

# Industrielle Energie systeme

*Cover Illustration: Stefanie Hilgarth*

---

**VORWORT** Seite 03

---

**Renewables4Industry - Abstimmung des Energiebedarfs der Industrie und erneuerbare Energieversorgung** Seite 05

Erstellt wurden Visionen für die Energiezukunft der Industrie im Jahr 2050 und eine Strategische Forschungsagenda mit (technologie-)politischen Empfehlungen. Mehr als 100 Stakeholder waren eingebunden und haben für kurz-, mittel-, und langfristige Horizonte relevante Forschungsthemen identifiziert.

---

**SolarAutomotive - Solare Prozesswärme für die Automobil- und Zulieferindustrie** Seite 15

SolarAutomotive zeigt innovative Anwendungen und Potenziale zur Steigerung des Anteils an solarer Prozesswärme in der Automobil- und Zuliefererindustrie auf. Durch die Realisierung von Leuchtturmprojekten werden neue Impulse gesetzt und eine CO<sub>2</sub>-freie Produktion demonstriert.

---

**Renewable Steel Gases - Erneuerbare in der Stahlproduktion für Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Reduktion** Seite 25

In Renewable Steel Gases werden Prozessketten zur energieeffizienten Nutzung von Kuppelgasen eines integrierten Hüttenwerks unter Einbindung erneuerbarer Energie entwickelt, bewertet und optimiert. Mittels Prozesssimulationen und experimenteller Untersuchungen werden maximale CO<sub>x</sub> Emissionen aufgezeigt.

---

**E<sup>3</sup>-SteP - Enhanced Energy Efficient Iron- and Steel Production** Seite 33

In E<sup>3</sup>-SteP wird eine neue Produktionstechnologie zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und Erhöhung der Gesamtenergieeffizienz bei der Stahlproduktion entwickelt. In dem Verfahren wird Eisenkonzentrat in feinem Pulver durch den Einsatz von Wasserstoff reduziert und dadurch eine höhere Gasausnutzung erreicht.

---

**ViennaGreenCO<sub>2</sub> - Efficient CO<sub>2</sub> capture & carbon neutral CO<sub>2</sub> supply chain for greenhouse fertilization** Seite 39

Getestet wird die Verwendung eines kontinuierlichen Temperaturwechseladsorptionsverfahrens zur Reduktion des Energiebedarfs – um rund 40 % – bei der CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Rauchgasen. Weiters wird der Einsatz des abgeschiedenen biogenen CO<sub>2</sub> als Gewächshausdüngemittel untersucht.

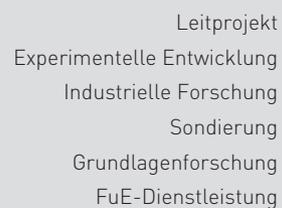
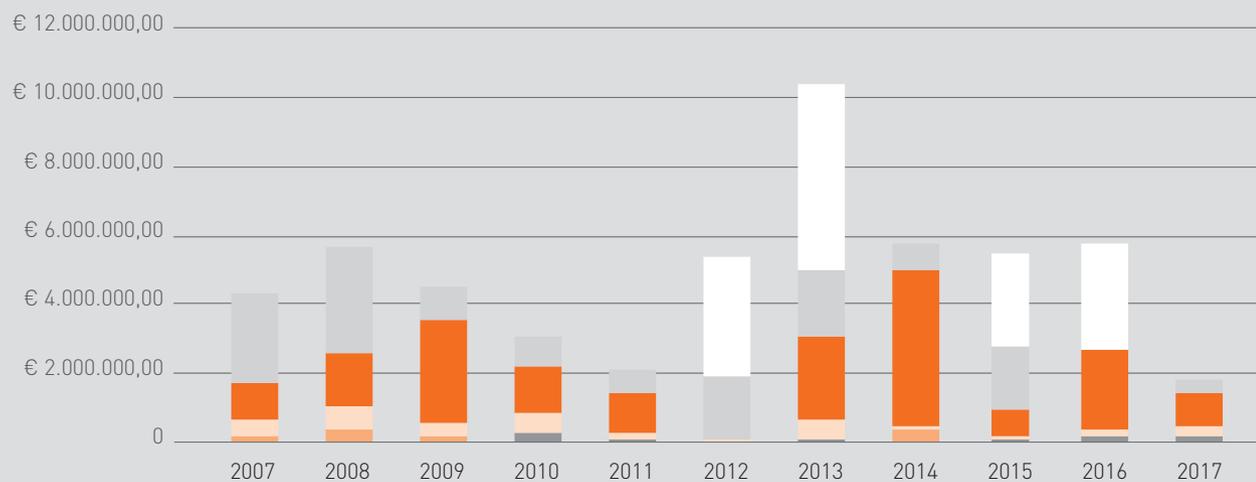
---

**BAMA - Balanced Manufacturing** Seite 45

BAMA entwickelte in Zusammenarbeit von universitären und industriellen Partnern eine ganzheitliche Methodik und darauf aufbauend Software-Tools zur Planung und Steuerung des Energiebedarfs in der industriellen Produktion. Dadurch können Energieeffizienzpotenziale aufgezeigt und ausgenutzt werden.

---

**Alle geförderten Projekte im Überblick** Seite 52



QUELLE:

Klima- und Energiefonds, Stand: Mai 2018



„Die Energiewende stellt die österreichische Industrie vor enorme Herausforderungen. Zukünftige Maßnahmen zur Reduktion des Carbon Footprint erfordern hohe Investitionen und sind durch thermodynamische Naturgesetze nur begrenzt möglich. Deshalb setzt der Klima- und Energiefonds einen Schwerpunkt auf dieses äußerst anspruchsvolle Innovationsfeld!“

THERESIA VOGEL, GESCHÄFTSFÜHRERIN DES KLIMA- UND ENERGIEFONDS

# Low Carbon Industry Austria

---

Mit intelligenter Innovation die Herkulesaufgabe der Energiewende meistern!

Die Optimierung des Energie- und Ressourceneinsatzes ist eine Daueraufgabe für die Industrie! Dank Innovation gehört die österreichische Industrie bereits heute zu den effizientesten weltweit. Zukünftige Maßnahmen stellen somit eine große Herausforderung für die Unternehmen dar und erfordern hohe Investitionen.

Ziel der Energieforschungs- und Innovationspolitik ist es, den Industriestandort Österreich und seine zentrale Bedeutung für die österreichische Volkswirtschaft zu festigen. Die österreichische Industrie entwickelt energetisch optimierte Prozesse und Verfahren, die einerseits in den österreichischen Produktionsunternehmen eingesetzt werden und andererseits durch den österreichischen Anlagenbau weltweit zum Einsatz kommen. Arbeitsplätze in der Produktion gehören zu den qualitativ hochwertigsten und sichersten.

Seit dem Jahr 2007 hat der Klima- und Energiefonds mit dem Energieforschungsprogramm mehr als 120 Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Themenfeld Industrielle Energietechnologien und -systeme mit über 50 Millionen Euro unterstützt. Im Mittelpunkt stehen verringerter Rohstoff- und Energieverbrauch, deutlich geminderte Emissionen sowie höhere Rohstoff- und Energieunabhängigkeit. Betrachtet werden Prozesse basierend auf chemischer, elektrischer, mechanischer und thermischer Energie entlang der gesamten Prozess- und Wertschöpfungskette.

Eine aufschlussreiche Lektüre wünscht Ihnen

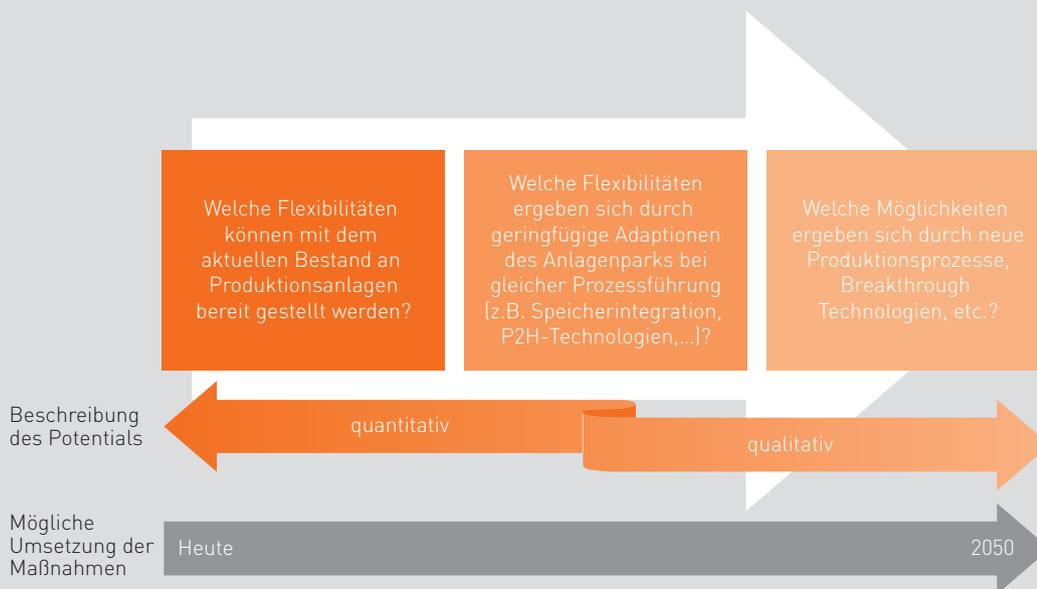
Ihr Klima- und Energiefonds



**Projektleitung:** SIMON MOSER  
Energieinstitut an der JKU Linz

**Maßnahmenkategorien zur Erhöhung der Flexibilität in der Industrie**

ABBILDUNG 1



# Renewables4Industry

Abstimmung des Energiebedarfs von industriellen Anlagen und der Energieversorgung aus fluktuierenden Erneuerbaren

Die EU hat sich bis 2050 ambitionierte Klima- und Energieziele gesetzt, die eine drastische Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes beinhalten, erreicht durch einen hohen Anteil erneuerbarer Energien und eine starke Reduktion des Energieverbrauchs. Die ersten Schritte in diese Richtung („Energiewende“) zeigen, dass neben dem planbaren Einsatz von primär biogenen Energieträgern v.a. volatile/fluktuierende Energieträger zur Anwendung kommen: v.a. erneuerbarer Strom aus Windkraft und Photovoltaik dominieren die erneuerbare Energieproduktion.

Erneuerbare Energie und insbesondere erneuerbarer Strom bieten der europäischen/österreichischen Industrie die Möglichkeit zu einer Umstellung der Prozesse auf eine CO<sub>2</sub>-ärmere Produktionsweise. Um aber eine möglichst CO<sub>2</sub>-arme Produktionsweise zu ermöglichen, müssen die betroffenen industriellen Schlüsselprozesse auf die Nutzung erneuerbarer Energieträger ausgelegt sein, sowie das System rund um den Prozess (bis hin zu EVU-seitigen Speichern) auf die Volatilität/Fluktuation der Energiebereitstellung reagieren können.

**Die Möglichkeit zum umfangreichen Demand Response oder für entsprechende Speicherpotenziale ist heute nur marginal gegeben und muss erst geschaffen werden.**

Das Projekt „Renewables4Industry“ ist eine F&E-Dienstleistung für den Klima- und Energiefonds und wird im Rahmen des Energieforschungsprogramms 2016 durchgeführt. Wesentliche Ziele des Projekts sind die Erstellung einer Strategischen Forschungsagenda,

die Erstellung eines Diskussionspapiers sowie die Ableitung von (technologie-)politischen Empfehlungen. Die Forschungsagenda identifizierte in einem Stakeholder-Prozess mit über 100 eingebundenen Stakeholdern in kurz-, mittel- und langfristigen Horizonten übergeordnete „Forschungsfelder“, sowie diesen zuordenbare spezifische „Forschungsthemen“, wo weitere F&E erforderlich ist und konkretisierte diese Erfordernisse.

## **Vision der Industrie für 2050: Deutlich mehr als 80 % der Energie stammen aus erneuerbaren Quellen**

Die Reduktion des Einsatzes von fossilem Kohlenstoff zur Energiegewinnung ist eine wesentliche Notwendigkeit zum Klimaschutz. Weniger Energieverbrauch und verstärkte Nutzung der in Europa verfügbaren erneuerbaren Ressourcen bedeuten Wirtschaftskraft im Binnenmarkt, weniger Kapitalabfluss über Importe, eine höhere Versorgungssicherheit und auch einen positiven Einfluss auf soziale Aspekte. Der politische Rahmen bis 2050 ist in groben Zügen abgesteckt. Die Zielsetzungen sind teilweise mit heutigen Technologien erreichbar, **aber zu weiten Teilen werden neue Technologien und ein breiter systemischer Ansatz erforderlich sein – dies gilt im Bereich Energieeffizienz und im Bereich der Erneuerbaren.**

Diese Strategische Forschungsagenda behandelt den Einsatz von Energie aus erneuerbaren Quellen in der Industrie. Damit werden speziell Industriebetriebe, die Technologielieferanten sowie die Wissenschaft

## Vision 2050 für die Nutzung erneuerbarer Energien in der Industrie

### CO<sub>2</sub>-Neutralität in Reichweite

Im Sektor Industrie bzw. Produktion erfolgt die Versorgung zu deutlich mehr als 80% aus erneuerbaren Quellen, wozu systemübergreifende Lösungsansätze und ganzheitliche Perspektiven beitragen. Die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus ist Standard. Die politischen Rahmenbedingungen haben den Standort Europa gesichert und ermöglichen, die Position des technologischen Frontrunners auf globaler Ebene einzunehmen. Spätestens in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts wird eine weitgehend vollständige und sichere Energieversorgung ohne fossile Energieträger in der Industrie erreicht (Wärme und Strom). In den Sektoren Mobilität und Haushalte sowie beim Energieträger Strom erfolgt die Versorgung schon Mitte des Jahrhunderts ausschließlich durch Energie aus erneuerbaren Quellen.

### Synergien von Erneuerbaren und Energieeffizienz

Zur Erreichung der Vision werden die Potenziale für eine Steigerung der Primär- und Endenergieeffizienz umgesetzt. Dazu zählen Breakthrough Technologies, die sich auch für die Versorgung durch erneuerbare und volatile Energie eignen. Die exergieorientierte, kaskadische Nutzung von Energieträgern hat sich in der Industrie und den zugehörigen lokalen Energiesystemen etabliert. Abwärme wird sektorenübergreifend und dezentral nutzbar gemacht. Die Hebung der Synergiepotenziale aus Erneuerbaren und Energieeffizienz erfordert eine regions-, branchen- und betriebsspezifische Herangehensweise.

### Flexibilität durch Speicherung und Nachfragereaktion

Die Zusammensetzung der Versorgung aus erneuerbaren Energieträgern ist regional angepasst. Erneuerbarer Strom und ein sinnvoller Mix aus erneuerbarer Wärmeversorgung spielen eine wesentliche Rolle im

neuen Energiesystem: Der stark volatilen Erzeugung steht eine gesteigerte Flexibilität bei den Industriebetrieben gegenüber. Industriebetrieben mit einem konstanten Energiebedarf steht aber eine konstante Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen aufgrund der vorhandenen Speicher zur Verfügung. Angebot und Nachfrage unterschiedlicher Energieformen, insbesondere auch von Wärme, werden über die hybride Sektorkopplung sowie durch innovative Speichertechnologien ausgeglichen.

### Industrie und Energieversorgung

Die Optimierung im vollständig aus erneuerbaren Quellen stammenden, industriellen Niedertemperaturbereich nehmen die Betriebe selbst vor. Die Verantwortung für die exergetisch hochwertigen Energieformen, das heißt die Bereitstellung von Strom und speicherbaren (Kohlen-) Wasserstoffen aus nicht-fossilen Quellen, liegt hingegen primär im Bereich der Energieversorger. Industriell genutzter Strom ist ebenfalls vollständig erneuerbar.

### Vernetzung x Vernetzung x Vernetzung

Bewusstseinsbildung erfolgt durch eine intensive Vernetzung von Wissenschaft, Technologieanbietern und industriellen Anwendern. Auch erfolgt eine intensive Vernetzung der regionalen Unternehmen hinsichtlich ihrer Energienachfrage und der nicht weiter genutzten Energieströme. Betriebsintern erlaubt die Vernetzung durch Digitalisierung und Automatisierung flexible und adaptive Produktionstechnologien und -prozesse, alternative und sekundäre Rohstoffe sowie erneuerbare Energien optimal einzusetzen. Dies bildet auch das Fundament für eine smarte Vernetzung der Industrie mit dem hybriden Energiesystem: Im Energiesektor trägt die IKT-basierte Sektorkopplung zu Versorgungssicherheit, Resilienz und Nachhaltigkeit bei.

in den jeweiligen Sektoren angesprochen. Während Energieeinsparungen betriebsintern vorstattengehen, ist eine Umstellung auf Energie aus erneuerbaren Quellen meist mit der Energieversorgung von außen verknüpft. Um das zukünftige Energiesystem mitzudenken ist eine Beteiligung von Energieversorgern und Unternehmen des Smart Grid-Bereichs zielführend.

Ziel dieser Strategischen Forschungsagenda ist nicht die Definition von konkreten Zielsetzungen. Ebenso wenig sollte damit eine Politisierung der im Workshop erarbeiteten Vision vorgenommen werden. Das Jahr 2050 wurde als Zeitpunkt der Vision gewählt, weil bis dahin nahezu alle heute bestehenden Anlagen am Ende ihrer Lebensdauer angekommen sind und zumindest einmal getauscht wurden. Das bedeutet aber auch, dass für die langfristige Umstellung die erforderlichen Technologien bis 2030 weitgehend ausgereift sein sollten.

Die Vision skizziert einen wünschenswerten Zustand für die Ausrichtung der industriellen Prozesse und der relevanten Bereiche des Energiesektors in Österreich bis 2050 sowie für österreichische Unternehmen als Leitanbieter für angepasste Technologien und Prozesse bis 2030. Die TeilnehmerInnen aus Unternehmen, Fachverbänden, Interessenvertretungen und Forschungseinrichtungen skizzierten dabei ihre Vision, die im Zuge des Workshops nach und nach zu einer gemeinsamen Vision verdichtet wurde. Beim zweiten Workshop „Fahrplanerstellung“ (bzw. auch auf elektronischem Wege) hatten die TeilnehmerInnen die Möglichkeit, weitere Anmerkungen und Änderungsvorschläge für die Vision einzubringen, wodurch die Vision nochmals präzisiert wurde. Der Fahrplan soll jene F&E-Bereiche und Technologien identifizieren, die zur Erfüllung der Vision erforderlich sind und ohne welche ebendiese Vision gar nicht realisierbar wäre.

An dieser Stelle ist insbesondere auf die Forschungsfelder und die spezifischen Forschungsthemen zu verweisen, wie sie in der Strategischen Forschungsagenda angeführt sind. Im Zuge der Erstellung der Strategischen Forschungsagenda wurden Forschungsthemen angeführt, welche in Folge zu sechs übergeordneten Forschungsfeldern geclustert wurden. Diese sind hier illustrativ zusammengefasst, wobei auf die in der Strategischen Forschungsagenda enthaltenen, heterogenen Detailthemen zu verweisen ist.

1. Nutzung von Niedertemperatur-Potenzialen
2. Bereitstellung erneuerbarer Elektrizität und Speicherung bzw. Nutzung durch Power-to-X<sup>1</sup>
3. Bereitstellung weiterer erneuerbarer Energieträger
4. Speicherung erneuerbarer Energieträger (exkl. Power-to-X)
5. Industrielle Prozesse im Hybridnetz<sup>2</sup>
6. Produktionsanpassung für erneuerbare Energieträger und Flexibilität

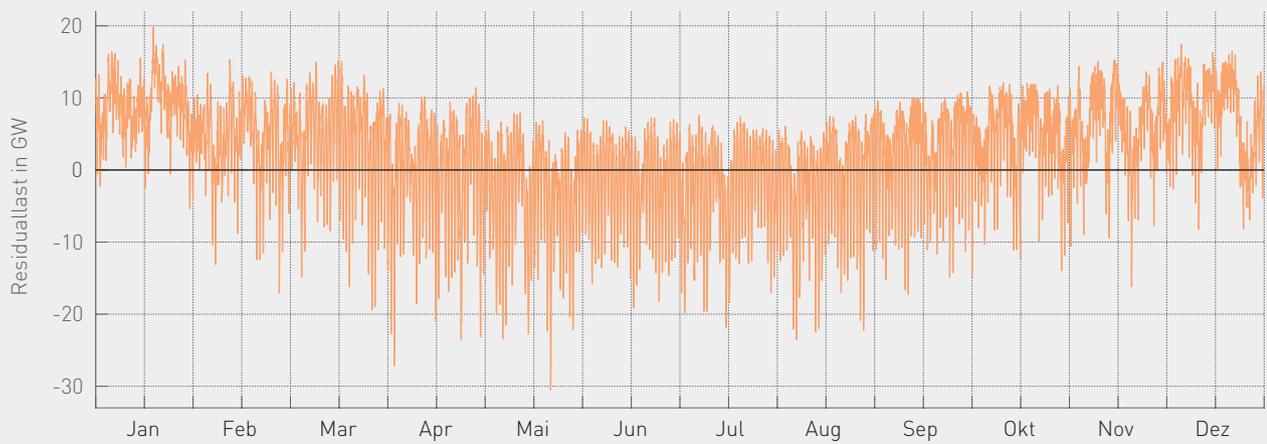
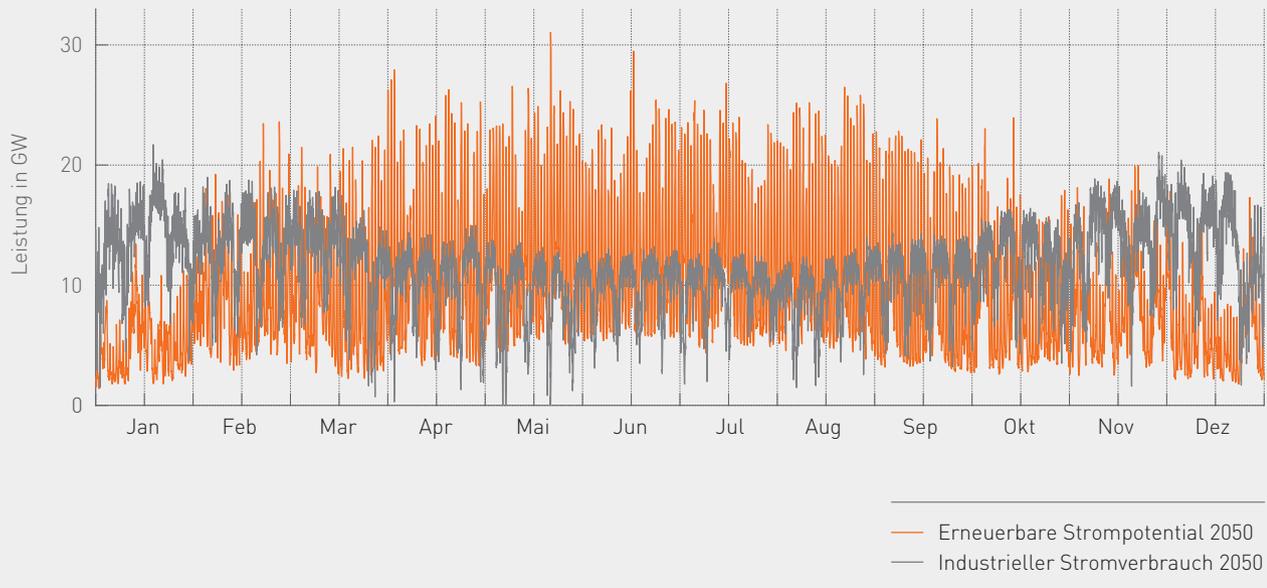
Diese zeigen auch auf, dass eine Umstellung des Gesamtsystems erforderlich ist, um industrielle Prozesse auf Erneuerbare umzustellen: Nicht nur die erneuerbaren, effizienten und flexiblen Prozesse und innovativen Verfahren sind teils neu zu entwickeln, sie müssen auch im Hybridnetz, mit neuen Energieträgern und unter neuen Bedingungen funktionieren.

### Synergien zwischen Effizienz und Erneuerbaren nutzen

Eine umfassende Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen braucht ein klares Commitment zum umfangreichen Ausbau der erneuerbaren Energien, zur Steigerung der Primärenergieeffizienz und zur Realisierung der Sektorkopplung<sup>3</sup>. Die Verfolgung eines einzelnen Pfades zur Emissionsreduktion, z.B. der Elektrifizierung, ist unzureichend. Daher ist die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen technologieoffen zu gestalten, was impliziert, dass die Politik nicht auf eine Technologie bzw. eine erneuerbare Energiequelle abzielen darf, sondern

**Gegenüberstellung des geografisch aufgelösten fossilen sowie elektrischen  
Verbrauchs und den erneuerbaren Strompotenzialen**

ABBILDUNG 2



die dem Ziel entsprechenden Rahmenbedingungen zu schaffen hat: Das ist die Nutzung politischer Instrumente zur Forcierung erneuerbarer Energien, der Primärenergieeffizienz und der Sektorkopplung sowie die Gewährleistung der Investitionssicherheit durch ein angepasstes Energiemarktdesign<sup>4</sup>.

Erneuerbare Energieträger bereitstellen: Wenn eine umfassende Transformation der Industrie bzw. der Volkswirtschaft weg von fossilen Energiequellen erfolgen soll, müssen die unterschiedlichen erneuerbaren Energieträger in ausreichender Menge und versorgungssicher verfügbar sein. Die Analyse zeigt, dass es für eine versorgungssichere und kosteneffektive Erzeugung, Speicherung und Bereitstellung der benötigten, erneuerbaren Energieträger erforderlich ist, die inländischen Potenziale weitgehend zu heben. Die Energieinfrastruktur muss die Bereitstellung gewährleisten.

Industrielle Prozesse erforschen: Ein vollständiger Umstieg der Industrie auf Energie aus erneuerbaren Quellen ist heute technisch noch nicht möglich. Wenn die Industrie ausschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen nutzen soll, bedarf es der Erforschung, Weiterentwicklung, Neuentwicklung und Einführung neuer, primärenergieeffizienter<sup>5</sup> Prozesstechnologien, welche sich flexibel an das fluktuierende energetische Angebot anpassen können. Bei der Umstellung bzw. Weiterentwicklung von industriellen Anlagen und Teilprozessen auf elektrische Energie ist bei der Auslegung die Bereitstellung möglicher Systemdienstleistungen in Erwägung zu ziehen.

Speicher erforschen: Flexible Prozesse spielen eine wichtige Rolle, doch werden durch diese nicht alle Schwankungen in der Energiebereitstellung ausgeglichen werden können. Wenn ein umfassender Umstieg auf erneuerbare Energiequellen erfolgen soll, braucht es energieträgerspezifische und exergieerhaltende Technologien und Kapazitäten für die Speicherung. Für den Energieträger Strom sind Speicher insbesondere in den beiden Zeitbereichen tagesweise und saisonal relevant.

Synergien zwischen Effizienz und Erneuerbaren nutzen: Eine weitgehende Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist über den ausschließlichen Einsatz von inländischen Erneuerbaren nicht zu erreichen; sie bedarf zeitgleich einer umfassenden Steigerung der Energieeffizienz. Neben Steigerungen der Endenergieeffizienz (also des spezifischen Verbrauchs der Prozesse selbst) ist insbesondere die primärenergieeffiziente, sinnvolle kaskadische Nutzung von erneuerbarer Energie, auch über einzelne Sektorgrenzen hinaus (Sektorkopplung), essenziell: Die Wärmeauskopplung aus thermischen Kraftwerken sowie die nach der Verwendung in industriellen Prozessen nicht mehr nutzbare Abwärme sollen unter Erwägung des volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzens hohe Anteile des inländischen Wärmebedarfs decken, um dort keinen konkurrierenden Einsatz erneuerbarer Energien zu verursachen. Dazu braucht es eine Erweiterung der thermischen Netze und die Einbringung der Restwärmen in diese.

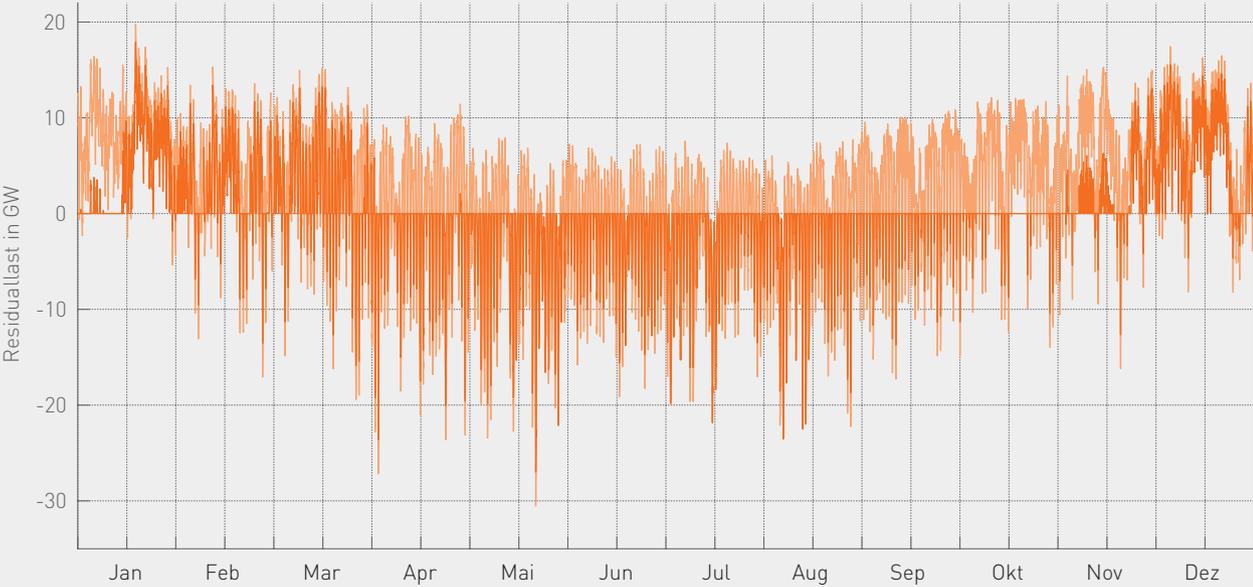
Sichere Vernetzung im neuen Marktdesign: Die kosteneffiziente Versorgung von vielen Einzelverbrauchern bzw. Nachfragern aus einer großen Anzahl dezentraler und volatil erzeugender Einzelanlagen sowie signifikante und kosteneffiziente Reaktionen aller Beteiligten brauchen vernetzte, intelligente Lösungen. Diese müssen durch eine entsprechende IKT<sup>6</sup>-Architektur sichergestellt werden. Dazu bedarf es des Setzens von Rahmenbedingungen zur intelligenten, digitalen Vernetzung der wachsenden Anzahl interagierender Einzelakteure. Dazu zählt insbesondere die Entwicklung von Energiemarktmodellen, welche die Daten- und IKT-Strukturen mitbeachten bzw. mitdefinieren sowie die zugehörige Standardisierung und Normierung.

### Das Potenzial an Erneuerbaren realisieren

Auf Basis der angeführten Anforderungen an ein zukünftiges Energiesystem tun sich Fragen v.a. dazu auf, was einzelne Technologien und Lösungsansätze wirklich beitragen können. Die folgenden als wesentlich erachteten Fragestellungen wurden auf Basis des Diskussionspapiers beantwortet.

Lastprofil

ABBILDUNG 3



- Ursprüngliche Residuallast
- Resultierende Residualast



„Die an den Projektworkshops beteiligten Personen aus der Industrie und den Interessenvertretungen sind visionär und optimistisch. Die Industrie will nachhaltig produzieren; die Technologien dafür befinden sich aber noch in Entwicklung; die Strategische Forschungsagenda bildet den Grundstein für eine Schwerpunktsetzung. Ohne eine erhöhte Primär- und Endenergieeffizienz kann Österreich nicht 100% erneuerbar werden, auch bei Nutzung aller österreichischen erneuerbaren Energiepotenziale. Die Zielsetzungen sind technologieoffen zu gestalten, weil einzelne Technologien nicht ausreichen, wenn Österreich 100% erneuerbar sein will. Um der Wirtschaft Investitionssicherheit hinsichtlich der Wahl der Prozesstechnologien zu geben, ist ein langfristiges und angepasstes Energiemarktdesign erforderlich.“

PROJEKTLEITER SIMON MOSER

Die analysierten Szenarien zeigen, dass eine Elektrifizierung der Industrie als alleinstehender Pfad zur umfassenden Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht sinnvoll ist, da in diesem Fall nahezu das gesamte im Inland verfügbare elektrische Energiepotenzial ausschließlich für die Industrie aufgewendet werden müsste. Somit würde für die Versorgung der weiteren Sektoren (Transport, Haushalte, etc.) kaum noch elektrische Energie zur Verfügung stehen. Für den Energieträger Strom gilt: Das aus vorhandenen Potenzialstudien entnommene österreichische Sonnen- und Windpotenzial beträgt etwa 50 TWh/a. Das wären 77% des heutigen Strombedarfs bzw. etwa 43% des heimischen, rein erneuerbaren Strompotenzials 2050. Auch wenn die Potenziale für alle anderen erneuerbaren Energiequellen weitgehend ausgenutzt werden, bleibt ein residualer Energiebedarf. Dies unterstreicht die Relevanz der End- und Primärenergieeffizienz als Reduktionspfad, das heißt die nach Exergieniveau kaskadische, sektorübergreifende, energieeffiziente Nutzung der verschiedenen verfügbaren erneuerbaren Energiequellen. Wenn das Energiesystem vollständig auf heimischen erneuerbaren Energien basieren soll, ist zur Deckung des Bedarfs aus erneuerbaren Energien eine höchst ambitionierte Steigerung der Primärenergieeffizienz erforderlich: **Es zeigt sich, dass für**

eine inländische, vollständig erneuerbare Deckung des Energiebedarfs im Vergleich zu 2015 Primärenergieeinsparungen von etwa 40% erforderlich sind.

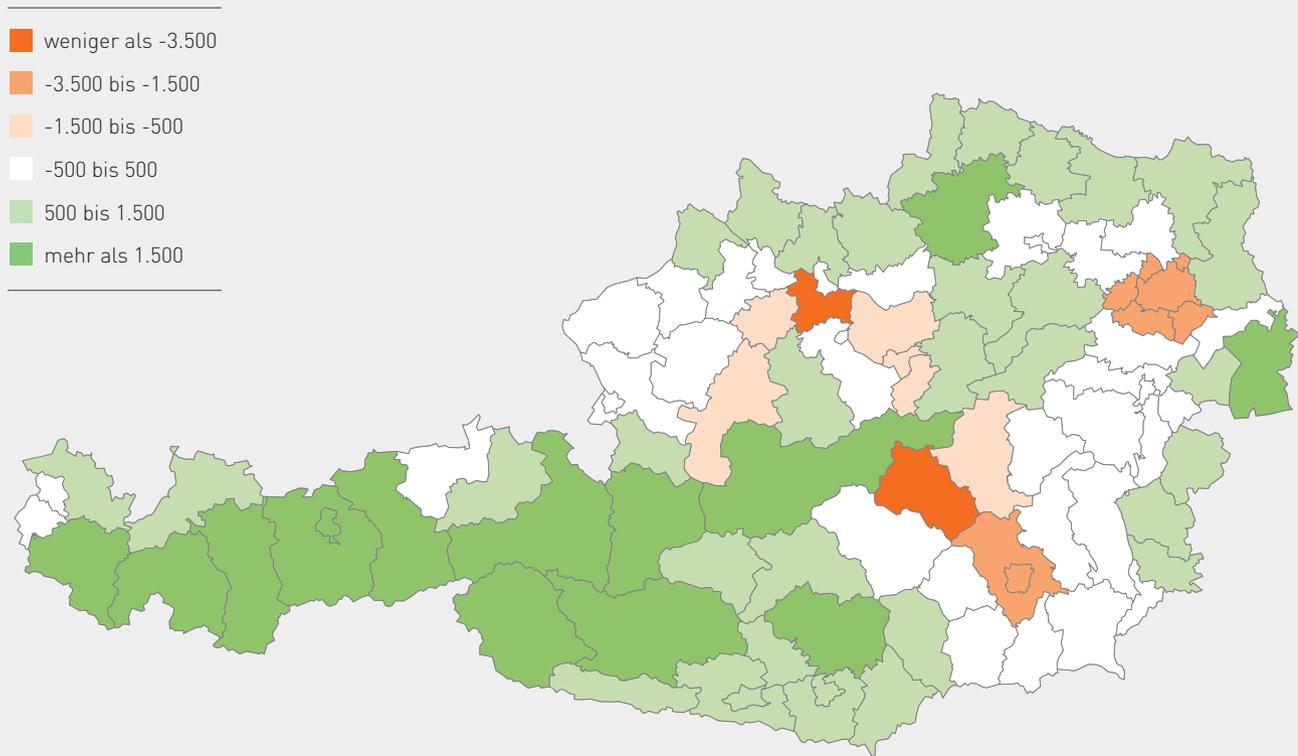
Ansonsten ist zur Geringhaltung der Importe ebenso eine ambitionierte Steigerung der Primärenergieeffizienz erforderlich. Wenn diese Primärenergieeinsparungen erzielt werden sollen, ist der Einsatz von Energieträgern nach ihrem Exergieniveau unerlässlich.

### Prozesse auf erneuerbare Energien umstellen

Die Analysen zeigen, dass sich nicht alle Anlagen und Teilprozesse elektrifizieren lassen und dass auch nicht alle Anlagen und Teilprozesse eine Unterbrechung erlauben. Es besteht in den Analysen kein Zweifel, dass diesen weiterhin die entsprechenden Energieträger in der erforderlichen Kontinuität zur Verfügung stehen. Nichtsdestotrotz können schon heute viele Anlagen und Teilprozesse auf eine fluktuierende Strombereitstellung reagieren und das Stromsystem damit unterstützen. Maßnahmen zur Flexibilisierung der Prozesse erlauben die Hebung des Potenzials zur Umstellung auf eine erneuerbare und fluktuierende Versorgung und wirken kurz-, mittel- und langfristig und somit in unterschiedlichen Zeithorizonten. Kurzfristig kann durch Demand Response<sup>7</sup>-Maßnahmen ohne weitgreifende Änderungen in den Erzeugungsrouten in

## Gesamtenergiebilanz in GWh pro Jahr (Potenzial minus Verbrauch)

ABBILDUNG 4



- <sup>1</sup> Power-to-X: Technologien zur Speicherung bzw. Nutzung von Strom. Dabei wird oft auf Zeiten eines hohen Strom(über)angebots aus erneuerbaren Quellen Bezug genommen.
- <sup>2</sup> Hybridnetz: ein über (neue) Schnittstellentechnologien bidirektional gekoppeltes, integriertes Netzsystem (z.B. Strom, Gas, Wärme).
- <sup>3</sup> Sektorkopplung: energetische Verschaltung bzw. Integration unterschiedlicher Sektoren.
- <sup>4</sup> Angepasstes Energiemarktdesign: Berücksichtigung volatiler Energiebereitstellung sowie regionaler Gegebenheiten.
- <sup>5</sup> Für eine hohe Primärenergieeffizienz ist neben der Effizienz der Prozesstechnologie eine exergierechte und kaskadische Energienutzung maßgeblich. „Exergie“ ist der nutzbare Anteil der Energie, welcher vollständig in andere Energieformen umgewandelt werden kann. Dazu zählen v.a. elektrische und mechanische Energie sowie, in erster Näherung, chemische Energie. Eine „exergierechte“ Prozessversorgung ist gewährleistet, wenn der verwendete Energieträger kein wesentlich höheres Exergieniveau aufweist, als benötigt wird. Z.B. sollen Spitzen volatiler Stromerzeugung prioritär zur Deckung hochexergetischer Strombedarfe genutzt werden. „Kaskadisch“ bedeutet z.B. die Nutzung der Abwärme aus Prozess A zur Versorgung von Prozess B.
- <sup>6</sup> IKT: Informations- und Kommunikationstechnologien, welche zur koordinierten, vernetzten, „intelligenten“ Verschaltung eines dezentralen, volatilen Energiesystems erforderlich sind.
- <sup>7</sup> Demand Response: aktive Anpassung der Last durch die Nachfrageseite an die aktuelle Erzeugungs- und Netzsituation.

einigen industriellen Prozessen die Flexibilität erhöht werden. Mittelfristig und langfristig wird die Flexibilität durch verstärkte Sektorkopplung und kaskadische Nutzung der Energieträger, Speicherintegration, Prozessintensivierung, Maßnahmen zur Erhöhung der Primär- und Endenergieeffizienz sowie die Umstellung auf neue Prozesse erhöht. In weiterer Folge können Lastspitzen verringert und geglättet werden, die Prozesse eignen sich besser für eine Versorgung durch Erneuerbare und die Potenziale für die niederexergetische Versorgung durch Solarthermie, Wärmepumpen und Abwärme werden angehoben. Durch diese Maßnahmen ergeben sich neue Demand Response-Potenziale.

Beide Ansätze zum Handling fluktuierender Energieversorgung, Demand Response und Speicherung,

werden eine Relevanz haben. Demand Response ist v.a. über kurze Zeitdauern (Minuten, Stunden, maximal ein Tag) einsetzbar und konkurriert mit Tagesspeichern. Für längere zeitliche Verschiebungen bis zum saisonalen Ausgleich braucht es Speicher. Aktuell ist ein als gering einzustufendes Potenzial für Demand Response in industriellen Prozessen festzustellen. Auf Basis der durchgeführten Analysen ist davon auszugehen, dass wahrscheinlich schon aktuell ein höheres, aber nur vor Ort und mit Mitwirkung der Industrie zu analysierendes Potenzial vorliegt. Eine weitere Steigerung des Potenzials ist erstens durch eine Anpassung der Rahmenbedingungen (geeignetes Marktdesign) zu erwarten. Zweitens ist eine weitere, beträchtliche Steigerung des Potenzials durch eine Elektrifizierung von Anlagen und Teilprozessen zu erwarten.

### DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Das Ziel der Strategischen Forschungsagenda ist es, einen Wegweiser zu setzen – für eine nachhaltige Industrie am Standort Österreich.
- Es ist nicht die Frage ob man den Weg „Erneuerbar“ oder den Weg „Effizienz“ geht, denn beide ergänzen sich und sind für sich allein unzureichend.
- Unsere Volkswirtschaft verbraucht so viel Primärenergie, dass auch bei Nutzung aller österreichischen erneuerbaren Energiepotenziale nicht ausreichend Energie vorhanden ist; daher wird es ohne Effizienz nicht gehen.





**Projektleitung:** JÜRGEN FLUCH  
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

# SolarAutomotive

Solare Prozesswärme für die Automobil- und Zulieferindustrie

Seit Mai 2016 läuft das im Rahmen der D-A-CH Initiative gestartete deutsch-österreichische Kooperationsvorhaben SolarAutomotive. Das länderübergreifende Projektkonsortium um die Projektkoordinatoren AEE, Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC) und Universität Kassel wird in Österreich um die erfahrenen Solarfirmen S.O.L.I.D. GmbH und KPV Solar GmbH sowie in Deutschland durch die Stiftung für Ressourceneffizienz und Klimaschutz (STREKS) und Umweltgerechte Produkte und Prozesse (UPP) vervollständigt. Das dreijährige vom österreichischen Klima- und Energiefonds und dem deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderte Forschungsvorhaben hat sich zum Ziel gesetzt, den Einstieg der solaren Prozesswärme in der Automobil- sowie seiner vorgelagerten Zulieferindustrie zu ermöglichen. Dabei werden durch innovative Anwendungen Potenziale aufgezeigt und durch die Realisierung von Leuchtturmprojekten neue Impulse gesetzt, die zeigen sollen, dass eine CO<sub>2</sub>-freie Produktion möglich ist.

## Einleitung

Die Automobil- und Zulieferindustrie ist laut ACEA (2017) der wichtigste Wirtschaftszweig innerhalb der Europäischen Union mit einem Anteil von mehr als 10% an der Beschäftigung im produzierenden Gewerbe in der Europäischen Union und etwa 4% des europäischen Bruttoinlandsprodukts. Typische Prozesse in der Branche sind aufgrund der Prozessanforderungen sehr gut geeignet, um mit solarer Prozesswärme versorgt zu werden. Da die Branche als Innovationsführer bekannt ist, könnte eine Umstellung in Richtung

"grüne" Produktion als Vorbild für die gesamte europäische Fertigungsindustrie dienen und der Schlüssel für die Marktakzeptanz von nachhaltigen Technologien wie der Solarthermie sein.

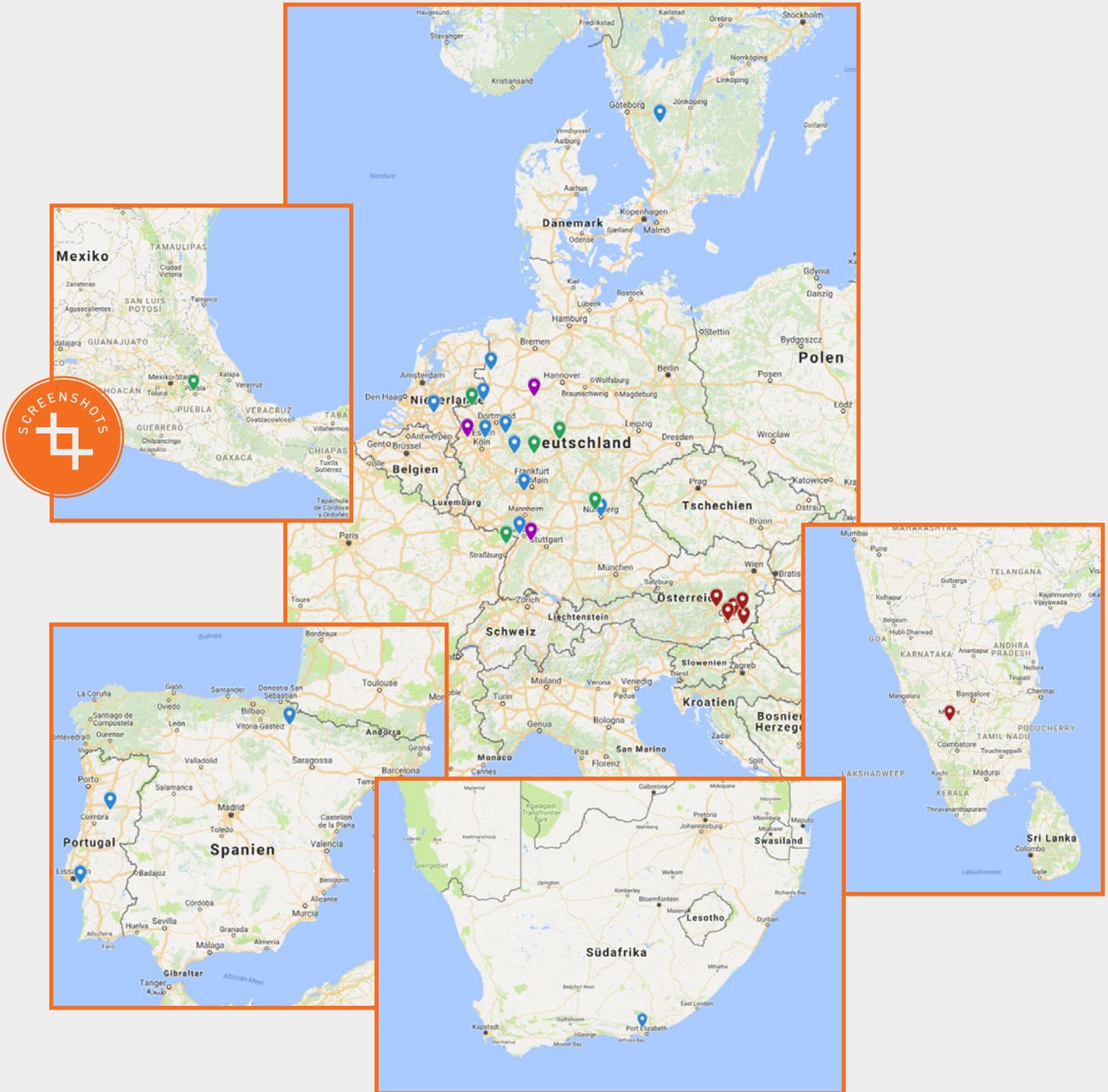
Die Branche ist durch ihre Inhomogenität gekennzeichnet, bietet aber gerade dadurch großes Übertragungspotenzial neuer Erkenntnisse in andere Branchen. Im Rahmen des Projektes wurden 12 Subbranchen der Automobil- und Zulieferindustrie identifiziert und betrachtet.

## Potenzial

Basierend auf dem Endenergieverbrauch der europäischen Industrie ergibt sich unter der Annahme, dass der gesamte industrielle Wärmebedarf unter 200°C solarthermisch versorgt werden kann, ein CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzial von 25 Millionen Tonnen pro Jahr. Rein in der Automobilindustrie (ohne Zulieferindustrie) bedeutet das mit 4,2 Mio m<sup>2</sup> installierter Kollektorfläche eine Leistung von 2,4 Gigawatt SHIP (Solar Heat for Industrial Processes). Um das Potenzial in für die Industrie konkrete Konzepte und Umsetzungen zu bringen, wurden im Projekt jene Prozesse ermittelt, die aufgrund ihrer Prozessanforderungen (Temperatur, Lastprofile) besonders gut für die solarthermische Versorgung geeignet sind. Zu diesen Schlüsselprozessen in den 12 identifizierten Subbranchen der Automobilindustrie (inklusive Zulieferindustrie) gehören unter anderem Waschprozesse und Färbeprozesse in der Textilindustrie sowie Galvanikprozesse in der Metalloberflächenbehandlung und Luftkonditionierungsschritte in der Fahrzeugindustrie.

### Durchgeführte Fallstudien und ihre Standorte

ABBILDUNG 1



## Herausforderungen und Lösungen

Solarthermie bietet in der industriellen Prozesswärmeversorgung insbesondere im Niedertemperaturbereich bis 100°C und im Mitteltemperaturbereich bis 250°C große Potenziale, die derzeit nicht annähernd ausgeschöpft werden. Die Gründe hierfür liegen in einem generellen Informationsdefizit hinsichtlich der Potenziale und Einsatzmöglichkeiten solarer Prozesswärme, Vorbehalte gegenüber der Technologie sowie dem fehlenden Knowhow zu einfachen Integrationsmöglichkeiten und der Wirtschaftlichkeit der Umsetzungen. Daraus ergeben sich in weiterer Folge wenige konkrete Umsetzungen und Leuchtturmprojekte, mit denen diese Barrieren adressiert werden können.

SolarAutomotive setzt hier an und stellt in einer **Guideline neben Informationen zu Einsatzmöglichkeiten und Integrationskonzepten auch Werkzeuge für die schnelle sowie detaillierte Auslegung und auch die wirtschaftliche Betrachtung zur Verfügung**. Ergebnisse aus Literaturstudien, konkreten Fallstudien und avisierten Umsetzungen, Befragungen sowie „Lessons-learned“ der Solarfirmen fließen hier ein.

## Fallbeispiele

Gemeinsam mit den Projektpartnern in Deutschland wurden, basierend auf den angegebenen Potenzialen der verschiedenen Branchen, über 25 detaillierte Fallstudien in unterschiedlichen Ländern durchgeführt. Abbildung 1 zeigt die Standorte der Fallstudien. Die Erhebungen wurden dabei beginnend auf der Evaluierung der bestehenden Energieversorgung bis hin zu detaillierten Analysen der Produktionsprozesse durchgeführt. Darauf aufbauend wurden in einem ersten Schritt entsprechende Effizienzmaßnahmen identifiziert und evaluiert, um neben Prozessoptimierungsmöglichkeiten auch interne Wärmerückgewinnungspotenziale zu berücksichtigen. Erst nach Berücksichtigung dieser Potenziale ist eine belastbare Darstellung des Potenzials für die Einbindung von Solarthermie sowohl auf Prozess- als auch auf Versorgungsebene sinnvoll.

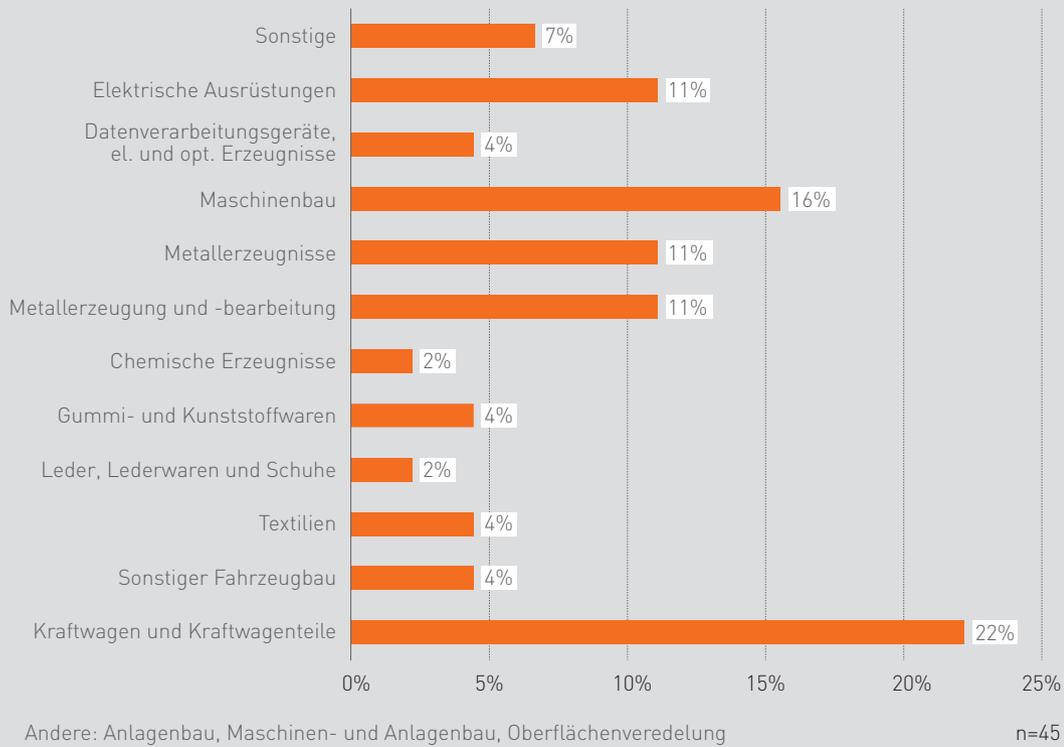
Die notwendigen Schritte einer solchen Erhebung anhand eines Beispiels erklärt:

- Erhebung von Daten zum Unternehmen: Unternehmensgröße, wirtschaftliche Rahmenbedingungen
- Eingesetzte Energieträger und Energieverbrauch: typischerweise hauptsächlich Strom und Gas
- Energieversorgung und Energieverteilung
- Wärmebedarf je Produktionsprozess: relevante Prozessparameter wie Temperatur, Lastprofile, Massenflüsse, Betriebs- und Aufheizzeiten, etc. sind entscheidend für die optimierte Integration solarer Prozesswärme
- Darstellung der Massen- und Energiebilanzierung Status Quo (u.a. Sankey-Diagramme)
- Prozessoptimierung zur Reduktion des Energiebedarfs (Isolierungen, Bäderabdeckungen, etc.)
- Systemoptimierung (Wärmerückgewinnung) mit Hilfe der Pinch-Analyse zur effizienten Nutzung von Abwärme, Trockner, Abluft, Abwasser, etc. unter Berücksichtigung technischer Machbarkeit und lokaler Besonderheiten
- Evaluierung der Maßnahmen nach technischen, ökologischen und ökonomischen Kriterien

Darauf aufbauend erfolgt die Identifikation und Auswahl möglicher Integrationspunkte für die solarthermische Versorgung. Dabei fließen Prozessparameter (Temperaturniveau, Spreizung, Aufheizraten, etc.) und prozesstechnische Besonderheiten und Produktqualität in die Bewertung mit ein. Daraus ergibt sich die sinnvolle Wahl der Kollektortechnologie, -fläche, Speicher, Aufstellungsort und Ausrichtung als Ergebnis einer detaillierten Auslegung und Simulation. Möglichst hoher Ertrag der Anlage steht wirtschaftlichen Optimierungen gegenüber. Wärmerückgewinnung und Solarthermie stehen in einem optimierten Energiekonzept in keiner Konkurrenz zueinander, sondern sind in Kombination mit bestehender Energieversorgung Teil einer hybriden und sicheren industriellen Energieversorgung.

## Verteilung Subbranchen an der Befragung

ABBILDUNG 2



„Wollen wir die definierten Klimaziele in Österreich und der EU erreichen, muss die Industrie als „Verbraucher“ von 25 % des Endenergieeinsatzes (EUROSTAT, 2017) und hier die Automobil- und Zulieferindustrie als Innovationsleader einen Beitrag leisten. Um Barrieren und aus ökonomischer Sicht bestehende Vorbehalte gegenüber nachhaltigen und erneuerbaren Energieträgern abzubauen, müssen Leuchtturmprojekte initiiert und daraus standardisierte Lösungen und Konzepte abgeleitet werden, die entsprechend viele Nachahmer finden. Durchgeführte Analysen und Fallstudien bestätigen eindeutig das Potenzial solarer Prozesswärme in diesem Industriesektor aufgrund der dort eingesetzten Prozesstechnologien und -parameter. Das Projekt SolarAutomotive kann für diese Entwicklung eine Initialzündung sein, wenn es gelingt die Projektergebnisse bekannt, Projekte leistbar zu machen und damit die Barrieren entscheidend abzubauen.“ PROJEKTLEITER JÜRGEN FLUCH



Die durchgeführten Fallstudien des Projektes zeigen sowohl technisch als auch wirtschaftlich sinnvolle Anlagen unterschiedlicher Größe und Erträge (Anlagen mit solarthermischen Flächen zwischen 50 m<sup>2</sup> und 3.200 m<sup>2</sup>). In einem nächsten Schritt sollen nach positiver innerbetrieblicher Evaluierung und Freigabe die Konzepte zur Umsetzung gebracht werden. Besonders wichtig ist dabei die Einbindung des Unternehmens in allen Schritten der Datenerhebung bis hin zur Konzeptentwicklung und -bewertung, um mögliche Vorbehalte und Zweifel vorab aus dem Weg zu räumen und auch um das firmenspezifische Wissen zu Gegebenheiten wie Platzbedarf oder Umsetzbarkeit von Maßnahmen zu berücksichtigen.

### Befragung

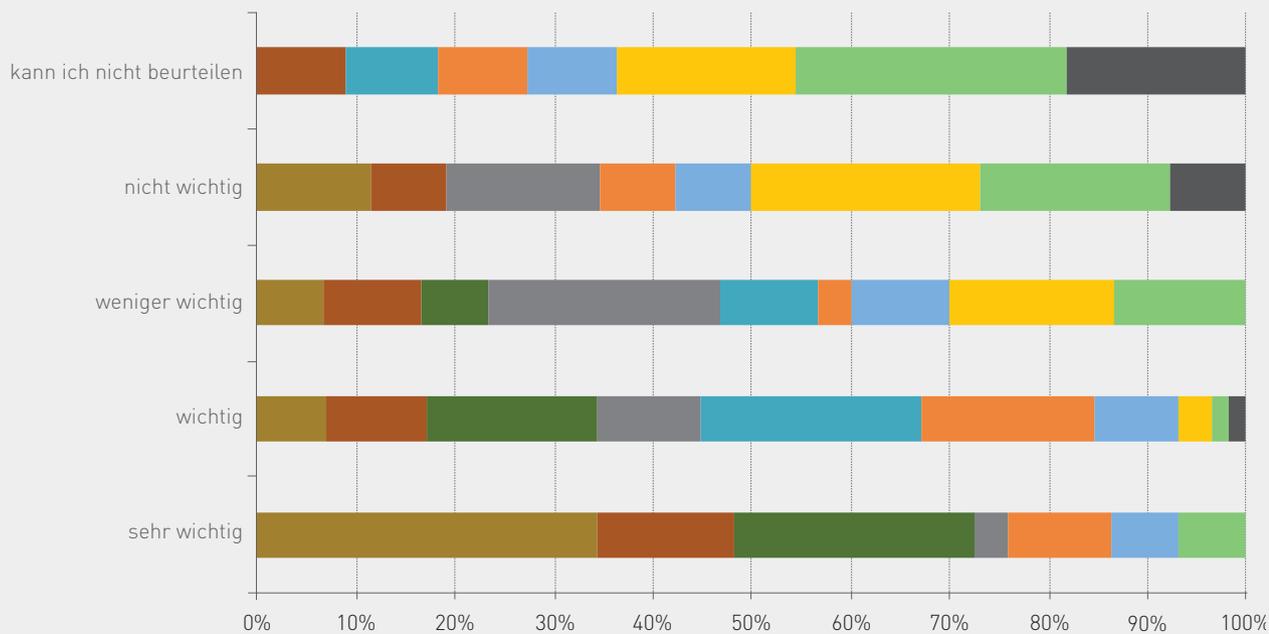
Neben den technischen Hardfacts ist es für Betriebe letztlich entscheidend, ob eine Investition wirtschaftlich darstellbar ist. Dazu haben Betriebe unterschiedliche Bewertungskriterien und innerbetriebliche Vorgaben die bereits in der Konzeptentwicklung adressiert werden müssen. Kleine Betriebe gehen hier anders vor als große Betriebe. Es war vor allem wichtig herauszufinden, nach welchen Parametern die Bewertung einer möglichen Investitionsentscheidung passiert. Dazu wurde eine Umfrage durchgeführt, die unternehmenspolitische

Rahmenbedingungen, zusätzliche Treiber und Hemmnisse für Investitionen im Bereich erneuerbarer Energien, sowie interne Vorgaben erhoben hat. Damit sollen konkrete Hebelpunkte für eine Investitionsentscheidung gefunden und entsprechend adressiert werden. Der Fragebogen wurde von 45 produzierenden Unternehmen aus 14 unterschiedlichen Subbranchen der Automobil- und Automobilzulieferindustrie beantwortet und entsprechend ausgewertet (Abbildung 2).

Die teilnehmenden Unternehmen setzen sich aus unterschiedlich großen Betrieben mit Mitarbeiteranzahlen von unter 10 bis über 10.000 mit Betriebsstandorten in Europa und Weltweit zusammen. Auffällig sind die nach Unternehmensgröße unterschiedlichen Mitarbeiter, involvierten Entscheidungsträger und damit verbundene Entscheidungswege. Auch der Stellenwert von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien weist erhebliche Unterschiede in den unterschiedlichen Positionen im Unternehmen auf. So ist zu erkennen, dass das grundsätzliche Bewusstsein für eine nachhaltige Produktion bzw. deren Energieversorgung im Top-Management zwar vorhanden ist, es aber gerade dort große Hürden zur Umsetzung gibt. Das technische Verständnis ist eher im Bereich von internen Umweltbeauftragten oder Energiemanagern

**Gewichtung der Faktoren zur Umsetzung von Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz und Erneuerbare Energien**

ABBILDUNG 3



Anzahl der Antworten: 154

- Amortisationszeit
- Rendite (interne Verzinsung)
- Ökologischer Gedanke
- Marketing
- Erfüllung von Unternehmenszielen
- Managemententscheidung
- Langfristig kalkulierbare Energiepreise
- Externe Auflagen
- Nutzung von Förderungen
- Sonstiges

zu finden, während dort die wirtschaftliche Bewertung der Konzepte als zu optimistisch durchgeführt wird (zu hohe akzeptable ROIs).

Unternehmen, die bereits Umsetzungen im Bereich Energieeffizienz und Erneuerbare Energie durchgeführt haben, gaben als wichtigste Argumente und Faktoren für deren Umsetzungen eine kurze Amortisationszeit und den ökologischen Gedanken als ausschlaggebend an. Das Ergebnis der Auswertung unterstreicht die Zielsetzung des Projektes, Planungskosten zu reduzieren, Schlüsselprozesse für die solarthermische Versorgung zu identifizieren und damit einen Beitrag zur Reduktion der Amortisationszeit zu leisten (Abbildung 3).

### **Wirtschaftliche Betrachtung**

Bei der Vorstellung von solarthermischen Projekten verwendet die Solarindustrie oftmals nicht dieselbe Sprache wie es Investoren bzw. Banken tun. Eine wirtschaftliche Betrachtung ist für Investitionsentscheidungen mit hohen Initialkosten für langlaufende Projekte für die Unternehmen von entscheidender strategischer Bedeutung. Bei den Investitionskosten für solare Prozesswärmeanlagen gibt es große Unterschiede. Sie variieren in Anhängigkeit vom verwendeten Kollektortyp, der Anlagenhydraulik samt Energiespeichersystem, der Prozessanbindung, örtlichen Gegebenheiten und wirken sich natürlich auch auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen aus. Um den Solarfirmen auch im direkten Gespräch mit ihren Kunden eine Möglichkeit zu bieten auf örtliche Rahmenbedingungen (z.B.: reduzierter Platzbedarf frei verfügbarer Dachflächen für Kollektoren) bzw. unternehmenspolitischer Anforderungen reagieren zu können, wurden für die wirtschaftliche Betrachtung der solaren Prozesswärmeanlagen Methoden und plakative Darstellungen (Nomogramme) für die Bewertungen entwickelt, die es erlauben schnell auf die Bedürfnisse und Zielsetzungen des Unternehmens zu reagieren und die für das Unternehmen optimale Systemkonfiguration zu finden. So wird in Abbildung 4

beispielsweise der Zusammenhang zwischen Deckungsgrad, Kollektorfläche, spezifischem Speichervolumen und Wärmegestehungskosten dargestellt.

### **Werkzeuge**

Ein Schlüssel für die Identifikation und Bewertung von solarthermischen Konzepten sind einfache und maßgeschneiderte Werkzeuge, die je nach Zielgruppe wichtige Informationen und Auswertungen einer solarthermischen Anlage liefern. Zielgruppen sind dabei je nach Anforderung Industriebetriebe (interne Energiemanager), Energieberater, Solarthermieanbieter, etc. Im Rahmen des Projektes wurden diese Anforderungen in zwei unterschiedlichen Tools adressiert – einem Vorauslegungstool sowie einem detaillierten Simulationstool, SolarSOCO. Die unterschiedliche Detailtiefe ermöglicht die Verbreitung an verschiedene Zielgruppen.

### **Vorauslegungstool**

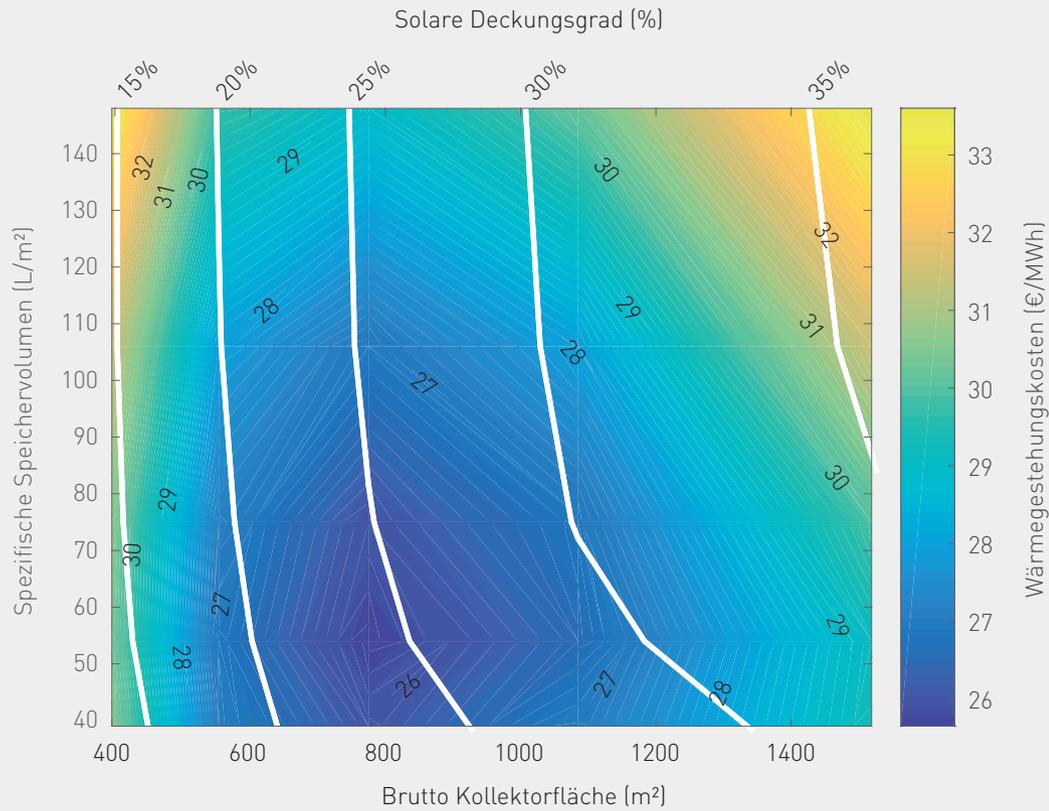
Das erstellte Vorauslegungstool mit einem Quick-Check des Potenzials von Solarthermie ist vor allem für Solarfirmen, Industriebetriebe sowie Energieberater interessant und durch die wenigen Eingabeparameter besonders benutzerfreundlich. Teil dieses Tools ist auch eine erste wirtschaftliche Bewertung. Hierbei wird vor allem auf die einfache Bedienbarkeit und Anpassbarkeit auf sich ändernde wirtschaftliche Rahmenbedingungen sowie den unterschiedlichen Anforderungen der Unternehmen geachtet. Das Tool steht unter: [www.solare-prozesswärme.info/vorauslegung](http://www.solare-prozesswärme.info/vorauslegung) kostenlos zur Verfügung.

### **SolarSOCO**

Dieses basierend auf Vorarbeiten entwickelte Tool ermöglicht eine Auslegung in einem weitaus höheren Detailierungsgrad. Hierbei werden in einem ersten Schritt Wärmerückgewinnungspotenziale mithilfe der Pinch-Analyse identifiziert und darauf aufbauend eine detaillierte solarthermische Integration simuliert. Dabei werden auch notwendige Speichersysteme in das

**Beispielhaftes Normogramm mit Wärmegestehungskosten (über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren) und Solardeckungsgrad für unterschiedliche Kombinationen von Kollektorfläche und Speichervolumen**

ABBILDUNG 4



**Quellen**

ACEA, (2017), The Automobile Industry Pocket Guide 2017-2018.

EUROSTAT, (2017), Statistics Explained, Energieverbrauch, EU-28, 2015

Gesamtkonzept integriert, um ein gesamtheitliches exergetisches Optimum zu finden. Kern des Optimierungsalgorithmus sowie der integrierten Identifikation, Simulation und Bewertung der Solarintegration ist ein zeitlich aufgelöstes Lastprofil das mit verfügbarer Solarstrahlung (Wetterdaten) verknüpft wird und zu jedem Zeitpunkt den Ertrag der Anlage in Abhängigkeit von Kollektorwirkungsgrad (Prozesstemperatur, Orientierung, Verluste, etc.) errechnet. Durch die Verknüpfung im Systemdesign mit einer möglichen Wärmerückgewinnung und möglichen Speichern sowie deren detaillierter Simulation ergeben sich konkrete Aussagen zur technischen und wirtschaftlichen Bewertung des Systems. Derzeit (Stand Mai 2018) befindet sich SolarSOCO in einer beta-Testphase und wird hinsichtlich Bedienbarkeit und den Simulationsergebnissen evaluiert, um in einem letzten Schritt fertig gestellt zu werden.

## Ergebnisse

Das große erwartete Potenzial der Automobil- und Zulieferindustrie für den Einsatz von solarer Prozesswärme konnte durch die durchgeführten Fallstudien bestätigt werden. Die Ergebnisse aus den Audits sowie weiteren Erhebungen zu den Produktionsabläufen in der Branche werden dazu genutzt, Schlüsselprozesse mit besonders hohem Potenzial aufzuzeigen und daraus standardisierte Integrationskonzepte zu entwickeln. Damit werden erhobene Barrieren und Vorbehalte gegenüber solarer Prozesswärme (zu teuer, zu kompliziert, fehlendes Knowhow, etc.) adressiert und der oft hohe Planungsaufwand reduziert. Neben den im Rahmen des Projektes angestrebten direkten Umsetzungen und deren Begleitung, fließen die genannten Ergebnisse in eine Guideline und in Werkzeuge ein, um die weitere Verbreitung und Umsetzung von solarer Prozesswärme in der Automobil- und Zulieferindustrie zu erleichtern und voranzutreiben.

### DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Das Vorantreiben solarer Prozesswärme in der Automobil- und Zulieferindustrie sorgt für eine Bündelung zweier Stärkefelder der österreichischen Wirtschaft: der Automobil- und Zulieferindustrie sowie der Solarthermiebranche. Das leistet einen Beitrag zur Technologieführerschaft in diesem Bereich sowie zum Ausbau des Vorzeigecharakters der Industrie.
- Durch SolarAutomotive werden Umsetzungsbarrieren von Solarwärme für industrielle Prozesse (engl. Solar Heat for Industrial Processes, SHIP) beseitigt, die Leistbarkeit der Technologie erhöht und konkrete Vorzeigeprojekte initiiert.
- Die Projektergebnisse – standardisierte Konzepte, Werkzeuge und ein Leitfadens – werden dazu beitragen, dass dieser grünen Technologie in den nächsten Jahren die entsprechende Wichtigkeit in der industriellen Energieversorgung beigemessen wird.





### Projektleitung:

MARKUS LEHNER

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Verfahrenstechnik  
des industriellen Umweltschutzes

Typische Zusammensetzung von Prozessgasen in einem integrierten Hüttenwerk<sup>3</sup>

TABELLE 1

		Gichtgas		Kokereigas		Tiegelgas
		Min.	Max.	Min.	Max.	Mittel
<b>CO</b>	[Vol-%]	19	27	3,4	5,8	60,9
<b>H<sub>2</sub></b>	[Vol-%]	1	8	36,1	61,7	4,3
<b>CO<sub>2</sub></b>	[Vol-%]	16	26	1	5,4	17,2
<b>N<sub>2</sub></b>	[Vol-%]	44	58	1,5	6	15,5
<b>CH<sub>4</sub></b>	[Vol-%]			15,7	27	0,1
<b>CxHy</b>	[Vol-%]			1,4	2,4	
<b>Unterer Heizwert</b>	[kJ/Nm <sup>3</sup> ]	2 600	4 000	9 000	19 000	8 184
<b>Staubgehalt</b>	[mg/Nm <sup>3</sup> ]	0	10			
<b>Schwefel gesamt</b>	[mg/Nm <sup>3</sup> ]		170	100	800	

# Renewable Steel Gases

Einbindung erneuerbarer Energie in die Stahlproduktion zur Energieeffizienzsteigerung und Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Im Dezember 2015 vereinbarten die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention im Pariser Abkommen, den Anstieg der globalen Mitteltemperatur auf unter 2°C gegenüber dem vorindustriellen Temperaturniveau zu begrenzen<sup>1</sup>. Um dieses Ziel zu erreichen, ist die Reduzierung von Treibhausgasemissionen unvermeidlich. Ein Weg dazu ist die verstärkte Einbindung von erneuerbaren Energien in die Industrieproduktion.

Problematisch bei der Nutzung erneuerbarer Energien (besonders bei Windkraft und Photovoltaik) ist das stark fluktuierende Angebot, das täglichen und auch jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt. Eine Möglichkeit zur Speicherung des erneuerbaren Stroms in großen Mengen ist die Umwandlung von elektrischer in chemische Energie durch die „Power-to-Gas“-Technologie. Power-to-Gas (PtG) beschreibt ein Konzept, mit dem erneuerbarer Strom für die Wasserelektrolyse genutzt wird, um Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und als Nebenprodukt Sauerstoff zu erzeugen. Durch die Elektrolyse gewonnener H<sub>2</sub> kann direkt verwendet oder mit einer geeigneten Kohlenstoffquelle zu Methan (CH<sub>4</sub>) umgesetzt werden<sup>2</sup>. Methan ist der Hauptbestandteil von Erdgas, daher spricht man bei dem erzeugten Produkt auch von synthetischem Erdgas. Ein wesentlicher Vorteil von PtG ist die Nutzung der bestehenden Erdgasinfrastruktur für Transport und Lagerung. Es stellt sich jedoch die Frage, woher in einem Energiesystem, das vermehrt auf erneuerbare Quellen basiert, der für die Methansynthese benötigte Kohlenstoff kommt. Geeignete Kohlenstoffquellen sind in einem integrierten Hüttenwerk zur Stahlerzeugung in großen Mengen vorhanden.

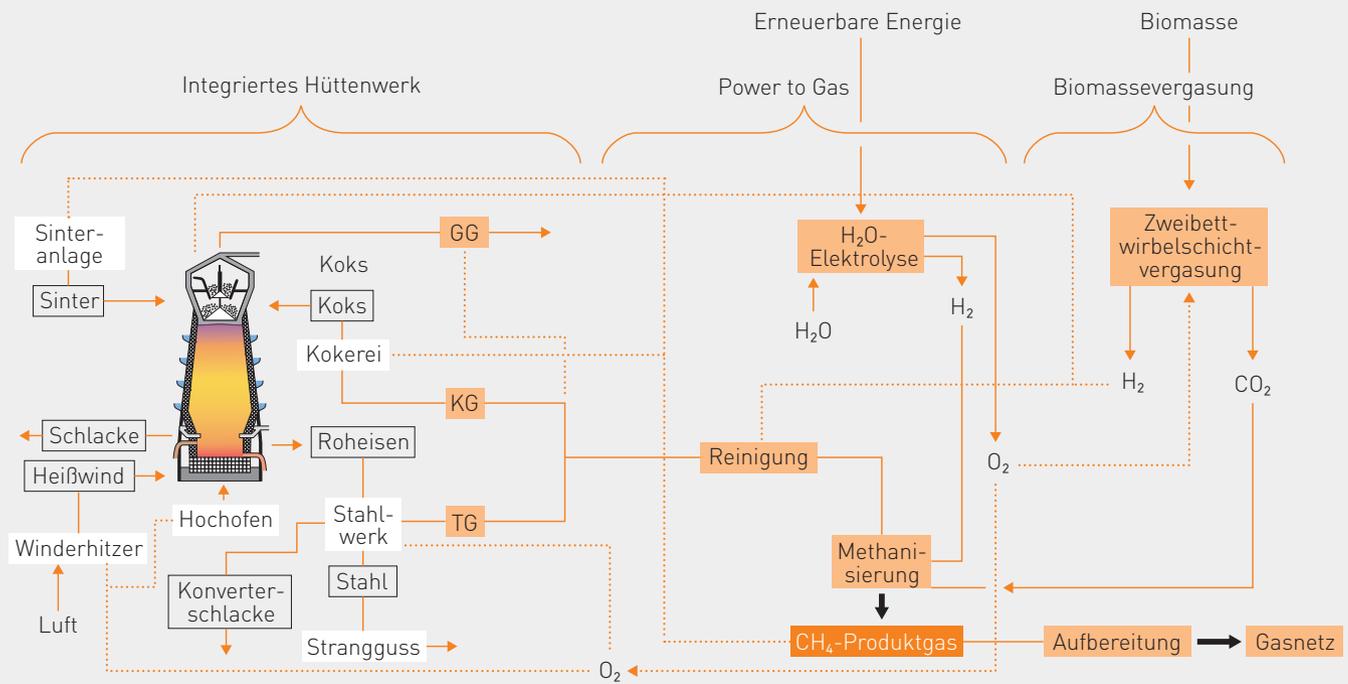
In Europa werden ca. 60 % der primären Stahlproduktion über die Hochofenroute erzielt. In einem integrierten Hüttenwerk fallen energiereiche CO-, CO<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>-haltige Kuppelgase aus unterschiedlichen Prozessen an, welche großes Potenzial für die Einbindung einer Power-to-Gas Anlage haben<sup>3</sup>. Tiegelgas (TG) aus dem Stahlwerk, Kokereigas (KG) aus der Kokerei und Gichtgas (GG) aus dem Hochofen weisen unterschiedliche Zusammensetzungen hinsichtlich CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub> und Spurengasen auf (siehe Tabelle 1).

Im Projekt „Renewable Steel Gases“ arbeiten die Forschungseinrichtungen Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes; Technische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften und das Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz gemeinsam mit der K1-MET GmbH, voestalpine Linz und voestalpine Donawitz zusammen. Ziel des Projektes ist, Prozessketten zur energieeffizienten Nutzung geeigneter Kuppelgase eines integrierten Hüttenwerks unter Einbindung erneuerbarer Energie zu entwickeln, zu bewerten und zu optimieren. Aufbauend auf Prozesssimulationen werden experimentelle Untersuchungen durchgeführt, um die maximal möglichen Einsparungen an CO<sub>x</sub> Emissionen und die Steigerung der Energieeffizienz aufzuzeigen.

Abbildung 1 zeigt mögliche Integrationsvarianten von PtG und Biomassevergasung in einem integrierten Hüttenwerk. Die Wasserstoffherzeugung erfolgt mittels

## Konzept einer möglichen Verschaltung von Power-to-Gas Anlage und Biomassevergasung mit einem integrierten Hüttenwerk

ABBILDUNG 1



Wasserelektrolyse aus erneuerbarem Strom und wird zusätzlich durch biogen gewonnenem  $H_2$  aus einer Wirbelschicht-Biomassevergasung ergänzt. Der daraus gewonnene Wasserstoff wird nachfolgend für eine Methanisierung der Kuppelgase und dem biogenen  $CO_2$  aus der Biomassevergasung genutzt. Beim SER-Verfahren (Sorption Enhanced Reforming) handelt es sich um einen Vergasungsprozess, welcher in einem Zweibettwirbelschichtsystem durchgeführt wird. Das Vergasersystem besteht aus zwei Reaktoren, dem Vergasungsreaktor und dem Verbrennungsreaktor. Im Gegensatz zur konventionellen Wirbelschichtvergasung wird Kalkstein als Bettmaterial verwendet. Durch einen selektiven Transport von  $CO_2$  mittels Kalkstein vom Vergasungsreaktor in den Verbrennungsreaktor, entsteht ein Produktgas mit hohem  $H_2$ - und geringem  $CO_2$ -Anteil<sup>4</sup>.

Des Weiteren fällt als Nebenprodukt bei der Elektrolyse Sauerstoff an, welcher im Hüttenwerk (beispielsweise im LD-Konverter) verwendet werden kann. Dies steigert wiederum die Energieeffizienz, da der Energieaufwand zur Luftzerlegung partiell eingespart wird.

Im Zuge des Projektes werden verschiedene Szenarien ausgearbeitet und mit Hilfe von Aspen Plus® simuliert, welche als Grundlage für weitere experimentelle Untersuchungen dienen. Eines der Szenarien beschäftigt sich mit der maximalen Nutzung der  $CO/CO_2$  Anteile eines Kuppelgasgemisches durch die katalytische Methanisierung, wobei das Produkt SNG (Substitute Natural Gas) als Erdgassubstitut hüttenwerksintern genutzt werden soll. Durch die großen verfügbaren Mengen an  $CO_x$  ist es denkbar, den gesamten Erdgasbedarf in den untersuchten Hüttenwerken zu substituieren. Ein weiteres Szenario ist beispielsweise die Nutzung der gesamten  $CO_2$  Emissionen des Hüttenwerks.

In der Methanisierung erfolgt die Erzeugung von  $CH_4$  (Methan) durch stark exotherme, heterogenkatalysierte Gasphasenreaktionen von  $H_2$  mit  $CO$  und/oder  $CO_2$ , wobei beide Reaktionen über die Wassergas-Shift-Reaktion (WGSR) gekoppelt sind.<sup>5</sup>

„Die primäre Stahlerzeugung wird weltweit und auch in Österreich größtenteils über die Hochofenroute in integrierten Hüttenwerken durchgeführt. Dabei fallen energiereiche Prozessgase an, welche wesentlich zu den  $CO_2$ -Emissionen beitragen. Die Vision des Projektes ist, durch Einbindung von erneuerbaren Energien das Potenzial dieser Gase nutzbar zu machen, die Energieeffizienz in der Stahlproduktion zu steigern und so den  $CO_2$ -Footprint in der Stahlerzeugung zu senken.

Im Rahmen des Projektes werden optimale Prozessketten für die Einbindung einer Power-to-Gas Anlage mit zusätzlicher Biomassevergasung in ein integriertes Hüttenwerk erarbeitet. Mit Wasserstoff aus einer Elektrolyse und einer Zweibettwirbelschichtvergasung werden die Kohlenstoffanteile in den Prozessgasen zu erneuerbarem Methan umgewandelt, das den Erdgasbedarf des Stahlwerks autark decken kann und so den fossilen Energiebedarf signifikant reduziert.“ PROJEKTLEITER MARKUS LEHNER





VERLEGENGANG  
M<sub>1</sub> 5bar In Betrieb  
CO<sub>2</sub> 0bar  
M<sub>2</sub> 0bar 19-13  
K<sub>1</sub> 0bar 20-Minuten  
M<sub>2</sub> 0bar 20-Minuten  
p = 2,5 bar  
EE-Methan aus CO<sub>2</sub>

Christof Industries

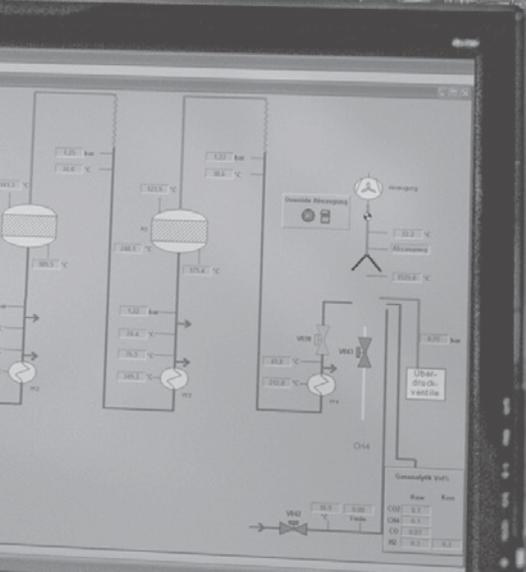


ABBILDUNG 2



→ Laboranlage zur Methanisierung  
der Montanuniversität Leoben

### Simulationsergebnisse für den Ersatz des gesamten fossilen Erdgases

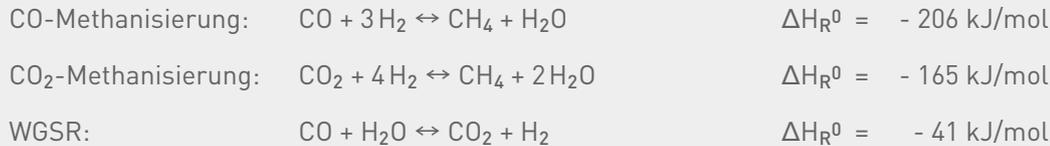
TABELLE 2

		GICHTGAS		TIEGELGAS	
		Werk I	Werk II	Werk I	Werk II
<b>Nutzung Kuppelgas</b>	%	11 %	15%	87%	151 %
<b>Notwendige Elektrolyseleistung (5 kWh/Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>)</b>	[MW]	524	224	510	-
<b>Deckung des Sauerstoffbedarfs</b>	%	78 %	163 %	77 %	-



#### Quellen

- <sup>1</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/klimarahmenkonvention> (25.1.2018)
- <sup>2</sup> Lehner M., Biegger P., Medved A.R., Power-to-Gas: Die Rolle der chemischen Speicherung in einem Energiesystem mit hohen Anteilen an erneuerbarer Energie, e&ci 2017; 134:246-251.
- <sup>3</sup> Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Iron and Steel Production, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU Integrated Pollution Prevention and Control, 2013.
- <sup>4</sup> S. Müller et al, "ERBA - Erzeugung eines Produktgases aus Biomassereformierung mit selektiver CO<sub>2</sub> Abtrennung: Neue Energien 2020, publizierbarer Endbericht, Klima- und Energiefonds managed by FFG, 2015.
- <sup>5</sup> Lehner, M. et al.: Power-to-Gas: Technology and Business Models. Springer Briefs in Energy, Cham, 2014.



Mögliche Prozessketten und Gaszusammensetzungen werden mit dem Programm Aspen Plus® erstellt. Für das Szenario „Ersatz des gesamten fossilen Erdgasbedarfs“ des Hüttenwerkes sind die Ergebnisse in Tabelle 2 wiedergegeben. **Mit nur 11 bzw. 15 % des Gichtgases lässt sich der gesamte Erdgasbedarf decken, es ist jedoch eine Elektrolyse von 524MW installierter Leistung notwendig.** Das Nebenprodukt Sauerstoff ersetzt dabei in einem Fall zu 78% den Luftzerlegersauerstoff, im anderen Fall deckt es den gesamten Sauerstoffbedarf. Wird nur Tiegelgas verwendet, ist dies für das Werk II nicht in ausreichender Menge vorhanden.

Mit einer Laboranlage zur chemischen Methanisierung am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes wird der Einfluss der Gaszusammensetzung experimentell untersucht (Abbildung 2). Die gewonnenen Ergebnisse fließen direkt in die Simulationen ein und verbessern so deren Genauig-

keit. Die Anlage besteht aus drei in Serie geschalteten Festbettreaktoren und ermöglicht die Variation des CO/CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>-Verhältnisses sowie der Katalysatormenge und Materials. Deren Einflüsse können bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen und beliebiger Reaktorzahl (einstufig bis dreistufig) untersucht werden.

Im weiteren Verlauf des Projektes werden aus der Vielzahl der möglichen Verschaltungsvarianten einer Power-to-Gas Anlage und einer Biomassevergasung mit einem integrierten Hüttenwerk solche Prozessketten identifiziert, die zu einer maximalen CO<sub>2</sub>-Einsparung führen. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung wird quantifiziert, die Massen- und Energieströme bilanziert und die Steigerung der Energieeffizienz in der Stahlproduktion bewertet. Es ist beabsichtigt, den Bau einer Demonstrationsanlage für das Verfahren in dem Projekt vorzubereiten.

### DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Die Stahlproduktion zählt weltweit zu den größten CO<sub>2</sub>-Emittenten. Nur mit radikalen Prozessinnovationen lässt sich die Stahlproduktion klimafreundlicher gestalten.
- Die Einbindung von erneuerbaren Energiequellen in die Stahlproduktion unter Nutzung der Prozessgase ermöglicht die traditionelle Industrieproduktion nachhaltig zu gestalten unter Erhalt bestehender Infrastruktur.
- Die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Erhöhung der Energieeffizienz tragen wesentlich zu den österreichischen Klimazielen bei und sichern hochqualifizierte Arbeitsplätze im Bereich der Industrieproduktion.

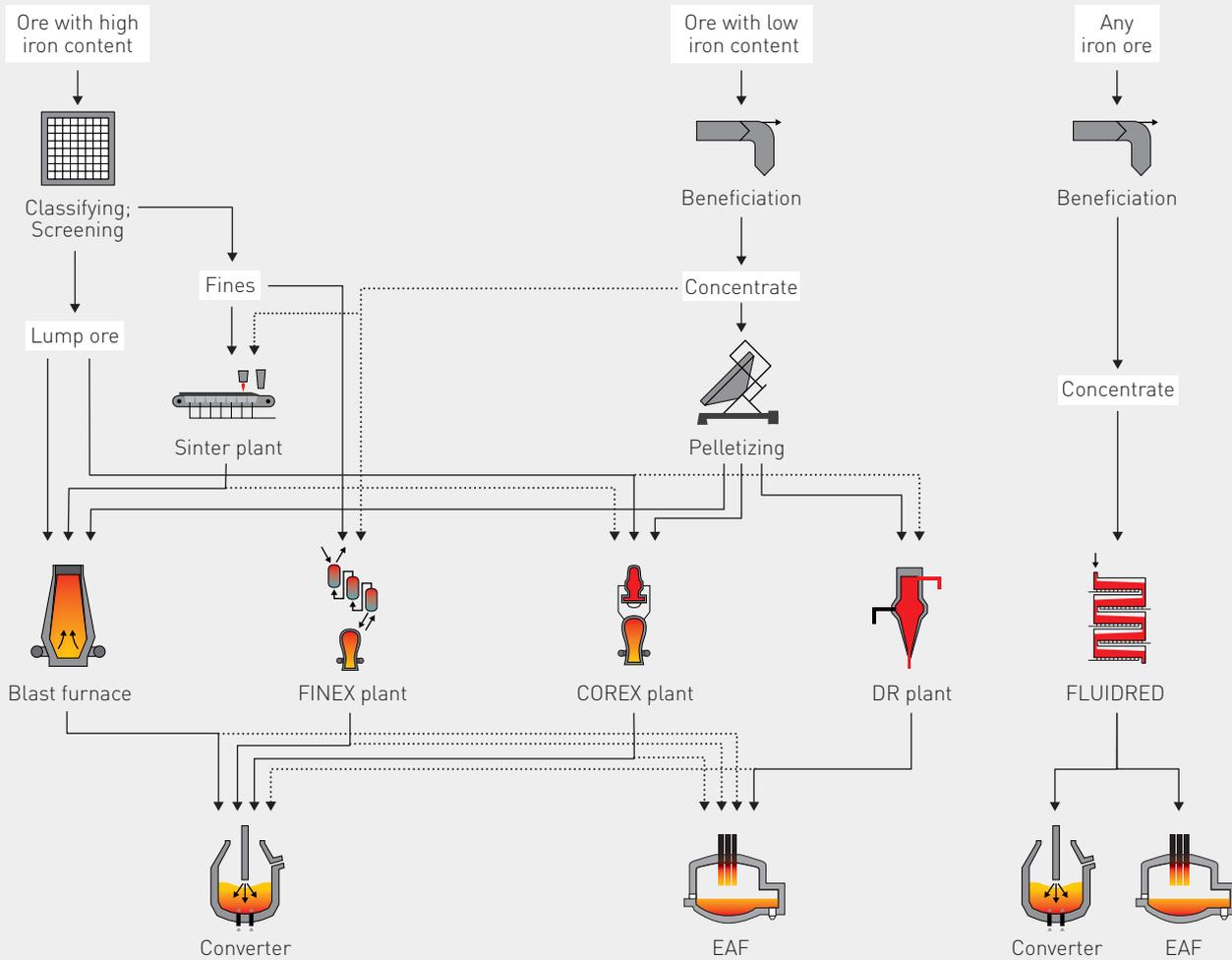




Projektleitung: BERNHARD HIEBL  
 Primetals Technologies Austria GmbH

Industrial Scale proven Routes for Iron & Steel Making vs. "Game Changer" Fluidred

ABBILDUNG 1



# E<sup>3</sup>-SteP

Enhanced Energy Efficient Iron- and Steel Production

## Ausgangssituation und Problematik

Die Produktion von Eisen und Stahl ist sehr energieintensiv. Hinzu kommt, dass ein Großteil der weltweiten Produktion derzeit noch über die sogenannte Hochofen-Sauerstoffkonverter-Route erfolgt. Diese hat prozessbedingt zum einen, einen erhöhten Energieverbrauch im Vergleich zu neueren Technologien und weist zum anderen, durch den Einsatz von Kohle, einen hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf. Es wird daher in den nächsten Jahren zu einer Gezeitenwende im Bereich der Eisen- und Stahlerzeugungstechnologien kommen (müssen). Aktuell wird beispielsweise gerade eine verhältnismäßig große Elektrolyse Anlage in Linz zu Versuchszwecken in Betrieb genommen um zu sehen, wie sich der Anlagenbetrieb im Umfeld eines Stahlwerks verhält. Weltweit arbeiten viele Unternehmen an der Vision einer CO<sub>2</sub>-freien Stahlproduktion. Doch ausschließlich eine Substitution der Hochofen Technologie mit einer neuen CO<sub>2</sub>-freien Technologie mit selben spezifischen Energieverbrauch voran zu treiben, wird nicht ausreichen. Es ist zusätzlich zur prozesstechnischen Entwicklung auch immer der Verbrauch an Primärenergie in Betracht zu ziehen. Die Projektpartner von E<sup>3</sup>-SteP sind sich dessen bewusst und haben daher in den letzten beiden Jahren intensiv an der Entwicklung neuer Produktionstechnologien gearbeitet. Es wurden im Zuge von diversen vorangegangenen und laufenden Entwicklungsprojekten durch die Projektpartner grundlegende Erkenntnisse zu einer neuen Produktionsroute gewonnen.

## Basistechnologie

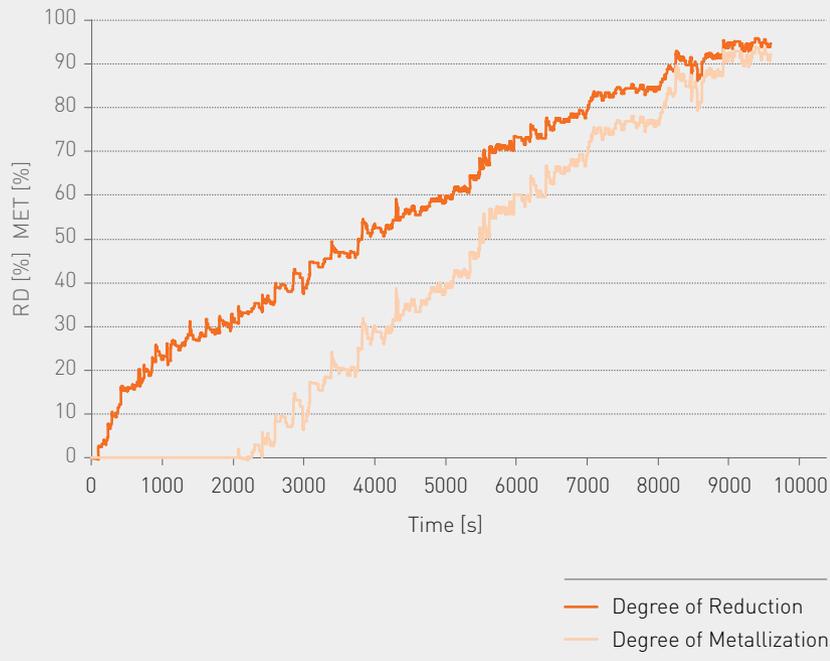
Die Produktionstechnologie hinter E<sup>3</sup>-SteP basiert auf der Verwendung von Eisenerzkonzentrat in Form von feinem Pulver mit einer Korngrößenverteilung großteils unter 100 µm. Die Technologie (FluidRed) verwendet ein lang gezogenes Wirbelbett, verteilt auf mehrere Etagen, wo durch einen Düsenboden Wasserstoff eingebracht und somit das zu reduzierende Material in Schwebelage gehalten wird. Das Material bewegt sich über mehrere Etagen durch die Anlage und wird so kontinuierlich durch die Wasserstoffatmosphäre reduziert, d.h. der Sauerstoff wird kontinuierlich aus dem Material ausgebaut und verlässt die Anlage als fast reines Eisen.

Die Details des Produktionsprozesses stehen bei E<sup>3</sup>-SteP nur bedingt im Vordergrund, nämlich nur dahingehend, um benötigte Energiemengen zu minimieren und die Ressourceneffizienz zu erhöhen.

**Das Produktionskonzept bietet in Bezug auf Ressourceneffizienz und Energiemenge einen sehr guten Ausgangspunkt denn es:**

- Kann auf Agglomerationsschritte des Erzkonzentrats im Gegensatz zu fast allen anderen gebräuchlichen Technologien gänzlich verzichten. Dadurch wird die (heute gänzlich fossile) Energiemenge für diese Prozessschritte eingespart.

### Verlauf des Reduktions- und Metallisierungsgrades über die Versuchsdauer



„Unser Ziel ist es die gesamte Stahlerzeugung mittelfristig CO<sub>2</sub> neutral zu machen – unser Projekt soll einen wesentlichen Beitrag dazu darstellen.“ PROJEKTLEITER BERNHARD HIEBL

- Minimiert durch die Prozessgestaltung und durch die Verwendung von reinem Wasserstoff die benötigte Energiemenge und kommt im Vergleich zu heute gängigen Technologien dem theoretischen Minimum deutlich näher.
- Benötigt keine Zuschlagstoffe in der Roheisenherstellung und minimiert somit den Ressourcenverbrauch
- Benötigt keine Kokerei oder ähnliche Anlagen und verringert somit den räumlichen als auch den ökologischen Footprint.

### Projekthalte und -ziele

Darauf aufbauend wird in E<sup>3</sup>-SteP das Potenzial zur Einsparung von Primärenergie und zur Erhöhung der Ressourceneffizienz untersucht.

E<sup>3</sup>-SteP konzentriert sich auf die Themen Energie- und Ressourceneffizienz für die neuen Eisen- und Stahlrouten FluidRed und anderen neuen Technologien, die von Partnern im Konsortium entwickelt wurden.

E<sup>3</sup>-SteP beschäftigt sich nun innerhalb dieser Produktionsprozesse mit der energieeffizienten Ausgestaltung der einzelnen Prozessschritte. Es ist im Hinblick auf Klimawandel und der Verschwendung von Primärressourcen notwendig sich diesen Themen umfassend zu widmen und an dieser Stelle bereits in einem frühen Entwicklungsstadium der Prozesstechnologien Forschung und Entwicklung zu betreiben.

Die Ziele von E<sup>3</sup>-SteP umfassen damit entsprechend:

- die Erhöhung der Energieeffizienz der Gesamtroute durch den Wegfall der Eisenerzagglomeration (für konventionelle Routen notwendig),
- die geschickte Herstellung und Wiederverwendung des Reduktionsmittels,
- die „ideale“ Verschaltung von FluidRed mit anderen Technologien, die Integration von regenerativem Wasserstoff in den Gesamtprozess sowie durch die Anpassung der Energiesysteme an die Energiesysteme der Zukunft („Power to Steel“).

Diese Projektziele führen zur Vision des Gesamtprojektes wo E<sup>3</sup>-SteP seinen Beitrag leistet:

- Bei Erreichung dieser Ziele kann die die Gesamteffizienz der Produktionsroute um 20% gesteigert werden (auf Basis des aktuellen Standes der Technik).
- Zusätzlich kann der Schlupf an Primärressourcen deutlich gesenkt werden, was wiederum den Einsatz von Energieträgern verringert.
- Damit stellt E<sup>3</sup>-SteP, aufbauend auf die Entwicklungsprojekte der Produktionsprozesse an sich, ein Kernelement im Entwicklungspfad für eine nachhaltige und energieeffiziente Eisen- und Stahlproduktion dar.

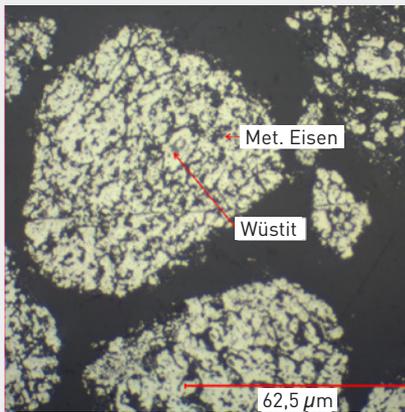
### Vorgehensweise

Zur grundsätzlichen Validierung von getroffenen Annahmen wurden und werden an der MUL (Montanuniversität Leoben) Versuche durchgeführt. Diese dienen als Ausgangsbasis für weitere Entwicklungsarbeiten.

Eine zentrale Aufgabe bei der Erzeugung von Roheisen ist die Bereitstellung von Reduktionsmittel zur Entfernung des Sauerstoffs aus dem Eisenoxid. Dieses Reduktionsmittel wird bei der Hochofen-Sauerstoffkonverter-Route in Form von Koks bereitgestellt. Der Koks wird wiederum in einer Kokerei aus Kohle erzeugt. Im E<sup>3</sup>-SteP Setup wird als Reduktionsmittel reiner Wasserstoff verwendet. Dieser wird derzeit weltweit zum größten Teil aus Erdgas erzeugt und soll bzw. wird in Zukunft aus (regenerativem) Strom erzeugt werden. Im Zuge von E<sup>3</sup>-SteP wird die Gaserzeugung und -aufbereitung auf die Minimierung des Ressourceneinsatzes und damit einhergehend auf die Minimierung des Energieeinsatzes hin entwickelt. Dabei ist im Auge zu behalten, dass als Brückentechnologie, zumindest zu Beginn noch ein Einsatz von Erdgas als H<sub>2</sub>-Träger nicht auszuschließen ist. Das Anlagenkonzept muss also dahingehend entwickelt werden, dass man nach und nach den Anteil an regenerativem Wasserstoff erhöhen kann (Schlagwort „Power to Steel“).

### Schliffbild der reduzierten Probe

ABBILDUNG 3



Im Hinblick auf den Gesamtprozess ist es notwendig alle bis dato errechneten Verbrauchsszenarien zu konsolidieren und eine durch Modellversuche validierte Simulationsrechnung des tatsächlichen Energieverbrauchs zu entwickeln. Damit einhergehend bzw. daraus resultierend lassen sich wiederum Rückschlüsse auf Verbesserungsmaßnahmen im Anlagendesign ableiten.

Im Hinblick auf Ressourceneffizienz des Gesamtsystems stellt sich die Frage der Einordnung der neuen Technologien in das Betriebskonzept von bestehenden Stahlwerken. Dabei geht es um die Berechnung und der zu erwartenden Ressourceneffizienz. In heutigen Eisen- und Stahlerzeugungsrouten kommt es durch verschiedene Prozessschritte zu erheblichen „Verlusten“ von Eisen in Form von eisenhaltiger Schlacke, die an verschiedenen Stellen ausgespeist wird. Hier setzt E<sup>3</sup>-SteP an um den Ressourceneinsatz von Eisenerz bei gleichem Rohstahloutput zu senken. Damit einhergehend sinkt entsprechend auch der Energiebedarf bezogen auf die produzierte Rohstahlmenge.

Alle Erkenntnisse werden Schritt für Schritt in Simulations- und Prozessmodelle integriert um eine valide Voraussage für die zukünftige Prozesskette treffen zu können. Dies wird wiederum begleitet von Validierungsversuchen um eine Korrektheit der Annahmen sicher zu stellen.

### Erste Ergebnisse

Um die generelle Umsetzbarkeit des Vorhabens zu prüfen, bzw. das Potenzial der Energieeinsparung abbilden zu können, sind im Vorhinein Laborversuche notwendig. Diese werden mittels statischen Wirbelschichtreaktoren durchgeführt. Neben einem stabilen Wirbelschichtverhalten des feinkörnigen Einsatzmaterials unter reduzierenden Bedingungen ist außerdem die sich einstellende Reduktionskinetik für hohe Reduktionsgasausnutzungen von entscheidender Bedeutung. Hohe Reduktionsgasumsetzungen werden durch den ausschließlichen Einsatz von Wasserstoff als Reduktionsmittels sowie durch die extrem geringe Korngröße des zu reduzierenden Erzes begünstigt. Diese soll sich im Idealfall möglichst nahe am thermodynamischen Limit bewegen, wodurch die zirkulierende Gasmenge verringert wird. Dies wirkt sich in weiterer Folge auf die Gesamtenergieeffizienz des Prozesses positiv aus.

Bei den einzelnen Reduktionsversuchen im Labormaßstab wurden jeweils 5000 g des entsprechenden Erzes in Temperaturbereichen zwischen 600-700°C mit reinem Wasserstoff zu metallischem Eisen reduziert. Wichtig dabei ist die Einstellung einer gleichmäßigen Verteilung des Wasserstoffes im zu reduzierenden Material. Dafür ist im Falle der Verwendung von reinem Wasserstoff als Reduktionsgas

eine spezielle Konstruktion des Gasverteilungsbodens erforderlich, um eben diese gleichmäßige Gasverteilung zu gewährleisten. Abbildungen 2 und 3 zeigen die Ergebnisse eines Reduktionsversuches von hämatitischem Eisenerzkonzentrat bei einer Reduktionstemperatur von 700°C.

Es sind die Verläufe für Reduktionsgrad und Metallisierungsgrad über die Versuchsdauer dargestellt. Diese werden aus der während des Versuches aufgezeichneten Gewichtsveränderung der Probe mithilfe der chemischen Analyse des Ausgangsmaterials berechnet. Es ist ersichtlich, dass die Reduktion bis zu einem Reduktionsgrad von ca. 15 % sehr rasch erfolgt (Reduktion von Hämatit zu Magnetit bzw. teilweise Wüstit). Danach stellt sich ein nahezu konstanter Reduktionsfortschritt bis hin zu Reduktions- bzw. Metallisierungsgraden von deutlich über 90 % ein. Eine beinahe vollständige Reduktion konnte daher in einem Zeitumfang von 150 bis 160 min erreicht werden, was einer spezifischen Gasrate von ca. 1550 Nm<sup>3</sup>/t reduziertem Material entspricht. Das Schliffbild der reduzierten Probe bestätigt die Versuchsergebnisse. Es zeigt, dass die Probe beinahe vollständig aus metallischem Eisen besteht, wobei nur vereinzelt nicht

vollständige ausreduzierte Bereiche festgestellt werden konnten (Wüstit-FeO). **Dieser Versuch hat gezeigt, dass die Annahme der Erreichung einer Gasausnutzung nahe dem thermodynamischen Limit durchaus realistisch ist. Der theoretisch erreichbaren Gasausnutzung von 35,4% steht die im Versuch erreichte Ausnutzung von ca. 30% gegenüber.**

Generell konnte durch die vorausgehenden Laborversuche die Machbarkeit des Vorhabens bestätigt werden. Durch die Kombination der feinen Korngrößenverteilung und dem Einsatz von Wasserstoff als Reduktionsmittel ist einerseits eine sehr gute Reaktionskinetik realisierbar was in weiterer Folge zu hohen Gasausnutzungen führt. Dies wirkt sich wiederum positiv auf den Gesamtenergieverbrauch des Prozesskonzeptes aus.

#### Ausblick

Auf Basis der ersten Ergebnisse in Kombination mit den einleitenden Laborversuchen hat sich ein sehr positives Bild ergeben. Es konnten alle bis dato prognostizierten KPIs durch Versuche bestätigt werden. Darauf aufbauend blickt das Projektteam positiv in die zweite Hälfte des Forschungsprojektes E<sup>3</sup>-SteP.

#### DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Wasserstoff wird auch in der Stahlerzeugung die Zukunft sein
- Sich verschlechternde Erzqualitäten, erfordern die Aufbereitung/das Aufmahlen des Erzes und damit besteht der Bedarf an der direkten Verarbeitung dieses Feinsterzes
- Nicht nur der Energieträger muss sich in Richtung CO<sub>2</sub> neutral verändern, sondern auch der Gesamtenergiebedarf der Stahlerzeugung muss gesenkt werden.

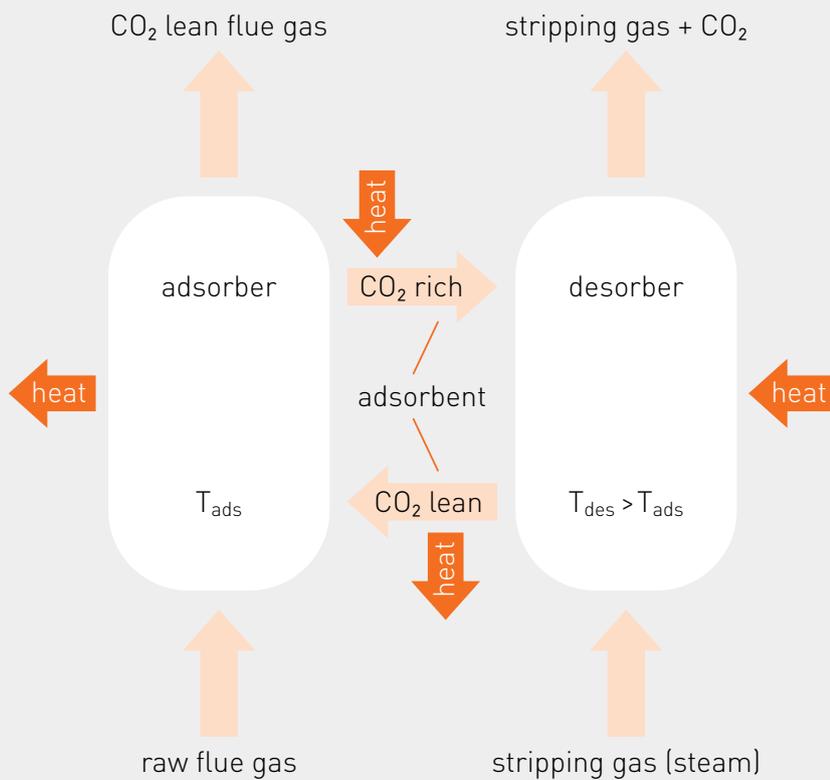




**Projektleitung:** GERHARD SCHÖNY  
 Technische Universität Wien  
 Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik  
 und Techn. Biowissenschaften

### Prozessschema: Kontinuierliche Temperaturwechseladsorption

ABBILDUNG 1



# ViennaGreenCO<sub>2</sub>

Energy efficient CO<sub>2</sub> capture and carbon neutral CO<sub>2</sub> supply chain for greenhouse fertilization at Wien Simmering

## Abscheidung von Kohlendioxid aus Abgasen

Die CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Abgasen die in Kraftwerken oder in der Industrie entstehen ist durch einen hohen Energieaufwand gekennzeichnet. Die wesentliche technologische Herausforderung im Zusammenhang mit CO<sub>2</sub> Abscheidung und der anschließenden Speicherung („carbon capture and storage“, CCS) oder Weiterverwendung des abgeschiedenen CO<sub>2</sub>'s („carbon capture and utilization“, CCU) ist daher, energieeffiziente Abscheideverfahren zu identifizieren und zu entwickeln.

Derzeit kommen wässrige Aminlösungsmittel (z.B. auf Monoethanolaminbasis – MEA) zum Einsatz, um das CO<sub>2</sub> aus den Abgasströmen selektiv abzuscheiden. Der Nachteil dieser Methode ist, dass sehr viel Energie gebraucht wird, um das CO<sub>2</sub> anschließend aus dem Lösungsmittel wieder abzutrennen. Der Energieaufwand liegt bei einer Abscheideeffizienz von 90% bei rund 4 GJ pro Tonne CO<sub>2</sub> und die Abscheidkosten für das Verfahren werden mit bis zu 100 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> beziffert.

## Temperaturwechseladsorptionsverfahren als energie- und kosteneffiziente Alternative

Das grundsätzliche Ziel von ViennaGreenCO<sub>2</sub> ist den Energiebedarf für die CO<sub>2</sub> Abscheidung aus Rauchgasen durch Verwendung eines kontinuierlichen Temperaturwechseladsorptionsverfahrens (TSA) um rund 40% zu senken. Das neu entwickelte TSA-Verfahren arbeitet ebenfalls mit Aminen, allerdings nicht in

flüssiger Form. Stattdessen werden feste, hochporöse Partikel mit dem Rauchgas in Kontakt gebracht, auf deren Oberfläche die funktionalen Amingruppen immobilisiert sind. Diese aktiven Gruppen können wiederum mit dem CO<sub>2</sub> im Rauchgas reagieren (Chemisorption) und ermöglichen somit eine ähnlich selektive CO<sub>2</sub> Abtrennung wie die Aminwäsche.

Auch die Prozessführung im Temperaturwechsel-Verfahren erfolgt grundsätzlich analog zur Aminwäsche. Die CO<sub>2</sub> Abscheidung erfolgt im Adsorber, in dem das Amin-funktionalisierte Adsorbens mit dem Rauchgas bei Temperaturen von etwa 40-70°C in Kontakt gebracht wird. Bei diesen Betriebstemperaturen weist das Adsorbens eine hohe CO<sub>2</sub>-Aufnahmekapazität auf und kann daher ausreichend hoch mit CO<sub>2</sub> beladen werden. Am Adsorber-Austritt erhält man dadurch einen gereinigten Abgasstrom mit wesentlich geringerer CO<sub>2</sub> Konzentration. Das mit CO<sub>2</sub> beladene Adsorbens wird kontinuierlich vom Adsorber abgezogen und in den Desorber geleitet, der bei höherer Temperatur betrieben wird. Bei Temperaturerhöhung reduziert sich die CO<sub>2</sub>-Aufnahmekapazität des Adsorbens und es kommt zur Desorption des zuvor gebundenen CO<sub>2</sub>'s. Das Adsorbens wird somit regeneriert und kann für einen neuerlichen Abscheidezyklus in den Adsorber rückgeleitet werden. Um eine Regeneration auf möglichst geringe CO<sub>2</sub>-Beladungen zu ermöglichen, wird zusätzlich Dampf im Desorber als

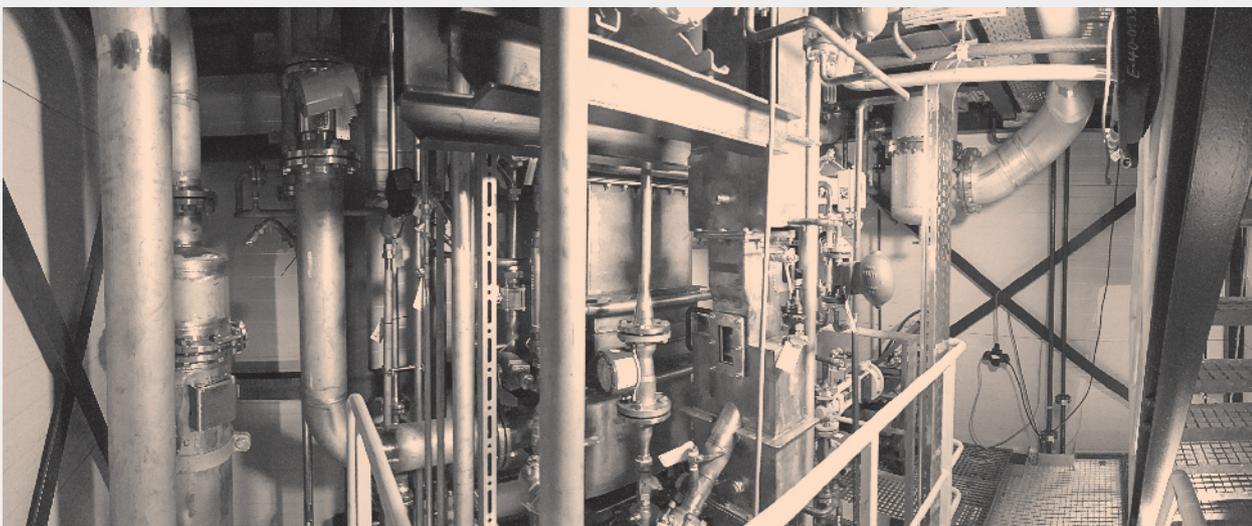
**Laboranlage der TU Wien zur CO<sub>2</sub> Abscheidung mittels kontinuierlicher Temperaturwechseladsorption**

ABBILDUNG 2



**ViennaGreenCO<sub>2</sub> Pilotanlage**

ABBILDUNG 3





„Im Projekt ViennaGreenCO<sub>2</sub> soll gezeigt werden, dass sich die Kosten für die CO<sub>2</sub>-Abscheidung bei Kraftwerken oder Industrieanlagen deutlich senken lassen. Dadurch können gesamte Prozessketten zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung (CCS) bzw. Nutzung (CCU) deutlich effizienter und kostengünstiger realisiert werden und somit vermehrt zu einer Einhaltung der formulierten Klimaziele beitragen.“

PROJEKTLLEITER GERHARD SCHÖNY

Spülgas eingesetzt. Dementsprechend erhält man am Austritt des Desorbers ein Gasgemisch aus Dampf und CO<sub>2</sub> bzw. mit nachgeschalteter Kondensation (und Trocknung) schließlich den reinen CO<sub>2</sub> Gasstrom.

Das Potenzial zur Effizienzsteigerung ergibt sich beim TSA Verfahren im Vergleich zur Aminwäsche aus dem Wegfall der Verdampfungsenergie in der Regeneration und den wesentlich geringeren Wärmekapazitäten der eingesetzten Adsorbens. Darüber hinaus verspricht das Verfahren auch noch wesentliche Vorteile hinsichtlich der auftretenden Prozessemissionen, eine deutliche Abmilderung der Korrosionsproblematik und generell eine kompaktere Reaktorbauweisen. **Insgesamt erhofft man sich dadurch, die CO<sub>2</sub>-Abscheidungskosten mit dem TSA-Verfahren um bis zu 25% zu reduzieren.**

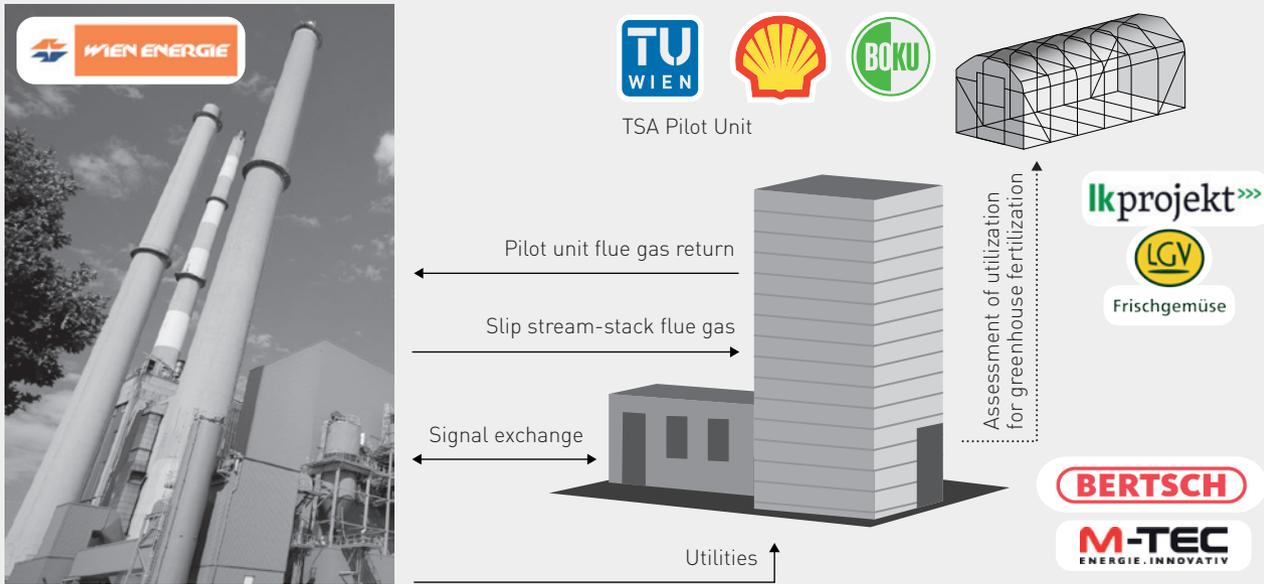
### **Effiziente CO<sub>2</sub> Abscheidung durch innovatives Reaktorkonzept**

Für die Erreichung der angestrebten Effizienzsteigerung ist es entscheidend, dass der Adsorptionsprozess in einem geeigneten Reaktorsystem abläuft. Der innovative Kern von ViennaGreenCO<sub>2</sub> basiert demnach auf der Entwicklung eines neuartigen Reaktorsystems bei dem mehrstufige Wirbelschichtkolonnen zur Anwendung kommen. Das vorgeschlagene Reaktorsystem wurde bereits im Vorfeld zum Projekt erfolgreich von der TU Wien und Shell Global Solutions bis in den Labormaßstab entwickelt. Zudem konnte die kontinuierliche CO<sub>2</sub> Abscheidung in einer TSA-Laboranlage der TU Wien bereits erfolgreich demonstriert werden.

Durch die Ausführung des Ads- und Desorbers als mehrstufige Wirbelschicht-Kolonnen ergeben sich im Vergleich zu bisher bekannten einstufigen Gas-Feststoff-Verfahren verbesserte thermodynamische Triebkräfte für die CO<sub>2</sub> Abscheidung, sowie verbesserte Bedingungen für die Wärmeintegration des Prozesses. Laborversuche haben gezeigt, dass in der voll-kontinuierlichen Betriebsweise mit je fünf praktischen Stufen mühelos Abscheidegrade von > 90% erreicht werden. Auch die mechanisch-chemische Beständigkeit der verfügbaren Adsorbentien hat sich im Laborversuch bestätigt, was die Technologie zu einer vielversprechenden Lösung für die CO<sub>2</sub> Abscheidung aus Rauchgasen macht.

### **TSA-Pilotanlage in Wien Simmering**

Im Rahmen von ViennaGreenCO<sub>2</sub> wurde das neuartige Reaktorsystem weiterentwickelt und optimiert und ein Pilotanlagendesign ausgearbeitet. Das Basic und Detail Engineering der Pilotanlage wurde von fokussierten Forschungsaktivitäten begleitet. Der Basisprozess wurde einerseits in der Laboranlage an der TU Wien in mehreren hundert Betriebsstunden weiter untersucht. Weiters wurde an der TU Wien die Fluidynamik des Wirbelschichtsystems an einem physikalischen Modell der Pilotanlage untersucht. Forscher an der BOKU konnten das Wärmemanagement im Prozess durch detaillierte Untersuchungen unterschiedlicher Wärmeüberträgerdesigns optimieren. Darüber hinaus arbeiten die Forscher an der BOKU mit dem Projektpartner M-TEC Energie.Innovativ GmbH



an der Konzeptionierung einer Hochtemperaturwärmepumpe, welche die Wärme die im Adsorber entsteht nutzen soll, um die im Desorber benötigte Energie bereitzustellen. An beiden Universitäten, sowie bei Shell Global Solutions wurden darüber hinaus mathematische Modelle des kontinuierlichen TSA-Prozesses entwickelt, die in weiterer Folge mit den Ergebnissen aus dem Betrieb der Pilotanlage validiert und anschließend zur Durchführung einer belastbaren und abschließenden techno-ökonomischen Prozessbewertung herangezogen werden sollen. Unterstützt durch die zuvor genannten Projektpartner, wurde das Detail Design der Pilotanlage vom Anlagenbauer Bertsch Energy ausgearbeitet. Die Pilotanlage konnte schließlich Ende April 2018 von Bertsch Energy fertiggestellt werden und zum Kraftwerksstandort der Wien Energie in Simmering überstellt werden. Die Pilotanlage soll dort aus einem Teilabgasstrom des Biomassekraft-

werks CO<sub>2</sub> mit einer Gesamtkapazität von über 1 Tonne CO<sub>2</sub> pro Tag abscheiden.

Ein weiterer Fokus von ViennaGreenCO<sub>2</sub> ist die Untersuchung der Möglichkeit, abgeschiedenes biogenes CO<sub>2</sub> zur Gewächshausdüngung in den Gartenbetrieben der LGV Frischgemüse in Simmering einzusetzen. Von einer regionalen CO<sub>2</sub>-Versorgung erhofft man sich, dass Transportwege und Kosten im Vergleich zur gegenwärtigen Situation reduziert werden. Eine entsprechende Machbarkeitsstudie soll durch die Projektpartner LGV-Frischgemüse und Ikk-projekt in Abstimmung mit den restlichen Konsortialpartnern durchgeführt werden. Bestätigt sich die technische Machbarkeit einer lokalen CO<sub>2</sub>-Versorgung der Gartenbetriebe, könnten sich daraus günstige Rahmenbedingungen für die zukünftige Errichtung einer Demonstrationsanlage in Wien-Simmering ergeben.

### DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Etwa ein Drittel der in Österreich anfallenden Treibhausgasemissionen (THGE) werden von industriellen Prozessen verursacht. Um die bis 2030 und darüber hinaus angestrebte, tiefgreifende Reduktion der gesamten THGE zu erreichen ist es daher unumgänglich den Industriesektor mit einzubeziehen. Im Gegensatz zum Bereich der Energieerzeugung ist es im Industriesektor jedoch nur schwer möglich derartige Reduktionen durch Einsatz von erneuerbaren Energieträgern und durch Effizienzsteigerung alleine zu erreichen. Ansprüche an die Produktqualität verhindern meist den Einsatz alternativer, nachhaltiger Energieträger und aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sind industrielle Prozesse meist heute schon in höchstem Maße effizient.
- Die Etablierung einer „Circular Economy-CO<sub>2</sub>“ setzt die Verfügbarkeit effizienter Methoden zur CO<sub>2</sub>-Bereitstellung aus anthropogenen Emissionsquellen voraus. CO<sub>2</sub> wird dadurch zur Ressource und kann dadurch z.B. als Kohlenstofflieferant für Syntheseprozesse, oder aber auch, wie im ViennaGreenCO<sub>2</sub>-Projekt untersucht einfach nur als Düngemittel dienen.
- Eine zukunftsweisende Option wäre es, die neu entwickelten CO<sub>2</sub>-Abscheidereaktoren mit Biomasseverbrennungsanlagen zu kombinieren, womit sich das Potenzial ergibt großtechnische CO<sub>2</sub>-Senken zu realisieren (BECCS-Technik).

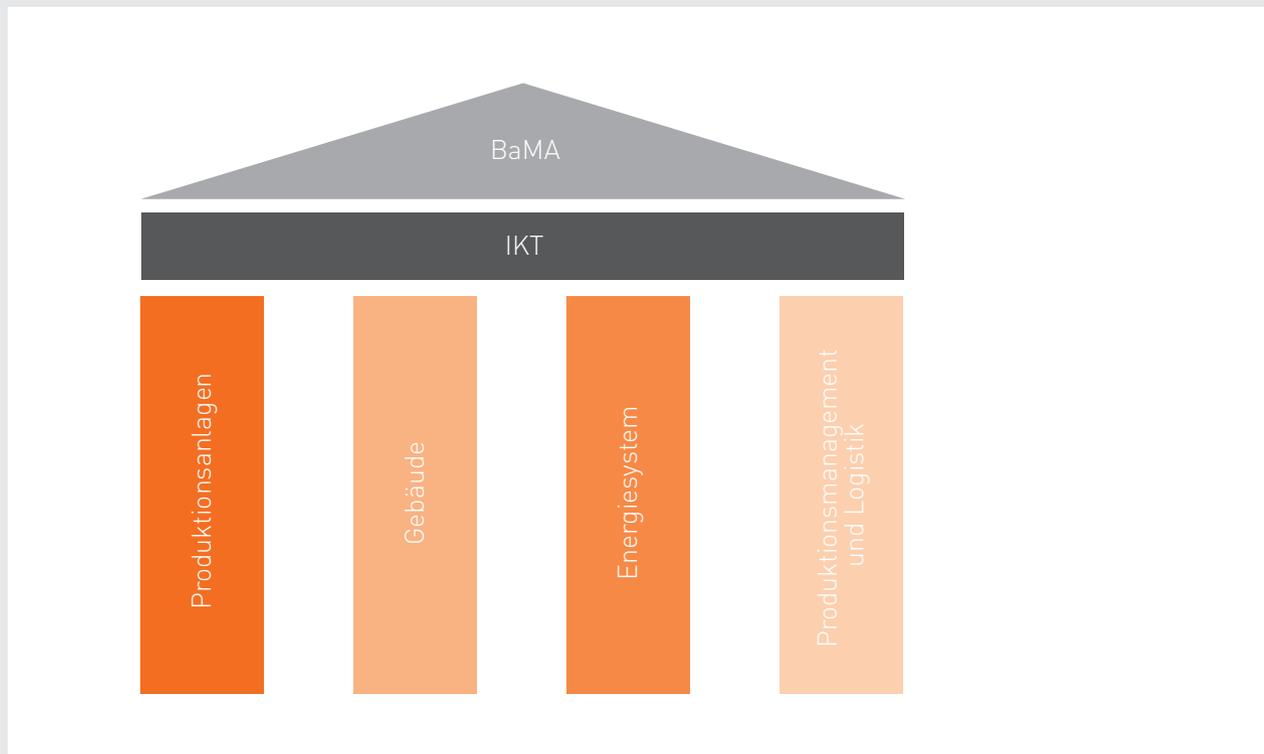




**Projektleitung:** FRIEDRICH BLEICHER  
TU Wien - Institut für Fertigungstechnik  
und Hochleistungslasertechnik

### BAMA System

ABBILDUNG 1



# BAMA

Balanced Manufacturing

## Ausgangssituation und Motivation

Der Wirtschaftssektor der produzierenden Industrie ist in Österreich für ungefähr 30% des Gesamtenergiebedarfes des Landes verantwortlich und stellt somit neben privaten Haushalten und Transport einen der größten Verbraucher dar. Während in den beiden anderen Sektoren seit Jahren Lösungen für Energieeffizienz und -einsparungen entwickelt werden, konzentrieren sich Entwicklungen für den produzierenden Sektor auf den jüngeren Zeitraum. Aufgrund wirtschaftlicher und sozialer Rahmenbedingungen streben jedoch immer mehr Unternehmen danach, ihre Produktionsstandorte nachhaltig zu planen und zu betreiben. Einen Hinderungsgrund für Entscheidungen in Richtung ressourceneffizienter Produktion stellten bis dato allerdings die schwer abschätzbaren Auswirkungen auf den unternehmerischen Erfolg des Betriebs und Investitionskosten für infrastrukturelle Maßnahmen dar. In Zeiten steigender Energiekosten und bewussterer Konsumententscheidungen bedeutet eine energieeffiziente Produktion jedoch einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil.

## Energie als Steuerungsparameter des Betriebs

Das Forschungsprojekt "BaMa-Balanced Manufacturing" entwickelte erstmalig in Zusammenarbeit von universitären und industriellen Partnern, eine ganzheitliche Methodik und darauf aufbauend eine Reihe von Software-Tools zur Planung und Steuerung des Energiebedarfs in der industriellen Produktion. Durch den datengetriebenen Ansatz, eine ausgewogene,

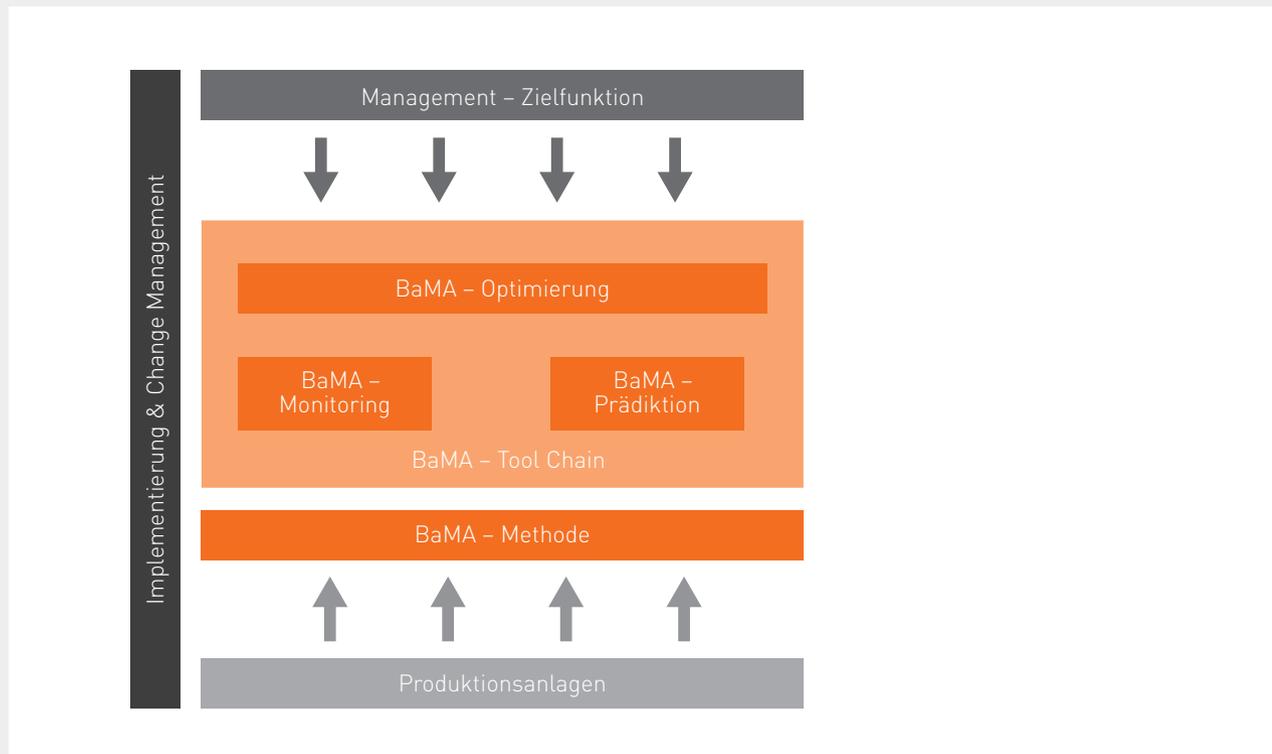
wirtschaftliche und energieeffiziente Produktion zu gewährleisten, sind Systemlösungen entstanden, die die Erfolgsfaktoren Zeit, Geld und Qualität sowie Energieeffizienz und Wettbewerbsfähigkeit gleichermaßen unterstützen und in Einklang bringen.

## Forschungszielsetzung und Lösungsansatz

Bei dem Energieeffizienz-Ansatz nach Balanced Manufacturing wird der produzierende Betrieb als Gesamtheit betrachtet und sowohl Produktionssysteme, Logistikeinrichtungen, Gebäude als auch Energiesysteme in die Betrachtung mit einbezogen. Produzierende Unternehmen sollen in die Lage versetzt werden mit dem Balanced Manufacturing System den Energiebedarf ihrer Systeme mit Hilfe modernster Simulationstechnik zu analysieren, prognostizieren und durch angepasste Betriebsführungsstrategien zu optimieren. Die entwickelten Systeme werden in einen Begleitprozess nach ISO 50001 implementiert, um den normativen Voraussetzungen eines Energiemanagementsystems zu entsprechen. Eine besondere Herausforderung bei der Konzipierung des Systems stellt die große Anzahl unterschiedlicher, energetisch relevanter Anlagen dar, die integriert werden müssen. Hierzu werden unterschiedliche Modellierungsansätze, wie z.B. Verbrauchsprognosen auf Basis von aggregierten Realdaten oder dynamische Simulationsmodelle in einem System zusammengefasst. Durch den sich so ergebenden modularen Aufbau konnte die Anwendbarkeit für unterschiedliche Industriesektoren gewährleistet werden.

**BAMA Methode**

ABBILDUNG 2





## Projekt

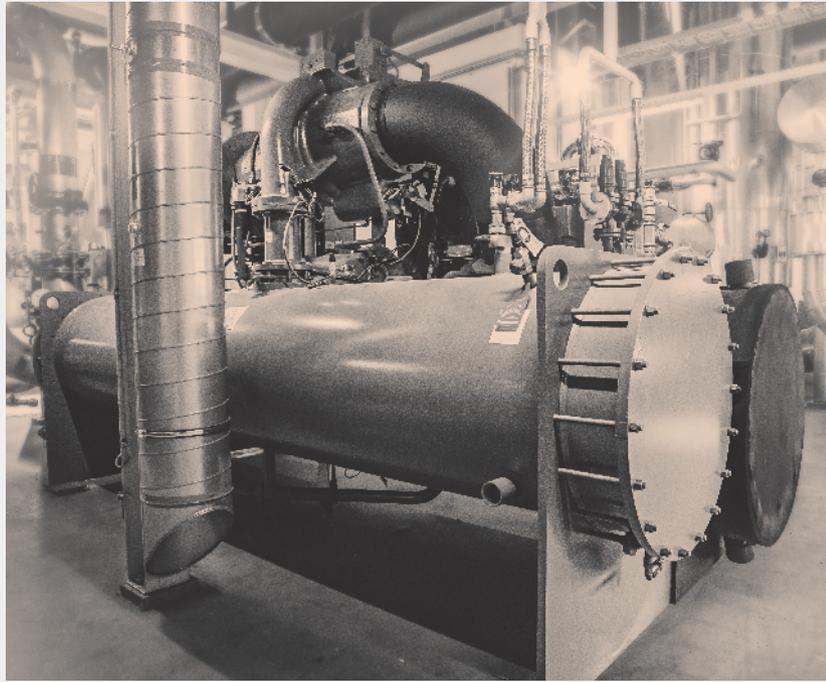
Im Rahmen des vierjährigen Forschungsprojekts kooperieren 18 Partner aus Forschung und Industrie um eine anwendungsorientierte Lösung für diese Herausforderung zu finden. Neben mehreren Instituten der TU Wien, welche den methodischen Zugang entwickelt und erschlossen haben, beteiligten sich mehrere Industriepartner an der Entwicklung der Tools, welche bei mehreren Anwenderfirmen unterschiedlichster Produktionssparten (metallverarbeitende Industrie, Elektronikindustrie, Nahrungsmittelindustrie) prototypisch implementiert wurden.

## Ergebnis

Als Ergebnis des Projektes entstand eine Reihe an Software-Tools für den energieeffizienten Betrieb, die Gestaltung und die Sanierung unter wettbewerb-

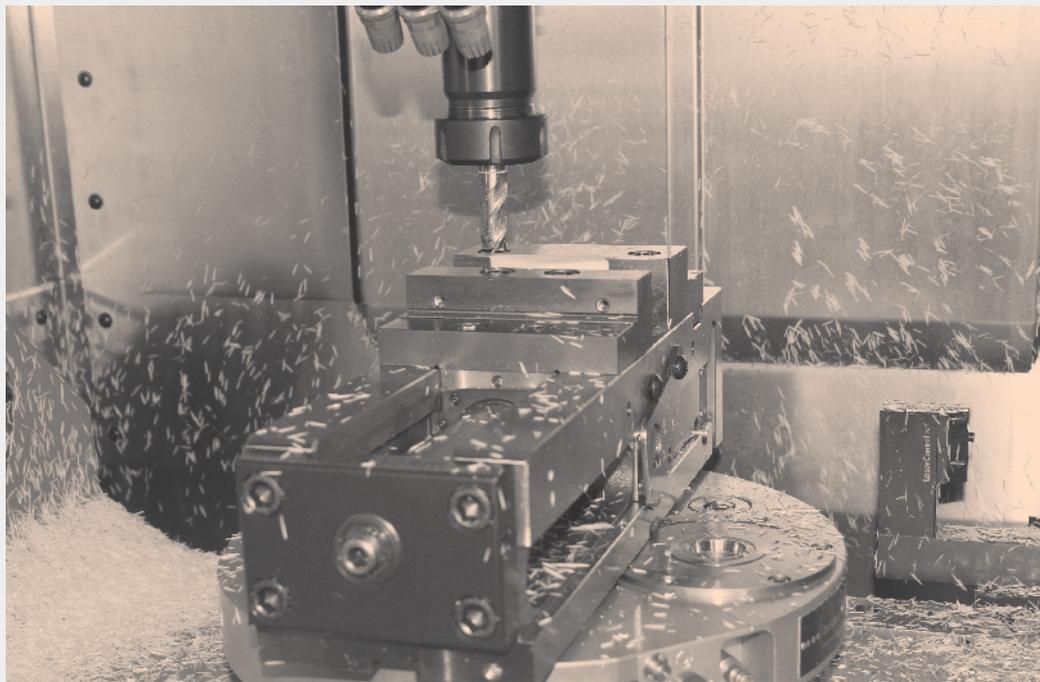
lichen Randbedingungen mit minimalem Energie- und Ressourcenverbrauch, welche drei Kernmodule umfasst:

- Monitoring-Modul: Informationen zu Ressourcenverbräuchen werden gesammelt, aufbereitet und visualisiert
- Vorhersage-Modul: aufbauend auf dem Produktfußabdruck und dem Produktionsplan wird der Energieverbrauch der Fabrik prognostiziert
- Optimierungs-Modul: basierend auf Daten- und numerischen Simulationsmodellen zu den Teilsystemen wird die Betriebsführung der Produktionsanlage in Hinblick auf die Optimierungsziele zur Reduktion des Energieeinsatzes, der Durchlaufzeit, der Kosten und zur Steigerung der Qualität aufgewertet.



Infineon Technologies AG

---



GW St. Pölten Integratige GmbH

---



„Durch ganzheitliche, virtuelle Abbilder realer Produktionsbetriebe können Optimierungen der Fertigungs- und Betriebsstrategien durchgeführt werden, die es Betrieben ermöglichen, Energieeffizienz in ihre Entscheidungsfindung mit einzubeziehen. Auf Basis einer wissenschaftlichen Methode werden konkrete Softwarelösungen entwickelt, die in realen Use-Cases überprüft werden.“ PROJEKTLEITER FRIEDRICH BLEICHER



Die Projektergebnisse wurden in den Anlagen der Anwendungspartner des Konsortiums implementiert und von den Entwicklungspartnern im Rahmen des eigenen Service- oder Produktportfolios zur Marktreife geführt.

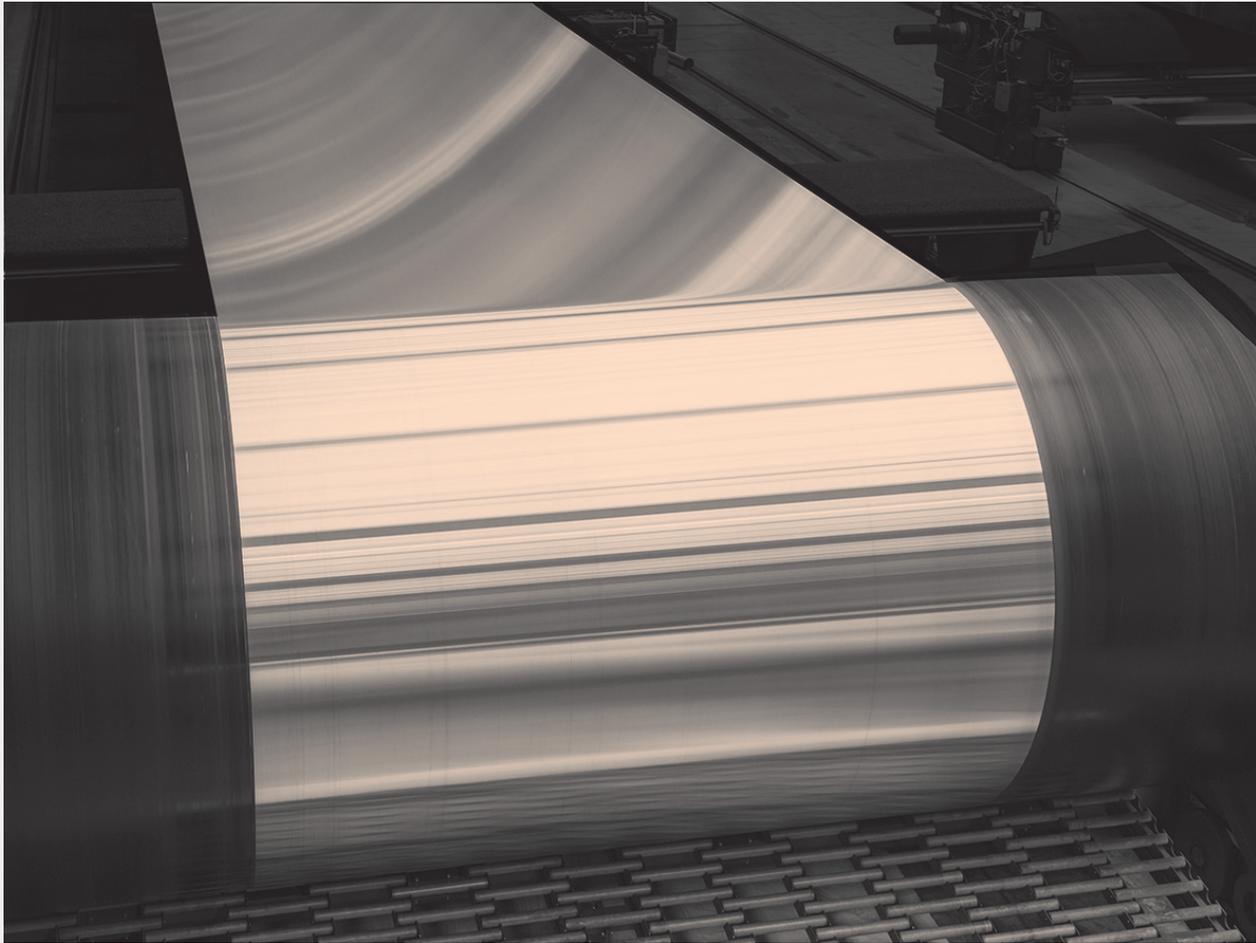
### Aktive Anwendungen

Bei **Infineon Technologies AG** wurde die BaMa Methode dazu eingesetzt, die Energiebereitstellung für die Klimatisierung der Reineräume zu optimieren. Nach der Identifikation der wesentlichen Anlagenanteile (Kältemaschinen, Rückkühlwerke, thermische Energienetze) wurden die entsprechenden Monitoringdaten analysiert und für die Modellidentifikation aufbereitet. Die parametrisierten Simulationsmodelle wurden zu einer Simulation verschaltet. Ein Optimierungsalgorithmus wurde in weiterer Folge dazu verwendet, um die optimale Betriebsstrategie für unterschiedliche Randbedingungen zu finden. Hierdurch konnten im Bereich des elektrischen Energiebedarfs Einsparungspotenziale von ca. 10% gefunden werden. Als nächstes solle das BaMa Tool weiterentwickelt und weitere Anlagen angebunden werden.

Bei **MPreis Warenvertriebs GmbH** wurde eine virtuelle Repräsentation der Bäckerei erstellt. Nach einer Reihe von Messkampagnen konnte ein Großteil der Produktionsmaschinen sowie der damit verbundenen technischen Gebäudeausrüstung simulatorisch ab-

gebildet werden. Außerdem wurde ein Modell der Gebäudehülle erstellt. All diese Teile wurden im durch AutomationX GmbH entwickelten Simulator miteinander zu einem Gesamtmodell verbunden. Durch die Koppelung mit einem ebenfalls eigens entwickelten Optimierungsmodul konnten in weiterer Folge eine teilautomatisierte Produktionsplanung realisiert werden, die neben den Faktoren Zeit und Lagerstand auch den Energieverbrauch sowie die CO<sub>2</sub> Emissionen berücksichtigt.

**GW St. Pölten Integrierte GmbH** brachte als Vertreter der metallbearbeitenden Industrie wesentliche Einblicke in die Bedürfnisse dieses Industriezweiges in das Projekt mit ein. Die reinen Energiekosten sind hier nicht wesentlich für die Gesamtkosten der erzeugten Produkte. Die im Rahmen des Projektes entwickelten Methoden waren dennoch dazu geeignet, den Betrieb der Maschinen und insbesondere deren Produktivität zu optimieren. Durch die Analyse von aufgezeichneten Leistungsdaten konnten Maschinenauslastungen ermittelt und aufgezeichnet werden. Weiters wurde ein System implementiert, welches auf Basis dieser Daten untypisch lange Stillstandszeiten registriert und für die spätere Untersuchung der Ursachen geeignet ablegt. Die implementierten Lösungen unterstützen den laufenden Betrieb und stellen eine Basis für weiterführende Projekte im Bereich der Digitalisierung und Energieeffizienz dar.



Berndorf Band GmbH

-----

Als Hersteller von Endlos- Stahlbändern, hat **Berndorf Band GmbH** ganz besondere Anforderungen an Energieeffizienz- Lösungen. Durch eine besonders flexible Fertigung, war insbesondere die Zuweisung der aufgezeichneten Energiedaten zu den Prozessen eine große Herausforderung. Durch die Installation eines Energiemonitoring- Systems konnte dies jedoch wesentlich verbessert werden. Mit Hilfe der erfassten Daten konnten Simulationsmodelle erstellt werden, die den Hallendach- Ausbau begleiteten sowie spannende Optimierungspotenziale im Bereich der Abwärmenutzung aufzeigten.

**Franz Haas Waffel- und Keksanlagen-Industrie GmbH** stellt Waffelmaschinen und Waffelöfen für die industrielle Produktion von Lebensmitteln her. Als Anwendungspartner nutzt das Unternehmen die Simulation, damit die Waffelöfen vom Anwender energieeffizienter betrieben werden können. So zeigte sich während dem Projekt unter anderem, dass ein optimiertes Abschalten der Anlage über Nacht signifikante Energieeinsparungen bringt. Die Anlagen können am nächsten Produktionstag im noch warmen Zustand erneut gestartet werden. Dies bringt neben dem Energiegewinn auch einen Zeitgewinn, welcher mit einer höheren Tagesproduktion auch einen wirtschaftlichen Gewinn für den Betreiber darstellt.

### DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT

- Die produzierende Industrie ist verantwortlich für 30% des österreichischen Gesamtenergiebedarfs. Um diesem Sektor Effizienzsteigerungen zu ermöglichen, sind zusätzliche Werkzeuge notwendig.
- Die Mehrzahl der Produktionsanlagen werden bereits betrieben. Werkzeuge für solche Bestandsanlagen sind also wichtig.
- Effizienzsteigerungen können nur dann effektiv sein, wenn ihre Auswirkungen auf die gesamte Anlage berücksichtigt werden.





## Renewables4Industry - Abstimmung des Energiebedarfs von industriellen Anlagen und der Energieversorgung aus fluktuierenden Erneuerbaren

<b>Projektnummer</b>	858974
<b>Koordinator</b>	Energieinstitut an der JKU Linz
<b>Projektleitung</b>	Simon Moser: <a href="mailto:moser@energieinstitut-linz.at">moser@energieinstitut-linz.at</a>
<b>Partner</b>	AIT Austrian Institute of Technology, MU Leoben - Lehrstuhl für Energieverbundtechnik TU Wien - Institut für Energietechnik und Thermodynamik, AEE INTEC
<b>Förderprogramm</b>	Energieforschungsprogramm 2016, FuE-Dienstleistung im Auftrag des Klima- und Energiefonds
<b>Dauer</b>	01.2017 - 01.2018
<b>Budget</b>	120.000 €



## SolarAutomotive - Solare Prozesswärme für die Automobil- und Zulieferindustrie

<b>Projektnummer</b>	848925
<b>Koordinator</b>	AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC)
<b>Projektleitung</b>	Jürgen Fluch: <a href="mailto:j.fluch@aec.at">j.fluch@aec.at</a>
<b>Partner</b>	S.O.L.I.D. Gesellschaft für Solarinstallation und Design m.b.H., KPV Solar GmbH Universität Kassel - Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik und Fachgebiet Umweltgerechte Produkte und Prozesse, Stiftung für Ressourceneffizienz und Klimaschutz
<b>Förderprogramm</b>	Energieforschungsprogramm 2014
<b>Dauer</b>	05.2016 - 04.2019
<b>Budget</b>	492.373 €



## Renewable Steel Gases - Einbindung erneuerbarer Energie in die Stahlproduktion zur Energieeffizienzsteigerung und Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen

<b>Projektnummer</b>	858776
<b>Koordinator</b>	MU Leoben - Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes
<b>Projektleitung</b>	Markus Lehner: <a href="mailto:markus.lehner@unileoben.ac.at">markus.lehner@unileoben.ac.at</a>
<b>Partner</b>	K1-MET GmbH, TU Wien - Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik u. Technische Biowissenschaften, Energieinstitut Johannes Kepler Univ. Linz, voestalpine Stahl, voestalpine Stahl Donawitz
<b>Förderprogramm</b>	Energieforschungsprogramm 2016
<b>Dauer</b>	03.2017 - 02.2020
<b>Budget</b>	726.388 €



## E<sup>3</sup>-SteP - Enhanced Energy Efficient Iron- and Steel Production

<b>Projektnummer</b>	858801
<b>Koordinator</b>	Primetals Technologies Austria GmbH
<b>Projektleitung</b>	Bernhard Hiebl, <a href="mailto:bernhard.hiebl@primetals.com">bernhard.hiebl@primetals.com</a>
<b>Partner</b>	Montanuniversität Leoben, ENRAG GmbH
<b>Förderprogramm</b>	Energieforschungsprogramm 2016
<b>Dauer</b>	01.2017 - 12.2019
<b>Budget</b>	1.089.721 €



## ViennaGreenCO<sub>2</sub> - Energy efficient CO<sub>2</sub> capture and carbon neutral CO<sub>2</sub> supply chain for greenhouse fertilization at Wien Simmering

<b>Projektnummer</b>	845022
<b>Koordinator</b>	TU Wien - Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik u. Technische Biowissenschaften
<b>Projektleitung</b>	Gerhard Schöny, <a href="mailto:gerhard.schoeny@tuwien.ac.at">gerhard.schoeny@tuwien.ac.at</a>
<b>Partner</b>	BOKU Wien - Department für Materialwissenschaften u. Prozesstechnik, M-TEC Energie.Innovativ GmbH, WIEN ENERGIE GmbH, Josef Bertsch GmbH. & Co.KG, Ik-projekt niederösterreich   wien GmbH, Shell Global Solutions International B.V., LGV-Frischgemüse Wien reg.Gen.m.b.H.
<b>Förderprogramm</b>	Energieforschungsprogramm 2013
<b>Dauer</b>	01.2015 - 12.2018
<b>Budget</b>	4.617.128 €



## BAMA - Balanced Manufacturing

<b>Projektnummer</b>	840746
<b>Koordinator</b>	TU Wien - Institut für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik
<b>Projektleitung</b>	Friedrich Bleicher, <a href="mailto:bleicher@ift.at">bleicher@ift.at</a>
<b>Partner</b>	TU Wien, AutomationX, Siemens Österreich, Daubner Consulting, dwh GmbH - Simulation Services & Technical Solutions, GW St. Pölten Integrative, Berndorf Band, ATP sustain, Wien Energie, Infineon Technologies Austria, Franz Haas Waffel- und Keksanlagen Industrie, Metall- und Kunststoffwaren Erzeugungsges.m.b.H., MPPreis Warenvertriebs
<b>Förderprogramm</b>	Energieforschungsprogramm 2012
<b>Dauer</b>	01.2014 - 12.2017
<b>Budget</b>	5.500.000 €







## Medieninhaber

### Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien

Tel: (+43 1) 585 03 90, Fax: (+43 1) 585 03 90-11

[office@klimafonds.gv.at](mailto:office@klimafonds.gv.at)

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

## Für den Inhalt verantwortlich

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider. Weder der Klima- und Energiefonds noch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) oder die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiter-  
nutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

## Gestaltung

[www.angieneering.net](http://www.angieneering.net)

## Druck

Druckerei Janetschek GmbH. Bei der mit Ökostrom durchgeführten Produktion wurden die Anforderungen des Österreichischen Umweltzeichens erfüllt. Sämtliche während des Herstellungsprozesses anfallenden Emissionen wurden im Sinne einer klimaneutralen Druckproduktion neutralisiert.

## Verlags- und Herstellungsort: Wien

Wir haben diese Broschüre mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler können wir dennoch nicht ausschließen.

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)





In Kooperation mit:

