

**Duale Hochschule Baden-Württemberg**

**Stuttgart Campus Horb**



## **Konzeption und prototypische Implementierung einer Search Engine in einer Microservice-Architektur**

***T3300 - Bachelorarbeit***

---

eingereicht von:	Moris Kotsch
Matrikelnummer:	1317681
Kurs:	TINF2018
Studiengang:	Informatik
Hochschule:	DHBW Stuttgart Campus Horb
Ausbildungsfirma:	ENISCO by FORCAM GmbH
Ausbildungsleiterin:	Dipl.-Betriebsw. Angela Rasch
Unternehmen der Bachelorarbeit:	ENISCO by FORCAM GmbH
Betrieblicher Betreuer:	Dipl.-Ing. (FH) Franziska Simmank
Gutachter der DHBW:	Prof. Dr. phil. Antonius van Hoof
Bearbeitungszeitraum:	07.06.2021 - 31.08.2021

Freudenstadt, 2. Juli 2021

# Sperrvermerk

Die vorliegende Praxisarbeit zum Thema „Konzeption und prototypische Implementierung einer Search Engine in einer Microservice-Architektur“ beinhaltet interne vertrauliche Informationen der Firma ENISCO by FORCAM GmbH. Die Weitergabe des Inhaltes der Arbeit und eventuell beiliegender Zeichnungen und Daten im Gesamten oder in Teilen ist untersagt. Es dürfen keinerlei Kopien oder Abschriften - auch in digitaler Form - gefertigt werden. Ausnahmen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der Firma ENISCO by FORCAM GmbH.

# Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich:

1. dass ich meine Praxisarbeit mit dem Thema „**Konzeption und prototypische Implementierung einer Search Engine in einer Microservice-Architektur**“ ohne fremde Hilfe angefertigt habe;
2. dass ich die Übernahme wörtlicher Zitate aus der Literatur sowie die Verwendung der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe;
3. dass ich meine Praxisarbeit bei keiner anderen Prüfung vorgelegt habe.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Freudenstadt, 2. Juli 2021



Moris Kotsch

# Zusammenfassung

ToDo

# Abstract

ToDo

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	ENisco und E-MES . . . . .	1
1.2	Aufgabenstellung . . . . .	1
1.3	Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>4</b>
2.1	Software-Architekturen . . . . .	4
2.1.1	Architektur-Prinzipien . . . . .	5
2.1.2	Monolithische und verteilte Architekturen . . . . .	7
2.2	Microservice-Architektur . . . . .	8
2.2.1	Kommunikation zwischen Microservices . . . . .	8
2.2.2	Vorteile . . . . .	8
2.2.3	Microservice - Antipattern . . . . .	8
2.3	Volltextsuche in modernen Informationssystemen . . . . .	8
2.3.1	Anwendungsfälle . . . . .	8
2.3.2	Search Engines . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Umfang der Suchfunktionalität</b>	<b>9</b>
3.1	Produktumfang von E-MES . . . . .	9
3.2	SCADA . . . . .	9
3.2.1	Elektrische/Technische Sicht . . . . .	9
3.2.2	Asset Sicht . . . . .	10
3.2.3	Suchumfang im SCADA-Umfeld . . . . .	10
3.3	PCS . . . . .	11
3.3.1	Suchumfang im PCS-Umfeld . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Konzeption</b>	<b>13</b>
4.1	Konzeptionskriterien . . . . .	13
4.2	Auswahl einer Search Engine . . . . .	13
4.2.1	Apache Solr . . . . .	13
4.2.2	Elasticsearch . . . . .	13
4.2.3	Vergleich . . . . .	13
4.3	Datenaktualisierung zwischen Microservices und Search Engine . . . . .	13

4.4	Gesamtkonzept . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Prototypische Umsetzung</b>	<b>15</b>
5.1	Client . . . . .	15
5.2	Search Service . . . . .	15
5.3	Anbindung an Apache Kafka . . . . .	15
<b>6</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>16</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>17</b>

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Zusammenspiel von loser Kopplung und hoher Kohäsion [Vog09] . . . .	6
2.2	3-Schichten-Architektur vs. Microservice-Architektur [Red21] . . . . .	7



# Abkürzungsverzeichnis

E-MES	Enisco Manufacturing Execution System
MCC	Manufacturing Control Cloud
MES	Manufacturing Execution System

# 1

## Kapitel 1

---

# Einleitung

Im folgenden Kapitel wird die betreuende Firma mit dem dazugehörigem Kernprodukt, die Aufgabenstellung und das geplante Vorgehen erläutert. Um das Studieren der Arbeit zu erleichtern, wird ein Überblick über den Aufbau der Arbeit gegeben.

### 1.1 ENisco und E-MES

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit bei der Firma Enisco verfasst. Enisco GmbH & Co. KG wurde 2015 als Tochtergesellschaft der Eisenmann SE gegründet und ist mittlerweile ein eigenständiges Unternehmen, welches unter dem Namen „Enisco by Forcam GmbH<sup>1</sup>“ agiert.

Als Kernprodukt vertreibt die Firma Enisco das Produktionsleitsystem „Enisco Manufacturing Execution System (E-MES)“. Dieses wird für die Überwachung und Steuerung von Produktionsanlagen eingesetzt. E-MES vernetzt dabei die Anlage horizontal, über den gesamten Fertigungsprozess, als auch vertikal, über alle Prozessebenen hinweg und bildet so ein System, welches zwischen Unternehmensebene (ERP, engl. für Enterprise Resource Planning) und Steuerungsebene (PLC, engl. für Programmable Logic Controller) agiert. [Eni21]

E-MES ist dafür modular aufgebaut und besitzt als Basis ein Platform-Modul. Dieses beinhaltet alle Grundlagen und Schnittstellen für die Installation weiterer Module. Die zusätzlichen Module (engl. Add-Ons) ergänzen E-MES um bestimmte Funktionen und können kundenspezifisch installiert und konfiguriert werden.

### 1.2 Aufgabenstellung

Derzeit erfährt das aktuelle Produktionsleitsystem E-MES eine Neugestaltung. Dabei wird von einer monolithischen 3-Schichten-Architektur auf eine verteilte Microservice-Architektur gewechselt. Ein Wechsel der Architektur beruht auf dem Eintritt der Muttergesellschaft Forcam GmbH in die „Open Industry 4.0 Alliance“. Durch den

---

<sup>1</sup>Im Folgenden wird aus Gründen der Lesbarkeit auf die Rechtsform der Enisco by Forcam GmbH verzichtet

Zusammenschluss von mehreren Unternehmen aus dem Bereich „Industrie 4.0“, können einheitliche Schnittstellen definiert werden, um so die Interoperabilität zwischen den Softwarelösungen der beteiligten Firmen zu stärken [Ope21]. Um die benötigte Interoperabilität zu ermöglichen, setzen die beteiligten Unternehmen vermehrt auf Technologien, wie Docker und Kubernetes. Um nun auch die Neugestaltung von E-MES in diesem Umfeld anzubieten, wurde sich für eine verteilte Microservice-Architektur entschieden. Neben der Architektur wird auch der Produktname von „E-MES“ in den Produktnamen „Manufacturing Control Cloud (MCC)“ abgeändert.

Im Zuge der Neugestaltung von E-MES werden neue Funktionalitäten, wie die Suchfunktion integriert. Eine Suchfunktion in modernen Informationssystemen wird von den Benutzern als gewohnter Komfort wahrgenommen. Auftretende Problemstellungen können dabei mithilfe von Suchabfragen gelöst werden. Solch eine Funktion liefert dem Benutzer eine Liste mit Suchergebnissen, aus der der Benutzer den geeignetsten Treffer auswählen kann.

Für die Umsetzung einer Suchfunktion in einem Manufacturing Execution System (MES) muss festgelegt werden, welche Funktionen und Inhalte des MES von der Suchfunktion abgedeckt werden sollen. Neben der Suche nach Funktionalitäten des Systems, kann es auch hilfreich sein, nach bestimmten „Objekten“ innerhalb des Systems zu suchen. Solche Objekte können zum Beispiel in Form von eindeutigen Aufträgen oder Maschinen in einem MES vorkommen. Gibt der Benutzer die Kennung eines Objektes in das Suchfeld ein, sollen ihm alle Funktionen und Informationen bezüglich dieses Objektes angezeigt werden.

Neben der Anforderungsklä rung bezüglich der Suchoptionen und der Granularität der Suchanfragen, gilt es auch eine Konzeption für die Integration einer Search Engine zu entwerfen. Hierbei sind die besonderen Anforderungen zu beachten, welche durch die Einführung der verteilten Microservice-Architektur entstanden sind. So ist zu klären, welche Strategie für die Datenaktualisierung zwischen einer Search Engine und den Datenhaltungsschichten der einzelnen Services den Anforderungen am besten entspricht. Anhand von selbstgewählten technischen und lizenzbezogenen Kriterien, sollen diesbezüglich Strategien und auch potentiell geeignete Search Engines verglichen werden. Bei der Konzeption für der Integration einer Search Engine sind monolithische Seiteneffekte, welche durch die Missachtung von Prinzipien der Microservice-Architektur entstehen könnten, zu vermeiden.

Das erstellte Konzept gilt es anschließend mithilfe einer Proof of Concept - Anwendung umzusetzen.

## 1.3 Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit

Die Vorgehensweise und die schriftliche Ausarbeitung der vorliegenden Arbeit gliedert sich in drei Hauptteile. Als Vorarbeit für die eigentliche Bearbeitung werden in **Kapitel 2** die theoretischen Grundlagen über die verteilte Microservice-Architektur, den Search Engines und dem Entwicklungsstand von MCC beschrieben.

Im ersten Schritt wird definiert, mit welchem Suchumfang die Search Engine innerhalb von MCC nach Funktionen und Objekten agieren soll. Da zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit noch keine produktreife Version von MCC existiert, wird sich an dem Produktumfang und den Funktionalitäten des aktuellen Produktes E-MES orientiert. Im **Kapitel 3** wird der Suchumfang für die Suchfunktionalität definiert. Hierbei wird bei E-MES analysiert, welche Objekte innerhalb des Systems „suchbar“ gemacht werden sollen.

Ein weiterer Schritt ist die Konzeption für die Integration einer Search Engine in MCC. Es werden hierbei in **Kapitel 4** verschiedene Search Engines anhand von technischen und lizenzbezogenen Kriterien miteinander verglichen. Ebenso werden verschiedene Möglichkeiten der Datenaktualisierung zwischen einer Search Engine und den Datenhaltungsschichten der einzelnen Services erläutert und anhand der erarbeiteten Entscheidungskriterien miteinander verglichen. Vorbereitend für die prototypische Umsetzung wird zusätzlich ein Gesamtkonzept erstellt.

Anschließend an die Konzeption folgt in **Kapitel 5** die prototypische Umsetzung anhand einer Proof of Concept - Anwendung. Hierfür wird zunächst festgelegt, welchen Umfang jene prototypische Umsetzung besitzen soll und ob bereits Softwareteile aus MCC verwendet werden können.

Abgeschlossen wird die Arbeit mit einem Fazit und einem Ausblick (**Kapitel 6**).

# 2

## Kapitel 2

---

# Grundlagen

Um eine Konzeption und eine prototypische Umsetzung einer Search Engine in MCC zu ermöglichen wird in folgendem Kapitel auf die architekturellen Hintergründe von MCC eingegangen. Hierfür werden zu Beginn allgemein gültige Architektur-Prinzipien erläutert, welche auch bei der Integration einer Search Engine berücksichtigt werden müssen und somit bei der Auswahl eines geeigneten Konzeptes von Bedeutung sind.

Aufbauend auf den Architektur-Prinzipien wird die verwendete Microservice-Architektur erläutert, wobei neben einer allgemeinen Einführung in die Architektur auch auf die Kommunikation von Microservices untereinander eingegangen wird. Um mögliche Fehlkonzeptionen zu vermeiden, werden häufig auftretende Anti-Pattern aufgezeigt, welche unter Umständen zu monolithischen Seiteneffekten führen könnten.

Abschließend wird anhand von verschiedenen modernen Informationssystemen die Funktionalitäten der Volltextsuche gezeigt. Neben den unterschiedlichsten Anwendungsfällen für eine Volltextsuche werden auch die technischen Besonderheiten von Search Engines vorgestellt.

## 2.1 Software-Architekturen

Die Software-Architektur eines Systems ist die Menge von Strukturen, die benötigt werden, um Entscheidungen über das System zu treffen, welche die Software-Elemente, die Relationen zwischen ihnen und die Eigenschaften von beiden betreffen. ~ Len Bass [BCK13]

Wie aus der Definition von Len Bass zu entnehmen ist, beschreibt eine Software-Architektur die Eigenschaften und Beziehungen von Software-Bausteinen zueinander [BCK13]. Ein Software-Baustein wird hierbei als eine Teil-Komponente der gesamten Software betrachtet und wird bei der Erstellung einer Architektur als elementarer Bestandteil angesehen. Dabei wird ein Software-Baustein nicht näher spezifiziert, sondern als Komponente betrachtet, dessen konkrete Implementierung für die Architektur nicht von Bedeutung ist. Der Fokus einer Software-Architektur liegt auf den Schnittstellen der Software-Bausteine, über welche die Bausteine miteinander kommunizieren können.

### 2.1.1 Architektur-Prinzipien

Für das Erstellen einer guten Software-Architektur wurden von Vogel [Vog09] einige Grundprinzipien definiert. Diese Prinzipien sollten bei der Erstellung einer Software-Architektur beachtet werden: [Vog09]

#### **Lose Kopplung:**

Der Kern einer Software-Architektur besteht aus der Beschreibung der Bausteine eines Software-Systems und deren Interaktionen zueinander. Unter dem Begriff Kopplung versteht man hierbei die Beziehung unter den Bausteinen einer Software-Architektur. Eine Kopplung charakterisiert demnach die Interaktionen der Bausteine.

Eine starke Kopplung von Systembausteinen hat zur Folge, dass beim Verstehen und Ändern eines Bausteines auch zwingend weitere Bausteine verstanden und geändert werden müssen. Um jenes Problem zu umgehen, besagt das Prinzip der losen Kopplung, dass die Kopplung zwischen Systembausteinen möglichst niedrig gehalten werden sollen.

Um eine lose Kopplung in einer Architektur zu erreichen, ist die Einführung von Schnittstellenabstraktionen ein wichtiger Aspekt. Dabei werden die Implementierungsinformationen hinter den Schnittstellen verborgen. Durch die Begrenzung von Schnittstellenelementen und der Häufigkeit des Austauschs der Schnittstellenelemente kann eine Kopplung von Systembausteinen kontrollierbar gemacht werden.

#### **Hohe Kohäsion:**

Im Gegensatz zur Kopplung, in welcher die Beziehungen zwischen Systembausteinen gemeint ist, versteht man unter dem Begriff Kohäsion die Abhängigkeiten innerhalb eines Systembausteins.

Beim Prinzip der hohen Kohäsion ist das Ziel die Abhängigkeiten innerhalb eines Systembausteins möglichst hoch zu gestalten. Wie bei der losen Kopplung geht es auch hier um die lokale Änderbarkeit und Verstehbarkeit von Systembausteinen.

Wie in Abbildung 2.1 zu erkennen stehen Kopplung und Kohäsion normalerweise miteinander in einer Wechselbeziehung. Hierbei gilt, dass je höher die Kohäsion individueller Bausteine einer Architektur ist, desto geringer ist die Kopplung zwischen den Bausteinen. Schematisch ist dieser Zusammenhang in Abbildung 2.1 abgebildet, worin zu erkennen ist, dass eine Gesamtstruktur mit einer hohen Kohäsion und einer losen Kopplung (rechte Seite) eine höhere Übersichtlichkeit besitzt.

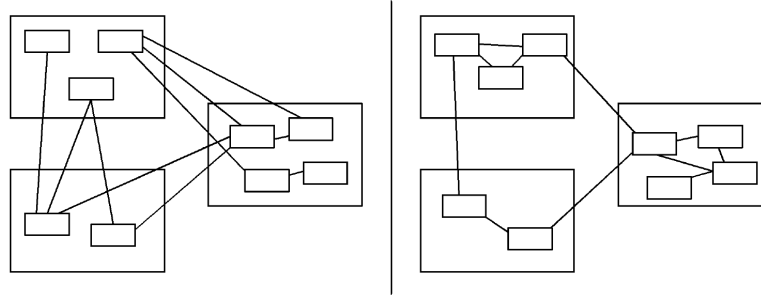


Abb. 2.1: Zusammenspiel von loser Kopplung und hoher Kohäsion [Vog09]

### Entwurf für Veränderung:

Durch den stetigen Wandel von Software-Systemen in Form von Anforderungen und Technologien, ist es von Vorteil solche Änderungen bereits in der Phase der architekturellen Konzeption zu berücksichtigen. Das Prinzip des Entwurfs für Veränderung (englisch: Design for Change) sieht nun vor, dass man vorhersehbare Änderungen architektonisch vorausplant. Dabei sollte man versuchen, die Architektur so zu entwerfen, dass man leicht mit den wahrscheinlichen Änderungen eines Software-Systems umgehen kann.

### Separation of Concerns:

Abgeleitet von dem römischen Prinzip „Teile und herrsche“ wird beim Prinzip Separation of Concerns ausgesagt, dass ein Software-System in individuelle Systembausteine zerlegt werden soll.

Separation of Concerns unterstützt hierbei die Modularisierung eines Software-Systems. Es geht darum Teile eines Software-Systems zu identifizieren, welche für bestimmte Angelegenheiten, Aspekte und Aufgaben verantwortlich sind. Jene Teile werden dann als eigene Systembausteine gekapselt. Eine Zerteilung des Gesamtsystems in relativ unabhängige Einzelteile ermöglicht zudem noch die Verteilung von Verantwortlichkeiten für verschiedene Systembausteine und auch das parallele Arbeiten an dem Software-System durch mehrere Entwickler wird dadurch ermöglicht.

Durch das Aufteilen des Software-Systems in relativ unabhängige Systembausteine werden auch die Prinzipien lose Kopplung und hohe Kohäsion begünstigt.

### Information Hiding:

Das Prinzip Information Hiding sagt aus, dass man einem Klienten nur die für die Bearbeitung eines Problems notwendigen Informationen zeigen soll. Dies erleichtert die Gliederung und das Verständnis von komplexen Software-Systemen. Die restlichen Informationen sollen nach außen hin verborgen bleiben. Ermöglicht wird solch ein geheim halten von Informationen durch die Bereitstellung von definierten Schnittstellen, über welche nur bestimmte Informationen zu erreichen sind.

**Abstraktion:**

Als übergeordnetes Prinzip dient eine Abstraktion dazu, ein komplexes System verständlicher zu machen. Dazu werden wichtige Aspekte identifiziert und unwichtige Details vernachlässigt. Im Bereich der Software-Architektur gilt die Schnittstellenabstraktion als Teilprinzip der Abstraktion. Hierbei liegen die Schnittstellen im Fokus, welche für das Zustandekommen und die Qualität von Beziehungen verantwortlich sind.

Solch eine Schnittstellenabstraktion in einem Software-System ist eng verbunden mit dem Prinzip der losen Kopplung und dem Information Hiding. Ein Aspekt für den starken Zusammenhang zwischen der Abstraktion und dem Information Hiding ist die Portabilität von Software-Systemen. So sollte eine Architektur oder ihre Systembausteine auch in anderen Umgebungen verwendbar sein. Um solch eine Plattformunabhängigkeit sicherzustellen, werden Abstraktionen verwendet, die ein Information Hiding der Platform-Details leisten.

**Modularität:**

Das Modularitätsprinzip, welches bereits auch in den Beschreibungen der anderen Prinzipien vorkam, definiert die Aufteilung eines Systems in klar definierte Bausteine mit abgegrenzten funktionalen Verantwortlichkeiten. Die Modularität ist dabei eine Kombination aus den Prinzipien Abstraktion, Separation of Concerns und Information Hiding, welche bei der Umsetzung der Prinzipien der losen Kopplung und der hohen Kohäsion kombiniert werden.

Auch für die spätere Konzeption einer Search Engine in einer Microservice-Architektur werden die eingeführten Prinzipien als Grundlage dienen.

## 2.1.2 Monolithische und verteilte Architekturen

Inhalt

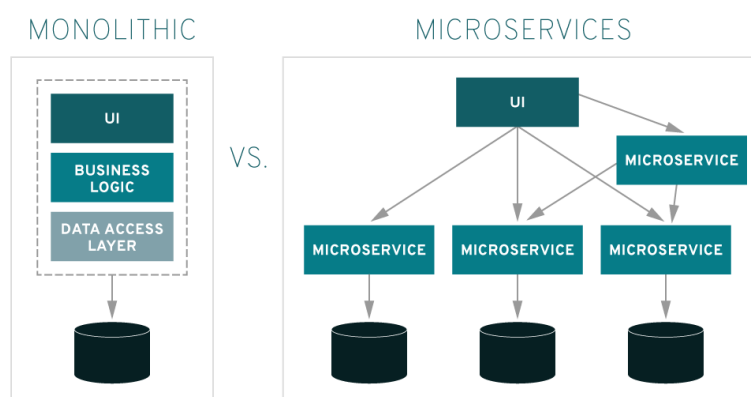


Abb. 2.2: 3-Schichten-Architektur vs. Microservice-Architektur [Red21]



## 2.2 Microservice-Architektur

Für die Neugestaltung des MES der Firma Enisco wird die Software auf einer verteilten Microservices-Architektur aufgebaut.

Die Kernelemente dieser Architektur sind die Microservices, welche der Modularisierung der Software dienen. Hierbei ist das unabhängige Deployment der Microservices eine wesentliche Eigenschaft. Die Möglichkeit Software modular aufzubauen, gibt es auch in monolithischen Architekturen. So helfen Ansätze, wie Klassen, Packages oder JARs in den Java-Umgebungen dafür eine Software in kleine Einheiten aufzuteilen und dadurch erweiterbar und wartbar zu machen. Das Problem ist jedoch, dass auch diese modularen Einheiten eine starke Abhängigkeit untereinander aufweisen und gemeinsam in einem Produktionsumfeld agieren müssen.

### 2.2.1 Kommunikation zwischen Microservices

Inhalt

### 2.2.2 Vorteile

Inhalt

### 2.2.3 Microservice - Antipattern

Inhalt

## 2.3 Volltextsuche in modernen Informationssystemen

Inhalt

### 2.3.1 Anwendungsfälle

Inhalt

### 2.3.2 Search Engines

Inhalt

# Kapitel 3

## 3 Umfang der Suchfunktionalität

Im folgenden Kapitel wird definiert, welchen Umfang die Suchfunktionalität in der zukünftigen MES-Lösung der Firma Enisco besitzen soll. Dabei wird sich am Produktumfang der bestehenden MES-Lösung E-MES orientiert. Hierzu wird näher betrachtet, welche Funktionalitäten und Anwendungsfälle von E-MES abgedeckt werden und in MCC übernommen werden.

### 3.1 Produktumfang von E-MES

### 3.2 SCADA

Bei SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) geht es um die Überwachung und Steuerung von automatisierten Fertigungen. Dabei werden Daten von Maschinen und Sensoren empfangen und somit deren Zustand überwacht. Sammelt man diese Daten, kann man eine zeitliche Statistik über die verschiedenen Maschinen und Sensoren anfertigen und so einen Stillstand der Anlage durch frühzeitige Erkennung von Unregelmäßigkeiten verhindern.

Aus SCADA-Sicht hat man zwei Möglichkeiten auf die Anlage zu schauen.

#### 3.2.1 Elektrische/Technische Sicht

Jene Sicht ist vor allem für die Mitarbeiter sinnvoll, welche direkt an den Maschinen arbeiten. Entweder bei der Steuerung der Maschinen oder deren Wartung. Hierbei ist jeder Maschine und jedem Sensor eine eindeutige anlageninterne Codierung zugeteilt.

Zum Beispiel => **T1C041:Visu.P11.1CI1.StatesAutomatic.Value**

Ein Mitarbeiter kann mithilfe der Codierung direkt heraus lesen, in welchem Bereich der Anlage beziehungsweise in welchem Schaltschrank und an welcher SPS die Maschine oder der Sensor angeschlossen ist. So fällt es dem Mitarbeiter leichter Fehler zu finden und die Anlage zu warten.

### 3.2.2 Asset Sicht

Eine Möglichkeit ist es die Anlage als Assets zu sehen. Hierbei kann der Begriff "Asset" von den einzelnen Maschinen und Sensoren bis hin zur kompletten Anlage reichen. Im Gegensatz zur elektrischen Sichtweise auf die Anlage, können Assets auch gruppiert werden. Es ist zum Beispiel nicht immer notwendig auf der Ebene der einzelnen Maschinen und Geräte zu interagieren. Die Notwendigkeit den Zustand von zum Beispiel einem hydraulischen Ventil zu erfassen ist im Falle der Wartungsdokumentation gerechtfertigt. Jedoch aus Sicht eines Mitarbeiters, der einen großen Teil der Anlage überwachen und steuern muss, ungeeignet.

So ist es hilfreich die Assets nach physikalischen Standorten zu gruppieren. So können zum Beispiel verschiedene Antriebsmotoren und Sensoren als Rollenbahn zusammengefasst werden und dem Mitarbeiter als ein zusammengefasstes Asset dargestellt werden. Die Gruppierungen in dem Sinne immer größer werden. So können mehrere Rollenbahnen Bestandteil einer Bearbeitungsstation sein. Und mehrere Bearbeitungsstationen können zu Anlagen-Bereichen gruppiert werden. Die dadurch entstandene Hierarchie von Assets kann den kompletten Aufbau der Produktionsanlage widerspiegeln.

Zwischen den Assets gibt es jedoch nicht nur die hierarchischen Beziehungen. So kann es sein, dass mehrere Geräte am selben Bedienfeld angeschlossen sind und darüber eine Beziehungen zueinander haben. Auch eine Gruppierung nach Schaltschränken für die Stromversorgung kann vorkommen. Eine weitere Beziehung zwischen den Assets sind die Materialflüsse, welche beschreiben, wie Produktionseinheiten durch die Produktionsanlage bewegt werden können. Es gibt demnach verschiedene Arten von Beziehungen zwischen Assets, welche auf physikalischen Verbindungen, wie Zusammensetzung oder Stromversorgung oder auf logischen Verbindungen, wie Materialflüssen beruhen können.

### 3.2.3 Suchumfang im SCADA-Umfeld

Im SCADA Bereich von E-MES lassen sich nun verschiedene Objekte herausfiltern, nach welchen mithilfe einer Suchfunktionalität gesucht werden kann.

Durch die hierarchische Aufteilung der Anlage in verschiedene Assets, ist eine Suche nach den Assets ein auftretender Use-Case und sollte durch die neue Suchfunktionalität abgedeckt werden. So kann ein Mitarbeiter zum Beispiel nach den Begriffen "Lackierbereich", "Trockenofen" oder "Rollenbahn" suchen und bekommt eine Auswahl an Funktionen angeboten, welche anhand der Assets ausgeführt werden können. Sollte demnach ein Asset mit der Bezeichnung "Rollenbahn" im System zu finden sein, sollen dem Mitarbeiter Funktionalitäten, wie die Anzeige von Fehlermeldungen (Alarming) und Auswertung von Prozesswerten (Trending) angeboten werden. Auch die Suche nach Schaltschränken oder Pultbereichen kann durch die hierarchische Asset Abbildung realisiert werden.

Neben der Verwendung der Assets kann auch nach den technischen beziehungsweise elektrischen Bezeichnungen der Maschinen und Sensoren gesucht werden. So kann ein Mitarbeiter, welcher lediglich die Codierungen zur Hilfe hat trotzdem nach zum Beispiel letzten Warnungen oder nach einer Auswertung der gemessenen Werte suchen. Auch eine Informationsgewinnung im Bezug zur Zugehörigkeit der Maschine oder des Sensors zu Anlagenbereichen, Pultbereichen oder Schaltschränken kann im Interesse eines Mitarbeiters sein, welcher lediglich eine Codierung einer Maschine oder eines Sensors zur Verfügung hat.

Im Grund kann man nach folgenden Objekten suchen:

- Maschinen/Sensoren (durch deren Codierung)
- Assets
- Pultbereiche
- Schaltschränke

### 3.3 PCS

Bei PCS (Process Control System) geht es um die Aufbereitung der Produktionsaufträge für die jeweilige Anlage. Hierfür können Mitarbeiter der Anlage neue Produktionsaufträge einspeisen, welche anschließend durch die Bereitstellung von Templates zu entsprechenden Arbeitsschritten umgeformt werden. Auch ist das Vordefinieren von sich ständig wiederholenden Arbeitsschritten möglich. Dabei wird festgelegt, wann, wo und welcher Arbeitsschritt mit welchem Bauteil und passendem Warenträger ausgeführt werden muss. Mithilfe solch einer Planung, kann eine Koordination der Arbeitsstationen mit den Aufträgen stattfinden und Stillstände einzelner Anlagenbereiche werden minimiert.

Ein weiterer Use-Case ist die Aufzeichnung von Produktionsdaten bezüglich den einzelnen Aufträgen. So kann beispielsweise vermerkt werden, wie Dick oder Lange eine Lackierung auf dem Werkstück XY appliziert wurde. Im Nachgang können dann, zu jedem Werkstück oder auch Arbeitsauftrag, sämtliche Produktionsdaten nachvollzogen werden.

#### 3.3.1 Suchumfang im PCS-Umfeld

Für eine Suchfunktionalität gibt es im PCS-Umfeld verschiedene Anwendungsfälle. Die Aufträge, welche von der Anlage abgearbeitet werden haben in der Regel eine eindeutige Identifikationsnummer. Wenn ein Mitarbeiter solch eine Identifikationsnummer in das Suchfeld eingibt, erwartet dieser eine Auflistung an Funktionen, welche ich auf den jeweiligen Produktionsauftrag anwenden kann. Zum Beispiel möchte ich einsehen können, welchen Status mein Auftrag gerade hat und welche Arbeitsschritte noch ausstehen.

Auch möchte man eventuell gezielt nach verschiedenen Warenträgern suchen, um herauszufinden, welche Aufträge mit dem Warenträger transportiert worden sind.

Im Grund kann man nach folgenden Objekten suchen:

- Bauteile
- Aufträge
- Warenträger
- Maschinen
- Arbeitsschritte

# **4** **Konzeption**

Kapitel 4

---

Inhalt

## **4.1 Konzeptionskriterien**

Inhalt

## **4.2 Auswahl einer Search Engine**

Inhalt

### **4.2.1 Apache Solr**

Inhalt

### **4.2.2 Elasticsearch**

Inhalt

### **4.2.3 Vergleich**

Inhalt

## **4.3 Datenaktualisierung zwischen Microservices und Search Engine**

Inhalt

## 4.4 Gesamtkonzept

Inhalt

# 5 Kapitel 5 Prototypische Umsetzung

---

Inhalt

## 5.1 Client

Inhalt

## 5.2 Search Service

Inhalt

## 5.3 Anbindung an Apache Kafka

Inhalt



# 6

Kapitel 6

---

## Fazit und Ausblick

Inhalt

# Literaturverzeichnis

- [BCK13] BASS, Len ; CLEMENTS, Paul ; KAZMAN, Rick: *Software architecture in practice*. Third edition, fifth printing. Upper Saddle River, NJ : Addison-Wesley, 2013 (SEI series in software engineering). – ISBN 9780132942775
- [Eni21] ENISCO BY FORCAM GMBH ; ENISCO BY FORCAM GMBH (Hrsg.): *Homepage: Das Produktionsleitsystem E-MES*. <https://enisco.com/>. 2021
- [Ope21] OPEN INDUSTRY 4.0 ALLIANCE ; OPEN INDUSTRY 4.0 ALLIANCE (Hrsg.): *Über Uns*. <https://openindustry4.com/de/About-Us.html>. 2021
- [Red21] RED HAT LIMITED ; RED HAT LIMITED (Hrsg.): *Was sind Microservices?* <https://www.redhat.com/de/topics/microservices/what-are-microservices>. 2021
- [Vog09] VOGEL, Oliver: *Software-Architektur: Grundlagen - Konzepte - Praxis*. 2. Aufl. Heidelberg : Spektrum Akad. Verl., 2009 [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3123606&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3123606&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm). – ISBN 978-3-8274-1933-0