



Interopera

Digitale Interoperabilität in kollaborativen
Wertschöpfungsnetzwerken der Industrie 4.0

Anwendungsfallshablone

Information über ein Anwendungsszenario

**Bereitstellung von Informationen über die Batterie
während des gesamten Lebenszyklus**

Inhalt

1	Szenario im Fokus	3
1.1	Abbildung des erarbeiteten Szenarios bzw. Wertschöpfungskette	3
2	Beschreibung des Szenarios (inkl. Rollen)	3
2.1	Beschreibung der Informationsflüsse zwischen verschiedenen Prozessschritten mit Bezug auf Teilmodelle	5
2.2	Beispielhafte Branche	6
2.3	Beispielhafte Technische (z.B. Infrastruktur) Anforderungen	7



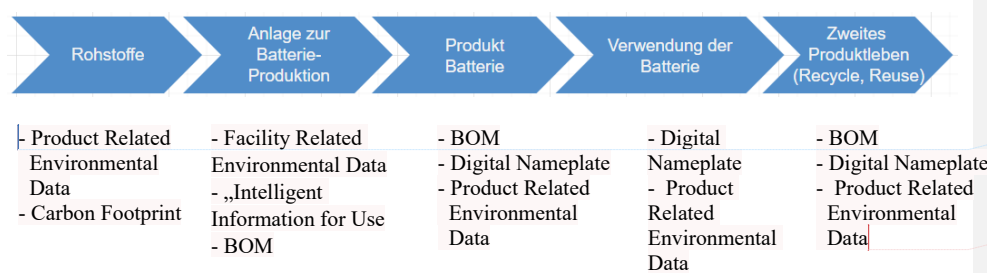
1 Szenario im Fokus

Bereitstellung von Informationen über die Batterie während des gesamten Lebenszyklus.

Mit Hilfe von Teilmodellen der VWS ist es möglich, eine Art Batteriepass zu erstellen, der die relevanten Informationen für relevante Stakeholder mit vordefinierten Zugriffsrechten über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts wie einer Batterie bereitstellt.

In diesem Anwendungsbeispiel für den Einsatz von Teilmodellen des VWS geht es darum, aufzuzeigen, in welchem Schritt des Lebenszyklus welche Informationen exklusiv für die vereinbarten Stakeholder mit vordefinierten Zugriffsrechten zur Verfügung gestellt werden können.

1.1 Abbildung des erarbeiteten Szenarios bzw. Wertschöpfungskette



Kommentiert [PNJ2R1]: Da es sich hier um DPP Informationen handelt, konnte man direkt Bezug auf einzelne Informationsstrukturen (Teilmodelle) nehmen. Sehe ich es als nicht kritisch.

Kommentiert [KB1]: Diese Schablone weicht von den anderen ab. Hier stehen die Teilmodelle, in den anderen zwei Anwendungsfallschablonen nicht.

Unter jedem Schritt ist eine Liste von Teilmodellen aufgeführt, die für diesen Schritt spezifisch sind.

2 Beschreibung des Szenarios (inkl. Rollen)

Die nachhaltige Herstellung der Lithium-Ionen- Batteriezellen (LIB) spielt heute eine immer größere Rolle. Eine typische LIB erreicht z.B. nach etwa 1500 Ladezyklen einen Punkt, an dem ihre Kapazität für den Antrieb eines Elektrofahrzeugs nicht mehr ausreichend ist. Trotz der verringerten Kapazität verbleibt noch ein signifikantes Energiepotenzial. Diese Zellen bieten sich daher für eine zweite Lebensphase an, beispielsweise als stationäre Energiespeicher für erneuerbare Energiequellen wie Wind- und Solarkraft. Diese Sekundärnutzung trägt zur Lebenszyklusverlängerung der Batteriezellen bei und unterstützt damit die Nachhaltigkeitsbestrebungen.

Für die effektive Nutzung von LIBs über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg ist eine strukturierte und umfassende Informationssammlung und -verwaltung unerlässlich. Die Verfügbarkeit detaillierter Daten über die Herstellung, Nutzung und den Zustand der Batteriezellen zu jedem Zeitpunkt ihres Lebenszyklus ist für die Bewertung ihrer Eignung für Sekundäranwendungen von entscheidender Bedeutung.

1. Rohstoffe:

LIB setzen sich primär aus Lithium, Kobalt, Nickel, Mangan und Graphit zusammen. Nach dem Beschaffungsplan erfolgt die Bestellung der erforderlichen Rohstoffe. Im Beschaffungsprozess werden nicht nur die Stammdaten der Rohstoffe systematisch erfasst, sondern auch die umweltrelevanten Daten. Hierbei wird ein besonderes Augenmerk auf die Erfassung des CO2-Fußabdrucks der jeweiligen Rohstoffe gelegt. Dies dient der Dokumentation und Bewertung der ökologischen Auswirkungen der einzelnen Produktbestandteile.

2. Batterieproduktion:

Die Fertigung von Batteriezellen gliedert sich in drei Hauptprozesse: Elektrodenherstellung, Zellenassemblierung und Zellenformierung. In der Elektrodenherstellung, einem kritischen Schritt zur Sicherung der Zellqualität, werden Kathoden- und Anodenfolien mit Aktivmaterial beschichtet, getrocknet, kalandriert, zugeschnitten und final vakuumgetrocknet. In der Assemblierung erfolgt das Zusammenfügen von Anode, Kathode und Separator in den Zellverbund, der in das Zellgehäuse eingebracht und mit Elektrolyten gefüllt wird. Abschließend sichert die Formierung die Funktionsprüfung der Zellen.

Zur Batterieproduktion wird eine detaillierte Materialstückliste (BOM - Bill of Materials) erstellt, die sämtlichen Komponenten und Materialien der Batterie umfasst. Außerdem wird eine Liste der Produktionsprozesse ausgearbeitet, welche jeden Prozessschritt in Bezug auf den spezifischen Materialbedarf und die Kapazitäten der Produktionsanlagen detailliert beschreibt. Diese beiden Dokumente dienen als wesentliche Grundpfeiler für die effiziente Planung und Steuerung der Produktionsabläufe.

Des Weiteren ist die Erfassung von anlagenbezogenen Umweltdaten ein essenzieller Bestandteil des Produktionsmanagements. Diese umfassen unter anderem die Dokumentation von Emissionen und Abfallaufkommen. Zusätzlich werden betriebswirtschaftliche Daten, insbesondere der Energieverbrauch der einzelnen Produktionsprozesse, systematisch erfasst. Auf Basis dieser Daten erfolgt die Berechnung des CO₂-Fußabdrucks der Batterieproduktion, was eine ökonomische sowie ökologische Bewertung der Produktionsprozesse ermöglicht und zur kontinuierlichen Optimierung der Produktionsanlagen beiträgt.

3. Produkt Batterie:

In der zukünftigen europäischen Batterieproduktion wird die Implementierung eines digitalen Produktpasses (Digital Product Passport - DPP) verpflichtend, wie von der Europäischen Union vorgeschrieben. Diese Maßnahme ist Teil des „European Green Deal“ und zielt darauf ab, den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft zu fördern. Der digitale Produktpass dient dabei als umfangreiches Informationsinstrument, das über das digitale Typenschild hinausgeht. Er wird nicht nur produktspezifische Daten beinhalten, sondern auch umfassende Informationen zu ökologischen und sozialen Aspekten des Produkts, wie beispielsweise den CO₂-Fußabdruck der Batterie. Ferner sollen Angaben zur Einhaltung von Vorschriften des Lieferkettengesetzes integriert werden, um Transparenz über die sozialen Bedingungen innerhalb der gesamten Lieferkette zu gewährleisten.

4. Verwendung der Batterie:

Während der Nutzungsphase einer Batterie erfolgt eine kontinuierliche Aktualisierung der umweltrelevanten Daten, um die ökologischen Auswirkungen über die gesamte Nutzungsdauer hinweg nachvollziehen zu können.

Parallel zur ökologischen Überwachung wird der Zustand der Batterie systematisch überwacht. Dies ermöglicht, potenzielle Sicherheitsrisiken frühzeitig zu identifizieren und entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten. Außerdem können durch die Erfassung und Analyse von Betriebsdaten wie Ladezyklen, Temperaturverlauf und Kapazitätsveränderungen Rückschlüsse auf die verbleibende Lebensdauer der Batterie gezogen werden. Diese prognostizierten Lebensdauerdaten sind entscheidend, um vorbeugende Wartungsmaßnahmen zu planen und die Sicherheit des Batteriebetriebs zu gewährleisten.

5. Recycling:

Am Ende des ersten Lebenszyklus der Batterie werden die Produktstammdaten, die Materialstückliste, die umweltrelevanten Daten und die Zustandsdaten genutzt, um das Recycling zu optimieren.

Die Produktstammdaten beinhalten grundlegende Informationen wie Herstellungsdatum,

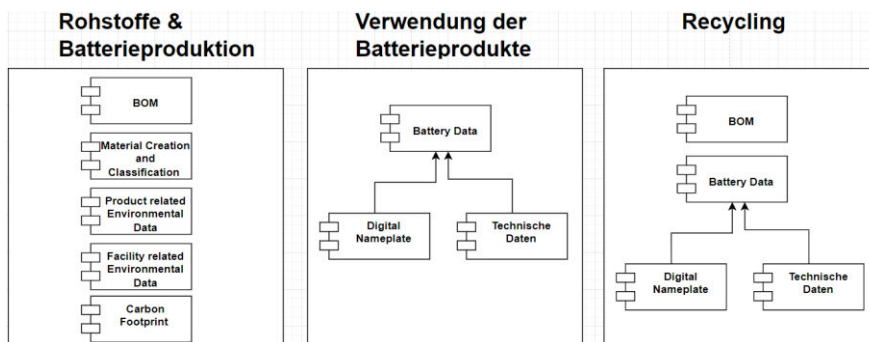
Seriennummer und spezifische Produktkonfigurationen. Sie sind unerlässlich, um die Identität und Historie der Batterie nachzuvollziehen.

Die genaue Aufschlüsselung aller in der Batterie verbauten Materialien und Komponenten ermöglicht es, die einzelnen Bestandteile gezielt zu extrahieren und den jeweiligen Recyclingprozessen zuzuführen. Darüber hinaus sind Gefahrstoffinformationen zu potenziell gefährlichen Materialien innerhalb der Batterie für die Einhaltung von Sicherheitsprotokollen und gesetzlichen Vorgaben beim Recyclingprozess notwendig. Nicht zuletzt können detaillierte Anleitungen zur fachgerechten Zerlegung der Batterie das Risiko von Beschädigungen der wiederverwertbaren Komponenten minimieren und die Sicherheit der Prozesse erhöhen.

Die Angaben über den CO₂-Fußabdruck und andere Umweltbelastungen, die während der Produktion und Nutzung der Batterie entstanden sind, geben Aufschluss über den gesamten ökologischen Einfluss des Produkts.

Informationen zum aktuellen Zustand der Batterie, einschließlich Kapazitätsverlust und physischer Integrität, sind entscheidend, um das Potenzial für ein Second-Life-Konzept oder die Notwendigkeit des Recyclings zu bewerten.

2.1 Beschreibung der Informationsflüsse zwischen verschiedenen Prozessschritten mit Bezug auf Teilmodelle



Rohstoffe & Batterieproduktion

Der Produktionsprozess für Batterien initiiert mit der Erstellung eines Produktionsauftrags, der eine Stückliste (Bill of Materials, BoM) umfasst. Diese BoM lässt sich durch das Teilmodell *Hierarchical Structures enabling Bills of Material* abbilden, welches eine Liste aller Komponenten und Materialien für den Fertigungsprozess darstellt. Die Stammdaten der Materialien werden dabei durch ein in Entwicklung befindliches Teilmodell *Material Creation and Classification* erfasst.

Die Beschaffung der notwendigen Materialien erfolgt über drei bestellungsrelevante Teilmodelle *Purchase Request Notification*, *Purchase Request Response* und *Purchase Order Creation*, abgebildet. Die Bestellvorgang startet mit einer Beschaffungsanfrage über ERP. Die Anfragemeldung wird in das Teilmodell *Purchase Request Notification* exportiert, das z.B. die Metainformation des Bestellers, die Identifikationsnummer der Bestellung, die Lieferinformationen und die Informationen der zu bestellenden Materialien enthält. Die Rückmeldung des Lieferanten mit dem entsprechenden Angebot wird im Teilmodell *Purchase Request Response* abgebildet, das z.B. die Metainformation des Bestellers und Anbieters, die Lieferinformationen, den Zusammenhang mit der Bestellanfrage (durch das Teilmodell *Purchase Request Notification*) und die Informationen des Angebots enthält. Der Bestellvorgang wird mit dem Bestellauftrag durch den Auftraggeber an

den Lieferanten in der Form vom Teilmodell *Purchase Order Creation* abgeschlossen. Dieses Teilmodell enthält die Metainformationen des Lieferanten, die Identifikationsnummer des Auftrags, den Status des Auftrags, die Informationen des Wareneingangs und die Informationen zu bestellten Materialien.

Im Rahmen der nationalen und EU-weiten regulatorischen Anforderungen werden Hersteller dazu angehalten, umweltrechtlich relevante Daten ihrer Industrieprodukte bereitzustellen. Dies bezieht sich auf die transparente Darlegung von Umweltauswirkungen, die mit den eingesetzten Materialien und den angewandten Fertigungsverfahren in Zusammenhang stehen. Die Dokumentation dieser Umweltdaten wird durch das Teilmodell ***Product related Environmental Data*** und ***Facility related Environmental Data*** gewährleistet. Es ermöglicht die systematische Erfassung und Aufbereitung von Umweltinformationen, die für eine nachhaltige Produktionsweise von wesentlicher Bedeutung sind. Im Speziellen wird der CO₂-Fußabdruck der Batterie durch das Teilmodell ***Carbon Footprint*** ermittelt, welches die Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus des Produkts hinweg kalkuliert. In diese Berechnung fließen nicht nur die Emissionen ein, die direkt aus der Herstellung der Batterie resultieren, sondern auch die aus der Gewinnung der Rohstoffe sowie dem Transportverbrauch. Somit wird der gesamte CO₂-Fußabdruck von der Rohstoffgewinnung über die Produktion bis hin zur fertigen Batterie kumulativ erfasst und ausgewiesen. Der summierte Wert des CO₂-Fußabdrucks stellt demnach die Gesamtemissionen dar, die bis zur Fertigstellung des Endprodukts – der Batterie – entstehen. Das Berechnungsverfahren wird ebenfalls im Teilmodell ***Carbon Footprint*** angegeben.

Verwendung der Batterieprodukte

Ein Batterieprodukt wird künftig mit einem Teilmodell ***Battery Data*** als DPP begleitet, das den Richtlinien des EU Batteriepasses entspricht. Dieses Teilmodell befindet sich derzeit in Entwicklung und soll sowohl statische Daten als auch dynamische Daten umfassen. Statische Daten beinhalten Informationen wie die auf dem Typenschild angegebenen Daten und technische Spezifikationen der Batterie. Diese werden im Teilmodell ***Digital Nameplate*** und ***Technischen Daten*** abgebildet. Die beiden Teilmodelle können im Teilmodell ***Battery Data*** referenziert werden. Dynamische Daten hingegen beziehen sich auf Betriebsinformationen, die sich im Laufe der Zeit verändern, wie zum Beispiel die Anzahl der Ladezyklen und die aktuelle Leistungsfähigkeit der Batterie. Diese Informationen werden durch das Batteriemanagementsystem (BMS) erfasst und sollen künftig ebenfalls in entsprechenden Teilmodellen abgebildet werden. Außerdem wird der CO₂-Fußabdruck bei der Verwendung der Batterie weiterhin kumulativ erfasst. Somit wird das Teilmodell ***Carbon Footprint*** kontinuierlich aktualisiert.

Recycling

Für den Recyclingprozess von Batterien sind die erwähnten Teilmodelle von großer Bedeutung, da sie umfassende Informationen über den gesamten Lebenszyklus der Batterie zur Verfügung stellen. Zusätzlich zu den bestehenden Teilmodellen können weitere Teilmodelle entwickelt werden, beispielsweise zur Darstellung der Betriebsdaten, Anleitungen zur fachgerechten Demontage der Batterie und regelmäßiger Anforderungen an das Recycling.

2.2 Beispielhafte Branche

- Automobilindustrie
- Elektronikindustrie
- Energiespeicher- und Netzinfrastruktur

2.3 Beispielhafte Technische (z.B. Infrastruktur) Anforderungen

Zur Nutzung der Daten nach dem Industrie 4.0 Konzept findet sich hier eine nicht abschließende beispielhafte Auflistung der benötigten infrastrukturellen Objekte –

- AAS-Backend-Komponenten:
 - AAS Server: Hier werden die asugefüllten AAS-Instanzen und ihre Submodels (SM) gehostet, die die digitalen Zwillinge der physischen Assets repräsentieren.
 - Registry: Ein Verzeichnis, das die AAS registriert und lokalisierbar macht. Es ermöglicht die Identifizierung und das Auffinden der AAS im Netzwerk.
- Middleware für mehr Flexibilität (optional):
 - SMT DB: Eine Datenbank für Teilmodell-Vorlage / Submodel Templates (SMT).
 - Integration Flows & Data Mapping: Dienste, die die Integration von Datenströmen und die Zuordnung von Daten zwischen verschiedenen Systemen ermöglichen. Somit werden die Daten aus anderen Software-Applikationen in das AAS-Format umwandelt. Außerdem ermöglichen sie die vordefinierten Teilmodell-Vorlagen automatisch auszufüllen.
 - Frontend: Die Benutzeroberfläche, die Nutzern die Interaktion mit dem System ermöglicht.
 - Connected Service Mgmt: Verwaltung der verbundenen Dienste.
 - Message Processing: Verarbeitung der Nachrichten, die innerhalb des Systems ausgetauscht werden.
 - Broker: Eine Vermittlungskomponente, die die Nachrichtenübermittlung zwischen den verschiedenen Diensten koordiniert.
 - Schnittstelle und Protokolle:
 - Websocket IF: Eine Websocket-Schnittstelle für Echtzeitkommunikation.
 - OpCua IF: Eine Schnittstelle für OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture), ein Maschinenkommunikationsprotokoll.
 - Rest IF: Eine REST (Representational State Transfer)-Schnittstelle, die standardmäßige HTTP-Anfragen für die Kommunikation verwendet.
 - ...: Weitere mögliche Schnittstellen.

