

*Energieflexible Modellregion Augsburg*

# LESSONS LEARNED AUS DEM KONZEPTIONELLEN TESTBETRIEB ZUM REGIONALEN ENERGIEFLEXIBILITÄTSHANDEL

**KOPERNIKUS**  
SynErgie **PROJEKTE**  
Die Zukunft unserer Energie



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Energieflexible Modellregion Augsburg

## Lessons Learned aus dem konzeptionellen Testbetrieb zum regionalen Energieflexibilitätshandel

DOI: 10.14459/2023md1687088



Technische Universität München (TUM),  
Institut für Werkzeugmaschinen und  
Betriebswissenschaften (*iwb*)  
Boltzmannstr. 15, 85748 Garching b.  
München

Patrick Jordan

Valerie Scharmer

Julia Schulz

Markus Wörle

Prof. Dr.-Ing. Michael F. Zäh



Kernkompetenzzentrum  
Finanz- & Informationsmanagement

Kernkompetenzzentrum Finanz- &  
Informationsmanagement und Institutsteil  
Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT  
(FIM/FIT)

Alter Postweg 101, 86159 Augsburg

Jessica Bollenbach

Prof. Dr. Hans Ulrich Buhl

Anne Michaelis

Daniel Parak

Julia Renner

Dr. Martin Weibelzahl



Fraunhofer-Institut für Gießerei-,  
Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV  
Am Technologiezentrum 10, 86159  
Augsburg

Dr. Andrea Hohmann

Florian Karg

Stefan Roth



Software AG

Uhlandstraße 12, 64297 Darmstadt

Christian Winter

## **Abstract**

Das Ziel des vorliegenden Dokuments ist die Zusammenfassung von zentralen Erkenntnissen – im Folgenden als Lessons Learned bezeichnet –, die Energie- und Projektmanager:innen berücksichtigen sollten, um Unternehmen zielgerichtet zur ökonomischen Nutzung von Energieflexibilitätpotenzialen mittels Energieflexibilitätshandel zu befähigen. Für die Teilnahme am Energieflexibilitätshandel wurde im Kopernikus-Projekt SynErgie eine Energiesynchronisationsplattform entwickelt. In diesem Dokument werden die Lessons Learned vorgestellt, die im Rahmen eines konzeptionellen Testbetriebs der Energiesynchronisationsplattform im industriellen Umfeld erarbeitet wurden. Unter der Beteiligung von in der Energieflexiblen Modellregion Augsburg ansässigen Unternehmen und dem Netzbetreiber wurden der Energieflexibilitätshandel sowie die entwickelte Plattformlösung erprobt.

In Tabelle 1 sind die abgeleiteten Lessons Learned, von der Ermittlung von Energieflexibilitätpotenzialen bis hin zum kontinuierlichen Energieflexibilitätshandel mit der Energiesynchronisationsplattform, aufgeführt. Die Tabelle fungiert zum einen als Übersicht der gesammelten Lessons Learned und zum anderen als Checkliste für Unternehmen auf dem Weg zum Handel mit Energieflexibilitätpotenzialen.

Die erarbeiteten Lessons Learned zeigen, dass Unternehmen der Einstieg zur Bereitstellung von Energieflexibilitäten auf dem Energiemarkt mittels der Energiesynchronisationsplattform ermöglicht werden kann. Um die Transformation zu einem energieflexiblen Unternehmen langfristig zu realisieren, wird empfohlen, dass Energie- und Projektmanager:innen die betroffenen Stakeholder möglichst früh in das Projekt einbinden. Darunter fallen die Verantwortlichen für energieflexible Anlagen und der damit verbundenen Prozesse als auch ggf. die relevanten externen Dienstleister.

## **Danksagung**

Die Autor:innen bedanken sich herzlich beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die finanzielle Unterstützung und beim Projektträger Jülich (PtJ) für die Betreuung des Kopernikus-Projektes „SynErgie II“ (Förderkennzeichen: 03SFK3E1-2, 03SFK3G1-2, 03SFK3T2-2, 03SFK3W1-2).

Tabelle 1: Übersicht der abgeleiteten Lessons Learned

ID Lessons Learned	
Ermittlung von Energieflexibilitätpotenzialen	
P1	Die gewählten Vorgehensschritte waren geeignet, um Flexibilitätpotenziale zu ermitteln, und sie können für zukünftige Potenzialanalysen genutzt werden.
P2	Für die Energieflexibilitätsbefähigung muss eine sehr hohe Transparenzstufe von energiebezogenen Daten sichergestellt werden.
P3	Bei der Potenzialermittlung muss eine transdisziplinäre Zusammenarbeit berücksichtigt werden.
Inbetriebnahme und Funktionen der Unternehmensplattform	
U1	Es muss mit einem Gesamtaufwand von durchschnittlich 25 Personentagen für die Inbetriebnahme der Unternehmensplattform kalkuliert werden.
U2	Die automatische Inserierung von Energieflexibilitätpotenzialen ist zu empfehlen, weshalb die Vermarktungskomponente umzusetzen ist.
U3	Eine Dokumentation zur Anlagenanbindung und -steuerung ist für Fachkräfte zugänglich zu machen.
U4	Das Potenzial für weitere interne Optimierungen sollte nach der Inbetriebnahme der Unternehmensplattform überprüft werden.
Services der Marktplattform	
M1	Energie- und Projektmanager:innen sollten ausreichend Zeit für neue Nutzende einplanen, damit diese die Funktionen der Marktplattform und deren Services verstehen und anwenden können.
M2	Für den zielgerichteten Einsatz der Marktplatformservices ist bei der verantwortlichen Person Fachwissen im Energiemanagement notwendig.
M3	Die ausgewählte Granularität der zu beschreibenden Flexibilitäten in einem Unternehmen sollte sich an den Flexibilitätsprodukten des lokalen Flexibilitätsmarktes orientieren.
M4	Für den operativen Einsatz des Aggregatorflexibilitätshandels wird eine Person mit technischen Grundkenntnissen benötigt, um positive als auch negative Flexibilitäten auf dem Markt zu inserieren.
M5	Zur Identifikation beeinflusster Rahmenbedingungen ist eine Analyse mithilfe des Flexibilitätseinsatzplanungstools mit historischen Strompreisdaten zu empfehlen.
Kontinuierlicher Energieflexibilitätshandel mit der Energiesynchronisationsplattform	
H1	Alle relevanten Stakeholder sind bereits zu Projektbeginn einzubinden.
H2	Mögliche Auswirkungen auf den Arbeitsplatz sind frühzeitig zu untersuchen.
H3	Mitarbeitende sollten möglichst früh einen Einblick in die Funktionen der ESP bekommen.
H4	Die Energiekosten sollten als weitere Zielgröße im Unternehmenskontext etabliert werden.

## Inhalt

1	Einleitung.....	6
2	Grundlagen.....	8
2.1	Industrielle Energieflexibilität .....	8
2.2	Architektur der Energiesynchronisationsplattform.....	10
2.3	Ablauf des Energieflexibilitätshandels .....	13
3	Lessons Learned im Kontext des regionalen Energieflexibilitätshandels in der Energieflexiblen Modellregion Augsburg .....	15
3.1	Ermittlung von Energieflexibilitätpotenzialen.....	16
3.2	Inbetriebnahme und Funktionen der Unternehmensplattform .....	18
3.3	Services der Marktplattform.....	21
3.4	Kontinuierlicher Energieflexibilitätshandel mit der Energiesynchronisationsplattform.....	23
4	Fazit.....	26
5	Literatur .....	28

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ermittlung von Energieflexibilitätspotenzialen nach der VDI 5207 Blatt 2:2021 (links) und nach Tristán, Heuberger und Sauer (2020) (rechts) .....	9
Abbildung 2: Aufbau und Schnittstellen der Energiesynchronisationsplattform .....	11
Abbildung 3: Implementierungsschritte der Unternehmensplattform .....	12
Abbildung 4 Prozessablauf des Energieflexibilitätshandels .....	14
Abbildung 5: Mögliches, sequenzielles Vorgehen zur Befähigung von Unternehmen zum Handel mit Energieflexibilität .....	15
Abbildung 6: Durchgeführte Schritte bei der Ermittlung von Energieflexibilitätspotenzialen .	17

# 1 Einleitung

Der Klimawandel ist eine der größten globalen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts (United Nations, 2015). Für die Eindämmung des Klimawandels formulierte die deutsche Bundesregierung ambitionierte klimapolitische Ziele, welche vorsehen, den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch bis 2030 auf 80 % zu steigern (Bundesregierung, 2022a), den Primärenergieverbrauch gegenüber 2008 bis 2050 um 50 % zu reduzieren (Umweltbundesamt, 2022b) und bis 2045 Treibhausgasneutralität zu erlangen (Bundesregierung, 2022b). Um diese Ziele erreichen zu können, wurde in den letzten Jahren der Ausbau der erneuerbaren Energien forciert. Da die Stromerzeugung aus nachhaltigen Energieträgern wie beispielsweise Wind und Sonne einer wetterabhängigen Verfügbarkeit unterliegt, führt ein steigender Anteil erneuerbarer Energien an der deutschen Stromerzeugung zu einer zunehmenden Volatilität des Energieangebots und der Preise (Bundesnetzagentur, 2019).

Um eine Balance zwischen Stromangebot und -nachfrage im Stromnetz sicherzustellen und zugleich die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien möglichst umfangreich und effizient nutzen zu können, werden neue Ansätze zur Flexibilisierung der Stromnachfrageseite im Kopernikus-Projekt SynErgie (Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung) erforscht. Die Industrie hat mit über 40 % einen bedeutenden Anteil am Stromverbrauch Deutschlands (Umweltbundesamt, 2022a) und kann daher einen signifikanten Beitrag zur Erreichung der klimapolitischen Ziele leisten. Gleichzeitig können Unternehmen durch den flexiblen Bezug von Energie bei schwankenden Preisen ihre Kosten minimieren.

Damit Unternehmen die technisch mögliche Flexibilisierung von Industrieprozessen umsetzen können, bedarf es neben wirtschaftlichen Anreizen (Sauer, Abele und Buhl, 2019, S. 130) geeignete informationstechnische Lösungen, die den Handel mit Energieflexibilität im deutschen Stromsystem ermöglichen. Eine solche technische Lösung für den Energieflexibilitätshandel stellt die Energiesynchronisationsplattform (ESP) dar. Dabei handelt es sich um eine informationstechnische Plattformlösung, die es Unternehmen der Energienachfrageseite ermöglicht, Energieflexibilitätspotenziale an Flexibilitätsnachfrager wie beispielsweise Verteilnetzbetreiber zu vermarkten. So können Unternehmen die Fähigkeit ihres Produktionssystems zum Lastverzicht, zur Lasterhöhung oder zur Lastverschiebung durch die Vermarktung von Flexibilitätsangeboten gewinnbringend einsetzen.

In diesem Dokument werden die aktuellsten Erfahrungen von Unternehmen der Energienachfrageseite bzw. der Flexibilitätsangebotsseite in der Befähigung zur Flexibilitätsbereitstellung und im Handel mit Energieflexibilitäten vorgestellt. Die gesammelten Beobachtungen und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse, im Folgenden als Lessons Learned bezeichnet, wurden in einem konzeptionellen Testbetrieb in der Demonstrationsregion des SynErgie-Projekts – der Energieflexiblen Modellregion Augsburg – erarbeitet. In der Energieflexiblen

Modellregion Augsburg werden zusammen mit regionalen Energienachfragern, Netzbetreibern und Stromlieferanten die im Projektkonsortium erarbeiteten Ansätze und Lösungsbausteine aus SynErgie im regionalen Kontext konzeptionell umgesetzt, erprobt und validiert. Die bisher erzielten Ergebnisse zeigen, dass die Energieflexibilisierung von Produktionssystemen sowohl für energieintensive als auch für nicht-energieintensive Unternehmen sinnvoll ist, weshalb die Erkenntnisse unabhängig vom Energiebedarf in Industrieunternehmen Anwendung finden können. Die Lessons Learned richten sich an Energie- bzw. Projektmanager:innen, die Unternehmen zur Partizipation am Energieflexibilitätshandel befähigen möchten. Die erarbeiteten Lessons Learned dienen dabei als unterstützende Checkliste (Tabelle 1) und stellen übersichtlich dar, was bei der Befähigung eines Unternehmens zum Handel mit Energieflexibilitätspotenzialen beachtet werden muss.

Das Dokument gliedert sich in vier Abschnitte. Im ersten Abschnitt sind die Motivation und die Zielgruppe der Lessons Learned angegeben. Daraufhin werden im Abschnitt 2 die wesentlichen Grundlagen zum Verständnis der Lessons Learned erläutert, indem die Bedeutung von industrieller Energieflexibilität, mögliche Methoden zur Bestimmung von Energieflexibilitätspotenzialen, die ESP sowie der Energieflexibilitätshandel beschrieben werden. Im Abschnitt 3 werden die zentralen Lessons Learned aus dem konzeptionellen Testbetrieb vorgestellt. Ein Fazit und der Ausblick sind schließlich dem Abschnitt 4 zu entnehmen.

Weiterführende Informationen, die über den Rahmen dieses Dokuments hinausgehen, können der nachstehenden Literatur entnommen werden. Darüber hinaus ist in den Unterabschnitten von Abschnitt 2 Literatur gelistet, die zur Vertiefung der einzelnen Themen geeignet ist.

- » [Energieflexibilität in der deutschen Industrie](#) (Sauer, Abele und Buhl 2019)
- » [Energieflexibilität in der deutschen Industrie – Band 2](#) (Sauer et al. 2022)
- » [VDI-Handlungsempfehlung – Energieflexibel in die Zukunft](#) (VDI 2021)
- » [Diskussionspapier – Executive Summary: Konzept der Energiesynchronisationsplattform](#) (Schilp et al. 2021b)
- » [Diskussionspapier – Demonstratoren der Energiesynchronisationsplattform](#) (Bauernhansl et al. 2021)
- » [VDI 5207 Blatt 1 – Energieflexible Fabrik – Grundlagen](#) (VDI 5207 Blatt 1:2020)
- » [VDI 5207 Blatt 2 – Energieflexible Fabrik – Identifikation und technische Bewertung](#) (VDI 5207 Blatt 2:2021)
- » [VDI 5207 Blatt 3 – Energieflexible Fabrik – IT-Infrastruktur zum Betrieb energieflexibler Fabriken](#) (VDI 5207 Blatt 3:2023)

## 2 Grundlagen

Nachdem im vorhergehenden Abschnitt die Motivation des vorliegenden Dokuments dargestellt und die Zielgruppe definiert wurde, werden nachfolgend die wesentlichen Grundlagen zu den Themen industrielle Energieflexibilität (Abschnitt 2.1), Architektur der ESP (Abschnitt 2.2) und prozessualer Ablauf des Energieflexibilitätshandels (Abschnitt 2.3) erläutert.

### 2.1 Industrielle Energieflexibilität

In diesem Abschnitt werden die Bedeutung von Energieflexibilität sowie Methoden zur Ermittlung von Energieflexibilitätspotenzialen in Unternehmen beschrieben, um aufzuzeigen, wie die ersten Schritte in der Befähigung eines Unternehmens zur Partizipation am Energieflexibilitätshandel zu gestalten sind.

#### **Bedeutung von Energieflexibilität**

Energieflexibilität beschreibt „die Fähigkeit eines Produktionssystems, sich schnell und mit sehr geringem finanziellen Aufwand an Änderungen des Energiemarktes anzupassen“ (VDI 5207 Blatt 1:2020). Die im SynErgie-Projekt betrachtete industrielle Nachfrageflexibilität kann für die Lastanpassung an die schwankende Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien eingesetzt werden und so zur Netzstabilisierung respektive zur Entlastung der Netze beitragen (Sauer, Abele und Buhl 2019, S. 130). Dieses Lastmanagement ist somit ein wichtiger Baustein, um die Transformation zu einer nachhaltigen Energieversorgung voranzutreiben. Die energetische Flexibilisierung der Industrieunternehmen gewinnt an Bedeutung, da die Stromerzeugung und der Stromverbrauch kontinuierlich im Gleichgewicht stehen müssen, um eine stabile Netzfrequenz und damit eine zuverlässige Stromversorgung zu gewährleisten.

#### **Ermittlung von Energieflexibilitätspotenzialen**

Die Bestimmung von Energieflexibilitätspotenzialen eines Unternehmens, einzelner Werke oder Anlagen ist eine vorbereitende Arbeit zur Umsetzung von industriellen Energieflexibilitätsmaßnahmen. Zur Bestimmung der Potenziale bestehen in der Literatur aktuell zwei verbreitete methodische Vorgehensweisen, an denen sich das Unternehmen orientieren kann: das Vorgehen aus der VDI-Richtlinie Energieflexible Fabrik – Identifikation und technische Bewertung (VDI 5207 Blatt 2:2021) und das Energieflexibilitätsaudit (Tristán, Heuberger und Sauer 2020). Beide Vorgehensweisen sind vor der Umsetzung der Energieflexibilitätsmaßnahmen durchzuführen und geben eine Übersicht über mögliche Potenziale. In der Abbildung 1 sind die beiden Vorgehensweisen vergleichend dargestellt. Die VDI-Richtlinie startet die Potenzialermittlung mit einer technischen Potenzialabschätzung in fünf Schritten, bevor eine Energiemessung (Datenerhebung) und dann die Auswertungen folgen. Die Datenerhebung und die Auswertungen beinhalten weitere Unterteilungen, die hier nicht genauer erläutert werden. Bei der Ermittlung von Energieflexibilitätspotenzialen nach Tristán, Heuberger und Sauer (2020)

werden sechs Schritte durchgeführt, um die Energieflexibilitätspotenziale zu identifizieren und zu charakterisieren. In dem Vorgehen folgen die Schritte der Bewertung und des Managements, die nicht direkt eine Ermittlung, sondern eine Verwaltung der Potenziale darstellen und hier nicht weiter betrachtet werden.

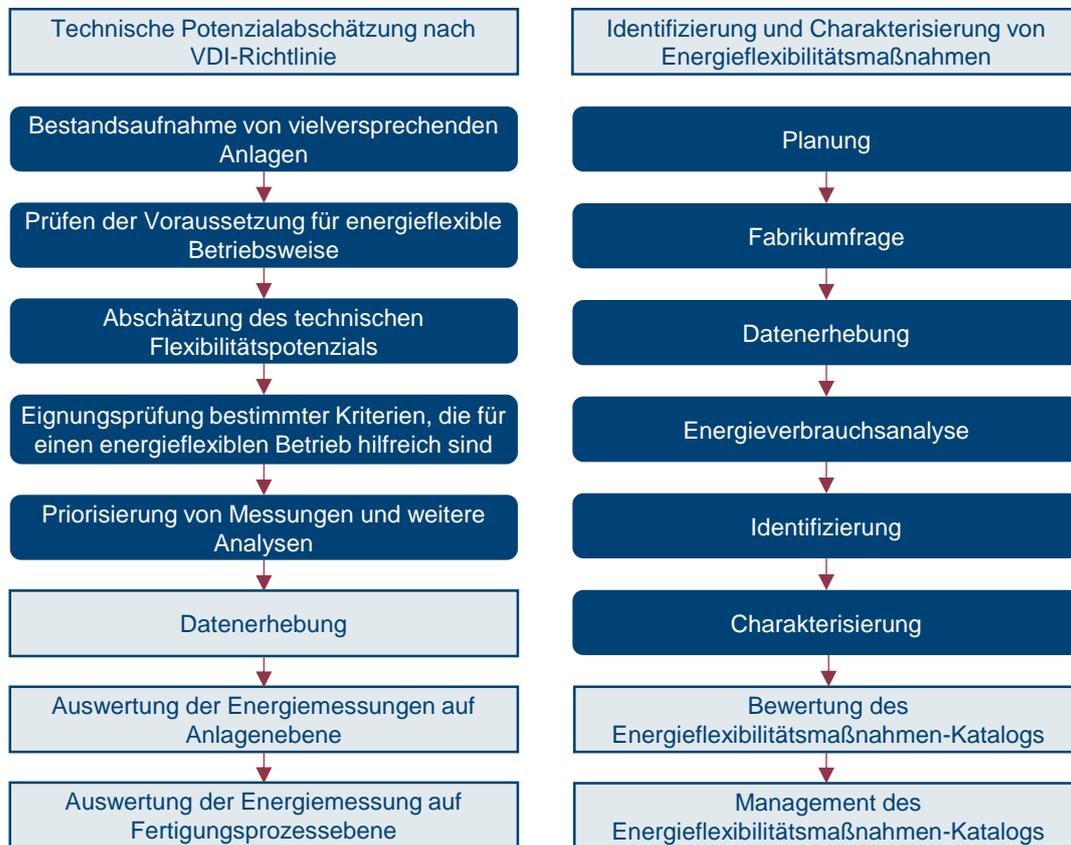


Abbildung 1: Ermittlung von Energieflexibilitätspotenzialen nach der VDI-Richtlinie (VDI 5207 Blatt 2:2021) (links) und nach Tristán, Heuberger und Sauer (2020) (rechts)

Damit das Wissen über die Energieflexibilitätspotenziale in einem Unternehmen klassifiziert werden kann, wurden in der VDI-Richtlinie die fünf Transparenzstufen für technische Systeme definiert:

- » T0: Typenschildangaben und Nennleistungen vorhanden,
- » T1: einfache Messungen vorhanden,
- » T2: Zeitverlauf der Leistung vorhanden,
- » T3: Zuordnung des Energiebedarfs zu Betriebsdaten möglich und
- » T4: Abhängigkeiten zwischen Zuständen und Zustandswechsel bekannt.

Dabei liegt bei T0 eine sehr geringe und bei T4 eine vollständige Energieverbrauchstransparenz vor.

Aufbauend auf den vorgestellten Grundlagen der industriellen Energieflexibilität können den nachfolgenden Dokumenten weiterführende Informationen entnommen werden. Die für dieses Dokument herausgearbeiteten Lessons Learned zur Ermittlung von Energieflexibilitätspotenzialen sind in Abschnitt 3.1 ausgeführt.

- » [VDI 5207 Blatt 1 – Energieflexible Fabrik – Grundlagen](#) (VDI 5207 Blatt 1:2020)
- » [VDI 5207 Blatt 2 – Energieflexible Fabrik – Identifikation und technische Bewertung](#) (VDI 5207 Blatt 2:2021)
- » [A Methodology to Systematically Identify and Characterize Energy Flexibility Measures in Industrial Systems](#) (Tristán, Heuberger und Sauer 2020)

## 2.2 Architektur der Energiesynchronisationsplattform

Im vorliegenden Abschnitt werden die zentralen Funktionen der ESP vorgestellt, mithilfe derer Unternehmen zum Handel mit Energieflexibilität aus informations- und kommunikationstechnischer Perspektive befähigt werden.

### **Energiesynchronisationsplattform**

Das übergeordnete Ziel der ESP ist der Aufbau einer branchenübergreifenden Plattform, die Industrieunternehmen einen einfachen Zugang zum Energieflexibilitätshandel an den Energiemärkten ermöglicht. Realisiert wird dies durch den Aufbau einer Plattform, mit der das Ziel verfolgt wird, „den gesamten Prozess des Energieflexibilitätshandels von der Maschine bis zum Energiemarkt zu automatisieren und zu standardisieren“ (Schilp et al. 2021b, S. 4). Die ESP beschreibt, wie in der Abbildung 2 dargestellt, ein übergeordnetes Konzept, das die Zusammenarbeit zwischen der Unternehmensplattform und der Marktplattform sowie den Prozess des automatisierten Energieflexibilitätshandels abbildet. Die ESP reduziert die Eintrittsbarrieren zur Teilnahme am Energieflexibilitätshandel, indem die Unternehmensplattform Industrieunternehmen zum automatisierten Energieflexibilitätshandel befähigt (Schel et al. 2018) und die Marktplattform Interessierten den Zugang zu Services erlaubt, mit denen der Handel von Energieflexibilitätspotenzialen erleichtert wird. Die Lessons Learned zur ESP sind dem Abschnitt 3.4 zu entnehmen.

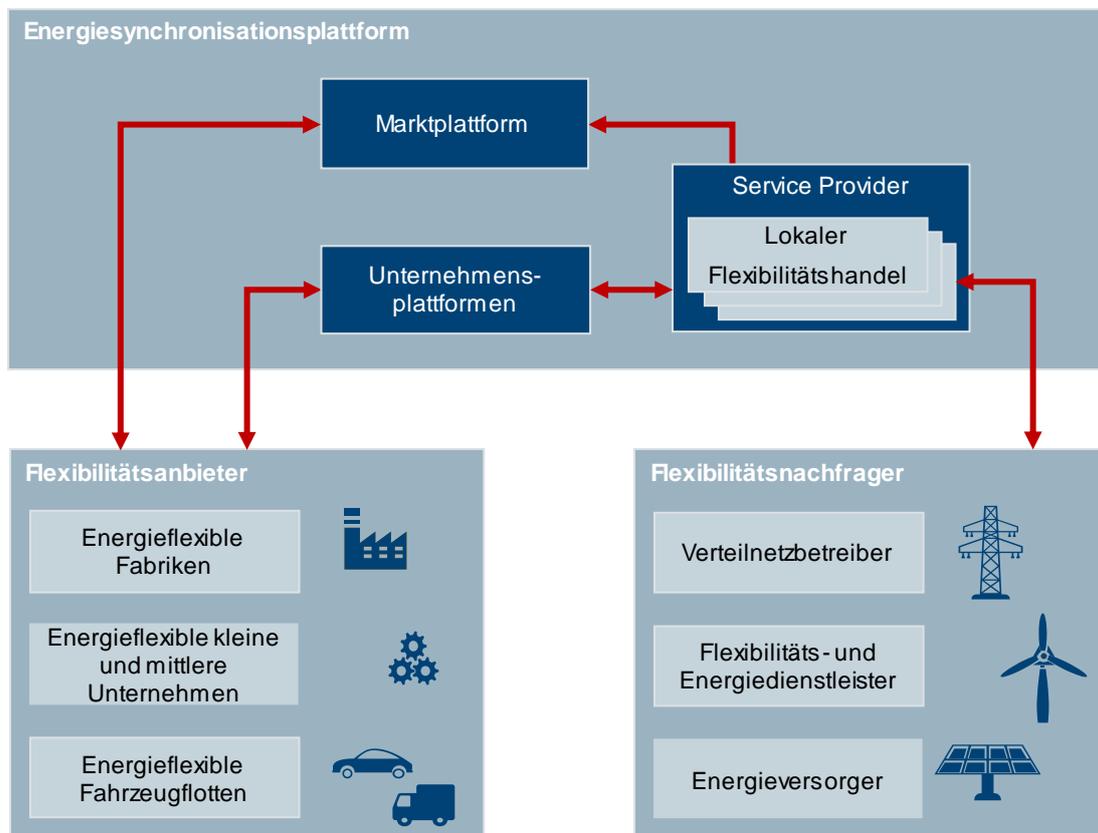


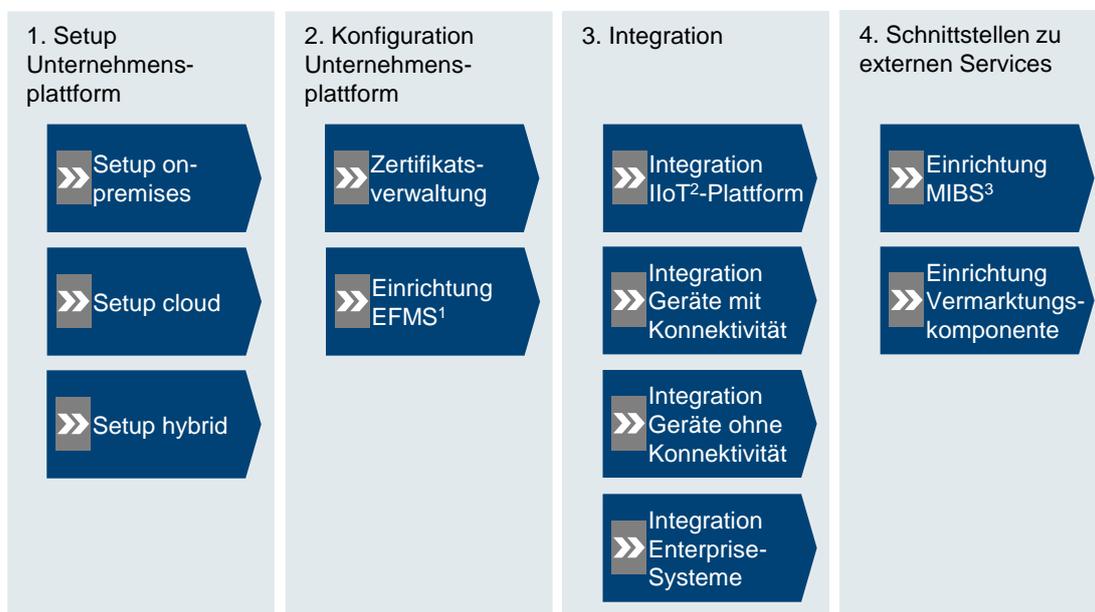
Abbildung 2: Aufbau und Schnittstellen der Energiesynchronisationsplattform

### Inbetriebnahme der Unternehmensplattform

Die Unternehmensplattform ist ein wichtiger Bestandteil zur Energieflexibilitätsbefähigung. Die Plattform umfasst die Aufnahme, Aggregation, Analyse und Optimierung von Prozess- und Produktionsdaten. Des Weiteren erfolgen mithilfe der Plattformlösung die energiesynchrone Steuerung und die Regelung der energieflexiblen Systeme, Anlagen und Komponenten. Aufgrund der zentralen Funktion im Energieflexibilitätshandel werden im Folgenden die wesentlichen Aspekte des Inbetriebnahmeprozesses einer Unternehmensplattform zusammengefasst.

Für die Inbetriebnahme einer Instanz der Unternehmensplattform müssen Unternehmen im ersten Schritt ein für ihren Anwendungsfall geeignetes Setup auswählen. Welche der in Abbildung 3 dargestellten Möglichkeiten (on-premises, cloud oder hybrid) zu empfehlen ist, hängt davon ab, welche informationstechnischen Ressourcen das Unternehmen selbst stellen und betreuen kann bzw. möchte und welche es von einem Dienstleister bezieht. Im zweiten Schritt der Konfiguration geht es zum einen um die Zertifikatsverwaltung für einen sicheren internen und externen Datenaustausch und zum anderem um die Einrichtung des Energieflexibilitätsmanagementservices (EFMS). Dieser Service dient zur internen Speicherung und Übermittlung von erhobenen Energieflexibilitätspotenzialen. Im dritten Schritt der Inbetriebnahme werden verschiedene weitere Systeme über Konnektoren an die Unternehmensplatt-

form angebunden, um die für die Energieflexibilität relevanten Kommunikationsketten (Datenerhebung sowie Steuerung von Anlagen) aufzubauen. Beispiele hierfür sind – je nach Systemlandschaft im Unternehmen und je nach Anwendungsfall – Industrial-Internet-of-Things-Plattformen (IIoT-Plattformen), energieflexible Anlagen sowie Enterprise-Systeme. Für die Nutzung von externen Services sind in Schritt 4 der Marktinformationsbeschaffungsservice (MIBS) sowie die Vermarktungskomponente einzurichten. Der MIBS dient als Schnittstelle für die Anbindung von externen Services über die Marktplattform zur Nutzung von Informationen auf der Unternehmensplattform. Über diese Schnittstelle können beispielsweise Informationen zu Strompreisentwicklungen kommuniziert werden. Die Vermarktungskomponente dient zur manuellen oder vollautomatischen Vermarktung von Energieflexibilität und kommuniziert dabei mit den entsprechenden Services der Marktplattform, wie beispielsweise mit dem Service „lokaler Flexibilitätshandel“.



<sup>1</sup> EFMS = Energieflexibilitätsmanagementservice, <sup>2</sup> IIoT = Internet der Dinge im industriellen Umfeld, <sup>3</sup> MIBS = Marktinformationsbeschaffungsservice

Abbildung 3: Implementierungsschritte der Unternehmensplattform

### Services der Unternehmensplattform

Für die Teilnahme am Energieflexibilitätshandel müssen Unternehmen zuvor identifizierte Energieflexibilitätspotenziale mit der Unternehmensplattform in Flexibilitätsangebote überführen, die vermarktet werden können (Schel et al. 2018). Dafür ermöglichen definierte Schnittstellen den gezielten Informationsaustausch einer Reihe von Services. Diese Services umfassen neben den bereits oben aufgeführten Kernkomponenten verschiedene optionale Services.

Die optionalen Services der Unternehmensplattform erweitern den Funktionsumfang der Plattform. Die Auswahl und Konfiguration dieser Services ist kundenindividuell und vom betrachteten Anwendungsfall abhängig, sodass je nach Unternehmen möglicherweise Anpassungen an

den Services notwendig sind (Fridgen et al. 2021). Auch gänzlich individuelle Services, etwa für bestimmte Optimierungsaufgaben, sind auf der Unternehmensplattform möglich.

### **Services der Marktplattform**

Die im Verlauf des Projekts entwickelten Marktplattformservices unterstützen Unternehmen ihre Flexibilitätspotenziale bestmöglich zu identifizieren, zu realisieren und zu vermarkten. Im Gegensatz zu den für bestimmte Unternehmen individuell entwickelten Services der Unternehmensplattform sind die Services der Marktplattform für verschiedene Unternehmen anwendbar. Zu den Marktplattformservices gehören im aktuellen Entwicklungsstand das Schnell-Check-Tool, das Flexibilitätseinsatzplanungstool, der Aggregatorflexibilitätshandel, die lokalen Marktpreisprognosen und der lokale Flexibilitätshandel.

Aufbauend auf den vorgestellten Grundlagen der ESP, der Inbetriebnahme der Unternehmensplattform und den Services der Unternehmens- sowie Marktplattform können den nachfolgenden Dokumenten weiterführende Informationen entnommen werden. Die für dieses Dokument herausgearbeiteten Lessons Learned zur Inbetriebnahme der Unternehmensplattform sowie den Services der Unternehmens- und Marktplattform sind in den Abschnitten 3.2 und 3.3 ausgeführt.

- » [Diskussionspapier – Executive Summary: Konzept der Energiesynchronisationsplattform \(Schilp et al. 2021b\)](#)
- » [Diskussionspapier – Referenzarchitektur der Energiesynchronisationsplattform \(4. Auflage\) \(Fridgen et al. 2021\)](#)
- » [Diskussionspapier – Energieflexibilitätsdatenmodell der Energiesynchronisationsplattform \(4. Auflage\) \(Buhl et al. 2021\)](#)
- » [Diskussionspapier – Optimierung auf der Energiesynchronisationsplattform \(4. Auflage\) \(Schilp et al. 2021a\)](#)
- » [Diskussionspapier – Referenzarchitektur der Energiesynchronisationsplattform \(4. Auflage\) \(Fridgen et al. 2021\)](#)
- » [Funktionsweise und Vorteile der Energiesynchronisationsplattform \(Video\) \(Fraunhofer IPA 2022\)](#)
- » [Services der Unternehmensplattform – Steckbriefe \(Bank et al. 2020\)](#)
- » [Services der Marktplattform – Steckbriefe \(Bühner et al. 2021\)](#)

## **2.3 Ablauf des Energieflexibilitätshandels**

Mithilfe des zuvor beschriebenen Vorgehens zur Bestimmung von Energieflexibilitätspotenzialen sowie durch die Nutzung der ESP werden Industrieunternehmen zu potenziellen Flexibilitätsanbietern, die am Energieflexibilitätshandel partizipieren können. Um letztendlich aktiv daran teilzunehmen, bedarf es eines Handelsprozesses, der die Tätigkeiten von der Flexibilitätsangebotserstellung über den Flexibilitätsabruf bis zur Flexibilitätserbringung abbildet.

Wie in der Abbildung 4 dargestellt ist, wird der Handel von Energieflexibilität durch die Einstellung eines Flexibilitätsangebots initiiert. Dieses Angebot wird über die Unternehmensplattform auf einem von der Marktplattform vermittelten Vermarktungsservice wie beispielsweise dem Service „lokaler Flexibilitätshandel“ oder „Aggregatorflexibilitätshandel“ platziert. Die Marktplattformsservices zur Vermarktung ermöglichen das Filtern aller gelisteten Angebote nach Kriterien wie der angebotenen Leistung, dem Angebotspreis und dem Erbringungszeitraum. Eine integrierte Suchfunktion erleichtert der Nachfrageseite den Produktvergleich, da geeignete Angebote einfach lokalisiert und anschließend über eine Schaltfläche gebucht werden können. Der Flexibilitätsnachfrager initiiert durch die Aktivierung des gebuchten Angebots den Flexibilitätsabruf, woraufhin der Flexibilitätsanbieter eine Anpassung des Energiebedarfs vornimmt. Die Anpassung des Energiebedarfs wird an den Flexibilitätsnachfragenden zurückgemeldet, der die Erbringung prüfen kann.

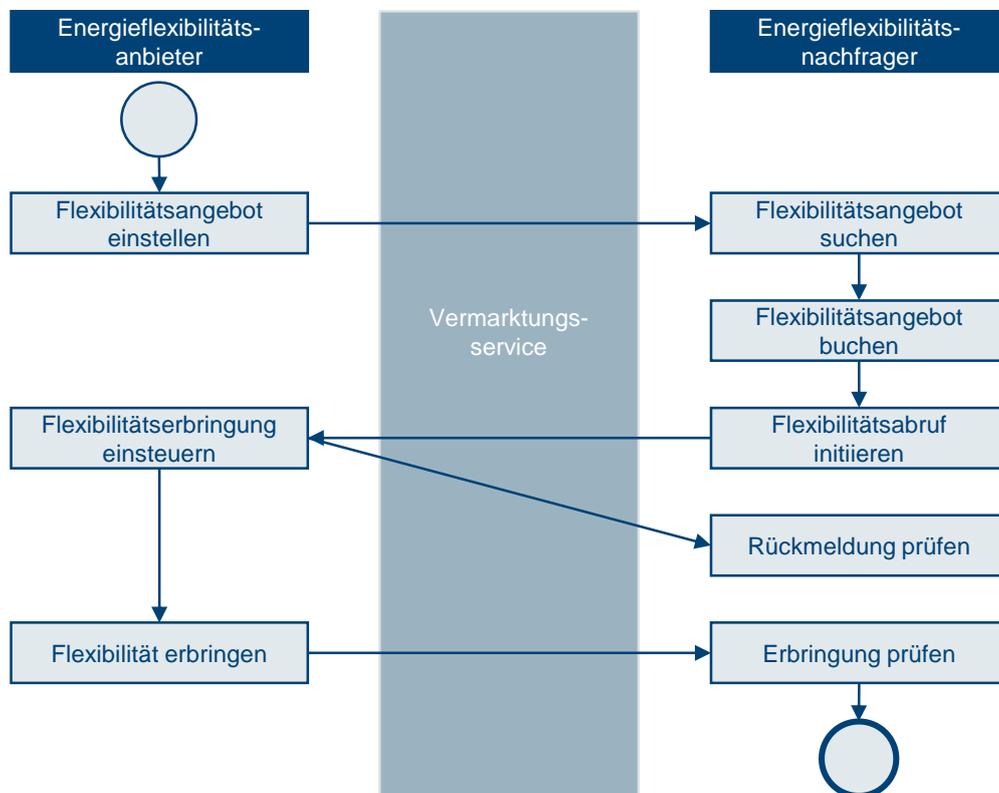


Abbildung 4 Prozessablauf des Energieflexibilitätshandels

Aufbauend auf den vorgestellten Grundlagen des Energieflexibilitätshandels können dem nachfolgenden Dokument weiterführende Informationen entnommen werden. Die für dieses Dokument herausgearbeiteten Lessons Learned zum Ablauf des Energieflexibilitätshandels sind im Abschnitt 3.4 ausgeführt.

- » Metastudie – Ausgangsbedingungen für die Vermarktung von Nachfrageflexibilität (2. Auflage) (Bertsch et al. 2019)

### 3 Lessons Learned im Kontext des regionalen Energieflexibilitätshandels in der Energieflexiblen Modellregion Augsburg

Im vorherigen Abschnitt wurden die für dieses Dokument relevanten Grundlagen hinsichtlich der Energieflexibilität, der ESP sowie des Energieflexibilitätshandels vorgestellt. Im Folgenden werden die Lessons Learned aus dem konzeptionellen Testbetrieb beschrieben.

Basierend auf Beobachtungen, Workshops und Interviews, die während des konzeptionellen Testbetriebs dokumentiert wurden, ist es möglich, besonders relevante Erfolgsfaktoren und kritische Hindernisse in der Unternehmensbefähigung zum Handel mit Energieflexibilität aufzuzeigen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit orientiert sich die Struktur der folgenden Abschnitte an dem in Abbildung 5 dargestellten, sequenziellen Vorgehen. Es ist aber zu beachten, dass die Befähigung zur Partizipation am Energieflexibilitätshandel nicht zwangsläufig sequenziell erfolgen muss. Abhängig von den individuellen Rahmenbedingungen eines Unternehmens ist neben einer Variation der Reihenfolge auch eine Parallelisierung der einzelnen Schritte möglich.

In den folgenden Abschnitten werden die zentralen Lessons Learned aus der Energieflexibilitätspotenzialbestimmung (Abschnitt 3.1), der Inbetriebnahme der Unternehmensplattform (Abschnitt 3.2), der Nutzung der Marktplattformservices (Abschnitt 3.3) sowie dem Energieflexibilitätshandel (Abschnitt 3.4) vorgestellt.



Abbildung 5: Mögliches, sequenzielles Vorgehen zur Befähigung von Unternehmen zum Handel mit Energieflexibilität

### 3.1 Ermittlung von Energieflexibilitätspotenzialen

Das im Abschnitt 2.1 beschriebene Vorgehen zur Identifikation von Energieflexibilitätspotenzialen stellt den initialen Schritt in der Transformation von Unternehmen zu Energieflexibilitätsanbietern dar. Die Potenzialbestimmung ist ein grundlegender Baustein zur Teilnahme am Energieflexibilitätshandel, da die ermittelten Flexibilitätspotenziale in einem späteren Schritt in vermarktbarere Flexibilitätsangebote überführt werden können.

Die zentralen Erkenntnisse bei der Potenzialermittlung wurden durch Fragebögen und Felduntersuchungen gewonnen und sind in den folgenden drei Lessons Learned (P1 bis P3) festgehalten.

**P1: Die gewählten Vorgehensschritte waren geeignet, um Flexibilitätspotenziale zu ermitteln, und sie können für zukünftige Potenzialanalysen genutzt werden.**

In den untersuchten Unternehmen wurden unterschiedliche Vorgehen verwendet, um die Energieflexibilitätspotenziale zu ermitteln: Ein Unternehmen hat die Potenzialermittlung anhand der VDI-Richtlinie (VDI 5207 Blatt 2:2021) durchgeführt, in einem anderen Unternehmen hat die Potenzialermittlung anhand des Energieflexibilitätsaudits (Tristán et al., 2020) stattgefunden und alle weiteren Unternehmen haben keines der Vorgehen aus der Literatur verwendet. Es konnte beobachtet werden, dass die Projektteams bei der Potenzialermittlung trotz unterschiedlicher Herangehensweisen ähnliche Schritte durchgeführt haben. Die durchgeführten Schritte, welche sowohl aus der VDI-Richtlinie als auch aus dem Energieflexibilitätsaudit und zusätzlichen Schritten bestehen, sind in der Abbildung 6 aufgeführt. Die angegebene Reihenfolge der Schritte zeigt, dass in den Unternehmen intuitiv eine ähnliche, systematische Vorgehensweise gewählt wurde (blauer Pfeil), auch ohne Einarbeiten in die vorhandenen methodischen Vorgehensweisen.

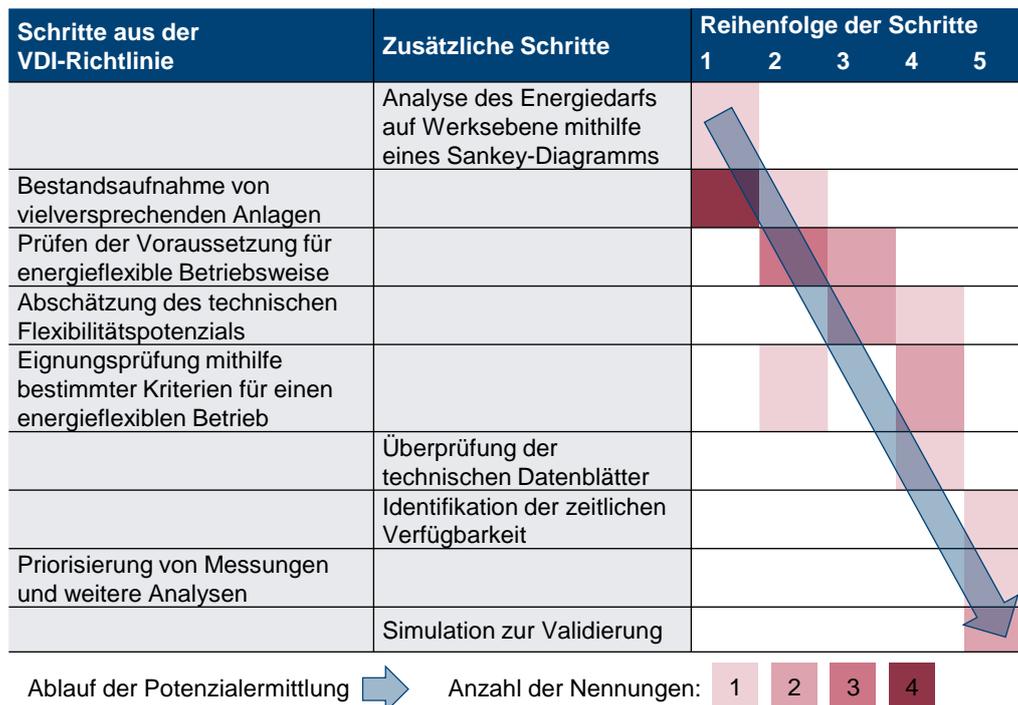


Abbildung 6: Durchgeführte Schritte bei der Ermittlung von Energieflexibilitätspotenzialen

Insgesamt konnte bei allen betrachteten Unternehmen ein hoher Grad an Prozess- und Systemverständnis über die betrachteten Anlagen oder Bereiche aufgebaut werden. Bei der Potenzialermittlung haben sich die Projektteams vorab ein umfassendes Verständnis über die Produktionsprozesse verschafft, welches weit über eine rein energetische Betrachtung hinaus geht. Ein umfassendes Verständnis von Zusammenhängen und Auswirkungen der Prozesse und ihres Umfelds kann daher als Voraussetzung zur fundierten Potenzialermittlung verstanden werden, bevor weitere Schritte in Richtung Energieflexibilitätsbefähigung vorgenommen werden. Zusammenfassend lässt sich herausstellen, dass es nicht entscheidend ist, welches Vorgehen zur Potenzialermittlung verwendet wird. Das Befolgen des in Abbildungen 6 vorgestellten Vorgehens ist jedoch zielführend.

**P2: Für die Energieflexibilitätsbefähigung muss eine sehr hohe Transparenzstufe von energiebezogenen Daten sichergestellt werden.**

Die Beobachtungen zu den Transparenzstufen im Unternehmen, im Werk oder an der Anlage, die im Abschnitt 2.1 beschrieben sind, ergeben ein eindeutiges Ergebnis. Unabhängig von der Art des Unternehmens (energieintensive Produktion, nicht-energieintensive Produktion, nicht-produzierendes Unternehmen) lag nach der Potenzialermittlung eine ähnliche, hohe Transparenzstufe vor, die als Vorbereitung zur Nutzbarmachung der Flexibilität notwendig war. Das bedeutet, dass ein großes Wissen über das Flexibilitätspotenzial der Anlage oder des Prozesses vorliegen muss, um Energieflexibilitätsmaßnahmen umsetzen zu können.

Des Weiteren konnte beobachtet werden, dass unabhängig von der Art des Unternehmens vor der Potenzialermittlung eine ähnliche, niedrige Transparenzstufe vorlag. Das bedeutet,

dass die befragten nicht-energieintensiven Unternehmen oder nicht-produzierenden Unternehmen gegenüber energieintensiven Unternehmen keine größeren Schwierigkeiten bei der Potenzialermittlung hatten. Es zeigt sich also, dass die Möglichkeiten der Potenzialbestimmung, wie in P1 beschrieben, von einem niedrigen zu einem hohen Transparenzniveau führen. Die hohe Transparenzstufe ist notwendig, um Energieflexibilitätsmaßnahmen umsetzen zu können.

### **P3: Bei der Potenzialermittlung muss eine transdisziplinäre Zusammenarbeit berücksichtigt werden.**

Zur Potenzialermittlung in den Unternehmen der Energieflexiblen Modellregion Augsburg wurde die Expertise aus unterschiedlichen Fachbereichen (z. B. Informationstechnik, Shop-Floor, Entwicklung, Facility-Management und Instandhaltung) innerhalb der Unternehmen angefordert. Folglich ist eine abteilungsübergreifende Zusammenarbeit notwendig, um eine fundierte Ermittlung von Bereichen und Anlagen zur Flexibilisierung zu ermöglichen.

Zusätzlich haben Parteien aus unterschiedlichen Unternehmen zusammengearbeitet und Teilergebnisse des Vorgehens im Projektteam aus unterschiedlicher Sichtweise kritisch hinterfragt und diskutiert, um die Energieflexibilitätspotenziale zu ermitteln. Der Wissensaustausch sowie die interdisziplinäre Zusammenarbeit aus Forschung, (informationstechnischer) Dienstleistung, Anlagenherstellern und (produzierenden) Unternehmen erleichtert die Ermittlung von Energieflexibilitätspotenzialen und senkt die Hemmnisse bei den an der Umsetzung beteiligten Parteien.

## **3.2 Inbetriebnahme und Funktionen der Unternehmensplattform**

Wie im Abschnitt 2.2 ausgeführt, ist die Inbetriebnahme einer Unternehmensplattform ein zentraler Schritt, um als Unternehmen am Energieflexibilitätshandel teilzunehmen. Die Plattform dient zur Aufnahme von Unternehmensdaten, zur Überführung von Energieflexibilitätspotenzialen in Flexibilitätsangebote sowie zur Steuerung der Systeme, Anlagen und Komponenten. In der Energieflexiblen Modellregion Augsburg wurde je nach Industriepartner ein in Teilen unterschiedlicher Aufbau der Unternehmensplattform (vgl. Setup der Unternehmensplattformen in Abbildung 3) in Betrieb genommen. Im konzeptionellen Testbetrieb wurden die betriebsbereiten Unternehmensplattformen einem Funktionstest unterzogen. Aus diesem Funktionstest wurden vier zentrale Lessons Learned zur Unternehmensplattform (U1 bis U4) abgeleitet, die in den folgenden Abschnitten zusammengefasst sind.

**U1: Es muss mit einem Gesamtaufwand von durchschnittlich 25 Personentagen für die Inbetriebnahme der Unternehmensplattform kalkuliert werden.**

Die ersten beiden Schritte der Inbetriebnahme, d. h. das Setup und die Konfiguration der Unternehmensplattform, sind nach Aussagen der befragten Unternehmen mit einem geringen Aufwand verbunden. Dabei eingeschlossen sind die Einrichtung des Energieflexibilitätsmanagementservices (EFMS) und die Realisierung der Zertifikatsverwaltung. Der Zeitaufwand für die Integration der Anlagen mit Konnektivität unterschied sich stark. Der Grund hierfür ist der unterschiedliche Digitalisierungsgrad der Unternehmen. Die Auswertungen haben ergeben, dass es möglich ist, eine Anlage innerhalb eines Personentages in die Plattform zu integrieren, wenn diese bereits an die Informations- und Kommunikationstechnik des Unternehmens angebunden ist. Für die Integration von Anlagen ohne Konnektivität ist der Aufwand höher, da dafür weitere Hard- und Softwareressourcen nötig sind. Im Durchschnitt geben die Industrieunternehmen einen Gesamtaufwand für die Inbetriebnahme einer Unternehmensplattform mit der Integration einer Anlage von 25 Personentagen an, wobei der Zeitaufwand externer Dienstleistungen mit einberechnet wurde. Der Aufwand für die Inbetriebnahme einer Unternehmensplattform wird insgesamt als gering bewertet. Lediglich bei einzelnen individuellen Lösungen fällt ein höherer Zeitaufwand an, beispielsweise wenn mehrere Unternehmen in einem Quartier gemeinsam Energieflexibilitätspotenziale anbieten. Es konnte beobachtet werden, dass sich die Anbindung vorhandener Informations- und Kommunikationstechnik an die Unternehmensplattform zeitintensiver als erwartet gestaltet. Der Grund ist die heterogene Systemlandschaft mit unterschiedlichen Kommunikationsprotokollen, welche zum Teil von unterschiedlichen Dienstleistern bereitgestellt und betrieben werden. Zur Koordination des individuellen Prozesses ist es deshalb besonders wichtig, bereits zu Beginn der Implementierung die Arbeiten zwischen Dienstleistern und Unternehmen genau abzustimmen.

**U2: Die automatische Inserierung von Energieflexibilitätspotenzialen ist zu empfehlen, weshalb die Vermarktungskomponente umzusetzen ist.**

Das Anbieten von Flexibilitätspotenzialen ist zum einen manuell und zum anderen automatisch über die Vermarktungskomponente der Unternehmensplattform möglich. Sie stellt ein Bindeglied zwischen den Flexibilitätshandelservices und der Unternehmensplattform dar, wodurch das automatische Inserieren von Energieflexibilitätspotenzialen sowie deren Erbringung nach einer erfolgten Vermarktung ermöglicht wird. Diese technischen Lösungen zur Vermarktung von Flexibilitäten wurden von den Industrieunternehmen in einer fünfstufigen Skala von „sehr schlecht“ bis „sehr gut“ bewertet. Dabei wurde die automatische Inserierung von Flexibilitätsangeboten betreffend der Zuverlässigkeit, der Funktionalität und der Bedienfreundlichkeit mit „gut“ bis „sehr gut“ bewertet. Die alternative Möglichkeit über die manuelle graphische Eingabefläche fand nur bei einem der Industrieunternehmen Verwendung, wobei die Bewertung über alle Kriterien „gut“ ausfiel. Für das Anstoßen der Durchführung einer Flexibilitätsmaßnahme zu einem bestimmten Zeitpunkt gibt es wieder zwei Möglichkeiten: Zum einen die manuelle Ausführung, angestoßen durch eine Benachrichtigung per E-Mail – hier gab es „sehr gute“ Rückmeldungen bezüglich der Benutzerfreundlichkeit, da diese Form den

spezifischen Anwendungsfall des Industriepartners optimal unterstützte – und zum anderen automatisch über einen mit den relevanten Anlagen verbundenen Konnektor, bei welchem „gute“ bis „sehr gute“ Bewertungen vergeben wurden. Die Auswertung der Befragung hat ergeben, dass die Unternehmensplattform sowohl für nicht-energieintensive als auch energieintensive Unternehmen eine Lösung für unterschiedlichste Anwendungsfälle bietet, da Teilnehmende aus beiden Bereichen vertreten und zufrieden waren. Des Weiteren hat der konzeptionelle Testbetrieb gezeigt, dass die Unternehmensplattform und ihre Funktionen lauffähig sind. Es kann festgehalten werden, dass sowohl automatisches als auch manuelles Inserieren, wenn der Anwendungsfall es erfordert, möglich ist.

### **U3: Eine Dokumentation zur Anlagenanbindung und -steuerung ist für Fachkräfte zugänglich zu machen.**

Bei den Industrieunternehmen wurden unterschiedliche Anlagen, wie beispielsweise ein Power-to-Heat-System zur Wandlung von Strom in gespeicherte Wärme oder eine Lüftungsanlage einer Produktionshalle, im Kontext unterschiedlicher bestehender informationstechnischer Landschaften an die Unternehmensplattform angebunden. Aufgrund dieser Diversität kam es bei der Anlagenanbindung oftmals zu hohen Zeitaufwänden, da die anzubindenden Anlagen und die vorhandene Informationstechnik individuelle und somit unterschiedliche Schnittstellen aufwiesen. Einige Anlagen verfügten bereits über eine gute Konnektivität, andere nicht. Um dieser Herausforderung begegnen zu können und den Zeitaufwand für die Integration zu senken, muss der Prozess vereinfacht werden, Konnektoren der Unternehmensplattform für unterschiedliche Anlagensysteme zu erstellen. Hierfür ist eine transparente Dokumentation des Vorgehens zur Anbindung zu ergänzen. Die entsprechenden Fachkräfte, welche die Anlagenanbindung und -steuerung durchführen, müssen diese Dokumentation erhalten.

### **U4: Das Potenzial für weitere interne Optimierungen sollte nach der Inbetriebnahme der Unternehmensplattform überprüft werden.**

Es konnte festgestellt werden, dass die Unternehmensplattform zusätzliches Potenzial für interne unternehmensspezifische Optimierungen aufweist. Dabei handelt es sich um kurzfristig umsetzbare Maßnahmen, welche nach der Inbetriebnahme möglich sind. Durch die Visualisierung der Lastgänge von angebundenen Anlagen sowie die Verknüpfung mit zugehörigen Produktionsdaten findet eine Transparenzschaffung mithilfe der Plattformlösung statt. So erhält beispielsweise der Energieeinkauf einen Überblick der Energieflexibilitätspotenziale und kann diese in seiner Energiebeschaffung berücksichtigen, um Schwankungen am Markt auszunutzen. Die Plattformlösung wurde so konzeptioniert, dass Flexibilitäten nicht nur wie im konzeptionellen Testbetrieb mit dem Service „lokaler Flexibilitätshandel“ erprobt Anwendung finden, sondern auch auf durch das Unternehmen bereits adressierten Zielmärkten genutzt werden können. Weitere Maßnahmen zur Verbesserung des Autarkiegrads und der Eigenverbrauchsquote sind durch die Nutzung von entsprechenden Services der

Unternehmensplattform möglich. Um das volle Potenzial der Unternehmensplattform ausnutzen zu können, sollte deshalb nach der Inbetriebnahme überprüft werden, ob es spezifische Anwendungsfälle im Unternehmen gibt, die optimierbar sind, bzw. ob Services der Unternehmensplattform unterstützen können.

### **3.3 Services der Marktplattform**

Die Marktplattformservices ermöglichen es Unternehmen als Flexibilitätsanbieter an den Energiemärkten zu partizipieren und die zuvor identifizierten Energieflexibilitätspotenziale in Form von Flexibilitätsangeboten zu vermarkten. Zudem stehen Services zur Verfügung, die bei der Identifikation von Energieflexibilitäten und der optimalen Vermarktung unterstützen.

Im Zuge des konzeptionellen Testbetriebs wurde die Funktionalität der Marktplattformservices überprüft und deren nutzungsorientierte Ausrichtung analysiert. Bei diesen Tests wurden die Services „lokaler Flexibilitätshandel“, „Aggregatorflexibilitätshandel“ und „Flexibilitätseinsatzplanungstool“ konzeptionell getestet. Dazu wurden realitätsnahe Anwendungsfälle entwickelt und mit den Partnerunternehmen der Energieflexiblen Modellregion Augsburg konzeptionell durchlaufen. Die dabei entstandenen Lessons Learned zur Nutzung der Marktplattformservices (M1 bis M5) sind nachfolgend zusammengefasst.

**M1: Energie- und Projektmanager:innen sollten ausreichend Zeit für neue Nutzende einplanen, damit diese die Funktionen der Marktplattform und deren Services verstehen und anwenden können.**

Um eine optimale Nutzung der Marktplattform in vollem Umfang zu gewährleisten, müssen Basisanforderungen wie ein logischer Aufbau und verständliche Beschreibungen zu der Marktplattform selbst sowie zu den Services der Marktplattform erfüllt sein. Für Nutzende mit projektspezifischem Vorwissen ist eine intuitive Bedienung und Navigation möglich. Die konzeptionellen Tests zeigten jedoch auch auf, dass sich Nutzende, die noch keine Berührungspunkte mit der Marktplattform hatten, explizit mit den Funktionen der Marktplattform auseinandersetzen sollten, um diese verstehen und anwenden zu können. Darüber hinaus wird empfohlen, sich mit den unterstützenden anwendungsorientierten Beschreibungen und Kurzerklärungen zu den Services näher auseinanderzusetzen, um über die Marktplattform die passenden auszuwählen.

**M2: Für den zielgerichteten Einsatz der Marktplattformservices ist bei der verantwortlichen Person Fachwissen im Energiemanagement notwendig.**

In den konzeptionellen Tests stellte sich heraus, dass, um den Mehrwert der Marktplattformservices beurteilen zu können, interessierte Unternehmen über Fachwissen aus dem Energiemanagement verfügen sollten. Zum Beispiel wird bei der Erklärung und Nutzung der Services Grundwissen im Bereich des Energiemanagements vorausgesetzt. Ist in dem Unternehmen eine Fachkraft für Energiemanagement vorhanden, kann diese die ESP initial nach geeigneten

Services filtern und bei Unklarheiten Rückfragen an die Ansprechpersonen, die die einzelnen Services betreuen, adressieren.

**M3: Die ausgewählte Granularität der zu beschreibenden Flexibilitäten in einem Unternehmen sollte sich an den Flexibilitätsprodukten des lokalen Flexibilitätsmarktes orientieren.**

Der lokale Flexibilitätsmarkt dient als Marktplatz, auf dem Energieflexibilität gehandelt werden kann. Im Zuge der konzeptionellen Tests konnten mit den identifizierten Flexibilitätspotenzialen der testenden Unternehmen Flexibilitätsangebote erstellt und auf dem lokalen Flexibilitätsmarkt angeboten werden. In Vorbereitung auf eine Nutzung des lokalen Flexibilitätsmarktes müssen die Flexibilitäten bekannt und beschrieben sein sowie die relevanten Systeme an die Unternehmensplattform angebunden werden. Dabei sollte sich die Granularität der zu beschreibenden Flexibilitäten des Unternehmens an den Flexibilitätsprodukten des lokalen Flexibilitätsmarktes orientieren, da die angebotenen Flexibilitätsprodukte nicht beliebig feingranular sind. Die anschließend im konzeptionellen Test aktivierten Flexibilitäten konnten reibungslos in das unternehmensinterne Energiemanagement übernommen werden. Hervorzuheben ist, dass für die Kommunikation zwischen den testenden Unternehmen und dem lokalen Flexibilitätsmarkt Schnittstellen benötigt werden, um den gewünschten Flexibilitätseinsatz zu realisieren. Für diese effektive Anbindung des Services an das Energiemanagement wurden in jedem Fall Softwareentwickelnde und Projektverantwortliche des Unternehmens benötigt. Darüber hinaus wird die Zusammenarbeit mit den Serviceentwickelnden empfohlen.

**M4: Für den operativen Einsatz des Aggregatorflexibilitätshandels wird eine Person mit technischen Grundkenntnissen benötigt, um positive als auch negative Flexibilitäten auf dem Markt zu inserieren.**

Der Aggregatorflexibilitätshandel bietet, ähnlich wie der lokale Flexibilitätsmarkt, die Möglichkeit, kleinteilige Flexibilitäten über einen Aggregator an Energiebörsen oder als Regelleistung zu vermarkten. Zum Aufsetzen und Anwenden des Services ist eine vorherige Registrierung beim Serviceanbieter notwendig, um die Serviceanleitung und einen Zugang zum Service zu erhalten. Analog zum lokalen Flexibilitätsmarkt werden für die initiale Registrierung, den Aufbau der Unternehmensplattform, die Beschreibung der Flexibilitäten und die Anbindung des Services Softwareentwickelnde sowie Projektverantwortliche benötigt. In der operativen Nutzung des Services wird nur eine Person zur Fortführung benötigt, welche zur erfolgreichen Nutzung des Services technische Grundkenntnisse besitzen sollte. Sind diese vorhanden, ist das Dashboard des Services intuitiv bedienbar. Die Dateneingabe kann entweder manuell vorgenommen werden – was unter Umständen bei feingranularen Flexibilitäten einen Mehraufwand darstellt – oder mithilfe einer CSV-Datei aus der Unternehmensplattform geschehen. Dabei können die identifizierten Flexibilitäten mit den verfügbaren Produkten abgebildet werden. Die Granularität der Flexibilitätsprodukte passte im konzeptionellen Testbetrieb zu den

unternehmensinternen Flexibilitäten, wobei dies analog zum lokalen Flexibilitätsmarkt individuell je Unternehmen geprüft werden sollte. Es sind sowohl positive als auch negative Flexibilitätsangebote möglich. Werden die angebotenen Flexibilitäten aktiviert, so können diese laut den nutzenden Personen aus der Industrie reibungslos in die Produktionsplanung übernommen werden und langfristig von einer Person mit technischen Grundkenntnissen gepflegt werden.

**M5: Zur Identifikation beeinflusster Rahmenbedingungen ist eine Analyse mithilfe des Flexibilitätseinsatzplanungstools mit historischen Strompreisdaten zu empfehlen.**

Das Flexibilitätseinsatzplanungstool hat zum Ziel, eine kostenoptimale Produktionsplanung unter Berücksichtigung der Strompreise zu erstellen. Mithilfe historischer Strompreisdaten sollte eine Analyse zur Evaluation der flexiblen Einsatzplanung durchgeführt und es sollten damit mögliche beeinflusste Rahmenbedingungen identifiziert werden. Bei der simulativen Analyse einer Einsatzplanung mit historischen Strompreisdaten können bspw. Auswirkungen auf die Personalplanung, die Produktionsabläufe und mögliche auftretende Komplikationen identifiziert werden. Im Zuge des konzeptionellen Testbetriebs konnte das Flexibilitätseinsatzplanungstool mit historischen Daten getestet werden. Um den vollen Funktionsumfang des Flexibilitätseinsatzplanungstools nutzen zu können, wird das Tool um Strompreisprognosen des Prognosedienstes ergänzt. Die Einbindung von Strompreisprognosen in das Flexibilitätseinsatzplanungstool eröffnet weitere Einsatzmöglichkeiten.

### **3.4 Kontinuierlicher Energieflexibilitätshandel mit der Energiesynchronisationsplattform**

Nach der erfolgreichen Identifikation von Energieflexibilitätspotenzialen, der Inbetriebnahme der Unternehmensplattform und der Auswahl von Services der Marktplattform (Abschnitte 3.1 bis 3.3) ist es Unternehmen möglich, am Energieflexibilitätshandel teilzunehmen. Die Analyse und die Auswertung des konzeptionellen Testbetriebs haben gezeigt, dass der Handel mit Energieflexibilität nur dann langfristig möglich ist, wenn neben der technischen Befähigung von Unternehmen auch die Interessen des betroffenen Personals möglichst früh adressiert werden.

Im Folgenden sind die zentralen Erkenntnisse hinsichtlich des Energieflexibilitätshandels (H1 bis H4) aufgeführt, die im Rahmen von Workshops und Interviews während des konzeptionellen Testbetriebs aufgenommen wurden.

**H1: Alle relevanten Stakeholder sind bereits zu Projektbeginn einzubinden.**

Für die langfristige Umsetzung eines energieflexiblen Betriebs in Unternehmen sollten alle relevanten Unternehmensbereiche zu Projektbeginn identifiziert werden. Neben den produktionsnahen Bereichen, die in die technische Umsetzung involviert sind, sind der Energieeinkauf für die Entwicklung eines geeigneten Angebotspreises sowie die Rechtsabteilung für rechtliche

Handelsfragen einzubinden. Darüber hinaus stellt die Befähigung zum Handel mit Energieflexibilität für viele Unternehmen einen Paradigmenwechsel hinsichtlich des Stellenwertes der Energie und deren Beschaffung dar. Um diese Änderungen langfristig und resilient in Unternehmen zu integrieren, sollten betroffene Mitarbeitende und die Unternehmenskultur adressiert werden. Hierfür kann beispielsweise ein strukturiertes Change-Programm initiiert werden, in welchem mit allen relevanten Stakeholdern die organisatorische Integration des Flexibilitätshandels gemeinsam gestaltet wird.

### **H2: Mögliche Auswirkungen auf den Arbeitsplatz sind frühzeitig zu untersuchen.**

In einem Anwendungsfall mit direktem Mitarbeitendenkontakt wie beispielsweise dem energieflexiblen Lademanagement konnte aufgrund von Bedenken hinsichtlich der Einhaltung des Datenschutzes nur eine geringe Nutzungsakzeptanz beobachtet werden. Aus diesem Grund sind neben organisatorischen Änderungen mögliche Auswirkungen auf die Arbeitsumgebung früh im Projekt mit Fachleuten aufzunehmen und hinsichtlich der möglichen Auswirkungen zu evaluieren. Neben diesen sichtbaren Veränderungen sollten nicht-sichtbare Veränderungen wie die Wahrnehmung und die Bedürfnisse der Mitarbeitenden hinreichend untersucht werden. Über geeignetes Informationsmaterial sind die Arbeitsplatzauswirkungen durch die Umstellung auf einen energieflexiblen Betrieb transparent zu kommunizieren, um ein mögliches Ressentiment gegenüber der Nutzung von Energieflexibilität innerhalb des Unternehmens präventiv zu verhindern.

### **H3: Mitarbeitende sollten möglichst früh einen Einblick in die Funktionen der ESP bekommen.**

Die ersten Erkenntnisse aus der Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen deuten darauf hin, dass der Flexibilitätshandel mittels ESP auch für Erstanwendende einfach durchzuführen ist. Im konzeptionellen Testbetrieb wurde der Handelsprozess mittels ESP als besonders intuitiv und die Arbeit mit der ESP als besonders nutzungsfreundlich bezeichnet. Die finale Befähigung von Unternehmen von der initialen Energieflexibilitätpotenzialerhebung über die Installation der Unternehmensplattform bis zum Start des Produktivbetriebs des Energieflexibilitätshandels kann je nach Projektauslastung viel Zeit in Anspruch nehmen. Daher ist es möglich, dass das Zielbild aus dem Fokus der Mitarbeitenden gerät. Um die Motivation über diesen Prozess hinweg aufrecht zu erhalten, wird daher ein früher Kontakt zur ESP beispielsweise in Form eines ersten unternehmensinternen Workshops empfohlen. In diesem Workshop können die relevanten Stakeholder einen Einblick in die Nutzungsfreundlichkeit der Plattform und in die intuitive Durchführung des Energieflexibilitätshandels erhalten.

**H4: Die Energiekosten sollten als weitere Zielgröße im Unternehmenskontext etabliert werden.**

Die Entscheidung, ob Unternehmen und Mitarbeitende die Teilnahme am Energieflexibilitäts-handel unterstützen, wird durch die Auswirkungen des energieflexiblen Betriebs auf die Erreichung der gesetzten Ziele des Unternehmens und der Mitarbeitenden dominiert. Insbesondere Stakeholder aus den produzierenden Bereichen gaben an, dass die Bereitstellung von Energieflexibilitätsangeboten deutlich den wirtschaftlichen Zielen wie der Durchlaufzeitoptimierung untergeordnet ist und mehrheitlich als unattraktive Steuerungsgröße wahrgenommen wird<sup>1</sup>. Darüber hinaus befürchteten die Mitarbeitenden, dass die Bereitstellung und die Nutzung von Energieflexibilität einen möglichen Zielkonflikt mit Energieeffizienzansätzen hervorrufen, da der energieflexible Anlagenbetrieb zu einem erhöhten Energieverbrauch führen kann. Aus diesem Grund sind die notwendigen Investitions- und Betriebskosten aus Perspektive der Produktion und des Energieeinkaufs frühzeitig im Projektverlauf aufzunehmen. Es wird empfohlen, weitere unternehmensinterne Einsatzmöglichkeiten der Energieflexibilität zu adressieren, welche die Erreichung von Unternehmenszielen unabhängig vom Energieflexibilitätshandel unterstützen. Zur Vermeidung von Zielkonflikten mit anderen Interessen des Unternehmens sind mögliche Konfliktpotenziale möglichst frühzeitig zu identifizieren und geeignete Zielvorgaben festzulegen.

---

<sup>1</sup> Die Aussagen wurden vor der Energiekrise des Jahres 2022 aufgenommen.

## 4 Fazit

Die durch erneuerbare Energien ausgelösten Volatilitäten in der Stromerzeugung erfordern neben dem Einsatz von Speichermöglichkeiten und dem Ausbau der Stromnetze ebenso die Flexibilisierung der Nachfrage. Diese Flexibilisierung wird im Rahmen des Kopernikus-Projekts SynErgie mit dem Fokus auf energieintensive Verbraucher in der Industrie untersucht. Hierfür wurde innerhalb des Projekts die ESP als übergreifende Plattform, bestehend aus mehreren Unternehmensplattformen und der Marktplattform, für die Identifikation und Vermarktung von Energieflexibilitätpotenzialen entwickelt.

Die Beobachtungen zur Potenzialermittlung der Energieflexibilität in den Unternehmen lassen drei entscheidende Schlussfolgerungen zu: Bei der Potenzialermittlung ist es nicht entscheidend, welches Vorgehen angewendet wird, jedoch müssen übergreifende Projektteams die Betriebsweise der Anlagen und Prozesse genau untersuchen. Für alle weiteren Schritte nach der Potenzialermittlung hin zu einer Vermarktung muss ein umfangreiches Wissen über die Anlagen und Prozesse vorliegen. Es konnte kein unterschiedlicher Aufwand bei der Potenzialermittlung zwischen energieintensiver Produktion, nicht-energieintensiver Produktion und nicht-produzierenden Unternehmen erkannt werden.

Es hat sich gezeigt, dass die Inbetriebnahme einer Unternehmensplattform als zentraler Baustein für den Handel mit Energieflexibilität mit einem moderaten Aufwand verbunden ist. Eine Erkenntnis dieser Inbetriebnahme war, dass ausführliche Abstimmungen des Unternehmens mit externen Dienstleistern nötig sind, um die individuelle Systemlandschaft an die Plattformlösung koordiniert anzubinden. Zudem konnte aufgezeigt werden, dass ein automatisches Insrieren von Potenzialen über die Plattformlösung unterstützt wird und eine Überprüfung der internen Abläufe zur zusätzlichen Nutzung von Flexibilitätpotenzialen sinnvoll ist.

Zur Evaluation der Marktplattform und ihrer Services wurden realitätsnahe Anwendungsfälle entwickelt und ein konzeptioneller Test gemeinsam mit den Partnerunternehmen der Energieflexiblen Modellregion Augsburg durchgeführt. Beim Einrichten der Marktplattformservices ist zu empfehlen, ausreichend Zeit für die Analyse und Anpassung der zu identifizierenden Flexibilitäten bereitzustellen, um die Granularität der Flexibilitäten an den Service und umliegende Rahmenbedingungen zu adaptieren. Nach der ausführlichen Einarbeitungszeit in Zusammenarbeit mit den Servicedienstleistern wurde bei den testenden Unternehmen lediglich eine Person mit Fachwissen im Bereich Energiemanagement für den operativen Einsatz benötigt.

Der konzeptionelle Testbetrieb des kontinuierlichen Energieflexibilitätshandels hat gezeigt, dass neben der technischen Befähigung eines Unternehmens die relevanten Stakeholder möglichst früh einzubinden sind, um den Handelsprozess langfristig in einem Unternehmen zu etablieren. Die bisher umgesetzten Funktionen der ESP sind für die Befähigung zum Energieflexibilitätshandel geeignet und bieten Unternehmen eine gute Möglichkeit zur Partizipation an den Energieflexibilitätsmärkten.

Mit der ESP und den dazugehörigen Unternehmensplattformen und der Marktplattform wird die Flexibilisierung der Nachfrage bei Industrieunternehmen ermöglicht. Für die erfolgreiche Etablierung des Energieflexibilitätshandels in einem Unternehmen müssen Energie- und Projektmanager:innen die Flexibilisierung des Unternehmens ganzheitlich betrachten. Hierbei unterstützen die Lessons Learned bei einer zielgerichteten Befähigung zum Handel mit Energieflexibilitäten.

## 5 Literatur

BANK, L., D. BRANDT, M. BRUGGER, A. GRIGORJAN, D. HARMAN, M. LINDNER, S. ROTH, H.-M. STREHLE und O. YESILYURT, 2020. Services der Unternehmensplattform – Unternehmensplattform [online] [Zugriff am: 21. Oktober 2022]. Verfügbar unter: <https://synergie-projekt.de/wp-content/uploads/2020/08/Services-Unternehmensplattform.pdf>

BAUERNHANSL, T., A. SAUER, C. KAYMAKCI, SCHLERETH ANDREAS, J. SCHILP, J. KALCHSCHMID, M. WEIGOLD, M. LINDNER, M.F. ZÄH, J. SCHULZ, J. SCHIMMELPFENNIG und C. WINTER, 2021. *Demonstratoren der Energiesynchronisationsplattform* [online]. Diskussionspapiere V4 [Zugriff am: 18. November 2022]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/IGCV-N-642373>

BERTSCH, J., H. SCHWETER, A. SITZMANN, H.U. BUHL, G. FRIDGEN, M.-F. KÖRNER, A. MICHAELIS, V. RÄGO, T. SACHS, M. SCHÖPF und P. SCHOTT, 2019. *Ausgangsbedingungen für die Vermarktung von Nachfrageflexibilität. Status-Quo-Analyse und Metastudie* [online]. 2. Auflage [Zugriff am: 21. Dezember 2022]. Verfügbar unter: [https://synergie-projekt.de/wp-content/uploads/2020/09/SynErgie\\_Metastudie\\_Vermarktung.pdf](https://synergie-projekt.de/wp-content/uploads/2020/09/SynErgie_Metastudie_Vermarktung.pdf)

BUHL, H.U., S. DUDA, P. SCHOTT, M. WEIBELZAHN, S. WENNINGER, M. WEIGOLD, M. LINDNER, G. FRIDGEN, S. POTENCIANO MENCI, M. SCHÖPF und C. VAN STIPHOUDT, 2021. *Energieflexibilitätsdatenmodell der Energiesynchronisationsplattform* [online]. Diskussionspapiere V4 [Zugriff am: 18. November 2022]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/IGCV-N-642370>

BÜHNER, V., C. JOHNSÉN, S. POTENCIANO MENCI und C. VAN STIPHOUDT, 2021. Services der Marktplattform – Steckbriefe [online] [Zugriff am: 21. Oktober 2022]. Verfügbar unter: <https://synergie-projekt.de/wp-content/uploads/2020/08/Services-Marktplattform.pdf>

BUNDESNETZAGENTUR, 2019. Quartalsbericht Netz und Systemsicherheit – Gesamtes Jahr 2019 [online] [Zugriff am: 24. August 2022]. Verfügbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2020/Quartalszahlen\\_Gesamtjahr\\_2019.pdf;jsessionid%3D428D1346A257560AA97AEDBA55204D61%3F\\_\\_blob%3DpublicationFile%26v%3D9](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2020/Quartalszahlen_Gesamtjahr_2019.pdf;jsessionid%3D428D1346A257560AA97AEDBA55204D61%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D9)

BUNDESREGIERUNG, 2022a. *Ausbau erneuerbarer Energien | Bundesregierung* [online] [Zugriff am: 21. Oktober 2022]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/novellierung-des-eeg-gesetzes-2023972>

BUNDESREGIERUNG, 2022b. *Klimaschutzgesetz: Klimaneutralität bis 2045 | Bundesregierung* [online]. 2022 [Zugriff am: 21. Oktober 2022]. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672>

FRAUNHOFER IPA, 2022. *Energiesynchronisationsplattform – Energieflexibilität nutzen und zur Energiewende beitragen* [online] [Zugriff am: 21. Oktober 2022]. Verfügbar unter: <https://synergie-projekt.de/news/video-zeigt-funktionsweise-und-vorteile-der-energiesynchronisationsplattform>

FRIDGEN, G., S. POTENCIANO MENCI, C. VAN STIPHOUDT, J. SCHILP, J. KÖBERLEIN, T. BAUERNHANSL, A. SAUER, A. GRIGORJAN, D. SCHEL, SCHLERETH ANDREAS, F. SCHULZ, M. WEIGOLD, M. LINDNER, J. SCHIMMELPFENNIG und C. WINTER, 2021. *Referenzarchitektur der Energiesynchronisationsplattform* [online]. Diskussionspapiere V4 [Zugriff am: 18. November 2022]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/IGCV-N-642369>

- SAUER, A., E. ABELE und H.U. BUHL, Hg., 2019. *Energieflexibilität in der deutschen Industrie. Ergebnisse aus dem Kopernikus-Projekt – Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung | SynErgie*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag. ISBN 978-3-8396-1479-2.
- SAUER, A., H.U. BUHL, A. MITSOS und M. WEIGOLD, Hg., 2022. *Energieflexibilität in der deutschen Industrie. Band 2: Markt- und Stromsystem, Managementsysteme und Technologien energieflexibler Fabriken* [online]. Stuttgart: Fraunhofer Verlag. ISBN 978-3-8396-1778-6 [Zugriff am: 18. November 2022]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/publica-258>
- SCHEL, D., D. BAUER, F.G. VAZQUEZ, F. SCHULZ und T. BAUERNHANSL, 2018. IT Platform for Energy Demand Synchronization Among Manufacturing Companies [online]. *Procedia CIRP*, 72, 826-831. ISSN 22128271. Verfügbar unter: doi:10.1016/j.procir.2018.03.237
- SCHILP, J., L. BANK, J. KÖBERLEIN, T. BAUERNHANSL, A. SAUER, C. KAYMAKCI, h. EIGENBROD, G. FRIDGEN, S. POTENCIANO MENCI, R. BAHMANI, M. SCHÖPF, C. VAN STIPHOUT, M. WEIGOLD und M. LINDNER, 2021a. *Optimierung auf der Energiesynchronisationsplattform* [online]. Diskussionspapiere V4 [Zugriff am: 18. November 2022]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/IGCV-N-642371>
- SCHILP, J., L. BANK, J. KÖBERLEIN, T. BAUERNHANSL, A. SAUER, G. FRIDGEN, S. POTENCIANO MENCI, M. WEIGOLD, M. LINDNER und A. OEDER, 2021b. *Executive Summary: Konzept der Energiesynchronisationsplattform* [online]. Diskussionspapiere V4 [Zugriff am: 18. November 2022]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/IGCV-N-642368>
- TRISTÁN, A., F. HEUBERGER und A. SAUER, 2020. A Methodology to Systematically Identify and Characterize Energy Flexibility Measures in Industrial Systems [online]. *Energies*, 13, 1-35. *Energies*. Verfügbar unter: doi:10.3390/en13225887
- UMWELTBUNDESAMT, 2022a. *Branchenabhängiger Energieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes* [online]. 16. März 2022 [Zugriff am: 16. November 2022]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/industrie/branchenabhaengiger-energieverbrauch-des#der-energiebedarf-deutschlands>
- UMWELTBUNDESAMT, 2022b. *Primärenergieverbrauch* [online]. 25. März 2022 [Zugriff am: 21. Oktober 2022]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergieverbrauch#definition-und-einflussfaktoren>
- UNITED NATIONS, 2015. Transforming our world: The 2030 Agenda for sustainable development [online] [Zugriff am: 21. Oktober 2022]. Verfügbar unter: [https://synergie-projekt.de/wp-content/uploads/2020/08/Diskussionspapier\\_ESP-Referenzarchitektur.pdf](https://synergie-projekt.de/wp-content/uploads/2020/08/Diskussionspapier_ESP-Referenzarchitektur.pdf)
- VDI 5207 Blatt 1:2020, *Energieflexible Fabrik – Grundlagen*. Berlin: Beuth Verlag.
- VDI 5207 Blatt 2:2021, *Energieflexible Fabrik – Identifikation und technische Bewertung (Entwurf)*. Berlin: Beuth Verlag.
- VDI 5207 Blatt 3:2023, *Energieflexible Fabrik – IT-Infrastruktur zum Betrieb energieflexibler Fabriken. (Voraussichtlich 2023)* Berlin: Beuth Verlag.
- VDI, 2021. *Energieflexibel in die Zukunft – Wie Fabriken zum Gelingen der Energiewende beitragen können* [online]. VDI. Düsseldorf [Zugriff am: 18. November 2022]. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/fit-n-638765>

