

# Abschlussbericht (Teil II, Eingehende Darstellung) zum Förderprojekt DataBatt im BMBF Rahmenprogramm „Vom Material zur Innovation“ und im BMBF-Dachkonzept Batterieforschung

---

**Vorhabenbezeichnung:**

DataBatt – Integration horizontaler Datenstrukturen in der Batterieproduktion

---

**Zuwendungsempfänger:**

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten  
Forschung e.V.

**Förderkennzeichen**

03XP0323C

---

**Projektleiter**

Dr.-Ing. Christoph Baum  
Arno Schmetz

**Berichtszeitraum**

01.11.2020 - 30.04.2024

---

## Darstellung der durchgeführten Arbeiten

Im Folgenden wird auf die **wichtigsten Ergebnisse** und inhaltlichen Ausarbeitungen des Projektes DataBatt (03XP0323C), unter Zuordnung zu den jeweiligen Arbeitspaketen, eingegangen. Dabei werden alle wichtigen, durchgeführten Arbeiten grob beschrieben. Auf die Arbeiten, welche im Rahmen des Projektes durch die Fraunhofer Gesellschaft durchgeführt wurden, wird in größerer Detailtiefe eingegangen. Die entsprechenden Inhalte der anderen Projektpartner werden in den jeweiligen Berichten genauer beleuchtet.

### AP 1: Datenflussanalyse und Definition von Prozesskenngrößen

#### UAP 1.1: Datenorientierte Prozessanalyse und Definition von Prozesskenngrößen

Das Ziel des UAP 1.1 bestand in der Schaffung einer Grundlage für die Ableitung standardisierbarer Datenstrukturen für die Batteriezellproduktion basierend auf einer Prozessanalyse. In einem ersten Schritt wurde hierfür die Wertschöpfungskette der Batteriezellproduktion analysiert und eine Prozesslandkarte, bestehend aus den Hauptprozessschritten sowie den verwendeten Materialien, Zwischen- und Endprodukten abgeleitet.

Die weitere Prozessanalyse umfasste die Detaillierung der Beschreibungen der einzelnen Prozessschritte. Hierfür wurde am wbk Institut für Produktionstechnik ein Bottom-Up-Ansatz verfolgt. Aus Sicht der Feldebene wurden Maschinen und Anlagen der Batteriezellproduktion analysiert. Das Ergebnis stellte eine hierarchische Modellierung der Prozesse dar, wobei eine Abbildung von der Anlagenebene bis herunter zu den Einzelsteuereinheiten erfolgte. Eine beispielhafte Darstellung der hierarchischen Modellierung des Kalandrierens ist Abbildung 1 zu entnehmen.

Zur Strukturierung der hieraus abgeleiteten Parameter-Longlist wurden die Parameter hinsichtlich ihres Einflusses auf die Kriterien der Produktqualität und Produktionseffizienz analysiert und klassifiziert. Hieraus resultiert als Ergebnis des UAP 1.1 eine strukturierte Shortlist mit Parametern, die einen Einfluss auf die Produktqualität und Produktionseffizienz haben.

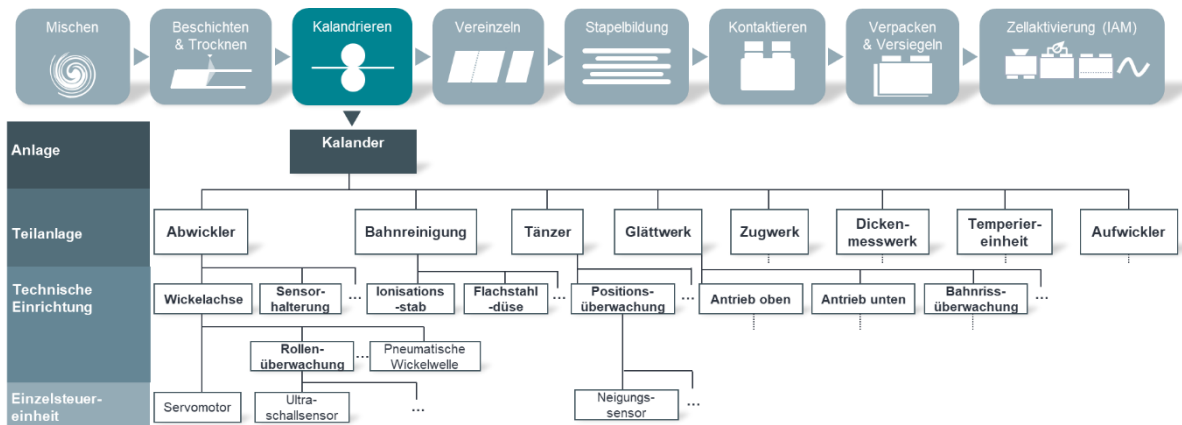


Abbildung 1: Hierarchische Modellierung am Beispiel des Kalenders

### UAP 1.2: Datenflussanalyse und Ableitung von Informationsverknüpfungen

Im Rahmen des UAP 1.2 wurde eine detaillierte Datenflussanalyse durchgeführt. Dabei wurden den Subkomponenten des hierarchischen Modells aus UAP 1.1 ihre Datenquellen und -senken zugeordnet. Die im Rahmen der Datenflussanalyse identifizierten Parameter wurden der Parameterliste hinzugefügt und hinsichtlich ihres Einflusses auf die Produktivität und Produktqualität analysiert und priorisiert.

### UAP 1.3: Definition relevanter Use-Cases und Ableitung spezifischer Datenattribute

Das Ziel des UAP 1.3 bestand darin, relevante Use-Cases für die Produktivität und Produktqualität in der Batteriezellfertigung zu definieren. Diese Use Cases wurden durch intensive Zusammenarbeit aller Projektpartner entwickelt und basierend auf neuen Anforderungen, die sich im Laufe des Projekts ergaben, kontinuierlich angepasst.

Initial wurden Expertengespräche durchgeführt, um konkrete Pain-Points unterschiedlicher Stakeholder der Batteriezellproduktion zu identifizieren. In diesem Kontext wurden Workshops von der Fraunhofer FFB konzipiert. Teilnehmer des Workshops umfassten in erster Linie Experten aus anderen Teilprojekten des InZePro-Clusters (TrackBatt, ViPro, KiProBatt, OptiPro, LaserScale, Batter14.0, AgiloBat2). Ein Workshop folgte dabei der folgenden Agenda:

1. Beschreibung des Top Level Use Case des InZePro-Projekts
2. Datenauswahl: Relevante Parameter, die für die Umsetzung des Use Case erfassbar sein müssen sowie die Anforderungen an die Datenerfassung
3. User Stories auf Daten Ebene
4. Weitere Anforderungen aus Sicht der Workshopteilnehmer

Das Ergebnis dieser Workshopreihe stellte eine Sammlung praxisrelevanter Problemstellungen der Datenakquise und -verarbeitung dar. Diese zentralen Erkenntnisse lassen sich in die folgenden Anforderungen übertragen:

1. **Erfassung relevanter Parameter:** In allen Projekten ist es entscheidend, dass die relevanten Parameter, die die Produktqualität und/oder Produktionseffizienz beeinflussen, erfasst werden können. Diese Parameter dienen als Input für zahlreiche Algorithmen, die in der Batteriezellproduktion eingesetzt werden, um den Produktionsprozess entlang der gesamten Wertschöpfungskette und über alle Unternehmensebenen hinweg zu optimieren. Die Auswahl der spezifischen Parameter hängt stark vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Langfristig ist daher die Erfassung aller Parameter entlang der Prozesskette erforderlich, die mit den Kriterien Produktqualität und Produktionseffizienz in Zusammenhang stehen. Die Vielfalt der zu erfassenden Daten ist sehr hoch und bedingt eine heterogene Schnittstellenlandschaft. Zudem müssen verschiedene Datenarten (z.B. Zeitreihendaten, Bilder) erfasst werden können.
2. **Strukturierte Darstellung der Datenräume inkl. Zusammenhänge:** Eine strukturierte Darstellung der Datenräume von Maschinen und Anlagen, die auch die Zusammenhänge zwischen den Parametern abbildet, reduziert die Implementierungszeiten von Algorithmen sowie Integrationsaufwände von Maschinen und Anlagen in ein Produktionsumfeld.

3. **Datenformat und -qualität:** Um mit Daten arbeiten zu können, müssen diese in dem erforderlichen Format und in der ausreichenden Qualität vorliegen.

Aus diesen drei Aspekten wurden die technischen Anforderungen an die Schnittstellen und Datenstrukturen in der Batteriezellproduktion abgeleitet und in einem DataBatt-Lösungsraum zusammengefasst. Dieser Lösungsraum umfasst drei Funktionsblöcke, die über die gesamte Wertschöpfungskette anwendbar sind:

1. **Vereinheitlichte Datenschnittstellen**

Anforderung: Die Erfassung relevanter Parameter, die die Produktqualität und Produktionseffizienz beeinflussen, erfordert eine hohe Diversität an Datenquellen und -arten.

Technischer Funktionsblock: Um diese Vielfalt an Daten erfassen zu können, sind vereinheitlichte Datenschnittstellen erforderlich. Diese Schnittstellen ermöglichen die Integration unterschiedlicher Datenquellen (z.B. Zeitreihendaten, Bilder).

Umgesetzt im Vorhaben als: Konnektoren/Clients integriert in das Data Preprocessing and -Mapping Tool (DPPM)

2. **Standardisierte semantische Beschreibung von Maschinen**

Anforderung: Eine strukturierte Darstellung der Datenräume von Maschinen und Anlagen, die auch die Zusammenhänge zwischen den Parametern abbildet reduziert Implementierungszeiten und Integrationsaufwände.

Technischer Funktionsblock: Durch eine standardisierte semantische Beschreibung in einem Informationsmodell können Maschinen einheitlich und verständlich beschrieben werden. Dies ermöglicht die klare Zuordnung und Interpretation der erfassten Daten und erleichtert die Integration neuer Maschinen und Anlagen in bestehende Systeme.

Umgesetzt im Vorhaben als: Ontologie

3. **Automatisierte Datenvorverarbeitung und -bereitstellung**

Anforderung: Um Informationen aus Daten generieren zu können, müssen diese im erforderlichen Format und in ausreichender Qualität vorliegen.

Technischer Funktionsblock: Eine automatisierte Datenvorverarbeitung entsprechend Informationen aus dem Informationsmodell aus dem Technischen Funktionsblock (2) kann gewährleisten, dass die erfassten Daten in der erforderlichen Form und Qualität für die weitere Analyse und Nutzung bereitgestellt werden. Die Bereitstellung muss dabei über eine entsprechende Plattform erfolgen.

Umgesetzt im Vorhaben als: Data-Preprocessing and -Mapping Tool, Data Lake (Plattform)

Ein vierter technischer Funktionsblock umfasst die effiziente Entwicklung von Optimierungsansätzen. Diese Ansätze unterscheiden sich allerdings stark und verfolgen unterschiedlichste Ziele, die stark von den jeweiligen Anwendungsfällen abhängig sind. Daher ist eine Verallgemeinerung des vierten technischen Funktionsblocks über die gesamte Wertschöpfungskette nicht möglich. Die Funktionsblöcke 1 bis 3 bilden jedoch die Grundlage für die Entwicklung solcher Ansätze und können bei korrekter Umsetzung den Aufwand für die Implementierung erheblich reduzieren. In diesem Projekt wurde der vierte Funktionsblock folglich anhand eines spezifischen Anwendungsfalls demonstriert, um zu zeigen, wie der Entwicklungs- und Engineeringaufwand verringert werden kann. Der Funktionsblock wurde in AP 3 am Beispiel der autonomen visuellen Detektion von Defekten auf Batterieelektroden umgesetzt.

Abschließend erfolgte innerhalb des UAP 1.3 (in Wechselwirkung mit AP 5) die Spezifikation der Use Cases anhand derer die Validierung der im Vorhaben entwickelten Ansätze durchgeführt werden konnte. Die Ableitung der Use Cases erfolgte in einem stark iterativen Vorgehen. Über den gesamten Projektverlauf hinweg wurde ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess angestrebt. Insbesondere das Feedback des Managementkreises und die Diskussionen mit Experten mehrerer Teilprojekte des InZePro-Clusters wurden in den Iterationsschleifen analysiert und fortlaufend in die Use Cases integriert. Abbildung 2 veranschaulicht, wie die im Projekt entwickelten Komponenten jeweils die erforderlichen Funktionalitäten für die Use Cases umsetzen.

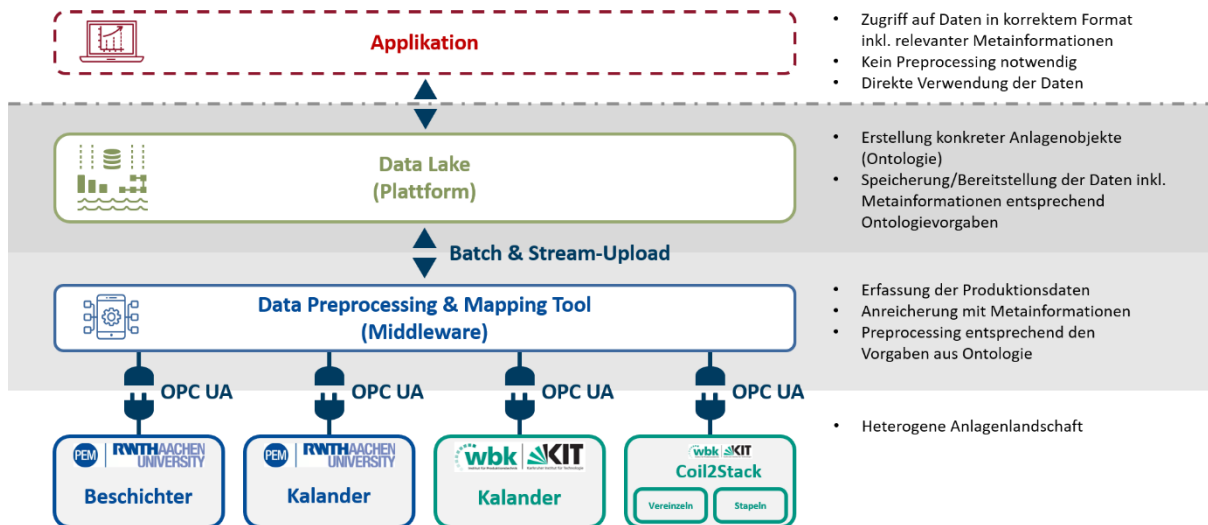


Abbildung 2: Konzept DataBatt und Umsetzung der Funktionalitäten in den Ebenen

Im Folgenden werden die drei final festgelegten Use Cases erläutert.

### Use Case 1 – Vertikale Integration

Die vertikale Integration zielt darauf ab, Daten in der erforderlichen Qualität und Form verfügbar zu machen. Dies wird durch die DataBatt-Datenpipeline ermöglicht, die eine durchgängige Kommunikation der Daten ohne Medienbrüche ermöglicht. Die DataBatt-Datenpipeline, bestehend aus Middleware (DPPM-Tool inkl. Konnektoren) und die zentrale Plattform (DataLake) sorgen dafür, dass Daten unabhängig von den spezifischen Namensräumen und Schnittstellen der Produktionsanlagen erfasst und verarbeitet werden können. Dadurch wird die Entwicklung von Applikationen erleichtert, die unabhängig von der darunterliegenden Anlagenlandschaft funktionieren.

Validierungskriterien:

- Datenqualität und -verfügbarkeit: Überprüfung, ob die erfassten Daten in der erforderlichen Qualität und im richtigen Format vorliegen.
- Verminderung des Entwicklungsaufwands für den Defektdetektionsalgorithmus: Vergleich der Entwicklungsdauer mit/ohne der technischen Funktionsblöcke 1-3

### Use Case 2 – Horizontale Übertragbarkeit

Die horizontale Übertragbarkeit zeigt, dass Datenstrukturen zwischen verschiedenen Produktionsanlagen ausgetauscht werden können, ohne umfangreiche Anpassungen vorzunehmen. Dies wird durch eine standardisierte semantische Beschreibung ermöglicht, die sicherstellt, dass Maschinen und Anlagen einheitlich beschrieben wurden. Dadurch können neue Anlagen nahtlos in bestehende Infrastrukturen integriert werden.

Validierungskriterien:

- Effizienz der Datenintegration: Messung der Zeit und des Aufwands, der für die Integration neuer Maschinen und Anlagen in das bestehende System erforderlich ist.
- Flexibilität und Skalierbarkeit: Testen der horizontalen Übertragbarkeit durch Implementierung und Integration unterschiedlicher Anlagen, Dokumentation der Anpassungsaufwände des Informationsmodells

### Use Case 3: Horizontale und vertikale Vernetzung

Die horizontale und vertikale Vernetzung validiert die Integration und Korrelation von Daten über verschiedene Prozessschritte hinweg. Die automatisierte Datenvorverarbeitung stellt sicher, dass die erfassten Daten in der erforderlichen Qualität und im richtigen Format vorliegen, um Korrelationen zwischen Qualitätsmerkmalen und Prozessparametern zu identifizieren. Die DataBatt-Ontologie bildet dabei die Grundlage für die Abbildung der Zusammenhänge zwischen den Parametern. Der dritte Use Case umfasst die in Abbildung 3 abgebildete Prozesskette, für die prozessübergreifende Korrelationen identifiziert wurden.

Validierungskriterien:

- Datenqualität und -verfügbarkeit: Überprüfung, ob die erfassten Daten in der erforderlichen Qualität und im richtigen Format vorliegen.
- Mapping von Parametern über verschiedene Prozessschritte hinweg basierend auf den Ontologiebeschreibungen möglich

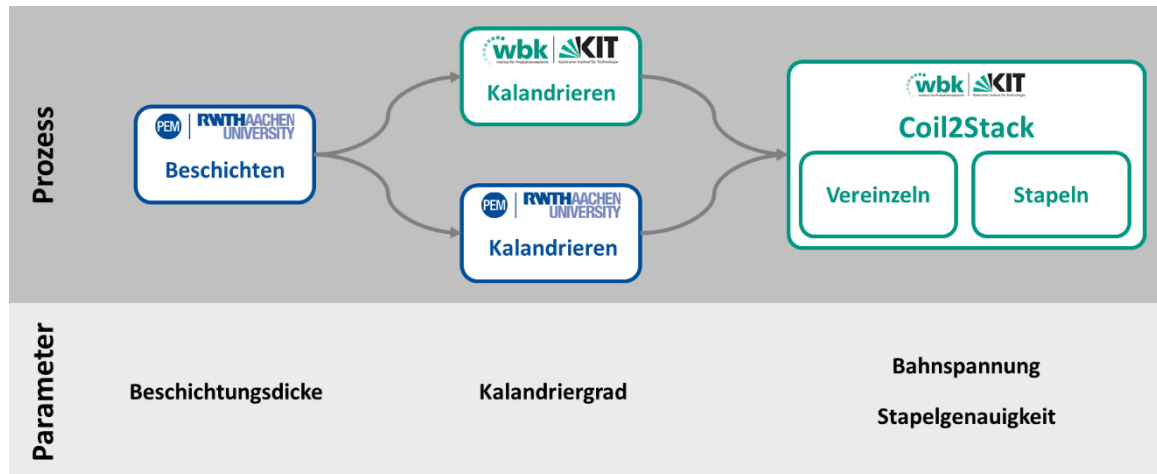


Abbildung 3: Betrachtete Prozesskette des Use Case 3

## AP 2: Aufbau horizontaler, prozessübergreifender Datenstrukturen

### UAP 2.1: Konzeption übergeordneter Datenbankschemata

Im Rahmen des UAP 2.1, das sich mit Konzeption des übergeordneten Datenbankschemas befasst, hat die Fraunhofer Gesellschaft unterstützend mitgewirkt. Die zentrale Aufgabe bestand in der Definition der Anforderungen an die zu übermittelnden Daten für die übergeordnete Datenbankstruktur und damit an die resultierenden Datenstrukturen (Realisierung des Informationsmodells). Es wurden drei Methoden zur Ableitung dieser Anforderungen angewendet:

1. Expertenworkshops  
Die in AP 1 durchgeführten Expertenworkshops hatten neben der Definition von Use Cases für die Validierung auch die Ableitung konkreter Anforderungen an die Bereitstellung und Strukturierung der Daten zum Ziel.
2. Analyse technischer Dokumentationen  
Zusätzlich wurden im Zuge der Spezifikation der Parameterliste weitere Anforderungen an die Datenbereitstellung identifiziert. Durch die Analyse der verfügbaren Dokumentationen der physischen Anlagen im ersten Arbeitspaket konnten Metainformationen abgeleitet werden, die die Informationsmodellparameter spezifizieren. Diese Metainformationen wurden in der Parameterliste aus AP 1 ergänzt.
3. Analyse der Use Cases aus UAP 1.3

Es konnten die folgenden übergeordneten Anforderungen festgehalten und in funktionale Anforderungen, Leistungsanforderungen und qualitative Anforderungen unterteilt werden:

No	Anforderung	Beschreibung	Kategorisierung	Umsetzung in
1	Erfassung relevanter Parameter	Alle relevanten Parameter, die die Produktqualität und Produktionseffizienz beeinflussen, müssen erfasst werden können	Funktionale Anforderung	Datenstruktur
2	Erfassung & Speicherung unterschiedlicher Datenformate	Es müssen unterschiedlichste Datenformate erfassbar und speicherbar sein (z.B. Zeitreihendaten, Bilddaten)	Funktionale Anforderung	Plattform
3	Datenintegration	Einheitliche Schnittstellen zur Integration unterschiedlicher Datenquellen	Funktionale Anforderung	Schnittstelle
4	Herstellerunabhängigkeit	Standardisierte semantische Beschreibung von Maschinen und Anlagen zur Unterstützung der horizontalen Übertragbarkeit	Funktionale Anforderung	Datenstruktur
5	Darstellung von Zusammenhängen	Darstellung von Datenzusammenhängen (Korrelationen) als Basis für die horizontale Vernetzung	Funktionale Anforderung	Datenstruktur
6	Skalierbarkeit	Skalierbarkeit bzgl. Datenstrukturen und Datenbank zur Abbildung unterschiedlicher Anwendungsfälle	Leistungsanforderung	Datenstruktur, Plattform
7	Datenverfügbarkeit	Sicherstellung der Verfügbarkeit von Daten	Leistungsanforderung	Plattform
8	Datenqualität	Sicherstellung der erforderlichen Qualität der Daten	Leistungsanforderung	Datenstruktur, Plattform
9	Datenformat	Sicherstellung, dass Daten in korrektem Format bereitgestellt werden	Leistungsanforderung	Datenstruktur, Plattform
10	Benutzerfreundlichkeit	Intuitive Bedienung der entwickelten Systeme	Qualitative Anforderungen	Datenstruktur, Plattform
11	Flexibilität und Erweiterbarkeit	Flexible und erweiterbare Systeme	Qualitative Anforderungen	Datenstruktur,

Abbildung 4: Anforderungsanalyse

Auf Basis dieser Anforderungen wurde festgelegt, dass die Modellierung der Datenräume in der Batteriezellproduktion im Projekt DataBatt in Form einer Ontologie erfolgt. Ontologien bieten die Möglichkeit der Modellierung von Zusammenhängen zwischen Parametern. Darüber hinaus sind sie flexibel erweiterbar und ermöglichen insbesondere auch die Einbeziehung bestehender Standards und verwandter Ontologien aus dem Batterie- und Produktionsbereich.

#### UAP 2.2: Implementierung geeigneter Datenbanken & UAP 2.3: Gestaltung der Daten-Pipeline

Die Implementierung der Datenplattform, inklusive der benötigten Datenbanken erfolgte federführend durch das IMA der RWTH Aachen. Dabei fand jedoch ein enger Austausch mit allen Projektpartnern, insbesondere der Fraunhofer Gesellschaft statt, da die Durchgängigkeit der Datenpipeline zwischen Middleware (siehe AP4) und Data Lake sichergestellt werden musste.

Ziel der beiden Arbeitspakete war die Konzipierung und Implementierung der Datenplattform, inklusive der zugehörigen Datenpipeline und Anbindung an die anderen Projektkomponenten (Middleware, Analyse). Dazu wurde eine zugrundeliegende Datenbank implementiert, welche die gesetzten Anforderungen erfüllen kann und zur Speicherung der Prozessdaten dient. Hierbei wurde besonderer Wert auf die Verwaltung der zugehörigen Metadaten gelegt um die durch die Middleware generierten Informationen, sowie die durch die Ontologie festgelegte Struktur nutzbar zu machen.

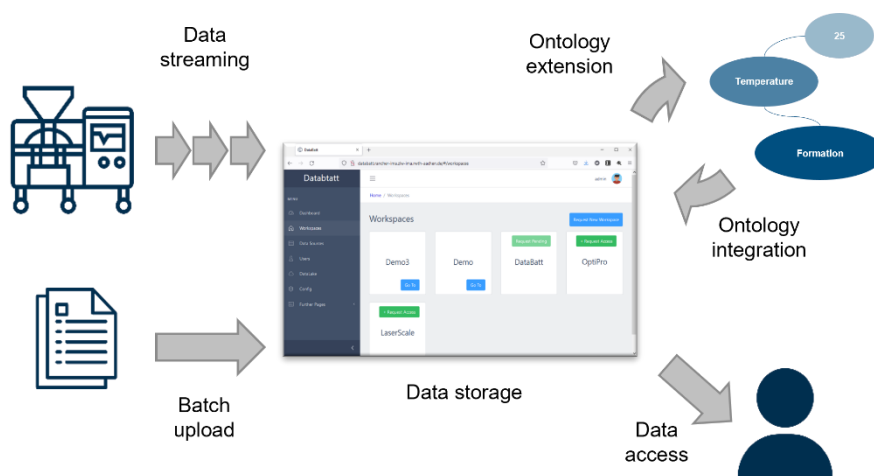


Abbildung 5 Funktionalitäten der entwickelten Datenplattform

Die entwickelte Plattform setzt sich aus drei Hauptkomponenten zusammen, welche jeweils die Hauptfunktionalitäten bereitstellen:

1. Upload von Prozessdaten über eine Schnittstelle (Streaming & Batch)
2. Verwaltung der Daten über eine Benutzeroberfläche
3. Download der Daten über eine Schnittstelle

Die von der entwickelten Middleware vorverarbeiteten und zugeordneten Daten können so über die bereitgestellte Schnittstelle kontinuierlich (Streaming) oder ad-hoc (Batch) zur langfristigen Speicherung und Weitergabe in die Plattform geladen werden. Realisiert wurde dies über eine Kafka, sowie eine REST-Schnittstelle welche über einen API Key von „externer“ Software, sowie der Middleware angesprochen werden kann. Zur Gestaltung und Validierung dieser Schnittstellen fand während des Projektes ein kontinuierlicher Austausch zwischen den beteiligten Partnern statt.

Wurden die Daten in der Plattform gespeichert, können diese über ein Web-Interface betrachtet und verwaltet werden. Dabei sind die Daten grundlegend in verschiedene Projekte organisiert, zu welchen verschiedene Zugriffsrechte für verschiedene Nutzer vergeben werden können. Die einzelnen Projekte können wiederum in einer frei wählbaren Ordnerstruktur verwaltet werden. Der Upload der Daten hat immer einen dieser spezifischen Ordner zum Ziel. Die Verwaltung und Strukturierung der Daten basiert dabei stark auf der entwickelten Ontologie welche den Produktionsprozess und seine Parameter standardisiert abbildet. Zu jedem Datensatz sind zusätzliche Informationen in Form von Metadaten verfügbar, welche eine (teil-)automatisierte Nutzung der Daten ermöglicht. Für jede Datei ist etwa genau festgelegt welche (standardisierten) Parameter diese enthält, welche Einheit diese nutzen, von welcher Anlage diese stammen und mehr. Dies ermöglicht zum einen eine automatisierte Weiterverarbeitung der Daten, zum anderen aber auch eine umfangreiche Suchmöglichkeit für die Nutzer der Plattform. Über kombinierbare Suchstrings können fortgeschrittene Suchanfragen an die Plattform gestellt werden und so bestimmte Datensätze schnell und einfach gefunden werden. Dies beschleunigt wiederum die anschließende Auswertung der Daten.

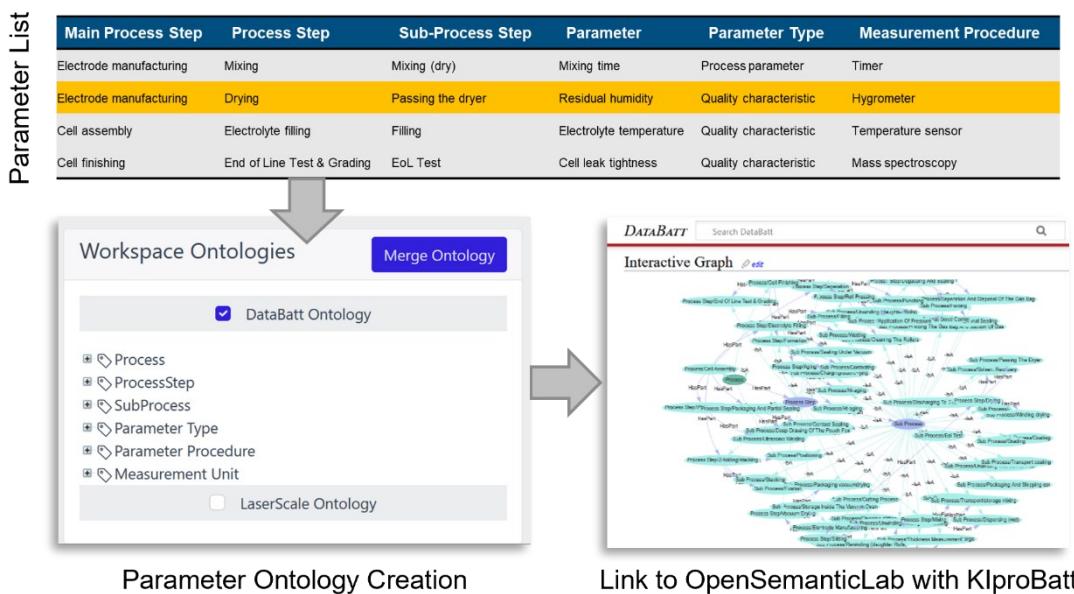


Abbildung 6 Integration und Verwaltung der Ontologie über die Plattform

Die Plattform nutzt nicht nur die entwickelte Ontologie, sondern ermöglicht auch die Verwaltung dieser. Für jedes Projekt kann die einheitliche Basisontologie an die spezifischen Bedürfnisse des konkreten Projektes angepasst werden. Hierdurch wird eine zusätzliche Flexibilität der Plattform ermöglicht, welche diese für mehr Anwendungsfälle nutzbar macht. Dadurch, dass die entwickelte Ontologie auf bereits bestehenden Batterie-Ontologien basiert und sich in diese aggregiert, ist darüber hinaus eine Kompatibilität zu anderen Systemen und Anwendungen gegeben.

Die gespeicherten Daten können über eine REST-Schnittstelle, inklusive Metadaten, aus der Plattform abgerufen werden. Dies ermöglicht etwa die (teil-)automatisierte Auswertung neuer Daten sobald diese in der Plattform

verfügbar sind. Diese Pipeline muss einmalig konfiguriert werden und kann dann wiederholt automatisiert ausgeführt werden. Auch für die Analyse der Daten sind die Ontologie und die enthaltenen Metadaten, welche die Plattform zur Verfügung stellt, eine Grundlage welche den Prozess vereinfacht und beschleunigt. Zudem werden durch die Architektur die Teile der Datenpipeline welche dem Data Lake vorgelagert sind austauschbar gemacht. Wird also etwa eine Maschine in der Produktion ersetzt, muss diese lediglich mit Hilfe der Middleware (DPPM) einmalig konfiguriert werden. Eine Anpassung der nachfolgenden Schritte ist dank der Ontologie nicht notwendig.

#### **AP 4: Prozessübergreifender Einsatz von standardisierten Schnittstellen**

Kernstück des Arbeitspaketes 4 ist die Entwicklung eines Softwaresystems für das Mappen und Integrieren von Daten und Informationsmodellen. Nach der abgeschlossenen Schnittstellendefinition wurde die Entwicklung des Softwaresystems iterativ über die Projektlaufzeit vorangetrieben und neue Erkenntnisse sowie Feedback aus der Anwendung und den anderen Arbeitspaketen eingearbeitet. Hierzu gehörte vor allem auch eine enge Abstimmung mit AP2 in Bezug auf die Datenschnittstellen sowie die Gestaltung der verwendeten Ontologie. Die Entwicklungsarbeit lag dabei bei Fraunhofer, die anderen Partner wurden für Feedbacks und Tests aktiv eingebunden. Eine Demo des Systems in Form eines Videos ist online bereitgestellt<sup>1</sup>.

In der Software kann via OPC UA Connection String eine Verbindung zu einer Maschine aufgebaut werden. Über die Schaltfläche „Load Ontology“ wird zudem das aktuelle Datenmodell aus der Plattform geladen. User können nun den korrekten Prozessschritt der Batteriezellfertigung auswählen und bekommen nur die dort relevanten Parameter angezeigt. Sie können nun die Parameter auswählen und über „Browse OPC UA“ die Datenpunkte in der Anlage suchen und damit verbinden. Die weitere Auswahl „Operations“ erlaubt das flexible Zuschalten von Datenvorverarbeitungsschritten (hier exemplarisch Konvertierung von Einheiten). Zuletzt wird die Pipeline gestartet und nun fließen die Daten inklusive der Vorverarbeitungen und Mappings in die Plattform. Der hier manuell eingetragene API-Key der Datenplattform aus AP2 würde in einer Industrielösung bei Bedarf vorkonfiguriert werden. Insgesamt zeigt diese Demo den Arbeitsablauf. Die Unterstützung durch das entwickelte Tool reduziert laut mehrerer befragter Data Engineers den Arbeitsablauf beim Onboarding erheblich, da die vielen manuellen fehleranfälligen Aufgaben auf wenige zentrale Punkte reduziert wurden.

#### **UAP 4.1 Schnittstellenkonzept für den strukturierten Datenaustausch**

Das übergeordnete Ziel in UAP 4.1 bestand in der Entwicklung eines Schnittstellenkonzepts für den strukturierten Datenaustausch in der Batteriezellproduktion. Im Rahmen der Workshops aus AP 1 wurden die gängigen Schnittstellen der Batteriezellproduktion mit verschiedenen Prozesseignern und Anwendern diskutiert. Darüber hinaus analysierten die Partner mit vorhandenem physischen Produktionsequipment den Status Quo. Die Analyse der Schnittstellenlandschaft aus physischer und softwaretechnischer Sichtweise ergab eine heterogene Struktur. Aus diesem Grund wurde festgelegt, dass die DataBatt-Schnittstelle keine klassische Client-Schnittstelle darstellt. Es wurde ein Konzept entwickelt, das die technischen Funktionsblöcke aus AP 1 in einer Middleware zusammenführt. Diese Middleware besteht zum einen aus dem Data Preprocessing und Mappingtool (DPPM), das Teil der nachfolgenden Unterarbeitspakete des AP 4 war. Zum anderen besteht das Databatt-Framework aus einer Plattform, in der eine Speicherung der Daten entsprechend der vorgegebenen Datenstruktur (Ontologie) erfolgt. Diese Plattform war Teil der Entwicklungen in AP 2, deren Entwicklung und Funktionsweise ist dort näher beschrieben.

Das Schnittstellenkonzept inklusive der jeweiligen Funktionen der Einheiten ist Abbildung 7 zu entnehmen. Zuletzt wurde im Rahmen von UAP 4.1 ein Konzept für die Konfiguration der Daten definiert. Da ein automatisiertes Mapping aufgrund inhomogener Parameterspezifikationen der unterschiedlichen Anlagen nicht möglich ist, erfolgt das Mapping der Maschinendaten auf die Informationsmodellparameter (Ontologieparameter) manuell. Um jedoch eine effiziente teilautomatisierte Konfiguration zu ermöglichen, wurden im Konzept der Middleware (DPPM) ergänzende Funktionalitäten aufgenommen, die die automatisierte Konvertierung der unterschiedlich ausgeprägten Datenpunkte in das korrekte Format, entsprechend des Informationsmodells, vornehmen. Hierzu zählt beispielsweise die Konvertierung von Einheiten eines Parameters in die vom Informationsmodell vorgegebene Einheit. Diese automatisierte Konvertierung in das erforderliche Datenformat ermöglicht das Mapping unterschiedlichster Ausprägungen von eigentlich identischen Parametern auf ein einziges Informationsmodell.

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=XEIWg-GY5a0>

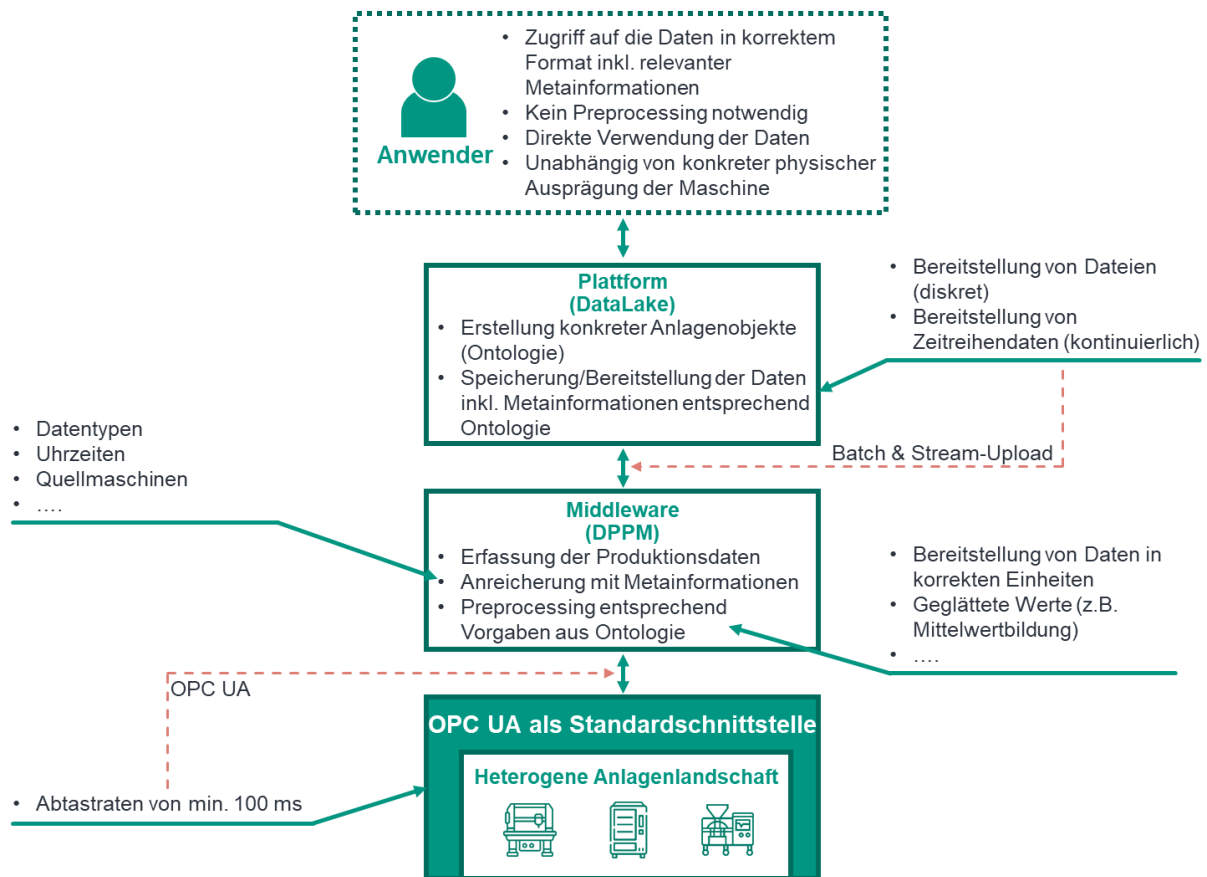


Abbildung 7 Schnittstellenkonzept

#### UAP 4.2: Middleware für die flexible Orchestrierung von Informationsdiensten

Wie zuvor beschrieben besteht die Entwicklung in DataBatt aus mehreren Komponenten entlang der Datenpipeline, welche in Abbildung 7 dargestellt ist. Zur Umsetzung dieser Datenpipeline und Verbindung der Teilkomponenten wird eine Middleware benötigt. Die Aufgabe der Middleware ist klassischerweise die Abstraktion der technischen Spezifika und Orchestrierung der Daten- und Informationsflüsse. Im Rahmen von DataBatt übernimmt diese Aufgaben die zuvor benannte Software DPPM (Data Preprocessing and Mapping). Dazu wurde zunächst die notwendige Funktionsweise erarbeitet und die notwendigen Softwarekomponenten definiert. Diese Architektur ist dargestellt in Abbildung 8.

Der untere Bereich befasst sich dabei mit der Rohdatenaufnahme (blau). Hier sind Module für die verschiedenen betrachteten Schnittstellen zu den Datenquellen hin implementiert. Dies umfasst beispielsweise einen OPC UA Client und proprietäre, native Protokolle der Datenquellen. Nun werden die zuvor beschriebenen Ontologien über die definierte Schnittstelle des Ontologie-Speichers der entwickelten Data Lake Plattform heruntergeladen und verfügbar gemacht (blaugrün). Unter Nutzung der notwendigen Eingaben der User oder als Konfigurationsdatei (grau, sichtbar in Abbildung 9) kann zielgerichtet das Mapping durchgeführt werden. Dazu werden in diesem User Interface die Ist-Daten den möglichen Ontologie-Klassen gegenübergestellt. Die Eingabe der Expert\*Innen als User wird hierbei auf das notwendigste, die Verbindung der Klasse und Daten, reduziert. Nach dem Durchführen dieser Verbindungen können die Daten selbst als Daten mit der kontextuellen Zuordnung (Mapped Data) weitergegeben werden. Basierend auf den Kontextinformationen und damit verbundenem Grundverständnis der Daten können einzelne Vorverarbeitungsschritte hinzugeschaltet werden (hellgrün). Die Vorauswahl und Basiskonfiguration dieser Vorverarbeitungen lässt sich aus diesem Kontext allgemein vorab erstellen und verringert den Arbeitsablauf der Datenqualitätssicherung deutlich.

Daraus entstehen nun vorverarbeitete Daten (Preprocessed Data), welche aus der DPPM Software herausgeleitet werden können. Dazu stehen erneut mehrere Schnittstellen zur Verfügung (grün). So kann beispielsweise mittels eines REST Calls (http) oder Kafka Stream die Datenpipeline gezielt in den Datenspeicher aus dem zuvor benannten Arbeitspaket 2 geleitet werden. Für den Datenspeicher ist die technische Umsetzung, exakte Datenquelle und genutzte Anbindungsschnittstellen dabei nicht sichtbar, also erfolgreich abstrahiert. Ändert sich die Datenquelle, ihre Schnittstelle oder wird eine weitere hinzugefügt, bleibt die Ausgabe unverändert. Dadurch ist der Anpassungsaufwand bei Veränderungen nur in der Konfiguration der DPPM Software zu finden, während der Rest der Pipeline inklusive Datenspeicherung und Datenanalyse unverändert bleibt. Die beschriebenen Schritte, Prozesse und Abläufe werden innerhalb der DPPM Software vom Orchestrator (orange) koordiniert, wo die zentrale Logik der beschriebenen inneren Verarbeitung erfolgt.

Parallel zur Erstellung der Architektur wurde eine Recherche in Wissenschaft und Industrie durchgeführt, welche der Beschriebenen Komponenten und Aufgaben bereits im Stand der Technik gelöst sind und für das Projekt wiederverwendet werden können, um die Stabilität und Effizienz sicherzustellen. Dabei wurde insbesondere für die technischen Roh-Schnittstellen auf bestehende Referenzimplementierungen und existierende Software zurückgegriffen, um den Entwicklungsaufwand auf die forschungsrelevanten Bereiche der Software zu fokussieren. Die Umsetzung einer solchen Mapping und Preprocessing-Pipeline mit minimalen User-Input konnte in keinem auf dem Markt erhältlichen Softwareprodukt gefunden werden. Zum Ende des Projekts wurden von den Firmen Prosys (Finnland) und Reniver (Belgien) Produkte marktreif, welche einen Teil der Mapping-Aufgaben betrachten, allerdings ohne die zugrundeliegende Nutzung standardisierter Ontologien oder der Möglichkeit zur Vorverarbeitung von Daten.

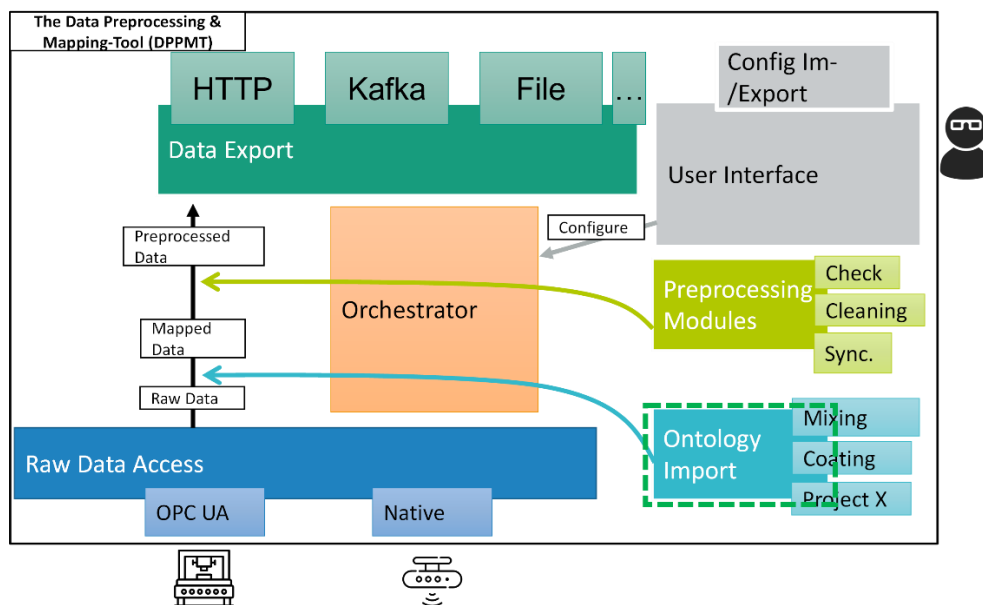


Abbildung 8 Architektur der Middleware DPPM. Dieses erste Architekturbild wurde bis zum Ende inhaltlich beibehalten, lediglich der Kurzname wurde von DPPMT zu DPPM geändert.

Eine Demonstration der Funktionsweise der entwickelten Software kann Online in Form eines kurzen Demovideos eingesehen werden (<https://www.youtube.com/watch?v=XE1Wg-GY5a0>). In der Demo wird gezeigt wie es einem in der Software geschulten wissenschaftlichen Mitarbeiter mittels der Software ermöglicht wird, zwei verschiedene Anlagenparameter innerhalb von einer Minute den zugehörigen Parametern der Ontologie zuzuordnen. Damit wird die Funktionalität der Software und deren Potenzial für die Anbindung von Maschinen deutlich aufgezeigt. Im Rahmen der Entwicklung wurde ein Prozess aufgebaut, um Fehler und Probleme nachzuverfolgen und kontinuierlich zu beheben oder die Software zu verbessern, welcher begleitend zu der Validierung in AP 5 genutzt wurde.

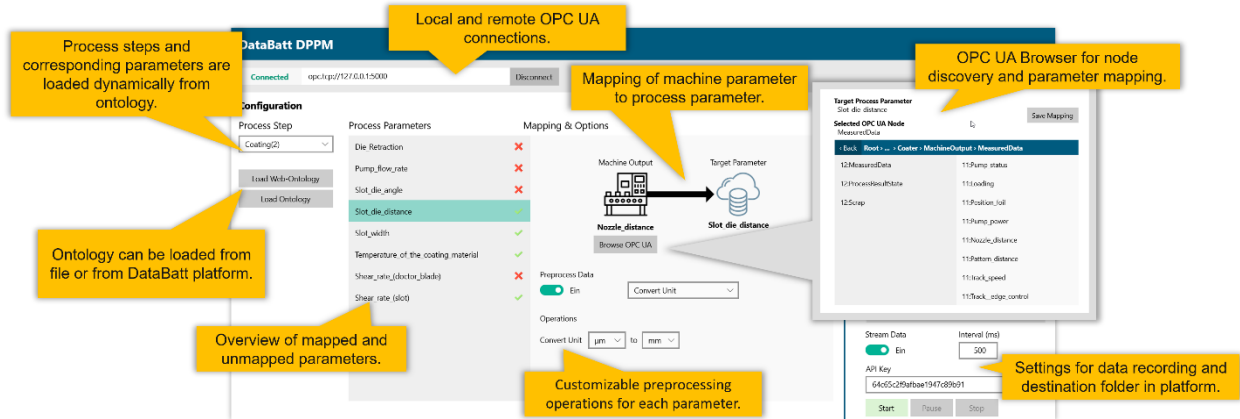


Abbildung 9 Erläuterung der Nutzeroberfläche der entwickelten DPPM Middleware

### UAP 4.3: Etablierung kontinuierlicher Verbesserungsprozesse durch Nutzung von Erkenntnissen

In diesem Arbeitspaket wurde die Möglichkeit untersucht, zusätzliche Informationen und Expertenwissen in die Datenpipeline mit einfließen zu lassen. Umgesetzt wurde dies als Teil der Middleware (DPPM) in Verbindung mit der Entwickelten Ontologie. Hierzu wurde zusätzlich zur Möglichkeit der Zuordnung von Anlagenparametern zu Prozessparametern auch die Möglichkeit geschaffen grundlegende Schritte der Datenvorverarbeitung direkt bei der Datenaufnahme durchzuführen und diese zu konfigurieren. Dies geschieht teils automatisiert, zum Beispiel die Konvertierung verschiedener Einheiten basierend auf den Informationen aus der Ontologie, sowie teils mittels manueller Konfiguration z.B. in Hinblick auf die Normalisierung der Daten oder die Konfiguration von Schwellenwerten. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse können in die Ontologie zurückgespielt werden indem diese durch weitere Informationen zu den enthaltenen Parametern ergänzt wird (etwa plausible Wertebereiche oder Einheiten). Durch einen automatischen Abgleich der Ontologie mit der aktuellen Version auf der Plattform, stehen diese Erkenntnisse dann auch an anderer Stelle zur Verfügung (z.B. zur anschließenden Auswertung) und das über die Zeit gesammelte Expertenwissen wird über die Ontologie abgebildet. Dies kann auch manuell erfolgen, indem die in der Plattform hinterlegte Basisontologie mit der Zeit angepasst und erweitert wird. Dies kann direkt über die Plattform geschehen, über die vorhandene Schnittstelle können Softwaresysteme dann stets die aktuelle Version der Ontologie von der Plattform beziehen.

### AP 5: Implementierung und Validierung durch Praxisanwendung

Das Arbeitspakete 5 wurde neben der Definition der zu betrachtenden Anwendungsfälle maßgeblich durch das wbk und das HIU gestaltet und durchgeführt. Hierbei flossen alle Projektergebnisse in einer durchgängigen Datenpipeline zusammen und wurden im echten Produktionsumfeld eingesetzt und getestet. Die Fraunhofer Gesellschaft hat hierbei eine unterstützende Rolle eingenommen und den Einsatz des DPPM in den Produktionsumgebungen vorbereitet und bei Problemen Anpassungen an der Software vorgenommen. Außerdem wurden die Erkenntnisse aus der aktiven Nutzung der Software dazu verwendet, um diese weiterzuentwickeln und die Nutzbarkeit und Nutzerfreundlichkeit zu verbessern. Im Folgenden werden die von den Partnern durchgeführten Arbeiten genauer beleuchtet, welche von der Fraunhofer Gesellschaft wie beschrieben begleitet wurden.

#### UAP 5.1: Integration der standardisierten, horizontalen Datenstruktur in Pilotanlagen

Das Ziel des AP 5 bestand in der Validierung der entwickelten Datenstrukturen und standardisierten Schnittstellen anhand realitätsnaher Anwendungsfälle in einer Pilotanlage. Zu diesem Zweck wurden innerhalb des AP 5 die Use Cases aus AP 1 weiter spezifiziert und teilweise an der RWTH und am wbk umgesetzt.

Hierfür wurden unter anderem am wbk zwei Produktionsanlagen über die DataBatt Schnittstelle in ein gemeinsames Produktionsumfeld integriert. Hierfür wurde ein Simulations-PC beschafft, an die die beiden Produktionsanlagen aus Tabelle 1 und Tabelle 2 angebunden wurden.

Tabelle 1: Beschreibung Kalander

<b>Bezeichnung</b>	Kalander GKL 500 MS
<b>Prozess</b>	Kalandrieren
<b>Hersteller</b>	Saueressig
<b>Anlagensteuerung (Hardware)</b>	Siemens S7 300
<b>OPC UA-fähigkeit</b>	Nein
<b>Vorgenommene Anpassungen im Rahmen von AP 5.1</b>	Ergänzung der Anlage um ein OPC UA Kommunikationsmodul

Tabelle 2: Beschreibung Coil-2-Stack

<b>Bezeichnung</b>	Coil 2 Stack
<b>Prozess</b>	Kontinuierliches Stapeln (Vereinzeln und Stapeln)
<b>Hersteller</b>	wbk-Forschungsanlage (Eigenentwicklung)
<b>Anlagensteuerung (Hardware)</b>	Siemens S7 1500
<b>OPC UA-fähigkeit</b>	Ja
<b>Vorgenommene Anpassungen im Rahmen von AP 5.1</b>	Konstruktion und Umsetzung einer Fixiereinheit für ein GOM-Messsystem, Anpassung Steuerungscode und Datenbausteine, Entwicklung eines Verfahrens zur nachträglichen Integration der Stapelgenauigkeitsdaten in die Plattform

### UAP 5.3: Validierung des ausgewählten Use-Case

#### Use Case 2 – Horizontale Übertragbarkeit

Der zweite Use Case veranschaulicht die horizontale Übertragbarkeit der Datenstrukturen. Zu diesem Zweck wurde am wbk der Kalander des Typs GKL 500 MS über die DataBatt-Schnittstelle in ein bestehendes Produktionsumfeld eingebunden. Die Datenstruktur basierte dabei auf dem Kalander des Typs GK 300 L, der am PEM angebunden wurde. Anpassungen, die vorgenommen werden mussten, um den Anlagentyp auszutauschen, umfassten die folgenden Maßnahmen:

- Ergänzung der Datenstruktur des GK 300 L um das Auf- und Abwicklersystem und die Bahnreinigung. Hierbei konnte auf bestehende Bausteine der Ontologie zurückgegriffen werden, die der Struktur modular hinzugefügt werden konnten. Es mussten damit keine Modellierungstätigkeiten durchgeführt werden.
- Mapping der PLC-Tags auf die Informationsmodellparameter, wobei die Datenvorverarbeitungsfunktionen genutzt werden konnten, um die Daten automatisiert in die korrekten Formate zu bringen.

Durch die Anbindung unterschiedlicher physischer Anlagen an die gleiche Informationsmodellinstanz in der DataBatt-Plattform konnte gezeigt werden, dass ein Austausch von Anlagen möglich ist, ohne dass umfangreichere Anpassungen in den darüberliegenden Systemen notwendig sind. Dies bedeutet, dass beispielsweise neue Anlagen nahtlos in bestehende Infrastrukturen unter minimalem Aufwand integriert werden können, was die Gesamteffizienz steigern kann und Implementierungszeiten verkürzt. Des Weiteren konnte anhand des Use Cases gezeigt werden, dass Modelle und Applikationen unabhängig von den darunterliegenden Hardwaresystemen angewandt werden können. Die Übertragbarkeit von Modellen, Datenstrukturen und Applikationen auf andere Anlagen oder Standorte erhöht die Skalierbarkeit und Flexibilität ganzer Batteriezellproduktionen und trägt durch das Steigerungspotenzial der OEE der Optimierung der gesamten Prozesslandschaft bei.

#### Use Case 3: Horizontale und Vertikale Vernetzung

Das Ziel des dritten Use Case bestand in der Vernetzung über mehrere Prozesse hinweg. Hierfür wurden am wbk zwei Produktionsanlagen in das DataBatt-Framework eingebunden. Dazu wurde unter anderem die entwickelte Middleware in die IT-Infrastruktur der Partner integriert und zur Datenaufnahme genutzt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden im Rahmen eines agilen Entwicklungsprozesses aufgenommen und als Verbesserungen zurück in die Software gespielt. Am HIU wurde darüber hinaus ein Algorithmus implementiert, der prozessübergreifend Zusammenhänge zwischen Produktionsparametern identifiziert.

In diesem Kontext wurde am wbk die Prozesskette vom Kalandrieren bis zum Stapeln betrachtet. Hierbei wurden durch den Algorithmus des HIU Korrelationen zwischen den Parametern Kalandriergrad, Bahnspannung und Stapelgenauigkeit analysiert.

Für die Validierung wurden Versuche entsprechend des Versuchsplans aus Abbildung 10 durchgeführt.

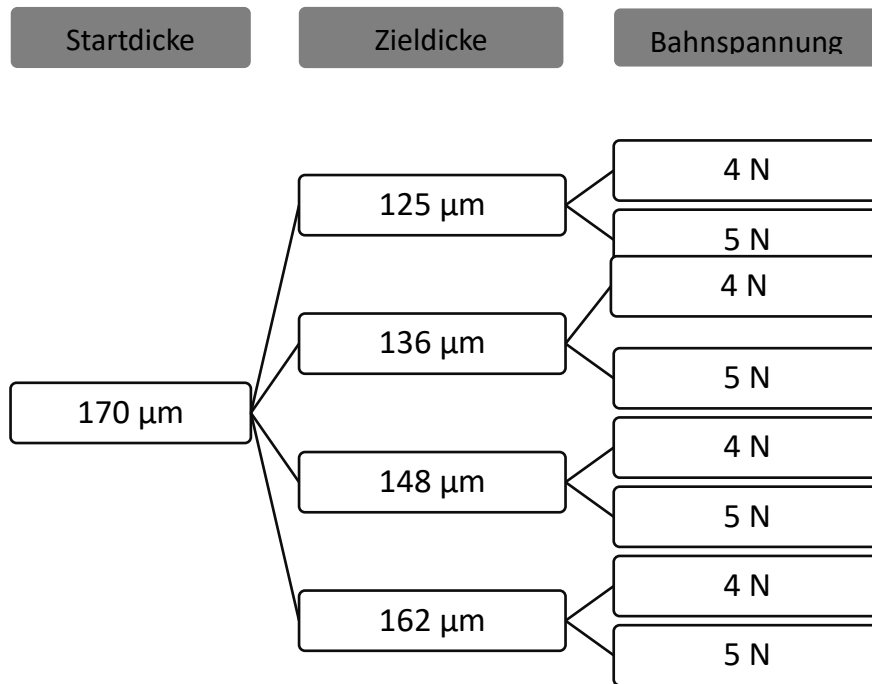


Abbildung 10: Versuchsplan

In diesem Rahmen wurde Elektrodenmaterial beschafft, das in einem ersten Schritt mit vier unterschiedlichen Kalandriergraden kalandriert wurde. Für den Kalandrierprozess wurden insgesamt 50 Prozessparameter durch Datenstreaming in die Plattform gestreamt. Auf Abbildung 11 ist beispielhaft zu sehen, wie über die Live



Abbildung 11: Streaming von Daten in die Plattform

Überwachungsfunktion des Data Recordings die Daten des Kalenders in die Plattform gestreamt werden.

Das kalandrierte Material wurde darauffolgend durch die Anlage Coil-2-Stack prozessiert. Hierbei wurden pro Kalandriergrad 2 unterschiedliche Bahnspannungen eingestellt. Es wurden die Messdaten für 9 Prozessparameter aufgenommen. Zudem wurden Bilddaten mit einem GOM Messsystem aufgenommen, um die Ablagegenauigkeit zu bestimmen.

Um eine Korrelation der Ablagegenauigkeit mit den Zeitreihendaten der Prozessparameter zu gewährleisten, wurden die Bilddaten ausgewertet und quantitative Bewertungskriterien abgeleitet. Diese quantitativen Bewertungskriterien umfassten:

1. Verschiebung des abgelegten Elektrodenblatts in horizontaler Richtung (Y-Richtung)
2. Wölbung des Elektrodenblatts in Z-Richtung
3. Verdrehung des abgelegten Elektrodenblatts um X

Für die Ableitung der quantitativen Bewertungskriterien wurden die GOM-Daten nach dem folgenden Vorgehen ausgewertet:

1. Polygonisierung der Rohdaten.
2. Ausrichtung der Bilder an zuvor definierten Referenzpunkten
3. Konstruktion von einem Multischnitt durch das Elektrodenblatt. Es wurden insgesamt drei Schnitte in das

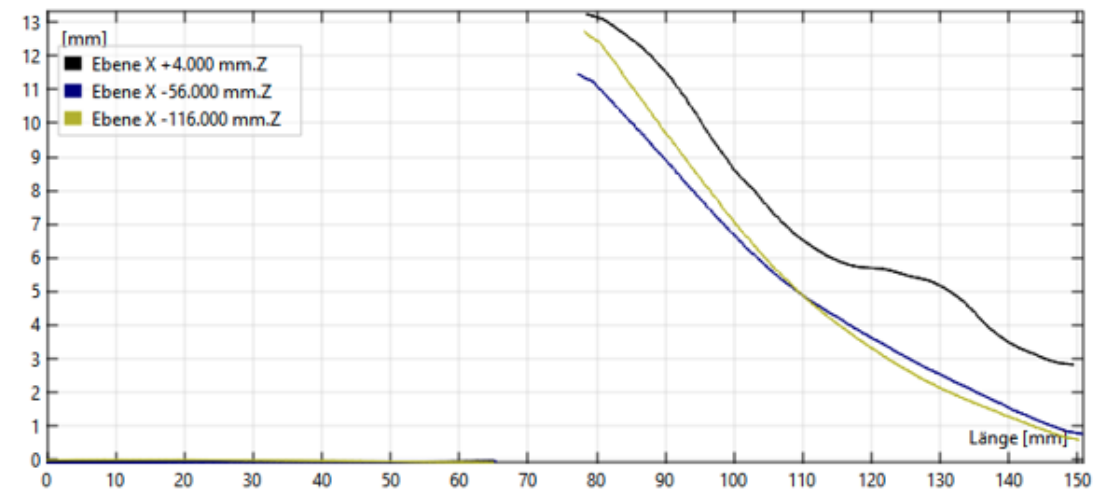


Abbildung 12: Multischnitt durch ein Elektrodenblatt

Elektrodenblatt in Z-Richtung gelegt. Jeweils ein Schnitt an den Rändern der Elektrode und ein einzelner Schnitt in der Mitte der Elektrode. Eine beispielhafte Darstellung der drei Schnitte durch eine Elektrode ist in [Abbildung 12](#) zu sehen.

4. Auswertung der Schnitte und Ableitung der drei quantitativen Bewertungskriterien:

**a) Verschiebung in horizontaler Richtung:**

Hierfür wurden jeweils für die einzelnen Elektrodenblätter die Verschiebungen der Elektrode in Y-Richtung in allen Schnitten berechnet. Darauffolgend wurde für jeden Schnitt der Mittelwert der Verschiebung in Y-Richtung über alle Elektroden abgeleitet und die Streuung um den Mittelwert bestimmt. Die gemittelte Abweichung über alle Schnitte hinweg wurde als Genauigkeitsangabe für die Verschiebung in horizontaler Richtung herangezogen.

**b) Wölbung des Elektrodenblatts in Z-Richtung:**

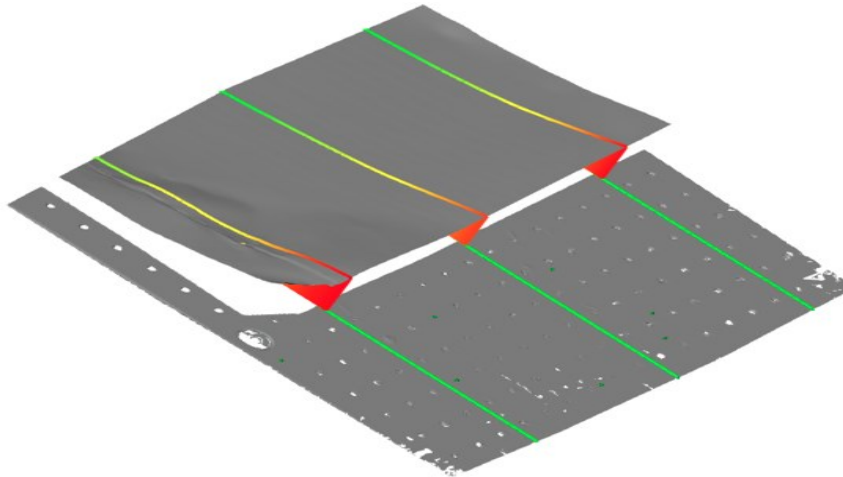
Für jedes vermessene Elektrodenblatt wurde eine maximale und eine minimale Wölbung in Z-Richtung bestimmt, sowie die mittlere Wölbung über eine Messreihe hinweg. Als Genauigkeitsmaß diente der Mittelwert der Messreihe.

**c) Verdrehung des abgelegten Elektrodenblatts um X**

Für jedes vermessene Elektrodenblatt wurde die Verdrehung um X bestimmt. Danach erfolgte die Berechnung des Mittelwerts, der als Genauigkeitsmaß herangezogen wurde.

Abbildung 13 zeigt beispielhaft die polygonisierte GOM-Aufnahme eines Elektrodenblatts inkl. des konstruierten Multischnitts.

Die ausgewerteten Daten wurden dem HIU für die weitere Auswertung und Identifikation von Korrelationen zwischen Parametern zur Verfügung gestellt.



*Abbildung 13: Polygonisierte GOM-Aufnahme eines Elektrodenblatts*

Im Rahmen von AP5 konnte so die gesamte im Rahmen des Projektes entwickelte Datenpipeline erfolgreich demonstriert werden. Diese reicht von der Anbindung der Anlagen, das Mapping der Anlagenparameter zu den standardisierten Produktionsparametern über die Datenaufnahme und das anschließende Streaming der Daten in den Data Lake bis hin zur (teil-)automatisierten Auswertung der Daten, unabhängig von der zugrundeliegenden Anlage. Damit wurde die Funktionalität der Datenpipeline demonstriert, sowie wichtige Erkenntnisse gewonnen welche in die Entwicklung des Data Lakes und der Middleware zurückgeflossen sind und diese weiter verbessert und an eine reale Produktionsumgebung angepasst haben.

#### **Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten**

Die Entwicklungen des Projekts DataBatt adressieren die Problemstellungen unterschiedlicher Akteure in der Batteriezellproduktion. Komplexe Prozesse erfordern eine effiziente Datenerfassung und -verarbeitung, um die Produktqualität und die Produktionseffizienz zu maximieren. Die Entwicklung einheitlicher Schnittstellen und standardisierbarer Datenstrukturen ermöglicht eine nahtlose Integration verschiedenster Maschinen und Anlagen, was insbesondere in einem volatilen Umfeld von großer Bedeutung ist. Darüber hinaus sind eine hohe Datenqualität und -verfügbarkeit die zentrale Voraussetzung für die Implementierung von Optimierungsalgorithmen, die beispielsweise einer Verbesserung der OEE beitragen, was durch den integrierten Vorverarbeitungsmechanismus in die DataBatt-Schnittstelle umgesetzt werden konnte. Durch die Implementierung der Datenstrukturen als Ontologie wurde im Projekt insbesondere auch die Skalierbarkeit und Flexibilität der entwickelten Lösung berücksichtigt.

#### **Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses**

Der voraussichtliche Nutzen des Projekts liegt in der Verbesserung der Effizienz und der Qualität der Datenakquise und -vorverarbeitung. Die Verwertbarkeit des Ergebnisses erscheint hoch, da bei der Entwicklung der technischen Funktionsblöcke 1 bis 3 auf eine allgemeine Anwendbarkeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette geachtet wurde. Damit wurde eine flexible und skalierbare Lösung geschaffen, die sich nicht auf die Anwendbarkeit in einer konkreten Problemstellung beschränkt. Ein zentraler Bestandteil des Vorhabens umfasst die entwickelten Datenstrukturen. Insbesondere dieser Teilaspekt stellt für die Industrie eine wichtige Komponente dar. Im Zuge weiterer Vorhaben werden die Arbeiten aus DataBatt bereits weiterentwickelt und sollen gemeinsam mit einem Konsortium aus Industrie und Wissenschaft zur Standardisierung getrieben werden.

In besonderem Maße ist hier das indirekte Folgeprojekt ENLARGE aus dem SynBatt Cluster, gefördert vom BMBF zu nennen. Dieses baut auf den Erkenntnissen des DataBatt Projektes auf und hat zur Aufgabe diese in die Anwendung zu bringen, sowie auf Grundlage der Ontologie einen industrienahen Standard in Form einer OPC UA Companion Specification für die Batteriezellentwicklung zu entwickeln. Die Ergebnisse aus DataBatt haben maßgeblich dazu beigetragen die Etablierung von Standards in der Zellfertigung zu demonstrieren und somit deren Verbreitung und Wahrnehmung in der Industrie zu steigern. Durch das Folgeprojekt ENLARGE wird eine angemessene weitere Verwertung der Ergebnisse sichergestellt und dafür gesorgt, dass diese direkt in ein industrielles Umfeld transferiert, werden können. Damit ist die Grundlage für ein europäisches Datensystem rund um die Batterieproduktion geschaffen, welche es auch kleinen und mittleren Betrieben des Maschinen- und Anlagenbaus ermöglicht digital mit anderen Systemen in der Produktion zu kommunizieren und so am Ökosystem zu partizipieren.

Zum Berichtszeitpunkt befindet sich eine offizielle internationale Standardisierungsgruppe (OPC Foundation Joint Working Group) auf Basis der DataBatt-Ergebnisse und der ENLARGE-Zwischenergebnisse in der formalen Gründung. Zu den Kernpartnern dieser Standardisierungsgruppe gehören DataBatt-Partner wie das wbk und die Fraunhofer FFB, ebenso aber auch zentrale Interessengruppen wie der VDMA und der VDA ob der Relevanz des Themas und der Ergebnisse für den deutschen Anlagen- und Automobilbau.

### **Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritt auf dem Gebiet bei anderen Stellen**

Zum späten Projektverlauf wurden Produkte marktreif, die einen Aspekt des DPPM abbilden. Dies ist einerseits die Software Forge<sup>2</sup> von der Firma Prosys aus Finnland, sowie die Software Reniway<sup>3</sup> von der Firma Reniver aus Belgien. Die Grundidee, das Mapping mittels einer Middleware zu vereinfachen und den Input der User zu reduzieren ist vergleichbar mit DataBatt. Allerdings ist der Umfang der Lösungen geringer als beim DPPM. So umfasst Forge lediglich eine Art Übersetzung der Schnittstellen, allerdings keine externen Modell- oder Ontologievorgaben, lediglich manuelle Adress Space Anpassungen basierend auf OPC UA. Bei Reniway existiert zumindest eine optionale Vorgabe von umati (OPC UA for Machine Tools), was aber im Bereich Batterie vernachlässigbar ist. Die Integration von Datenqualität und Vorverarbeitung, sowie Ontologien als Wissensspeicher ist bei den Lösungen nicht vorgesehen. Damit stellen diese Lösungen einen Schritt in Richtung der von DataBatt propagierten Architektur und Middleware dar, allerdings sind weite Teile nicht berücksichtigt.

### **Erfolgte Veröffentlichungen**

Anderlik, S., Kößler, F., Sawodny, J., & Fleischer, J. (2024). Dashboards in der Batteriezellproduktion: Datenerfassung zur Bedienerunterstützung beim Kalandrieren von Batterieelektroden. *wt Werkstatttechnik Online*.

Choudhary, N., Clever, H., Ludwigs, R., Rath, M., Gannouni, A., Schmetz, A., . . . Stein, H. (2022). Autonomous Visual Detection of Defects from Battery Electrode Manufacturing. *Advanced Intelligent Systems*.

<sup>2</sup> [Prosys OPC UA Forge - Prosys OPC](#)

<sup>3</sup> [Reniway - Reniver](#)