

Sektorengespeistes Hybridkraftwerk zur CO₂-neutralen Energieversorgung

Hürden der Energiewende überwinden

Eine zuverlässige und CO₂-neutrale Energieversorgung des Messegeländes der NürnbergMesse GmbH zu realisieren: So das Ziel der Projektpartner des Reallabors der Energiewende REMBup unter Koordination der Heitec Innovations GmbH. Um dies zu erreichen, wollen die Partner ein maßgeschneidertes Energiesystem erarbeiten, umsetzen und im Betrieb optimieren. Dieses soll jederzeit reibungsfrei funktionieren, sodass der laufende Messebetrieb nicht gestört wird.

TEXT: Florian Raab, Christopher Lange, Björn Ohlsen

Bislang kommt eine tatsächlich ganzheitliche CO₂-freundliche Energieversorgung (Strom, Wärme, Kälte) aufgrund der hohen Komplexität erforderlicher Energiesysteme selten in die Umsetzung. Betreiber haben Bedenken, da ein wirtschaftlicher Betrieb bisher kaum erprobt und nur in wenigen Projekten aufgezeigt wurde. Um das zu ändern, wollen die Projektpartner in „REMBup“ am Beispiel der NürnbergMesse demonstrieren, dass innovative Technologien im Rahmen eines durchdachten Gesamtkonzepts nicht nur technisch, sondern vor allem auch ökonomisch realisierbar sind. Dadurch soll die Hemmschwelle für Nachahmer gesenkt und so die Balance zwischen verfügbaren, kostengünstigen Technologien und deren potenziellen Abnehmern gefunden werden. Die entwickelten Lösungen sollen nicht nur bei der NürnbergMesse anwendbar sein, sondern auch auf andere industrielle Anwendungsfälle übertragen werden können.

Herausforderungen bei der Sektorenkopplung und Netzdienlichkeit wollen die Partner mithilfe von vorausschauendem und modellbasiertem Energiemanagement und daraus abgeleiteten Optimierungsansätzen meistern. Dabei setzt das Team aus Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf ein Hybridkraftwerk und untersucht Kombinationen bewährter Technologien wie zum Beispiel Photovoltaik (PV),



Übersicht der Hallen der NürnbergMesse GmbH mit Aufdach-PV-Anlagen. Foto: wirdenkenlokal

Batteriespeicher, Wärmepumpe sowie innovativer Technologien wie Wasserstoff (H₂)-Anlagentechnik und Holzgas-H₂-Kombi-Blockheizkraftwerk (BHKW).

Ausgangssituation

Der Lebenszyklus einer energetischen Anlage beginnt typischerweise mit ersten Planungen und Konzepten, wie die Bedarfe der spezifischen Anwendung grundsätzlich gedeckt werden können. Anschließend kann auf dieser Grundlage eine

Detailauslegung des Energiesystems durchgeführt und eine ausschreibefähige Planung erstellt werden. Nach dem Bau folgen die Inbetriebnahme und der bestimmungsgemäße Betrieb. In der Regel laufen energetische Anlagen aber nicht über den gesamten Zeitraum ihrer prognostizierten Lebensdauer in den ursprünglich geplanten Konditionen. Die Rahmenbedingungen ändern sich fortwährend durch neue Anwendungen, Gesetze, Bezugskosten, Degradationen oder Modernisierungen.

In dieser Situation befinden sich Unternehmen wie die NürnbergMesse. Die Energieversorgung beispielsweise muss sich fortlaufend an neue Veranstaltungen und Anforderungen der Aussteller sowie Besucherinnen und Besucher anpassen. Dabei ist sich die NürnbergMesse ihrer Verantwortung als zukunftsweisender Begegnungsort bewusst und hat das erklärte Ziel, bis 2028 klimaneutral zu werden [1]. Auf dem Weg dahin wird sie seit mehreren Jahren von der Heitec Innovations GmbH unterstützt. Im ersten Schritt und als Grundlage für das folgende Forschungsprojekt mit Reallabor wurde so eine der bislang größten Aufdach-PV-Anlagen Bayerns mit 8,6 MW(peak) installiert. Parallel dazu wurden 6,5 MWh Batteriespeicher-Kapazität aufgebaut und ein optimierter Betrieb entwickelt. Durch den Messebetrieb kommt es bei der Strom-, Wärme- und Kälteversorgung zu hohen Lastspitzen, weshalb die erzeugte PV-Leistung im Winter und der Übergangszeit nicht zur vollständigen Deckung des Bedarfs ausreicht. Hier setzt das Forschungsprojekt REMBup an, um die gesteckten Nachhaltigkeitsziele zu erreichen.

Mit der Erweiterung des Energiesystems um eine Vielzahl zusätzlicher Anlagen zur Energiewandlung und -speicherung soll ein sektorengesammeltes, nachhaltiges Hybridkraftwerk realisiert werden, das in Summe keine klimawirksamen Gase wie CO₂ mehr emittiert. Da solche Ansätze aber mit bisher am Markt verfügbarer Technologie zum Teil noch nicht wirtschaftlich realisierbar sind, wurde im 7. Energieforschungsprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) die Förderung eines Großprojekts beantragt – ein Reallabor der Energiewende [2]. Das BMWE fördert dieses Vorhaben mit rund 13,8 Mio. € [3] aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags.

Projektkonsortium

Das Projektkonsortium im REMBup-Vorhaben setzt sich aus einer ausgewogenen Mischung von zehn Partnern zusammen, darunter fünf innovative Unternehmen der freien Wirtschaft sowie fünf renommierte Forschungseinrichtungen. Durch diese gezielte Zusammenstellung wird ein effektiver Wissens- und Technologietransfer zwischen Forschung und Industrie gewährleistet und eine reale



Das REMBup-Team beim Projekt-Kick-off in der Heizzentrale der NürnbergMesse.
Foto: Heitec Innovations

Anwendung garantiert. Die Forschungsinstitute bringen neueste wissenschaftliche Erkenntnisse und innovative Methoden ein, während die Unternehmen diese in einen praxisnahen Einsatz überführen und dabei weiterentwickeln. Dadurch entsteht eine enge Verzahnung von angewandter Forschung und industrieller Umsetzung, die es ermöglicht, innovative Lösungen marktnah zu erproben und wirtschaftlich nutzbar zu machen.

Die NürnbergMesse zählt zu den 15 größten Messegesellschaften der Welt. Im Messezentrum Nürnberg und weltweit organisiert sie Fachmessen in verschiedenen Bereichen. Aussteller sowie Besucherinnen und Besucher profitieren von ihrem internationalen Netzwerk und passgenauen Messekonzepten. Das selbst gesetzte Ziel ist die CO₂-Neutralität der Energieversorgung des Messegeländes bis 2028. Auf diesem Weg bildet das Forschungsprojekt REMBup einen zentralen Baustein. Die NürnbergMesse integriert die ausgewählten Technologien in das bestehende Versorgungssystem und betreibt den sektorengesammelten Anlagenverbund.

Die Heitec Innovations begleitet die NürnbergMesse seit 2020 auf dem Weg zur CO₂-Neutralität und hat im Vorfeld unter anderem die PV-Anlagen sowie die Batteriespeicher dimensioniert und mithilfe von Prognosen eine wirtschaftliche Umsetzung von flexiblen Strompreisen ermöglicht. Heitec ist im Forschungsprojekt Konsortialführer und verantwortlich für die Entwicklung eines digitalen Anlagenzwillings, der das Energiesystem im gesamten Lebenszyklus begleitet, von der

ersten Idee über die Auslegung bis hin zum optimalen Betrieb.

Die Energie Plus Concept GmbH treibt seit 2018 aktiv die Wärmewende in Deutschland voran, indem sie erneuerbare Energiekonzepte für Siedlungen, Quartiere und ganze Stadtteile entwickelt. Eine besondere Expertise hat sie bei der Simulation und Planung oberflächen-nahester Geothermiesysteme aufgebaut. Ihr Schwerpunkt liegt in der Kombination unterschiedlichster nachhaltiger Wärmequellen zu komplexen Wärme- und Kälteversorgungskonzepten. Dieses Wissen bringt sie in REMBup bei der Erschließung von Umweltwärmequellen und der Konzeptionierung des thermischen Gesamtkonzepts ein.

Die Build.Ing Consultants + Innovators GmbH erschließt als beratende, planende und forschende Ingenieurgesellschaft nachhaltige Wege zu ressourcenschonenden und innovativen Energielösungen in der gebauten Umwelt. Im Forschungsprojekt unterstützt sie bei TGA-Planungen und der realen technischen Umsetzung der Technologien.

Die Energas BHKW GmbH bietet in Deutschland ökologische Energiekomplettlösungen mit effizienten Jenbacher-KWK-Anlagen und unterstützt Unternehmen sowie Kommunen bei der Realisierung individueller Projekte. Als Tochterunternehmen der Innio Group steht Qualität, Zuverlässigkeit und guter Service im Vordergrund. Das Angebot reicht vom einzelnen BHKW-Modul bis zur schlüsselfertigen Gesamtanlage – inklusive Planung, Anlagenbau und Service. Für die NürnbergMesse untersucht

Industriepartner:



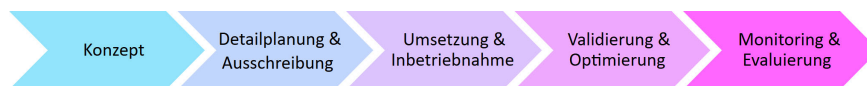
- Projektinitiator & Anlagenbetreiber
- Integration in das Bestandssystem & die Gebäudeautomation
- Projektkoordinator
- Konzeptionierung des Reallabors
- Simulation und Digitaler Zwilling
- Erschließung der Wärmequellen und -senken
- Thermische Konzeptionierung
- Konzeptionierung des hybriden Kraftwerks
- Unterstützung bei der Detailplanung
- Begleitung Bau, Inbetriebnahme, Monitoring
- Expertise in Biomassekraftwerken, KWK, CO₂-freie Gase
- Optimale Integration der KWK

Forschungspartner:



- Netzplanung und Stabilitätssicherung
- Echtzeitsimulationen
- Netzseitiges Layer des Digitalen Zwillings
- Entwicklung der Energiemanagement Methoden
- Simulation und Optimierung des Energiesystems
- Prognosemodelle für die Bedarfe
- Multikriterielle Optimierung
- Geschäftsmodelle und Verwertungsplan
- Untersuchung von Möglichkeiten und Strategien zur Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff am Messegelände
- Ökonomisch optimale und nachhaltige Nutzung des erzeugten PV-Stroms

Projektpartner und Schwerpunkte des Projekts REMBup. *Grafik: Heitec Innovations*



Übersicht der fünf Projektphasen. *Grafik: Heitec Innovations*

sie den BHKW-Einsatz zur Verstromung von Wasserstoff oder biogenen Gasen.

Der Lehrstuhl für Elektrische Energiesysteme der FAU Erlangen-Nürnberg forscht und lehrt in allen zentralen Bereichen der elektrischen Energietechnik. Schwerpunkte sind die Modellierung und Analyse großräumiger Netzstrukturen mit hoher Umrichterdurchdringung, die Bewertung von Systemstabilität und Netzschutz sowie die Untersuchung hybrider Speichersysteme und Mikronetze hinsichtlich ihrer netzdienlichen Integration. Im Projekt REMBup stehen insbesondere die Systemstabilität und die netzdienliche Einbindung erneuerbarer Energien im Mittelpunkt.

Drei Institute der Fraunhofer-Gesellschaft unterstützen das Projekt. Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB ist spezialisiert auf Wide-Bandgap-Halbleiter und effiziente Leistungselektronik. Material- und Bauelemente-Know-how verschmilzt hier mit komplexer Systementwicklung, vor allem für Elektromobilität und nachhaltige Energieversorgung. Das Fraunhofer IISB betreibt ein Reallabor für intelligente dezentrale Energiesysteme, in dem die effiziente Energiebereitstellung an den eigenen Institutsgebäuden untersucht und demonstriert wird. Im Projekt bringt das Institut seine umfassende Expertise in den Feldern Simulation und Optimierung sektoren-

gekoppelter Energiesysteme sowie Entwicklung intelligenter Energiemanagement-Methoden ein.

Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS entwickelt in sieben Forschungsbereichen wegweisende Lösungen für den technologischen Fortschritt, die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft und die Förderung einer nachhaltigen Gesellschaft. Die große Leistungsfähigkeit des Instituts fußt dabei auf vier Kernkompetenzfeldern: Künstliche Intelligenz (KI), Mikroelektronik, Datenerfassung und -analyse sowie Signalverarbeitung und Datenübertragung. Im Konsortium entwickelt das Fraunhofer IIS zum einen KI-basierte Prognosen und Optimierungen für den digitalen Zwilling des Energiesystems. Zum anderen wird das Business-Ökosystem als Grundlage für die Ausgestaltung möglicher Geschäftsmodelle modelliert.

Die Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG, forscht an sieben Standorten auf den Gebieten integrierter Energieinfrastrukturen, Geothermie und Sektorenkopplung für eine erfolgreiche Energiewende. Für REMBup bringt das Fraunhofer IEG seine Expertise auf dem Gebiet der Wasserstoffspeicherung und -nutzung ein.

Das Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI ERN) als Außenstelle des Forschungszentrums

Jülich beschäftigt sich im Projekt mit der Zuverlässigkeit und Lebensdauer der PV-Anlagen.

Arbeitsplan

Kernstück des Projekts ist neben der Realisierung der Anlagentechnik im bestehenden System der NürnbergMesse ein digitaler Zwilling des Hybridkraftwerks, den die Projektpartner entwickeln. Dieses digitale Modell bildet das Energiesystem simulativ ab und ermöglicht durch den modularen Aufbau eine einfache Übertragbarkeit auf andere industrielle Anwendungen. Mittels Lastprognosen, KI sowie intelligentem Energiemanagement optimieren die Forschenden das System energetisch und wirtschaftlich – von der Konzeptionierung über die Umsetzung bis hin zum Betrieb. Es werden sämtliche Randbedingungen des Energiesystems selbst, die verschiedenen Energiebedarfe sowie externe Einflüsse (zum Beispiel mittels Wettervorhersagen) berücksichtigt. So liefert der digitale Zwilling im Betrieb nicht nur grobe Abschätzungen oder Szenarien, sondern kann durch die exakte Abbildung der realen Gegebenheiten auch direkt zur Systemsteuerung herangezogen werden. Die Erkenntnisse und Ergebnisse werden im realen Messebetrieb praktisch getestet und daran anknüpfend neue Geschäftsmodelle für den Betrieb von nachhaltigen Hybridkraftwerken entwickelt [4].

Das Projekt REMBup startete am 1. Januar 2024 mit einer Laufzeit von fünf Jahren. Der Arbeitsplan sieht vor, dass in der ersten Phase die Konzeption des Hybridkraftwerks im Vordergrund steht. In der zweiten Phase folgen die Detailplanung und Ausschreibung, um dann in der dritten Phase die Umsetzung und Inbetriebnahme des Hybridkraftwerks durchzuführen. In der vierten Phase schließt sich die Validierung und Optimierung der Anlagen im Betrieb an, um dann schließlich in der letzten Phase des Projekts, das Monitoring- und die Evaluierung abschließen zu können.

Aktueller Projektstand

In themenspezifischen Arbeitsgruppen wurden verschiedenste Konzepte untersucht und entwickelt, um den speziellen Anforderungen der NürnbergMesse gerecht zu werden.

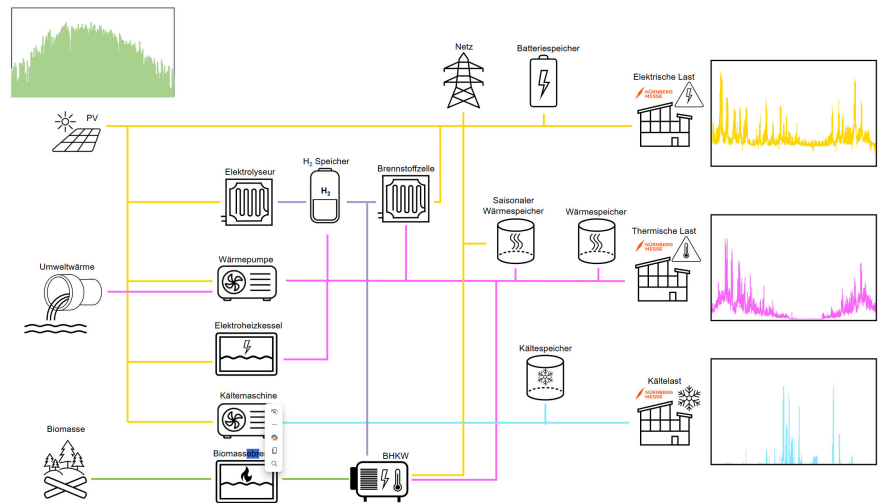
Jeder Partner brachte seine Expertisen im eigenen Spezialgebiet mit, die in die

Entwicklung der Konzeption eingeflossen sind. Mithilfe des erstellten digitalen Zwillings konnten mehrere tausend Systemkonfigurationen automatisiert untersucht und ausgewertet werden. Die verschiedenen Technologien und Dimensionierungen wurden mit ihrer Entwicklung über 20 Jahre im Hinblick auf CO₂-Emissionen, Kapitalwert und Effizienz miteinander verglichen und die vorteilhaftesten Kombinationen ermittelt. Als Ergebnis konnten verschiedene geeignete Konzepte zur Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Kälte, unter Berücksichtigung aller notwendigen Randbedingungen und Einflussfaktoren, vorgestellt und diskutiert werden.

Die Parameterstudie hat ergeben, dass Wasserstoffkomponenten mithilfe der Förderung wirtschaftlich betrieben werden können, wenn eine Kombi-Nutzung des BHKWs besteht. Durch eine regionale Zulieferung von Biomasse ist auch der Strang Hackschnitzel-Kraft-Wärme-Kopplung trotz hoher Investition insgesamt wirtschaftlich. Ein weiterer Ausbau der PV-Anlagen ergibt Sinn, die Batteriespeicher sind nach aktuellem Stand bereits optimal dimensioniert. Ein Ausbau wäre hier hinsichtlich neuer Use-Cases (wie Day-Ahead-Markt) sinnvoll und wird aktuell untersucht. Die Erschließung von Umweltwärme, hier die Nutzung eines unterhalb der Messe verlaufenden Abwasserkanals oder der oberflächennahen Geothermie unterhalb eines nahegelegenen Gewässers, bringt durch ganzjährig hohe Leistungszahlen der geplanten Wärmepumpen eine gute Wirtschaftlichkeit mit sich. Die thermischen Speicher werden um eine optimierte Betriebsstrategie ergänzt und detailliert auf Wirtschaftlichkeit untersucht. Ein Erdgas- und Fernwärmebezug, wie bei der aktuellen Versorgung, kann durch diesen Technologiemix komplett vermieden werden. Trotz gesteigerter Elektrifizierung des Systems kann so der Strombezug bei reduzierten Lastspitzen und optimierter Eigenstromnutzung voraussichtlich verringert werden.

Ausblick

Die Anlagen gehen in den kommenden Monaten in die Detailplanung und Ausschreibung, anschließend in den Aufbau, die Inbetriebnahme und schließlich in den Betrieb. Parallel wird der digitale Zwilling mit allen notwendigen Funktionalitäten weiterentwickelt. Das digitale Modell wird



Mögliche Technologien zur CO₂-neutralen Energieversorgung der NürnbergMesse.

Grafik: Heitec Innovations

anhand von Planungsdaten und später mit Betriebsdaten der realen Anlage immer ähnlicher, damit alle relevanten Vorgänge abgebildet werden können. Ein Energiemanagementsystem wird entwickelt, um eine optimale Echtzeit-Steuerung des Anlagenverbundes zu ermöglichen. Dazu werden Erzeugungs- und Lastprognosen anhand von Wetterprognosen und historischen Daten erstellt.

Das Reallabor REMBup stellt ein Leuchtturmprojekt der Energiewende dar, in dem modernste Technologien intelligent und optimal über die Energiesektoren hinweg miteinander kombiniert werden. Das Konzept kann nach der Umsetzung und Auswertung als Blaupause auf eine Vielzahl an Gewerbe- und Industrieunternehmen übertragen werden. Weitere Informationen und fortlaufend neue Erkenntnisse sind auf der LinkedIn-Seite REMBup (www.linkedin.com/company/rembup) zu finden. ■

Literatur

- [1] NürnbergMesse GmbH: Geschäftsbericht 2024. <https://www.nuernbergmesse.de/de-de/unternehmen/geschaeftsbericht>, zuletzt abgerufen am 13.1.2026.
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE): Förderformat: Reallabore der Energiewende. <https://www.energieforschung.de/de/foerderung/foerderformate/foerderformat-reallabore-der-energie-wende>, zuletzt abgerufen am 13.1.2026.
- [3] BMW: Umweltfreundliche Energieversorgung der Nürnberger Messehallen. Pressemitteilung vom 26.7.2024,

<https://www.energieforschung.de/de/aktuelles/projektinblicke/2024/rembup-umweltfreundliche-energieversorgung-der-nuernberger-messehallen>, zuletzt abgerufen am 13.1.2026.

- [4] Energieregion Nürnberg e. V.: Sektorgekoppeltes Hybridkraftwerk für CO₂-neutrale Energieversorgung. Pressemitteilung vom 15.9.2025, <https://www.energieregion.de/aktuelles/energieregion-news/sektorgekoppeltes-hybridkraftwerk-fuer-co2-neutrale-energieversorgung>, zuletzt abgerufen am 13.1.2026.

DANKSAGUNG

Die Projektpartner bedanken sich für die Förderung des Verbundprojekts REMBup – Regenerative Energieversorgung eines Messebetriebs – durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im 7. Energieforschungsprogramm aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags unter dem Förderkennzeichen 03EWR021A-I.

Dr.-Ing.

Florian Raab

Leiter Entwicklung bei der Heitec Innovations GmbH

Florian.Raab@heitec-innovations.de

Dr.-Ing.

Christopher Lange

Senior Scientist Intelligente Energiesysteme beim Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB

christopher.lange@iisb.fraunhofer.de

Björn Ohlsen

Leiter Forschung und Innovation bei der Energie Plus Concept GmbH

b.ohlsen@energie-plus-concept.de