

## Services der Unternehmensplattform

### Steckbriefe

**Cluster Informations- und Kommunikationstechnik des Kopernikus-Projekts „SynErgie – Synchronisierte und energieadaptive Produktionstechnik zur flexiblen Ausrichtung von Industrieprozessen auf eine fluktuierende Energieversorgung“, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung**

Stand Oktober 2020

Dieses Dokument wird unter den Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz „Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0“ (CC BY-SA 4.0) veröffentlicht.<sup>1</sup>



---

<sup>1</sup> Unter der Bedingung, dass Autor und Herausgeber sowie die Lizenz als »Lizenz: CC BY-SA 4.0« einschließlich der Lizenz-URL genannt werden, darf dieses Material vervielfältigt, weitergereicht und auf beliebige Weise genutzt werden, auch kommerziell. Auch die Bearbeitung ist erlaubt unter der zusätzlichen Bedingung, dass das neu entstandene Werk als Bearbeitung gekennzeichnet wird und im Falle einer Veröffentlichung unter derselben Lizenz wie dieses Diskussionspapier freigegeben wird (vollständige Lizenzbedingungen: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>)

## VORWORT UND DANKSAGUNG

In dem vorliegenden Dokument erfolgt eine detaillierte Beschreibung der Services auf der Unternehmensplattform in Form von einseitigen Steckbriefen. Eine genaue Vorstellung der Unternehmensplattform ist dem Diskussionspapier zu entnehmen. Die Steckbriefe sind nach Ziel, Funktionsweise, den Stakeholdern sowie dem Input und Output und einem abschließenden Anwendungsbeispiel strukturiert.

### Autoren:

Energieflexibilitätsmanagementservice	Arthur Grigorjan (IPA)
Universeller Optimierungscontroller	Hartmut Eigenbrod (IPA)
Energieorientierte Produktionsplanung und - Steuerung (ePPS)	Bastian Prell (IWU)
Manufacturing Execution System (MES)	Lukas Bank (IGCV)
Ebenen-unabhängige Evolutionäre Optimierung	Hartmut Eigenbrod (IPA)
Marktplattforminformationsbeschaffungsservice (MIBS)	Arthur Grigorjan (IPA)
Produktionsmanagement-Konnektor	David Brandt (IPA)
Visuelle Flexibilitätserfassung in Form des Datenmodells	Martin Lindner (PTW)
Aggregation und Disaggregation von Energieflexibilität	Martin Lindner (PTW)
Poolingoptimierung, Systemidentifikation und Nutzenergiebedarfsprognose	Martin Lindner (PTW)
Batterieeinsatzoptimierung	Ozan Yesilyurt (IPA)
Gesamtkostenbasierte Produktionssteuerung	Martin Rösch (IGCV)
Bewertung von Produktionsrisiken	Stefan Roth (IGCV)
Intelligentes Lastmanagement	Hanns-Martin Strehle (IWU)
Automatisierte Detektion des Energieflexibilitätspotentials für Produktionsanlagen	Martin Brugger (IGCV)

Die Autoren bedanken sich herzlich beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die finanzielle Unterstützung und beim Projektträger Jülich (PtJ) für die Betreuung des Kopernikus-Projektes SynErgie.


Weitere Informationen zu den Kopernikus-Projekten und SynErgie finden Sie auf folgenden Webseiten:





<https://kopernikus-projekte.de>





<https://synergie-projekt.de>


	<b>Service:</b> <b>Energieflexibilitätsmanagement (EFMS)</b>	
<p><b>Ziel</b>          Das übergeordnete Ziel des EFMS ist es, die im Unternehmen vorhandenen Energieflexibilitätsdatenmodelle (EFDM) zu verwalten und deren Realisierung zu orchestrieren.</p> <p><b>Funktionsweise</b>          Alle Erzeuger von EFDM (Smarter Konnektor, Optimierungsservices etc.) reichen ihre EFDM an den EFMS, welcher alle EFDM im Unternehmen verwaltet. Der EFMS erlaubt anderen Services EFDM anzufragen, zu aktualisieren und deren Umsetzung zu initiieren. Des Weiteren fungiert der EFMS als Broker, der über einen Broadcasting-Mechanismus über Änderungen von EFDM benachrichtigt. Beim Erhalt eines Realisierungssignals, welches sich auf ein EFDM bezieht, reicht der EFMS die Information an den Erzeuger des EFDM weiter. Die geschriebenen Funktionen werden über eine Schnittstelle zum Manufacturing-Service-Bus (MSB) angeboten.</p>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierende Unternehmen: Produktionsplanung und -steuerung sowie Energiemanager</li> <li>▪ Software und Informationstechnik</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EFDM von Energieflexibilität (von einem Smarten Konnektor oder einem Optimierer auf der Unternehmensplattform)</li> <li>▪ Umsetzung einer Energieflexibilität (von der Marktplattform oder sonstigen Services)</li> </ul>	
	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EFDM von Energieflexibilität (zu einem Optimierer (o.Ä.) auf der Unternehmensplattform)</li> <li>▪ Delegierte Realisierung einer Energieflexibilität (zu einem EFDM-Erzeuger z.B. Smarten Konnektor)</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Es sind zwei Ölbäder in der Produktion vorhanden, die jeweils über einen Heizstab erwärmt werden und die jeweils mit einem Smarten Konnektor an die Unternehmensplattform angebunden sind. Die beiden Smarten Konnektoren senden die hinterlegten EFDM ausgefüllt an den EFMS, der sie speichert und an alle weiteren Services propagieren kann. Ein Optimierungsservice kann beispielsweise zwei EFDM zu einem neuen zusammenfassen und wiederum an den EFMS propagieren, der dieses speichert.</p> <p>Wird die Realisierung einer Energieflexibilität von einem Service abgerufen, identifiziert der EFMS den Erzeuger der Energieflexibilitätsmaßnahme (z.B. einen Optimierungsservice) und ruft darüber die Umsetzung in der Produktion auf. Besteht das EFDM aus zwei zusammengesetzten EFDM, so wird deren Umsetzung an die Smarten Konnektoren wiederum vom Optimierungsservice über den EFMS angestoßen, da dieser die zugehörigen Smarten Konnektoren kennt.</p>		

	<b>Service:</b> <b>Universeller Optimierungscontroller</b>	
<p><b>Ziel</b></p> <p>Der Universelle Optimierungscontroller koordiniert eingesetzte Optimierungsservices, sofern sich die Ergebnisse der einzelnen Optimierungen beeinflussen und die Optimierungen nicht unabhängig voneinander sind. Je nach Unternehmen kann diese Koordination verschiedene Planungs- und Ausführungsebenen von der Fertigungsebene bis zur Unternehmensleitebene umfassen. Die Ablaufsteuerung und der Datenaustausch zwischen den unterschiedlichen Optimierungsservices erfolgt über den Manufacturing Service Bus. Darauf aufbauend können durch komplexere Koordination und Kommunikation zwischen Einzeloptimierungen weitere Optimierungen durchgeführt werden. Der Universelle Optimierungscontroller ist als eigene Instanz an den EFMS angebunden.</p> <p><b>Funktionsweise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ergebnisse der Optimierungsservices werden über den Manufacturing Service Bus der Unternehmensplattform entgegengenommen</li> <li>▪ Abhängige Einzeloptimierungen werden koordiniert und Daten für Einzeloptimierungen bereitgestellt</li> <li>▪ Erzeugung von Varianten und deren Bewertung sowie Rückmeldung des Optimierungsergebnisses an den EFMS</li> </ul>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierende Unternehmen: Produktionsplanung und -steuerung, Produktionsmitarbeiter sowie Energiemanager</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EFDM von Energieflexibilität mit aktuellen Prozessdaten (aus einem Smarten Konnektor oder Optimierungsservice)</li> <li>▪ Bei Bedarf PPS- oder MES-Daten</li> <li>▪ Energiemarktdaten, insbesondere Preisprognosen (von Services auf der Marktplattform)</li> </ul>	
	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Koordinierte, gebündelte Ergebnisse aus den Einzeloptimierungen als EFDM (zum EFMS)</li> <li>▪ Energieoptimierte Auftragslisten</li> <li>▪ Prognostizierte Energiekurven</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>In der Produktion ist ein zentrales Ölbad vorhanden, das von zwei verschiedenen Produktionsprozessen zur Temperierung verwendet wird. Sofern es für beide Produktionsprozesse bereits Einzeloptimierungen gibt, wird durch wechselseitigen Aufruf der Einzeloptimierungen sichergestellt, dass die Produktionsanforderungen für beide Prozesse eingehalten werden können. Der Optimierungscontroller ermöglicht zudem eine einfache Skalierung des Produktionsprozesses, indem dynamisch weitere Produktionsprozesse an das Ölbad angeschlossen bzw. abgekoppelt werden können (z. B. für Wartungsarbeiten). Der universelle Optimierungscontroller generiert auf diese Weise neue Optimierungsvorschläge, die er an den EFMS übermittelt.</p>		


	<p><b>Service:</b>  <b>Energieorientierte Produktionsplanung und -steuerung (ePPS)</b></p>	
<p><b>Ziel</b>          Der Service unterstützt die Auswahl und Umsetzung von organisatorischen Energieflexibilitätsmaßnahmen in Produktionsunternehmen. Mittels eines simulations- und optimierungsbasierten Assistenzsystems soll die energieorientierte Planung und Steuerung von Produktionsaufträgen verbessert werden.</p> <p><b>Aufbau und Funktionsweise</b>          Der Service ePPS besteht aus drei Komponenten. Die erste Komponente ePPS-EFM ermöglicht die Vorauswahl der zu betrachtenden Energieflexibilitätsmaßnahmen des Produktionsunternehmens sowie die Selektion von unternehmensseitigen Eingangsdaten. In der zweiten Komponente ePPS-Sim wird die Simulation der Fertigung durchgeführt. Damit lassen sich z.B. Variationen in der Einlastung der Aufträge im Materialfluss abbilden und bewerten sowie der Energiebedarf analysieren. In der Komponente ePPS-Opti wird die Optimierung der Produktionsaufträge auf Basis der Energieflexibilitätsmaßnahmen durchgeführt (z.B. Verschiebung Auftragsstart). Durch direkte Kopplung mit ePPS-Sim können die verschiedenen Maßnahmen bewertet werden. Die Lastkennwerte der Planungsalternativen lassen sich durch ein zusammengefasstes EFDM mittels der ePPS-EFM zu weiteren Services über den MSB übertragen.</p>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierende Unternehmen: Energieeinkauf, Produktionsplaner, Produktionsmitarbeiter, IT-Verantwortliche</li> <li>▪ Lösungsanbieter: Softwareentwicklung im Fabrikumfeld</li> </ul>	
	<p><b>Input</b>          Folgende Datengruppen sind anwendungsspezifisch zu berücksichtigen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energietarif (z.B. Spitzenlastvorgabe)</li> <li>▪ Produktionsdaten (z.B. Produktionsstruktur, Bearbeitungsreihenfolgen und -zeiten, Auftragslisten, Planungshorizont in Tagen)</li> <li>▪ Prognose des Energiepreises von MP</li> </ul>	
	<p><b>Output</b>          Folgende Datengruppen sind anwendungsspezifisch zu berücksichtigen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Logistische Kenngrößen (Fertigstellungszeitpunkte, Freigabezeitpunkte, Durchsatz, Auslastung)</li> <li>▪ Energieoptimierte Planungsalternativen und Bewertung (z.B. Maschinenbelegungsplan)</li> <li>▪ Bewertung der EFM (u.a. EFDM)</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b>          Die Automobilindustrie hat sich zum Innovationstreiber in Deutschland entwickelt. Steigender Wettbewerb sorgt dafür, dass neben der Produktqualität auch die zugrundeliegenden Prozessketten stetig optimiert werden. Das im Anwendungsfall betrachtete Unternehmen hat sich hierbei als Entwickler und Anbieter für Antriebsstrangkomponenten etabliert. Am Produktionsstandort des Unternehmens werden die Zulieferteile durch Massivumformung in großen Stückzahlen - meist mehrere Tausend je Auftrag – gefertigt. Die Prozesskette zur Fertigung ist dabei mehrstufig und beinhaltet, neben einigen wenigen energetisch irrelevanten, vor allem energieintensive Prozessschritte. Durch den Seriencharakter der Fertigung fällt die Maschinen-, wie auch die Systemauslastung vergleichsweise hoch aus. Für den betrachteten Bilanzraum konnten folgende Maßnahmen zur Flexibilisierung des Energieverbrauches identifiziert werden: Anpassung der Auftragsreihenfolge, Verschieben der Auftragsstartzeiten sowie die Anpassung der Produktionsintensität bzw. der Prozessgeschwindigkeit. Zur Evaluation alternativer Fertigungsszenarien werden dazu unterschiedlich parametrisierte Simulationsexperimente ausgeführt. Eine Bewertung nach logistischen Ausbringungsgrößen und des zugeordneten Lastgangs mündet in einer Bewertung dieser Planungsalternativen. Schließlich kann dies transparent an einen menschlichen Entscheider oder über die Unternehmensplattform zu anderen Services kommuniziert werden.</p>		


	<b>Service:</b> <b>Einbindung ins Manufacturing Execution System (MES)</b>	
<p><b>Ziel</b></p> <p>Das Ziel ist die Konzeption einer Architektur zur Integration von energieorientierten Zielgrößen in bestehende konventionelle MES. Dazu werden entsprechende Daten, z. B. Energieverbrauch und Energiemarktdaten, berücksichtigt. Bei der energieorientierten Steuerung auf Fertigungsleitebene finden vier MES-relevante Maßnahmen Anwendung (Auftragsstart verschieben, Auftrag unterbrechen, Auftragsreihenfolge ändern und Maschinenbelegung anpassen).</p> <p><b>Funktionsweise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lastprofil und Verfügbarkeit werden aus Maschinendaten ausgelesen</li> <li>▪ Generierung möglicher Lastprofile unter Nutzung der identifizierten Energieflexibilitätsmaßnahmen und der auftragsbezogenen Lasten (z. B. zur Vermeidung von Spitzen)</li> <li>▪ Lastprofile dienen dem MES als Optimierungsgrenze bei der Verteilung der Aufträge</li> <li>▪ Kommunikation der Ergebnisse an weitere Services ist möglich</li> </ul>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierende Unternehmen: Produktionsplanung und -steuerung, Produktionsmitarbeiter</li> <li>▪ Software und Informationstechnik</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zustandsdaten der Produktionssysteme z. B. über Smarten Konnektor</li> <li>▪ PPS-Daten (Fertigungsaufträge mit Lieferterminen) aus ERP System</li> <li>▪ Prognostizierter Energiebedarf von Aufträgen von Services der Marktplattform</li> </ul>	
	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energieoptimierte Maschinenbelegung als Gantt Chart</li> <li>▪ Prognostizierter Lastgang als Datentabelle</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Beispielhaft werden Aufträge rund um die Prozesskette des Ölbad betrachtet. Die Ressource Ölbad wird energiekostenoptimiert belegt. Der abgeleitete Produktionsplan kann ggf. auf Grundlage der Ergebnisse anderer Services angepasst werden, um weitere Maßnahmen zu ergreifen.</p>		


	<b>Service:</b> <b>Evolutionäre Optimierung</b>	
<p><b>Ziel</b></p> <p>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. Basierend auf evolutionären Prinzipien werden gute Produktionsvarianten verbessert. Die Evolutionäre Optimierung kann auf verschiedenen Ebenen der Automatisierungspyramide zum Einsatz kommen. Auf Fertigungsebene wird sie zur optimalen Einstellung von Produktionsparametern verwendet. In einfachen Produktionen ohne MES übernimmt sie die Planung der Produktionsreihenfolge. In Produktionen mit vorhandenem MES kann die Evolutionäre Optimierung unterstützend auf der Fertigungsleitebene wirken.</p> <p><b>Funktionsweise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hinterlegen von analytischen bzw. statistischen Zusammenhängen zwischen Produktionsparametern und Energieverbrauch aus den Schlüsseltechnologien</li> <li>▪ Abfrage erlaubter Änderungen der Produktionsparameter</li> <li>▪ Generierung verschiedener Produktionsvarianten</li> <li>▪ Bewertung anhand von Preisprognosen, ob Produktionsvarianten die Anforderungen bzw. Angebote des Energiemarkts bedienen</li> </ul>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierende Unternehmen: Produktionsplanung und -steuerung, Produktionsmitarbeiter sowie Energiemanager</li> <li>▪ Software und Informationstechnik</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analytische und statistische Zusammenhänge zwischen Produktionsparametern (Eingabe durch Experten)</li> <li>▪ Aktuelle Maschinendaten (aus Smartem Konnektor)</li> <li>▪ Preisprognosen der Märkte (aus Service auf der Marktplattform)</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Der beispielhafte Produktionsprozess kann unter Inkaufnahme einer längeren Produktionszeit flexibel unterbrochen werden, wenn dies wirtschaftlich ist. Unterbrechungen können sich demnach lohnen, wenn der Prozess dann fortgesetzt wird, sobald hohe Energiemengen verfügbar und die Strompreise entsprechend niedrig sind. Unter Einhaltung der wöchentlichen Mindestproduktion kann ein Unternehmen somit dynamisch auf volatile Energiemärkte reagieren. Die Evolutionäre Optimierung generiert dabei verschiedene verbesserte Parametersätze, die mit den Prognosen der Energiemärkte abgeglichen und bewertet werden.</p>	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optimierte Produktionsparameter hinsichtlich konkreter Anforderungen bzw. Angebote des Energiemarkts</li> <li>▪ Prognostizierte Energiekurven</li> </ul>	


	<b>Service:</b> <b>Marktplattforminformationsbeschaffungsservice (MIBS)</b>	
<p><b>Ziel</b></p> <p>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.</p> <p><b>Funktionsweise</b></p> <p>Marktplattformseitige Services bieten Schnittstellen an (REST). Der MIBS konsumiert eine Konfigurationsdatei, welche die API eines solchen Services beschreibt und abstrahiert diese API in Richtung des MSB (Events und Functions), sodass Services, die an den MSB angebunden sind diese APIs konsumieren können. Es ist noch zu evaluieren, ob nicht alternative Lösungswege für diese Problemstellung besser geeignet sind.</p>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entwickler von marktplattformseitigen und unternehmensplattformseitigen Services</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Konfigurationsdateien der marktplattformseitigen Services (initial und /oder zur Laufzeit des MIBS)</li> <li>▪ Anfrage des konsumierenden Services (Inhalt abhängig vom zu konsumierenden Service)</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Ein unternehmensplattformseitiger Optimierer A benötigt die Strompreisprognose für den nächsten Tag. A sendet ein Request-Event an den MSB, der diesen an den MIBS weiterleitet. Der MIBS leitet diese Anfrage weiter an den Preisprognosedienst, der sich auf der Marktplattform befindet (REST-API). Der MIBS erzeugt aus der Antwort des http-Requests wiederum ein MSB-Event (Response Event) und reicht dieses an den MSB weiter, der dieses wiederum an den Optimierer A leitet. (Anmerkung: Durch die asynchrone Natur von Services, die über den MSB kommunizieren (MSB-Events und MSB-Functions), müssen konsumierende Services die Zuordnung des Response Events zum korrespondierenden Request Event ggf. selbst handhaben.)</p>		





	<b>Service:</b> <b>Produktionsmanagement-Konnektor</b>	
<p><b>Ziel</b></p> <p>Dieser Service ermöglicht die Anbindung von SAP-ERP Systemen an die Unternehmensplattform. Mit dem Produktionsmanagement-Konnektor können SAP-ERP Systeme über aktivierte SAP BAPIs an den MSB angebunden werden. Weitere in den MSB integrierte Services können dann direkt über den MSB über sogenannte Integration Flows mit einer SAP-Instanz kommunizieren. Somit können die Daten der Energieflexibilitäten mit der Unternehmens-IT verknüpft werden.</p> <p><b>Funktionsweise</b></p> <p>Die zu nutzenden BAPIs müssen hierfür im SAP aktiviert und als Web-Service (SOAP) über ein gesichertes Netzwerk bereitgestellt werden. So können die Fertigungsaufträge, evtl. Wartungsaufträge, Kapazitäten (Bewegungsdaten) und Stücklisten sowie Arbeitspläne (Stammdaten) und der produktspezifische Energieverbrauch ausgelesen oder verändert werden. Es kann auch Event-basiert auf Änderungen in SAP registriert werden, z.B. wenn ein neuer Kundenauftrag angelegt wurde. Über den SAP-Konnektor können die im Vorfeld definierten BAPIs der Unternehmensplattform verfügbar gemacht werden.</p>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierende Unternehmen: Produktionsplanung und -steuerung, Produktionsmitarbeiter</li> <li>▪ Software und Informationstechnik</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SAP-Daten aus angebundenem ERP-System</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Ein Unternehmen bietet die Möglichkeit, SAP-Daten aus seinem ERP-System in den Vermarktungsprozess der Energieflexibilität miteinbinden zu können. So kann es auf seiner Unternehmensplattform den Produktionsmanagement-Konnektor miteinbinden, um diese Daten geeignet zur Verfügung zu stellen. Über zuvor abgestimmte SAP BAPIs werden die SAP-Daten bei der weiteren Aggregation mit berücksichtigt.</p>		


	<b>Service:</b> <b>Visuelle Flexibilitätserfassung in Form des Datenmodells</b>	
<p><b>Ziel</b>          Welche Informationen werden von einem Fabrikbetreiber benötigt, um das Flexibilitätspotential möglichst realitätsgetreu abschätzen zu können? Ziel ist es, mit möglichst geringer Anzahl an Abfragen den Informationsgehalt des Potentials zu maximieren.</p> <p><b>Funktionsweise</b>          Der Nutzer muss relevante Informationen bezüglich technischer und organisatorischer Restriktionen von Anlagen des Produktionsprozesses selbst sowie der Produktionsinfrastruktur angeben. Daraus können im Anschluss die Berechnungsregeln der einzelnen Kennzahlen des Datenmodells hergeleitet werden. Sind innerhalb der Berechnungsregeln Sensordaten bzw. Zustandsdaten von Anlagen nötig, müssen diese dabei in der standardisierten Nomenklatur des Smarten Konnektors beschrieben werden. Dies gewährleistet eine direkte Nutzung der Berechnungsregeln auf dem Smarten Konnektor, welcher die Berechnungsregeln anschließend zur Verfügung gestellt bekommt. Hierzu ist neben dem Abfragebaum auch eine grafische Nutzeroberfläche zu erstellen, die den Ausfüllprozess unterstützt.</p>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verantwortliche der Versorgungstechnik</li> <li>▪ Energiemanager</li> <li>▪ Optimierungssoftware</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aus Maschinendaten, der maschineninternen SPS, dem Energieflexibilitätsgateway oder aus Herstellerangaben sollen die einzelnen Kenngrößen des EFDM abgeleitet bzw. aktualisiert werden.</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Nachdem eine Energieflexibilitätspotentialanalyse erfolgreich durchgeführt wurde, ist für die ausgewählten Anlagen das bestimmen der jeweiligen Teilmodelle des Energieflexibilitätsdatenmodells erforderlich. Nur so kann eine optimale Funktionalität des Smarte Konnektors und somit die Anbindung der Anlage an die Energiesynchronisationsplattform erfolgen. Hierfür muss bspw. der Energiemanager des Unternehmens die Kennzahlen auf Basis des Abfragebaums eintragen. Hierbei unterstützt die im Backend hinterlegte Logik den Benutzer.</p>	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ (teilweise) ausgefülltes EFDM für die Konfiguration des Smarten Konnektors</li> </ul>	


	<b>Service:</b> <b>Aggregation und Disaggregation von Energieflexibilität</b>	
<p><b>Ziel</b></p> <p>Durch den Service soll geprüft werden, in wie weit eine Verringerung der Komplexität des Einsatzplanungsoptimierungsproblems im Kontext der Energieflexibilität durch die Aggregation von Flexibilitäten wirtschaftlich umsetzbar ist.</p> <p><b>Funktionsweise</b></p> <p>Die Komplexität zur Berechnung von Betriebsstrategien steigt mit der Anzahl an separat betrachteten Flexibilitäten stark an. Um diesem Problem zu begegnen, besteht die Möglichkeit bei Bedarf, viele Einzelflexibilitäten zu einer abstrakten größeren Flexibilität zu aggregieren, um das folgende Problem der Betriebsstrategieoptimierung zu vereinfachen. Aus diesem Grund erhält der Service Flexibilitäten aus dem EFMS und gibt diesem eine aggregierte, neue Flexibilität zurück.</p>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aggregatoren,</li> <li>▪ Energiemanager</li> <li>▪ Systemoptimierer</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EFDM</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Innerhalb einer Fabrik, existieren mehrere energieflexible Maschinen und Anlagen, welche bereits über ein EFDM und Energieflexibilitätsmaßnahmen verfügen und via Smarten Konnektor an die Unternehmensplattform angeschlossen sind. Dadurch kann der Energieflexibilitätsmanagementservice (EFMS) diese an den Aggregationservice übermitteln, welche dann eine Kombination der jeweils einzelnen Maßnahmen ermöglicht, was wiederum die Betriebsstrategieoptimierung vereinfacht, da die Menge an Eingangsgrößen verringert ist. Hierbei kann die Optimierung als Service auf der Unternehmensplattform oder auf Maschinenebene via Edge-Devices erfolgen.</p>	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aggregiertes (kombiniertes) oder disaggregiertes EFDM</li> </ul>	

	<b>Service:</b> <b>Poolingoptimierung, Systemidentifikation und Nutzenergiebedarfsprognose</b>	
<p><b>Ziel</b></p> <p>Die Poolingoptimierung stellt einen Algorithmus zur systematischen Optimierung von Anlagen der Produktionsinfrastruktur mit deutlichem Maschinenbezug dar. Ergänzend dazu werden über eine automatisierte Systemidentifikation datenbasierte Nutzenergiebedarfsprognose- und Simulationsmodelle von Anlagen der Produktionsinfrastruktur erstellt.</p> <p><b>Funktionsweise</b></p> <p>Um die Ergebnisse, welche im Rahmen des Cluster II entwickelt wurden in die serviceorientierte Architektur der Unternehmensplattform zu integrieren, werden in diesem Arbeitspaket Services zur Poolingoptimierung von Anlagen der Produktionsinfrastruktur, der Systemidentifikation und der Nutzenergiebedarfsprognose erstellt. Die Poolingoptimierung stellt in diesem Zusammenhang einen Algorithmus zur systematischen Optimierung von Anlagen der Produktionsinfrastruktur mit deutlichem Maschinenbezug dar. Um Nutzenergiebedarfe, welche für die Poolingoptimierung benötigt werden, bereitzustellen, werden diese über einen im Cluster II entwickelten Service zur Nutzenergiebedarfsprognose geschätzt. Ergänzend dazu sollen über eine automatisierte Systemidentifikation datenbasierte Simulationsmodelle von Anlagen der Produktionsinfrastruktur erstellt werden.</p>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energiemanager</li> <li>▪ Aggregatoren</li> </ul>	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maschinendaten</li> <li>▪ exogene Einflüsse</li> <li>▪ Kennzahlen</li> <li>▪ Preisprognosen</li> <li>▪ Bedarfsprognosen</li> </ul>
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Ein mögliches Zusammenspiel der drei Services kann wie folgt aussehen: In der Produktion sind mehrere Infrastrukturanlagen mit unterschiedlicher Datenlage vorhanden. Über temporäre Messungen werden mithilfe der automatisierten Systemidentifikation zunächst die Nutzenergiebedarfe der Anlagen, die nicht mit permanenten Energiemessstellen ausgerüstet sind, aus den zur Verfügung stehenden Zustandsdaten modelliert. Anschließend werden mithilfe von Zeitreihenanalysen und unter Einbindung exogener Einflussvariablen, wie der Wetterprognose, Nutzenergiebedarfsprognosemodelle erstellt. Die Anlagen werden dann über die Poolingoptimierung kombiniert und gemeinsam im Hinblick auf Energieflexibilität optimiert, wobei die Bedarfsprognose eine Input-Größe darstellt.</p>	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maschinendaten, Lastprognosen, Stellsignale</li> </ul>	


	<b>Service:</b> <b>Batterieeinsatzoptimierung</b>	
<p><b>Ziel</b></p> <p>Der Service Batterieeinsatzoptimierung ermöglicht die Realisierung der Energieflexibilität in der Produktion durch die Verwendung von Lithium-Ion Batterien der elektrisch betriebenen fahrerlosen Transportfahrzeuge (FTF).</p> <p><b>Funktionsweise</b></p> <p>Optimale Lade- und Entladezeiten für den Einsatz der FTF-Batterien werden anhand des Energieverbrauchs und der Strompreise während der Produktion prognostiziert. Die Verfügbarkeit der FTF (die möglichen Lade- und Entladezeiten beim Vorbeifahren einer Ladestation) wird mit Hilfe eines maschinellen Lernverfahrens (ML) ermittelt. Die historischen und aktuellen FTF-Daten werden bei der Entwicklung des MLs verwendet.</p> <p>Die geschätzten optimalen Lade- und Entladezeiten werden zunächst mit den verfügbaren Zeiten der FTF-Batterien verglichen. Danach werden die übereinstimmenden Zeiten anhand einiger Bedingungen überprüft. Abschließend wird ein intelligentes Lade- und Entladescheduling für die FTF-Batterien unter Berücksichtigung der Bedingungen erstellt.</p>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierende Unternehmen mit FTF-Einsatz</li> <li>▪ Software und Informationstechnik</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Strompreise</li> <li>▪ PPS-Daten (Fertigungsaufträge mit Lieferterminen)</li> <li>▪ Prognostizierter Energiebedarf von Anlagen (Aufträgen)</li> <li>▪ FTF-Daten</li> <li>▪ Ladestationsdaten</li> <li>▪ Anlagendaten sowie Positionsdaten, ID usw.</li> </ul>	
	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lade- und Entladescheduling für die FTF-Batterien</li> <li>▪ Stromkostensparnis in [€]</li> <li>▪ Spitzenlastreduzierung im Unternehmen in [kW]</li> <li>▪ Bereitstellung der EFDM-Schnittstelle</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>FTF-Batterien können verwendet werden, um entstehende Lastspitzenbelastungen zu verhindern und damit verursachte hohe Stromkosten für Unternehmen zu reduzieren. Um dies zu realisieren, werden die Lade- und Entladevorgänge der FTF von der Batterieeinsatzoptimierung gesteuert. Mit diesem Service werden bereitstehende FTF-Batterien als Zwischenspeicher ins Stromsystem des Unternehmens integriert, während die FTF ihre täglichen Produktionsaufgaben erledigen. Die Produktion wird durch das intelligente Lade- und Entladescheduling für die FTF-Batterien nicht negativ beeinflusst.</p>		

	<b>Service:</b> <b>Gesamtkostenbasierte Produktionssteuerung</b>	
<p><b>Ziel</b></p> <p>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 etc. mit ein, wodurch eine gesamtheitliche Aussage möglich wird.</p> <p><b>Funktionsweise</b></p> <p>Ein kommerzielles MES dient als Ausgangspunkt der gesamtkostenbasierten Produktionssteuerung. Im Zuge der Entwicklungsarbeiten aus Synergie I können zeitvariable Energiekosten und eine begrenzte Energieverfügbarkeit hinterlegt werden. Dieser Ansatz wird nun mit einer Methode aus der integrierten Unternehmensplanung verknüpft, die es ermöglicht, die monetären Auswirkungen einer Änderung des Produktionsprogramms direkt zu berechnen. Beispielhafte Kostenfaktoren, die dabei berücksichtigt werden, sind unter Anderem geänderte Maschinenstundensätze, drohende Verzugskosten oder Rüstkosten. Durch die Kopplung dieser ganzheitlichen Bewertung mit der Optimierung im MES, kann die gesamtkostenoptimale Planungsalternative gefunden werden.</p>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierende Unternehmen: Produktionsplanung und -steuerung sowie Energiemanager</li> <li>▪ Software und Informationstechnik</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produktionsstammdaten aus ERP</li> <li>▪ Kostenfaktoren aus ERP (z.B: Maschinenstundensätze, Rüstkosten, Verzugskosten, etc.)</li> <li>▪ Preisprognosen der Märkte (aus Service auf der Marktplattform)</li> </ul>	
	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resultierendes Produktionsprogramm</li> <li>▪ Zusatzkosten von Seiten der Produktion [€]</li> <li>▪ EFDM der aggregierten Last an EFMS (in Arbeit)</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Für einen mehrstufigen Produktionsprozess wurde vor Schichtbeginn ein Produktionsprogramm erstellt, das nun in der aktuellen Schicht abgearbeitet wird. Neben den Auftragsdaten sind auch die zugrundeliegenden Kosten im Falle von Rüsten oder verspäteter Fertigstellung eines Auftrags (Verzug) sowie etwa mögliche Lagerkosten und Maschinenstundensätze bekannt. In der laufenden Schicht treten unvorhergesehene Ereignisse auf, wie beispielsweise ein Maschinenausfall einer Anlage. Da nun eine Verspätung bei ausgewählten Produktionsaufträgen droht, die eigentlich dringend fertiggestellt werden müssen und, die laut ursprünglichem Plan auf den ausgefallenen Maschinen bearbeitet werden sollten, erfolgt durch die gesamtkostenbasierte Produktionssteuerung eine Neuplanung. Obwohl eine Fertigung der dringenden Aufträge auf einer alternativen Produktionsmaschine hohe Energiekosten nach sich zieht, ist im vorliegenden Fall eine Verschiebung dennoch sinnvoll, da die drohenden Verzugskosten deutlich höher ausfallen und auch die Maschinenstundensätze auf der alternativen Anlage deutlich niedriger sind. Umgekehrt ist es beispielsweise im Falle von temporär sehr hohen Strompreisen auch möglich, dass ein Verzug von Aufträgen oder auch erhöhte Rüstkosten in Kauf genommen werden, weil es sich gemäß der gesamtkostenbasierten Steuerung insgesamt dennoch profitabel darstellen lässt.</p>		

	<b>Service:</b> <b>Bewertung von Produktionsrisiken</b>	
<p><b>Ziel</b></p> <p>Energieflexibilitätsmaßnahmen stellen für die Unternehmen häufig Eingriffe in die Produktionsprozesse dar. Um die Industrie zur Flexibilisierung ihrer Lastverläufe technologisch zu befähigen, aber auch um die Akzeptanz der betroffenen Akteure zu steigern, ist eine Bewertung von Risiken notwendig. Das Ziel dieses Service ist die Unterstützung bei der strukturierten und teilautomatisierten Identifikation, Kategorisierung und Bewertung von Produktionsrisiken.</p> <p><b>Funktionsweise</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manuelle Eingabe der Input-Daten über GUI oder über automatisierte Schnittstelle zu ERP-System</li> <li>▪ Identifikation von Produktionsrisiken durch Experten, unterstützt durch Visualisierung des Service</li> <li>▪ Kategorisierung durch Service anhand Ebene und Lokation identifizierter Risiken</li> <li>▪ Bewertung der Produktionsrisiken anhand eines Kostenmodells zu Zusatzkosten (Pönalen, erhöhte Netzentgelte, Lieferverzögerungen etc.)</li> </ul>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierende Unternehmen (Produktionsplanung und --steuerung, Produktionsmitarbeiter, Energiemanager, Instandhaltung)</li> <li>▪ Anbieter von Software und Informationstechnik</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Marktdaten wie Preiszeitreihen, max. Jahreshöchstlast als CSV-Datei</li> <li>▪ Soll-Plan als CSV-Datei mit Auftragsdaten u. Lieferterminen, prognostizierten Lastgängen, Fahrpläne Eigenerzeugung u. Speicher</li> <li>▪ Historische Anlage- u. Auftragsdaten als CSV-Datei, Expertenwissen</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Findet ein Abguss in einem Gießereibetrieb nicht zum geplanten Zeitpunkt statt, können hohe zusätzliche Kosten durch Abweichungen von der Lastprognose oder eine erhöhte Jahreshöchstlast entstehen. Mögliche Ursachen können hierbei fehlerhafte Formen oder Anlagenstörungen sein.</p> <p>Die Identifikation und Bewertung derartiger Risiken in Form der zu erwartenden Zusatzkosten erhöht die Transparenz bei der strategischen und operativen Planung von Flexibilisierungsmaßnahmen und ermöglicht die Planung von Kompensationsmaßnahmen.</p>		

	<p><b>Service:</b>  <b>Intelligentes Lastmanagement</b></p>
<p><b>Ziel</b>          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 Service ist es deshalb ein neuartiges intelligentes System zum Managen und Schalten von Maschinen- und Anlagen zu schaffen.</p> <p><b>Aufbau und Funktionsweise</b>          Der Service besteht aus den zwei Hauptkomponenten, der Lastplanung und dem Lastdispatch. In der Lastplanung werden die relevanten Produktionsanlagen und deren Auslastung verwaltet. Darin können durch die Ankopplung des ePPS-Service Auftragsverschiebungen berücksichtigt werden. Zudem ist es mit Hilfe eines Fahrplan-Konfigurators möglich, den Einsatz von Energieinfrastruktureinheiten (BHKW und Energiespeicher) nach Zielkriterien zu planen. Die geplanten Datensätze werden an den Lastdispatch übergeben, der diese als Vorgabewerte nutzt. Abhängig von aktuellen Produktionsverfügbarkeiten, Maschinenprioritäten, Energieverbrauch und den Lastplanungsdaten realisiert dieser die Schalthandlungen für die angekoppelten Maschinen und Anlagen. Neben der vollständigen Ab- und Zuschaltung soll es möglich werden auftragsabhängige Teillastzustände von Maschinen- und Anlagen zu berücksichtigen.</p>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierendes Unternehmen: Energiemanager, Produktionsingenieur, Produktionsplaner, Produktionsmitarbeiter</li> <li>▪ Lösungsanbieter: Softwareentwicklung im Fabrikumfeld, Energie- und Automatisierungsausrüster</li> </ul> <p><b>Input:</b>          Folgende Datengruppen sind anwendungsspezifisch zu berücksichtigen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Energietarif (z.B. Spitzenlastvorgabe)</li> <li>▪ Produktionsplan (z.B. Schnittstelle ePPS)</li> <li>▪ Leistungs- und Energiedaten (z.B. Netzanschlusspunkt, Maschinen u. Anlagen, Energieinfrastruktur)</li> <li>▪ Produktionsdaten von Maschinen- u. Anlagen (z.B. Auftrag, Teilnr., Stückzahl)</li> <li>▪ Prognose des Energiepreises von MP</li> </ul> <p><b>Output</b>          Folgende Datengruppen sind anwendungsspezifisch zu berücksichtigen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Schaltbare Produktionslasten an ePPS</li> <li>▪ Fahrplan an Energieinfrastruktur</li> <li>▪ EFDM der aggregierten Last an EFMS</li> </ul>
<p><b>Anwendungsbeispiel</b>          Im Projekt wird die Anwendung des intelligenten Lastmanagements bei einem energieintensiven Unternehmen im Bereich der Massivumformung betrachtet (siehe Anwendungsbeispiel Service ePPS). Das Unternehmen betreibt eine große Anzahl kalt-, halbwarm- und warmumformenden Maschinen- und Anlagen, die einen hohen Leistungs- und Energiebedarf besitzen (pro Maschine 300 kW bis 6000 kW). Gegenwärtig wird ein klassisches Spitzenlastmanagementsystem eingesetzt, welches bei Erreichen der vereinbarten Spitzenlast die Maschinen nach einem rollierenden Prioritätsprinzip abschaltet. Durch den Einsatz des intelligenten Lastmanagement soll es möglich werden einen Maschinen- und Anlagenpool mit einer abschaltbaren Gesamtlast von ca. 20 MW, nach dynamischen (Teil)-Lastvorgaben sowie der Verarbeitung von Prognosen und Randbedingungen aus Produktion, Energieinfrastruktur und variablen Energietarifen schalten zu können.</p>	



	<p><b>Service:</b>  <b>Automatisierte Detektion des Energieflexibilitätspotentials für Produktionsanlagen</b></p>	
<p><b>Ziel:</b>          Das Energieflexibilisierungspotenzial in verketteten Anlagen ist oft nur unzureichend bekannt, da Messungen aufgrund der Anzahl der Komponenten sehr zeit- und kostenintensiv sind. Zudem sind multiple Prozessparameter maschineninhärent geregelt und daher stehen keine energetischen Informationen zur Verfügung. Das übergeordnete Ziel des Service ist es zu ermöglichen, dass eine automatisierte Detektion der relevanten Komponenten in Maschinen und Anlagen anhand der Leistungsprofilen erfolgt.</p> <p><b>Funktionsweise:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aus einem Leistungsprofil sollten folgende, zur Energieflexibilitätsermittlung relevante Informationen entnommen werden:             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Leistungsdifferenz (kW) des Verbrauchers Verhältnis Minimal- zur Maximallast</li> <li>▪ Verrichtete Arbeit (kWh) des Verbrauchers Integral des Leistungsprofils</li> <li>▪ Schalt bzw. Verbrauchsverhalten des Verbrauchers Frequenzanalyse der Leistungsprofils</li> </ul> </li> <li>▪ Im Nachhinein wird aufgrund dieser extrahierten Informationen das Energieflexibilisierungspotenzial der einzelnen Komponenten bestimmt.</li> </ul>	<p><b>Stakeholder</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produzierende Unternehmen: Betreiber von Maschinen und Anlagen mit hohem vernetzungsgrad und mehreren Energieverbrauchern.</li> <li>▪ Software und Informationstechnik</li> <li>▪ Maschinen und Anlagenhersteller.</li> </ul>	
	<p><b>Input</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lastprofil der einzelnen Verbraucher einer Maschine- Anlage</li> <li>▪ Prognostizierte Energiekurven</li> <li>▪ Aktuelle Leistungsdaten einzelner Verbraucher ( ggf. aus smartem Konnektor)</li> </ul>	
	<p><b>Output</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ kategorisiertes Energieflexibilisierungspotenzial der einzelnen Verbrauchern in Maschinen- und Anlagen zur Identifikation der Handlungspotenziale eines Retrofits oder einer Variantenentwicklung.</li> </ul>	
<p><b>Anwendungsbeispiel</b></p> <p>Beispielhaft werden Aufträge rund um eine Thermoverpackungsanlage auf deren Energieflexibilitätspotenzial untersucht und diese mit den bereits ermittelten Potenzialen verglichen. Die Bewertung der Ergebnisse und der Abgleich zu den Klassifizierungsgrößen ermöglicht das Energieflexibilitätspotenzial der Anlagen- und Maschineninhärenten Verbraucher zu quantifizieren. Im Anschluss können konkrete Maßnahmen zur Nutzung des Energieflexibilitätspotenzials den einzelnen Verbrauchern zugeordnet werden.</p>		