreswirtschaftsbericht wird seit Beginn der Ampel-Regierung um heterogene Messkriterien erweitert. Diese Initiative ist ungemein wichtig, damit die Wirtschaftspolitik sich Stück für Stück vom BIP als Proxy für gesellschaftliche Wohlfahrt löst.

Kommunikationsstrategien

Suffizienz ist eine Herausforderung sowohl für die politische Kommunikation als auch für die Wissenschaftskommunikation. Es mangelt im Deutschen an einem allgemeinverständlichen Synonym für Suffizienz. Anders in Frankreich, wo sich jüngst „sobriété énergétique“ etabliert hat. Auch in Österreich haben Ministerien Suffizienzmaßnahmen in ihre offiziellen Pläne aufgenommen – sie verzichteten dabei jedoch vollständig auf den Begriff Suffizienz.^[15] Obwohl sie der gemeinsame Nenner von so unterschiedlichen Politikmaßnahmen wie Verkehrsberuhigungen und Abrissmoratorien ist, muss Suffizienz als Sammelbegriff nicht benutzt werden. Sektoral kann sie mit unterschiedlichen Worten benannt werden, auch weil gängige Transformationskonzepte wie die Verkehrswende und die Kreislaufwirtschaft per Definition nicht ohne Suffizienz auskommen. Abhängig vom Kontext können wissenschaftlich-technische Begriffe wie „Verkehrsvermeidung“, „demand-side solutions“ oder „Aktivitätsreduktion“ als Synonyme genutzt werden.

Die politische Kommunikation könnte der Versuchung erliegen, Suffizienz primär als individuelle Verhaltensänderung zu verstehen. Wenn man alles, was sich in der Suffizienztheorie auf politische Rahmenbedingungen und die Produktionsseite bezieht (siehe oben), vor die Klammer zieht, landet man bei einer extrem verkürzten Suffizienz. Sparsamkeit ist aber nur in der Krise massentauglich und

in Normalzeiten ist Individualsuffizienz praktisch nur für das kleine Milieu der postmaterialistischen Öko-Avantgarde attraktiv. Für die absolute Senkung des Ressourcen- und Energieverbrauchs in kurzer Zeit muss daher „all-in“ gegangen werden. Suffizienzpolitik ist wie ein großes Puzzle. Es zusammensetzen, erfordert Geduld und genaues Hinsehen, aber Stück für Stück ergibt es ein Gesamtbild.

Quellen

- [1] IPCC. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change - Summary for Policymakers (2022).
- [2] IPCC. Figure SPM.6: Indicative potential of demand-side mitigation options by 2050. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/figures/summary-for-policymakers/figure-spm-6/> (2022).
- [3] ERK. Zweijahresgutachten 2022: Gutachten zu bisherigen Entwicklungen der Treibhausgasemissionen, Trends der Jahresemissionsmengen und Wirksamkeit von Maßnahmen (gemäß § 12 Abs. 4 Bundes-Klimaschutzgesetz) (2022).
- [4] Hickel, J. & Kallis, G. Is Green Growth Possible? *New Political Economy* 25, 469–486 (2019).
- [5] Wiedmann, T., Lenzen, M., Keyßer, L. T. & Steinberger, J. K. Scientists' warning on affluence. *Nature Communications* 11, 1–10 (2020).
- [6] Vogel, J. & Hickel, J. Is green growth happening? An empirical analysis of achieved versus Paris-compliant CO₂-GDP decoupling in high-income countries. *The Lancet Planetary Health* 7, e759–e769 (2023).
- [7] négaWatt Association. CLEVER Executive summary - Climate neutrality, Energy security and Sustainability: A pathway to bridge the gap through Sufficiency, Efficiency and Renewables. <https://clever-energy-scenario.eu/clever-final-report-exec-summary/> (2023).
- [8] Eyre, N., Barrett, J., Bobrova, Y., Nolden, C. & Rosenow, J. New times, new policies? Policies to change energy use in the context of zero carbon. *Proceedings of the ECEEE 2022 Summer Study on Energy Efficiency, European Council for an Energy Efficient Economy* (2022).
- [9] Schneidewind, U. & Zahrnt, A. Damit gutes Leben einfacher wird: Perspektiven einer Suffizienzpolitik (2013).
- [10] Best, B. et al. Building a database for energy sufficiency policies [version 2; peer review: 2 approved]. *F1000Research* 11 (2022).
- [11] Suski, P., Palzkill, A. & Speck, M. Sufficiency in social practices: an underestimated potential for the transformation to a circular economy (2023). doi:10.3389/frsus.2022.1008165.
- [12] Spangenberg, J. H. Only Radical is Realistic Now - International Carbon Rationing in a Climate Emergency (2022).
- [13] Bärnthaler, R. & Gough, I. Provisioning for sufficiency: envisaging production corridors. *Sustainability: Science, Practice and Policy* 19 (2023).
- [14] Lage, J. & Best, B. Suffizienz und Vergesellschaftung: Eine transformative Verbindung in Vergesellschaftung und die sozial-ökologische Frage: Wie wir unsere Gesellschaft gerechter, zukunftsfähiger und resilienter machen können (ed. Pfaff, T.) (2024).
- [15] Zell-Ziegler, C. et al. Enough? The role of sufficiency in European energy and climate plans. *Energy Policy* 157, 112483 (2021).
- [16] Best, B. Kurzanalyse: Suffizienzansätze in der nationalen Energie- und Klimapolitik in Deutschland (2022).

- [17] Lage, J. et al. Citizens call for sufficiency and regulation – A comparison of European citizen assemblies and National Energy and Climate Plans. *Energy Research & Social Science* 104, 1–14 (2023).
- [18] UNFCCC. Review of the implementation of commitments and of other provisions of the Convention. UNFCCC guidelines on reporting and review. unfccc.int/resource/docs/cop5/07.pdf (2000).
- [19] Rudolph, F., Riach, N. & Kees, J. Development of Transport Infrastructure in Europe: Exploring the shrinking and expansion of railways, motorways and airports (2023).
- [20] Kraftfahrt-Bundesamt. Bestand. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/bestand_node.html (2022).
- [21] Greenspoon, L. et al. The global biomass of wild mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 120, e2204892120 (2023).
- [22] Kopatz, M. Wirtschaftsförderung 4.0: kooperative Wirtschaftsformen in Kommunen. *Politische Ökologie* 142, 104–110 (2015).
- [23] DIN. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Modell der R-Strategien - Normenrecherche Circular Economy. <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/circular-economy/normenrecherche/modell-der-r-strategien> (2023).

Der Autor

Benjamin Best war bis März 2024 Senior Researcher am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie und leitet die Forschungsgruppe „EnSu – Die Rolle von Energiesuffizienz in Energiewende und Gesellschaft“. Ab 1. März 2024 arbeitet er als Klimaschutzkoordinator für die Stadt Bonn.

Argentinien und der Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft

Fernando Brun, Botschaft der Argentinischen Republik in Deutschland,
in Zusammenarbeit mit Tomás Zothner Meyer

Durch den Übergang zu einer sauberen Wirtschaft positioniert sich Argentinien als wichtiger Akteur in der neuen Wasserstoffwirtschaft durch die Bildung strategischer Allianzen, die die Entwicklung von Wissenschaft und Technologie auf der Grundlage der Nachhaltigkeit als zukünftigem Pfeiler fördern.

Der Übergang zu einer sauberen Wirtschaft ist eine politische Entscheidung, die unweigerlich bestimmen wird, ob das argentinische Produktionsgefüge zu den Akteuren einer neuen nachhaltigen und widerstandsfähigen internationalen Wirtschaft gehören wird oder zu denen, auf denen die Kosten für die Aufrechterhaltung einer industriellen Matrix des 19. Jahrhunderts schwer lasten werden.

Die Energiewende und die Umstellung der Produktion auf ein System mit Null-Netto-Emissionen ist mehr als nur ein Wunschtraum; sie ist eine reale Situation, an die sich die Produktionsprozesse auf internationaler Ebene rasch anpassen werden und neue Standards für die Wettbewerbsfähigkeit schaffen, die neue Handels- und Investitionsströme prägen werden.

Die Polykrise und der „Great Reset“

Fünzig Jahre nach dem Ölschock steht die Welt erneut vor einem Moment geopolitischer Spannungen und Unsicherheit im Energiesektor. Es gibt Parallelen zwischen damals und heute, wobei die Öl- und Gasversorgung inmitten eines neuen Konflikts im Mittelpunkt steht, aber auch bedeutende Unterschiede und Chancen gegeben sind, die Katalysatoren für systemische Veränderungen in der Weltwirtschaft sein können.

Die systemischen Veränderungen im gegenwärtigen Kontext haben eindeutig einen multidimensionalen Charakter. Neben der durch die Unterbrechung der russischen Lieferungen verursachten Erdgaskrise, die sich auf die Energiekosten auf globaler Ebene auswirkt, gibt es eine akute Klimakrise, die alle Gesellschaften auf dem Planeten gleichermaßen betrifft, mit zunehmend sichtbaren und alarmierenden Auswirkungen auf die globa-

le Ernährungssicherheit. Pandemische und geopolitische Spannungen reichen bis in die Gegenwart und wirken sich auf die Fragmentierung, Verkürzung und Unterbrechung von Wertschöpfungsketten aus.

Die zunehmenden Schwierigkeiten, die sich zu Polykrisen entwickelt haben, erfordern ein breites und diversifiziertes Spektrum an Lösungen, bei denen die Dekarbonisierung der Industrie und die Umstellung auf saubere Energien zu strategischen Zielen kollektiver Natur werden.

Energie-Trilemma als Auslöser für eine neue Wirtschaft

Das auf dem Streben nach „Nachhaltigkeit, Erschwinglichkeit und Sicherheit“ basierende Trilemma, das das Energieparadigma der letzten 200 Jahre bestimmte, hat sich erschöpft; und der technologische Fortschritt, die Bedrohung durch den Klimawandel und die Bereitschaft zur Transformation lösen eine internationale Metamorphose der Vektoren für die Förderung einer nachhaltigen Wirtschaft aus.

Wenn die Krise der 1970er Jahre ein wichtiger Katalysator für Veränderungen war, der die Anstrengungen zur Steigerung der Effizienz und der Energietechnologie vorantrieb, die im Laufe der Jahre durch die Entwicklung der erneuerbaren Energien und die Einbeziehung neuer Erzeugungsquellen verstärkt und ausgeweitet wurden, so zeigt sich doch, dass die Vision darin bestand, mit einem Ausbau der traditionellen Erzeugungskapazitäten fortzufahren, ohne eine Veränderung der Matrix zu bewirken. Seit der ersten industriellen Revolution hat die Zivilisation weitere Erzeugungsquellen hinzugefügt, aber sie hat eine dicht karbonisierte Matrix nicht verändert. Diese verändert sich aber.

Die Auswirkungen der Photovoltaik- und Windenergieerzeugung auf das Verteilungsnetz in den letzten Jahren, die dezentralen Systeme zur Erzeugung erneuerbarer Energien in Gebieten, die nicht an das Netz angeschlossen sind, die Einbeziehung sauberer Energie in die Produktionsprozesse und schließlich die Auswirkungen der Elektromobilität auf unser tägliches Leben sorgen für einen Aufschwung und eine neue Dynamik. Die Produktion in großem Maßstab, das Risiko und das Engagement des Privatsektors für die Dekarbonisierung bilden Pfeiler und neue Geschäftsmöglichkeiten.

Die Investitionen in saubere Energie sind seit 2020 um 40 % gestiegen. Zum Vergleich: Pro Tag werden 1 Mrd. USD für den Ausbau der Solarenergie ausgegeben, wobei in diesem Jahr voraussichtlich mehr als 500 GW an Erzeugungskapazität hinzukommen werden, was einen neuen Rekord darstellt (World Energy Outlook 2023 – International Energy Agency). Der marginale Anstieg der Projekte und Investitionen hat eine symbiotische Dynamik für die Entwicklung neuer Technologien ausgelöst, die die Produktion steigern und die Kosten senken kann. Die OECD schätzt, dass die Kosten für die Erzeugung erneuerbarer Energien dank der steigenden Nachfrage um 30 % sinken werden. Der Anstieg von Angebot und Nachfrage war kein Zufall, sondern ist das Ergebnis politischer Visionen und Entscheidungen. Meilensteine im multilateralen System wie das Pariser Abkommen von 2015 trugen als internationale Antwort auf die Notwendigkeit von Maßnahmen dazu bei. Nationale Verpflichtungen für Netto-Null-Emissionen decken mehr als 85 % der globalen energiebezogenen Emissionen und fast 90 % des globalen Bruttosozialprodukts ab.

Die Energieversorgungssicherheit spielt eine ebenso wichtige Rolle als Triebkraft, insbeson-

dere in Ländern, die Brennstoffe importieren, sowie bei deren Bestreben, ihre Lieferanten und Quellen zu diversifizieren, und ebenso die Möglichkeit, neue Arbeitsplätze im Sektor der sauberen Energie zu schaffen. Auf geopolitischer Ebene impliziert die transformative Dynamik der sauberen Energie die Positionierung neuer Akteure auf einem Markt, der mit dem Produktionsoligopol der fossilen Brennstoffe verbunden ist. Es geht um die Schaffung einer neuen Wertschöpfungskette im Zusammenhang mit kohlenstoffarmer Energie mit neuen Versorgungszentren für saubere Brennstoffe und neuen internationalen Handelswegen. Dies ist eine Chance für Länder wie Argentinien, die über ein enormes Potenzial verfügen, um sich unter den neuen Akteuren in dieser Wertschöpfungskette zu positionieren.

Wasserstoff ist die gegenwärtige Energie der Zukunft

Die wichtigsten internationalen Akteure haben den Weg zur Dekarbonisierung der Industrie, die derzeit für die höchsten CO₂-Emissionen verantwortlich ist, identifiziert, und kohlenstoffarmer Wasserstoff – und kein anderer – ist der Vektor dafür.

Wasserstoff, der in drei Vierteln des Universums vorkommt, wird durch die Elektrolyse von Wasser aus erneuerbaren Energiequellen wie Sonnen- oder Windenergie in eine Energiequelle umgewandelt. Bei diesem Prozess wird der Wasserstoff mithilfe von Elektrizität vom Sauerstoff im Wasser getrennt. Der dabei entstehende Wasserstoff wird zu sauberer Energie, die in industriellen Prozessen mit hohem Energiebedarf, z. B. in der Stahl-, Bergbau-, Chemie- oder Lebensmittelindustrie, genutzt werden kann.

Verschiedene Studien schätzen den Einsatz von kohlenstoffarmem Wasserstoff bis 2050 auf 10 % bis 30 % des Gesamtenergieverbrauchs (Weltbank, Weltenergieat, IEA). Der Anreiz für das Produktionsangebot wächst exponentiell: Die bisher angekündigten Projekte haben im Vergleich zum Vorjahr um 50 % zugenommen (H₂-Bericht 2023 – IEA), wobei Anreize durch politische Gestaltung und Finanzierungssysteme in den Industrieländern geschaffen wurden, wie z. B. die Steuergutschrift für die Wasserstoffproduktion in den USA, die europäischen Projekte von gemeinsamem Interesse der Europäischen Union und das kohlenstoffarme Wasserstoff-Geschäftsmodell des Vereinigten Königreichs – in mehreren Fällen ergänzt durch die Rückführung von EU-Mitteln in die Europäische Union (IEA, Weltbank, Weltenergieat, IEA).

Und wie sieht es bei uns aus?

Trotz der großen finanziellen und budgetären Unterschiede zu den Industrieländern ist die Produktion von kohlenstoffarmem Wasserstoff eine Realität, die bereits in den Geschäftsplänen argentinischer Unternehmen mit einer Erfolgsbilanz und einer Vision für die Zukunft enthalten ist. Dies ist der Fall bei YPF, Compañía General de Combustibles oder CAPSA-CAPEX, deren bahnbrechende Vision im Jahr 2010 durch das Pilotprojekt HyChico in der Provinz Chubut verkörpert wurde, ein Beispiel für die Realität der kohlenstoffarmen Wasserstoffproduktion und für die nachhaltige Arbeit der letzten 13 Jahre bei der Produktion von 2,7 Millionen Kubikmetern Wasserstoff und den Fortschritten bei der Speicherung und der Werkstofftechnik, die kürzlich bei einem Besuch deutscher Experten in Argentinien gewürdigt wurden.

An den Wasserstoffentwicklungsprojekten in Argentinien sind internationale Unternehmen

wie Siemens, Nordex, RP Global oder MMEX und nationale private Akteure wie CGC, das in Europa Projekte für grünen Wasserstoff anführt, oder CAPSA mit dem Tango-Projekt in Chile beteiligt, das zeigt, wozu Privatinitiativen fähig sind, wenn sie über einen ordnungspolitischen Rahmen zur Förderung verfügen.

Das Gesetz zur Förderung von Wasserstoff aus dem Jahr 2006 und das 2016 verabschiedete Gesetz für erneuerbare Energien – beide mit parteiübergreifender Unterstützung – legten den Grundstein für Wasserstoffpiloten und die Entwicklung eines Energiesystems, das heute 18 % der Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen der neuen Generation erreicht, was auf mehr als 30 % ansteigt, wenn wir die Wasserkraft aus unseren Staudämmen einbeziehen. Das Ziel, bis zum Ende des Jahrzehnts 30 % der Stromerzeugung ausschließlich aus Sonnen- und Windenergie zu gewinnen, ist Teil des Nationalen Plans für die Energiewende 2030, der durch die kürzlich angekündigte Nationale Strategie für die Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft integriert und ergänzt wird. Mit der definierten Strategie und dem Entwurf eines Gesetzes über die Wasserstoffwirtschaft, das durch die Dynamik der Gesetzgebung und die Zusammenarbeit mit dem Privatsektor noch verbessert werden kann, sollen die Grundlagen für die Verwirklichung eines klaren Ziels geschaffen werden:

Argentinien soll sich als Hauptakteur in der neuen Wasserstoffwirtschaft positionieren.

Das von Y-Tec ins Leben gerufene H₂ar-Konsortium ist ein Meilenstein auf diesem Weg. Es schafft einen Raum der Zusammenarbeit, in dem mehr als 55 Unternehmen – viele



davon international – und staatliche Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen an der Förderung der Wasserstoffwirtschaft in Argentinien arbeiten, einem Sektor, der die Schaffung von mehr als 50.000 Arbeitsplätzen mit hoher Wertschöpfung verspricht und jährliche Einnahmen von bis zu 15.000 Millionen Dollar erwarten lässt. Für Argentinien ist das Wachstum durch die Entwicklung neuer Sektoren der Schlüssel, um die Schuldenlast hinter sich zu lassen.

Strategische Allianzen und die Rolle der internationalen Finanzierung

Internationale Partnerschaften sind der Schlüssel für die Erschließung dieses neuen Marktes. Im Falle unseres Landes sind Alternativen erforderlich, um die Finanzierungslücke zu schließen, die die Verwirklichung des Potenzials der Wasserstoffwirtschaft einschränkt. Die Antwort kann in der Bildung strategischer Allianzen mit internationalen Partnern liegen. In den letzten Monaten hat

sich eine noch nie da gewesene bilaterale Dynamik zwischen Argentinien und Deutschland entwickelt, in deren Rahmen die deutsche Regierung neue konkrete Finanzinstrumente zur Unterstützung internationaler Projekte vorgestellt hat. Die im Rahmen dieser Dynamik unternommenen Anstrengungen haben dazu geführt, dass Argentinien von Deutschland als eines der Länder identifiziert wurde, die für Investitionen der neuen Generation in strategischen Sektoren in Frage kommen.

Es ist die Anerkennung einer bevorzugten Partnerschaft, die durch eine mehr als 110-jährige Geschichte der argentinischen Wirtschaft belegt ist, die durch eine Politik der Diversifizierung des Ursprungs in kritischen Sektoren gestärkt wird und die heute in den Ressourcen und Fähigkeiten unseres Landes einen neuen Anreiz für die Schaffung neuer Wertschöpfungsketten findet. Nicht minder wichtig ist die Aktualisierung der Nationalen Wasserstoffstrategie Deutschlands, die im Juni 2020 gestartet und im Juli 2023 aktualisiert wurde und die den Import von 80 % des Wasserstoff-

bedarfs für die industrielle Dekarbonisierung sowie die Entwicklung von Instrumenten zur Unterstützung der Entwicklung dieses neuen Marktes vorsieht, um die Wettbewerbsfähigkeit seiner industriellen Matrix zu gewährleisten. Diese maßgeschneiderten Lösungen sind das Ergebnis des festen Engagements und des politischen Willens beider Parteien, was sich in konstruktiven und konvergierenden Positionen auf der internationalen Bühne zeigt. Auf diese Weise wird die bilaterale Arbeit in internationalen Foren wie den G7, den G20 und der COP28 vorgestellt, in denen die Notwendigkeit einer Neuordnung der für die globale industrielle Dekarbonisierung der Produktionsstrukturen bestimmten Mittel unabhängig von ihrem Einkommensniveau diskutiert wird. In diesem Zusammenhang kommt den multilateralen Entwicklungsbanken eine entscheidende Rolle zu, da sie an der Mobilisierung von Mitteln und Investitionen beteiligt sind, die einen Multiplikatoreffekt auslösen und Investitionen und Kapitalströme aus dem Privatsektor anziehen.

Es geht darum, den viel beschworenen „Umwelt-Gläubiger“-Charakter unseres Landes zu überwinden, ihn in eine geopolitische Positionierung zu übertragen, die es uns ermöglicht, eine regionale Führungsrolle in Umweltfragen zu übernehmen, uns durch unser Engagement für die Entwicklung einer nachhaltigen Wirtschaft zu differenzieren und aktiv unter den „Regelmachern“ an der Gestaltung der Klima-Finanzarchitektur mitzuwirken, der Achse der während des deutschen G7-Vorsitzes ins Leben gerufenen Initiative zur industriellen Dekarbonisierung, die als „Klima-Club“ bekannt ist und bei der Argentinien zu den Ländern gehört, die an der Ausarbeitung der Terms of Reference beteiligt sind.

Die argentinische Strategie für internationale Klimafinanzierung ist klar:

Während der öffentliche und private Sektor einen Teil dazu beitragen wird, ist die internationale Finanzierung von Klimamaßnahmen für die Erreichung dieser Ziele unerlässlich.

In dieser Hinsicht klafft immer noch eine Lücke zwischen den verfügbaren und den benötigten Ressourcen, um die im Pariser Abkommen festgelegten globalen Klimaschutz- und

Anpassungsziele zu erreichen. Es wird von entscheidender Bedeutung sein, neue Finanzierungsmechanismen zu entwickeln, die die wachsende physische und finanzielle Anfälligkeit von Ländern berücksichtigen, die wie Argentinien nur für einen minimalen Teil der historischen Treibhausgasemissionen verantwortlich sind. Die ENFCI bietet einen Rahmen für die Beschleunigung, Ausweitung und qualitative Verbesserung der Klimafinanzierung durch internationale Kreditinstitute (ICOs), um ein widerstandsfähiges, kohlenstoffarmes Entwicklungsmodell und einen gerechten, inklusiven und souveränen Übergang zu fördern, der die Bemühungen um die Beseitigung der Armut und die Erreichung anderer nachhaltiger Entwicklungsziele unterstützt.



Argentinien ist reich an Seen und Flüssen.

Vor einem halben Jahrhundert gab der Ölschock den Anstoß für die Entwicklung neuer Technologien für die Energiewende. Heute muss sich die Diskussion um die Finanzierungsmöglichkeiten für Länder mit Produktionspotenzial drehen, um das höhere Niveau der sauberen Energieerzeugung zu erreichen, das zur Bekämpfung des Klimawandels zweifellos erforderlich ist. Die Multilaterale Entwicklungsbank wird dabei eine wichtige Rolle spielen. Dies gilt nicht nur für die Weltbankgruppe oder die Interamerikanische Entwicklungsbank, sondern auch für die Europäische Investitionsbank und die Asiatische Investitionsbank für Infrastruktur. Die strategische Vision der CAF-Entwicklungsbank Lateinamerikas, sich als „Grüne Bank Lateinamerikas“ zu positionieren, verdient besondere Aufmerksamkeit, da mehr als 40 % ihrer verfügbaren Mittel in grüne Infrastruktur und Projekte fließen. Es ist notwendig, das Investitions- und Finanzierungsvolumen zu erhöhen, um die Null-Emissionsziele rechtzeitig zu erreichen.

Der Übergang von Wasser zu Wasserstoff; das Dilemma der neuen Entwicklung Argentiniens

Der Übergang von Wasser zu Wasserstoff zur Energiegewinnung symbolisiert den grundlegenden Wandel, den wir vollziehen müssen. Dieser Prozess basiert auf einem Wandel, der untrennbar mit der Entwicklung von Wissenschaft, Technologie und Innovation verbunden ist, nicht mit der Gewinnung. Ebenso muss unsere Zukunft als Nation von einem Prozess der qualitativen Umstellung geleitet werden, der die Dynamik umkehrt, die den Trend zur Exportprimarisierung verstärkt, der unsere Produktions- und Exportmatrix betrifft und die Beteiligung der argentinischen Arbeit am internationalen Markt beeinträchtigt. Die Energiewende bietet eine noch nie da gewese-

sene Chance. Das Potenzial kritischer Mineralien wie Lithium und Kupfer, Wasserstoff, erneuerbare und Übergangsenergien, wissensbasierte Dienstleistungen, unsere innovativen Cluster und Start-up-Ökosysteme bilden eine solide Plattform für die Diversifizierung unseres Produktionsmodells und unserer Produktionsmatrix, indem sie unsere Ressourcen aufwerten und das enorme Potenzial vom Norden bis zum Süden unseres Landes nutzen. Dies ist der Weg zur Konsolidierung eines neuen, nachhaltigeren, integrativeren und föderaleren Entwicklungsparadigmas.

Unsere Aufgabe ist es, die notwendigen produktiven Verbindungen herzustellen, indem wir unsere etablierten Sektoren mit den aufstrebenden Sektoren integrieren und uns in neue, zukunftsweisende Wertschöpfungsketten einfügen, um Maßnahmen und Ergebnisse zu vervielfachen. Wenn wir diese Herausforderung erfolgreich meistern, können wir als führende Unternehmen in den Bereichen Energie, Bergbau, Lebensmittelsicherheit und nachhaltige Industrie 4.0 unseren Platz am Tisch der Gestalter einer neuen globalen Wirtschaft einnehmen.

Die Energiewende und der produktive Wandel hin zu einem System mit Netto-Null-Emissionen ist mehr als nur ein Wunschtraum, sondern eine reale Situation, an die sich die Produktionsprozesse auf internationaler Ebene rasch anpassen und neue Standards für die Wettbewerbsfähigkeit schaffen, die neue Handels- und Investitionsströme prägen werden. Ein auf Nachhaltigkeit beruhender Wohlstand wird ein Grundpfeiler für die Zukunft Argentiniens sein – und darauf hinzuwirken, ist unsere Verpflichtung.

Der Autor

Fernando Brun ist argentinischer Botschafter in Berlin. Er war unter anderem maßgeblich an der Entwicklung der argentinischen Nationalen Strategie für Wasserstoff beteiligt.



Die Ära der Anpassung

Philipp Staab, Humboldt-Universität zu Berlin

In der Moderne dominierte der Glaube, die Welt ließe sich gestalten und der Fortschritt Sorge quasi automatisch für ein besseres Morgen. Erderwärmung, Wachstumskrise und subjektive Überlastungen haben diesen Optimismus erschüttert. Heute geht es in erster Linie darum, die Katastrophe abzuschwächen. Und selbst wenn dies gelingen sollte, werden wir mit dem Wandel umgehen müssen. Fragen der Selbsterhaltung überlagern dann jene der individuellen und kollektiven Selbstentfaltung. Anpassung wird zum Leitmotiv der Gesellschaft.

Die Ampelregierung hat sich öffentlichkeitswirksam als Koalition für den Fortschritt entworfen. Progressive Politik, also die aktive Verbesserung der Zukunft, war ihr Versprechen. Als sich die neue Regierung im Dezember 2021 zusammenfand, hätte man freilich schon ahnen können, dass sie es mit Herausforderungen zu tun haben würde, die sich der Erzählung des Fortschritts nur schwer fügen würden. Mehrere Dürresommer und Naturkatastrophen und zwei Jahre Pandemie hatten bereits vorgezeichnet, womit man es im Zuge des Ukrainekrieges und im Kontext des

fortschreitenden Klimawandels zu tun haben würde: einer Politik der Stabilisierung und des Reagierens, einer Politik der Anpassung.

Anpassung ist in der Tat das Schlüsselwort zu einem Verständnis nicht nur der Politik der letzten Jahre, sondern der Richtung gesellschaftlicher Entwicklung im 21. Jahrhundert überhaupt. Insbesondere der Klimawandel erfordert eine Transformation moderner Gesellschaften, deren Ausmaß wir uns noch nicht einmal richtig vorstellen können. Führende Klimaökonominnen gehen etwa davon aus, dass über das

gesamte Jahrhundert hinweg jährlich 3 Prozent des Weltsozialprodukts alleine für das globale Kohlenstoffmanagement aufgebracht werden müssen, um das Erdklima zu stabilisieren und anschließend in die Nähe vorindustrieller Werte zurückzuführen. Dass Länder wie Tansania oder Kambodscha, die wenig zum Klimawandel beigetragen haben, hierbei nicht die gleichen anteiligen Lasten wie etablierte Industrieländer, also die Verursacher, tragen werden, steht zu erwarten. Die Belastungen hierzulande werden also weit jenseits der erwarteten 3 Prozent liegen. Das Aufräumen

nach Fluten und Bränden oder der klimaneutrale Umbau der Wirtschaft bis 2045, wie ihn Olaf Scholz zuletzt versprach, kommen hinzu.

All diese Maßnahmen wären richtig und notwendig. Ob sie mittelfristig in einer Erzählung des Fortschritts unterzubringen sein werden, darf man allerdings bezweifeln. Nicht nur erwirft die Anpassung an den Klimawandel eben gerade keine neue Gesellschaft, die sich in der Lebenswelt der Bürger deutlich von jener der Gegenwart unterscheiden würde: Wenn das Auto elektrisch fährt, der Stahl mit grünem Wasserstoff produziert wird und die Wärme aus der Pumpe statt der Gasheizung kommt, ist ja gerade nichts wirklich Neues entstanden.

Das Versprechen der technologischen Umstellungen lautet vielmehr: Stabilisierung durch Anpassung.

Hinzu kommt, dass all dies natürlich nicht ohne massive soziale Konflikte vorstattengehen wird. Von ihrer Wut vollkommen überrollte Autofahrer, die sich zwar längst an regelmäßige Staus gewöhnt haben, aber die Kontrolle über sich verlieren, wenn einmal eine Klimakleberin als personalisierte Schuldzuweisung dafür verantwortlich ist, geben einen Vorgeschmack auf die Affekte, die im Zusammenhang der adaptiven Transformation zu erwarten sind.

Dabei sollte man sich nicht täuschen: Anpassung wäre nicht das Leitmotiv der nächsten Gesellschaft, wenn sie nicht alternativlos wäre. Sofern nicht vollkommen unerwartet eine wundersame Technologie vom Himmel fällt, die es möglich machte, die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre mit geringem Aufwand zu kontrollieren, stehen wir in

der Tat vor reaktiven Transformationen dramatischen Ausmaßes. Wir haben allerdings durchaus noch die Wahl, wie diese Anpassungen aussehen werden. Während die Verdrängung von Adaptionsbedarfen (kein Tempolimit, E-Fuels usw.) langfristig katastrophischen Krisen Vorschub leisten dürfte, weisen die anderen beiden Varianten der Anpassung, die einstweilen dominante ökologische Modernisierung und die tiefe Adaption mit eigenen Problemen, aber auch Chancen auf.

Die ökologische Modernisierung, die etwa die Bundesregierung anstrebt, hat zum einen eine soziale und politische Schlagseite, die auch die besten sozialen Abfederungen wohl kaum in den Griff bekommen werden. Wenn Robert Habeck laut über das Verbot von Gasheizungen nachdenkt, fürchten beispielsweise Immobilienbesitzer und Mieter um ihren Wohlstand, was im politischen Raum womöglich der Skepsis gegenüber dem Klimawandel oder gar der Demokratie Vorschub leistet. Dies liegt zum anderen vor allem daran, dass die Anpassung in der ökologischen Modernisierung letztlich von den Individuen erlitten wird: Ja, wir wollen weiter so leben, wie wir es kennen. Wir haben aber kaum einen Weg, daran mitzuwirken jenseits des Kaufens jener Produkte, zu denen es bald ohnehin keine Alternativen mehr gibt. Hoffentlich können wir sie uns auch leisten.

Erlittene Anpassung, das erinnern wir noch allzu gut aus der Hochzeit der Corona-Pandemie, ist freilich eine ungemein frustrierende Erfahrung. Zustimmung für die notwendige Veränderung der Gesellschaft ist so nicht dauerhaft herzustellen. Eine Agenda der tiefen Anpassung hätte daher vor allem die Handlungsmöglichkeiten der Einzelnen jenseits der Wahl unterschiedlicher Wärmepumpenhersteller zu gewährleisten. Sie müssten Bürgern die aktive Mitwirkung an der Anpassung der Gesell-

schaft ermöglichen. Jenseits des notwendigen Schutzes und der finanziellen Entlastung hätte eine Politik der tiefen Anpassung dann vor allem dafür Sorge zu tragen, dass eine wirkliche gesellschaftliche Mobilisierung für Anpassung stattfinden kann.

In ein gemeinsames Projekt zu formen wären die Beiträge unterschiedlichster Akteure zur Anpassung – von der Klimabewegung über die Freiwillige Feuerwehr, das Technische Hilfswerk und die Forstwirtschaft bis zu den kritischen Infrastrukturen und zivilgesellschaftlichen Initiativen.

Sie alle tragen Sorge für die in der Ära der Anpassung prekärer gewordene Stabilisierung der Gesellschaft. Sie in einem gemeinsamen Kontext zu fördern, machte Anpassung nicht nur zustimmungsfähiger. Sie gäbe ihr auch einen Sinn, der nicht aus dem Erleiden, sondern aus der Erfahrung von Handlungsfähigkeit käme.

Der Autor

Prof. Dr. Philipp Staab ist Professor für Soziologie der Zukunft der Arbeit an der Humboldt-Universität zu Berlin sowie am Einstein Center Digital Future. Sein Buch zum Thema „Anpassung. Leitmotiv der nächsten Gesellschaft“ erschien 2022 bei suhrkamp.

Energiegenossenschaften: **Lohnende Geschäftsmodelle und sinnvolle Kooperationen**

Rainer Lange, Netzwerk Energiewende Jetzt e.V.

Photovoltaikausbau, Windenergie, Nahwärmenetze, E-Carsharing und Ladeinfrastruktur: Die über 1500 Energiegenossenschaften in Deutschland sind in vielen Geschäftsfeldern unterwegs. Die Grundidee ist, Bürger:innen an der dezentralen Energiewende zu beteiligen.

Die meisten Energiegenossenschaften haben mit Photovoltaikprojekten begonnen. Deshalb liegt nahe, dass sie sich hier mit lohnenden Geschäftsmodellen weiterentwickeln: PV-Direktlieferung, Mieterstrom oder dem Bau und Verkauf von Photovoltaikanlagen an private und gewerbliche Nutzer.^[1]

Die Wertschöpfungstiefe erweitern

Die meisten Energiegenossenschaften haben einfach begonnen: Sie haben Eigentümer:innen mit geeigneten Dächern ausfindig ge-

macht, Solarteure mit Planung und Bau beauftragt. Die Genossenschaft hat die Finanzierung gesichert und die Anlagen betrieben.

Das hat sich stark geändert. Energiegenossenschaften erweitern ihre Wertschöpfungstiefe.^[2] Gezieltes Marketing und Vertrieb sind immer wichtiger geworden. Erfolgreiche Energiegenossenschaften haben hauptamtliche Kräfte eingestellt und nehmen die Projektentwicklung selbst in die Hand. Einige von ihnen haben sich zu genossenschaftlichen Solarteurbetrieben entwickelt.

Photovoltaik-Freiflächenanlagen im Fokus

Aufgrund der hohen Hebelwirkung sind eine Reihe von Energiegenossenschaften dabei, sich das Geschäftsmodell Photovoltaik-Freiflächenanlagen zu erschließen. Sie bringen eine Reihe von Stärken gegenüber Mitbewerbern ein: Energiegenossenschaften kommen aus der Region und gelten meist als vertrauenswürdig. Sie können Bürger:innen als Mitglieder und Geldgeber:innen direkt finanziell am Projekt beteiligen und so vor Ort Kapital mobilisieren. Dies steigert sowohl die Akzep-

tanz der PV-Freiflächenanlage als auch die Wertschöpfung vor Ort.

Beim Ausbau der Photovoltaik im ländlichen Raum sind Kommunen wichtige Partner, denn sie sind für die Bauleitplanung zuständig. Kommunen haben derzeit oft noch wenig Erfahrung, wie sie die eigenen Gestaltungsmöglichkeiten umsetzen und eine „echte“ Bürger:innenbeteiligung ermöglichen. Hier bieten sich Energiegenossenschaften als Partner an.

Bei großen Solar- wie bei Windparks haben die Genossenschaften ihre Rolle zu klären, wie intensiv sie selbst in den einzelnen Wertschöpfungsstufen mitwirken und mit wem sie kooperieren: Hat das Projektierungsunternehmen schon mit Energiegenossenschaften zusammengearbeitet? Sind die Unternehmenswerte vereinbar? Will die Genossenschaft Augenhöhe oder reicht die Rolle als Junior-Partner:in? Welche Wertschöpfungsstufen übernimmt sie, z. B. die Flächensicherung? Wie groß ist das Mitspracherecht beim Projekt? Wer trägt welche Risiken und Kosten usw.?[3]

Sinnvolle Kooperationen

Für die Region mit der Region. Die Stadtwerke Union Nordhessen (SUN), ein Zusammenschluss von sechs Stadtwerken, hat gezielt Bürgerenergiegenossenschaften und Kommunen an Wind- und Solarparks beteiligt. Bürger:innen und Kommunen können sich bis zu 74,9 Prozent an der Betreibergesellschaft der Parks beteiligen. Damit bleibt der größte Teil der Wertschöpfung aus der Stromversorgung in der Region. Die Bürgerenergiegenossenschaften gewährleisten eine breite Streuung der Teilhabe an den Parks. Dies trägt zur breiten Akzeptanz der Projekte bei.[4]

Mit und für Kommunen und Flächeneigentümer:innen große PV-Freiflächenprojekte in Bürger:innenhand zu entwickeln und zu betreiben, ist Ziel der BürgerProjektGemeinschaft. Diese hat die Dachgenossenschaft Bürgerwerke eG im Frühjahr 2023 mit acht Mitgliedsgenossenschaften gestartet. Die Dachgenossenschaft Bürgerwerke übernimmt Planungsprozesse und -kosten der Projekt-

entwicklung. Umgesetzt und betrieben werden die Solarprojekte von den lokalen Genossenschaften.[5]

Energiegenossenschaften bei der Weiterentwicklung unterstützen

Die Idee des Netzwerks Energiewende Jetzt e. V. ist eine Energiewende in Bürger:innenhand, dezentral und erneuerbar. Das Netzwerk fördert mit Workshops und Weiterbildungen die Gründung und Weiterentwicklung von Energiegenossenschaften sowie der Kompetenzen von Verantwortlichen in Bürgerenergiegesellschaften. Das Coaching zielt auf die strategische Planung, das Erschließen lohnender Geschäftsfelder und die weitere Professionalisierung mit bezahlten Kräften.

Quellen

[1] Geschäftsmodelle sinnvoll entwickeln und die Wertschöpfung steigern. Wie Bürgerenergiegemeinschaften ihren Beitrag zum Klimaschutz erhöhen, Bündnis Bürgerenergie e. V., 2022.

[2] Ebenda, S. 11 ff.

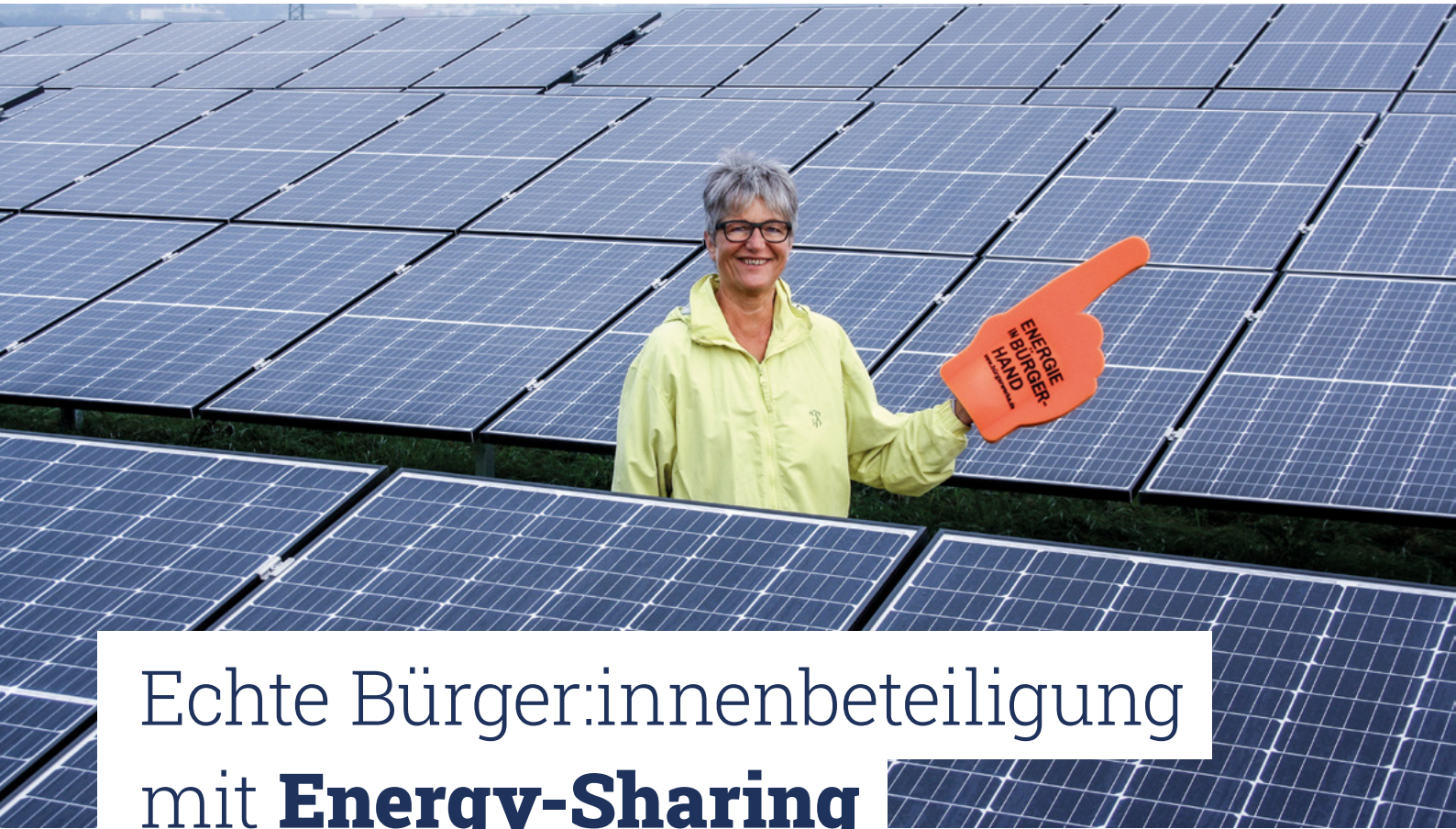
[3] ROADMAP für Freiflächen-Photovoltaik. Leitfaden für Bürgerenergiegenossenschaften, Landesnetzwerk Bürgerenergiegenossenschaften Rheinland-Pfalz e.V. (LaNEG), 2022.

[4] https://www.sun-stadtwerke.de/Energiewende_gemeinsam_schaffen, in: Das Ökosystem der Bürgerenergie Bündnis Bürgerenergie e. V. (BBEn), 2020, Texte realisiert durch das Netzwerk Energiewende Jetzt e. V.

[5] Mehr Informationen gibt es hier: <http://buergerwerke.de/freiflaechen/>.

Der Autor

Rainer Lange ist systemischer Berater und Vorstandsvorsitzender des Netzwerks Energiewende Jetzt e. V., das Energiegenossenschaften bei der Professionalisierung ihrer Geschäftsmodelle unterstützt.



Echte Bürger:innenbeteiligung mit **Energy-Sharing**

Valérie Lange, Bündnis Bürgerenergie e.V. und Nico Storz, Bürgerwerke eG

Bild: Friedensfördernde Energie-Genossenschaft Herford eG, Barbara Rodi, Vorstand

Voraussetzung für das Erreichen der Klimaziele und der Ausbauziele der erneuerbaren Energien in Deutschland ist echte Bürger:innenbeteiligung an der Energiewende. Energy-Sharing heißt das Konzept, für das sich das Bündnis Bürgerenergie und Partner politisch einsetzen. Woran es in der Praxis noch hakt und warum die Einführung von Energy-Sharing nötig ist, zeigen die Bürgerwerke auf.

Stromerzeugung in Bürger:innenhand ist ein Erfolgsmodell der Energiewende. Das demonstrieren über 1000 Energiegenossenschaften in Deutschland. Doch den selbst erzeugten Strom gemeinschaftlich zu nutzen, ist in Deutschland nur mit hohem Aufwand möglich. Daher

braucht es einfachere Regeln für Energy-Sharing: Bürger:innen schließen sich in Bürgerenergiegesellschaften zusammen, betreiben gemeinschaftlich Wind- und Solaranlagen und nutzen den selbst produzierten erneuerbaren Strom. Die Bürger:innen sind durch Beteiligung

nicht nur Beobachter:innen, sondern aktive Gestalter:innen der Energiewende. Selbstbestimmt bringen die Bürger:innen den Ausbau der erneuerbaren Energien vor Ort voran und profitieren durch eine reduzierte Stromrechnung finanziell davon.

Wie funktioniert Energy-Sharing?

Grundlage ist das, was Bürgerenergiegemeinschaften auch heute schon umsetzen: Gemeinsam planen, finanzieren und betreiben die Mitglieder der Bürgerenergiegemeinschaften Erneuerbare-Energien-Anlagen in ihrer Region. Allerdings können sie den Strom aus eigener Erzeugung nur bedingt selbst beziehen. Neu ist, dass Energy-Sharing nach dem politischen Vorschlag des Bündnisses Bürgerenergie e.V. einen Anreiz schafft, den eigenen Strombedarf an der Einspeisung der gemeinschaftlichen Anlagen zu orientieren. Denn für jede Kilowattstunde, die zeitgleich zur Stromerzeugung aus regionalen Bürgerbeteiligungsanlagen verbraucht wird, soll eine Prämie ausgezahlt werden. Dann ist es attraktiv, dass bspw. E-Autos geladen werden, wenn besonders viel Wind- oder Solarstrom mit der gemeinschaftlichen Anlage erzeugt wird. So kann Energy-Sharing neben der Identifikation mit den Anlagen auch zu mehr Flexibilität im

Netz führen und regional netzentlastend wirken, was im zukünftigen Stromsystem dringend geboten ist.

Übersteigt der Strombedarf der Gemeinschaft die Strommenge, die die eigenen Anlagen aktuell produzieren, bezieht die Gemeinschaft den Reststrom über das Netz. Das Konzept ist energiewirtschaftlich hochinnovativ und ermöglicht Bürger:innen und Kommunen und eingebundenen kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) in der Region, zu Vorreitern der Energiewende zu werden.

Energy-Sharing geht über bestehende Versorgungskonzepte hinaus

Bestehende Modelle wie Mieterstrom oder die neue gemeinschaftliche Gebäudeversorgung (vorgeschlagen im Gesetzesentwurf „Solarpaket I“) beziehen sich auf die Nutzung von Strom aus einer Erzeugungsanlage hinter einem Netzanschlusspunkt. Möglichkeiten

für den gemeinsamen Energieverbrauch mit der Nutzung der Verteilnetze sind in Deutschland begrenzt. Hier setzt Energy-Sharing an. Das Konzept des Stromteilens setzt ausdrücklich auf die gemeinschaftliche regionale Erzeugung und Nutzung von Energie über das Verteilnetz.

Genossenschaften sind „Energy-Sharing-ready“

Viele Energiegenossenschaften sind dafür bereit, sich mit Energy-Sharing systemtauglich zu verhalten – wenn die politischen Rahmenbedingungen richtig angepasst werden. Barbara Rodi ist Vorständin der „Friedensfördernden Energie-Genossenschaft Herford eG“. Die Genossenschaft betreibt in Nordrhein-Westfalen mehrere Photovoltaikanlagen. „Wir bieten den Menschen in der Region nicht nur die Möglichkeit, sich an den Anlagen finanziell zu beteiligen. Darüber hinaus bieten wir jedem Menschen in der Region einen Stromtarif“, berichtet Rodi. 460 Menschen beteiligen sich

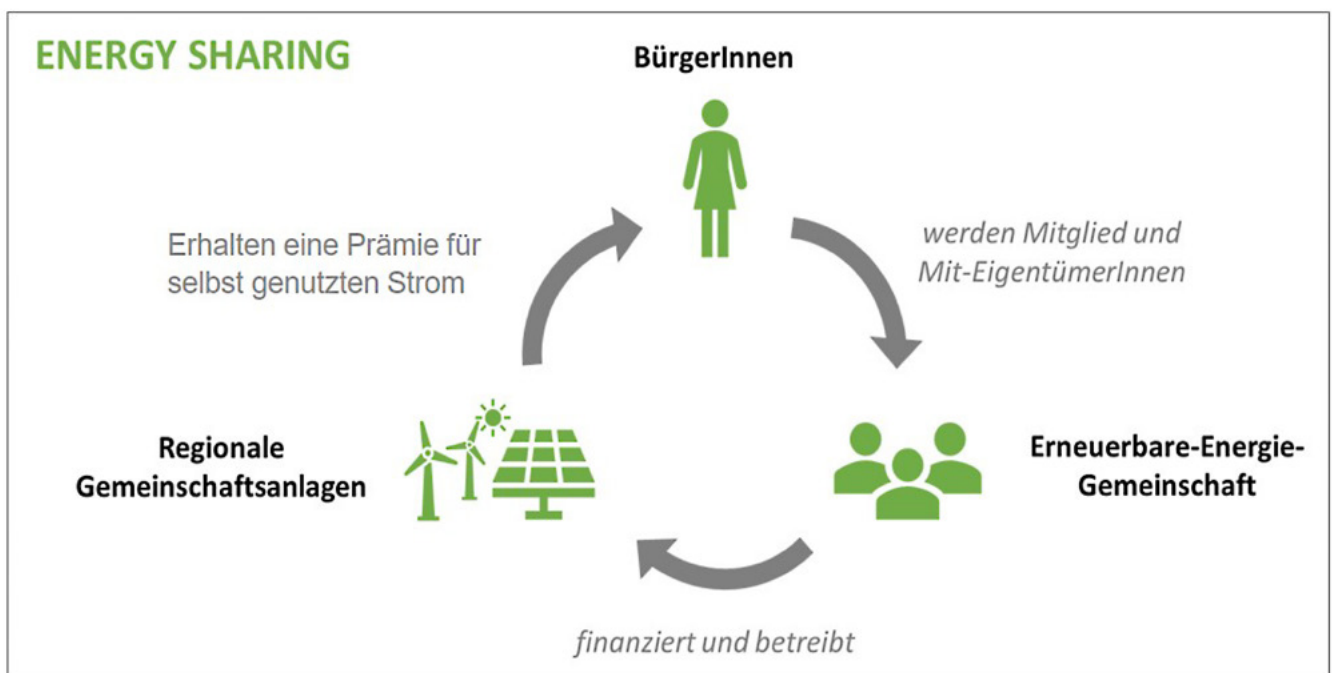


Bild: Funktionsweise von Energy-Sharing (Abbildung Bündnis Bürgerenergie e.V.)

heute an den Gemeinschaftsanlagen und über 200 Haushalte nutzen bereits die Möglichkeit, Strom zu Hause zu beziehen. „Was uns noch fehlt, ist ein Anreiz, damit die Menschen den Strom möglichst dann verbrauchen, wenn er erzeugt wird. Beim Einfamilienhaus mit der privaten PV-Anlage klappt dies bereits – aber in der Gemeinschaft fehlt uns diese Möglichkeit. Doch nur so können wir einen möglichst großen Teil des Stromes lokal vertreiben und müssen weniger Strom aus überregionalen Erneuerbare-Energie-Anlagen zukaufen“, so Rodi.



Bild: Friedensfördernde Energie-Genossenschaft Herford eG

Um ihren Kund:innen auch Strom liefern zu können, wenn die Sonne nicht scheint, hat sich die Herforder Energiegenossenschaft mit anderen Bürger-Energiegenossenschaften unter dem Dach der Bürgerwerke eG zusammengeschlossen. „Dadurch, dass wir verschiedene Bürgerenergieanlagen in einen Bilanzkreis einbinden, können wir den Herfordern auch Strom liefern, wenn die Sonne nicht scheint“, erläutert Felix Schäfer, Vorstand der Bürgerwerke, das Konzept. Die Genossenschaften heben das Solidarprinzip somit auf eine höhere Ebene: Wenn die eine Genossenschaft keinen Strom erzeugt, wird sie von einer an-

deren beliefert – und umgekehrt.

„Ein Anreiz, den Strom dann zu verbrauchen, wenn er lokal erzeugt wird, hätte zwei Vorteile“, ergänzt Schäfer. „Zum einen würden die Netze entlastet werden, da sich Erzeugung und Verbrauch annähern. Zum anderen könnten noch viel mehr Anlagen am Energy-Sharing teilnehmen. Denn je weniger Erzeugungsspitzen und -flauten wir ausgleichen müssen, desto mehr fluktuierende Solar- und Windparks können wir in den Bilanzkreis integrieren. Dies funktioniert am besten, wenn wir den Menschen einen Vorteil dafür bieten können, wenn sie ihren Verbrauch anpassen“, so Schäfer weiter.

Viele Energiegenossenschaften sind dafür bereit, sich mit Energy-Sharing systemtauglich zu verhalten – wenn die politischen Rahmenbedingungen richtig angepasst werden.

Energy-Sharing erhöht die Akzeptanz großer Projekte

Das Wichtigste ist für die Beteiligten: Energy-Sharing erhöht die Akzeptanz großer Projekte und beschleunigt somit die Energiewende. „Wir haben in unserem Landkreis großartige Unterstützung durch die Kommunen und Menschen“, so Barbara Rodi. „Ich bin überzeugt davon, dass dies nur möglich ist, weil wir lokal verwurzelt sind und die Menschen aktiv die Energiewende mitgestalten können“, sagt sie. Sie spricht damit die vierte Säule von Energy-Sharing an: Neben Miteigentum an den Anlagen, Bezug des Stroms aus den gemeinsamen Anlagen und Verbrauchsoptimierung ist ein wesentlicher Punkt, dass die Menschen vor Ort mitentscheiden und sich ak-

tiv für die Energiewende engagieren können.

Schon lange EU-Recht

Die Europäische Union hat schon lange erkannt, wie wichtig Partizipation der Bürger:innen an der Energiewende ist. 2019 verankerte die EU in Artikel 22 der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EE-RL II) das Recht von Bürger:innen, Strom aus Erneuerbare-Energie-Anlagen vor Ort gemeinschaftlich zu nutzen und Überschüsse vermarkten zu dürfen. Die Umsetzung in nationales Recht hätte bis Mitte 2021 erfolgen müssen. In einigen EU-Mitgliedstaaten wie Italien und Österreich ist Energy-Sharing bereits umgesetzt.

Vorschlag für die Umsetzung in Deutschland: Energy-Sharing als demokratisches Teilhabeprojekt

Einen Vorschlag, wie EU-Recht in deutsches Recht umgesetzt werden kann, erläutern das Verbände-Papier^[1] und der entsprechende Gesetzesvorschlag zu Energy-Sharing^[2], u. a. verfasst durch den Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE), das Bündnis Bürgerenergie e. V. (BBEn) und den Deutschen Genossenschafts- und Raiffeisenverband (DGRV). Definiert werden rechtliche und betriebswirtschaftliche Grundlagen und technische Voraussetzungen. Im Zentrum stehen Teilhabe und Akzeptanz. Wesentliche Akteur:innen sind die Bürgerenergiegesellschaften, denn diese Gemeinschaften sind lokal verankert und die Energieexpert:innen vor Ort. Mitglied werden kann jede:r – auch Menschen ohne eigene Immobilien und Flächen. So fördert Energy-Sharing die Demokratisierung der Energiewirtschaft und die lokale Wertschöpfung.

Enormes Potenzial für Energy-Sharing

Genau diese breite gesellschaftliche Teilhabe an dem Energieversorgungskonzept Energy-Sharing verspricht ein hohes Potenzial: 90 Prozent der Haushalte in Deutschland können Ökostrom gemeinschaftlich erzeugen und nutzen – so die Berechnungen des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (iöw)^[3] aus dem Jahr 2022. Damit könnte Energy-Sharing zwischen 35 und 42 Prozent der Ausbauziele für erneuerbare Energien erreichen. Zudem würde Energy-Sharing zu einem Ausbau-Boom führen, sobald Bürgerenergiegemeinschafte endlich Energy-Sharing betreiben dürfen.

.....
Das Wichtigste ist für die Beteiligten: Energy-Sharing erhöht die Akzeptanz großer Projekte und beschleunigt somit die Energiewende.

Akzeptanz als wichtiger Hebel für die Erreichung der Klimaschutzziele

Den Ausbau der erneuerbaren Energien in Bürger:innenhand zu legen, steigert die Akzeptanz für regional erzeugte erneuerbare Energien. Um die Klimaschutzziele zu erreichen und den notwendigen Gigawatt-Ausbau zu meistern, ist Akzeptanz der Erneuerbare-Energie-Anlagen essenziell. Und das erreichen wir nur durch echte Teilhabe und konkrete, einfache Beteiligungsangebote für alle an der Energiewende.

Kurzum, Energy-Sharing als Teilhabeinstrument soll die Akzeptanz von Erneuerbare-Energie-Anlagen steigern, den Zubau beschleunigen, Strompreise für Endkund:innen senken und die Netze entlasten – und echte Teilhabe an der Energiewende für alle Bürger:innen ermöglichen. Mit über zwei Jahren Verspätung muss die gesetzliche Grundlage jetzt endlich geschaffen werden.



Bild: Friedensfördernde Energie-Genossenschaft Herford eG, Barbara Rodi, Vorstand

Quellen

- [1] Bündnis Bürgerenergie e.V., Eckpunkte eines Energy Sharing Modells
https://www.buendnis-buergerenergie.de/fileadmin/user_upload/downloads/Positionspapiere/Buergerenergiegesellschaften_als_zentrale_Akteure_der_lokalen_Waermewende.pdfw
- [2] Bündnis Bürgerenergie e.V., Entwurf eines Gesetzes zur Förderung des „Energy Sharing“
https://www.buendnis-buergerenergie.de/fileadmin/user_upload/2023_07_03_Gesetzentwurf_Energy_Sharing.pdf
- [3] Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung:
https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2022/Energy_Sharing_Eine_Potenzialanalyse_1.pdf

Die Autoren

Valérie Lange ist Referentin Energiepolitik und -wirtschaft beim Bündnis Bürgerenergie e.V., das sich für eine von Bürger:innen getragene Energieversorgung aus 100 % Erneuerbaren Energien einsetzt.

Nico Storz ist Netzwerkmanager bei der Bürgerwerke eG. Die Dachgenossenschaft bildet den größten Zusammenschluss von Energiegenossenschaften in Deutschland und hat das Ziel, Bürger bundesweit mit regenerativer Energie aus der Region zu versorgen.

Flexibilitäten im Kontext der Energiewende – eine technische und juristische Einschätzung

Peter Birkner, House of Energy e.V., und Hans-Peter Schwintowski, Humboldt-Universität zu Berlin

Die Energiewende bedeutet den Wechsel von einem historisch gewachsenen System, das hauptsächlich fossile chemische Energieträger nutzt, zu einem neuen System, das auf elektrischem Strom aus den erneuerbaren Quellen Wind und Sonne aufgebaut ist. Betrachtet wird der Energiebedarf für Elektrizität, Mobilität und Wärme. Fossile Energien emittieren bei ihrer Nutzung CO₂, sind jedoch einfach speicherbar und haben eine hohe Energiedichte. Erneuerbare Energien sind im Gegensatz hierzu klimaneutral. Allerdings stellen Volatilität, Intermittenz, geringe jährliche Verfügbarkeit und geringe Energiedichte signifikante Herausforderungen für das neue System dar. Elektrischer Strom ist in großen Mengen und für längere Zeiten nur aufwändig speicherbar. Weiterhin sind hohe Leistungen mit hohen Änderungsgradienten zu beherrschen.

Ziel ist es, das System zu optimieren, indem die Infrastruktur minimiert wird und Flexibilitäten genutzt werden. Dies bedeutet schnelle Anpassungen der Leistung auf der Erzeugungs- und vor allem auf der Bedarfsseite. Der aktuelle Rechtsrahmen referenziert in vielen Bereichen immer noch auf das traditionelle Energiesystem und unterstützt den wirtschaftlichen Einsatz von Flexibilitäten nur bedingt. Der Beitrag beschreibt, was technisch notwendig ist, und stellt dem gegenüber, was juristisch möglich ist. Aus diesem Spannungsfeld werden juristische und technische Schlussfolgerungen abgeleitet.

EINFÜHRUNG UND TECHNISCHE PROBLEMSTELLUNG

Technische Grundlagen – Überblick

Der Begriff „Energiewende“ bezieht sich auf die fundamentale Umstellung der Primärenergieträger, die die Basis des Energiesystems bilden. Dabei werden unter Energiesystem die technischen Infrastrukturen verstanden, die zur Bereitstellung, zur Speicherung, zum Transport und zur Verteilung von Endenergieträgern erforderlich sind. Sie haben stets einen räumlichen Bezug und können einen oder mehrere Endenergieträger beinhalten. Damit werden ggf. auch die Umwandlungstechnologien zwischen den verschiedenen Endenergieträgern Bestandteil des Energiesystems. Der Einsatz von Endenergie ermöglicht die Ausführung von Anwendungen, also die Bereitstellung von Nutzenergie. Endenergie entsteht aus Primärenergieträgern. Diese werden so zu Endenergie aufbereitet und veredelt, dass sie für die gewünschte Anwendung – Nutzenergie – eingesetzt werden können. Insoweit ist bei der Energiewende stets der Dreiklang „Primärenergie–Endenergie–Nutzenergie“ zu betrachten.

Physikalisch ist im Kontext dieser Terminologien anzumerken, dass der Energieerhaltungssatz gilt. In einem geschlossenen System ist die Summe der Energien stets konstant, Energie kann weder gewonnen noch verbraucht werden. Gleichwohl kann sich ihre Form verändern. Energiegewinnung bedeutet demnach die Gewinnung einer gewünschten Energieform aus einer anderen. Dies gelingt in der Regel nicht ohne Entstehung weiterer nicht gewünschter Energieformen, die als Verluste bezeichnet werden. Eine bekannte Ausnahme stellt die Wärmepumpe dar. Unter

Einsatz der Endenergie Strom gewinnt sie aus der Umgebungswärme Heizenergie, die den Einsatz elektrischer Energie um ein Mehrfaches übersteigt.

Die Primärenergieträger der Vergangenheit waren schwerpunktmäßig fossile Energieträger wie Stein- und Braunkohle, Erdöl- und Erdgas sowie nukleare Energieträger wie Uran. Auf dieser Grundlage wurden Endenergieträger wie Strom, Heizöl, Erdgas, Benzin, Diesel, Kerosin, Kohle und Fernwärme bereitgestellt. Diese werden vom Anwender eingesetzt, um die gewünschte Nutzenergie wie Licht, Wärme, Kälte, Antrieb, Transport, Kommunikation oder Rechnerleistung zu erhalten.

Im Kontext der Energiewende in Deutschland werden die bisherigen Primärenergien im Wesentlichen von regenerativen Energieträgern abgelöst. Dazu zählen v. a. Wind on-shore und off-shore sowie solare Strahlung. Ergänzend sind verschiedene biogene Rohstoffe, Wasserkraft, Abfall und Geothermie zu nennen. Dieser Prozess verschiebt die Endenergieträgerstruktur. Aufgrund der verfügbaren Erzeugungstechnologien wird Elektrizität zur dominierenden Energieform. Dies hat zwei Konsequenzen. Einmal kann Elektrizität mit hohem Wirkungsgrad in viele Nutzenergieformen umgewandelt werden, was den Bedarf an Endenergie reduziert. Zum zweiten ist nach eigenen Überlegungen in etwa mit einer Verdoppelung der elektrischen Energie in öffentlichen Netzen zu rechnen. Von der künftig benötigten Endenergie in Höhe von 1.600 TWh wird etwa die Hälfte in Deutschland erzeugt werden, während die zweite Hälfte importiert wird^[1]. Dieser Import wird weniger in Form von Strom, sondern durch chemische Energieträger erfolgen. Die wichtigsten Moleküle sind hier Wasserstoff und Ammoniak sowie synthetische Brennstoffe wie Methanol oder Kerosin. Diese chemischen Energieträger

werden zum Teil direkt z. B. in der Chemie, der Stahlindustrie und im Mobilitätssektor eingesetzt werden. Ein nennenswerter Anteil wird jedoch zur Stabilisierung des Stromsystems in Kraftwerken sowie Kraft- Wärme-Kopplungsanlagen – in Verbindung mit thermischen Speichern – herangezogen werden. Neben den chemischen Brennstoffen zählen auch Fernwärme und -kälte zu den Endenergieträgern.

Die Nutzenergieformen ändern sich durch die Energiewende nicht grundsätzlich. Jedoch wird insgesamt durch optimierten und klügeren Einsatz weniger Nutzenergie nachgefragt werden. Energetische Sanierungen und Digitalisierung sind wesentliche Instrumente. Weiterhin können die Umwandlungsverluste durch Elektrifizierung der Nutzenergie deutlich reduziert werden.

Insgesamt sinkt damit der Endenergiebedarf nennenswert – gemäß eigenen Überlegungen in einer Größenordnung von 40 % –, wobei gleichzeitig die technische Komplexität signifikant steigt. Der verbleibende Endenergiebedarf muss schwerpunktmäßig durch regenerative Energiequellen gedeckt werden. Diese sind – mit Blick auf die in Deutschland dominanten Primärenergiequellen Sonne und Wind – volatil und intermittierend. Zudem sind ihre Verfügbarkeit sowie ihre Energiedichte gering. Diese bedeutet große Investitionen in die Infrastruktur mit einem hohen Kapitalbedarf. Weitere Herausforderungen ergeben sich mit Blick auf die Stabilität der Energieversorgung sowie einen hohen Flächenbedarf, der auch eine Veränderung von Städten und Landschaft nach sich zieht.

In Abhängigkeit von der Energieimportquote dürfte nach eigenen Überlegungen die installierte Kraftwerksleistung um bis zu einem Faktor 8 steigen. Im Betrieb ist zu erwarten, dass maximal die Hälfte dieser Leistung zeitgleich,



aber an variablen Stellen in das öffentliche Netz eingespeist wird. Diese hohe Leistung ist einschließlich der deutlich gestiegenen Dynamik stabil zu beherrschen.

Das Stromsystem ist bereits heute hochdynamisch. So ist es beispielsweise erforderlich, dass die Primärregelung im einem Zeitfenster von wenigen Sekunden nach einer Frequenzabweichung aktiviert wird und nach 30 s vollständig zur Verfügung steht. Die bisher zentral auf die Verbundebene fokussierte Umsetzung der Primärregelung wird künftig deutlich dezentraler zu gestalten sein. So werden multimodale Energiesysteme und Sektorenkopplung wesentliche Beiträge zur Systemstabilität leisten. Dabei wird das Stromsystem – sofern technisch und wirtschaftlich darstellbar – bidirektional mit dem Wasserstoffsystem sowie der Fernwärme und -kälte verbunden. Die Sektorenkopplung bringt zusätzlich den Aspekt der ganzheitlichen Betrachtung verschiedener Anwendungsfelder ins Spiel: Energiewirtschaft, Mobilität, Wärmeversorgung, Kühlung, Chemie und Industrie. Auch dies trägt zur Systemstabilität bei. Strukturell ist schließlich auf das Konzept der Energiezellen hinzuweisen. Die Aufrechterhaltung des ständigen Gleichgewichts zwischen Erzeugung und Bedarf kann im elektrischen System nicht mehr ausschließlich im Übertragungsbereich erfolgen, sondern es sind auch dezentrale und subsidiäre Beiträge im Verteilungsbereich erforderlich. Dieser wird in Form von kaskadierten Energiezellen strukturiert, von denen jede einen Beitrag zum gesamten Leistungsgleichgewicht leistet. Gegenüber der

Fortführung der Fokussierung auf das Verbundnetz begrenzt dieses Konzept den erforderlichen Netzausbau deutlich. Der Ansatz wird im Weiteren noch genauer diskutiert.

Die Basis der dezentralen Systemstabilisierung bilden zeitlich steuerbare Quellen und Senken, sogenannte „Flexibilitäten“. Diese sind Einspeisungen und Entnahmen, die aktiv in den Systembetrieb zu integrieren sind. Plakatativ kann diese Strategie als „Stabilität durch Flexibilität“^[2] beschrieben werden. Trotz dieser dynamischen Betriebsweise sind Sicherheit, Zuverlässigkeit und Resilienz der Energieversorgung sicher zu stellen. Weiterhin ist anzumerken, dass Flexibilitäten tendenziell die kurzfristige Stabilität bis hin zu Stunden und Tagen sicherstellen. Längerfristige Abweichungen zwischen Angebot und Nachfrage können nur durch Langzeitspeicher oder Ersatzkraftwerke beherrscht werden.

Technische Definition von Flexibilität

Physikalisch ist die Energie E die Fähigkeit, mechanische Arbeit zu verrichten, Wärme abzugeben oder Licht auszustrahlen. Es ist eine sehr globale Größe, die Aussagen für einen bestimmten Raum und eine bestimmte Zeitperiode trifft. Beispielsweise sagt die pro Jahr importierte Menge des Endenergieträgers Erdgas eines Landes – der Raum wird hier zu einer Fläche A – etwas über Bedarf, die politische Abhängigkeit und den damit verbundenen potenziellen Kohlendioxid ausstoß aus. Die Frage, wo innerhalb

der (Landes-)Fläche und wann während des Jahres der Einsatz von Erdgas erfolgt, wird hingegen nicht beantwortet. Diese Informationen sind jedoch für die Dimensionierung einer technischen Erzeugungs-, Transport-, Verteilungs- oder Verbrauchsinfrastruktur erforderlich. Nicht der jährliche Energiebedarf, sondern der Maximalwert der in einem bestimmten Zeitintervall umgesetzten Energie ist auslegungsrelevant. Die entsprechende physikalische Größe ist die Leistung P . Mathematisch formuliert handelt es sich um die Ableitung der Energie nach der Zeit:

$$P = dE/dt .$$

Weiterhin geht es dabei nicht um die maximale Leistung innerhalb der (Landes-)Fläche, sondern um die Leistung $P = P(x, y, t)$ an einem Ort (x, y) zu einem Zeitpunkt t , die in das System eingespeist oder die dem System entnommen wird. Addiert – oder besser integriert – man alle zeitabhängigen Leistungen an allen Stellen der (Landes-) Fläche über einen Jahreszeitraum, so ergibt sich die eingespeiste oder entnommene Jahresenergie E . Die (Landes-)Fläche A wird dabei durch die beiden Koordinaten $0 \leq x \leq X$ und $0 \leq y \leq Y$ beschrieben. Die Zeit t durchläuft das Intervall $0 \leq t \leq T$, wobei T typischerweise einem Jahr entspricht. Damit kann folgende Beziehung formuliert werden:

$$E = \int_0^T \int_0^Y \int_0^X P(x, y, t) \, dx \, dy \, dt .$$

Im Umkehrschluss gilt für eine Stelle (x, y) :

$$P(x, y, t) = dE_{(x, y, t)} / dt .$$



Der Begriff Energiewende bezieht sich, wie erläutert, auf den Wechsel der Primär- und Endenergieträger. Zur technischen Umsetzung ist aber die zu installierende Leistung mit Blick auf die erforderlichen Erzeugungs-, Übertragungs-, Verteilungs- und Speicherinfrastrukturen die relevantere Größe. Im Zentrum steht dabei das elektrische Energiesystem. V. a. hier werden die Leistungsbereitstellung auf Erzeugungsseite sowie die Leistungsanforderung auf Bedarfsseite nicht nur deutlich höher sein als bisher, sondern auch deutlich dynamischer. Dennoch gilt es, unverändert zu jedem Zeitpunkt das Leistungsgleichgewicht zwischen Einspeisung und Entnahme zu gewährleisten. Dies erfordert einen permanenten Leistungsausgleich, um die Frequenz f konstant auf 50 Hz zu erhalten. Überwiegt die Leistungsentnahme, so sinkt die Systemfrequenz, überwiegt die Leistungseinspeisung, so steigt sie. Die Rückführung der Frequenz auf den Nennwert bedeutet eine schnelle Leistungsänderung. Die Änderung der Leistung pro Zeit wird als Flexibilität F bezeichnet:

$$F_{(x, y, t)} = dP_{(x, y, t)} / dt .$$

Genauso wie Leistungen haben auch Flexibilitäten einen Standort mit den Koordinaten (x, y) . Ändert sich beispielsweise die entnommene Leistung P um den Wert ΔP , so ist auch die eingespeiste Leistung um den gleichen Betrag anzupassen. Die Flexibilität bestimmt die „Geschwindigkeit“ dieser Anpassung bzw. den zur Anpassung erforderlichen Zeitbedarf τ :

$$P + \Delta P = P + \int_{t=0}^{\tau} F_{(t)} dt .$$

Zur Vermeidung von Schäden oder Systemstörungen ist ein möglichst kurzer Zeitbedarf τ anzustreben. Je höher die Flexibilität, desto geringer die zur Ausregelung des Leistungsprungs erforderliche Zeit τ .

AKTUELLE RECHTLICHE OPTIONEN FÜR FLEXIBILITÄTEN

Grundlagen – Überblick

Ein Netzbetreiber kann im Sinne der Gefahrenabwehr stets und unverzüglich in den Netzbetrieb eingreifen. Dies gilt für Quellen und Senken und schließt die Abschaltung von steuerbaren Anlagen oder Teilen davon auf vertraglicher Basis mit ein. Es ist eine Flexibilität, die aus § 13 Abs. 1 EnWG abgeleitet werden kann, um die Stabilität des Nutzers zu gewährleisten. „Betreiber von Energieversorgungsnetzen sind verpflichtet, ein sicheres, zuverlässiges und leistungsfähiges Energieversorgungsnetz diskriminierungsfrei zu betreiben, zu warten und bedarfsgerecht zu optimieren, zu verstärken und auszubauen, soweit es wirtschaftlich zumutbar ist.“

Konzeptionell sollen künftig Flexibilitätpotenziale F nicht nur in Ausnahmesituationen, sondern in der Verteilnetzebene (also auch im Bereich der Niederspannung) auch im Regelbetrieb über § 14a EnWG gehoben werden. Die Bundesnetzagentur kann festlegen, nach welchen Kriterien die Betreiber von Verteilnetzen verpflichtet sind, Vereinbarungen über die netzorientierte Steuerung von steuerbaren

Verbrauchseinrichtungen oder von Netzanschlüssen gegen Netzentgeltreduzierungen abzuschließen. Dieses Konzept gilt seit dem 01.01.2023.

Daneben erlaubt § 17 Netzanschlussverordnung (NAV) ebenfalls die Steuerung von Verbrauchseinrichtungen. Bei § 17 NAV geht es allerdings um die Vornahme betriebsnotwendiger Arbeiten, die zur Vermeidung eines drohenden Netzzusammenbruchs erforderlich sind. Die von dieser Vorschrift erfassten Nutzungsunterbrechungen beziehen sich somit auf Notsituationen. § 14a EnWG ist diesem Bereich vorgelagert und ermöglicht Schalthandlungen bei steuerbaren Verbrauchseinrichtungen, und zwar völlig unabhängig von den Eingriffsvoraussetzungen des § 17 NAV.^[2]

Ganz generell sind die Betreiber der Übertragungsnetze nach – wie eingangs erwähnt – § 13 Abs. 1 EnWG verpflichtet, die Sicherheit des Netzes zu gewährleisten, und zwar insbesondere durch Netzschaltungen (§ 13 Abs. 1 Nr. 1 EnWG) und durch marktbezogene Maßnahmen, insbesondere auch durch vertraglich vereinbarte abschaltbare und zuschaltbare Lasten (§ 13 Abs. 1 Nr. 2 EnWG).

Zu den vertraglich vereinbarten ab- und zuschaltbaren Lasten werden in Zukunft die vertraglichen Vereinbarungen nach § 14a EnWG gehören. Nach dieser Norm werden in Zukunft geldwerte Vereinbarungen über Flexibilitäten mit dem Ziel der Netzstabilisierung und Optimierung geschlossen werden.

Nach den Ausführungen verschiedener Sachverhalte, die in der Langfassung des Beitrags (s. blauer Kasten) zu finden sind, ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

Juristische Schlussfolgerungen

Die vorläufigen Schlüsse, die aus den vorstehenden Überlegungen zu ziehen sind, lauten:

1. Bevor die BNetzA mit den Verteilnetzbetreibern Festlegungen im Sinne des § 14a EnWG vornimmt, sollte geklärt werden, ob es nicht auch in Deutschland möglich ist, im Sinne des österreichischen Vorbilds Energiegemeinschaften zu schaffen, die sich weitgehend selbst versorgen und dabei die Anreize für die intelligente Steuerung der Inanspruchnahme des Netzes selbst entwickeln.
2. Das könnte in besonderem Maße gelingen, indem man das Konzept der Dezentralen Energieversorgungsgemeinschaft entwickelt und damit dem Wettbewerb die Chance gibt, den Prozess des Übergangs zu CO₂-freier Energieversorgung zu beschleunigen und zugleich die Netze intelligent zu entlasten. Dies alles könnte geschehen ohne Regulierung seitens der BNetzA.
3. Wenn und soweit darüber hinaus noch eine Notwendigkeit entstehen sollte, Festlegungen im Sinne des § 14a EnWG für zu definierende Netzteile vorzunehmen, so sollte primär darüber nachgedacht werden, die Anreize in diesem System möglichst wettbewerbsfähig zu entwickeln.

Technische Schlussfolgerungen

Aus technischer Sicht können folgende vorläufige Hinweise abgeleitet werden:

1. Die Neufassung des § 14a EnWG und das Eckpunktepapier greifen dankenswerterweise ein Thema auf, das für die effiziente und effektive Umsetzung der Energiewende von existenzieller Bedeutung ist. Nur durch die Erschließung und Nutzung von Flexibilitätpotenzialen wird der erforderliche Ausbau elektrischer Netze in einem finanzierbaren Rahmen bleiben. Der Gedanke im Sinne eines Kooperationsprinzips Mithilfe von Kunden bei der Beherrschung der neuen leistungsstarken Quellen und Senken zu belohnen, stellt einen guten und integrierenden Ansatz dar. Das gesamte Thema ist regulatorisches Neuland und hochkomplex. Insofern ist es nicht erstaunlich festzustellen, dass das Eckpunktepapier nur einen ersten Schritt darstellen kann, dem weitere folgen müssen.
2. Mit Blick auf technische Parameter ist anzumerken, dass die Beschränkung auf die Niederspannungsebene zu kurz greift. Auch Quellen und Senken höherer Spannungsebenen sind mit einzubeziehen. Der zelluläre Ansatz umfasst das gesamte Stromsystem. In diesem Kontext ist auch die Sektorenkopplung zu unterstützen. Insbesondere sind fiskalische Belastungen bei Änderungen der Endenergieform – beispielsweise von Strom zu Wasserstoff – oder bei Einsatz von Speichern in öffentlichen Netzen zurückzunehmen. Ohne Sektorenkopplung wird die dezentral erforderliche temporäre Entlastung bzw. Stützung elektrischer Netze nicht umsetzbar sein. Der Fokus auf die Netzdienlichkeit des Einsatzes von Flexibilitäten ist wichtig, stellt aber nur eine Facette dar. Lokal werden Spannungen und Ströme beeinflusst. Flexibilitäten haben aber auch mit Blick auf die Systemdienlichkeit ihr Anwendungsfeld. Hier geht es um die globale Ausgeglichenheit der Leistungsbilanz und um die Frequenzhaltung. Das Eckpunktepapier referenziert auf die Reduktion von Lasten. Erhöhungen können jedoch genauso wichtig sein. Dies gilt vor allem im Kontext von dezentralen Einspeisungen. Schließlich sollten auch die Flexibilitätpotenziale auf der Erzeugung- und Speicherseite nicht unberücksichtigt bleiben.
3. Der Einsatz dynamischer Netzdaten erlaubt die Hebung des maximalen Transportpotenzials elektrischer Netze. Er bedeutet aber auch den Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur mit Datenerfassung, -übertragung, und -verarbeitung sowie der Ansteuerung der ausgewählten Flexibilitäten. Die Smart-Meter-Infrastruktur in der aktuell geplanten Ausprägung ist hierzu nicht oder bestenfalls bedingt geeignet. Die Viertelstundenperiode ist aus netztechnischer Sicht zu lange, die Werte der Smart Meter geben nicht den Strom in Kabeln und Leitungen, sondern die Entnahme bzw. Einspeisung des Kunden wieder und sie werden erst mit deutlichem Zeitverzug ex post zur Verfügung gestellt. Dynamischer Netzbetrieb basiert auf Online-Daten, die dem örtlichen Netzbetreiber zur Verfügung gestellt werden müssen.
4. Die Anreizregulierung ist dergestalt weiterzuentwickeln, dass sich für den Netzbetreiber auch Investitionen in kurzlebige Anlagengüter, die mit einer Erhöhung der operativen Kosten einhergehen, aber den

Kapitalbedarf für den Netzausbau senken, rentierlich darstellen lassen. Insoweit ist die zum dynamischen Netzbetrieb erforderliche Technologie noch unzureichend im Regulierungsrahmen abgebildet.

5. Flexibilitäten sind Systemelemente und interagieren folglich mit dem Gesamtsystem. Ihr Einsatz führt stets zu lokalen und globalen Wirkungen. Beispielsweise führt die netzdienliche Reduktion einer Last zu einer lokalen Spannungserhöhung sowie einer lokalen Stromreduktion. Gleichzeitig erhöht sich im System (infinitesimal) die Frequenz und es gibt einen Einfluss auf den entsprechenden Bilanzkreis. Umgekehrt kann die globale Lasterhöhung aufgrund niedriger globaler Strompreise zu lokalen Netzengpässen führen, die dann mit den dort vorhandenen kundenbezogenen Flexibilitäten und Verzicht der Nutzung der günstigen Strompreise behoben werden müssen. Diese Interaktion gilt es zu berücksichtigen. Wichtig ist, dass der Netzbetreiber im Zweifelsfall aus Sicherheitsgründen den Primat des Zugriffs erhält.
6. Die Häufigkeit der Nutzung von kundenbezogenen Flexibilitäten stellt ein Maß für den geeigneten Ausbauzustand des Netzes dar. Damit könnte ein Schwellenwert definiert werden, der entsprechend Verstärkungsmaßnahmen auslöst. Alternativ könnte die Vergütung für den Einsatz der Flexibilitäten erhöht werden. Dies würde einen Anreiz für die Durchführung einer Netzverstärkung durch den Netzbetreiber darstellen. Die zu lösenden Herausforderungen haben stets eine lokale Komponente. Sie unterscheiden sich also. Insoweit erscheinen globale Einheits-tarife suboptimal.

Quellen

- [1] P. Birkner, S. Küppers, M. Zdrallek „Flexibilität – Das zentrale Element des Energiesystems der Zukunft“, ETG-Kongress 2021, Tagungsband, VDE-Verlag, S. 364–369
Der Beitrag ist in der Zeitschrift EWeRK erschienen.
- [2] Stabilität durch Flexibilität – Das hessische Stromnetz der Zukunft" (Oktober 2018).
www.house-of-energy.org/infothek
- [3] Tüngler in: Kment, Energiewirtschaftsgesetz, 2. Aufl., 2019, § 14a Rn. 17.

Der Sachstand des Beitrags bezieht sich auf die Situation Anfang 2023.

In der **Langfassung** dieses Fachbeitrages, der in der Reihe **ASPEKTE Nr. 11** erschienen ist, werden ergänzend die folgenden Sachverhalte thematisiert:

- Der konkrete Einsatz von Flexibilitäten
- Digitalisierung und die Aktivierung von Flexibilitäten
- Aktuelle Regulierung von Flexibilitäten im Netzbereich
- Anreizregulierungsverordnung
- Konsequenzen der Anreizregulierungsverordnung (ARegV) für das Netzdesign
- Das Konzept des § 14a EnWG
- Das Eckpunktepapier der BNetzA
- Alternativen zum Festlegungsmodell

Die **Langfassung** des Beitrags finden Sie über den **QR-Code** sowie in der **Infothek** auf der Website des House of Energy.

Die Langfassung des Beitrags ist ebenfalls in der Zeitschrift EWeRK (2/2023) des Instituts für Energie- und Wettbewerbsrecht in der kommunalen Wirtschaft e. V. an der Humboldt-Universität zu Berlin erschienen.



Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. Peter Birkner ist Geschäftsführer des House of Energy e. V., Kassel, und Honorarprofessor für elektrische Energieversorgungstechnik an der Bergischen Universität Wuppertal.

Prof. Dr. Hans-Peter Schwintowski ist Rechtswissenschaftler der Humboldt-Universität zu Berlin. Dort ist er Direktor und wiss. Leiter des Instituts für Energie- und Wettbewerbsrecht in der kommunalen Wirtschaft e. V.

