



Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

Klimaneutrale Industrie

Wege zu einer sauberen und wettbewerbsfähigen Produktion

Die Industrie – speziell die energieintensiven Industriezweige – haben weltweit einen hohen Anteil am Energieverbrauch und an den Treibhausgasemissionen. Um die Dekarbonisierung der Industrie voranzutreiben, müssen teilweise völlig neue Technologien und Verfahren entwickelt werden. Innovationen für eine zukunftsfähige, klimaneutrale industrielle Produktion sind zugleich notwendig, um die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie langfristig abzusichern.

Pilotanlage HYFOR® - Wasserstoffbasierte Technologie
für die Eisen- und Stahlproduktion, siehe Seite 6
Foto: primetals.com

Klimaneutrale Produktion

Strategien zur Transformation der Industrie

Die nationalen und europäischen Ziele „Klimaneutralität bis 2040 bzw. bis 2050“ erfordern eine drastische Senkung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen in allen Wirtschaftsbereichen. Ein wichtiger Schlüssel zur Erreichung der Klimaziele und zugleich eine der größten Herausforderungen ist die Dekarbonisierung der industriellen Prozesse. Vor allem die energieintensiven Industriezweige Eisen und Stahl, Zement und Chemie benötigen für ihre Produktion sehr hohe Temperaturen und große Mengen an Energie. Weltweit sind diese Industrien für gut ein Viertel der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Laut Berechnungen der Internationalen Energieagentur könnten hier global rund 60 GT bis 2050 eingespart werden¹.

DEKARBONISIERUNG DER INDUSTRIE

Um die Potenziale zur Reduktion von CO₂-Emissionen in der Industrie ausschöpfen zu können, müssen rasch neue Technologien und Innovationen entwickelt, skaliert und eingesetzt werden. Die Transformation der Industrie hin zu klimaneutralen Techniken und Produktionsverfahren ist gleichzeitig notwendig, um die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen produzierenden Unternehmen langfristig zu stärken. Weltweit wächst der Bedarf an nachhaltigen Produktionsweisen und klimaneutralen Geschäftsmodellen. Die Entwicklung und Implementierung von Spitzentechnologien für die Dekarbonisierung der Industrie bietet die Chance, sich mittel- und langfristig in diesen global wachsenden Märkten erfolgreich zu positionieren.

Eine vollständige Dekarbonisierung stellt die energieintensiven Branchen vor große Herausforderungen. So gelten insbesondere die prozessbedingten Emissionen verschiedener industrieller

Produktionsprozesse, z. B. in der Zementherstellung, als „schwer vermeidbar“ (engl. „hard to abate“). Hier braucht es gänzlich neue Verfahren, die sich teils erst in Entwicklung befinden.

Zu den Strategien für die Reduktion von Treibhausgasemissionen in der Produktion gehören u. a.:

- > Prozessoptimierung und Steigerung der Energieeffizienz
- > Ersatz von fossilen Brennstoffen durch direkte Elektrifizierung (Voraussetzung dafür ist, dass der Strom aus erneuerbaren Quellen stammt)
- > Umstellung auf neue klimafreundliche bzw. klimaneutrale Prozesse, wie z. B. die Wasserstoff-Direktreduktion in der Stahlherstellung, der Ersatz von fossilem Wasserstoff durch grünen Wasserstoff (z. B. in der chemischen Industrie) oder der Einsatz von synthetischen Kraftstoffen als Energieträger oder Rohstoff
- > Verbesserung der Materialeffizienz
- > Digitalisierung und Flexibilisierung des Energieeinsatzes
- > Abscheidung und dauerhafte Speicherung von energie- oder prozessbedingtem CO₂ (CCS-Carbon Capture and Storage) sowie die CO₂-Abscheidung und -Nutzung (CCU-Carbon Capture and Utilization)
- > Transformation hin zur Kreislaufwirtschaft (mit Fokus auf Langlebigkeit, Reparierbarkeit, Recyclingfähigkeit sowie der geteilten Nutzung von Produkten)

In diesem Heft stellen wir Strategien und Aktivitäten Österreichs im Rahmen internationaler Initiativen zum Thema „Dekarbonisierung der Industrie“ vor und präsentieren einige richtungsweisende Projekte aus der österreichischen Forschung und Technologieentwicklung. ●

¹ www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021



beide Fotos: stock.adobe.com

MISSION INNOVATION

Net-Zero Industries

Mission Innovation (MI) ist eine globale Initiative, die anlässlich der Weltklimakonferenz 2015 in Paris von führenden Energietechnologieländern¹ gegründet wurde. Ziel der Initiative ist es, gemeinsam mit privaten Investoren den Klimawandel zu bekämpfen und die Entwicklung sauberer Energietechnologien voranzutreiben. Durch die Kooperation von öffentlichen und privaten Sektoren soll der Wissenstransfer gefördert, Forschungskooperationen gebildet und Demonstrationsanlagen gebaut werden. Österreich ist der Initiative 2018 beigetreten.

2022 startet die Mission „Net-Zero Industries“, für die Österreich gemeinsam mit Australien die Leitung übernommen hat. China, die Europäische Union, Deutschland, Finnland und das Vereinigte Königreich sind Kernmitglieder.

Ziel ist es, Investitionen zu mobilisieren, um die Entwicklung von Schlüsseltechnologien für die vollständige Dekarbonisierung der Industrie voranzutreiben. Die Net-Zero Industries Mission (NZI) soll sicherstellen, dass bis 2030 eine zuverlässige, kostengünstige und emissionsfreie Produktion in Hochtemperaturprozessen der Stahl-, Zement- und chemischen Industrie ermöglicht wird. In diesem Zeitraum wollen die teilnehmenden Länder Lösungen mit Technologiereifegrad TRL 6 oder höher entwickeln und demonstrieren. Die klimaneutralen Produktionsweisen sollen skalierbar und bis 2050 mit etablierten Technologien wettbewerbsfähig sein.

ZIELE DER NET-ZERO INDUSTRIES MISSION BIS 2030:

- > Umsetzung von mindestens zwei groß angelegten Demonstrationsprojekten für jedes Innovationsfeld und jeden Sektor der energieintensiven Industrie (Stahl, Zement, Chemikalien)
- > Entwicklung von neuen, emissionsarmen Breakthrough-Technologien für die industrielle Produktion
- > Reduzierung der Investitionsausgaben für emissionsarme innovative Technologien um mehr als 15 %

Zu den zentralen Innovationsfeldern in der industriellen Produktion zählen die Prozessoptimierung und Effizienzsteigerung, der Umstieg auf neue Kraft- und Rohstoffe, die direkte Elektrifizierung, CCS und CCU, Digitalisierung, Flexibilisierung und Sektorkopplung.

Die Mission will die nationale und multinationale Forschung und Technologieentwicklung vernetzen, bündeln und zielgerecht ausrichten. Ein starker Fokus liegt darauf, Kooperationen und Technologietransfer zu forcieren, um die Markteinführung innovativer Technologien, insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern massiv zu beschleunigen. ●

¹ An der globalen Initiative Mission Innovation nehmen 22 Staaten und die Europäische Union teil.

PETA OLESEN

DEPARTMENT OF INDUSTRY, SCIENCE, ENERGY AND RESOURCES

AUSTRALIAN GOVERNMENT



Foto: privat

„Australien unterstützt die Forschung, Entwicklung, Demonstration und rasche Markteinführung emissionsarmer Technologien durch Ko-Investitionen mit dem privaten Sektor. Im Rahmen von Australiens „Technology Investment Roadmap“ priorisieren wir Technologien zur Reduzierung der Emissionen aus energieintensiven Industrien wie Stahl und Aluminium, unter anderem durch erneuerbare Energien und saubere Wasserstoffproduktion. Mission Innovation ist eine wichtige Initiative, um die Zusammenarbeit von Forschung und Industrie zu forcieren und die Entwicklung emissionsarmer Technologien zu beschleunigen. Die gemeinsame Leitung der Mission Net-Zero Industries ermöglicht es uns, zusammenzuarbeiten, zu lernen, Lösungen auszutauschen und dadurch neue Technologien voranzutreiben.“

ZUKUNFTSSZENARIEN

für die Dekarbonisierung der Industrie in Österreich

Der Innovationsverbund NEFI – New Energy for Industry¹ vernetzt Technologieanbieter, Industrie, Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit, mit dem Ziel gemeinsam bis 2025 den Weg zur Dekarbonisierung der produzierenden und energieintensiven Industrie in Österreich zu demonstrieren.

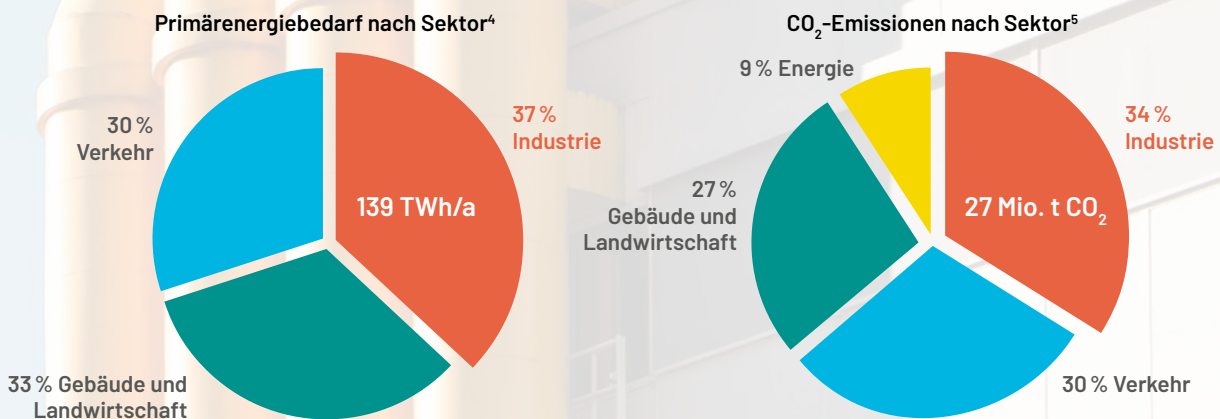
NEFI hat sich um ein Konsortium aus AIT Austrian Institute of Technology, Montanuniversität Leoben, OÖ Energiesparverband und OÖ Wirtschaftsagentur Business Upper Austria formiert und umfasst aktuell rund 80 Unternehmen, 14 Forschungs- und 7 institutionelle Partner. Im Netzwerk finden sich Unternehmen aller Sektoren (u. a. der Lebensmittel-, Maschinenbau-, Kunststoff-, Zement- und Stahlindustrie). Die Bandbreite reicht von großen Leitbetrieben bis zu innovativen KMUs. Die industriestarken Bundesländer Oberösterreich und Steiermark unterstützen das Programm. In einem offenen Innovationsprozess entwickeln die Kooperationspartner zahlreiche Projekte, demonstrieren neue Technologien in der Praxis und bringen diese bis zur Marktreife. Im Rahmen des NEFI_Lab² werden als Entscheidungsgrundlage

für Industrie und Politik Modelle und Szenarien ausgearbeitet, die den Pfad zur vollständigen Dekarbonisierung der österreichischen Industrie beschreiben. Die entwickelten Szenarien zeigen auf, an welchen Stellen in der österreichischen Industrielandschaft Projekte platziert werden können und beleuchten die notwendige Infrastruktur und die erforderlichen Rahmenbedingungen für die Versorgung der österreichischen Industrie mit bis zu 100 % erneuerbarer Energie.

ENTWICKLUNG VON DREI SZENARIEN

Das Szenario „Business as usual“ dient als Referenzlinie, woran die Wirksamkeit innovativer Technologien und Maßnahmen in den beiden Transformationsszenarien bewertet werden können. Im „Pathway of Industry“ (POI) steht der enge Dialog und Austausch mit den Industriepartnern im Fokus, die eine Selbsteinschätzung ihrer Entwicklung bis 2030 bekannt geben. Anhand dieser Einschätzung kann die Entwicklung für das Jahr 2050 mittels kurz- bis mittelfristig verfügbaren Technologien extrapoliert werden. Im „Zero Emission“-Szenario (ZEM) erfolgt ein

Anteil Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen Industrie in Österreich



¹ NEFI – New Energy for Industry wird im Rahmen des Programms Vorzeigeregion Energie des Klima- und Energiefonds durchgeführt.

² Im NEFI_Lab arbeiten ExpertInnen des Lehrstuhls für Energieverbundtechnik an der Montanuniversität Leoben (Leitung), des AIT Austrian Institute of Technology sowie Vertreter*innen führender österreichischer Unternehmen zusammen.

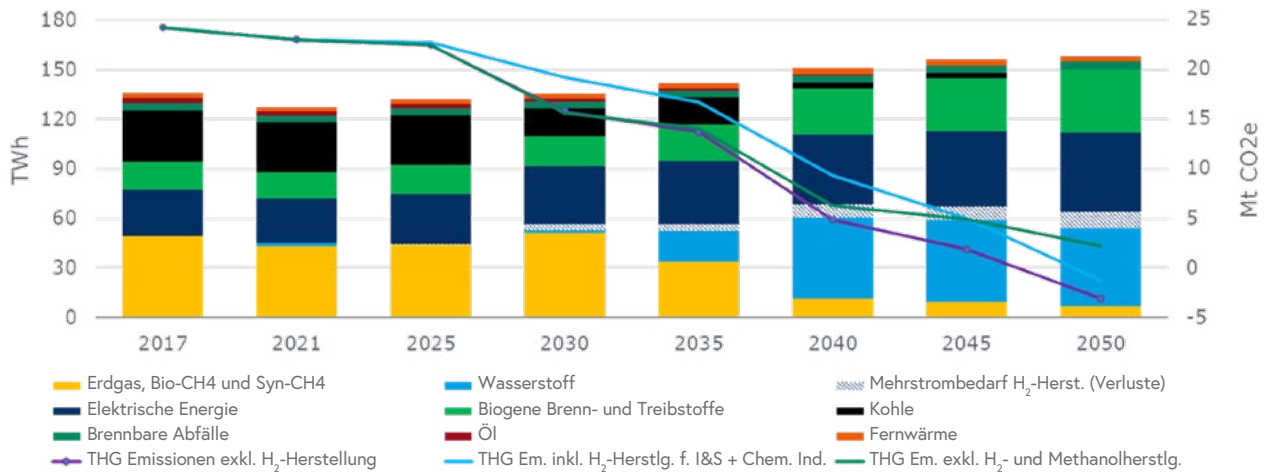
³ Aktuell wird im Rahmen des Projekts „TransformIndustry“ (AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Austrian Energy Agency, Montanuniversität Leoben/ Lehrstuhl für Energieverbundtechnik, Energieinstitut an der JKU Linz) an weiteren szenarien-basierten Transformationspfaden zur Erreichung der Klimaneutralität der österreichischen Industrie im Jahr 2040 gearbeitet.

⁴ Sejkora et al., „Exergy as Criteria for Efficient Energy Systems – A Spatially Resolved Comparison of the Current Exergy Consumption, the Current Useful Exergy Demand and Renewable Exergy Potential“, Energies, 2020

⁵ Umweltbundesamt Österreich, „National Inventory Report 2021“

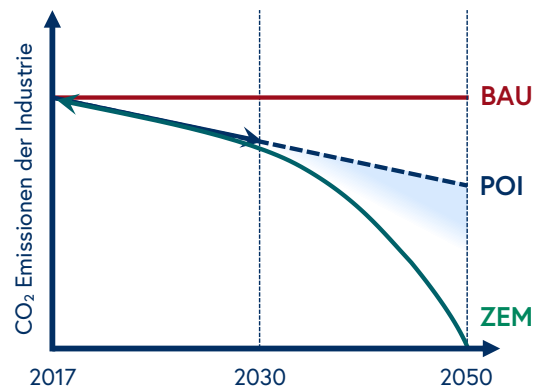
⁶ www.nefi.at/nefi_lab/

Gesamtenergiebedarf und THG-Emissionen der Industrie in Österreich - ZEM-Szenario⁶



sogenanntes Backcasting von der Zielsetzung „CO₂-Neutralität bis 2050“. Von dieser Zukunftsvision ausgehend, wird auf normativer Ebene ein Transformationspfad für die österreichische Industrie aufgezeigt, um das Ziel bis 2050 erreichen zu können. Die Ergebnisse der Analysen wurden für alle Branchen der österreichischen Industrie dargestellt: u. a. Eisen- und Stahl-erzeugung, Steine und Erden/Glas, Papier und Druck, Chemie und Petrochemie sowie Maschinenbau.³

Die Analysen zeigen, dass entsprechende Maßnahmen in der Industrie nur dann wirksam werden, wenn sichergestellt werden kann, dass erneuerbare Energie in ausreichender Menge verfügbar ist. Für eine vollständige Dekarbonisierung der österreichischen Industrie ist es essentiell, dass Investitionen in innovative Technologien und Prozesse sowie der Umstieg auf erneuerbare Energieträger sofort starten. Zentrale Voraussetzung dafür sind geeignete Rahmenbedingungen, die den Industrieunternehmen Planungssicherheit geben. ●



PROJEKTION 2050 IN 3 SZENARIEN

Quantifizierung technologiebasierter Transformationsszenarien

BAU: Business-as-Usual scenario: Fortschreiben von Trends

POI: Pathway of Industry scenario: auf Basis der Einschätzung der Industrie

ZEM: Zero Emission scenario: „Backcasting“ der Prämisse netto-0 THG Emissionen 2050

www.nefi.at



Foto: Christopher Glanzl

AGNES ZAUNER

GESCHÄFTSFÜHRERIN GLOBAL 2000

„Die Industrie ist der größte Treibhausgasemittent in Österreich. Es ist daher unumgänglich, dass alle größeren Unternehmen Pläne verfolgen, ihre hohen Emissionen rasch zu senken. Dabei sind einerseits alle Energieeinsparpotenziale zu nützen, Investitionspläne auf die Umstellung auf klimafreundliche Technologien auszurichten und andererseits braucht es natürlich auch die entsprechenden politischen Rahmenbedingungen. Der naturverträgliche Ausbau erneuerbarer Energien muss vorangetrieben werden und grünes Gas vor allem für jene Prozesse reserviert werden, wo es benötigt wird. In der Raumwärme sollten wir hingegen rasch aus Gasheizungen aussteigen. Das gilt es jetzt gesetzlich zu regeln. Nur mit einer unabhängigen, klimafreundlichen und naturverträglichen Energieversorgung können wir Wohlstand und den Schutz der Umwelt in Einklang bringen.“

HYFOR[®]

Wasserstoffbasierte Technologie für die Eisen- und Stahlproduktion

Die Produktion von Eisen und Stahl erfolgt weltweit großteils über die Hochofenroute. Dieses Verfahren hat prozessbedingt einen sehr hohen Energieverbrauch und verursacht hohe CO₂-Emissionen durch den Einsatz von Kohle. Um eine schrittweise Dekarbonisierung der Eisen- und Stahlproduktion zu erreichen, müssen neue Verfahren entwickelt und eingesetzt werden. Eine alternative Technologie ist die Direktreduktion.

UMWELTFREUNDLICHE ALTERNATIVE ZUR HOCHOFENROUTE

Das Unternehmen Primetals Technologies Austria GmbH¹ entwickelt seit einigen Jahren eine innovative Variante der Direktreduktion. Bei der HYFOR[®] (Hydrogen-based fine-ore reduction)-Produktionsroute kommt eine wasserstoff-basierte Technologie zum Einsatz. Feinsteisenerz wird in diesem Verfahren erstmals direkt ohne weiteren Agglomerationsschritt, wie Pelletieren oder Sintern, in einem Wirbelschichtreaktor zu DRI (Direct Reduced Iron) reduziert. Dadurch können Investitions- und Betriebskosten eingespart werden. In diesem Prozess wird statt Kohle grüner Wasserstoff zur Reduktion von Eisenerz eingesetzt, was zu einer erheblichen Senkung der CO₂-Emissionen führt. Ziel ist es, mit der neuen Technologie den Anteil von Primärenergie um 20 % sowie den CO₂-Ausstoß, um bis zu 100 % zu senken. Das bedeutet, dass der CO₂-Fußabdruck der Rohstahlproduktion mit dieser Technologie um 80 % verringert wird.

PILOTBETRIEB FÜR WELTWEIT EINZIGARTIGES VERFAHREN

Nach vielversprechenden Kalt- und Heißversuchen im Labormaßstab errichtete die Primetals Technologies Austria GmbH am Standort des Projektpartners voestalpine Stahl in Donawitz eine HYFOR[®]-Pilotanlage. Seit 2021 wird hier das neuartige Verfahren „made in Austria“ weiter untersucht, um die Laborergebnisse im Realbetrieb zu verifizieren.



HYFOR[®] Pilotanlage, Foto: primetals.com



Erzchargierung Reaktor und Zyklonkreislauf, Foto: primetals.com

¹ PROJEKTPARTNER: Primetals Technologies Austria GmbH (Projektleitung), voestalpine Stahl Donawitz GmbH, Metallurgisches Kompetenzzentrum KIMet

”

Primetals Technologies bekennt sich zur signifikanten Reduktion des CO₂-Fußabdrucks und ist fest entschlossen, den Stahlsektor zu unterstützen, um das Null-Kohlenstoffziel zu erreichen. Dies erfordert jedoch innovative Entwicklungen, Kooperation von Stahlproduzenten und wissenschaftlichen Einrichtungen, als auch der öffentlichen Hand. HYFOR® ist ein Beispiel für eine bahnbrechende Innovation, welches diese Faktoren vereint. Ohne der Unterstützung des Klima- und Energiefonds, wären derartige Ergebnisse bei solchen Entwicklungen nicht möglich.“



Foto: primetals.com

ETSURO HIRAI
CHIEF TECHNOLOGY OFFICER UND CEO PRIMETALS TECHNOLOGIES AUSTRIA

Die Pilotanlage setzt sich aus drei Teilen zusammen: der Vorwärm-Oxidationseinheit, einer Gasaufbereitungsanlage und der eigentlichen Reduktionseinheit. In der Vorwärm-Oxidationseinheit wird das Feinerzkonzentrat auf über 800 °C erhitzt und der Reduktionseinheit zugeführt. Als Reduktionsgas wird 100 % Wasserstoff eingesetzt. Eine Trockenentstaubungsanlage vermeidet Emissionen aus den beteiligten Prozessen. Das heiße direktreduzierte Eisen (Hot Direct Reduced Iron/HDI) verlässt die Reduktionsanlage mit einer Temperatur von ca. 600 °C, bevor es abgekühlt und aus der HYFOR®-Pilotanlage ausgetragen wird.

ERGEBNISSE UND POTENZIALE

Die Versuche im Pilotbetrieb verlaufen sehr vielversprechend. Die HYFOR®-Technologie ist das erste Verfahren weltweit, in dem Eisenerzkonzentrate mit 100 % Partikelgrößen unter 0,15 mm verarbeitet werden können. Der Prozess ist für eine Vielzahl von Erzen wie z. B. Hämatit und Magnetit geeignet. Im zweijährigen Pilotbetrieb sollen in der Anlage verschiedene Eisenerzarten getestet werden, um die optimalen Prozessparameter für die zukünftige klimafreundliche Roheisenproduktion zu erforschen. Die Größenordnung der verarbeiteten Eisenerzmenge liegt bei diesen Testläufen im Bereich von 800 kg. Die Direktreduktionsanlage ist modular aufgebaut. Dies ermöglicht eine kundenspezifische Skalierung für Stahlwerke jeder Größe. Der nächste Schritt wird die Erweiterung des Pilotbetriebs durch eine Heißbrikettierungs-Versuchsanlage zur Herstellung von heißbrikettiertem Eisen (Hot Briquetted Iron/HBI) sein.

Ziel ist es, den HYFOR®-Prozess zu verifizieren und anhand der Testreihen die erforderliche Datenbasis für die Umsetzung eines Prototypen im industriellen Maßstab bereitzustellen. ●

energieforschung.at/projekt/fluidred-hot-bench-scale-plant



Oberer Erz/DRI Bunker, Foto: primetals.com



Ausschleuseleitung zum Produktkühler, Foto: primetals.com

IEA Industrielle Energietechnologien und Systeme (IETS TCP)

Das Technologieprogramm IETS der Internationalen Energieagentur befasst sich mit industriellen Energietechnologien und -systemen. Der Fokus liegt auf Forschung und Technologieentwicklung für eine effizientere Nutzung von Energie in der industriellen Produktion. Im Rahmen der internationalen Kooperation werden u. a. Forschungsaktivitäten zur Integration von erneuerbaren Energiequellen, industrielle Abwärmenutzung, Bioraffinerien, Trennungsprozesse sowie zur industriellen Kohlenstoffabtrennung und -speicherung forciert.

Das Programm unterstützt die Zusammenarbeit der industrie-relevanten Forschungsdisziplinen und fördert die Vernetzung innerhalb von Industriesektoren und zu Querschnittstechnologien sowie den Informations- und Wissenstransfer zwischen Expert:innen aus Industrie, Wissenschaft und Technologiepolitik.

nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/iets



INDUSTRIELLE ABWÄRMENUTZUNG

Dieses Projekt verfolgt einen multi-disziplinären Ansatz zur integrierten Nutzung von industrieller Abwärme und zielt auf die Optimierung der Energieeffizienz im globalen Kontext ab. Die Optimierung und (Weiter-) Entwicklung von energie- und kosten-effizienten Technologien werden vorangetrieben. Die Teilnahme erlaubt es österreichischen Stakeholdern auf internationaler Ebene Kooperationen zu knüpfen und ihr Knowhow im Bereich industrieller energierelevanter Technologien und Systeme weltweit anzubieten.

nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/iets/iea-iets-annex-15-phase-3.php



DIGITALISIERUNG, KI UND VERWANDTE TECHNOLOGIEN FÜR INDUSTRIELLE ENERGIEEFFIZIENZ UND THG-EMISSIONSREDUKTION

Mit der weiteren Entwicklung und Anwendung von Digitalisierung, KI und verwandten Technologien soll die wirtschaftliche und ökologische Performance von energie- und THG-intensiven Industrien verbessert werden. Ein Schwerpunkt des Projekts liegt darauf, die Umsetzung von Digitalen Zwillingen in der Industrie zu unterstützen, indem entsprechende Grundlagen und Rahmenbedingungen dafür geschaffen werden.

nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/iets/iea-iets-annex-18.php



INDUSTRIELLE ELEKTRIFIZIERUNG

Die Elektrifizierung industrieller Prozesse leistet, wenn die Versorgung über Strom aus erneuerbaren Quellen erfolgt, einen wesentlichen Beitrag zur CO₂-Emissionsreduktion. Gleichzeitig kann der Umstieg auf den Energieträger Strom energetische und wirtschaftliche Effizienzsteigerungen mit sich bringen. Ziel des Projekts ist ein Wissenstransfer zwischen internationalen und nationalen Stakeholdern und die Analyse von vorhandenen Technologien, Programmen, Roadmaps und Maßnahmen.

nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/iets/iea-iets-annex-19.php

REGAS4INDUSTRY

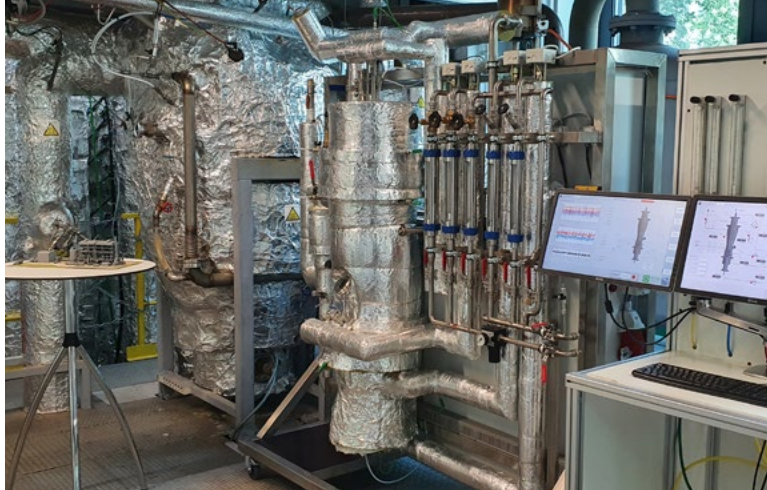
Gase aus biogenen Reststoffen für die Industrie

Im Projekt ReGas4Industry¹ wurde ein Verfahren zur Erzeugung von hochwertigem, synthetischen Sekundärenergieträgern (wie z. B. synthetisches Erdgas) aus erneuerbaren Reststoffquellen untersucht. Diese synthetischen Gase können fossile Energieträger in der Industrie ersetzen und ermöglichen hohe CO₂-Einsparungen. Gegenüber der direkten Erzeugung von Strom und Wärme aus biogenem Restmaterial hat die Gaserzeugung den Vorteil, dass damit ein speicherbarer Energieträger bereitgestellt wird. Am Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften der TU Wien wurde vor einigen Jahren das Zweibettwirbelschicht-Verfahren, eine innovative CO₂-neutrale Technologie zur Erzeugung von Gas aus Hackschnitzeln und Waldhackgut, entwickelt. Nun setzt man statt auf hochpreisige Holz hackschnitzel auf die Verwertung von kostengünstigen Rest- und Abfallstoffen. Dieser Ansatz entspricht einerseits dem Konzept der nachhaltigen Kreislaufwirtschaft und bietet andererseits die Chance, die Wirtschaftlichkeit des innovativen Verfahrens zu erhöhen.

ENTWICKLUNG UND TEST DER TECHNOLOGIE IM PILOTMASSSTAB

Im Rahmen des Projekts¹ wurde vorrangig die Produktion von erneuerbarem Erdgas (SNG/synthetic natural gas) und Hythan (eine Mischung aus Methan und Wasserstoff), aber auch Prozesse zur Herstellung flüssiger Fischer-Tropsch (FT)-Produkte analysiert. Im ersten Schritt untersuchten die Forscher:innen mögliche alternative Brennstoffe (Rest- und Abfallstoffe) und bewerteten diese in Bezug auf die verfügbaren Mengen, Preise, Zusammensetzungen und ihrer Eignung für das neue Verfahren.

Der innovative Prozess besteht aus der neuesten Generation der Zweibettwirbelschicht-Gaserzeugung (dual fluidized bed/DFB) mit anschließender Gasreinigung und katalytischer Methan-Synthese im Wirbelschichtverfahren bzw. FT-Synthese. Die gesamte Prozesskette wurde am Technikum der TU Wien im Pilotmaßstab aufgebaut und betrieben. Zur experimentellen Untersuchung der Gaserzeugung stand ein 100 kW DFB-Gaserzeuger zur Verfügung. Hier wurden umfangreiche Gaserzeugungsversuche mit verschiedenen Brennstoffen und Betriebsbedingungen sowie Bettmaterialien und Vergasungsmitteln durchgeführt.



Versuchsanlage zur Wirbelschichtmethanierung, Foto: TU Wien

Kernstück der Syntheserouten ist ein Wirbelschichtreaktor zur einstufigen Methan-Synthese. Zusätzlich wurden auch Gasreinigungsapparate, wie ein Biodieselwäscher und ein dreistufiger Festbettadsorber im Zuge des Projekts entwickelt und gebaut. So konnte der Betrieb der gesamten Prozesskette vom Reststoff bis zum Roh-SNG umgesetzt werden. Zwei umfangreiche Versuchskampagnen demonstrierten erfolgreich die Roh-SNG Produktion von „Live-Gas“ aus der direkt davor geschalteten 100 kW-Gaserzeugungsanlage.

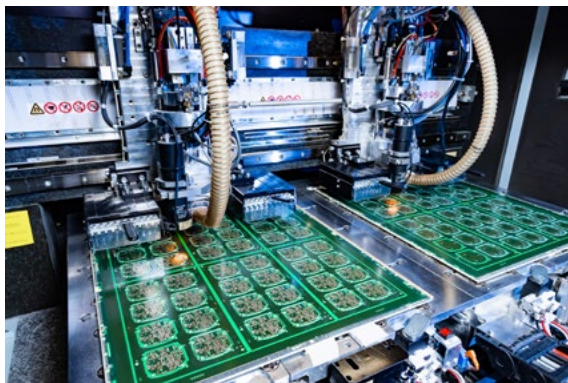
VIELVERSPRECHENDE RESTSTOFFE: RINDE UND KLÄRSCHLAMM

Die Untersuchungen an der Pilotanlage der TU Wien zeigen, dass die Gaserzeugung aus Reststoffen wie Rinde, Lignin, Klärschlamm und Gärresten technisch möglich ist. Mit Rinde, einem klassischen Nebenprodukt der Holzverarbeitenden Industrie, konnten sehr gute Produktgasqualitäten erzielt werden. Rinde hat als Brennstoff für die Produktion von erneuerbarem Erdgas das größte Potenzial.

Auch Klärschlamm ist trotz seines Aschegehalts und des hohen Anteils an Verunreinigungen für die Gaserzeugung und SNG Produktion geeignet. Da die Entsorgung von Klärschlamm Kosten verursacht und der Reststoff somit einen negativen Preis hat, ergibt sich sowohl gegenüber der SNG-Produktion aus hochwertiger Biomasse, als auch gegenüber fossilem Erdgas ein ökonomischer Vorteil. Da das vorhandene Klärschlammpotential in Österreich allerdings begrenzt ist, wäre eine großtechnische Verwertung nur in Ballungszentren sinnvoll. Weitere biogene Reststoffe, die zur Gaserzeugung genutzt werden könnten, sind Gärreste aus Biogasanlagen sowie Reststoffe aus der Papier- und Zellstoffindustrie.

Aufbauend auf den Ergebnissen aus dem Pilotbetrieb sowie umfangreichen Literaturrecherchen wurden auch Konzepte für die großtechnische Umsetzung des Verfahrens ausgearbeitet und technoökonomische sowie ökologische Bewertungen durchgeführt. ●

¹ PROJEKTPARTNER: TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften (Projektleitung), SMS group Process Technologies GmbH, Energy & Chemical Engineering GmbH



Produktion von Leiterplatten bei AT&S, alle Fotos: AT&S

Digital Energy Twin

Optimierung von industriellen Energiesystemen

Für eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung der industriellen Produktion ist es notwendig, den tatsächlichen Energiebedarf einzelner Prozesse optimal auf die Verfügbarkeit thermischer und elektrischer Energie abzustimmen. Vor allem in Hinblick auf die Integration eines hohen Anteils erneuerbarer Energie, brauchen Industriebetriebe geeignete Instrumente und Methoden für die Auslegung und Optimierung ihrer Energieversorgungssysteme. Die industrielle Energieversorgung ist derzeit zu einem großen Teil auf den Einsatz einzelner Versorgungstechnologien ausgelegt und kann auf den schwankenden, prozessbedingten Bedarf und die volatile Verfügbarkeit von erneuerbarer Energie nicht optimal reagieren.

MODELLIERUNG ENERGIERELEVANTER PROZESSE

Im Rahmen des Leitprojekts Digital Energy Twin¹ wird unter der Leitung von AEE INTEC – Institut für Nachhaltige Technologien ein Konzept und ein geeignetes Softwaretool für die Optimierung des Designs und des Betriebs von industriellen Energieversorgungssystemen entwickelt. Dazu kommt die Methode des „Digitalen Zwillings“ zum Einsatz, die bisher vorwiegend für die Optimierung von Produktionsabläufen und logistischen Fragestellungen in der Industrie genutzt wurde. Mit Hilfe des Digitalen Zwillings werden erstmals detaillierte Modelle für ausgewählte energierelevante Prozesse und erneuerbare Energieversorgungstechnologien ausgearbeitet, validiert und vereinfacht.

¹ **PROJEKTPARTNER:** AEE INTEC (Projektleitung), AT&S Austria Technologie & Systemtechnik Aktiengesellschaft, FH Vorarlberg; Research Center Digital Factory Vorarlberg / Research Center Energy / Research Center User Centered Technologies / VR Lab, FH Salzburg / Informationstechnik & System-Management, TU Graz / Institute for Software Technologies / Institute for Interactive Systems and Data Science, Montanuniversität Leoben / Lehrstuhl für Energieverbundtechnik, Eberle Automatische Systeme GmbH & Co KG, Enertec Naftz & Partner GmbH & Co KG, Schmolli Maschinen GmbH, VTU Energy GmbH Bravestone Information-Technology GmbH

OPTIMIERUNG AUF BASIS VON LIVE-BETRIEBSDATEN

Kern des Projekts ist die Entwicklung eines holistischen Optimierungsalgorithmus. Dieser basiert einerseits auf den Betriebs- und Prozessdaten standardisierter Beispiele und andererseits auf realen (live) Betriebsdaten aus der Fertigungsindustrie des Leiterplattenherstellers AT&S. In diesem Unternehmen soll das neue Tool eingesetzt und weiterentwickelt werden. Ziel ist es, den Digital Energy Twin am ganzen Standort von AT&S in Hinterberg/Leoben und in der Folge an allen Produktionsstandorten weltweit einzusetzen.

Der Digital Energy Twin bietet eine Lösung für das Zusammenspiel zwischen fluktuierendem Energiebedarf auf Prozessebene, volatiler erneuerbarer Energieversorgung sowie dem Einsatz möglichst effizienter Prozess- und Versorgungstechnologien. Die Methodik des digitalen Zwillings erlaubt zusätzlich die Kombination mit Augmented and Virtual Reality (AR/VR). Diese Technologien könnten in Zukunft für eine effiziente Produktions- und Energiesystemüberwachung und -steuerung eingesetzt werden.

KOSTENGÜNSTIGE ANWENDUNG

Im Rahmen des Projekts werden standardisierte Modelle für energierelevante Prozess- und Versorgungstechnologien entwickelt. Dies gewährleistet die Multiplizierbarkeit der Methode und eine kostengünstige Anwendung in vielen anderen Industriezweigen. Die Optimierungsmethode wird Unternehmen helfen, die Risiken von Investitionen in nachhaltige Energiesysteme besser abzuschätzen bzw. zu reduzieren. Damit leistet das Projekt einen wichtigen Beitrag für die breitere Umsetzung von energieeffizienten Prozess- und Versorgungstechnologien sowie die Integration von erneuerbaren Energieträgern in der industriellen Produktion. ●

energieforschung.at/projekt/optimised-operation-and-design-of-industrial-energy-systems



Optimierung des Energiesystems durch Anwendung des digitalen Zwillings, alle Abb.: AT&S

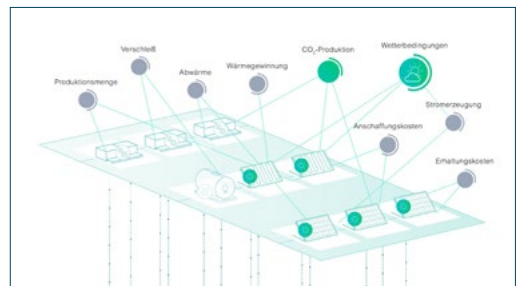
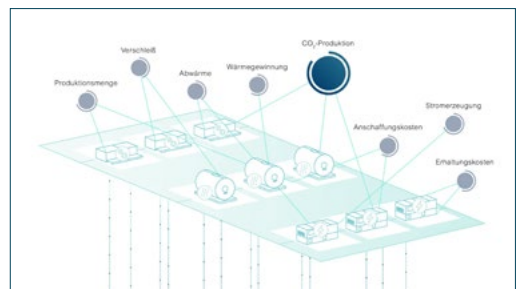
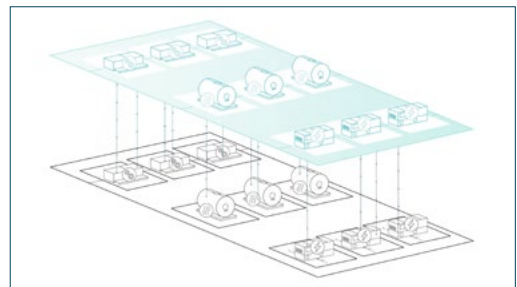
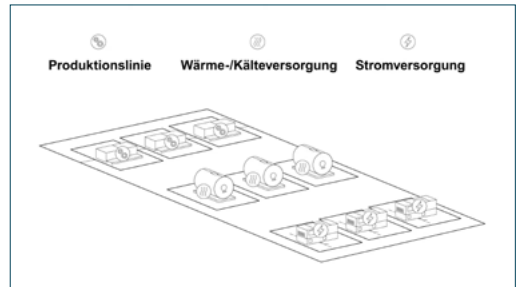
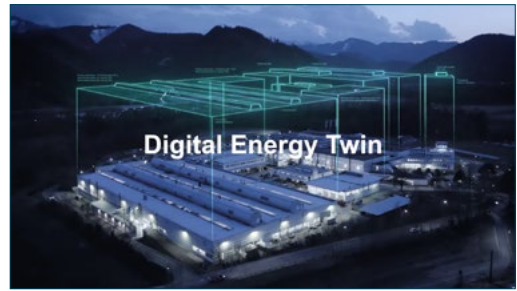


Foto: AT&S

” Für die Leiterplattenproduktion setzen wir bei AT&S hochspezialisierte Anlagen und Prozesse ein, die auch ein komplexes Energiesystem benötigen. Damit wir effizient, nachhaltig und hochqualitativ produzieren können, werden alle Fertigungsschritte und die damit verbundenen Prozesse sehr genau überwacht und kontinuierlich optimiert. Dafür setzen wir auch auf innovative Lösungen: Mit Hilfe eines Digital Energy Twins einer unserer Fertigungsanlagen sind wir dabei, weitere Optimierungsmöglichkeiten entlang der Produktions- und Energieversorgungskette zu identifizieren und auch umzusetzen. So wird die Flexibilität und Effizienz in der Produktion weiter gesteigert und gleichzeitig ein wesentlicher Beitrag geleistet, die Herstellung von Leiterplatten noch umweltfreundlicher und ressourcenschonender zu machen.“

ANDREAS GERSTENMAYER
VORSTANDSVORSITZENDER (CEO) AT&S

PROJEKTZIELE

- > Entwicklung eines holistischen Optimierungsalgorithmus für industrielle Energiesysteme
- > Entwicklung und Anwendung der DigitalEnergyTwin-Software
- > Ganzheitliche und vereinfachte Energiemodellierung (konventionell und erneuerbar)
- > Validierung von Datensicherheit und Datenmanagement zwischen Soft- und Hardwarekomponenten
- > Standardisiertes Modell für die Übertragbarkeit von DigitalEnergyTwin
- > Kombination mit Augmented and Virtual Reality für die Mensch-Maschine-Interaktion im Rahmen von Industrie 4.0

[youtube.com/watch?v=XvB2bnF6uJI](https://www.youtube.com/watch?v=XvB2bnF6uJI)

DSM_OPT

Betriebsoptimierung für industrielle Energiesysteme

Die Industrie gehört zu den größten Endenergieverbrauchern in Österreich. Damit der Betrieb dieser Anlagen verbessert werden kann, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Eine davon ist das Demand Side Management (DSM), das sich mit der Steuerung der Nachfrage nach netzgebundenen Dienstleistungen beschäftigt. DSM kann Unternehmen dabei unterstützen, Flexibilitätspotenziale aufzudecken, um damit erneuerbare Energien besser in ihre Produktionsprozesse zu integrieren und die Energieinfrastruktur durch die optimale Planung von Energieerzeugungseinheiten und Verbrauchern zu entlasten. Dadurch werden notwendige Speicherkapazitäten reduziert und die Effizienz des Gesamtsystems gesteigert.

ENTWICKLUNG DER DSM-TOOLBOX

Im Rahmen des NEFI-Projekts „DSM_OPT“¹ wird eine DSS-Toolbox (Decision Support System) entwickelt, die den Einsatz verschiedener Demand Side Management-Anwendungen umfasst. Dazu zählen Energieeffizienz (EE), zeitabhängige Tarife („time of use“, TOU) und die Einbindung von sich ändernden Marktbedingungen („market demand response“). Das Projekt wird vom Lehrstuhl der Energieverbundtechnik an der Montanuniversität Leoben geleitet. Projektpartner sind die Forschungseinrichtung AEE INTEC, die Software-Entwicklungsfirma ENEXSA GmbH, die Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH und die Bäckerei Albin Sorger „zum Weinrebenbäcker“ GmbH.



Abbr.: iStock/Irina Strelnikova

Je nach Prozessdesign und Kundenanforderungen werden die Problemstellungen mit unterschiedlichen Methoden gelöst. Für einfache Prozesslayouts und manuelle, interaktive Produktionsplanungen eignen sich z.B. sogenannte „What-If-Tools“, die vorrangig die Bereiche Energieeffizienz und zeitabhängige Tarife abdecken. Bei komplexen Anlagen und Märkten werden Optimierungsmethoden eingesetzt, die automatische Prozessplanungen unterstützen.



Stahl- und Walzwerk Marienhütte GmbH, alle Fotos: Mathias Kniepeiss

¹ DSM_OPT ist Teil der NEFI-Modellregion („new energy for industry“), die die Dekarbonisierung von Industriebetrieben durch Innovation und Technologieentwicklung fördert.

PRAXISTEST AN ZWEI INDUSTRIESTANDORTEN

Im Rahmen von Case-Studies wird die Benutzerfreundlichkeit der Toolbox an den Standorten der beiden industriellen Projektpartner (Stahl- und Walzwerk, Bäckerei) in der Steiermark getestet. Kurzfristig sollen in der Marienhütte grundsätzlich Kosteneinsparungen von 2-5 % pro Tonne Stahl erzielt werden. Langfristiges Ziel ist es, die Energieeffizienz um 10 % zu steigern. Die Bäckerei Sorger plant, die Stromkosten um 15 bis 20 % zu senken und die Energieeffizienz ebenfalls um 10 % zu erhöhen.

PROJEKTVERLAUF

Im ersten Projektjahr stand die Digitalisierung der beiden industriellen Standorte im Vordergrund. Die Digitalisierung der Marienhütte beinhaltete eine grundlegende Prozessanalyse sowie die Extraktion, Aufbereitung und Analyse der Daten. Vorhandene Datenlücken wurden durch die Installation neuer Messgeräte geschlossen. Am Industriestandort der Bäckerei Sorger konnten die relevanten Messstellen bzw. Prozessparameter identifiziert werden, auf denen die Modellierung aufbauen wird. Die Lastprofile der Hauptaggregate in der Bäckerei sind verfügbar und können für weitere Prozessanalysen herangezogen werden.

Darüber hinaus wurde ein Optimierungsframework entwickelt, das die Modellierung der Prozesse und die nachfolgende Einbettung in eine Optimierungsroutine umfasst. Aktuell startet die Umsetzungsphase, bei der die Prozessmodellierung an beiden Industriestandorten im Fokus steht. Darauf aufbauend werden das „What If-Tool“ für „time of use“-Anwendungen und die Optimierungsroutine für „market demand response“-Anwendungen entwickelt. ●

www.nefi.at/dsm_opt

” **Die Stahlproduktion ist ein sehr energieintensiver Prozess. Im Falle der Marienhütte kommen hierbei Strom und Erdgas zum Einsatz. Anhand eines geeigneten Tools des Demand Side Managements können sich diese Energieformen noch effizienter und zeitlich abgestimmt einsetzen lassen. Es sollen zusätzlich diverse Einsparungspotenziale erkannt werden. Dadurch erfolgt neben der verbesserten Nutzung auch eine Entlastung der gesamten Energienetze.“**

HERBERT FOHRINGER
GESCHÄFTSFÜHRER, STAHL- UND WALZWERK MARIENHÜTTE GMBH



www.sorgerbrot.at, Foto: Lupi Spuma



www.sorgerbrot.at, Foto: Christian Repnik

MEILENSTEINE DES PROJEKTS

- > Entwicklung einer zuverlässigen Methode zur Vorhersage des Energieverbrauchs an den industriellen Standorten für einen bestimmten Zeithorizont
- > Entwicklung eines Optimierungsframeworks zur Implementierung der DSM-Tools im Sinne einer Betriebsoptimierung
- > Entwicklung von unterschiedlichen DSM-Tools (Energieeffizienz, „time of use“, „market demand response“)
- > Implementierung und Testung der DSM DSS Toolbox an zwei industriellen Standorten

EDCSproof

Zukunftskonzept zur Dekarbonisierung der industriellen Energieversorgung



Industrielles Energieversorgungssystem eines Projektpartners; links: Thermische Speicher; rechts: Wärmeerzeuger und -verteilsystem; Fotos: Klima- undEnergiefonds/Krobath

Im Rahmen des NEFI-Projekts EDCSproof¹ wurde am Beispiel der Lebensmittelindustrie ein innovatives Konzept für die Dekarbonisierung von industriellen Energieversorgungssystemen entwickelt und getestet. Die Basis dafür bilden digitale Anwendungen sowie Wärmepumpen und Energiespeicher.

EDCSproof steht für „Energy Demand Control System – PROcess Optimization For industrial low temperature systems“. Im Zentrum des Projekts stand die Entwicklung eines Regelungskonzept das online, prädiktiv und ganzheitlich sowie rekonfigurierbar ist und zukünftig bei der Umsetzung von nachhaltigen Energiekonzepten in der Industrie zum Einsatz kommen soll.

EDCSPROOF ERFÜLLT FOLGENDE FUNKTIONEN:

- > das System unterstützt die Integration von erneuerbaren Energien durch den Einsatz von Energiespeichern
- > es fungiert als flexibler Verbraucher für elektrische Netze (Demand Side Management unter Berücksichtigung dynamischer Tarife)
- > es steigert die Effizienz durch optimale Regelung des Gesamtsystems
- > es ermöglicht die Nutzung von Abwärme durch den Einsatz von Hochtemperatur-Wärmepumpen (< 150 °C), dadurch kann der Energiebedarf bei unverändert hoher Produktion gesenkt werden

Eine benutzerfreundliche Mensch-Maschine-Schnittstelle ermöglicht die effiziente Eingabe von Produktionsplänen sowie die Visualisierung aktueller und prognostizierter Anlagenzustände und erlaubt es den Betreibern in die Prozesse einzugreifen.

ARBEITSSCHRITTE

Im Rahmen des Projekts wurden drei Standorte der Projektpartner aus der Lebensmittelindustrie (Wiesbauer Holding AG, Fischer Brot GmbH) analysiert und ein Referenz-Energiesystem, Optimierungsziele und Rahmenbedingungen für die Integration in Energiemärkte abgeleitet. Modellierungen von Energieversorgung, -speicherung und -verbrauch wurden durchgeführt und darauf aufbauend das Energy Demand Control System (EDCS) im Labor entwickelt und demonstriert. Es folgten technisch-ökonomische sowie ökologische Analysen. Auch die Skalierbarkeit für weitere industrielle Umsetzungen wurde untersucht. Zusätzlich konnte die Latentwärmespeicher-Technologie weiterentwickelt und getestet werden.

PROJEKTERGEBNISSE

An einem beispielhaften Energieversorgungssystem mit definierten Randbedingungen (zeitlich veränderliche Energiepreise, Emissionsfaktoren und Verfügbarkeit von Abwärmequellen) wurde im Labor demonstriert, dass mit Hilfe des EDCS im Vergleich zu einem Standardregler die Emissionen um bis zu 57 % und die Kosten der Energieversorgung um 8 % reduziert werden können. Die Integration des EDCS ermöglicht die optimale Nutzung von Flexibilitätspotenzialen bei unveränderter Infrastruktur.

¹ PROJEKTPARTNER: AIT Austrian Institute of Technology GmbH (Projektleitung), Montanuniversität Leoben/Chair of Energy Network Technology, TU Wien/Institute for Energy Systems and Thermodynamics und Institute of Mechanics and Mechatronics, Control and Process Automation, evon GmbH, ILF Consulting Engineers Austria GmbH, kleinkraft OG, Wiesbauer Holding AG, Fischer Brot GmbH
² www.nefi.at/industry4redispach/

EDCSproof ist Teil der NEFI-Modellregion („new energy for industry“)

” **Im Forschungsprojekt EDCSproof konnten ganz klar wirtschaftliche Vorteile einer umfassenden Datenaufnahme und -analyse in Industriebetrieben aufgezeigt werden. Wir freuen uns sehr, als Projektpartner gemeinsam an effizienten Lösungen zu arbeiten, um dem klimaneutralen Produktionsbetrieb einen großen Schritt näher zu kommen. Jetzt geht es an die Umsetzung des Regelungskonzeptes.“**

MAGDALENA TEUFNER-KABAS
GESCHÄFTSFÜHRERIN, KLEINKRAFT OG



Foto: Johannes Zinner

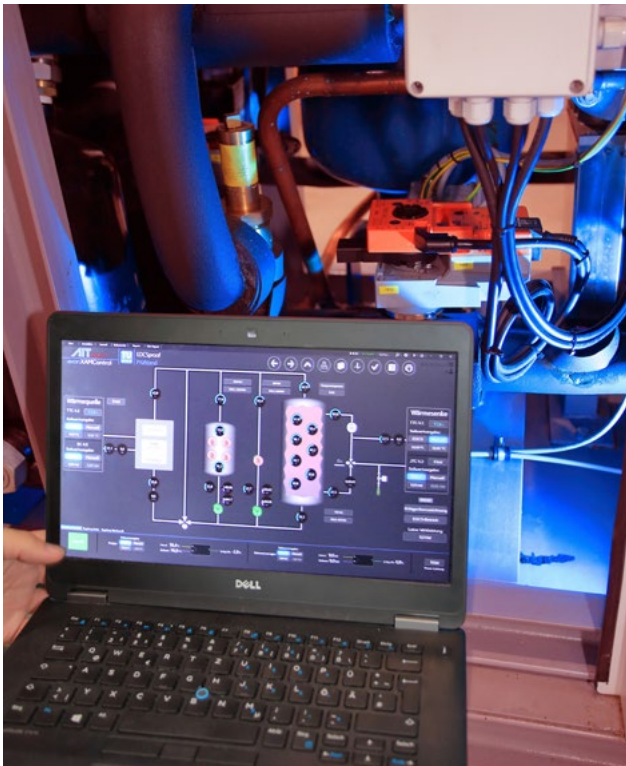
Die tatsächlichen Einsparungspotenziale hängen von der individuellen Situation des jeweiligen Betriebs ab, speziell von der Zusammensetzung des Energieversorgungssystems, den Speichermöglichkeiten und der potenziellen Flexibilität im Verbrauch. Als Projektergebnis steht ein breit anwendbares, branchenübergreifendes Energiekonzept zur Verfügung, das an den Standorten der Projektpartner sowie bei anderen Unternehmen umgesetzt werden kann. Das System leistet einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz und damit der Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes und ermöglicht den Umstieg auf erneuerbare Energieträger in der industriellen Energieversorgung.

WEITERE ENTWICKLUNG

Ziel des aktuellen Folgeprojekts „Industry for Redispatch“² ist einerseits die Weiterentwicklung und Implementierung des EDCS-Controllers in Industrieanlagen und andererseits die Bereitstellung der Flexibilität von Industrieanlagen für das Stromnetz. Partner sind hier Wiesbauer Holding AG, der Papierhersteller Mondi, die voestalpine Stahl GmbH, Siemens AG, APG Austrian Power Grid sowie mehrere Verteilnetzbetreiber und Forschungseinrichtungen. ●

www.nefi.at/edcsproof/

Im Labor am AIT Center for Energy wurden Versuche im Rahmen des Projekts durchgeführt; links: Visualisierung des EDCS-Versuchsaufbaus mit XAMControl, rechts: Messungen am Latentwärmespeicher, Fotos: Klima- und Energiefonds/Krobath



INFORMATIONEN

HYFOR®

Primetals Technologies Austria GmbH
Ansprechpartner: Bernhard Hiebl
bernhard.hiebl@primetals.com
primetals.com

ReGas4Industry

TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik
und Technische Biowissenschaften
Ansprechpartner: Florian Benedikt, Alexander Bartik
florian.benedikt@tuwien.ac.at
alexander.bartik@tuwien.ac.at
vt.tuwien.ac.at

Digital Energy Twin

AEE INTEC
Ansprechpartner: Jürgen Fluch
j.fluch@aee.at
www.aee-intec.at

DSM_OPT

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Energieverbundtechnik
Ansprechpartnerin: Vanessa Zawodnik
vanessa.zawodnik@unileoben.ac.at
evt-unileoben.at

EDCSProof

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Ansprechpartner: Bernd Windholz
bernd.windholz@ait.ac.at
ait.ac.at

NEFI- Zukunftsszenarien für die Dekarbonisierung der Industrie in Österreich

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Ansprechpartner: Christian Schützenhofer
christian.schuetzenhofer@ait.ac.at
nefi.at

Mission Innovation Net-Zero Industries

mission-innovation.net/missions/net-zero-industries-mission

IEA Technologieprogramm

Industrielle Energietechnologien und Systeme (IETS TCP)

nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/iets/



Klimaoptimierte Produktion, Zertifizierung FSC,
Green Seal und Österreichisches Umweltzeichen

Besuchen
Sie uns auch auf:
[www.energy-
innovation-
austria.at](http://www.energy-innovation-austria.at)

energy innovation austria stellt aktuelle österreichische Entwicklungen und Ergebnisse aus Forschungsarbeiten im Bereich zukunftsweisender Energietechnologien vor. Inhaltliche Basis bilden Forschungsprojekte, die im Rahmen der Programme des BMK und des Klima- und Energiefonds gefördert wurden.

www.energy-innovation-austria.at
www.open4innovation.at
www.nachhaltigwirtschaften.at
www.klimafonds.gv.at
www.energieforschung.at

IMPRESSUM

Herausgeber: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
BMK (Radetzkystraße 2, 1030 Wien, Österreich)
gemeinsam mit dem Klima- und Energiefonds
(Leopold-Ungar-Platz 2/142, 1190 Wien, Österreich)
Redaktion und Gestaltung: Projektfabrik Waldhör KG,
1010 Wien, Am Hof 13/7, www.projektfabrik.at
Änderungen Ihrer Versandadresse bitte an:
versand@projektfabrik.at