

*Zentrale Ergebnisse aus SynErgie I*

# ENERGIEFLEXIBLE MODELLREGION AUGSBURG: AUF DEM WEG ZUR TRANSFORMATION



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



# DAS KOPERNIKUS-PROJEKT SYNERGIE

## **Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung**

Aufgrund des immer größer werdenden Anteils schwankend einspeisender Stromerzeuger wird ein effizienter Ausgleich zwischen Stromangebot und -bedarf erforderlich. In Zukunft ist ein ausgewogener Technologiemark zwischen erneuerbaren Energien, flexiblen konventionellen Kraftwerken, Speichern, Netzausbau und flexiblen Nutzern von Nöten, um die Versorgungssicherheit zu garantieren. Viele dieser Lösungsbausteine sind mit hohen Kosten verbunden, die auf die Nutzer\*innen umgelegt werden, und ziehen gesellschaftliche Akzeptanzprobleme nach sich. Mit insgesamt 44 Prozent des Nettostrombedarfs und 25 Prozent des Wärmebedarfs in Deutschland weisen Industrieprozesse und insbesondere große Einzelanlagen in energieintensiven Industriebranchen beträchtliche Flexibilisierungspotenziale auf. Die mittel- und kurzfristige Flexibilisierung der Stromnachfrage, das sogenannte Demand-Side-Management (DSM), bietet eine Chance, den Umbau des Energiesystems kosteneffizient und gesellschaftlich akzeptiert zu ermöglichen.

SynErgie unterstützt die kosteneffiziente Realisierung der Energiewende auf Basis erneuerbarer Energien und befähigt damit Deutschland, sich zum internationalen Leitanbieter für flexible Industrieprozesse zu entwickeln.





Seite 7  
**Vorwort**

Seite 9  
**Kurzfassung**

Seite 10  
**Das Kopernikus-Projekt  
SynErgie und die Modellregion  
Augsburg**

Seite 14  
**Die Energieflexible Fabrik in  
Augsburg 2030**

Seite 16  
**Ausbauziele und  
Herausforderungen in der  
Region Augsburg**

Seite 20  
**Die Energieflexible Fabrik  
und das Klimaschutzkonzept  
Augsburg: Ein starker Hebel für  
den Klimaschutz**

Seite 22  
**Transdisziplinärer Dialog in  
der Modellregion Augsburg:  
Stakeholder ins Gespräch  
bringen**

# INHALTSVERZEICHNIS

Seite 26

**Lösungsbaustein Energieflexible Fabrik**

Seite 32

**Vermarktung industrieller Flexibilität auf regionaler Ebene: Steckbriefe zeigen Optionen auf**

Seite 36

**Nichtindustrielle Flexibilität: Haushalte in die Energiewende einbeziehen**

Seite 40

**Projektbeteiligte über die energieflexible Modellregion**

Seite 48

**Durch Typregionen zur Übertragbarkeit: Wie die Ergebnisse aus Augsburg auch anderswo Wirkung entfalten können**

Seite 51

**Ausblick: Den Testbetrieb systematisch erweitern**

Seite 52

**Die Energieflexible Fabrik auf einen Blick**

Seite 54

**Weitere SynErgie-Publikationen**

Seite 56

**Partner der energieflexiblen Modellregion**

Seite 59

**Impressum**





SAVE THE NATURE

CHANGE THE SYSTEM, NOT THE CLIMATE

THERE'S NO PLANET B



TELVEN VERKRAFTEN ANDEL

STOP

adidas



Jetzt gilt es, die Blockaden gegen die Transformation zu überwinden und den Übergang zu beschleunigen. Dazu ist die Transformation auf gesellschaftliche Gestaltung angewiesen.

## Drei fruchtbare Jahre der Zusammenarbeit in der energieflexiblen Modellregion liegen hinter uns

Sehr geehrte Partner\*innen und Interessierte der energieflexiblen Modellregion Augsburg,

seit September 2016 sind wir gemeinsam in der energieflexiblen Modellregion Augsburg tätig. Hinter uns liegen sechs Cluster-Treffen, mehr als zehn Sphären-Treffen, drei Promovierenden-Seminare, drei Visit-the-best-Touren, vier Gesamtprojekttreffen, ein Stakeholder-Dialog und viele Besuche auf Konferenzen und Messen. Die erste dreijährige Projektphase kam inzwischen zum Abschluss, so dass es Zeit für ein gemeinsames erstes Resümee ist: Was hat sich in der Region Augsburg durch drei Jahre Zusammenarbeit in SynErgie (Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung) getan? Zum einen hat sich ein starkes Netzwerk gebildet: Der strukturierte Dialog zwischen verschiedenen Institutionen und Unternehmen wurde im Rahmen des transdisziplinären Ansatzes verstärkt. Die Interessen und Ziele der Stakeholder wurden beim Stakeholder-Dialog am 18. September 2018 mit über

80 **Teilnehmer\*innen** aufgenommen, gebündelt und gemeinsam diskutiert. Multiplikatoren, wie die Handwerkskammer für Schwaben, die Industrie- und Handelskammer Schwaben und die Stadtwerke Augsburg, wurden gezielt eingebunden. So konnten wir die Reichweite erhöhen und auch kleinere Unternehmen gezielt adressieren.

Zum anderen gelang es uns, erste Räume für einen Austausch zur Energieflexiblen Fabrik zu schaffen. Der Nutzen und die Hemmnisse der Energieflexiblen Fabrik konnten von verschiedenen Stakeholdern beleuchtet und erörtert werden. Dadurch können wir mögliche Auswirkungen gemeinsam reflektieren und einen Vergleich mit anderen Lösungsbausteinen der Energiewende ziehen. Für **Bürger\*innen** wird sich beispielsweise zukünftig die Frage ergeben, welchen Beitrag eine Flexibilisierung des Strombedarfs an ihrem Arbeitsplatz leisten kann, gegenüber einem geänderten Verbrauchsverhalten zuhause im Haushalt und welche Rolle Sektorenkopplung spielt. Nicht zuletzt haben wir den Flexibilisierungsbedarf ermittelt, um daraus konkrete Anwendungsfälle zwischen

Netzbetrieb, Industrie und Märkten erstellen und erproben zu können. Der Untertitel dieser Broschüre lautet „Auf dem Weg zur Transformation“. Nicht nur die Fridays for Future-Bewegung zeigt in Augsburg und weltweit, dass immer mehr Menschen angesichts der Klimakrise eine „Große Transformation“ unserer Gesellschaft und Wirtschaft einfordern. Die „Große Transformation“ verlangt sowohl Technologiesprünge als auch vielfältige soziale Innovationen, wie neue Produkte, Dienstleistungen, Handlungsweisen, Vereinbarungen oder Modelle für die Gesellschaft. Jetzt gilt es, die Blockaden gegen die Transformation zu überwinden und den Übergang zu beschleunigen. Dazu ist die Transformation auf gesellschaftliche Gestaltung angewiesen. Zu dieser tragen wir mit der transdisziplinären Forschung in der energieflexiblen Modellregion einen Teil bei. In der zweiten Projektphase geht es jetzt noch stärker um die Umsetzung der Energieflexiblen Fabrik als einen konkreten Transformationspfad für die Energiewende.

Wir freuen uns auf eine weitere angelegte Zusammenarbeit mit Ihnen!

### Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart

Lehrstuhl für Betriebswissenschaften und Montagetechnik, TUM und Fraunhofer Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik  
Kordinatorator der energieflexiblen Modellregion Augsburg

### Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl

Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement (FIM) und Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT (FIM/FIT)  
Leiter SynErgie Cluster IV  
stv. Koordinator der energieflexiblen Modellregion Augsburg

### Dr. Steffi Ober

Zivilgesellschaftliche Plattform  
Forschungswende  
Kordinatoratorin transdisziplinärer Dialog in SynErgie









Die energieflexible Modellregion Augsburg bietet eine Plattform zur ganzheitlichen Betrachtung der Potenziale, Auswirkungen, Chancen und Hemmnisse von Energieflexiblen Fabriken. Vertreter\*innen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft beleuchten transdisziplinär die technologischen, ökologischen und gesellschaftlichen Aspekte, die für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende entscheidend sind.

Im Kopernikus-Projekt SynErgie wird die Anpassung von Industrieprozessen an eine volatile Energieerzeugung erforscht. Die energieflexible Modellregion Augsburg bietet dabei eine Plattform zur ganzheitlichen Betrachtung der Potenziale, Auswirkungen, Chancen und Hemmnisse von Energieflexiblen Fabriken. Vertreter\*innen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Zivilgesellschaft beleuchten transdisziplinär die technologischen, ökologischen und gesellschaftlichen Aspekte, die für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende entscheidend sind.

Mit Hilfe der simulationsbasierten Optimierung wurden repräsentative Flexibilitätsmaßnahmen realer Unternehmen in heutigen und zukünftigen Versorgungsszenarien zur Stabilisierung des Stromsystems der Modellregion Augsburg eingesetzt. Die Simulationsergebnisse haben gezeigt, dass die energieflexiblen Fabriken positive Auswirkungen im Maßstab mittelgroßer Kraftwerke auf die elektrische Energiebilanz der Region haben. Die ökologischen Mehrbelastungen durch die Flexibilisierung der Industrieprozesse, wie erhöhter Strom- oder Stoffeinsatz, konnten im Rahmen einer Ökobilanzierung als sehr gering eingestuft werden.

Um durch den kontinuierlichen Ausbau von Erneuerbaren Energien eine Überbeanspruchung der Übertragungs- und insbesondere der Verteilnetze zu vermeiden, sind mehr regionale Mechanismen notwendig. Im Rahmen der Arbeiten in SynErgie wurden dabei bestehende sowie zukünftig sinnvolle regionale Vermarktungsmechanismen für Flexibilitätsmaßnahmen identifiziert und gegenübergestellt.

In regelmäßigen Arbeitstreffen und in einem Stakeholder-Dialog konnten die Hemmnisse und neue Fragestellungen sowie der weitere Forschungsbedarf für die Umsetzung des Energiewende-Lösungsbausteins der energieflexiblen Fabrik ermittelt werden. Zur Übertragung der Ergebnisse wurden Typregionen abgeleitet, die sich vor allem im industriestarken Süddeutschland befinden. Durch diese Typregionen lässt sich über ein Viertel des industriellen Stromverbrauchs bundesweit abdecken, womit der Modellregion eine hohe energiewirtschaftliche Relevanz zukommt.

# DAS KOPERNIKUS-PROJEKT SYNERGIE UND DIE MODELLREGION AUGSBURG

## Über SynErgie

SynErgie ist eines von vier Teilprojekten der Forschungsinitiative „Kopernikus-Projekte für die Energiewende“ in der Förderperiode 2016 bis 2019. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) förderte die Projekte in diesem Zeitraum mit 120 Millionen Euro. Ziel ist, zu erforschen, wie die Energiewende in Deutschland zu meistern ist. Dabei adressiert SynErgie die Anpassung der Industrieprozesse. Weitere Schwerpunkte der Kopernikus-Projekte sind unter anderem die Weiterentwicklung der Stromnetzstrukturen, die Energiespeicherung und die Systemintegration. SynErgie wurde 2016 bis 2019 mit ca. 30 Millionen Euro gefördert. Fortführend sind zwei weitere Förderphasen für die Dauer von insgesamt weiteren sieben Jahren in Aussicht gestellt. Die Projektleitung teilen sich das Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der TU Darmstadt und das Institut für Energieeffizienz in der Produktion (EEP) der Universität Stuttgart. Betreut wird das Projekt SynErgie vom Projektträger Jülich (PtJ). Insgesamt arbeiten über 100 Partner\*innen aus Industrie, Forschung und Gesellschaft im Konsortium mit.

Strukturell unterteilt sich das Konsortium in sechs Bereiche (s. Abbildung 1). Cluster I beschäftigt sich mit der technologischen Weiterentwicklung, um geeignete Industrieprozesse energetisch flexibilisieren zu können. Cluster II betrachtet hierbei speziell die Produktionsinfrastruktur. Das Cluster III, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), stellt das technologische Bindeglied zum Markt- und Stromsystem in Cluster IV dar. Im Cluster V analysieren die Wissenschaftler\*innen Flexibilitätpotenziale der produzierenden Industrie, welche im Rahmen des Cluster VI in der Modellregion Augsburg erprobt und evaluiert werden.

## Flexibilität ist Zielgröße

Energie aus erneuerbaren Ressourcen ist nicht immer gleichermaßen verfügbar. Deshalb wird in dem vom BMBF geförderten SynErgie-Konsortium seit September 2016 daran geforscht, Industrieprozesse flexibler zu gestalten. Ziel des Kopernikus-Projekts SynErgie ist es, die Industrie maßgeblich und verlässlich mit Strom aus erneuerbaren Quellen zu versorgen. Allerdings erzeugen Solarparks oder Windkraftanlagen je nach Wetterlage und Jahreszeit unterschiedlich viel Strom. Aufgabe der Projektpartner\*innen ist es daher, Industrieprozesse und die volatile Energieerzeugung zu synchronisieren.



Abbildung 1: Cluster in SynErgie

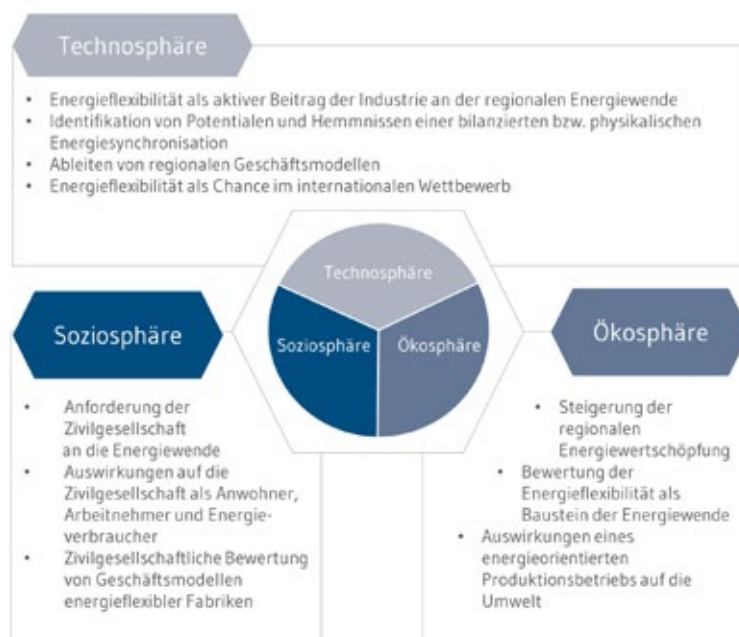


Abbildung 2: Themenfoki der Sphären

## **Flexibilität und Effizienz in Einklang bringen**

Bei der Analyse der industriellen Prozesse stellte sich heraus, dass Flexibilitätspotenziale in fast allen Branchen vorhanden sind. Diese Chancen lassen sich aber nur heben, wenn die Prozesse und Rahmenbedingungen weiterentwickelt werden. Eine Herausforderung ist dabei, Flexibilität und Effizienz in Einklang zu bringen. »Maschinen sind heutzutage vorrangig darauf ausgelegt, möglichst effizient in ihrem optimalen Betriebspunkt zu arbeiten und das zumeist mit einem Energieträger. Durch die Energiewende wird es auf der Energieverbraucherseite zunehmend zu einem Paradigmenwechsel kommen, indem Anlagen bezüglich des Energiebezuges immer flexibler und somit auch außerhalb des bisherigen energetischen Optimums betrieben werden müssen. Als erweiterte Alternative zum flexiblen Energiebezug bietet sich auch der Wechsel des Energieträgers an, zum Beispiel von Gas auf Strom, da so bewusst das Energienetz gezielt be- oder entlastet werden kann«, erklärt Professor Alexander Sauer. Um die Chancen zu nutzen, muss Flexibilität neben den bisherigen Planungsparametern im Produktionsprozess als feste Optimierungsgröße etabliert werden. Im SynErgie Positionspapier zu regulatorischen Änderungen, das durch Cluster IV koordiniert und erstellt wurde, wird deshalb gefordert, den Zielkonflikt zwischen Effizienz und Flexibilität aufzulösen.

## **Die Modellregion Augsburg**

Die energieflexible Modellregion umfasst die Stadt Augsburg sowie die Landkreise Augsburg und Aichach-Friedberg. In der Region leben mehr als 660 000 Menschen, was etwa 0,7 % der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland entspricht. Die Modellregion hat eine Fläche von rund 200 000 Quadratkilometern und damit eine Bevölkerungsdichte von rund 330 Menschen pro Quadratkilometer. Die Region wurde ausgewählt, da sie einen guten Querschnitt durch die deutsche Industrie bildet. Ansässige Unternehmen finden sich in den Branchen Maschinenbau, Metallerzeugung und -verarbeitung sowie im Papier-, Chemie-, Gummi- und Kunststoffgewerbe. Zudem befindet sich die Region bezüglich der Energieerzeugungsstrukturen stark im Wandel. Block C des in der Nähe befindlichen Kernkraftwerks Gundremmingen produziert jährlich etwa 10 000 GWh Strom. Spätestens Ende 2021 soll dieser letzte sich im Betrieb befindliche Block abgeschaltet werden. Insbesondere Wasserkraftwerke, Photovoltaik Dach- und Freiflächenanlagen, Biomassekraftwerke sowie Importe sollen die Versorgung in der Region zukünftig übernehmen. Aktuell liegt der Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtstrombedarf der Region bei etwa 35 %, was annähernd dem Bundesdurchschnitt entspricht.

## **Transdisziplinärer Dialog bringt relevante Akteur\*innen zusammen**

In der Modellregion Augsburg arbeiten rund 20 Partner\*innen aus Industrie, Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft gemeinsam an der Umsetzung der Energieflexiblen Fabrik. Moderiert wird der transdisziplinäre Dialog von der Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV, dem Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement (FIM) und der Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT (FIM/FIT) sowie der Zivilgesellschaftlichen Plattform Forschungswende. In der ersten Projektphase diskutierten die Partner\*innen zwei Mal im Jahr in Techno-, Öko- und Soziosphäre spezifische Fragestellungen aus Wirtschaft und Technik, Ökologie und Gesellschaft (s. Abbildung 2). Diese wurden dann in den Cluster-Treffen konsolidiert und so eine integrierte Betrachtungsweise geschaffen. Außerdem fand im September 2018 ein Stakeholder-Dialog mit über 80 Teilnehmer\*innen statt, auf dem ausgewählte Herausforderungen bearbeitet wurden.





# DIE ENERGIEFLEXIBLE FABRIK IN AUGSBURG 2030

Wie könnte eine erfolgreiche Umsetzung der Energieflexiblen Fabrik im Jahr 2030, der ersten Etappe für die Klimaschutzziele, aussehen? Was hat sich in der Modellregion Augsburg entwickelt? Wir hoffen, mit SynErgie einen Beitrag zu folgenden Punkten geleistet zu haben:

➤ **Erneuerbare Energien**, insbesondere Photovoltaikanlagen und Windkraftanlagen, aber auch Wasserkraftwerke und Biomasse, wurden im letzten Jahrzehnt konstant, stark und naturverträglich ausgebaut.

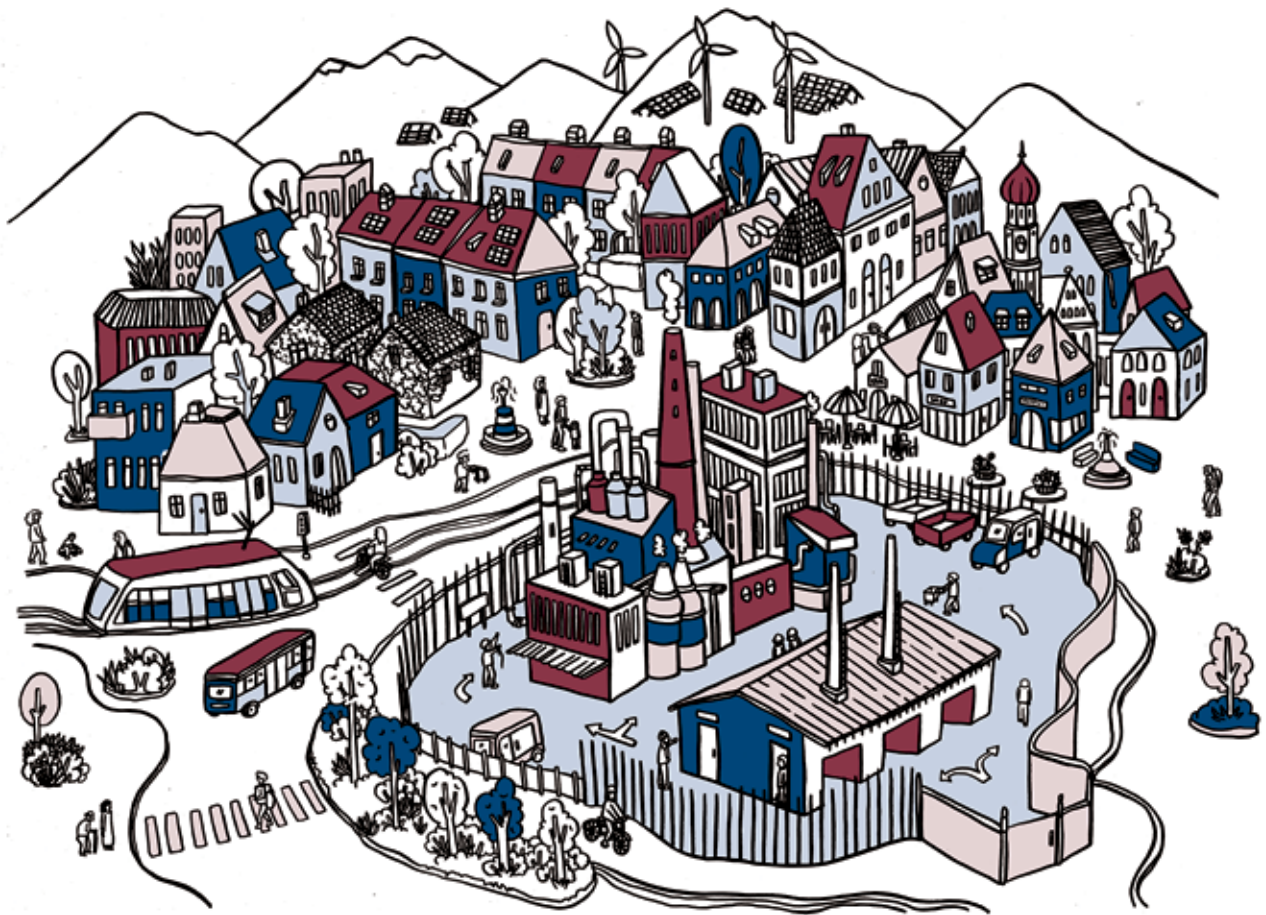
➤ **Klimaschutz und Klimagerechtigkeit** sind akzeptierte Leitlinien für politische Entscheidungen der Kommune und der Regionen.

➤ Die Energieflexible Fabrik ist ein Teil der **Sektorenkopplung** in der Region. So können Mitarbeiter\*innen beispielsweise ihre E-Bikes direkt am Betrieb mit überschüssigem Photovoltaik-Strom laden.

➤ **Haushalte** betreiben als nichtindustrielle Flexibilität z.B. ihre Wärmepumpen flexibel und leisten so ebenfalls einen Beitrag. Bürger\*innen sind Prosumer\*innen und kümmern sich zum Teil selbst um ihre Energieversorgung. Auch **kleine und mittlere Unternehmen (KMU)** nutzen energieflexible Optionen wie beispielsweise bei Druckluft- oder Kältekompressoren.

➤ Die **betriebliche Mitbestimmung** in der Energieflexiblen Fabrik ist hoch. Mitarbeiter\*innen entscheiden über grundlegende Prozesse mit. Flexible Arbeitszeiten ermöglichen die Vereinbarkeit von Familie und Beruf.

➤ In den letzten Jahren wurden verschiedene **regionale Vermarktungsmechanismen** für die Flexibilität der Energieflexiblen Fabriken entwickelt. Diese ermöglichen Energieflexiblen Fabriken – unter anderem abhängig vom aktuellen Netzzustand – verschiedene Einsatzmöglichkeiten der Flexibilität. Damit leisten Energieflexible Fabriken einen wesentlichen Beitrag für die Netzstabilität und die Versorgungssicherheit in der Modellregion Augsburg.







# AUSBAUZIELE UND HERAUSFORDERUNGEN IN DER REGION AUGSBURG



**Stefan Roth**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Fraunhofer IGCV



**Jana Köberlein**


Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Fraunhofer IGCV

## Die Region Augsburg ist im Wandel

Die Stromversorgung in der Modellregion Augsburg wird sich bis 2030 stark wandeln: Die Bundesregierung hat den Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 beschlossen. Zusätzlich ist laut einer Studie des NABU ein Kohleausstieg bis 2035 notwendig, um die deutschen Klimaziele einhalten zu können (NABU, 2017). Der zukünftige Strombedarf muss dann durch alternative, erneuerbare Energien gedeckt werden.

## Problematik volatiler Einspeisung

Nach dem Klimaschutzbericht 2018 (Stadt Augsburg, 2018) hält der Ausbau der erneuerbaren Energien im Wirtschaftsraum Augsburg an. Die Stromversorgung in der Region soll zukünftig vor allem durch Wasserkraftwerke, Photovoltaik Dach- und Freiflächenanlagen, Biomassekraftwerke sowie Importe sichergestellt werden. In der Modellre-



gion birgt insbesondere der Ausbau von Photovoltaikanlagen großes Potenzial. Aufgrund des Ausbaus erneuerbarer Energien und des volatilen Charakters der Stromerzeugung durch Wind und Sonne müssen neben Energieeffizienzmaßnahmen auch Lösungen für einen Energieausgleich auf der Nachfrageseite gefunden werden, damit das erforderliche Gleichgewicht zwischen Stromerzeugung und -verbrauch jederzeit sichergestellt werden kann.

## Der Beitrag der Industrie zum Energieausgleich

Ein solcher Ausgleichsmechanismus ist die Energieflexible Fabrik. Sie kann durch eine Anpassung ihrer Nachfrage an das regionale Stromangebot zum Ausgleich beitragen, die Netzstabilität gewährleisten und so einen Beitrag für ein zukunftsfähiges Energiesystem leisten. Um ein besseres Verständnis für den Einfluss der Witterung auf die Stromerzeugung zu erhalten, wurde das dyna-



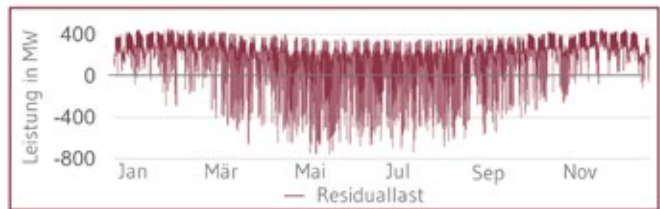
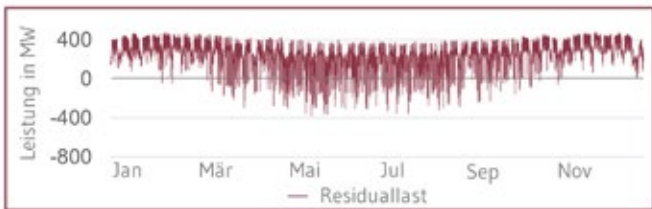


Abbildung 3: Übersicht zu Residuallast und Unter-/Überdeckungen der Energieversorgung in den regionalen Szenarien in den Zieljahren 2030 (links) und 2050 (rechts)

mische Verhalten der Stromversorgung in der Modellregion Augsburg in einem Simulationsmodell abgebildet. Ausgehend vom Klimaschutzszenario 2050 des Öko-Instituts wurden für die Zieljahre 2030 und 2050 Ausbaupfade für erneuerbare Energieanlagen sowie die Stromverbräuche von Haushalt, Gewerbe und Industrie ermittelt. Aktuell decken die erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen etwa 35 % des Stromverbrauchs in der Region. Geht man vom technischen Ausbaupotenzial der erneuerbaren Stromproduktion aus, könnte dieser Anteil auf bis zu 74 % des für 2030 prognostizierten Stromverbrauchs der Region gesteigert werden. Dies könnte hauptsächlich durch den prognostizierten Ausbau der Photovoltaikanlagen erreicht werden. Abbildung 3 (oben) zeigt, dass die Schwankungen der Residuallast durch den Ausbau der erneuerbaren Energien zunehmen. Die Residuallast ist die Differenz aus nachgefragter elektrischer Leistung und angebotener Leistung durch fluktuierende, erneuerbare Energieanlagen in einem Bilanzgebiet zu einem bestimmten Zeitpunkt. Sie ist demnach abhängig von der Witterung (Stromerzeugung) und dem regionalen Strombedarf und unterliegt starken Schwankungen.

Aufgrund der hohen Volatilität der Einspeisung sind im Jahr 2030 in Spitzenzeiten Unterdeckungen bzw. Überschüsse von bis zu 400 MW, in den Sommermonaten des Jahres 2050 sogar Überschüsse bis zu 740 MW zu erwarten.

In den Wintermonaten treten aufgrund der geringeren Sonneneinstrahlung keine Überschüsse auf (Abbildung 3 (unten)), die Residuallast unterliegt dennoch starken Schwankungen. Da die Netzkapazität begrenzt ist, müssen Lösungen gefunden werden, mit diesen Schwankungen und Spitzen umzugehen. Die Ergebnisse der Simulationen zeigen, dass ein Energieausgleich zwischen energiearmen und energiestarken Stunden und Tagen im regionalen Kontext notwendig ist und langfristig auch der Bedarf eines saisonalen Energieausgleichs gegeben sein wird. Dieser Ausgleich kann durch die Energieflexible Fabrik unterstützt werden.

### Weitere Informationen

**Roth, S., Rappold, J., Braunreuther, S., Reinhart, G.: Modulare Simulationsumgebung zur Visualisierung und Analyse der Potenziale von industriellen Energieflexibilitäten, in 15. Symposium Energieinnovation, Technische Universität Graz 2018.**

Verfügbar unter:  
<https://kurzelinks.de/igi5>

**Wehnert, T., Best, B., Andreeva, T. (2017): Kohleausstieg – Analyse von aktuellen Diskussionsvorschlägen und Studien. Studie im Auftrag des Naturschutzbund Deutschland (NABU). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH: Wuppertal.**

Verfügbar unter  
<https://kurzelinks.de/n4q8>

**Stadt Augsburg (2018): Klimaschutzbericht 2018. CO<sub>2</sub>-Bilanz, Indikatoren und Daten zum Klimawandel [online]. Augsburg.**

Verfügbar unter:  
<https://kurzelinks.de/sx4v>







# DIE ENERGIEFLEXIBLE FABRIK UND DAS KLIMASCHUTZKONZEPT AUGSBURG: EIN STARKER HEBEL FÜR DEN KLIMASCHUTZ

Wie passt die Energieflexible Fabrik zum regionalen Klimaschutzkonzept Augsburg? Jonas Fricke, Klimaschutzmanager für den Wirtschaftsraum Augsburg, antwortet.







Der Wirtschaftsraum Augsburg verfolgt ambitionierte Klimaschutzziele: Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in der Region Augsburg soll bis zum Jahr 2030 um insgesamt 55 % gegenüber dem Bezugsjahr 2009 reduziert werden.

### **Ambitionierte Ziele und große Potenziale**

Der Wirtschaftsraum Augsburg verfolgt ambitionierte Klimaschutzziele: Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in der Region Augsburg soll bis zum Jahr 2030 um insgesamt 55 % gegenüber dem Bezugsjahr 2009 reduziert werden. Laut regionalem Klimaschutzkonzept ist hierfür ein massiver Ausbau sowohl der Solar- als auch Windenergie nötig. In Photovoltaikanlagen, die auf Dächern und an Fassaden installiert werden können, liegen mit einer jährlichen Stromproduktion von 1 487 900 MWh die größten Chancen. Dieses Potenzial könnte einen Anteil von 38 % des Strombedarfs im Jahr 2030 decken. Freiflächenanlagen wurden hier noch nicht berücksichtigt, können jedoch einen zusätzlichen Beitrag leisten. Auch in der Windenergie liegt mit 440 000 MWh jährlicher Stromproduktion ein zusätzliches und wesentliches Potenzial. Ausgehend vom technischen Potenzial könnte die erneuerbare Stromproduktion in der Region laut regionalem Klimaschutzkonzept 74 % des für 2030 prognostizierten Stromverbrauchs decken. Zur Erreichung dieses Zieles muss der Ausbau der erneuerbaren Energien Hand in Hand mit einer Energieeinsparung in Höhe von 20 % gehen, z.B. durch Gebäudesanierungen, Kraft-Wärme-Kopplung und Abwärmeeinsparung in der Industrie.

### **Augsburger Industrie treibt Energiewende voran**

Für das Vorantreiben der Energiewende sind in der Region Augsburg sowohl Unternehmen, Kommunen als auch Bürger\*innen aktiv. Rund 75 % des Stromes wird in der Region Augsburg allerdings im Sektor Industrie/Gewerbe/Dienstleistungen und Handel verbraucht, die privaten Haushalte haben einen Anteil von 25 %. Auch beim CO<sub>2</sub>-Ausstoß sind die Anteile der Wirtschaftsbetriebe am größten: Sie emittieren nahezu 50 %. Private Haushalte und der Verkehrssektor sind für je rund 25 % verantwortlich. Der Sektor Industrie/Gewerbe/Dienstleistungen und Handel trägt deshalb eine besonders große Verantwortung zur Erreichung der regionalen Klimaschutzziele beizutragen. Deshalb verspricht sich die Region Augsburg durch die Energieflexible Fabrik einen starken Hebel für den Klimaschutz. Diese Strategie, die Stromnachfrage mit der -produktion zu synchronisieren, ergänzt den Ausbau der erneuerbaren Energien. Nur so kann die Region Augsburg nicht nur bei der erneuerbaren Stromerzeugung leistungsfähig bleiben, sondern auch beim Klimaschutz voran gehen. Auch nichtindustrielle Flexibilitäten wie Batteriespeicher, Ladevorgänge von Elektrofahrzeugen und Power-to-Heat sollen ihren Platz in der Modellregion finden. Nicht zu unterschätzen ist der

Beitrag von SynErgie zur Beteiligung und Vernetzung von für die Energiewende relevanten Stakeholdern. Durch den transdisziplinären Dialog konnten bestehende Kontakte ausgebaut und neue erschlossen werden. Wir erhoffen uns, die Akzeptanz für die Energiewende in der Region dadurch weiter gemeinsam steigern zu können.

### **Mehr Informationen: Der Klimaschutzprozess in der Region Augsburg:**

[www.klimaschutz-a3.de](http://www.klimaschutz-a3.de)

# TRANSDISZIPLINÄRER DIALOG IN DER MODELLREGION AUGSBURG: STAKEHOLDER INS GESPRÄCH BRINGEN



**Steffi Ober**

Koordinatorin

Zivilgesellschaftliche Plattform

Forschungswende



**Katharina Ebinger**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Zivilgesellschaftliche Plattform

Forschungswende

## **Transdisziplinarität: Forschung für die und mit der Gesellschaft**

Üblicherweise findet die Wissensproduktion in technikdominierten Bereichen, wie der Energie- und Produktionsforschung, zunächst zwischen Wissenschaft und Unternehmen statt und wird im Anschluss an verschiedene gesellschaftliche Akteursgruppen kommuniziert. Die Transformation des Energiesystems kann jedoch nur gelingen, wenn die Gesellschaft nicht nur über diese Transformation informiert wird, sondern sie diese von vornherein auch mitgestalten kann. Akteur\*innen der Zivilgesellschaft bringen Wissensbestände in Bezug auf Verfahren (Wie?) und Ziele (Wohin?) mit, die für Transformationsansätze mit neuen Formen der Industriearbeitsplätze (Industrie 4.0), die Arbeitszeitmodelle oder die Änderungen des Strommarktes wichtig sind. Transdisziplinarität ist ein integrativer Forschungsansatz, der den Wissenstransfer und die Kollaboration zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen ermöglicht und dieses Wissen in die Forschung einbezieht. Dies geschieht in vielfältigen Formen wie Online-Beteiligung, Stakeholder-Empowerment, Workshops oder Stakeholder-Dialogen. Es zeigt sich, dass ein solcher Forschungsansatz gerade bei komplexen gesellschaftlichen Aufgaben ein Wissen schafft, das „sozial robust“ ist, weil es viele Perspektiven miteinbezieht. Ein

wesentliches Ziel besteht darin, die gesellschaftliche Transformation bzw. gesellschaftliches Transformationswissen einzubinden und so Akzeptanz zu schaffen.

## **Der transdisziplinäre Forschungsprozess: Kollaboration statt bloßer Wissenstransfer**

Der Ansatz des Co-Designs (das gemeinsame Entwerfen von Forschungsfragen), Co-Produktion (gemeinsame Wissensproduktion) und Co-Kommunikation (gemeinsame Kommunikation) sieht genau diese gemeinsamen Schritte für eine transdisziplinäre Wissenschaft vor (s. Abbildung 4). Aktuell ist bei der Beteiligung zivilgesellschaftlicher Expertise in Forschungsprojekten jedoch die Regel, dass allein Wissenschaftler\*innen die Forschungsfragen und -ziele formulieren, während die gesellschaftliche Praxis erst später in beratender Form in den Prozess aufgenommen wird. Somit fehlt ein gemeinsam geteiltes Anliegen, eine „Shared Ownership“, die für transdisziplinäre Forschung zentral ist. Hier wird ein wichtiger Hebel für gesellschaftliche Transformation verschenkt. Praxispartner\*innen neigen dazu, sich Erkenntnisse, die aus nur teilweise gemeinsam vertretenen Forschungsvorhaben entstehen, nicht oder nur eingeschränkt zu eigen zu machen.

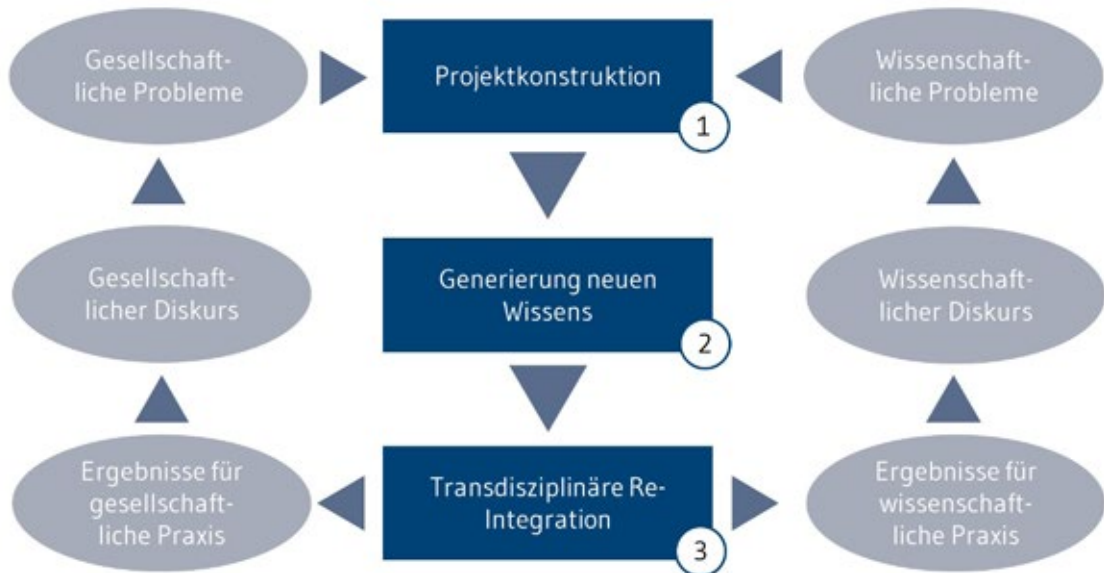


Abbildung 4: Idealtypischer Transdisziplinärer Forschungsprozess

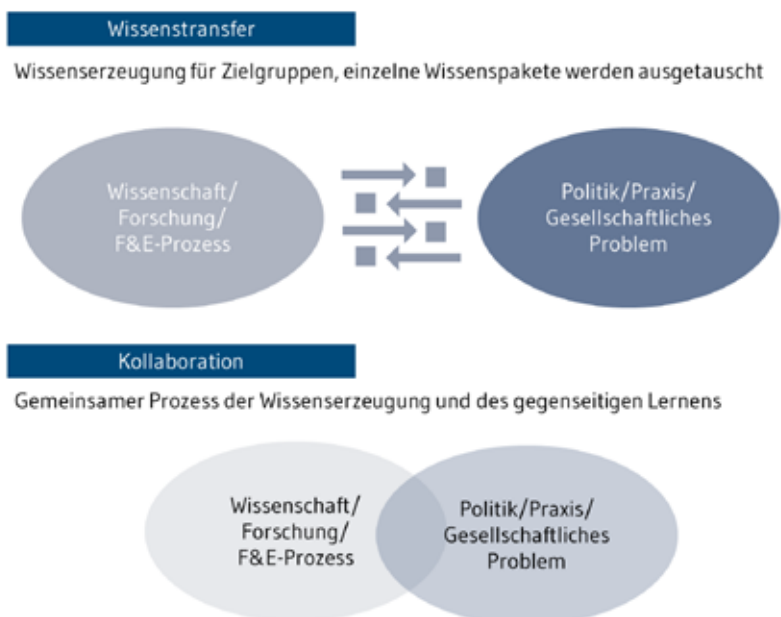


Abbildung 5: Kollaboration ist mehr als bloßer Wissenstransfer!





Dann werden die Ergebnisse im behandelten, gesellschaftlichen Problemfeld nur zögerlich oder gar nicht verfolgt, umgesetzt oder unterstützt. Dies ist jedoch angesichts der mangelnden Zeit und der Notwendigkeit eines schnellen Wandels kein wünschenswerter Prozess.

### **Herausforderungen des transdisziplinären Forschungsprozesses**

Transdisziplinäre Forschung erfordert einen Lernprozess für alle Projektbeteiligten, da sie nicht nur interdisziplinär erhöhte Anforderungen an die Verständigung zwischen verschiedenen Disziplinen und Fachkulturen stellt (s. Abbildung 5). Sie soll auch – transdisziplinär – mit Praxispartner\*innen aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft sehr unterschiedliche Kulturen und Sprachen integrieren. Anspruchsvoll ist darüber hinaus, einen Dialog auf Augenhöhe zu führen und transparente Prozesse zu schaffen. Hier zeigt sich immer wieder, dass in der Wirt-

schaft mehr Ressourcen für regelmäßige (unbezahlte) Beteiligungsprozesse vorhanden sind als in der Zivilgesellschaft. Dies führte auch in diesem Projekt dazu, dass die Vertreter\*innen der Zivilgesellschaft, die ihr Engagement ehrenamtlich betreiben, an den Projekttreffen nicht regelmäßig teilnehmen konnten. Ein weiteres wichtiges Instrument, um Vertrauen zwischen den Akteur\*innen zu schaffen, besteht darin, die unterschiedlichen Interessen offen zu legen. Dazu kommt, dass das Interesse der Wissenschaft an einem Wissensvorsprung und der Wirtschaft an einer Innovation recht stabil ist – das langfristige Interesse und Commitment bei unbezahlten Stakeholdern dagegen weitaus fragiler.

### **Transdisziplinarität in der Modellregion Augsburg: Die Grundlagen sind geschaffen**

Der transdisziplinäre Ansatz konnte in SynErgie nicht idealtypisch durchgeführt werden, da bereits mit Antragsbeginn

die Forschungsfragen formuliert und die Strukturen beschrieben waren. Neues Wissen, wie beispielsweise, dass die ökologischen Auswirkungen nicht zu Buche schlagen, dass es neue Geschäftsmodelle geben muss und dass die Bürger\*innen politische Rahmenbedingungen fordern, wurde in den einzelnen Sphären hinsichtlich wirtschaftlich-technischer, ökologischer und sozialer Fragestellungen erarbeitet und in den gemeinsamen Cluster-Treffen zweimal im Jahr zusammengetragen. Aus dem Diskurs heraus entstanden neue Forschungsfragen, die in der nächsten Projektphase behandelt werden und somit bereits einen transdisziplinären Vorlauf haben.

Da in der Antragsstellung beim Fördermittelgeber kein Co-Design der Forschungsfrage und des Forschungsprozesses stattfand, war es maßgeblich, im ersten Projektjahr ein gemeinsames Verständnis für die Problemstellung, die unterschiedlichen Perspektiven





und die Prozessgestaltung zu schaffen. Um möglichst offen und flexibel dieses neue, gemeinsame Verständnis in das Projekt integrieren zu können, wurde ein explorativer Ansatz gewählt. Dieser ermöglichte, unterschiedliche Annahmen und Wissensbestände zu explizieren, miteinander in Bezug zu setzen sowie neues Wissen zu generieren und in den Projektverlauf zu integrieren (Integration des Praxiswissens). Dieser begann mit einem Design-Thinking-Ansatz im ersten Projektjahr. Darauf folgte die Generierung von neuem Wissen in Form der Simulation und eines Thesenpapiers gefolgt von einem Stakeholder-Dialog. Die Co-Kommunikation am Ende des Prozesses wird mit dieser Abschlussbroschüre ermöglicht, in die die Lösungsansätze eingeflossen sind. Unterstützt wurde die Stakeholder-Kommunikation durch die Entwicklung einer Sketchnote (s. S. 52/53). Das beschriebene Vorgehen ermöglichte die Unterteilung in übersichtliche Phasen, in denen zuerst das

Problemverständnis geschärft werden konnte, bevor Szenarien zur Energieflexiblen Fabrik als Lösungsansatz in einem Stakeholder-Dialog eingehender diskutiert wurden.

Eine der Grundannahmen transdisziplinärer Forschung lautet, dass das gemeinsame Erarbeiten von Lösungen für komplexe Probleme unter anderem dazu führt, dass unterschiedliche Stakeholder-Gruppen eine größere Akzeptanz der gemeinsam erarbeiteten Lösungsansätze aufweisen, da sie selbst an ihnen mitgearbeitet haben. In der Modellregion Augsburg des Projektes SynErgie hat sich gezeigt, dass der transdisziplinäre Ansatz unter Nutzung der richtigen Werkzeuge und einer flexiblen, iterativen Planung zu guten und akzeptierten Ergebnissen führt. Die im Prozess beteiligten Stakeholder identifizieren sich mit den energieflexiblen Fabriken in ihrer Region und setzen sich engagiert ein, was nicht zuletzt ihre Wortmeldungen in dieser Broschüre (s. S. 40 ff.) zeigen.

### **Mehr Informationen**

**Energieflexible Fabriken für eine erfolgreiche Energiewende. Dokumentation des Stakeholder-Dialogs vom 18.09.2018.**

Verfügbar unter:

<https://kurzelinks.de/wwg6>

**Die Energieflexible Fabrik. Wie lassen sich Industrieprozesse an die Schwankungen einer zukünftigen erneuerbaren Energieversorgung anpassen? (Sketchnote)**

Verfügbar unter:

<https://kurzelinks.de/jfgl>

**Thesen zur Energieflexiblen Fabrik.**

Verfügbar unter:

<https://kurzelinks.de/bk7p>



# LÖSUNGSBAUSTEIN ENERGIEFLEXIBLE FABRIK



**Stefan Roth**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Fraunhofer IGCV



**Jana Köberlein**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Fraunhofer IGCV

## **Flexibilitätsmaßnahmen in der Industrie**

In der Modellregion Augsburg wurden energieintensive Industrieunternehmen auf flexibilisierbare Prozesse untersucht. Abbildung 6 gibt einen Überblick über die ermittelten exemplarischen Flexibilitätspotenziale in einem Graphitierungsprozess, einem Schmelzvorgang in einem Gießereibetrieb und einer Halbstoffproduktionsanlage in der Papierproduktion. Die veränderbaren Lasten liegen im Bereich von 6 bis 35 MW elektrische Leistung.

Der Startzeitpunkt des Schmelzprozesses von Roheisen und Stahl im betrachteten Gießereibetrieb kann innerhalb bestimmter Restriktionen verschoben werden. Der Graphitierungsprozess ist der energieintensivste Prozessschritt bei der Graphitherstellung und kann für eine Viertelstunde unterbrochen werden. Jedoch muss die pausierte Zeit mit erhöhter Leistung nachgeholt werden. In der Halbstoffproduktionsanlage eines

Papierbetriebs werden Holzschnitzel bei hohen Temperaturen mit Wasserdampf zerkleinert. Der entstehende Halbstoff wird dann in den Papiermaschinen verarbeitet. Ein Abschalten der Anlage ist möglich, wenn ausreichend Halbstoff auf Lager ist.

## **Flexibilitätsmaßnahmen könnten ein mittelgroßes Kraftwerk ersetzen**

Diese Flexibilitätsmaßnahmen wurden modelliert und mithilfe einer mathematischen Optimierung in den Versorgungsszenarien für 2030 und 2050 so eingesetzt, dass Residuallastspitzen minimiert werden. Gegenüber einem Vergleichs-Szenario ohne gezielten Einsatz der Maßnahmen konnte im Zieljahr 2030 durch die Optimierung etwa 14 GWh Energie von energieschwachen in energiestarke Zeiten verschoben werden. Dies entspricht rund 200 Maximallaststunden eines Gas- und Dampfkraftwerks (GuD) mit 70 MW





**Graphitierungsprozess**  
Pausieren (6 MW) und  
Nachholen (8 MW) einer  
Last



**Schmelzprozess**  
Zuschalten einer Last  
(6,4 MW)



**Halbstoffherstellung**  
Abschalten einer Last  
(35 MW)



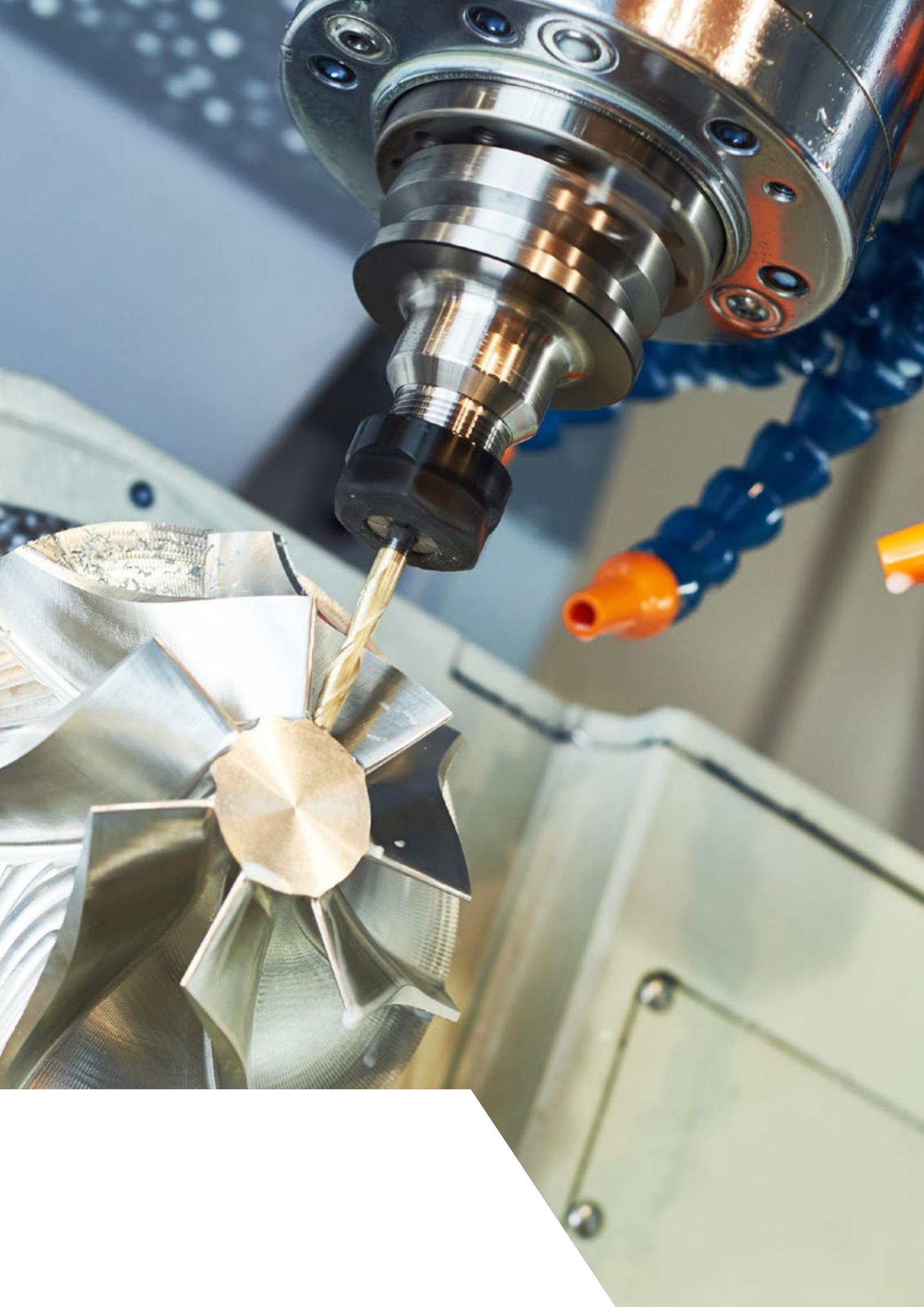
Optimierter Einsatz der  
Flexibilitätsmaßnahmen

**Vermeidung residualer Energie**  
in der Größenordnung von ca. 700  
Maximallaststunden eines Gas- und  
Dampfkraftwerks mit 70 MW Leistung

**Reduktion der Spitzenlast**  
in der Höhe der doppelten Leistung  
des größten kommerziellen  
Batteriespeichers in Europa

Abbildung 6: Übersicht über die modellierten Flexibilitätsmaßnahmen





Leistung. Dadurch können knapp 7.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden, was dem Jahresausstoß von 640 Normalverbraucher\*innen entspricht. Außerdem konnte die Spitzenlast um bis zu 28 MW reduziert werden, welche somit nicht durch Reservekraftwerke oder Speicher vorgehalten werden muss. Würde man hierzu einen Lithium-Ionen-Speicher verwenden, bräuchte man die doppelte Leistung des aktuell größten kommerziell genutzten Batteriespeichers Europas (Wemag, 2019).

Die exemplarisch eingesetzten industriellen Flexibilitätsmaßnahmen haben demnach eine Auswirkung im Maßstab von fossil befeuerten Kraftwerken mittlerer Größenordnung. Dies zeigt, dass die Unterstützung des regionalen Energieausgleichs durch Energieflexible Fabriken sinnvoll möglich ist.

### **Ökologische Auswirkungen der Energieflexiblen Fabrik**

Zur Untersuchung der ökologischen Auswirkungen der Flexibilisierungen wurde eine normenkonforme ökobilanzielle Betrachtung durchgeführt. Ziel der Ökobilanzierung war die Quantifizierung der ökologischen Auswirkungen von Flexibilitätsmaßnahmen in den energieintensiven Industrieprozessen. Die betrachteten Prozesse umfassen die zuvor beschriebenen Prozesse in der Schmelzerei, Graphitierung und Papierindustrie. Beim energieflexiblen Produktionsbetrieb können durch zusätzliche Ein- und Ausschaltvorgänge Energieverluste auftreten, die kompensiert werden müssen und damit zu höherem Energieverbrauch führen können. Diese Ineffizienzen müssen der Anpassung an das volatile Energieangebot aus erneuerbaren Energien gegenübergestellt werden. Für die Prozesse in der Schmelzerei und der Halbstoffproduktionsanlage gab es keine nennenswerten energetischen oder ressourcenbezogenen Auswirkungen durch den Einsatz der Energieflexibilität. Lediglich bei der Graphitierung führt der Einsatz der Flexibilität zu einem Mehrverbrauch an Strom, einem veränderten Kühlwasserbedarf sowie Änderungen

im Verbrauch und den Emissionen durch Packmassen (Oxidation). Die ökobilanzielle Betrachtung ergab jedoch, dass die entstehende Mehrbelastung in Relation zu den Gesamtergebnissen vernachlässigbar klein ist. Viel größere Auswirkung hatte die Zusammensetzung des Stroms. Der angenommene zukünftige Verzicht auf fossile Energieträger bei der Stromerzeugung auf Grundlage eines Klimaschutzenszenarios mit 95 %-iger CO<sub>2</sub>-Reduzierung bis 2050 wirkt sich deutlich stärker auf das Gesamtergebnis aus. Daraus folgt, dass sich mit Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung die festgestellten negativen Auswirkungen durch den Strom-Mehrverbrauch in ihrer Wirkung abschwächen. Die betrachteten Flexibilisierungsmaßnahmen und der damit verbundene Verbrauch erneuerbarer Energien sind somit aus Sicht der durchgeführten Ökobilanzierung als vorteilhaft zu bewerten.



## Nutzen und Herausforderungen der Energieflexiblen Fabrik

Die Energieflexible Fabrik ist kein Selbstzweck. Sie ist ein wichtiger Baustein des Energiesystems der Zukunft. Neben der Netzstabilität und der effizienten Nutzung der volatilen erneuerbaren Energien bietet die Energieflexible Fabrik weitere Vorteile. Außerdem finden sich auch abseits der Industrie Potenziale für eine Flexibilisierung der Stromnachfrage.

➤ **Potenziale jenseits der Industrie (Haushalte, KMU, öffentliche Einrichtungen):** Neben energieintensiven Industrieunternehmen lassen sich auch in Haushalten, KMUs und öffentlichen Einrichtungen Potenziale für eine Flexibilisierung der Stromnachfrage erkennen (s. S. 36)

➤ **Minimierung/Vermeidung von Netzausbau:** Durch regionale Ausgleichsmechanismen wird der Strom dort verbraucht, wo er erzeugt wird. Dies reduziert die Notwendigkeit, Strom über große Distanzen zu transportieren, stellt eine Alternative zum konventionellen Netzausbau dar und sichert so kosteneffizient und umweltschonend die Versorgung.

Daneben müssen jedoch auch Herausforderungen betrachtet und überwunden werden:

➤ **Politische und regulative Rahmenbedingungen:** Wie im Rahmen des Stakeholder-Dialogs deutlich wurde, ist es notwendig, durch politische und regulatorische Rahmenbedingungen Anreize für Industrieunternehmen zu schaffen, Energieflexibilitäten anzubieten. Aufgrund der zunehmenden dezentralen Energieversorgung müssen hierzu neue Marktstrukturen geschaffen werden.

➤ **Organisationsentwicklung:** Innerbetrieblich müssen bei der Umsetzung von Energieflexibilität viele Faktoren wie beispielsweise Arbeitszeiten der Mitarbeiter\*innen, Auswirkungen auf nachfolgende Prozesse und Liefertermine berücksichtigt werden. Deshalb müssen geeignete wirtschaftliche Anreize geschaffen werden, die den Mehraufwand für die Bereitstellung von Energieflexibilität rechtfertigen.

## Weitere Informationen

**Roth, S., Thimmel, M., Fischer, J., Schöpf, M. Unterberger, E., Braunreuther, S., Buhl, H. U., Reinhart, G.: Simulation-based analysis of energy flexible factories in a regional energy supply system, in Procedia Manufacturing, Volume 33, p. 75-82, 2019.**

Verfügbar unter:  
<https://kurzelinks.de/6dlu>

**WEMAG (o. A.): WEMAG Batteriespeicher.**

Verfügbar unter  
<https://kurzelinks.de/tzmmh>



# VERMARKTUNG INDUSTRIELLER FLEXIBILITÄT AUF REGIONALER EBENE: STECKBRIEFE ZEIGEN OPTIONEN AUF



**Paul Schott**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
FIM/FIT



**Stephanie Halbrügge**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
FIM/FIT

## **Derzeitige ungenutzte erneuerbare Stromerzeugung entspricht der Leistung von knapp vier Kernkraftwerken**

Durch die Energiewende steigt insbesondere der Anteil an regional installierten erneuerbaren Energien (wie Photovoltaik- und Windenergieanlagen). Deshalb wird neben den bestehenden überregionalen Vermarktungsmechanismen die regionale Flexibilität immer wichtiger. Wind und Sonne – und damit auch die Stromproduktion aus Photovoltaik- und Windenergieanlagen – unterliegen sowohl täglichen als auch saisonalen Schwankungen. Das derzeitige vorliegende Einheitspreissystem am Strommarkt legt als Annahme eine Kupferplatte zu Grunde, wodurch physikalische Restriktionen wie die Kapazitäten einzelner Stromleitungen bei der Strompreisbildung nicht berücksichtigt werden. Durch die zunehmend schwankende Stromeinspeisung der erneuerbaren Energien werden vermehrt auch die Verteilnetze – die Netze zur regionalen Stromversorgung – beansprucht bzw. überbeansprucht. Netzengpässe auf dieser Ebene führen verstärkt dazu, dass erneuerbare Energien gezielt abgeschaltet

werden müssen (u.a. im Rahmen des sog. Einspeisemanagements), um Netzausfälle zu verhindern. Im Jahr 2018 blieben dabei an einem Zeitpunkt bereits bis zu 5,8 GW – dies entspricht der Leistung von knapp vier Kernkraftwerken – an erneuerbarer Stromerzeugung durch das Einspeisemanagement ungenutzt. Alleine für das erste Quartal im Jahr 2019 belaufen sich die Entschädigungszahlungen für das Einspeisemanagement nach einer Schätzung auf 364 Mio.€ (BNetzA, 2019). Diese Summe entspricht nahezu den Fördergeldern aller Kopernikus-Projekte über die angedachte Förderdauer von 10 Jahren. Ein effizientes und zukunftsfähiges Energiesystem muss solche Verschwendungen vermeiden. Allerdings gibt es bislang auf der regionalen Ebene noch keine Anreize, diesem Vorgehen effektiv entgegenzuwirken und die lokalen Stromüberschüsse beispielsweise in Industrieunternehmen zu verwenden. Daher sind aufgrund der zukünftigen Schwankungen in der Stromerzeugung mehr regionale Mechanismen notwendig, um die Verteilnetze nicht zu überlasten und gleichzeitig den Strom sinnvoll zu nutzen. Im Rahmen der Arbeiten in SynErgie wurden dabei bestehende sowie zukünftig mögliche und sinnvolle











Bezeichnung/ID	Beschreibung	Ablauf/Abruf von wem?				
Zielgruppe	Umsetzbarkeit/Status					
Beteiligte Akteure	Rolle der Akteure	Datenübertragung/Technische Umsetzung				
 ÜNB  VNB  Strombörse/EPEX  Aggregatoren/Händler  BKV  Stromversorger  Flexanbieter  Weitere Akteure  "Neue Akteure"		Wirkung des Vermarktungsmechanismus <table border="0"> <tr> <td><b>E</b> Eigenoptimierung</td> <td><b>N</b> netzdienlich</td> </tr> <tr> <td><b>M</b> marktdienlich</td> <td><b>S</b> systemdienlich</td> </tr> </table> Hürden/Hemmnisse  Next Steps / Aufwand an den Markt zu kommen  Erlöspotenzial status quo & Tendenz	<b>E</b> Eigenoptimierung	<b>N</b> netzdienlich	<b>M</b> marktdienlich	<b>S</b> systemdienlich
<b>E</b> Eigenoptimierung	<b>N</b> netzdienlich					
<b>M</b> marktdienlich	<b>S</b> systemdienlich					
Herkunft der Erlöse für Flexibilität						

Abbildung 7: Steckbriefvorlage

regionale Vermarktungsmechanismen für Flexibilität identifiziert und gegenübergestellt. Dies dient als Überblick und gemeinsame Basis, um über verschiedene Vermarktungsmechanismen für die Energieflexiblen Fabriken in der Modellregion Augsburg diskutieren zu können.

### Steckbriefe zur Analyse regionaler Vermarktungsoptionen

Im Projektteam wurde eine Steckbriefvorlage entwickelt (Abbildung 7), die in mehreren Projekttreffen gemeinsam mit den Projektpartner\*innen sowie den Stakeholder\*innen diskutiert und angepasst wurde. Anschließend wurde der Steckbrief für jeden Vermarktungsmechanismus ausgefüllt. Die Informationen über die Vermarktungsmechanismen wurden basierend auf Studien, die sich mit regionaler Flexibilität befassen, als auch in Diskussionen mit SynErgie-Expert\*innen konsolidiert.

### Einteilung der Vermarktungsmechanismen in vier Dimensionen

Die Vermarktungsmechanismen sind in vier Dimensionen eingeteilt, die im Folgenden erläutert werden. Die erste Dimension stellt dar, ob es sich um einen Mechanismus handelt, bei dem die Flexibilität regional oder überregional eingesetzt wird. Die zweite Dimension beinhaltet die Information, ob der Mechanismus bereits heute angewendet wird oder ob es zukünftige Möglichkeiten und Ideen darstellt. Diese Dimension wird im Steckbrief mit dem Feld „Umsetzbarkeit/Status“ erfasst. Die dritte Dimension bezieht sich auf die Wirkweise des Vermarktungsmechanismus und damit auf den Anwendungszweck. Das Feld „Wirkung des Vermarktungsmechanismus“ beinhaltet die entsprechende Information. Diese Unterscheidung ist ein elementarer Bestandteil des Steckbriefes. Denn durch die explizite Betrachtung dieser Dimension wird deutlich, dass die

einzelnen Vermarktungsmechanismen auf unterschiedliche Art und Weise zur Stabilität des Stromnetzes beitragen:

➤ **„Eigenoptimierung“:** Diese Wirkweise hat aus Unternehmensperspektive das Ziel, die Eigenerzeugung aus potenziell eigenen Stromerzeugungsanlagen (wie bspw. Photovoltaikanlagen oder Kraftwerken) zu optimieren. Darüber hinaus können durch die Eigenoptimierung auch Abgaben/Umlagen oder Netzentgelte reduziert werden.

➤ **„marktdienlich“:** Diese Wirkweise beschreibt Vermarktungsmechanismen, die Preisschwankungen an den Großhandelsplätzen, wie dem Day-Ahead-Markt, oder indirekt über zeitvariable Preise nutzen. Dadurch können Energieflexible Fabriken mithilfe von Flexibilität die eigenen Strombezugskosten minimieren.





➤ **„netzdienlich“:** Diese Wirkweise beschreibt Vermarktungsmechanismen, die Netzengpässe beheben bzw. präventiv vermeiden.

➤ **„systemdienlich“:** Diese Wirkweise beschreibt Vermarktungsmechanismen, die zur systemweiten Versorgungssicherheit beitragen.

Die vierte Dimension stellt abschließend dar, in welchem Netzzustand die einzelnen Mechanismen angewendet werden können. Für diese Zuordnung wurde das Ampelkonzept des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW 2017) herangezogen, das den aktuellen Netzzustand anhand der drei Ampelfarben beschreibt. Eine Ampel im Feld „Ablauf/Abruf von wem?“ beinhaltet diese Information (siehe Abbildung 7). Im Folgenden wird die Bedeutung der drei Ampelfarben kurz beschrieben:

➤ **Grün:** In der grünen Ampelphase zeichnet sich kein Engpass ab und es liegen keine kritischen Netzzustände vor. Damit können sowohl system- als auch marktdienliche Flexibilitäten gehandelt werden. Die Aufgabe des Verteilnetzbetreibers (VNB) beschränkt sich auf die Beobachtung des Netzes, um reagieren zu können, falls sich der Netzzustand ändert.

➤ **Gelb:** In der gelben Ampelphase ruft der VNB Flexibilität ab, die von anderen Akteuren angeboten wird, da sich ein Engpass im Netz abzeichnet. Ein Netzengpass wird aufgrund von Prognosen vorhergesehen.

➤ **Rot:** In der roten Ampelphase muss der VNB auch außerhalb des Marktes eingreifen, da die Netzstabilität unmittelbar gefährdet ist.

### Der Steckbrief im Detail

Das Feld mit der Überschrift „Bezeichnung/ID“ dient dazu, den Vermarktungsmechanismus zu benennen, um diesen klar identifizieren zu können.

Das Feld „Beschreibung“ bietet Platz, um die Kernidee des Vermarktungsmechanismus zu erläutern. Dadurch wird ein einheitliches Verständnis vermittelt, worauf der entsprechende Vermarktungsmechanismus abzielt. Im Feld „Zielgruppe“ werden die Akteur\*innen festgehalten, die aktiv involviert sind, sobald dieser Mechanismus umgesetzt wird. Daneben wird im Feld „Umsetzbarkeit/Status“ eingetragen, ob dieser Vermarktungsmechanismus bereits existiert, sich an bereits vorhandenen Mechanismen orientiert oder ob der Mechanismus ein theoretisches Konzept darstellt. Darunter befindet sich eine Spalte mit möglichen Akteur\*innen. In dieser Spalte wird markiert, welche Akteur\*innen am Mechanismus beteiligt sind. Die genaue Beschreibung der Rolle jedes einzelnen Akteurs wird dann in die Spalte rechts daneben eingetragen. Im Feld „Ablauf/Abruf von wem?“ oben rechts wird festgehalten, wie der Abruf der Flexibilität abläuft und welche(r) Akteur(\*innen) beim Abruf der Flexibilität eine aktive Rolle übernimmt/übernehmen.



Um die beteiligten Akteur\*innen kenntlich machen zu können, wurden die Icons, die jede\*n Akteur\*in repräsentieren, aufgenommen. In den befüllten Steckbriefen sind die Abläufe aufgrund der Übersichtlichkeit in einem vereinfachten Ablaufdiagramm eingefügt (wie in Abbildung 7 dargestellt). Dadurch wird auch die zeitliche Dimension der einzelnen Schritte berücksichtigt. Das Feld darunter geht auf die „Datenübertragung/Technische Umsetzung“ ein. In dieses Feld werden die technischen Anforderungen eingetragen, um eine Datenübertragung zu ermöglichen. Wenn eine technische Umsetzbarkeit bereits möglich ist, kann direkt auf die benötigten Komponenten eingegangen werden. Das Feld zur „Wirkung des Vermarktungsmechanismus“ wurde bereits näher beschrieben. Im Feld „Hürden/Hemmnisse“ werden Schwierigkeiten, die aktuell eine Umsetzung einschränken, aufgezeigt. Die Eintragung im Feld „Next Steps/Aufwand an den Markt zu kommen“ bezieht sich darauf, welche Schritte die Energieflexible Fabrik

ergreifen muss, um den entsprechenden Vermarktungsmechanismus umsetzen zu können. Das Feld darunter beinhaltet aktuelle bzw. zukünftige Erlöspotenziale des aufgezeigten Mechanismus. Bei „Herkunft der Erlöse für Flexibilität“ werden die Quellen der Erlöse eingetragen. Zehn Steckbriefe schaffen Diskussionsgrundlage für die Modellregion. Durch diese Aufbereitung können verschiedene Vermarktungsmechanismen mithilfe der Steckbriefvorlage kompakt, aber doch detailliert beschrieben werden. Die Steckbriefe liegen aktuell für die folgenden Vermarktungsmechanismen vor: Bilanzkreisausgleich, Lokale OTC-Verträge („over-the-counter“, also bilaterale Verträge), Regionale Marktplätze, Eigenverbrauch, Lastmanagement, Telefonische Notabschaltung, Quoten und Gleichzeitigkeitsfaktoren, Flexibilitätsliste für VNB, Direkte Notsteuerung kontrahierter Flexibilität und Regionaler RegelenergiemarktPlus. Die ausgefüllten Steckbriefe schaffen für die weitere Projektarbeit Transparenz über die Vermarktungsmechanismen. Dabei

werden unterschiedliche Zielgruppen, von wissenschaftlichen Mitarbeiter\*innen über interessierte Bürger\*innen hin zu Unternehmensvertreter\*innen adressiert. Die Steckbriefe bieten daher eine gute Grundlage, in der Modellregion gemeinsam über die Möglichkeiten für die unterschiedlichen Einsatzzwecke von Flexibilität zu diskutieren und geeignete Mechanismen für die Energieflexible Fabrik identifizieren zu können. Auch für andere Cluster des SynErgie-Projektes sowie für Kopernikus Schwesterprojekte können die Steckbriefe eine wertvolle Verständnisgrundlage bieten.

#### **Weitere Informationen:**

**BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2017): Konkretisierung des Ampelkonzepts im Verteilungsnetz.**

Verfügbar unter:

<https://kurzelinks.de/3f6d>

**Bundesnetzagentur (2019): Quartalsbericht zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen. Erstes Quartal 2019.**

Verfügbar unter:

<https://kurzelinks.de/vlp4>

# NICHTINDUSTRIELLE FLEXIBILITÄT: HAUSHALTE IN DIE ENERGIEWENDE EINBEZIEHEN



**Henrik Maatsch**

Referent für Klima- und Energiepolitik  
WWF Deutschland

## **Kurz-Studie zeigt Potenziale verschiedener Flexibilitätstechnologien auf**

Im Auftrag des WWF Deutschland hat die Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (FfE) die Flexibilitätspotenziale nicht-industrieller Flexibilitätstechnologien genauer analysiert (Kleinertz/von Roon 2019). Ziel des ergänzenden Kurzgutachtens zum Kopernikus-Projekt SynErgie ist es, die Charakteristika flexibler nicht-industrieller Verbraucher\*innen allgemein verständlich darzustellen und ihr jeweiliges Potenzial für die Modellregion Augsburg abzuschätzen. Die hier betrachteten nicht-industriellen Flexibilitätstechnologien sind:

- Demand-Side-Management (Laststeuerung und Nachfrageflexibilisierung) in Haushalten
- Wärmepumpen mit Wärmespeichern
- Elektrofahrzeuge und elektrische Hausspeichersysteme

Im Rahmen des Kurzgutachtens wurden für jede dieser Flexibilitätstechnologien Steckbriefe erstellt, welche Informationen zu den in Abbildung 8 dargestellten Kriterien enthalten.

Das Flexibilitätspotenzial wurde hier auf zwei verschiedene Weisen dargestellt. Zum einen wird die Strommenge (in kWh oder MWh) ausgewiesen, die durch die Flexibilisierung verschoben wurde. Zum anderen wird die Leistung, die flexibel verschoben wurde, dargestellt. Die Ergebnisse zur flexibilisierbaren Energie sind in Abbildung 9 dargestellt.

## **Industrielle und nicht-industrielle Flexibilität zusammendenken**

Die industrielle Flexibilität deckt einen wichtigen Teil der in der Modellregion Augsburg vorhandenen und zukünftigen Flexibilitätspotenziale ab. Zusätzlich zum hohen Potenzial hat die Nutzung der industriellen Flexibilitätsoptionen den Vorteil deutlich höherer spezifischer (Anlagen-)Leistungen als kleinere nicht-industrielle Flexibilität. Das bedeutet, dass ein relativ hoher Beitrag industrieller Flexibilitätsoptionen zum Ausgleich eines schwankenden Angebotes durch Erneuerbare Energien relativ einfach zu heben ist. Es besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf, denn Studien weisen hier stark unterschiedliche Potenziale aus (siehe die Differenz der dargestellten Potenziale aus den Studien WWF 2017 und Gruber 2017).



Abbildung 8: Übersicht der in den Steckbriefen der Flexibilitätstechnologien enthaltene Daten und Kriterien

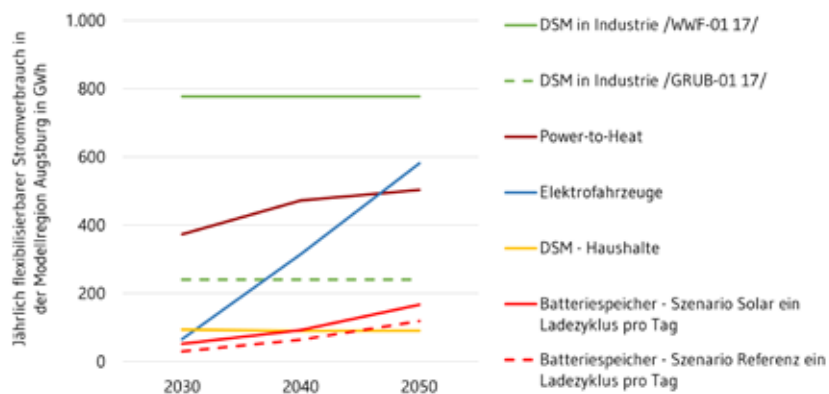


Abbildung 9: Übersicht des flexibilisierbaren Strombedarfs der betrachteten Flexibilitätstechnologien für die Modellregion Augsburg, Simulation für die Jahre 2030, 2040 und 2050



Ein großer Vorteil der kleineren, nicht-industriellen Flexibilität ist hingegen, dass diese auf der gleichen (niedrigeren) Spannungsebene wie ein Großteil der Photovoltaikanlagen angeschlossen sind, so dass etwa eine kurzfristige Überlastung im Verteilnetz durch Photovoltaik-Erzeugungsspitzen bereits vor Ort flexibel ausgeglichen werden kann.

### Haushalte können unmittelbar von Energiewende profitieren

Weiterhin können durch die Einbindung nicht-industrieller Flexibilität in das Stromversorgungssystem auch Privatpersonen aktiv in die Energiewende einbezogen werden. Als Prosumer\*innen sind sie nicht mehr nur Abnehmer\*innen, sondern auch Anbieter\*innen ihrer eigenen erneuerbaren Stromerzeugung sowie ihrer flexiblen Nachfrage. Hierdurch profitieren sie unmittelbar von der Energiewende. In der Analyse zeigt sich auch, dass für eine Erweiterung des Flexibilitätspotenzials vor allem Elektromobilität und Power-to-Heat-Anlagen geeignet sind, gleichwohl bedarf es auch hier noch genauerer Analysen der Potenziale auf Grund starker Schwankungen der Potenziale über das Jahr. Das Flexibilisierungspotenzial von Haushalts-

geräten ist relativ gering und folglich als nachgeordnet gegenüber den anderen hier untersuchten Flexibilitätsoptionen einzustufen.

### Neues Strommarktdesign für Ausschöpfen der Potenziale zwingend notwendig

Zur weitreichenden Erschließung von Flexibilitätsoptionen in Haushalten (z.B. Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge) und deren system- und netzdienlicher Steuerung und Nutzung ist die flächendeckende Installation von intelligenten Stromzählern und Messsystemen (Smart Meter) notwendig. Damit all diese Potenziale jedoch Realität werden und zum Gelingen der Energiewende beitragen können, bedarf es neben dem massiven Ausbau erneuerbarer Erzeugungsanlagen einer grundlegenden Änderung des Strommarktdesigns in Deutschland. Es braucht vereinfachte Marktzugangsbedingungen für Anbieter der oben beschriebenen Flexibilitätspotenziale und wirtschaftliche Anreize, damit diese ihre Flexibilitätspotenziale zur Entlastung des Stromnetzes überhaupt realisieren, bzw. die hierfür nötigen Investitionen tätigen.

### Weitere Informationen:

**Kleinertz, B.; von Roon, S. (2019): Nicht-industrielle Flexibilitäten in Augsburg - Technologien und Potenziale.**

Verfügbar unter:

<https://kurzelinks.de/vzzz>

**WWF Deutschland (2017): Zukunft Stromsystem Kohleausstieg 2035 - Vom Ziel her denken.**

Verfügbar unter:

<https://kurzelinks.de/iss6>

**Gruber, A-M. (2017): Zeitlich und regional aufgelöstes industrielles Lastflexibilisierungspotenzial als Beitrag zur Integration Erneuerbarer Energien.**

Verfügbar unter:

<https://kurzelinks.de/i86t>



# PROJEKT BETEILIGTE ÜBER DIE ENERGIEFLEXIBLE MODELLREGION

Im Kopernikus-Projekt SynErgie sind über 300 Menschen tätig, rund 60 davon in der Modellregion Augsburg: Als Mitarbeiter\*innen in Instituten und Partner\*innen in Industrie, Wirtschaft, Politik, Verwaltung und Zivilgesellschaft. Zum Abschluss der ersten Projektphase baten wir sie, ein persönliches Resümee zu ziehen:

- Was haben Sie für Ihre eigene Arbeit in der ersten Projektphase von SynErgie mitgenommen?
- Was schätzen Sie an der Arbeit in der energieflexiblen Modellregion besonders?
- Worin besteht für Sie das Potenzial der Energieflexiblen Fabrik speziell für die Modellregion Augsburg?
- Welche Wünsche haben Sie für die weitere Zusammenarbeit in der energieflexiblen Modellregion?

Hier lesen Sie ihre Antworten.



”

Die gemeinsame Betrachtung von Soziosphäre, Ökosphäre und Technosphäre hat uns Ingenieur\*innen wertvollen Einblick in die Gesamtzusammenhänge und Wechselwirkungen des Klimawandels gegeben.

**Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart**  
Lehrstuhl für Betriebswissenschaften und Montagetechnik, TUM  
Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV  
Kordinator der energieflexiblen Modellregion Augsburg

”

Eine wirksame Bekämpfung der Klimakrise braucht alle Anstrengungen. Es reicht nicht aus, ziellos Erneuerbare Energien auszubauen in der Hoffnung damit die fossilen Energieträger einfach zu ersetzen. Wir müssen die Energieverbräuche drastisch und konsequent senken. Dabei hat Energieflexibilität denselben Stellenwert wie Energieeffizienz. Energieflexible Fabriken sorgen dafür, dass wir die kostbaren Erneuerbaren Energien effizient und effektiv nutzen können und leisten damit einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen einer naturverträglichen Energiewende.

**Danny Püschel**

Referent für Energiepolitik und Klimaschutz  
NABU e.V.







”

Das Flexibilisierungspotenzial in industriellen Prozessen kann einen Beitrag zur Energiewende leisten. In der Modellregion Augsburg konnten wir gemeinsam mit Industrieunternehmen diese Potenziale untersuchen und aufzeigen. Die ersten Schritte sind gemacht und als IHK Schwaben freuen wir uns, dass das Forschungsprojekt unter der Einbindung der Wirtschaft fortgeführt und zukünftig noch mehr praxisnahe Ergebnisse generiert werden können.

**Nina Reitsam**

Geschäftsfeldleitung  
Industrie & Innovation  
Industrie- und Handelskammer  
Schwaben

”

Die Teilnahme an den Veranstaltungen der ersten Projektphase von SynErgie hat mir gezeigt: Wir können die Energiewende viel konsequenter voranbringen, als noch einige tonangebende Funktionär\*innen meinen. Neben dem konsequenten Ausbau von Photovoltaik und Windkraft können wir mit dem Umbau des Stromnetzes, dem Aufbau von Speichern und mehr Energieflexibilität das für die Menschheit existenziell wichtige Ziel einer 100 % erneuerbaren Energie-Versorgung schaffen.

**Raimund Kamm**

Vorsitzender LV Bayern  
des Bundesverband  
Erneuerbare Energie e.V.  
Energiebeauftragter Kreisgruppe  
Augsburg  
Bund Naturschutz e.V.



”

Als Augsburger Unternehmen freuen wir uns, dass die nächsten Schritte zu einer klimaschützenden Energiezukunft praktisch erprobt werden und sind mit unserem energiewirtschaftlichen Know-how gerne dabei. Die bereits erprobte Zusammensetzung der Projektbeteiligten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft hilft dabei, umsetzbare Projektergebnisse zu erzielen.

**Prof. Dr. Roger Weninger**

Handlungsbevollmächtigter  
MeteringSüd GmbH & Co. KG



# PROJEKT BETEILIGTE ÜBER DIE ENERGIEFLEXIBLE MODELLREGION

”

Die Modellregion Augsburg bietet hervorragende Voraussetzungen für die Zusammenarbeit von Wissenschafts- und Praxispartner\*innen sowie weiteren Stakeholdern.

Diese Rahmenbedingungen ermöglichten uns bereits in der ersten Förderphase erste Umsetzungen der erforschten Projektergebnisse in einem realen Umfeld. In der zweiten Förderphase wird dies in einem weit größeren Umfang in der Modellregion erfolgen.

Die Energieflexiblen Fabriken werden weiter befähigt, zur Energiewende in der Modellregion Augsburg beizutragen.

**Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl**

Leiter SynErgie Cluster IV  
Kernkompetenzzentrum FIM und  
Projektgruppe Wirtschaftsinformatik  
des Fraunhofer FIT (FIM/FIT)



©Björn Seitz-Komleder Fotografie



”

Durch die Beteiligung von Stakeholdern im transdisziplinären Dialog konnten wir die Auswirkungen der Energieflexiblen Fabrik für verschiedene Gesellschaftsbereiche beleuchten. So erreichen wir sozial robuste Resultate für die Modellregion Augsburg.

**Dr. Steffi Ober**

Koordinatorin transdisziplinärer  
Dialog in SynErgie  
Zivilgesellschaftliche Plattform  
Forschungswende

”

Von der Umsetzung der Energieflexiblen Fabrik erwarte ich mir wichtige Impulse für eine nachhaltige Energieversorgung in der Stadt Augsburg. Ich bin davon überzeugt, dass dazu neben einer Flexibilisierung insbesondere die Energieeffizienzsteigerung nicht aus dem Blick geraten darf. Wärme, Strom, Verkehr – alle energierelevanten Bereiche müssen berücksichtigt werden – ebenso wie sämtliche Akteur\*innen. Hier sehe ich nicht nur große Herausforderungen bei der Umsetzung, sondern erwarte mir gleichzeitig die Erschließung beachtlich hoher Potenziale.

**Reiner Erben**

Berufsmäßiger Stadtrat  
Referent für Umwelt, Nachhaltigkeit  
und Migration  
Stadt Augsburg





”

Energieflexibilität erleichtert die Integration der erneuerbaren Energien in das Energiesystem und damit die umweltverträgliche Ausgestaltung der Energiewende. Das Projekt SynErgie konnten wir unter anderem mit Potenzialdaten aus dem Energie-Atlas Bayern unterstützen. In Workshops haben wir unsere Erkenntnisse über Energieflexibilität, z.B. aus dem Projekt „Windheizung“ eingebracht. Durch den Erfahrungsaustausch mit Expert\*innen aus Praxis, Forschung, Verbänden und Unternehmen konnten wir neue Erkenntnisse gewinnen, die gewinnbringend in unsere Arbeit einfließen.

**Dr. Stephan Leitschuh**

Leiter „Technik und Energieeffizienz“  
Bayerisches Landesamt für Umwelt

”

Die Energieflexible Fabrik trägt durch die Anpassung des industriellen Energieverbrauchs an dezentrale Erzeugung entscheidend zur ganzheitlichen Energiewende bei und sichert so unsere Zukunft.

**Julia Schulz**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Institut für Werkzeugmaschinen und  
Betriebswissenschaften



”

Energieflexible Fabriken sind ein Baustein für das Gelingen der Energiewende. In der Modellregion Augsburg ist es möglich, diesen im Kontext des Gesamtsystems zu betrachten. Durch die aktive Beteiligung verschiedener Stakeholder wird die Energiewende dabei nicht nur als technologischer Prozess verstanden, sondern auch als Chance, gesellschaftliche Veränderungen mitzugestalten.

**Stefan Roth**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Fraunhofer IGCV



# PROJEKTBETEILIGTE ÜBER DIE ENERGIEFLEXIBLE MODELLREGION

”

Die transdisziplinäre Arbeit in der Modellregion Augsburg hat einen entscheidenden Beitrag zum Projekterfolg von SynErgie geleistet.

**Prof. Eberhard Abele**

SynErgie-Sprecher  
Institut für Produktionsmanagement,  
Technologie und Werkzeugmaschinen  
(PTW)  
TU Darmstadt



”

Die Digitalisierung ist eine grundlegende Technologie, die für die Flexibilisierung notwendig ist. Vernetzte Produktionsanlagen können so auf wirkungsvollem Wege zur Energieflexibilität befähigt werden.

**Valerie Scharmer**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Institut für Werkzeugmaschinen und  
Betriebswissenschaften

”

Die in den Pilotunternehmen erstellten Ökobilanzen unterstreichen aus ökologischer Sicht die hohe Bedeutung der Dekarbonisierung des zur Produktion eingesetzten Stroms. In Relation dazu sind die durch Energieflexibilitätsmaßnahmen auf Unternehmensebene teilweise entstehenden ökologischen Mehraufwände vernachlässigbar. Die Energieflexible Fabrik kann somit einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Energiewende leisten.

**Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel**

Geschäftsführer  
bifa Umweltinstitut GmbH





”

Jede Produktionsanlage kann zur Energiewende beitragen.

**Prof. Dr.-Ing. Michael F. Zäh**  
Institutsleiter  
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften



”

Die Energiewende kann nur gelingen, wenn alle Betroffenen intensiv und eng miteinander an der Verwirklichung eines gemeinsamen Zieles arbeiten. In der Modellregion Augsburg treffen dabei sehr engagierte Unternehmen und Wissenschaftler aus verschiedenen Bereichen mit der Gesellschaft zusammen, um gemeinsam Lösungen für die zukünftig zunehmend schwankende Stromerzeugung zu entwickeln. Diese Art der Zusammenarbeit ist bislang einzigartig und bietet aus Sicht der Wissenschaft neue interessante Forschungsperspektiven, die wir als wissenschaftliche Mitarbeiter gut aufgreifen konnten.

**Michael Schöpf**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Kernkompetenzzentrum FIM und  
Projektgruppe Wirtschaftsinformatik  
des Fraunhofer FIT (FIM/FIT)

”

Die IG BCE will die Klimaziele von Paris sozialverträglich und mit intakten industriellen Wertschöpfungsketten erreichen. Ein wichtiger Schlüssel liegt in der Flexibilisierung der industriellen Energienachfrage. Energieflexible Fabriken steigern die Wettbewerbsfähigkeit und sichern damit nachhaltig industrielle und tarifgebundene Arbeitsplätze. Eine erfolgreiche Umsetzung der betrieblichen Flexibilisierungsstrategien funktioniert im Regelfall unter enger Einbindung der Betriebsräte und der zuständigen Gewerkschaften. Gerade wenn sich dadurch arbeitsvertragliche Veränderungen wie z.B. bei Arbeitszeit und/oder der Qualifizierung ergeben, sind die Beschäftigten eng einzubinden.

**Torsten Falke**  
Bezirksleiter  
IG BCE Bezirk Augsburg



”

Das Projekt SynErgie hat gezeigt, welchen Mehrwert die Integration aller Stakeholder mit sich bringt.

**Dennis Bauer**  
Leiter Koordinierungsstelle  
SynErgie  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA



# PROJEKT BETEILIGTE ÜBER DIE ENERGIEFLEXIBLE MODELLREGION



”

Für die Gestaltung der Energieflexiblen Fabrik ist es besonders wichtig, neben technischen und ökonomischen Aspekten auch die gesellschaftlichen Stakeholder mit einzubeziehen.

**Prof. Alexander Sauer**

Ko-Koordinator SynErgie  
Institut für Energieeffizienz in der  
Produktion (EEP)  
Universität Stuttgart

”

Durch einen offenen Diskurs, der kontroverse Themen nicht auslöst, sondern sie gemeinsam vertrauensvoll und konsequent bearbeitet, entsteht ein Mehrwert in transdisziplinären Projekten. Denn diese Räume fehlen im (politischen) Alltagsgeschäft zumeist. Das Ziel ist, gemeinsam ins Denken für gesellschaftliche Lösungen zu kommen, statt nur Einzelinteressen zu vertreten.

**Katharina Ebinger**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Zivilgesellschaftliche Plattform  
Forschungswende



”

Die Modellregion Augsburg hat mir gezeigt, dass die Energiewende ganzheitlich konzipiert und umgesetzt werden muss. Durch die Beteiligung verschiedener Stakeholder konnten technische, ökonomische sowie soziale Herausforderungen diskutiert und Lösungsansätze erarbeitet werden. Hierbei waren für mich die individuellen Perspektiven, die letztendlich immer das gleiche Ziel verfolgen, eine bereichernde Erfahrung. Die Arbeit in der Modellregion Augsburg ebnet den Weg, dass Energieflexible Fabriken bereits heute und in Zukunft einen entscheidenden Beitrag zur Energiewende leisten.

**Paul Schott**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Kernkompetenzzentrum FIM und  
Projektgruppe Wirtschaftsinformatik  
des Fraunhofer FIT (FIM/FIT)







”

Showa Denko fördert eine nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft, indem wir dazu beitragen, mit Hilfe unserer erstklassigen Elektroden und unterstützenden Dienstleistungen Stahl auf effiziente und umweltfreundliche Weise weltweit zu recyceln. Das Gelingen der Energiewende ist uns wichtig und wir tragen hier durch die flexible Stromabnahme im Rahmen unseres Herstellungsprozesse bei. Neben der Akzeptanz der Flexibilisierung ist für uns und unsere Kunden wichtig, dass der deutsche Strompreis international wettbewerbsfähig bleibt, um Standortverlagerungen zu vermeiden.

**Markus Bötsch**

Betriebsleiter Graphitierung und  
Bearbeitung  
SHOWA DENKO CARBON Products  
Germany GmbH & Co. KG

”

Die Modellregion Augsburg bietet beste Voraussetzungen für die praktische Erprobung der Forschungsarbeiten in SynErgie. Im Zusammenspiel mit zur Förderung des BMBF komplementären Förderinitiativen, z.B. durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie, werden gemeinsam mit Leitانبietern aus der Modellregion innovative Lösungen für die Energieflexible Fabrik entwickelt. Durch diese komplementäre Verknüpfung verschiedener Leitprojekte kann die Modellregion einen wichtigen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten.

**Prof. Dr. Björn Häckel**

Kernkompetenzzentrum FIM und Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT (FIM/FIT)

”

Das Kopernikus-Projekt SynErgie widmet sich erfolgreich einer entscheidenden Herausforderung der Energiewende: Der zunehmende Einsatz fluktuierender erneuerbarer Energien erfordert sowohl angebots- als auch nachfrageseitig größere Flexibilität. Dazu kann besonders die energieintensive Industrie einen Beitrag leisten. Wir wollen hier in Bayern ein nachhaltiges und wirtschaftliches Modell entwickeln, mit dem sich Deutschland als internationaler Vorreiter im Bereich flexibler Industrieprozesse etablieren kann. Ich bin mir sicher, dass die gute Zusammenarbeit aller Beteiligten im Projekt wichtige, die Energiewende stärkende Ergebnisse erbringen wird und bin gerne bereit, das Projekt „energieflexible Modellregion Augsburg“ weiter zu unterstützen.

**Hubert Aiwanger**

Stellvertretender Ministerpräsident  
des Freistaates Bayern  
Staatsminister für Wirtschaft,  
Landesentwicklung und Energie



**Wir bedanken uns herzlich für die Unterstützung des Staatsministers Hubert Aiwanger sowie des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie für die energieflexible Modellregion.**



# DURCH TYPREGIONEN ZUR ÜBERTRAGBARKEIT: WIE DIE ERGEBNISSE AUS AUGSBURG AUCH ANDERSWO WIRKUNG ENTFALTEN KÖNNEN



**Christa Dufter**

Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Forschungsstelle für Energiewirtschaft  
mbH



**Serafin von Roon**

Geschäftsführer  
Forschungsstelle für Energiewirtschaft  
GmbH

## Ähnliche Regionen finden sich vor allem in Süddeutschland

Um die Übertragbarkeit der Ergebnisse aus der Modellregion Augsburg bewerten zu können, gilt es vorrangig folgende Fragen zu beantworten: Was sind relevante Regionen? Und wie findet man diese Regionen?

Relevante Regionen weisen eine ähnliche Erzeugungs- und Verbrauchsstruktur für Energie auf und stehen daher vor ähnlichen Herausforderungen bei der Integration der Erneuerbaren Energien und industrieller Flexibilität. Identifiziert werden diese Regionen durch die Ableitung von Typregionen. Hierfür werden die Landkreise Deutschlands basierend auf den installierten Leistungen an Photovoltaik- und Windkraftanlagen sowie der Stromverbräuche der Sektoren private Haushalte (HH), Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie Industrie geclustert und zu Regionen zusammengefügt. Das Ergebnis ist in Abbildung 10 dargestellt.

Ein „+“ bedeutet dabei, dass der Landkreis beispielsweise einen größeren Industriestromverbrauch aufweist als die Hälfte aller Landkreise. „-“ kennzeichnet dementsprechend Landkreise mit einem geringeren Industriestromverbrauch. Die Modellregion Augsburg (rot umrandet) ist durch hohe installierte Leis-

tungen von PV und Wind sowie hohen Industriestromverbrauch und niedrigen Stromverbrauch in den Sektoren private Haushalte und GHD gekennzeichnet. Ähnliche, vergleichbare Regionen, die für eine Übertragbarkeit geeignet sind, sind ebenso wie die Modellregion Augsburg in rosa markiert. Diese befinden sich vorrangig in Bayern und Baden-Württemberg.

## Transfer in Typregionen bietet großes Potenzial für Klimaschutz

Der Anteil relevanter Regionen wird nach verschiedenen Kriterien bewertet. Betrachtet man den Anteil bezogen auf die Fläche, so sind lediglich ca. 10 % der Fläche Deutschlands für die Übertragbarkeit der Ergebnisse geeignet. Bezogen auf die Bevölkerungsgröße werden bereits 23 % erreicht. Viel entscheidender ist allerdings der Anteil am Stromverbrauch. Hier machen die vergleichbaren Regionen bereits einen Anteil von 26 % aus. Betrachtet man nur den industriellen Stromverbrauch, der in den Analysen in SynErgie im Fokus steht, so können sogar 28 % erreicht werden.

Die Modellregion Augsburg weist also durch die gute Übertragbarkeit in andere Regionen eine hohe energiewirtschaftliche Relevanz auf.

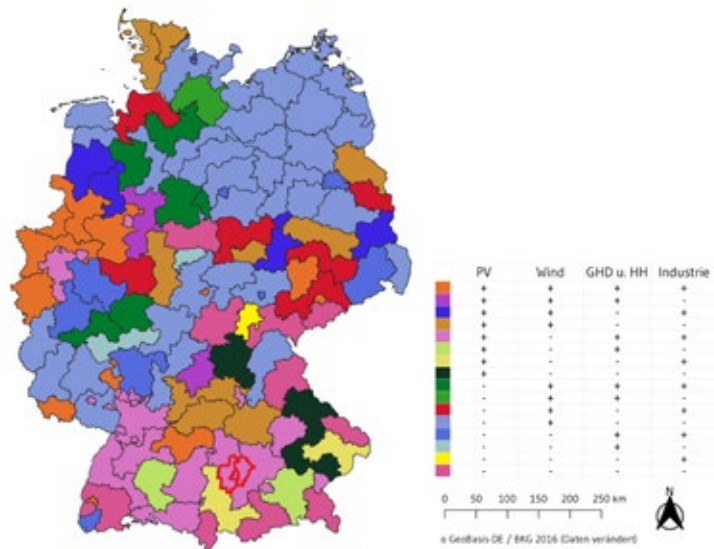


Abbildung 10: Deutschland in Typeregionen auf Basis von Erzeugungs- und Verbrauchsstruktur

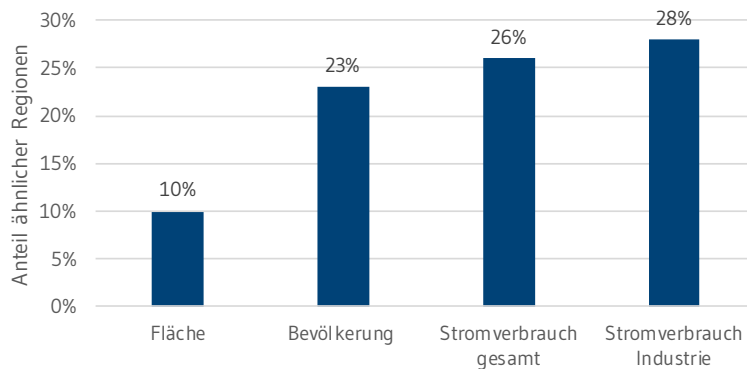


Abbildung 11: Anteile relevanter Regionen nach verschiedenen Kriterien

Im Rahmen weiterer Arbeiten werden die relevanten Regionen genauer charakterisiert und analysiert. Wichtige Aspekte sind hierbei dort ansässige Industriebranchen sowie verfügbare Möglichkeiten zur Flexibilisierung des Stromverbrauchs. Darüber hinaus ist die Entwicklung von Prozessdesigns erforderlich, die die Einbindung von Stakeholdern im transdisziplinären Dialog ermöglichen.

#### Weitere Informationen:

**Dufter, C.; Hinterstocker, M.; von Roon, S.; Schmid, T.: Energiewirtschaftliche Typeregionen auf Basis von Erzeugungs- und Verbrauchsstruktur.** In: Paper und Posterpräsentation bei der IEWT 2019 in Wien. Verfügbar unter: [www.ffgmbh.de/820](http://www.ffgmbh.de/820)







Zentral für das Gelingen des Testbetriebs ist der Aufbau geeigneter und vertrauenswürdiger Schnittstellen zwischen Industrie, Netzbetrieb und Aggregatoren. Zudem wird die Entwicklung einheitlicher Systeme für die stark inhomogene Industrie eine große Rolle spielen.

## AUSBLICK: DEN TESTBETRIEB SYSTEMATISCH ERWEITERN

### **Zusammenarbeit mit dem Cluster Informations- und Kommunikationstechnik**

Damit die Vision der Energieflexiblen Modellregion 2030 wie auf S. 14 beschrieben zur Realität werden kann, wird in der zweiten Projektphase der Testbetrieb der Energieflexiblen Fabrik systematisch erweitert. In enger Zusammenarbeit mit dem Cluster Informations- und Kommunikationstechnik (Cluster III) werden die in Cluster III entwickelten Unternehmensplattformen und die Marktplattform eingeführt. Marktplattform und Unternehmensplattformen bilden zusammen die Energiesynchronisationsplattform, mit der in der Modellregion der lokale Ausgleich zwischen Stromangebot und -nachfrage in einem Testbetrieb erprobt wird. Die Unternehmensplattformen werden zur Erfassung, Aggregation und Steuerung der Flexibilität bei den beteiligten Betrieben initiiert. Die Unternehmensplattformen werden jeweils an die Marktplattform angebunden, sodass die Unternehmen die unterstützenden Dienste der Marktplattform nutzen können. Um regionale Vermarktungsmechanismen zu erproben, erfolgt zudem eine Anbindung der Netzbetreiber an die Marktplattform. Dabei werden die VNB der Region in die Entwicklung und den Testbetrieb aktiv einbezogen.

### **Kommunikation zwischen den Akteuren wird gestärkt**

Zentral für das Gelingen des Testbetriebs ist der Aufbau geeigneter und vertrauenswürdiger Schnittstellen zwischen Industrie, Netzbetrieb und Aggregatoren. Zudem wird die Entwicklung einheitlicher Systeme für die stark inhomogene Industrie eine große Rolle spielen. Darüber hinaus sind Anreize für regionale Vermarktungsmechanismen notwendig, um Herausforderungen im lokalen Netz meistern zu können. Das übergeordnete Ziel für die zweite Phase ist es, verlässliche und effiziente Kommunikationsstrukturen zwischen Netzbetreibern und Energieflexiblen Fabriken zu schaffen. Hierfür werden mögliche Kommunikationsabläufe entwickelt und erprobt.

### **Transdisziplinarität wird ausgebaut**

Es werden weiterhin übergreifende Fragen diskutiert, wie die der Interaktion der Energieflexiblen Fabrik mit weiteren Energiewendetechnologien, wie Power-to-X und Sektorenkopplung. Dafür wird der transdisziplinäre Dialog ausgebaut. Auch für den Ausbau der Übertragbarkeit und der Entwicklung einer Skalierung für kleinere Unternehmen und weitere Regionen werden Stakeholder einbezogen.

### **Das Big Picture zeichnen: Energiewendeforschung in Zeiten der Klimakrise**

Nicht zuletzt wird es in der Modellregion Augsburg auch darum gehen, die Energieflexible Fabrik für Stakeholder und Bürger\*innen verständlich in den Fortschritt der Energiewende und die Bekämpfung der Klimakrise einzuordnen. Hierfür werden Visionen und Narrative entwickelt, die regionale Aktivitäten mit bundesweiten, europäischen und globalen Prozessen und Maßnahmen verzahnen.



Die Gestaltung des Übergangs von fossilen Energieträgern und Kernenergie hin zu einer erneuerbaren, nachhaltigen Energieversorgung.

„Wir müssen einen Weg finden, der für alle in Ordnung ist – die Beschäftigten, die Unternehmen und die Umwelt!“

Sektoren: Wärme, Strom und Mobilität

## WAS IST DIE ENERGIEWENDE?

Die Energiewende ist nicht nur eine Frage der Technik.

Der Klimawandel schreitet voran



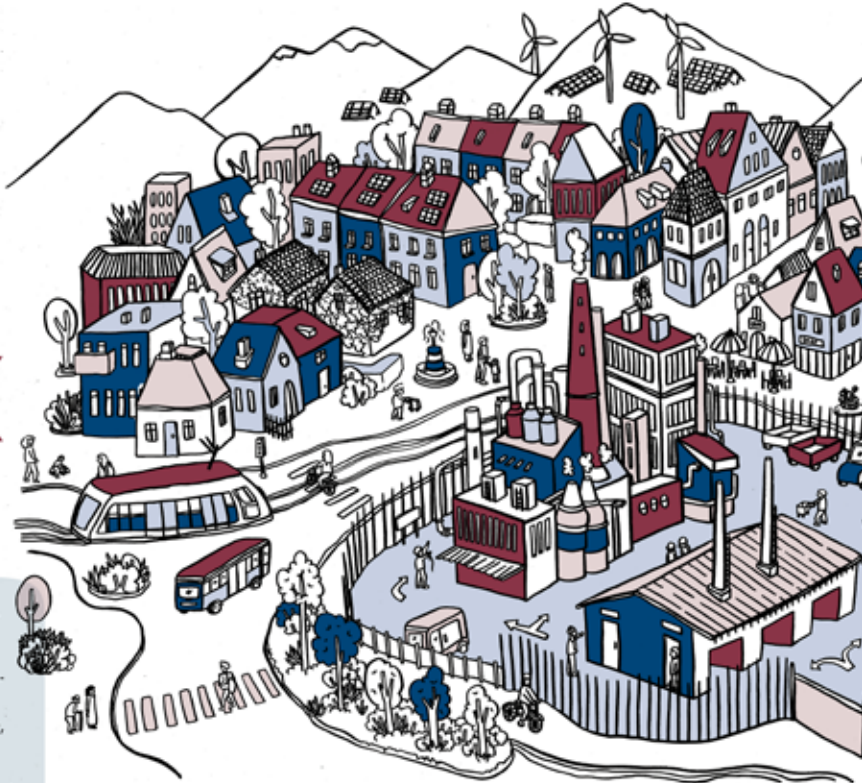
Jeder Streifen repräsentiert die Abweichung von der Jahresdurchschnittstemperatur in Deutschland, von 1881 bis 2017.

- Das von Deutschland auf der Klimakonferenz der UN unterzeichnete Paris-Abkommen gibt vor, die Erderwärmung auf unter 2 Grad zu begrenzen<sup>1</sup>.
- Am stärksten vom Klimawandel betroffen sind die Länder des globalen Südens, verantwortlich für die Klimaveränderung sind jedoch die Länder des Nordens.

80% Bis 2050 soll Deutschland mindestens 80 Prozent der Stromversorgung mit erneuerbaren Energien decken und treibhausgasneutral sein<sup>2</sup>.

- Dafür sind nicht nur technische, sondern auch gesellschaftliche Veränderungen nötig.
- Bürger\*innen müssen beteiligt werden, um resiliente, lokale Lösungen zu finden.
- Die Energiewende muss gerecht gestaltet werden!

- Je mehr jemand verbraucht, desto mehr sollte er pro Einheit bezahlen.
- Zukünftige Generationen haben ein Recht auf eine lebenswerte Zukunft.
- Für finanziell schwache Bürger\*innen braucht es einen auskömmlichen Ausgleich.



## DIE ENERGIEFLEXIBLE FABRIK

Wie lassen sich Industrieprozesse an die Schwankungen einer zukünftigen erneuerbaren Energieversorgung anpassen?

„Wir vernetzen Windrad und Solarmodul mit der Produktionsmaschine.“

Die Stromerzeugung durch Erneuerbare Energien schwankt je nach Jahreszeit, Uhrzeit und Wetterlage. Da ihr Anteil am Stromangebot wächst, werden Lösungen für eine Anpassung an die schwankende Energieerzeugung entwickelt.

Industrielle Verbraucher haben in Deutschland einen Anteil von ca. 47% am Nettostrom- und ca. 26% an Wärme und fossilen Energieträgern<sup>3</sup>.

großer Hebel, um Schwankungen in der Energieversorgung auszugleichen

„Alles, was sich flexibilisieren lässt, werden wir prüfen.“

## WAS IST DIE ENERGIEFLEXIBLE FABRIK?

Die Stromnachfrage der Industrie wird an das Stromangebot angepasst.

- Die Industrie bietet große Potenziale für eine Anpassung ihrer Prozesse und Anlagen.
- Die Energieflexible Fabrik ist ein wichtiger Baustein der Energiewende.

Projekt SynErgie ...

... bereitet den Weg für diese „Energieflexiblen Fabriken“

zunehmende Fluktuation in der Energieversorgung

Schwankungen im Energiepreis

Anreize für Unternehmen zur Anpassung des Energiebedarfs, so dass sie in Zeiten einer Energieüberversorgung mehr Energie beziehen und in Zeiten einer energetischen Unterversorgung ihren Energiebedarf reduzieren.

Das geht z.B. durch

Prozessanpassungen Pausenplanung Schichtplanung

## WAS IST DAS POTENZIAL DER ENERGIEFLEXIBLEN FABRIK?

Die Industrie trägt zu einer sicheren, bezahlbaren und nachhaltigen Stromversorgung bei.

Für Unternehmen:

Flexibilisierung der Energienachfrage ...

... sichert Zukunftsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts.

... stärkt Vertrauen in das Unternehmen.

...stärkt den Standort.





Energieflexible Fabriken wirken auf vielfältige Weise in Regionen hinein, deshalb müssen sich verschiedene Gesellschaftsbereiche an diesem Veränderungsprozess beteiligen. In der Modellregion Augsburg wird das getestet.

„Die Energiewende findet in den Regionen statt.“



## GLOSSAR

Die wichtigsten Begriffe auf einen Blick

- Energieeffizienz:** Energieeffizienz ist das Verhältnis des Einsatzes einer bestimmten Energiemenge zu ihrem Nutzen. Je weniger Energie eingesetzt werden muss, umso energieeffizienter ist ein Produkt oder eine Dienstleistung. Beispiel: eine 60-Watt-Glühbirne kann mit einer Kilowattstunde 17 Stunden lang leuchten, eine LED-Lampe mit derselben Menge Strom über 90 Stunden. Für eine erfolgreiche Energiewende ist entscheidend, sowohl die Energieeffizienz zu steigern als auch den absoluten Energiebedarf zu senken.
- Defossilisierung/Dekarbonisierung:** Die Abkehr der Energiewirtschaft von der Nutzung kohlenstoffhaltiger Energieträger.
- Demand Side Management (DSM):** Die angepasste Steuerung der Stromnachfrage bei Abnehmern in Industrie, Gewerbe- und Privathaushalten.
- Energiespeicher:** Energiespeicher dienen der Speicherung von überschüssiger Energie zur späteren Nutzung. Im Bedarfsfall wird die Energie umgewandelt. Mit dem stetig wachsenden Anteil der erneuerbaren Energien in der Energieversorgung werden Energiespeicher für Strom und Wärme immer bedeutsamer.
- Power to X:** Die Umwandlung von erneuerbarem Strom in einen anderen Energieträger, etwa Wärme, synthetisches Gas wie Wasserstoff oder Kraftstoffe für den Verkehr. In einer treibhausgasneutralen Welt ist dies ein wichtiger Baustein, als Speicheroption zum Ausgleich der fluktuierenden erneuerbaren Energien, aber auch für Bereiche wo es keine direkten elektrischen Lösungen gibt, wie z.B. den Flugverkehr. Power to X-Technologien sind die Umsetzung der Sektorenkopplung.
- Residuallast:** Die Residuallast ist eine Kennzahl für den Versorgungsgrad durch fluktuierende Erneuerbare Energien in einem Bilanzbereich. Sie errechnet sich durch die Differenz aus der nachgefragten Verbraucherleistung und der angebotenen fluktuierenden Leistung aus Erneuerbaren Energien zu einem bestimmten Zeitpunkt. Eine Residuallast von -50 Megawatt (MW) würde beispielsweise bedeuten, dass 50 MW mehr Erneuerbare Energie erzeugt wird, als im betrachteten Gebiet gerade verbraucht wird.
- Resilienz:** Resilienz beschreibt allgemein die Fähigkeit eines Systems zur Aufrechterhaltung wesentlicher Systemdienstleistung bei Störungen oder Teilausfällen. In Hinblick auf das Energiesystem ergeben sich in Folge des Klimawandels durch Schneestürme, Überschwemmungen oder Hitzewellen folgenreiche Stromausfälle, denen selbst digital vernetzte Infrastrukturen des Energiesystems unterliegen. Um solche Gefahren bewältigen zu können, muss das Energiesystem widerstandsfähig und flexibel – also resilient sein. Wesentliche Funktionen müssen jederzeit aufrechterhalten bleiben oder können schnell wiederhergestellt werden können. Im besten Fall ist das Energiesystem so lernfähig, dass es nach einem Zwischenfall besser auf künftige Störungen vorbereitet ist. Kurz gesagt: Das Energiesystem muss möglichst resilient sein.
- Soziale Robustheit:** Maßnahmen der Energiewende müssen „sozial robust“ sein, d.h. sie sind erfolgreich, weil sie von vielen akzeptiert und verteidigt werden. Dafür ist eine Einbindung von Stakeholdern und Bürger\*innen nötig.
- Stakeholder:** Als Stakeholder wird eine Person oder Gruppe bezeichnet, die ein Interesse am Verlauf oder Ergebnis eines Prozesses oder Projektes hat.
- Sektorenkopplung:** Nicht nur im Stromsektor, auch in den Bereichen Wärme, Kälte und Verkehr sollen fossile Energieträger nach und nach durch erneuerbare Energien ersetzt werden. Dabei kann Sektorenkopplung helfen: Wenn man Strom aus erneuerbaren Quellen nutzt, um in anderen Sektoren den Einsatz von fossilen Energien zu reduzieren, spricht man von „Sektorenkopplung“. Somit werden Energieverbraucher, die bisher isoliert voneinander betrachtet wurden, dann integriert betrachtet.
- Klimaneutralität:** Klimaneutral sind Prozesse, die das Gleichgewicht der Treibhausgase in der Atmosphäre nicht verändern, z.B. Fahrradfahren, weil dabei nicht direkt Treibhausgase ausgestoßen werden.
- Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB):** Übertragungsnetze transportieren auf den höchsten Spannungsebenen den Strom überregional im Netzverbund zwischen Bundesländern und sogar Staatenübergreifend. Sie sind im zentral strukturierten Energiesystem den regionalen Verteilnetzen „vorgelagert“.
- Verteilnetzbetreiber (VNB):** VNBs betreiben die lokalen/regionalen Netze. Dazu gehören Wartung, Pflege und Reparatur der Netze, wodurch die Verteilnetzbetreiber letztendlich sicherstellen, dass die Lieferung von Gas und Strom reibungslos für alle Abnehmer\*innen funktioniert.
- Volatilität:** Unter der Volatilität Erneuerbarer Energien wird verstanden, dass die Stromerzeugung aus bestimmten Erneuerbaren Energien teilweise witterungsbedingt sowie jahres- und tageszeitlichen Schwankungen unterworfen ist. Davon betroffen ist insbesondere die Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie sowie in geringem Maße die Wasserkraft.

# WEITERE SYNERGIE-PUBLIKATIONEN

## **Energieflexible Fabriken für eine erfolgreiche Energiewende. Dokumentation des Stakeholder-Dialogs vom 18.09.2018.**

Verfügbar unter: <https://kurzelinks.de/wwg6>

## **Die Energieflexible Fabrik. Wie lassen sich Industrieprozesse an die Schwankungen einer zukünftigen erneuerbaren Energieversorgung anpassen? (Sketchnote)**

Verfügbar unter: <https://kurzelinks.de/jfgl>

## **Thesen zur Energieflexiblen Fabrik.**

Verfügbar unter: <https://kurzelinks.de/bk7p>

## **Positionspapier zu regulatorischen Änderungen.**

Verfügbar unter: <https://kurzelinks.de/qgc9>

## **Konzeption der Energiesynchronisationsplattform. Diskussionspapier.**

Verfügbar unter: <https://kurzelinks.de/q1du>

## **Energieflexibilität in der Industrie. Eine Metastudie.**

Verfügbar unter: <https://kurzelinks.de/1hlh>

## **Flexibilitätsoptionen in der Grundstoffindustrie. Methodik, Potenziale, Hemmnisse.**

Verfügbar unter: <https://kurzelinks.de/fhcp>

## **Ausgangsbedingungen für die Vermarktung von Nachfrageflexibilität: Status-Quo-Analyse und Metastudie.**

Verfügbar unter: <https://kurzelinks.de/7or3>





**Alexander Sauer, Eberhard Abele und Hans Ulrich Buhl: Energieflexibilität in der deutschen Industrie.**

ca. 740 Seiten  
 erscheint im Herbst 2019  
 im Fraunhofer-Verlag  
 ISBN: 978-3-8396-1479-2  
 Preis: 149 € (Ladenpreis)  
 bzw. 134 € (Subskriptionspreis)

Energie aus erneuerbaren Ressourcen ist nicht immer beliebig verfügbar. Je nach Jahreszeit und Witterung variiert beispielsweise die durch Solarparks oder Windkraftanlagen zur Verfügung gestellte Leistung. Durch den kontinuierlichen Ausbau der erneuerbaren Energien wird sich die Volatilität im Energiesystem in Zukunft immer stärker ausprägen. Die Industrie auf die sich ändernden Versorgungsstrukturen vorzubereiten und anzupassen ist eine große Herausforderung der nächsten Jahrzehnte. Unternehmen müssen zukünftig ihre Prozesse und Betriebsorganisation so gestalten können, dass sich der Energieverbrauch zumindest in Teilen flexibel an das volatile Energieangebot anpassen

kann. Neben der Entwicklung von Technologien, Konzepten und Maßnahmen zur energetischen Flexibilisierung von industriellen Prozessen liegt ein zweiter Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten auf der Entwicklung einer durchgängigen IT-Infrastruktur, mit der Unternehmen und Energieanbieter in Zukunft Informationen von der Produktionsmaschine bis zu den Energiemärkten bereitstellen und austauschen können. Dies führt zu einem Paradigmenwechsel im Betrieb industrieller Prozesse – weg vom kontinuierlichen und rein nachfragegetriebenen Energieverbrauch hin zum anpassbaren, energieflexiblen Betrieb industrieller Anlagen.

Dieses Nachschlagewerk stellt die wichtigsten Ergebnisse der Forschung im Rahmen des Kopernikus-Projekts SynErgie vor und verdeutlicht richtungsweisende Erkenntnisse für weitere Entwicklungen in dem noch jungen Feld der industriellen Energieflexibilität.





# PARTNER DER ENERGIEFLEXIBLEN MODELLREGION IN SYNERGIE I

## Industrie





## Gesellschaft



Stadt  
Augsburg



bifa

Umweltinstitut



Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie



Augsburg  
Landkreis



IHK

Schwaben



BUND  
Naturschutz  
in Bayern e.V.



Bürgerinitiative  
Wegtreten US-Nordseeoff  
JA zur Kompromisslos  
**NEIN**  
zur Blockstromerzeugung!



hwk  
Handwerkskammer  
für Schwaben



Bayerisches Landesamt für  
Umwelt



# MODERATION DER ENERGIEFLEXIBLEN MODELLREGION



## KONTAKT

### **Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV**

Professor Dr.-Ing. Gunther Reinhart  
Koordinator der Modellregion

M.Sc. Stefan Roth  
Provinostr. 52  
Gebäude B1  
86153 Augsburg  
T: +49 821 90678-168  
stefan.roth@igcv.fraunhofer.de  
www.igcv.fraunhofer.de

### **Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement (FIM) und Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT (FIM/FIT)**

Professor Dr. Hans Ulrich Buhl  
Leiter SynErgie Cluster IV  
stv. Koordinator der energieflexiblen  
Modellregion Augsburg

M.Sc. Paul Schott  
Universitätsstr. 12  
86159 Augsburg  
T: +49 821 598 4801  
paul.schott@fim-rc.de  
www.fim-rc.de

### **Zivilgesellschaftliche Plattform Forschungswende**

Dr. Steffi Ober  
Koordinatorin des transdisziplinären Dialogs  
in SynErgie

Katharina Ebinger  
c/o Vereinigung Deutscher Wissenschaftler  
(VDW e.V.)  
Marienstr. 19/20  
10117 Berlin  
T: +49 30 12084501  
katharina.ebinger@forschungswende.de  
www.forschungswende.de



# IMPRESSUM

## Redaktion:

Katharina Ebinger | Plattform Forschungswende

## Autor\*innen:

Katharina Ebinger

Stephanie Halbrügge | FIM/FIT

Jana Köberlein | Fraunhofer IGCV

Dr. Eva Köppen | Plattform Forschungswende

Dr. Steffi Ober | Plattform Forschungswende

Danny Püschel | NABU

Stefan Roth | Fraunhofer IGCV

Paul Schott | FIM/FIT

## Korrektorat:

Jana Köberlein

Paul Schott

## Layout:

Sandra Antes | PTW TU Darmstadt

Katharina Ebinger

## Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Cluster in SynErgie: S. 11

Abbildung 2: Themenfoki der Sphären: S.11

Abbildung 3: Übersicht zu Residuallast und

Unter-/Überdeckungen der Energieversorgung [...]: S. 17

Abbildung 4: Idealtypischer Transdisziplinärer

Forschungsprozess: S. 23

Abbildung 5: Kollaboration ist mehr als bloßer Wissenstransfer: S. 23

Abbildung 6: Übersicht über die modellierten Flexibilitätmaßnahmen: S. 27

Abbildung 7: Steckbriefvorlage: S. 33

Abbildung 8: Übersicht der in den Steckbriefen der Flexibilitätstechnologien enthaltene Daten und Kriterien: S. 37

Abbildung 9: Übersicht des flexibilisierbaren Strombedarfs der betrachteten Flexibilitätstechnologien für die Modellregion Augsburg [...]: S. 37

Abbildung 10: Deutschland in Typregionen auf Basis von Erzeugungs- und Verbrauchsstruktur: S. 49

Abbildung 11: Anteile relevanter Regionen nach verschiedenen Kriterien: S.49

## Bildnachweise:

S.6: CC SA BY 2.0: © Jörg Farys / Fridays for Future

S.8: © auremar - stock.adobe.com

S.11: TU Darmstadt/Plattform Forschungswende

S.13: Ingo Dumreicher

S.15: Pia Wieland/NABU e.V.

S.16: CCO

S.19: Landratsamt Augsburg

S.20: Landratsamt Augsburg

S.21: CCO

S.23: Plattform Forschungswende

S.24: Ingo Dumreicher

S.26: © industrieblick - stock.adobe.com

S.27: Fraunhofer IGCV/Peter Wirth/BW Bildung und Wissen Verlag und Software GmbH/Gießereibetrieb

S.28: © Kadmy - stock.adobe.com

S.31: © goodluz - stock.adobe.com

S.33: Fraunhofer FIM/FIT

S.34: CCO

S.37: WWF Deutschland

S.39: © lily - stock.adobe.com

S.41: IHK Schwaben (Reitsam), Raimund Kamm (Kamm)

S.43: iwB (Schulz)

S.44: iwB (Scharmer)

S.45: Manfred Weis (Zäh)

S.49: FfE

S.50: Landratsamt Augsburg

S.55: Fraunhofer Verlag

S.56: © denisismagilov - stock.adobe.com

