

*Das Kopernikus-Projekt SynErgie*

# LEITFADEN FÜR DIE UMSETZUNG ENERGIEFLEXIBLER IIOT-PLATTFORMEN

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

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Evaluationsleitfaden

Autoren:

Andreas Schlereth	Fraunhofer IPA
Matthias Stöhr	Fraunhofer IPA
Can Kaymakci	EEP, Universität Stuttgart
Elisa Drießen	GFT
Tobias Birkle	GFT
Robert Tordy	VFK AG
Jörg Junge	VFK AG
Christian Winter	Software GmbH
Jens Schimmelpfennig	Software GmbH

Version 1.0

# Inhalt

<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>Vorstellung UP-Architektur und -Funktionalität</b> .....	<b>6</b>
Kontextabgrenzung .....	6
Komponentenübersicht.....	8
Komponentenbeschreibung.....	11
<b>Vorstellung der Vorgehensweise zur GAP-Analyse</b> .....	<b>17</b>
<b>Template zur GAP-Analyse</b> .....	<b>19</b>
Generelle Betriebsanforderungen .....	20
Grundlegende nicht-funktionale Anforderungen .....	20
Anforderungen an die grundlegenden Funktionen einer IIoT-Plattform .....	23
Anforderungen zur Realisierung von Energieflexibilität .....	29
Anforderungen bzgl. der Verwendung des Energieflexibilitätsdatenmodells .....	29
Anforderungen an das Management von Energieflexibilität .....	31
Anforderungen an die Energieflexibilitätsvermarktung .....	32
Anforderungen bzgl. zusätzlicher Services.....	35
Anforderungen an einen Testbetrieb .....	36
Energiewirtschaftsspezifische Anforderungen .....	37
Energiewirtschaftsspezifische Anforderungen .....	37
Anforderungen an die Sicherheit .....	38
Sicherheitsanforderungen an UP-Betreiber und Infrastruktur.....	38
Sichere Funktionsweise der UP.....	40
Sichere Kommunikation mit der Marktseite (Informationsdienste; Flexibilitätsvermarktung; flexibilitätsbezogene Mehrwertdienste).....	43
<b>Nächste Schritte und Hilfestellungen</b> .....	<b>45</b>
Handlungsempfehlungen für IIoT-Plattform-Anbieter:.....	45
Übersicht vorhandener Serviceentwicklungen aus dem SynErgie-Projekt .....	48
Entwickelte UP-Services .....	49
Entwickelte MP Services .....	53
<b>Abschluss und Ausblick</b> .....	<b>55</b>
<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>56</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kontextabgrenzung der Unternehmensplattform .....	7
Abbildung 2: Komponentenübersicht .....	9
Abbildung 3: Beispielhafte Gap-Analyse .....	18

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kernkomponenten der UP .....	11
Tabelle 2: Optionale Komponenten der UP.....	13
Tabelle 3: SynErgie UP Services aus SynErgie 1 und 2.....	49
Tabelle 4: SynErgie MP Services aus SynErgie 1 und 2 .....	53

# Einleitung

Als Teil der Kopernikus-Projekte hat das Gesamtprojekt SynErgie zum Ziel, bis 2026 alle technischen und marktseitigen Voraussetzungen in Einklang mit rechtlichen und sozialen Aspekten zu schaffen, um den Energiebedarf der deutschen Industrie effektiv mit dem volatilen Energieangebot zu synchronisieren. Das Projekt „Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung“ – kurz „SynErgie“ – leistet durch Innovationen einen maßgeblichen Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende. Hierfür erweitert SynErgie die bisherigen umfangreichen Maßnahmen der deutschen Industrie zur Energieeffizienz um den Aspekt der Energieflexibilität/Nachfrageflexibilität. Dieser Ansatz soll den Energiebedarf von Produktionsprozessen auf effiziente Weise mit dem fluktuierenden Energieangebot synchronisieren.

Dabei hat sich SynErgie vier zentralen Themenfeldern gewidmet: Flexibilitätstechnologieentwicklung, Flexibilitätsumsetzung, Flexibilitätsautomatisierung und Flexibilitätsvermarktung. Die Flexibilitätstechnologieentwicklung erforscht Methoden zur Befähigung von Produktionstechnologien zur Bereitstellung von Flexibilität. Die Flexibilitätsumsetzung implementiert diese Konzepte durch Pilotprojekte in der Industrie. Die Flexibilitätsautomatisierung standardisiert die notwendigen Plattformen und Datenmodelle. Die Flexibilitätsvermarktung, schließlich, schafft die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die industrielle Energieflexibilität.

Das Forschungsvorhaben führt zu besseren Konditionen der Energiebeschaffung für die Unternehmen und erschließt für das Stromsystem zusätzliche und leicht verfügbare Flexibilitätskapazitäten. Die Ertüchtigung vorhandener sowie die Erschließung neuer Flexibilitätspotenziale durch innovative und neuartige technische Lösungen bildet die Grundlage, auf der die Energiesynchronisationsplattform aufbaut. Diese steuert und überwacht die Energieverteilung innerhalb des Produktionssystems und reagiert hochdynamisch auf Flexibilitätsanforderungen des Stromsystems. Um den Energiebedarf kostenoptimal decken zu können, nehmen die Unternehmen aktiv am Strommarkt teil und beeinflussen prädiktiv die Produktionsplanung. In den Industrierwerken wird Flexibilität zu einem frei wählbaren Automatisierungsgrad in Angebote für das Stromsystem übersetzt und effizient vermarktet. Integriert werden die technischen Lösungen und die ökonomische Betrachtung mit sozialen und ökologischen Aspekten.

Der vorliegende Leitfaden ist ein Ergebnis des Stranges Flexibilitätsautomatisierung. Im Zentrum der Flexibilitätsautomatisierung steht die [Energiesynchronisationsplattform](#) (ESP), die sich aus Unternehmens- und Marktplattform, kurz UP und MP, zusammensetzt. Ein Fokus liegt in der Implementierung und **Validierung** der Energiesynchronisationsplattform in der Systemlandschaft von Industrieunternehmen. Eine wichtige Rolle spielt hierbei das Energieflexibilitätsdatenmodell (EFDM). Dieses schafft einen Standard, der Übertragbarkeit und Automatisierung gewährleistet. Ziel ist die Weiterentwicklung der Unternehmensplattform und ausgewählter marktseitiger Services im Hinblick auf eine generelle Übertragbarkeit. Diese erfolgt beispielsweise zusammen mit produzierenden Unternehmen oder Softwareentwicklern.

Ein konkretes Ergebnis aus der Zusammenarbeit in Förderphase 3 mit dem Partner GFT ist im Rahmen der Validierung der vorliegende Leitfaden, um Anbietern – sowohl innerhalb als auch außerhalb des SynErgie-Konsortiums – eine klare Orientierung zu bieten, wenn es darum geht, eine digitale Plattform für die Automatisierung und Vermarktung von Energieflexibilität zu erstellen. Insbesondere richtet er sich an Anbieter mit bestehenden IIoT-Plattformen, die diese erweitern oder anpassen möchten. Der Leitfaden identifiziert Schlüsselbereiche, die bei der Plattformentwicklung zu beachten sind, und unterstützt so deren effektive Implementierung. Er ist als wertvolle Ressource gedacht, um ein tieferes Verständnis der Anforderungen und Chancen im Bereich der Flexibilitätsplattformen zu gewinnen.

Der Aufbau gliedert sich dabei wie folgt: Zunächst wird die Architektur einer Unternehmensplattform samt ihrer Funktionalität dargestellt. Basis sind dabei die Arbeiten zur Referenzarchitektur im entsprechenden Arbeitspaket. Anschließend wird die Vorgehensweise zur GAP-Analyse vorgestellt und im darauffolgenden Template näher beschrieben. Hierbei sind ebenfalls die wichtigsten Anforderungen gelistet. Abschließend erfolgt eine Auflistung nächster Schritte und Handlungsempfehlungen für IIoT-Plattform-Anbieter inklusive einer tabellarischen Auflistung bisher entwickelter Services aus den ersten beiden Förderphasen.

Die Fülle an Inhalten kann überfordernd sein. Daher bieten wir eine Übersicht der vorhandenen Dokumentation, die als Grundlage für eine effektive Einarbeitung in die Energiesynchronisationsplattform des Forschungsprojekts SynErgie dient. Basierend auf der Ist-Aufnahme der bestehenden Dokumentation haben wir eine empfohlene Lesereihenfolge entwickelt, die Ihnen hilft, die Konzepte und Systeme schrittweise zu verstehen und anzuwenden.

Empfohlene Lesereihenfolge bei der Einarbeitung:

1. [Einführungsvideo zur Energiesynchronisationsplattform \(ESP\)](#) – Das Video erklärt die Funktionsweise und die Vorteile der ESP auf verständliche Weise für Neueinsteiger.
2. [VDI-Blätter Reihe 5207](#) – insbesondere Blatt 3 „IT-Infrastruktur zum Betrieb energieflexibler Fabriken“: Die Blätter der Reihe 5207 geben eine umfassende Einführung in das Thema der Energieflexibilität, angefangen von den Grundbegriffen bis hin zur IT-Infrastruktur.
3. [Security Guide](#) (05.2022) –Wichtige Sicherheitsaspekte bei der Implementierung und dem Betrieb einer UP.
4. Referenzarchitektur aus SynErgie3 – In SynErgie 3 wird aktuell eine erweiterte Referenzarchitektur für die Unternehmensplattform erstellt. Diese umfasst Beschreibung der Kernkomponenten, Kommunikation zwischen den Kernkomponenten sowie Datenmodelle und standardisierte Außenschnittstellen. Die erweiterte Referenzarchitektur ist noch nicht öffentlich zugänglich. Bei Interesse wenden Sie sich an die Koordinierungsstelle des SynErgie-Projekts. Das Kapitel „Vorstellung UP-Architektur und -Funktionalität“ zeigt einen Auszug daraus.

Ergänzend dazu empfehlen wir weitere Veröffentlichungen aus SynErgie. Diese müssen nicht vorab gelesen werden, dienen aber der weiteren Einarbeitung in Themen rund um die Ausgestaltung des zukünftigen Energiesystems und den Beitrag, den SynErgie dazu leistet:

1. SynErgie-Fachbücher (geben eine fundiert aufbereitete Zusammenfassung der Arbeiten über das gesamte Projekt SynErgie)
  - a. [Band 1](#): Überblick über Förderphase 1 - Für Informationen zum Strommarkt kann hier insbesondere Kapitel A.2.2 konsultiert werden sowie folgende [Kurzdarstellung](#)
  - b. [Band 2](#): Überblick über Förderphase 2 - Letzte und aktuelle Auflage
2. [Leitfaden zur Energiesynchronisationsplattform](#) (Version 1.0): Der Leitfaden wurde geschrieben, um einen einfachen Zugang zum Thema Energiesynchronisationsplattform zu schaffen. Der Stand entspricht dem Ende von Förderphase 2 (vgl. Fachbuch Band 2).
3. Ältere Dokumente wie die „[Diskussionspapiere \(v4\)](#)“: Diese Dokumente geben historische und konzeptionelle Kontextinformationen und können als Hintergrundmaterial dienen, repräsentieren aber nicht unbedingt den aktuellen Entwicklungsstand im SynErgie-Projekt.

## Vorstellung UP-Architektur und -Funktionalität

Dieses Kapitel präsentiert einen Auszug aus der Referenzarchitektur der Unternehmensplattform (Version 0.1). Es soll ein grundlegendes Verständnis für den Aufbau einer Unternehmensplattform vermitteln und kann als Architektur-Blueprint genutzt werden. Auf dieser Grundlage lassen sich vorhandene Gaps identifizieren und die nötigen Entwicklungsschritte für die eigene Plattforminstanz planen.

Die Referenzarchitektur der Unternehmensplattform (UP) als Teil der Energiesynchronisationsplattform (ESP) beschreibt ein Modellmuster für die Ableitung konkreter Architekturinstanzen. Grundlegende Annahme dabei ist, dass eine Unternehmensplattform auf Basis einer etablierten IIoT-Plattform aufgebaut werden kann. Eine generelle Übertragbarkeit der UP-Referenzarchitektur auf etablierte IIoT-Plattformen ist angestrebt. Damit unterstützt die UP-Referenzarchitektur Plattform-Betreiber und -Entwickler bei der Transformation ihrer Plattform hin zu einer Unternehmensplattform für energieflexible Fabriken, von der Erfassung und Vermarktung von Energieflexibilität bis hin zu deren Erbringung.

### Kontextabgrenzung

Eine **Unternehmensplattform (UP)** ist das informations- und kommunikationstechnische System innerhalb eines Unternehmens, durch welches Unternehmen zum automatisierten Energieflexibilitätshandel, zur Optimierung des Energieeinsatzes und zum energieflexiblen Betrieb der Produktion befähigt werden. Dazu ermöglicht eine UP die Aufnahme der energieflexibilitätsrelevanten Daten durch Integration von Unternehmenssystemen (Maschinen, Anlagen, MES, ...) und Ableitung der entsprechenden Energieflexibilitäten. Sie schafft damit Transparenz über die vorhandenen Flexibilitäten und die Voraussetzung zur deren Erbringung durch Steuerung und Regelung der angebotenen Systeme. Auf dieser Basis ermöglicht eine UP zum einen unternehmens- oder marktseitige Optimierung zur Umsetzung des energieflexiblen Betriebs der Produktion. Zum anderen eine Integration mit Vermarktungsservices zur Flexibilitätsvermarktung, sowie die Umsetzung nachgelagerter Prozesse zur Erbringung und Protokollierung von beauftragten Flexible-Last-Maßnahmen. Für die Realisierung weiterer unternehmensspezifischer Anwendungsfälle im Rahmen eines energieflexiblen Betriebs schafft die UP zudem die informations- und kommunikationstechnische Basis, individuelle Services zu integrieren und mit anderen UP-Services zu verbinden. Eine UP muss dabei einen sicheren und stabilen Betrieb ermöglichen.

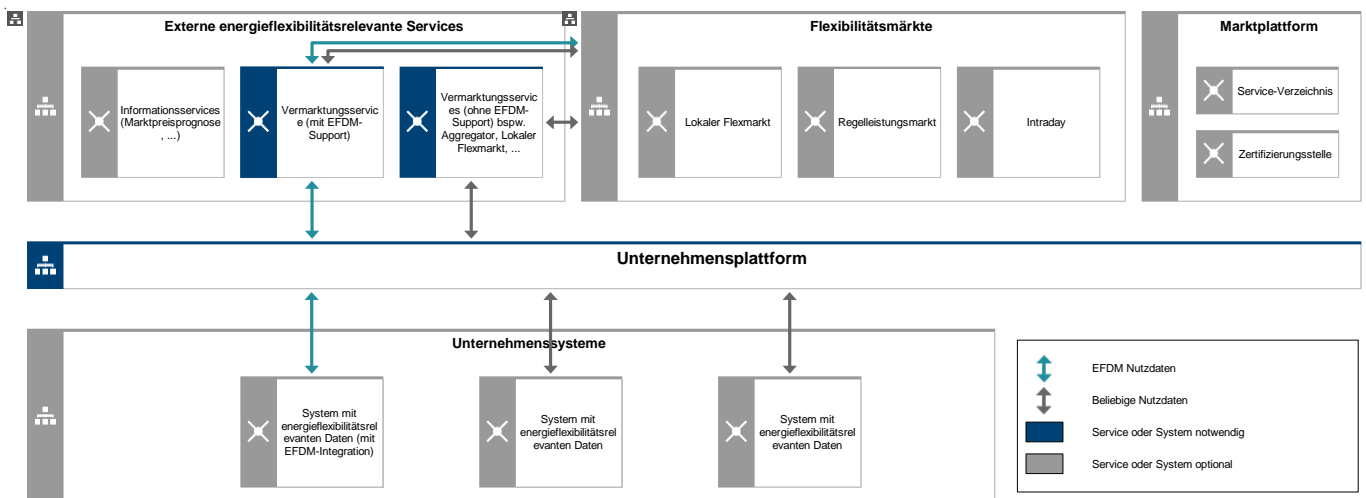


Abbildung 1: Kontextabgrenzung der Unternehmensplattform

Eine UP interagiert dabei mit verschiedenen Nachbarsystemen (siehe Abbildung 1). Der Verbund zwischen UP und Nachbarsystemen wird auch als ESP bezeichnet. Die Nachbarsysteme lassen sich dabei in vier Gruppen einteilen:

### 1. Unternehmenssysteme mit energieflexibilitätsrelevanten Daten:

Diese Systeme sind Systeme des Unternehmens wie Maschinen und Anlagen, oder auch übergeordnete Unternehmenssysteme wie MES oder ERP-Systeme. Dabei steht im Vordergrund, dass die Systeme relevant für den energieflexiblen Ablauf der Produktion sind. Sie werden dazu über eine standardisierte Schnittstelle (EFDM-Interface) oder Konnektoren (mit oder ohne EFDM-Mapping) an die UP angebunden. Erstens wird damit die Aufnahme, Zusammenführung, Analyse und Optimierung der Daten zur Ableitung von Flexibilitäten ermöglicht. Zweitens können die angebotenen Systeme zur Erbringung der Flexibilitäten gesteuert und geregelt werden.

### 2. Externe energieflexibilitätsrelevante Services:

Auch externe Systeme werden mit der UP integriert, um den energieflexiblen Betrieb zu realisieren. Dazu gehören zum einen Informationsservices als Datenquellen bspw. für historische Strompreiszeitreihen, Strompreisprognosen verschiedener Energiemärkte oder Wetterprognosen. Zum anderen Vermarktungsservices (mit oder ohne EFDM-Support), die einen Zugang zu den Märkten ermöglichen, um dort Energieflexibilität anzubieten. Ein Beispiel für einen Vermarktungsservice ist der Marktzugang über einen Aggregator. Je nach Vermarktungsservice werden in der UP entsprechende Marktadapter als Schnittstelle benötigt. Diese übersetzen die Energieflexibilitäten aus dem EFDM in proprietäre Datenformate und realisieren die Rücktransformation der Erbringungsinformationen. Ein standardisierter Marktadapter kann eingesetzt werden, wenn der Vermarktungsservice bereits das EFDM unterstützt und eine EFDM-Transformation entfällt.

### 3. **Flexibilitätsmärkte:**

Eine UP bietet Energieflexibilität über Vermarktungsservices an Energie-/Flexibilitätsmärkten an. Dazu gehört bspw. der lokale Flexibilitätsmarkt, der Regelleistungsmarkt oder ein Intraday-Markt.

### 4. **Marktplattform (MP):**

Eine MP ist eine multilaterale Plattform, um Unternehmen, die am Energieflexibilitätshandel interessiert sind, mit geeigneten Services zusammenzubringen. Über eine MP kann über ein Service-Verzeichnis über flexibilitätsorientierte Services und deren Integrationsmöglichkeiten informiert werden. Sie ermöglicht den Industrieunternehmen so den Zugriff auf eine Vielzahl existierender und zukünftiger Services, welche sie in verschiedenen Aspekten der Flexibilitätsbereitstellung, der Flexibilitätsbewertung und des Flexibilitätshandels unterstützen. Es werden also nicht nur Services für den unmittelbaren Vertrieb von Energieflexibilität (siehe Vermarktungsservices) angeboten, sondern auch im Kontext der Vermarktung relevante Hilfsservices wie etwa Preisprognosen (siehe Informationsservices) oder Zertifizierungsstellen.

## **Komponentenübersicht**

Abbildung 2 zeigt die Komponenten (Systeme und Services), die wesentlich zur Umsetzung einer UP entsprechend den Anforderungen sind. Dabei findet eine Einteilung in optionale (grau eingefärbte) und notwendige (blau eingefärbte) Komponenten statt. Für den Austausch von Nutzdaten zwischen den Komponenten wird unterschieden zwischen EFDM-Nutzdaten (Pfeile mit türkiser Färbung) und beliebigen Nutzdaten (Pfeile mit schwarzer Färbung).

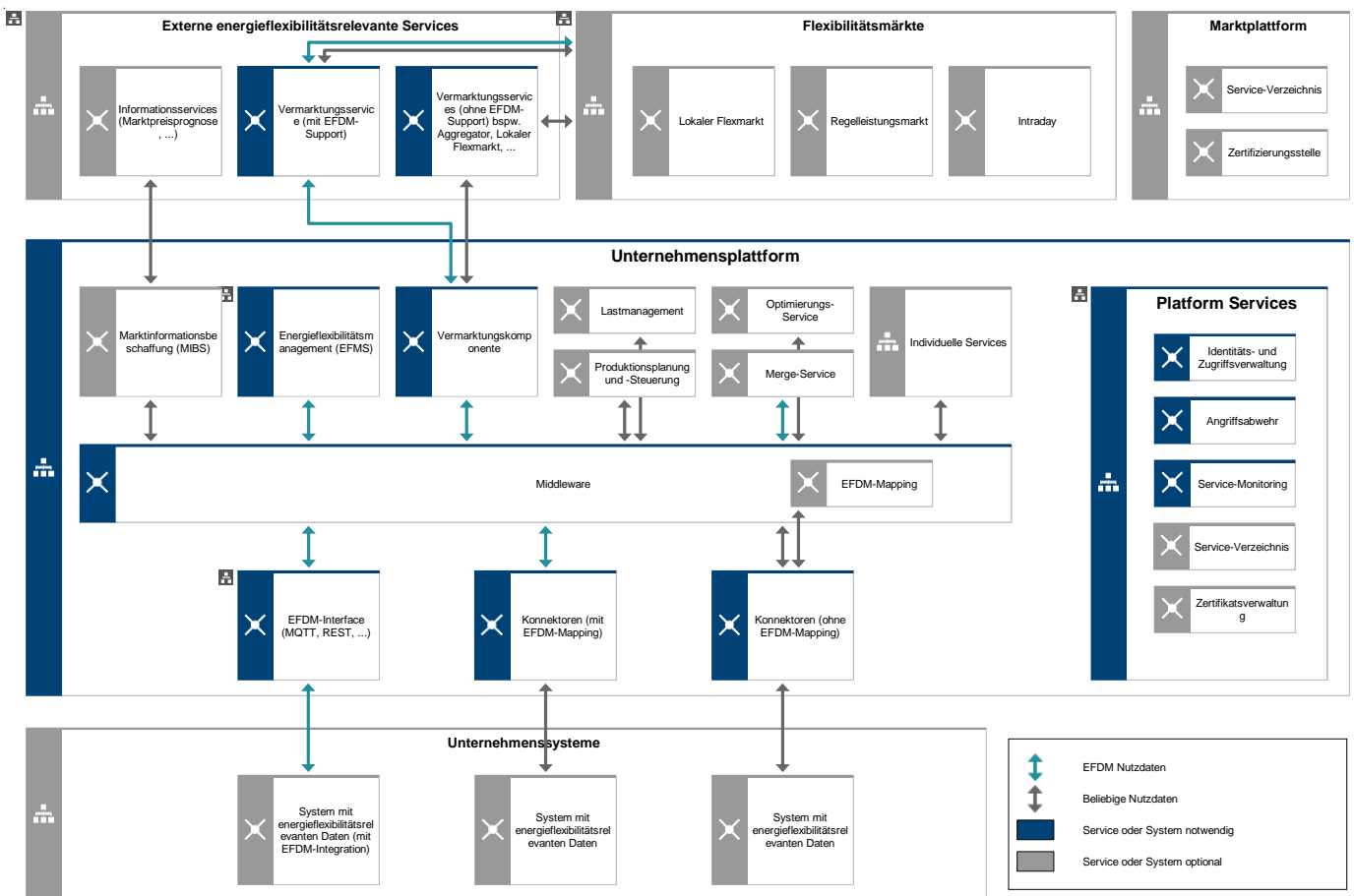


Abbildung 2: Komponentenübersicht

Um Energieflexibilitäten zu erfassen und über die UP nutzbar zu machen, müssen **Systeme des Unternehmens mit energieflexibilitätsrelevanten Daten**, angebunden werden. Dies können Maschinen und Anlagen, aber auch übergeordnete Unternehmenssysteme wie MES oder ERP-Systeme sein. Bei der Integration dieser Systeme müssen die Daten erfasst werden und die der Erfassung nachgelagerten Prozesse (insb. Erbringung der Flexibilitäten) umgesetzt und protokolliert werden können.

Für die Integration von Systemen mit energieflexibilitätsrelevanten Daten gibt es drei Varianten, von denen mindestens eine in der UP verfügbar sein muss. In der ersten Variante ist ein zu integrierendes System bereits EFDM-kompatibel und kommuniziert aktiv mit der UP über ein standardisiertes **EFDM-Interface**. In der zweiten Variante liegen die energieflexibilitätsrelevanten Daten des zu integrierenden Systems in beliebigen Formaten vor und das System wird über einen **Konnektor mit EFDM-Mapping** an die UP angebunden (ein Beispiel dafür ist ein Smarter Konnektor, siehe Tabelle 3). In der dritten Variante liegen die energieflexibilitätsrelevanten Daten des zu integrierenden Systems ebenfalls in beliebigen Formaten vor, werden aber von einem **Konnektor ohne EFDM-Mapping** an die UP angebunden. In dieser Variante ist die Funktionalität für das EFDM-Mapping über einen zusätzlichen UP-Service oder -Funktion zu leisten.

Nach der Erfassung der Energieflexibilitäten dient ein **Energieflexibilitätsmanagementservice (EFMS)** als zentrales Repository für alle EFDM-Objekte eines Industrieunternehmens (Flexibilitätsräume, Flexible-Last-Maßnahmen und Flexible-Last-Maßnahmen-Protokolle). Diese werden über die gesamte Lebensdauer im EFMS verwaltet und anschließend archiviert.

Eine **Vermarktungskomponente** ermöglicht die Kommunikation zwischen der UP und den Vermarktungsservices und verwaltet die Vermarktung von Energieflexibilität und deren Reservierung/Beauftragung sowie die Bereitstellung rechnungsrelevanter Daten. Sie übernimmt die vermarktungsservicespezifische Kommunikation mit der nötigen Transformation zwischen EFDM-Nutzdaten und vermarktungsservicespezifischem Datenmodell. Die Vermarktungskomponente bedient dabei zwei Varianten von **Vermarktungsservices**. Die erste Variante unterstützt bereits EFDM-Objekte und ermöglicht so eine standardisierte Anbindung an die Märkte. Ein entsprechender Marktadapter der Vermarktungskomponente muss hier keine Transformation hinsichtlich proprietärer Insetrate und Aufträge umsetzen. Dies wird bei Bedarf vom Vermarktungsservice selbst übernommen. In der zweiten Variante wird das EFDM vom Vermarktungsservice nicht unterstützt und entsprechende Marktadapter mit Transformatoren sind notwendig.

**Informationsservices** beziehen Marktinformationen, wie z.B. historische Strompreiszeitreihen bzw. Strompreisprognosen verschiedener Energiemärkte oder auch Wetterdaten. Sie liefern diese Daten bspw. als Input für Entscheidungen im Kontext der Vermarktung oder Optimierung auf Basis von verfügbaren Flexibilitäten. Zudem können auch weitere externe Services in eine UP über deren Konnektoren integriert werden, die über die Funktion der Informationsbeschaffung hinausgehen (bspw. externe Optimierungs-Services).

Darüber hinaus gibt es weitere **individuelle Services** in der UP, die je nach UP-Instanz und Anwendungsfall optional eingesetzt werden können. Dazu gehören bspw. verschiedene Optimierungsservices, Services für das Lastmanagement, Service für die Produktionsplanung und -Steuerung, sowie Merge-/Split-Services, welche Flexibilitätsräume zusammenführen oder aufteilen können.

Über eine **Middleware**, als zentrale Komponente der UP, werden Informationen zwischen den Services und Komponenten der UP ausgetauscht. An sie können bestehende Systeme angeschlossen werden. Sie unterstützt dabei verschiedene offene und standardisierte Kommunikationsprotokolle und schafft damit die Grundlage für einen serviceorientierten und modularen Aufbau der UP. Eine Middleware kann zudem optionale Funktionen zum Orchestrieren der Prozesse anbieten.

**Plattform-Dienste** sind technische Basisdienste der UP. Dazu gehören bspw. eine Identitäts- und Zugriffsverwaltung, ein Verzeichnis für installierte und installierbare Services, ein Monitoring, eine Zertifikatsverwaltung und eine Angriffsabwehr. Sie ermöglichen einen stabilen, performanten, sicheren und transparenten Betrieb der UP und ihrer Services.

## Komponentenbeschreibung

Tabelle 1: Kernkomponenten der UP

Komponente	Zweck/Verantwortung
Konnektoren (mit EFDM-Mapping)	Konnektoren mit EFDM-Mapping integrieren UP-externe Systeme mit der UP, die nicht bereits das EFDM unterstützen. Das sind in der Regel Unternehmenssysteme wie Anlagen, Maschinen, MES oder ERP-Systeme mit energieflexibilitätsrelevanten Daten. Sie übernehmen dabei im Rahmen der Erfassung von Energieflexibilität die Übersetzung energieflexibilitätsrelevanter Daten der Systeme in Flexibilitätsräume, sowie die Übersetzung von Flexible-Last-Maßnahmen in systemspezifische Steuerungssignale zur Erbringung. Während der Erbringung erfassen sie zudem Daten zur Protokollierung des Lastgangs.
Konnektoren (ohne EFDM-Mapping)	Konnektoren ohne EFDM-Mapping integrieren UP-externe Systeme mit der UP, die nicht bereits das EFDM unterstützen. Sie übernehmen dabei im Rahmen der Erfassung von Energieflexibilität die Erfassung energieflexibilitätsrelevanter Daten, sowie die Datenbereitstellung für systemspezifische Steuerungssignale im Rahmen der Erbringung der Energieflexibilität. Die bidirektionale Übersetzung hinsichtlich des EFDM wird dabei aber nicht verantwortet. Dies wird von der UP übernommen (bspw. durch die optionale Komponente „EFDM-Mapping“ oder Mapping-Funktionalität der IIoT-Plattform oder Middleware).
EFDM-Interface	Das EFDM-Interface ermöglicht UP-externen Systemen, die bereits das EFDM anwenden können, eine direkte und standardisierte Anbindung an die UP. Die Systeme müssen dazu über das EFDM-Interface vollständig mit den UP-Prozessen zur Erfassung, Erbringung und Protokollierung von Energieflexibilität integriert werden. Über das EFDM-Interface können so Flexibilitätsräume in Form von EFDM-Objekten an die UP gesendet werden, Flexible-Last-Maßnahmen zur Erbringung abgerufen und die Erbringung protokolliert werden. Eine Integration über einen Konnektor (mit oder ohne EFDM-Mapping) ist dabei nicht not-

	wendig. Das EFDM-Interface kann dabei als eigenständige Komponente oder als Teil der Schnittstelle des EFMS umgesetzt werden.
Energieflexibilitätsmanagementservice (EFMS)	Ein Energieflexibilitätsmanagementservice (EFMS) dient als zentrales Repository für alle EFDM-Objekte eines Industrieunternehmens (Flexibilitätsräume, Flexible-Last-Maßnahmen und Flexible-Last-Maßnahmen-Protokolle). Er verwaltet die EFDM-Objekte und informiert andere UP-Services (Vermarktungskomponente, Optimierungsservices etc.) über neue und geänderte EFDM-Objekte. Zusätzlich zu den EFDM-Objekten verwaltet der EFMS auch die erweiterten Metadaten.
Vermarktungskomponente	Eine Vermarktungskomponente ermöglicht die Kommunikation zwischen der UP und den Vermarktungsservices (z.B. Aggregator-Service). Die Vermarktung von zuvor in der UP ermittelter Energieflexibilität kann in dieser Komponente manuell angestoßen werden oder vollautomatisiert geschehen. Der Vorteil aus Nutzersicht ist hier, dass der Vermarktungsprozess unabhängig vom Zielmarkt einheitlich und in einem zentralen System gesteuert wird. Eine Vermarktungskomponente übernimmt im Hintergrund die vermarktungsservicespezifische Kommunikation und die nötige Transformation zwischen EFDM und vermarktungsservicespezifischem Datenmodell. Die Transformation wird von einem entsprechenden Vermarktungsadapter durchgeführt. Das EFDM enthält neben vermarktungsrelevanten Informationen zu Kosten und Preisen auch viele technische Aspekte. Während dieser Detaillierungsgrad für die Planung, die Optimierung und die tatsächliche Erbringung erforderlich ist, können die vermarktungsrelevanten Daten aus dem EFDM extrahiert und zur Projektion auf die Datenmodelle relevanter Zielmärkte genutzt werden. Dies ermöglicht es, Energieflexibilitäten an existierenden Märkten zu platzieren, die das Datenformat des EFDM nicht unterstützen.
Middleware	Über eine Middleware, als zentrale Komponente der UP, werden Informationen zwischen Services und Komponenten der UP verteilt. An sie können die an-

	<p>deren Systeme angeschlossen werden. Sie unterstützt dabei verschiedene offene und standardisierte Kommunikationsprotokolle. Sie schafft damit die Grundlage für einen modularen Aufbau der UP. Sie ermöglicht eine nahtlose Kommunikation und Interoperabilität zwischen heterogenen Systemen, unabhängig von den zugrunde liegenden technischen Protokollen. Eine Middleware kann zudem erweiterte Funktionen für die Systemintegration (siehe Konnektoren), Daten-Mapping und Service-Orchestrierung in der UP übernehmen.</p>
--	---

Tabelle 2: Optionale Komponenten der UP

<b>Komponente</b>	<b>Zweck/Verantwortung</b>
Merge-Service	<p>Services zur Zusammenführung von Energieflexibilitäten können Energieflexibilitäten mehrerer Anlagen oder Systeme zusammenführen (Merge), und diese Zusammenführung bei einem Abruf über eine Flexible-Last-Maßnahme auch wieder auflösen. Der Merge-Service wird dazu von anderen UP-Services aufgerufen.</p> <p>Beispiel für einen Merge: Die Vermarktungskomponente möchte gemäß einer Marktanforderungen dem Inserat eine Mindestkapazität hinterlegen. Dazu führt sie mehrere Flexibilitätsräume vor der Inserierung zusammen. Der aufrufende UP-Service (hier die Vermarktungskomponente) tritt dabei als Origin (gem. EFDM) für die resultierende Flexibilität auf. Er veranlasst daher im weiteren Verlauf des Vermarktungs- und Erbringungsprozesses die zur Laufzeit nötigen bidirektionalen Transformationen der EFDM-Objekte (Zusammenführung/Aufteilung), durch erneutes Aufrufen des Merge-Service.</p>
Split-Service	<p>Services zur Aufteilung von Energieflexibilitäten können die Energieflexibilität einer Anlage oder eines Systems aufteilen (Split), und diese Aufteilung bei einem Abruf über Flexible-Last-Maßnahmen auch wieder auflösen. Der Split-Service wird dazu von anderen UP-Services aufgerufen.</p>

	<p>Beispiel für einen Split:</p> <p>Die Vermarktungskomponente möchte gemäß einer Marktanforderungen Inerate in einer bestimmten zeitlichen Auflösung anbieten. Dazu teilt sie einen Flexibilitätsraum vor der Inserierung in mehrere Flexibilitätsräume auf. Der aufrufende UP-Service (hier die Vermarktungskomponente) tritt dabei als Origin (gem. EFDM) für die resultierenden Flexibilitäten auf. Er veranlasst daher im weiteren Verlauf des Vermarktungs- und Erbringungsprozesses die zur Laufzeit nötigen bidirektionalen Transformationen der EFDM-Objekte (Zusammenführung/Aufteilung), durch erneutes Aufrufen des Merge-Service.</p>
<p>EFDM-Mapping</p>	<p>Ein EFDM-Mapping übernimmt im Rahmen der Erfassung von Energieflexibilität die Übersetzung energieflexibilitätsrelevanter Daten der Systeme in Flexibilitätsräume, sowie die Übersetzung von Flexible-Last-Maßnahmen in systemspezifische Steuerungssignale zur Erbringung. Dies ist insbesondere dann nötig, wenn Konnektoren ohne EFDM-Mapping in der UP eingesetzt werden, da diese nur die Erfassung energieflexibilitätsrelevanter Daten und die Übermittlung der Steuerungssignale übernehmen, nicht aber die bidirektionale Übersetzung hinsichtlich des EFDM und die Anwendung der erweiterten Metadaten der UP.</p> <p>Ein EFDM-Mapping kann durch einen separaten Service, durch Middleware-Funktionen (siehe Middleware) oder durch eine Kombination aus separatem Service und Middleware-Funktionen umgesetzt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wird ein EFDM-Mapping als separater Service umgesetzt, übernimmt dieser auch die Funktion des Origin für die erstellten Flexibilitätsräume und muss die nachgelagerten Prozesse der Vermarktung und Erbringung zwischen EFMS und Unternehmenssystem (über Konnektor) vermitteln. Dabei setzt er die bidirektionalen Transformationen um.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei einer Kombination aus separatem Service und Middleware-Funktionen, kann eine Middleware-Funktion (bspw. ein Workflow in der Service-Orchestrierung) die nachgelagerten Prozesse orchestrieren und den EFDM-Mapping Service für die notwendigen Transformationen entsprechend einbinden.</li> <li>• Ist ein EFDM-Mapping Teil der Middleware-Funktionen (bspw. ein Workflow in der Service-Orchestrierung inklusive Daten-Mapping), übernimmt diese die Orchestrierung der nachgelagerten Prozesse und die Datentransformation.</li> </ul>
Produktionsplanung und -steuerung (PPS)	<p>Services zur Produktionsplanung und -steuerung (PPS) können bspw. bei der Berechnung und monetären Bewertung von Änderungen des Produktionsprogramms, die aufgrund der Vermarktung von Energieflexibilität vorgenommen werden, aushelfen. Andererseits unterstützen die Services bei der Auswahl und Umsetzung von organisatorischen Energieflexibilitätsmaßnahmen in Produktionsunternehmen. Konnektoren für PPS, Manufacturing Execution Systems (MES) und Enterprise Resource Planning (ERP) ermöglichen die Einbeziehung von Daten, die auf einer höheren Ebene der Automatisierungspyramide erfasst und von bestimmten individuellen Services angefragt und genutzt werden können. Die Datenbereitstellung geschieht hierbei nicht zwingend über das EFDM.</p>
Lastmanagement	<p>Services zum Lastmanagement bilden intelligente Systeme zum Managen und Schalten von Maschinen und Anlagen. Dabei werden die Energieinfrastruktur und der Energiemarkt mitberücksichtigt.</p>
Optimierungs-Service	<p>Services zur Optimierung führen eine systematische Optimierung von Anlagen der Produktionsinfrastruktur mit deutlichem Maschinenbezug durch oder erzielen eine Verbesserung von Produktionsvarianten. Im Kontext der UP steht dabei der optimale energieflexible Betrieb von Fabriken und Industrieanlagen im Fokus.</p>

Informationsservices	<p>Services zur Informationsbeschaffung beziehen Marktinformationen, wie z.B. historische Strompreiszeitreihen bzw. Strompreisprognosen verschiedener Energiemärkte. Sie können von anderen Services der UP aufgerufen werden. Dabei sind zwei Szenarien denkbar:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Konnektoren (ohne EFDM-Mapping) oder Integrationsfunktionen der Middleware werden zu Integration externer Informationsquellen verwendet und stellen deren Daten internen Services auf Abruf zur Verfügung.</li><li>2. Es wird ein dedizierter UP-Service (Marktplattforminformationsbeschaffungsservice (MIBS), siehe Tabelle 3) bereitgestellt, der die relevanten externen Informationsquellen anbindet, zusammenführt und die Informationen anderen UP-Services auf Abruf bereitstellt.</li></ol>
----------------------	---

## Vorstellung der Vorgehensweise zur GAP-Analyse

Vor der Umsetzung einer UP ist zunächst zu prüfen, ob und wie weit sich die einzusetzende IIoT-Plattform für die Bedürfnisse der Energieflexibilisierung eignet. Dies ist Sinn und Zweck der Gap-Analyse, die bestehende Lücken zwischen der UP und der jeweiligen IIoT-Plattform identifiziert. Ziel ist es, eine Architekturinstanz auf Basis der Referenzarchitektur für die jeweilige IIoT-Plattform zu definieren.

Die Gap-Analyse unterscheidet zwischen notwendigen und optionalen Anforderungen und Funktionalitäten an eine IIoT-Plattform zur Umsetzung einer UP. Die notwendigen Kriterien kennzeichnen die Anforderungen an die IIoT-Plattform für die Umsetzung einer Minimalversion der UP mit Anbindung an einen Markt oder externen Vermarktungsservice, während die optionalen Kriterien die jeweils notwendigen Anforderungen für die Umsetzung zusätzlicher Komponenten der UP beschreiben. Die Anforderungen umfassen generelle Betriebsanforderungen, die grundlegende nicht-funktionale Kriterien wie Skalierbarkeit, Verfügbarkeit und Modularität sowie Anforderungen an die grundlegenden Funktionen einer IIoT-Plattform adressieren. Zudem beinhalten sie spezifische Anforderungen zur Realisierung von Energieflexibilität, darunter die Verwendung des Energieflexibilitätsdatenmodells, das Management von Energieflexibilitäten, die Vermarktung dieser Flexibilitäten sowie die Integration zusätzlicher Services und die Möglichkeit eines umfassenden Testbetriebs. Energiewirtschaftsspezifische Anforderungen betreffen dabei die Anpassung an marktspezifische Gegebenheiten, um eine nahtlose Integration in bestehende Energienetze und Handelsmechanismen zu ermöglichen. Ergänzend dazu werden Sicherheitsanforderungen definiert, die sowohl den sicheren Betrieb durch die Plattformbetreiber und die zugrunde liegende Infrastruktur als auch die sichere Funktionsweise der Plattform und eine geschützte Kommunikation mit externen Marktteilnehmern sicherstellen. Die Klassifizierung, inwiefern die jeweilige IIoT-Plattform im aktuellen Entwicklungsstand die Anforderungen erfüllt, erfolgt in den drei Labels „erfüllt“, „teilweise erfüllt“, „nicht erfüllt“.

Naturgemäß handelt es sich bei den nicht erfüllten Anforderungen überwiegend um die Anforderungen in den Bereichen EFDM und Energieflexibilitätsvermarktung, deren Erfüllung nicht erwartet wird, bedingt durch die bisherige Ausrichtung der Software, die keine Teilnahme am Energieflexibilitätshandel vorgesehen hat. Neben den nicht erfüllten Anforderungen zu EFDM und Energieflexibilitätsvermarktung ist zu erwarten, dass weitere notwendige oder optionale Anforderungen nicht erfüllt sind, die individuell beurteilt werden müssen.

Ohne Schließen der Gaps aus dem Bereich der notwendigen Anforderungen ist die Inbetriebnahme einer UP mit der analysierten IIoT-Plattform nicht möglich. Als erstes sollten die Anforderungen rund um das EFDM implementiert werden, da dieses für die Umsetzung der Funktionalitäten der Energieflexibilitätsvermarktung bereits benötigt wird. Weitere nicht oder nur teilweise erfüllte Anforderungen aus verschiedenen Bereichen, wie etwa der IT-Sicherheit, können parallel dazu angegangen werden. Die Gaps bei den optionalen Anforderungen können bei Bedarf geschlossen werden, da diese für die Minimalversion einer UP nicht benötigt werden.

Visuell können Sie die Gap-Analyse unterstützen, indem Sie die IIoT-Plattform-Bestandteile und die UP-Referenzarchitektur übereinanderlegen. Ein Beispiel dafür zeigt Abbildung 3: Grüne Sterne repräsentieren vorhandene Bestandteile, rote Sterne kennzeichnen Bestandteile, die implementiert werden müssen und graue Sterne kennzeichnen Bestandteile, deren Entwicklung für die beispielhafte IIoT-Plattform nicht vorgesehen ist. Weiterführend wurde zur Gap-Analyse [ein Paper veröffentlicht](#). Die Referenzarchitektur und der Architektur-Blueprint haben sich allerdings gegenüber dem Stand des Papers weiterentwickelt.

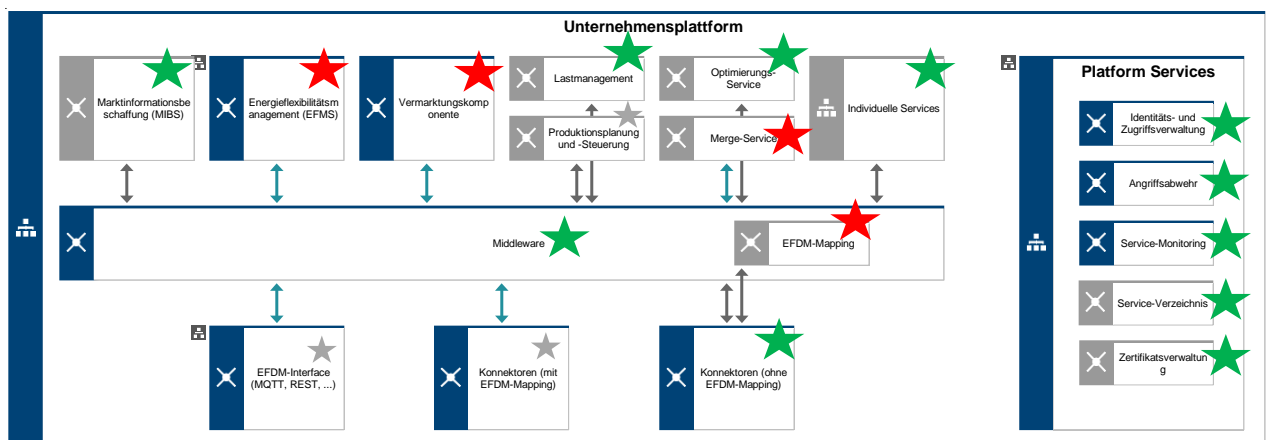


Abbildung 3: Beispielhafte Gap-Analyse

Im Folgenden findet sich eine Ausfüllhilfe für die GAP-Analyse. Anschließend werden Handlungsempfehlungen zur Implementierung einer UP abgeleitet.

## Template zur GAP-Analyse

Nachfolgende Tabelle listet die Anforderungen an eine UP gemäß der Referenzarchitektur auf. Diese müssen durch entsprechende Funktionen und Komponenten der IloT-Plattform realisiert werden. Die dabei aufgezeigten Gaps sind Grundlage zur Bestimmung der nötigen Transformationsschritte der IloT-Plattform hin zur UP. Für ein besseres Verständnis wurden für jede zu erfüllende Anforderung ein Beispiel-Eintrag gemacht. In der letzten Spalte können die tatsächlichen Inhalte für die zu analysierende IloT-Plattform eingetragen werden.

Nummerierung der Anforderungen: durchgehende Nummerierung je Anforderungskategorie:  
„REQ-“ { „SF“ (Systemfunktionalität) | „PERF“ (Performance) | „Q“ (Qualität) | „SEC“ (Security) }  
„-<Nummer>“ { „\*“ (essenzielle Funktionalität) | „“ (wünschenswerte Funktionalität) }

Die Statements müssen durch Smileys der Kategorien erfüllt (☺), teilweise erfüllt (☹) und nicht erfüllt (☹) samt Begründung dargelegt werden.

## Generelle Betriebsanforderungen

### Grundlegende nicht-funktionale Anforderungen

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
REQ-Q-001*	<b>Skalierbarkeit:</b> Die UP <i>muss</i> skalierbar sein, um bspw. eine steigende Anzahl angebundener Geräte bedienen zu können. Die Performance einer UP-Instanz (vgl. REQ-PERF-002*) <i>muss</i> bei ihrer Skalierung entsprechend mitwachsen.	☺ Die Softwarearchitektur ist skalierbar gestaltet.	
REQ-Q-002*	<b>Transparenz:</b> Die UP <i>muss</i> Prozesstransparenz schaffen bezüglich vorhandener Energieflexibilität und deren Vermarktung.	☹ Eine Visualisierung muss implementiert werden.	
REQ-Q-003*	<b>(Betriebs-)Verfügbarkeit:</b> Die UP <i>muss</i> die Möglichkeit bieten, sie mit einem ausreichend hohen Maß an (Betriebs-)Verfügbarkeit (Ausfallsicherheit) zu betreiben in Abhängigkeit der Anforderungen vom Markt oder des Unternehmens. Vorteilhaft hierfür sind beispielsweise Möglichkeiten für einen redundanten Betrieb sowie die Minimierung von Unterbrechungen bei Konfigurationsänderungen und Softwareaktualisierungen.	☺ Die Plattform bietet verschiedene Maßnahmen zur Erhöhung der (Betriebs-)Verfügbarkeit, darunter redundante Installationen, einen On-Premises-Betrieb sowie cloudunabhängigen Betrieb.	
REQ-Q-004*	<b>Datenintegrität und Datenvalidität:</b> Die UP <i>muss</i> ein hohes Maß an Datenintegrität	☹	

	und Datenvalidität bieten und Möglichkeiten, dies zu überprüfen.	Die Plattform gewährleistet Datenintegrität und -validität durch ein Berechtigungskonzept, das regelt, welche Daten verändert werden dürfen. Bestimmte Datenpunkte können so angelegt werden, dass sie unveränderlich sind. Aktuell findet keine automatische Datenvalidierung statt.	
REQ-Q-005*	<b>Softwarequalität:</b> UP-Komponenten und -Services <i>müssen</i> eine hohe Softwarequalität aufweisen, insbesondere zur Sicherstellung der Funktion und zur Vermeidung von Schwachstellen. Dazu werden Prüfmechanismen im Softwareentwicklungsprozess eingesetzt und benutzte Bibliotheken fortlaufend auf das Bekanntwerden von Schwachstellen geprüft.	☺ Die Plattform erfüllt hohe Softwarequalitätsstandards durch die Durchführung von Component Analysis für Drittanbieter-Software und regelmäßige Unit Tests. Neue Features unterliegen dem 4-Augenprinzip, und im Build-Prozess wird eine statische Quellcodeanalyse durchgeführt. Zudem werden regelmäßig Penetrationstests durchgeführt.	
REQ-Q-006	<b>Modularität:</b> Die Plattform <i>kann</i> modular aufgebaut sein. Dies erleichtert im Allgemeinen das Ändern und Hinzufügen von Funktionalitäten (vgl. REQ-SF-001).	☺ Die Softwarearchitektur ist modular aufgebaut.	
REQ-PERF-001*	<b>Reaktionszeit:</b> Die UP <i>muss</i> Zielmarktspezifische Reaktionszeiten einhalten können für diejenigen Zielmärkte, die sie unterstützen möchte. Beispiele:	☺ Die Plattform unterstützt Echtzeit-Datenverarbeitung und erfüllt diese Anforderung damit grundsätzlich.	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lokaler Flexibilitätsmarkt: Die UP muss eine Reaktionszeit von 30 Minuten vom Auftrag bis zur Erbringung umsetzen können.</li> <li>- Aggregator-Nutzung (bspw. Entelios): Die UP muss die vom Aggregator vorgegebene Reaktionszeit umsetzen können.</li> </ul>		
REQ-PERF-002*	<p><b>Performance:</b> Die UP <i>muss</i> – ausreichend Systemressourcen vorausgesetzt – auch unter Last die angestrebten Reaktionszeiten (vgl. REQ-PERF-001*) einhalten. Jede Plattforminstanz wird hierfür entsprechend der erwartbaren Lastszenarien ausgelegt. Die Skalierbarkeit der Plattform (vgl. REQ-Q-001*) stellt sicher, dass eine geeignete Auslegung für ein breites Spektrum an Anwendungsfällen möglich ist, bspw. auch für Szenarien mit vielen angebotenen Geräten. Die Skalierbarkeit der Plattform ist eine qualitative Eigenschaft der Implementierung der UP, während die hier vorliegende Anforderung bzgl. der Performance ein quantitatives Ziel für konkrete UP-Instanzen ist.</p>	<p>☺ Die Systemressourcen werden anhand der Lasttests ausgewählt und angepasst.</p>	

## Anforderungen an die grundlegenden Funktionen einer IIoT-Plattform

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
REQ-SF-001	<p><b>Erweiterbarkeit durch Nutzer:</b> Die Plattform <i>kann</i> den Nutzern Funktionalitäten bieten, womit die Plattform um nutzerspezifische Funktionen erweitert werden kann. Individuelle Services (vgl. REQ-SF-012) sind ein möglicher Mechanismus für die Erweiterbarkeit. No-Code-Editoren sind eine andere Möglichkeit, insb. zur Realisierung kleiner nutzerspezifischer Funktionalitäten. Ein modularer Aufbau (vgl. REQ-Q-006) führt in der Regel zu einer prinzipiellen Erweiterbarkeit. Die hier vorliegende Anforderung zur Erweiterbarkeit geht darüber hinaus, indem auch Nutzern die Möglichkeit zur Plattformerweiterung eingeräumt wird (statt dieser Möglichkeit nur beim Hersteller der Plattform zu belassen).</p>	<p>☺</p> <p>Die beispielhafte IIoT-Plattform verfügt über einen Low-Code-Editor, in dem der Nutzer kleine Funktionalitäten selbst umsetzen kann, wie z.B. Erstellung von Dashboards und Tabellen.</p>	
REQ-SF-002*	<p><b>Ressourcenbegrenzung:</b> Die Plattform <i>muss</i> die von einzelnen Services nutzbaren Ressourcen (Arbeitsspeicher, persistenter Speicher, Netzwerkbandbreite, ...) beschränken, so dass eine eskalierende Ressourcennutzung durch einen Service nicht die gesamte Plattform beeinträchtigen</p>	<p>☺</p> <p>Der Ressourcenbedarf der Services wird durch eine Containerumgebung begrenzt. Zusätzlich werden Limits für Nutzdaten, Logdaten, Aufrufe pro Zeiteinheit und gleichzeitig offene Verbindungen festgelegt. Bei der Skalierung der Plattform erfolgt eine</p>	

	kann. Dabei müssen die Ressourcen für den jeweiligen Service so bemessen sein, dass er ausreichend Performance (vgl. REQ-PERF-002*) hat. Bei einer Skalierung der Plattform (vgl. REQ-Q-001*) wird die Ressourcenzuteilung sinnvoll angepasst.	sinnvolle Anpassung der Ressourcenzuteilung.	
REQ-SF-003*	<b>Datenerfassung:</b> Die Plattform <i>muss</i> Daten aus Unternehmenssystemen erfassen können, bspw. aus IIoT-Geräten, OT-Systemen und ERP-Systemen. Dies umfasst numerische und nichtnumerische Daten – insbesondere, aber nicht ausschließlich, Stammdaten, Messwerte, Ereignisse und Prognosen. Anwendungszweck ist die Erfassung energieflexibilitäts-relevanter Daten, wobei hierunter viele unterschiedliche Daten fallen können.	☺ Die beispielhafte IIoT-Plattform erfasst Daten aus verschiedenen Quellen wie relationalen Datenbanken, NoSQL-Datenbanken, Dateisystemen, SharePoint, Produktionssysteme, Gebäudemanagementsysteme, Sicherheitsleitsysteme, Anlagen, Geräte, Sensoren via OPC-UA und MQTT, Aktoren, IIoT-Gateways, APIs und mehr. Außerdem wird das Kommunikationsprotokoll OCPP (Open Charge Point Protocol) für die Anbindung von Elektrofahrzeug-Ladeinfrastruktur unterstützt.	
REQ-SF-004*	<b>Datenspeicherung:</b> Die Plattform <i>muss</i> Daten speichern können. Dies beinhaltet insbesondere, aber nicht ausschließlich, Stammdaten, Zeitreihen von Messwerten, Ereignisprotokolle und Steuerbefehle für IIoT-Geräte. Auch die Speicherung von energieflexibilitäts-daten (vgl. REQ-SF-	☺ Es werden eine Reihe verschiedener Datenbanken unterstützt. Für die Speicherung von energieflexibilitätsdaten muss ein EFMS gemäß REQ-SF-024* auf Basis der integrierbaren Datenbanken implementiert werden.	

	019*, REQ-SF-024*) und die Protokollierung der Erbringung von Energieflexibilität (vgl. REQ-SF-038*) muss möglich sein.		
REQ-SF-005*	<b>Datentransformation:</b> Die Plattform <i>muss</i> Daten transformieren können, um diese bspw. in andere Datenformate übertragen zu können.	☺ Ist erfüllt	
REQ-SF-006*	<b>Datenverarbeitung:</b> Die Plattform <i>muss</i> Daten weiterverarbeiten können, so dass sich Anwendungen wie bspw. ein energieflexibler Fabrikbetrieb realisieren lassen.	☺ Ist erfüllt	
REQ-SF-007*	<b>Datenbereitstellung:</b> Die Plattform <i>muss</i> Daten mittels gängiger Protokolle in gängigen Formaten an, die auf ihr betriebenen Services und an externe Systeme bereitstellen können. Dies umfasst sowohl passive Abrufmöglichkeiten als auch aktive Sendefunktionalitäten.	☺ Ist erfüllt	
REQ-SF-008	<b>Datenvisualisierung:</b> Die Plattform <i>kann</i> Funktionen zur Visualisierung von Daten bspw. in Form von Dashboards anbieten.	☺ Ist erfüllt	
REQ-SF-009	<b>Steuerung:</b> Die UP <i>kann</i> Funktionalitäten zum Steuern von Maschinen und Anlagen anbieten.	☺ Die beispielhafte IIoT-Plattform ermöglicht die direkte Ansteuerung von Maschinen und Anlagen und bietet Funktionen, um diese im	

		Rahmen des Lastmanagementsystems ein- oder auszuschalten.	
REQ-SF-010*	<p><b>Individuelle Konnektoren:</b> Die Plattform <i>muss</i> die Entwicklung individueller Konnektoren zu Unternehmenssystemen mit Energieflexibilitäts-relevanten Informationen ermöglichen, bspw. zur Anbindung folgender Datenquellen und Dienste:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Datenbanken (bspw. SQL, NoSQL; bspw. via ODBC, JDBC, HTTP-CRUD-API)</li> <li>- Dateisysteme (bspw. via SMB, WebDAV, File Transfer Protokolle wie FTP und SCP)</li> <li>- Message Broker (bspw. via MQTT)</li> <li>- Industriesysteme (bspw. via OPC-UA, ModBus-TCP)</li> <li>- Geschäftsapplikationen (bspw. via REST-API)</li> </ul> <p>Durch individuelle Konnektoren werden die Standardfunktionen der Plattform zur Datenerfassung (vgl. REQ-SF-003) erweitert. Die Konnektoren <i>müssen</i> neben der eigentlichen Datenerfassung möglicherweise auch Funktionen zur Datentransformation (vgl. REQ-SF-005*) und -vorverarbeitung</p>	<p>☺</p> <p>Die Plattform bietet vorgefertigte Konnektoren für den Datenimport aus verschiedenen Quellen, siehe oben. Dies deckt die Anbindung von Datenbanken, Dateisysteme, Message Broker, Industriesysteme und Geschäftsapplikationen ab. Darüber hinaus steht ein Adapter-Kit zur Verfügung, das die Entwicklung individueller Adaptertypen ermöglicht. Dieser flexible Ansatz ermöglicht es, Daten unabhängig von ihrer Herkunft zu integrieren.</p>	

	(vgl. REQ-SF-006*) abdecken können sowie Daten an die angebundenen Systeme zurückspielen (vgl. REQ-SF-007) können.		
REQ-SF-011	<p><b>Anwenderkonfigurierbare Integration von Datenquellen und Unternehmensanwendungen:</b> Die Plattform <i>kann</i> über anwenderkonfigurierbare Integrationsmechanismen für Datenbanken, Dateisysteme, etablierte Kommunikationsprotokolle inkl. Message Broker sowie industrielle Applikationen verfügen. Auf diese Weise können Fachanwender Integrationsaufgaben eigenständig lösen und sind nicht auf Implementierungsarbeiten von IT-Experten angewiesen.</p> <p>Individuelle Konnektoren (vgl. REQ-SF-010*) haben im Vergleich hiermit nicht die Anforderung, durch Fachanwender konfigurierbar zu sein.</p>	<p>☺</p> <p>Die oben genannten vorhandenen Adapter sind konfigurierbar.</p>	
REQ-SF-012	<p><b>Individuelle Services:</b> Die Plattform <i>kann</i> Nutzern die Möglichkeit bieten, individuelle Services (vgl. REQ-SF-043 ff. für Beispiele) auf ihr zu betreiben.</p>	<p>☺</p> <p>Ja, ist möglich, bspw. via Serviceintegration oder Nutzung von REST API.</p>	
REQ-SF-013	<p><b>Orchestrierung:</b> Die Plattform <i>kann</i> Funktionalitäten zur Modellierung und Ausführung von Prozessflüssen anbieten, um die</p>	<p>☺</p> <p>Ist möglich durch Konfigurationen.</p>	

	Orchestrierung von Diensten, also die dienstübergreifende Steuerung von Datenverarbeitungsprozessen, zu ermöglichen.		
REQ-SF-014	<b>Grafische Orchestrierung:</b> Die Plattform <i>kann</i> Funktionalitäten zur grafischen Modellierung bzw. Konfiguration von Prozessflüssen anbieten. Die grafische Bearbeitung ist eine Ergänzung zu REQ-SF-013.	☺ Ist möglich durch Konfigurationen.	
REQ-SF-015	<b>Anbindung von externen Services:</b> Die Plattform <i>kann</i> die Möglichkeit bieten, Dienste von externen Anbietern (z. B. Preisprognosen und Optimierungsdienste) anzubinden (bspw. über deren REST-API) und in der Plattform zu nutzen.	☺ Die Softwarearchitektur der beispielhaften IIoT-Plattform unterstützt die Integration mit Drittanbieteranwendungen und -diensten. Der Zugriff auf die Services wird durch REST-Schnittstellen ermöglicht.	
REQ-SF-016	<b>Nachrichtenverfolgung:</b> Die Plattform <i>kann</i> Funktionen zum Nachverfolgen von Nachrichten (Message-Tracking, End-to-End-Tracing, Logging) anbieten, um den Status von Nachrichten (bspw. Versand, Empfangen, Fehler) zu erfassen. Dies kann bspw. die Nachverfolgung der Erbringung einer Flexible-Last-Maßnahme unterstützen.	☺ Nachrichtenverfolgung ist grundsätzlich darüber sichergestellt, dass Nachrichten über Events verschickt werden und diese getrackt sind. Individuelles muss konfiguriert werden.	
REQ-SF-017	<b>Registrierung auf der Marktplattform (MP):</b> Das Unternehmen <i>kann</i> sich bei der	☺ Ist möglich.	

	<p>MP registrieren, um deren Angebot zu nutzen. Sofern eine UP nur für interne Zwecke wie Optimierungsaufgaben verwendet wird, oder die Angebote der MP nicht benötigt werden, muss keine MP-Registrierung erfolgen.</p> <p>Die Registrierung bei der MP ist unabhängig von der UP und keine Funktion der UP. Allerdings ist sie Voraussetzung für die Beantragung von kryptografischen Zertifikaten (vgl. REQ-SF-018).</p>		
REQ-SF-018	<p><b>Certificate Authority (CA):</b> Die UP <i>kann</i> eine CA betreiben, sodass UP-Services mit kryptografischen Zertifikaten versorgt werden können. Diese CA kann die kryptografischen Zertifikate (dies sind Zwischenzertifizierungsstellen-Zertifikate), die mit der MP ausgestellt werden, importieren und verwenden.</p>	<p>☺</p> <p>Ist möglich und muss installiert und konfiguriert werden. Die Zertifikatsverwaltung muss über externe Dienste integriert werden. Services, wie die Vermarktungskomponente, müssen die Zertifikate der Signatur der Nachrichten nutzen.</p>	

## Anforderungen zur Realisierung von Energieflexibilität

### Anforderungen bzgl. der Verwendung des Energieflexibilitätsdatenmodells

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
----	--------------	----------	----------------

REQ-SF-019*	<b>Nutzung des Energieflexibilitätsdatenmodells (EFDM):</b> Services und Schnittstellen innerhalb der UP <i>müssen</i> das EFDM unterstützen, wenn Energieflexibilität beschrieben wird und Energieflexibilitätsdaten ausgetauscht werden.	⊖ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-020*	<b>EFDM-JSON-Schema:</b> Services und Systemkomponenten innerhalb der UP <i>müssen</i> Energieflexibilitätsdaten im JSON-Format auf Basis des EFDM-JSON-Schemas serialisieren und austauschen.	⊖ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-021*	<b>EFDM-Mapping:</b> Die UP <i>muss</i> das Mapping von system- und anlagenspezifischen Datenformaten auf das EFDM und umgekehrt unterstützen. Dies kann entweder im Rahmen entwickelter Konnektoren erfolgen (vgl. REQ-SF-010*) oder durch Integrationsfunktionalitäten der Plattform realisiert werden (vgl. REQ-SF-011).	⊖ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-022*	<b>Erweiterte Metadaten:</b> Die UP <i>muss</i> zulassen, dass UP-Services EFDM-Objekte um eigene Metadaten erweitern, um individuelle Anforderungen des jeweiligen Service an das Management von Energieflexibilität zu adressieren, bspw. durch Statusfelder für den Vermarktungsprozess. Die	⊖ Muss implementiert werden.	

	UP <i>muss</i> die erweiterten Metadaten speichern können (vgl. REQ-SF-024*).		
REQ-SF-023*	<b>EFDM-Schnittstelle:</b> Die UP <i>muss</i> eine Schnittstelle für Unternehmenssysteme bereitstellen, die bereits das EFDM unterstützen. Die Schnittstelle kann so eine direkte und standardisierte Integration mit der UP ermöglichen, so dass auf diesem Weg keine Konnektoren (vgl. REQ-SF-010*) oder andere Integrationswerkzeuge (vgl. REQ-SF-011) benötigt werden.	⊕ Muss implementiert werden.	

### Anforderungen an das Management von Energieflexibilität

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
REQ-SF-024*	<b>Speicherung von Energieflexibilitätsdaten:</b> Die UP <i>muss</i> die EFDM-Objekte des Unternehmens zentral speichern und verwalten können (bspw. für Logging, Versionierung, Status-Tracking; vgl. REQ-SF-004*, REQ-SF-022*).	⊕ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-025	<b>Zusammenführung von Energieflexibilitätsräumen:</b> Die UP <i>kann</i> Funktionen anbieten, um Energieflexibilitätsräume zusammenzuführen und Flexible-Last-Maß-	⊕ Kann implementiert werden.	

	nahmen, welche für den zusammengeführten Raum definiert werden, auf die zugrunde liegenden Räume aufzuteilen.		
REQ-SF-026	<b>Teilung von Energieflexibilitätsräumen:</b> Die UP <i>kann</i> eine Funktion anbieten, um Energieflexibilitätsräume in kleinere Räume zu teilen. Dies ist insb. für die Vermarktung von Energieflexibilität hilfreich, wenn ein Energieflexibilitätsraum in marktspezifische Einheiten aufgeteilt werden muss.	⊕ Kann implementiert werden.	

### Anforderungen an die Energieflexibilitätsvermarktung

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
REQ-SF-027*	<b>Marktanbindung:</b> Die UP <i>muss</i> mindestens einen <b>Flexibilitätsmarkt</b> oder einen <b>Vermarktungsservice</b> anbinden können.	⊕ Muss implementiert und konfiguriert werden.	
REQ-SF-028	<b>Mehrere Märkte:</b> Die UP <i>kann</i> <b>mehrere Märkte</b> anbinden und diese <b>gleichzeitig</b> für die Vermarktung nutzen.	⊕ Kann implementiert werden.	
REQ-SF-029*	<b>Festlegung vermarktbarer Energieflexibilitätsräume:</b> Die UP <i>muss</i> eine Möglichkeit bieten, für Energieflexibilitätsräume festzulegen, ob diese nur intern genutzt	⊕ Muss implementiert werden.	

	oder auch auf Zielmärkten vermarktet werden können.		
REQ-SF-030*	<b>Inseratserstellung:</b> Die UP <i>muss</i> es ermöglichen, im EFDM beschriebene Flexibilitätsräume in marktspezifische Inserate zu übersetzen.	⊖ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-031*	<b>Inseratsversand:</b> Die UP <i>muss</i> erstellte Inserate (bspw. über REST) an mindestens einen Markt versenden können.	⊖ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-032*	<b>Buchungsempfang:</b> Die UP <i>muss</i> Buchungen (bspw. über REST) von inserierter Flexibilität empfangen können.	⊖ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-033*	<b>Buchungsspeicherung:</b> Die UP <i>muss</i> empfangene Buchungen speichern können.	⊖ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-034*	<b>Konflikterkennung:</b> Die UP <i>muss</i> Konflikte zwischen Buchungen und nachträglichen Änderungen der verfügbaren Flexibilität erkennen können.	⊖ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-035*	<b>Aktivierungsempfang:</b> Die UP <i>muss</i> Aktivierungen zu vorhergehenden Buchungen (bspw. über REST) empfangen können.	⊖ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-036*	<b>Aktivierungsübersetzung:</b> Die UP <i>muss</i> Aktivierungs-nachrichten in Flexible-Last-Maßnahmen gemäß EFDM übersetzen können.	⊖ Muss implementiert werden.	

REQ-SF-037*	<b>Flexibilitätserbringung:</b> Die UP <i>muss</i> Flexible-Last-Maßnahmen umsetzen können zur Erbringung der Aktivierung.	☹ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-038*	<b>Erbringungsprotokollierung:</b> Die UP <i>muss</i> die Umsetzung von Flexible-Last-Maßnahmen und damit die Erbringung der Aktivierung protokollieren können.	☹ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-039*	<b>Meldung der Erbringung:</b> Die UP <i>muss</i> die Umsetzung von Flexible-Last-Maßnahmen und damit die Erbringung der Aktivierung melden können (intern und extern).	☹ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-040	<b>Bereitstellung rechnungsrelevanter Daten:</b> Die UP <i>kann</i> Funktionalitäten zur Bereitstellung rechnungsrelevanter Daten bieten.	☺ Die Bereitstellung und Versendung rechnungsrelevanter Daten in Form von Berichten sind möglich.	
REQ-SF-041*	<b>Erbringungsmonitoring:</b> Die UP <i>muss</i> eine Funktionalität zum Monitoring der Qualität der Erbringung einer Flexible-Last-Maßnahme anbieten.	☹ Muss implementiert werden.	
REQ-SF-042*	<b>Meldung von Problemen:</b> Die UP muss Konflikte bei der Bereithaltung von Flexibilität (vgl. REQ-SF-034*) und Probleme bei der Erbringung (vgl. REQ-SF-041*) melden können.	☹ Muss implementiert werden.	

### Anforderungen bzgl. zusätzlicher Services

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
REQ-SF-043	<b>Energieflexible Produktionsplanung:</b> Die UP <i>kann</i> Funktionalitäten zur Berechnung und monetären Bewertung von Änderungen des Produktionsprogramms bereitstellen, soweit diese Änderungen aus energieflexiblem Verhalten (bspw. Optimierung von Stromkosten oder des Eigenverbrauchs oder Vermarktung von Energieflexibilität) resultieren.	☹ Kann implementiert werden.	
REQ-SF-044	<b>Organisatorische Energieflexibilitätsmaßnahmen:</b> Die UP <i>kann</i> Funktionalitäten zur Auswahl und Umsetzung von organisatorischen Energieflexibilitätsmaßnahmen (bspw. Schichtplanung) in Produktionsunternehmen bereitstellen.	☹ Kann implementiert werden.	
REQ-SF-045	<b>Bewertung von Produktionsrisiken:</b> Die UP <i>kann</i> Funktionalitäten zur Bewertung von Produktionsrisiken bereitstellen, soweit diese Risiken im Zusammenhang mit energieflexiblem Verhalten stehen.	☹ Kann implementiert werden.	
REQ-SF-046	<b>Lastmanagement:</b> Die UP <i>kann</i> Funktionalitäten zum Lastmanagement in der Produktion bereitstellen.	☺ Die Funktionalität des Lastmanagements ist vorhanden.	

REQ-SF-047	<b>Optimierungsdienste:</b> Die UP <i>kann</i> die Möglichkeit bieten, Optimierungsdienste in der UP einzubinden (bspw. zur Optimierung des Energieeinsatzes von fahrerlosen Transportsystemen).	☹ Kann implementiert werden.	
------------	--	---------------------------------	--

### Anforderungen an einen Testbetrieb

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
REQ-SF-048	<b>Testbetrieb von Konnektoren:</b> Die UP <i>kann</i> die Möglichkeit bieten, Konnektoren in den Zustand des Testbetriebs zu versetzen und diesen wieder aufzuheben. Diese Konfigurationsänderung darf nur durch Personen mit einer entsprechenden Verwaltungsrolle in der UP durchgeführt werden (vgl. REQ-SEC-010*).	☺ Ja, durch Flags, die gesetzt werden	
REQ-SF-049*	<b>Berücksichtigung des Testbetriebs bei Vermarktung:</b> Die UP <i>muss</i> Energieflexibilitätsräume, die zu einem Konnektor im Testbetrieb gehören, entsprechend kennzeichnen. Für solche Energieflexibilitätsräume dürfen keine Inserate an Produktivmärkte gesendet werden und keine Rechnungen erstellt werden.	☺ Ja, durch Flags, die gesetzt werden	

## Energiewirtschaftsspezifische Anforderungen

### Energiewirtschaftsspezifische Anforderungen

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
REQ-SF-050*	<p><b>Marktspezifische Anforderungen:</b> Ein Unternehmen <i>muss</i> spezifische Anforderungen eines ausgewählten Zielmarktes (bspw. bezüglich Regulierung, Standards, Normen) berücksichtigen und die UP-Instanz <i>muss</i> die Anforderungen erfüllen, soweit diese sie betreffen.</p>	<p>⊗</p> <p>Muss individuell für den Zielmarkt recherchiert und bei der Umsetzung der UP beachtet werden.</p>	
REQ-SF-051*	<p><b>Regelreservespezifische Anforderung:</b> Das Unternehmen <i>muss</i> die Vorgaben der Übertragungsnetzbetreiber beachten und im Rahmen des Präqualifikationsverfahrens für Regelreserveanbieter nachweisen, dass es die Bestimmungen erfüllt, bspw. zu Datenaustausch, Erbringungsnachweis oder Zeitverfügbarkeit. Die UP-Instanz <i>muss</i> die Anforderungen erfüllen, soweit diese sie betreffen.</p> <p>In der Praxis helfen Aggregatoren (bspw. Entelios) bei der Erschließung von Energieflexibilität in Unternehmen und Erstellen daraus ein gebündeltes Angebot auf den Regelreservemärkten. Dazu werden Mess- und Steuerboxen (wie der Entelios E-</p>	<p>⊗</p> <p>Muss individuell für den Übertragungsnetzbetreiber recherchiert und bei der Umsetzung der UP beachtet werden.</p>	

	Box™) direkt an die Anlagen angebunden, um Messdaten in der geforderten zeitlichen Auflösung bereitzustellen, Steuerungen mit der nötigen Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit vorzunehmen und den Nachweis der Erbringung einer flexiblen Lastmaßnahme leisten zu können. Beim Aufbau der UP muss dieser separate Kommunikationskanal berücksichtigt werden.		
REQ-SF-052*	<b>Energiebilanzierung:</b> Ein Unternehmen <i>muss</i> die Kompatibilität der geplanten Vermarktung mit Energieversorgungsverträgen sicherstellen und dies gegebenenfalls mit seinem Energieversorger abstimmen, insb. bezüglich Bilanzkreisadjustierungen. Die UP <i>muss</i> die für die Bilanzierung nötigen Daten bereitstellen können (vgl. REQ-SF-038*).	⊗ Muss individuell für den Energieversorger recherchiert und bei der Umsetzung der UP beachtet werden.	

## Anforderungen an die Sicherheit

### Sicherheitsanforderungen an UP-Betreiber und Infrastruktur

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
REQ-SEC-001*	<b>Organisatorische Sicherheitsmaßnahmen:</b> Der UP-Betreiber <i>muss</i> organisatori-	☺ Es existiert ein Software Security Concept für die beispielhafte IIoT-Plattform, in dem	

	<p>sche Sicherheitsmaßnahmen (Informations-sicherheitsmanagement, Sicherheitsrichtlinien, Mitarbeiter-schulungen, ...) definieren und umsetzen.</p>	<p>die technischen und organisatorischen Maßnahmen für die Sicherheit der Software festgelegt sind. Verpflichtende Security Awareness Trainings für alle Mitarbeitenden sind dort festgeschrieben. Der Softwareentwickler ist außerdem ISO 9001 und TISAX zertifiziert.</p>	
REQ-SEC-002*	<p><b>Zugangskontrolle:</b> Der Betreiber der physischen Infrastruktur <i>muss</i> diese gegen unautorisierten physischen Zugang schützen.</p>	<p>☺ Es werden keine Server on premise betrieben. Die Zuständigkeit der physischen Zugangskontrolle liegt daher beim jeweiligen Cloud-Anbieter oder dem Kunden, der die Server on premise betreibt und wird vorausgesetzt.</p>	
REQ-SEC-003*	<p><b>Zugriffskontrolle in IT-Infrastruktur:</b> Der jeweils zuständige Betreiber <i>muss</i> die Hosting-Infrastruktur, die Netzwerkinfrastruktur und die Betriebssystemumgebung der UP vor unautorisiertem Zugriff schützen.</p>	<p>☺ Die Verantwortung für die Gewährleistung der Zugriffskontrolle in der IT-Infrastruktur wird durch den (Cloud-)Betreiber sichergestellt.</p>	
REQ-SEC-004*	<p><b>Monitoring und Meldesystem:</b> Der jeweils zuständige Betreiber <i>muss</i> ein Monitoringsystem zur Erkennung von Bedrohung für die Hosting-Infrastruktur, die Netzwerk-Infrastruktur und die Betriebssystem-</p>	<p>☺ Es gibt ein IT-Cybersecurity-Team, das sich um Bedrohungslagen und Bedrohungsprävention kümmert. Verschiedene Logging Stufen können in der beispielhaften IloT-Plattform eingestellt werden.</p>	

	<p>temumgebung der UP nutzen. Das Monitoringsystem <i>muss</i> mit Hilfe eines Meldesystems den Betreiber bei erkannten Unregelmäßigkeiten benachrichtigen. Diese Maßnahme ermöglicht eine schnelle Reaktion auf Ereignisse und die Umsetzung eines zielgerichteten Schutzes nach Bedrohungslage.</p>		
REQ-SEC-005*	<p><b>Angriffsabwehr:</b> Der jeweils zuständige Betreiber <i>muss</i> Maßnahmen zur Abwehr von Cyber-Angriffen auf die Hosting-Infrastruktur, die Netzwerk-Infrastruktur und die Betriebssystemumgebung der UP umsetzen (Virens Scanner, IP White/Black-Listing, ...).</p>	<p>☺ Es gibt ein IT-Cybersecurity-Team, das sich um Bedrohungslagen und Bedrohungsprävention kümmert. Im Speziellen bestehen für die beispielhafte IIoT-Plattform darüber hinaus gezielte Maßnahmen zur Abwehr von Injection, Clickjacking, Cross-Site scripting, Cross Site Request Forgery, Password-guessing attacks und Denial-of-service attacks. Eine IP-Whitelist sichert gegen Gefahren von cross-origin resource sharing. Ferner wird verschlüsselte Kommunikation verwendet und regelmäßig Penetrationstests durchgeführt.</p>	

### Sichere Funktionsweise der UP

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
----	--------------	----------	----------------

REQ-SEC-006*	<p><b>Identitäts- und Zugriffsverwaltung (IAM):</b> Die UP <i>muss</i> eine Identitäts- und Zugriffsverwaltung mit <b>rollenbasierter Zugriffskontrolle (RBAC)</b> umsetzen. Alle Services auf der UP <i>müssen</i> das zentrale IAM-System nutzen.</p>	<p>☺ Das Einloggen auf der Plattform muss mittels Benutzername und Passwort oder SSO (<i>OAuth2</i>) erfolgen. Es gibt eine Benutzeradministration sowie die Möglichkeit einen LDAP Server zu integrieren. Die Plattform setzt Passwortsicherheitsregeln um, und Rollen sowie Berechtigungen werden manuell Benutzern oder Gruppen zugewiesen, wobei ein Prinzip der minimalen Rechtevergabe eingehalten wird.</p>	
REQ-SEC-007*	<p><b>Single Sign-on (SSO):</b> Das IAM-System <i>muss</i> SSO-Funktionalität besitzen, so dass Nutzer nicht bei jedem Wechsel zwischen Services auf der Plattform erneut ihre Zugangsdaten eingeben müssen.</p>	<p>☺ SSO (<i>OAuth2</i>) wird unterstützt.</p>	
REQ-SEC-008*	<p><b>Kryptographie:</b> Die UP <i>muss</i> kryptographische Verfahren zur Gewährleistung von Manipulationsschutz, Vertraulichkeit, Identitätsschutz, Authentizität, Nicht-Abstreitbarkeit sowie Autorisierung für sichere Interaktionen zwischen UP-Services sowie zwischen Nutzern und der UP implementieren (Beispiele: TLS, tokenbasierte Authentifizierung und Autorisierung, digitale Signaturen).</p>	<p>☺ Die beispielhafte IIoT-Plattform nutzt verschlüsselte Kommunikation über TLS, wenn beide Partner dies unterstützen (HTTPS, LDAPS, OPC UA with TLS, MQTTS, JDBC with TLS, SMTPS). Sie kann auch bereitgestellte Tokens benutzen.</p>	

REQ-SEC-009*	<p><b>Monitoring und Meldesystem:</b> Die UP <i>muss</i> ein Monitoringsystem zur Erkennung von Unregelmäßigkeiten haben. Das Monitoringsystem <i>muss</i> mit Hilfe eines Meldesystems die zuständige Person (bspw. Administrator oder Sicherheitsmanager) bei erkannten Unregelmäßigkeiten benachrichtigen. Diese Maßnahme ermöglicht eine schnelle Reaktion auf Ereignisse und die Umsetzung eines zuverlässigen Betriebs der Plattform.</p>	<p>☺ Es gibt ein IT-Cybersecurity-Team, das sich um Bedrohungslagen und Bedrohungsprävention kümmert. Das Software Security Concept definiert spezifische Maßnahmen (z. B. gegen broken authentication, Passwort-Angriffe, Session-Timeouts und Token-Expiration) Es gibt verschiedene konfigurierbare Logging-Stufen, und sicherheitsrelevante Vorfälle können über ein Meldesystem (z. B. per E-Mail) an Verantwortliche weitergeleitet werden, jedoch muss diese Benachrichtigung manuell konfiguriert werden.</p>	
REQ-SEC-010*	<p><b>Sichere Konfiguration:</b> Die UP <i>muss</i> vor unerwünschten Konfigurationsänderungen geschützt sein. Konfigurationsänderungen sind je nach Reichweite der Auswirkungen nur mit gesonderten Rechten und ggf. privilegiertem Zugang möglich.</p>	<p>☺ Der Schutz vor unerwünschten Konfigurationsänderungen wird durch das Berechtigungskonzept gewährleistet.</p>	
REQ-SEC-011*	<p><b>Vermeidung von angreifbaren Datenformaten:</b> Die UP und ihre Services <i>müssen</i> für den Austausch und die Speicherung von Daten solche Datenformate verwendet, welche einfach zu parsen und möglichst</p>	<p>☺ Für jedes Datenformat wird ein separater Adapter erstellt, der eine individuelle Steuerung ermöglicht. Dies stellt sicher, dass nur definierte Datenformate genutzt werden und</p>	

wenig angreifbar sind, beispielsweise JSON statt XML oder YAML.	verhindert, dass User beliebige Datenformate einlesen können.
---	---

### Sichere Kommunikation mit der Marktseite (Informationsdienste; Flexibilitätsvermarktung; flexibilitätsbezogene Mehrwertdienste)

ID	Beschreibung	Beispiel	Ihre Plattform
REQ-SEC-012*	<b>Kryptographie:</b> Die UP <i>muss</i> kryptographische Verfahren zur Gewährleistung von Manipulationsschutz, Vertraulichkeit, Identitätsschutz, Authentizität, Nicht-Abstreitbarkeit sowie Autorisierung für die sichere Kommunikation mit der Marktseite implementieren (Beispiele: TLS, digitale Signaturen).	☺ Die beispielhafte IIoT-Plattform nutzt verschlüsselte Kommunikation über TLS, wenn beide Partner dies unterstützen (HTTPS, LDAPS, OPC UA with TLS, MQTTS, JDBC with TLS, SMTPS). Sie kann auch bereitgestellte Tokens der Marktseite benutzen.	
REQ-SEC-013*	<b>Sichere Konfiguration:</b> Services, die mit der Marktseite kommunizieren, <i>müssen</i> sichere Konfigurationsmechanismen haben. Dies umfasst die manipulationssichere Definition der zulässigen Kommunikationskanäle (Adressen, Protokolle) und den Schutz der gespeicherten Zugangsdaten für die externen Dienste.	☺ Die Anbindung externer Services wird individuell konfiguriert. Die Zugangsdaten für externe Dienste werden sicher gespeichert.	
REQ-SEC-014*	<b>Validierung:</b> Services, die Daten von marktseitigen Services (bspw. Preisprog-	☺ Die Validierung der empfangenen Daten wird individuell eingerichtet.	

	nosen, Optimierungsergebnisse oder Flexibilitätsabrufe) konsumieren, <i>müssen</i> alle empfangenen Daten syntaktisch und semantisch validieren.		
REQ-SEC-015*	<b>Logging:</b> Services, die mit der Marktseite kommunizieren (direkt oder indirekt) <i>müssen</i> relevanter Ereignisse loggen, um die Kommunikationsvorgänge und die Reaktionen darauf bei späteren Untersuchungen von Problemen nachvollziehbar machen zu können.	☺ Logging ist standardmäßig implementiert.	

## Nächste Schritte und Hilfestellungen

### Handlungsempfehlungen für IloT-Plattform-Anbieter:

Bei der Entwicklung und Implementierung einer digitalen Plattform zur Automatisierung und Vermarktung von Energieflexibilität ist es ratsam, einen strukturierten Ansatz zu verfolgen, der auf den gewonnenen Erkenntnissen und den Inhalten des Evaluationsleitfadens basiert. Zu Beginn sollten Sie sich gründlich in die Grundlagen einarbeiten, indem Sie die relevanten Kapitel des Leitfadens studieren und ergänzende Einarbeitungsdokumente konsultieren, die spezifische Informationen zu den Anforderungen und Best Practices für die Entwicklung und Erweiterung von IloT-Plattformen im Kontext der Energieflexibilität bereitstellen.

Ein entscheidender Schritt ist dann die Durchführung einer Gap-Analyse zwischen der vorhandenen IloT-Plattform und den Anforderungen aus der UP-Referenzarchitektur. Die Nutzung des bereitgestellten Templates für die Gap-Analyse wird Ihnen helfen, individuelle Anforderungen zu identifizieren.

Auf dieser Grundlage sollten Sie wesentliche Themenfelder identifiziert haben, in denen Handlungsbedarf besteht. Diese Themenfelder umfassen individuelle Erfordernisse (wie beispielsweise Anforderungen aus dem Bereich der IT-Sicherheit), die zwischen den verschiedenen IloT-Plattform-Anbietern variieren, sowie allgemeine Anforderungen, die für jegliche IloT-Plattform erforderlich sind, die bisher noch nicht im Bereich der Energieflexibilität eingesetzt wurde. Darauf aufbauend sollten Sie eine allgemeine Minimalvariante der Plattform entwickeln, die alle notwendigen Services und Systeme umfasst. Dabei ist die Nutzung des EFDMs unerlässlich, um die Energieflexibilität korrekt zu beschreiben und abzubilden. Zu den notwendigen Services, die in der Minimalvariante vorhanden sein müssen, zählen das EFMS, die Vermarktungskomponente, die Vermarktungsservices sowie Konnektoren und eine Middleware. Diese Komponenten sind entscheidend, um die Funktionalität und Interoperabilität der Plattform zu gewährleisten. Dies bildet die Grundlage für alle weiteren Anpassungen und Erweiterungen.

Bei der Entwicklung einer Minimalversion der UP stehen zwei zentrale Themenfelder im Fokus, in die sich viele der Anforderungen clustern lassen: die Umsetzung des Datenmodells EFDM und die Implementierung der Energieflexibilitätsvermarktung.

- 1) Umsetzung des Datenmodells EFDM: Es muss die Möglichkeit geschaffen werden, Flexibilitäten innerhalb der UP in Form des standardisierten Datenformat EFDM zu repräsentieren, und alle notwendigen Voraussetzungen müssen getroffen werden, damit die bestehende IloT-Plattform mit diesem Datenmodell arbeiten kann. Dieses Requirement gliedert sich in die folgenden Handlungsschritte auf:
  - Das Datenmodell EFDM muss gemäß aktuellem Stand in SynErgie als JSON-Objekt umgesetzt werden:
    - [Dokumentation](#)
    - Ansprechpartner: PTW, TU Darmstadt

- Es muss eine Möglichkeit geschaffen werden, bestehende Datenstrukturen und Inputs aus den Konnektoren von proprietären und system- oder anlagenspezifischen Formaten zum EFDM-Format zu mappen. Das Mapping umfasst dabei auch die Rückübersetzung von Maßnahmen aus dem EFDM-Format in die proprietären Formate (Steuerungssignale) der angebotenen Systeme zur Erbringung der Flexibilität. Das EFDM-Mapping muss auf Basis der Datenstruktur und Konnektorenstruktur in der bestehenden IIoT-Plattform individuell entwickelt werden. Als ein mögliches Konzept hierfür kann der UP-Service „Smarter Konnektor“ des Fraunhofer IPA herangezogen werden, siehe Tabelle 1.
  - Es muss ein EFMS umgesetzt werden, um die in EFDM-Format vorhandenen Daten zu verwalten (Logging, Versionierung) und diese um UP-spezifische Metadaten zu erweitern. Zu beachten ist, dass nicht jede Datenbanktechnologie in jeder IIoT-Plattform integrierbar ist, weshalb hier keine generische Empfehlung gegeben wird. Als Orientierung für den nötigen Funktionsumfang kann hier der fortlaufend weiterentwickelte UP-Service „EFMS“ des Fraunhofer IPA herangezogen werden, siehe Tabelle 1.
  - Es muss ein Merge-/Split-Service umgesetzt werden, der mehrere EFDMs zu einem EFDM aggregieren oder ein großes EFDM in mehrere kleinere EFDMs aufspalten kann. Der UP-Service „Merge Service“ des PTW (siehe Tabelle 1) kann als Orientierung dienen, wird jedoch nicht mehr weiterentwickelt.
  - Ausgewählte interne (Optimierungs-)Services der bestehenden IIoT-Plattform müssen für Daten im EFDM-Format befähigt werden.
- 2) Umsetzung der Energieflexibilitätsvermarktung: Für eine Minimalversion der UP wird eine Anbindung an mindestens einen Markt oder externen Vermarktungsservice benötigt. Dieses Requirement gliedert sich in die folgenden Handlungsschritte auf:
- Es muss ein Markt oder ein externer Vermarktungsservice ausgewählt werden, und die Registrierung dort muss erfolgen. Soll die Energieflexibilitätsvermarktung nur simuliert werden, kann stattdessen der MP Service „Lokaler Flexibilitätshandel“ genutzt werden.
  - Es muss eine Vermarktungskomponente mit eingerichteten Schnittstellen (Marktadapter) zu externen Vermarktungsservices entwickelt werden. Die Art der Schnittstelle ist abhängig vom ausgewählten Markt bzw. dem ausgewählten externen Vermarktungsservice. Als Anhaltspunkt für die Umsetzung kann der bestehende UP-Service „Vermarktungskomponente“ der Software AG betrachtet werden, dieser wird jedoch nicht weiterentwickelt. Bei der Implementierung der Vermarktungskomponente müssen mindestens folgende Funktionalitäten sichergestellt werden:
    - Inseratserstellung: Es gibt die Möglichkeit, ein EFDM in ein marktspezifisches Inserat zu übersetzen.
    - Inseratsversand (über bspw. REST) an mindestens einen Markt
    - Buchungsempfang (über bspw. REST) von mindestens einem Markt

- Buchungsspeicherung von mindestens einem Markt
- Aktivierungsempfang (über bspw. REST) von mindestens einem Markt
- Aktivierungsübersetzung in eine flexible Lastmaßnahme mit anschließender Übermittlung an die zu schaltende Anlage und Aktivierungserbringung
- Meldung der Erbringung über die eingerichtete Schnittstelle zum Markt bzw. zum externen Vermarktungsservice

Zur Steuerung grundlegender Flexibilitätsprozesse (Erfassung von Flexibilität, Vermarktung oder interne Verwertung von Flexibilität und Erbringung von Flexibilität) ist der Status jedes EFDM-Objekt (Flexibilitätsraum und Flexible-Last-Maßnahme) von zentraler Bedeutung. Das Status-Feld definiert mögliche Status-Einträge im Kontext der Prozesse und soll mit Version 1.1 des EFDM eingeführt werden. Wir empfehlen Ihnen, das öffentliche [Git-Repository des EFDM](#) für Aktualisierungen im Blick zu behalten. Aktuell wird an Draft 1.1 des EFDM gearbeitet (siehe Branch „draft11“). In der Dokumentation finden Sie dort für jedes Status-Feld auch einen Status-Workflow mit möglichen Status-Übergängen. Die Steuerung der Prozesse können Sie entsprechend Ihrer Plattform-Fähigkeiten individuell gestalten, beispielsweise durch den Einsatz einer Workflow-Engine, einer Service-Orchestrierung oder durch direktes Integrieren der einzelnen UP-Komponenten miteinander. Von zentraler Bedeutung ist dabei insbesondere das Zusammenspiel zwischen Konnektoren, EFMS und Vermarktungskomponente.

Nicht zuletzt ist es von großer Bedeutung, die Ergebnisse der Schnittstellendokumentation der UP-Außenschnittstellen aus AP III.2.3 strikt einzuhalten. Dies schafft die Voraussetzung für eine nahtlose Kommunikation mit zukünftigen oder neuen Services und sorgt dafür, dass diese gemäß der Referenzarchitektur integriert werden können. Optional können externe MP Services aus Tabelle 2 angebunden werden, wie zum Beispiel das Flexibilitätseinsatzplanungstool, lokale Marktpreisprognosen, der Aggregator-Flexibilitätshandel und das Schnell-Check-Tool. Darüber hinaus können Sie optional weitere UP-Services entwickeln. Als Orientierung können Sie Tabelle 1 zu den UP-Services konsultieren, um zusätzliche Ideen und Anregungen für die Weiterentwicklung Ihrer Plattform zu gewinnen.

Indem Sie diese Schritte und Überlegungen beachten, legen Sie eine solide Grundlage für die erfolgreiche Entwicklung und Implementierung Ihrer digitalen Plattform für die Energieflexibilität.

## Übersicht vorhandener Serviceentwicklungen aus dem SynErgie-Projekt

Basierend auf den Anforderungen der spezifischen Zielgruppe und den aktuellen Marktverhältnissen besteht die Möglichkeit, zusätzliche Services zu entwickeln. Tabelle 3 bietet eine Übersicht der vorhandenen UP-Services, die in den bisherigen SynErgie-Projektphasen entwickelt wurden. Tabelle 4 bietet die entsprechende Übersicht der marktseitigen Services, die über den Service-Katalog der Marktplattform zu finden sind. Für die UP-Services und MP-Services ist jeweils zu beachten, dass einige dieser Services nicht mehr weiterentwickelt werden, andere von spezifischen UP-Varianten abhängen oder für den internen Gebrauch bestimmt waren. Diese Übersicht kann daher als Anregung für die Entwicklung potenzieller neuer Services verstanden werden, oder der Kontaktaufnahme und dem Austausch mit den jeweiligen Ansprechpartnern dienen. Die Kontaktaufnahme kann über die Koordinierungsstelle vermittelt werden. Die Entwicklung neuer Services sollte stets im Einklang mit der Referenzarchitektur erfolgen, um eine nahtlose Integration zu gewährleisten.

## Entwickelte UP-Services

Tabelle 3: SynErgie UP Services aus SynErgie 1 und 2

Service	Beschreibung	Weiterentwicklung in SynErgie 3	Verantwortlicher Partner
Energieflexibilitätsmanagementservice (EFMS)	Das Ziel des EFMS ist es, die im Unternehmen vorhandenen EFDM-Objekte zu verwalten und zwischen den involvierten Services auszutauschen.	Ja (III.3.2)	Fraunhofer IPA*
Vermarktungskomponente	Die Vermarktungskomponente dient dazu, die im Unternehmen erfassten Energieflexibilitäten auf diversen Wegen zu vermarkten. Als Märkte kommt zum einen der lokale Flexibilitätsmarkt in Frage und zum anderen Aggregatoren, welche die Flexibilitäten wiederum zum Handel auf klassischen Energiemärkten oder Netzdienstleistungsmärkten nutzen.	Nein	Software AG*
Manufacturing Service Bus (MSB)	Der Manufacturing Service Bus stellt eine Middleware zur Service-Orchestrierung, sowie den IIoT-Hub zur Anbindung von physikalischen Objekten als IIoT, der Unternehmensplattform dar.	Ja (III.2.3)	VFK AG*
Smarter Konnektor	Der Smarten Konnektor hat einerseits die Aufgabe mit Hilfe von Anlagendaten Flexibilitätsdatenmodelle auszufüllen und diese an die Unternehmensplattform zu schicken sowie andererseits Umsetzungssignale zu zuvor versendeter Flexibilitätsdatenmodelle zu empfangen und diese Flexibilitäten auf den Anlagen umzusetzen.	Ja (III.1.9)	Fraunhofer IPA*

Servicebereitstellungsumgebung	Die Servicebereitstellungsumgebung der Unternehmensplattform dient als Entwicklungs-, Vertriebs- und Betriebsplattform für Services mit Fokus auf energetischer Optimierung unter Flexibilitätsaspekten sowie Energiemanagement-as-a-Service (EMaaS).	Nein	Fraunhofer IPA
Universeller Optimierungskontroller	Der universelle Optimierungskontroller koordiniert eingesetzte Optimierungsservices, sofern sich die Ergebnisse der einzelnen Optimierungen beeinflussen und die Optimierungen nicht unabhängig voneinander sind.	Nein	Fraunhofer IPA
Marktplattforminformationsbeschaffungsservice (MIBS)	Der MIBS wurde konzipiert, damit unternehmensplattformseitige Services in Szenarien, in denen jegliche Kommunikation der Service über den MSB fließen muss, dennoch marktplattformseitige Services konsumieren können. In Szenarien, in denen Services nicht nur über den MSB kommunizieren, ist der MIBS optional. Der MIBS ermöglicht somit das Konsumieren von marktplattformseitigen Services (Preisprognosen etc.) auf Seiten der Unternehmensplattform.	Nein	Fraunhofer IPA
Produktionsmanagement Konnektor	Mit dem Produktionsmanagement-Konnektor können SAP-ERP Systeme über aktivierte SAP BAPIs an den MSB angebunden werden.	Nein	Fraunhofer IPA
ePPS	Der Service unterstützt die Auswahl und Umsetzung von organisatorischen Energieflexibilitätsmaßnahmen in Produktionsunternehmen. Mittels eines simulations- und optimierungsbasierten Assistenzsystems soll die	Ja (II.3.4)	Fraunhofer IWU

	energieorientierte Planung und Steuerung von Produktionsaufträgen verbessert werden.		
Intelligentes Lastmanagement	Aktuelle Lastmanagementsysteme arbeiten nach statisch parametrisierten Spitzenlastvorgaben. Dynamische Lastvorgaben sowie die Verarbeitung von Prognosen aus Produktion, Energieinfrastruktur und Energiemarkt werden bisher nicht berücksichtigt. Ziel dieses Services ist es deshalb ein neuartiges intelligentes System zum Managen und Schalten von Maschinen, Anlagen und Energieinfrastruktur zu schaffen.	Ja (II.3.4)	Fraunhofer IWU*
Merge Service	Der Service ermöglicht die Aggregation/Disaggregation von EFDMs im JSON-Format, welche das SynEnergie JSON-Schema erfüllen.	Nein	PTW, TU Darmstadt*
EFDM GUI	Die EFDM GUI bietet eine visuelle Assistenz für die Erstellung des EFDMs.	Ja (III.1.10, <a href="#">hier verfügbar</a> )	PTW, TU Darmstadt*
Prognoseservice	Der Prognose-Service dient zur Unterstützung der automatisierten Erstellung und des Deployments von datenbasierten Prognosemodellen für die Nutzenergiebedarfe in Produktionsbereichen, insbesondere Wärme-, Kälte- und Strombedarf.	Ja (III.1.10)	PTW, TU Darmstadt*
Poolingoptimierung	Die Poolingoptimierung stellt einen Algorithmus zur systematischen Optimierung von Anlagen der Produktionsinfrastruktur mit deutlichem Maschinenbezug dar. Die Systemdynamik des zu Grunde liegenden Energiesystems wird über mathematische Gleichungszusammenhänge für einen AMPL-fähigen Solver modelliert.	Nein ( <a href="#">hier verfügbar</a> )	PTW, TU Darmstadt*

Batterieeinsatzoptimierung	Der Service Batterieeinsatzoptimierung (BEOS) ermöglicht die Realisierung der Energieflexibilität in der Produktion durch die Verwendung von Lithium-Ion Batterien der elektrisch betriebenen fahrerlosen Transportfahrzeuge (FTF).	Nein	Fraunhofer IPA
Evolutionäre Optimierung	Grundlage der evolutionären Optimierung ist die Nutzung der Zusammenhänge zwischen Produktionsparametern und Energieverbrauch. Im Rahmen der Optimierung wird eine Vielzahl von Produktionsvarianten generiert, die sich in konkreten Produktionsparametern unterscheiden.	Nein	Fraunhofer IPA
Bewertung von Produktionsrisiken	Das Ziel dieses Services ist die Unterstützung bei der strukturierten Bewertung von Produktionsrisiken. Dabei sollen insbesondere auch komplexe Wechselwirkungen von Risiken, Risikokompensationsmaßnahmen und Energieflexibilitätsmaßnahmen (EFM) auf der Ebene der Produktion berücksichtigt werden.	Nein	Fraunhofer IGCV*
Gesamtkostenbasierte Produktionssteuerung	Das übergeordnete Ziel der gesamtkostenbasierten Produktionssteuerung ist die Berechnung und monetäre Bewertung von Änderungen des Produktionsprogramms, die aufgrund der Vermarktung von Energieflexibilität vorgenommen werden. Bei der Bewertung fließen neben den logistischen Zielgrößen alle anderen Kostenfaktoren der integrierten Unternehmensplanung wie Maschinenkosten, Rüstkosten, Personalkosten	Nein	Fraunhofer IGCV*

	etc. mit ein, wodurch eine gesamtheitliche Aussage möglich wird.		
Automatisierte Detektion des Energieflexibilitätpotenzials für Produktionsanlagen	Das übergeordnete Ziel des Services ist zu ermöglichen, dass eine automatisierte Detektion der relevanten Komponenten in Maschinen und Anlagen anhand der Leistungsprofile erfolgt.	Nein	Fraunhofer IGCV

\*Partner weiterhin beteiligt an Förderphase 3.

### Entwickelte MP Services

Tabelle 4: SynErgie MP Services aus SynErgie 1 und 2

Service	Beschreibung	Weiterentwicklung in SynErgie 3	Verantwortlicher Partner
Flexibilitätseinsatzplanungstool	Das übergeordnete Ziel dieses Services besteht in der marktübergreifenden Optimierung von Flexibilitätseinsätzen auf Basis des EFDMS. Ein EFDMS beschreibt dabei die möglichen Flexibilitäten eines Unternehmens. Eine Optimierung ist dabei sowohl für minimale Kosten als auch maximale Erträge möglich.	Nein ( <a href="#">hier verfügbar</a> )	Universität Luxemburg
Lokaler Flexibilitätsmarkt	Der Service bietet über eine Website einen Zugang zum lokalen Flexibilitätsmarkt.	Nein ( <a href="#">hier verfügbar</a> (Anmeldung via Software AG))	Software AG*
Lokale Marktpreisprognosen	Das Ziel dieses Services ist die Bereitstellung von Preisprognosen in Form von Zeitreihen für verschiedene Märkte auf Basis historischer Preisverläufe und Einflussgrößen wie z.B. Wetterdaten.	Nein (Verfügbar mit alten Daten auf Anfrage bei KISTERS)	KISTERS*

Aggregator-Flexibilitätshandel	Mit dem Service wird das Ziel verfolgt, über einen Aggregator Flexibilität zu vermarkten und damit den direkten Zugang zu Flexibilitätsmärkten auch für Unternehmen, die bisher keinen Zugang besitzen, zu erschließen. Die Übermittlung der Energieflexibilität erfolgt dabei standardisiert über das EFDM.	Nein (Verfügbar auf Anfrage bei Entelios)	Entelios AG*
Schnell-Check-Tool	Mit dem Schnell-Check-Tool werden grundlegende Informationen über Möglichkeiten des Flexibilitätseinsatzes und damit verbundenen Erlösen oder Kosteneinsparungen aufgezeigt.	Nein ( <a href="#">hier verfügbar</a> )	Universität Luxemburg Software AG*

\*Partner weiterhin beteiligt an Förderphase 3.

## Abschluss und Ausblick

Der Evaluationsleitfaden für digitale Plattformen zur Automatisierung und Vermarktung von Energieflexibilität bietet einen idealen Einstieg in das Themenfeld. Durch die klare Strukturierung und die praxisorientierten Empfehlungen können Anbieter ihre bestehenden IIoT-Plattformen erfolgreich erweitern oder anpassen, um den Anforderungen einer modernen Energiewirtschaft gerecht zu werden.

Besonders im Hinblick auf die fortschreitende Integration erneuerbarer Energien und die wachsende Bedeutung von Flexibilität ist es für Anbieter unerlässlich, sich kontinuierlich über relevante technische Standards, regulatorische Rahmenbedingungen und Markttrends zu informieren. Weitere Informationen finden Sie [auf der SynErgie-Projektwebseite](#). Dort befindet sich auch die jeweils aktuelle Version dieses Evaluationsleitfadens im Downloadbereich. Rückmeldungen von Anwendern sind jederzeit willkommen, um künftige Überarbeitungen noch praxisorientierter gestalten zu können. Der Leitfaden wird zudem künftig bei neuen Versionen der Referenzarchitektur aktualisiert, um technische und konzeptionelle Entwicklungen zu berücksichtigen.

Im Rahmen von SynErgie ist im weiteren Verlauf die Open-Source-Entwicklung ausgewählter Komponenten der UP als Alpha-Version geplant. Diese sollen grundlegende Funktionen bereitstellen und als Referenz für die Entwicklung oder Anpassung eigener Plattformen dienen, sowie den Austausch über SynErgie hinaus fördern.

Wir ermutigen alle Anbieter, die im Leitfaden dargestellten Ansätze und Erkenntnisse aktiv zu nutzen und in ihre Planungen und Umsetzungen einzubeziehen. Durch eine fundierte und strukturierte Herangehensweise an die Entwicklung von Flexibilitätsplattformen können positive Impulse für die gesamte Branche gesetzt werden. Gemeinsam können wir die Herausforderungen der Energieversorgung der Zukunft meistern und innovative Lösungen fördern.

## Quellenverzeichnis

- [1] Sauer, A.; Abele, E.; Buhl, H. U. (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.
- [2] Sauer, A.; Buhl, H.U.; Mitsos; Weigold, M. (2022): Energieflexibilität in der deutschen Industrie. Band 2: Markt- und Stromsystem, Managementsysteme und Technologien energieflexibler Fabriken. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- [3] VDI-Richtlinie 5207 Blatt 1: VDI 5207 Blatt 1. Online verfügbar unter: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-5207-blatt-1-energieflexible-fabrik-grundlagen>.
- [4] VDI-Richtlinie 5207 Blatt 2: VDI 5207 Blatt 2. Online verfügbar unter: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-5207-blatt-2-energieflexible-fabrik-identifikation-und-technische-bewertung>.
- [5] VDI-Richtlinie 5207 Blatt 3: VDI 5207 Blatt 3. Online verfügbar unter: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-5207-blatt-3-energieflexible-fabrik-it-infrastruktur-zum-betrieb-energieflexibler-fabriken>.
- [6] Roth, S.; Schlereth, A. (2022): Leitfaden zur Energiesynchronisationsplattform. Version 1.0. Kopernikus Projekt SynErgie. Online verfügbar unter: <https://synergie-projekt.de/wp-content/uploads/2020/08/SynErgie-ESP-Leitfaden.pdf>.
- [7] Oeder, A.; Winter, C.; Ahrens, R. (2022): Security Guide v. 1.0. Kopernikus Projekt SynErgie. Online verfügbar unter: <https://synergie-projekt.de/wp-content/uploads/2020/08/SynErgie-Security-Guide.pdf>.
- [8] Schlereth, A.; Kaymakci, C.; Haffenegger, E.; Birkle, T.; Stöhr, M.; Winter, C.; Tordy, R.; Grigorjan, A.; Pelger, P.; Schel, D.; Laube, P.; Bauernhansl, T.; Sauer, A. (2024): An Architectural Blueprint for Digital Energy Platforms in Industrial Energy Flexibility Applications. In: Herberger, David (Hrg.) u.a.: *Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics: 9th – 12th July 2024 College of Engineering – University of Hawai'i at Mānoa Honolulu, Hawaii, USA*. publish-Ing., 2024, S. 270-281. Online verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.15488/17719>.
- [9] Fridgen, G.; Potenciano Menci, S.; van Stiphoudt, C.; Schilp, J.; Köberlein, J.; Bauernhansl, T. et al. (2021): Referenzarchitektur der Energiesynchronisationsplattform. Diskussionspapiere V4. Online verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/IGCV-N-642369>.
- [10] Buhl, H. U.; Duda, S.; Schott, P.; Weibelzahl, M.; Wenninger, S.; Fridgen, G. et al. (2021): Energieflexibilitätsdatenmodell der Energiesynchronisationsplattform. Diskussionspapiere V4. Online verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/IGCV-N-642370>.
- [11] Schilp, J.; Bank, L.; Köberlein, J.; Bauernhansl, T.; Sauer, A.; Kaymakci, C. et al. (2021): Optimierung auf der Energiesynchronisationsplattform. Diskussionspapiere V4. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.24406/IGCV-N-642371>.
- [12] Oeder, A.; Ronge, K.; Schimmelpfennig, J.; Winter, C.; Ahrens, R. (2021): IT-Sicherheit der Energiesynchronisationsplattform. Diskussionspapiere V4. Online verfügbar unter: <https://doi.org/10.24406/IGCV-N-642372>

- [13] Bauernhansl, T.; Sauer, A.; Kaymakci, C.; Schlereth, A.; Schilp, J.; Kalchschmid, V. et al. (2021): Demonstratoren der Energiesynchronisationsplattform. Diskussionspapiere V4. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.24406/IGCV-N-642373>.
- [14] Stöhr, M.; Schlereth, A.; Ziegler, R. D.; Grigorjan, A.; Kaymakci, C.; Winter, C.; Schimmelpfennig, J.; Tordy, R.; Junge, J.; Drießen, E.; Birkle, T.; Koch, T. (2024): Referenzarchitektur für die Unternehmensplattform zur Instanziierung in marktrelevanten IIoT-Plattformen (Entwurf).
- [15] EFDM-GUI (2024). Online verfügbar unter: <https://efdm-gui.sng.cell.vfk.fraunhofer.de/StartInfo>.
- [16] Flexmarkt SynErgie (2024). Online verfügbar unter: <https://flexmarkt.synergie-projekt.de/login>.
- [17] Flex-Tool SynErgie (2022). Online verfügbar unter: <https://flextool.sng.cell.vfk.fraunhofer.de/start>.
- [18] Prognose-Service (2022). Online verfügbar unter: <https://prog.sng.cell.vfk.fraunhofer.de/>.
- [19] Schnell-Check-Tool (2022). Online verfügbar unter: <https://schnell-check.synergie-projekt.de/Home>.
- [20] Schlereth, A. (2022): Energiesynchronisationsplattform – Energieflexibilität nutzen und zur Energiewende beitragen. Fraunhofer IPA. Online verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=rPhHICR6Tec>.
- [21] SynErgie-Projekt (2024). Online verfügbar unter: <https://synergie-projekt.de/>.

