



VERY LARGE  
BUSINESS APPLICATIONS  
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

# **Cloud Computing, Internet of Things, Industrie 4.0, Predictive Maintenance, SCADA, SAP HANA**

Masterarbeit

Themensteller: Prof. Dr.-Ing. Jorge Marx Gómez  
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Hergen Pargmann

Vorgelegt von: Nils Lutz  
Erlenweg 5  
26129 Oldenburg  
+49 173 25 28 407  
nils.lutz@uni-oldenburg.de

Abgabetermin: 30. April 2017

# Inhaltsverzeichnis

<b>Glossar</b>	<b>V</b>
<b>Symbolverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Problemstellung . . . . .	1
1.2. Lösungsansatz . . . . .	1
1.3. Aufbau der Arbeit . . . . .	1
<b>2. Predictive Analysis</b>	<b>2</b>
2.1. Einführung . . . . .	2
2.2. Machine Learning . . . . .	2
2.2.1. Supervised Learning . . . . .	2
2.2.2. Unsupervised Learning . . . . .	2
2.3. Algorithmen im Kontext von Predictive Analysis . . . . .	2
2.3.1. Regression . . . . .	2
2.3.2. Decision Tree . . . . .	2
2.3.3. Bayesian . . . . .	2
2.3.4. Clustering . . . . .	2
2.3.5. Association Rule . . . . .	2
2.3.6. Artificial Neural Network . . . . .	3
2.3.7. Deep Learning . . . . .	3
2.4. In-Memory Datenbanken . . . . .	3
2.4.1. Definition . . . . .	3
2.4.2. Vor- und Nachteile . . . . .	3
2.5. Vergleich der verschiedenen Lösungen . . . . .	3
2.5.1. IBM AG . . . . .	3
2.5.2. SAS AG . . . . .	3
2.5.3. Oracle Inc. . . . .	3
2.5.4. SAP SE . . . . .	3
2.6. Predictive Analysis der SAP SE . . . . .	3
2.6.1. Outlier Analysis . . . . .	3
2.6.2. Association Analysis . . . . .	3
2.6.3. Cluster Analysis . . . . .	4
2.6.4. Classification Analysis . . . . .	4
2.6.5. Time Series Analysis . . . . .	4

2.6.6. Text Analysis and Text Mining . . . . .	4
<b>3. Industrie 4.0</b>	<b>5</b>
3.1. Definition . . . . .	5
3.2. Zentrale Paradigma . . . . .	6
3.2.1. Vertikale und horizontale Integration . . . . .	6
3.2.2. Dezentrale Intelligenz . . . . .	6
3.2.3. Dezentrale Steuerung . . . . .	6
3.2.4. Durchgängiges digitales Engineering . . . . .	6
3.2.5. Cyber-physisches Produktionssystem . . . . .	6
3.3. Internet of Things . . . . .	6
3.3.1. Device Management . . . . .	6
3.3.2. Sicherheit . . . . .	6
3.3.3. Schnittstellen . . . . .	6
3.3.4. Protokolle . . . . .	6
<b>4. Instandhaltung von Windenergieanlagen</b>	<b>8</b>
4.1. Instandhaltung Allgemein . . . . .	8
4.1.1. to be filled . . . . .	8
4.1.2. to be filled . . . . .	8
4.2. Komponenten einer Windenergieanlage . . . . .	8
4.2.1. Fundament . . . . .	8
4.2.2. Segmente . . . . .	8
4.2.3. Gondel . . . . .	8
4.2.4. Generator . . . . .	8
4.2.5. Blades . . . . .	8
4.2.6. SCADA-System . . . . .	8
4.3. Kennzahlen für Windenergieanlagen zur Instandhaltung . . . . .	8
4.4. Standardprozesse im SAP . . . . .	9
4.4.1. Geplante Instandsetzung . . . . .	9
4.4.2. Sofortinstandsetzung . . . . .	9
4.4.3. Vorbeugende Instandsetzung . . . . .	9
4.4.4. Zustandsabhängige Instandhaltung . . . . .	9
4.4.5. Projektorientierte Instandhaltung . . . . .	9
<b>5. Proof-of-Concept</b>	<b>10</b>
5.1. Vorteile durch Predictive Analysis in der Instandhaltung von Wind- energieanlagen . . . . .	10
5.1.1. Vorteil 1 . . . . .	10
5.1.2. Vorteil 2 . . . . .	10
5.1.3. Vorteil 3 . . . . .	10

---

5.2. Veränderung des Instandhaltungsprozess durch Einsatz von Predicti-	
ve Analysis . . . . .	10
5.2.1. Alter Prozess . . . . .	10
5.2.2. Neuer Prozess . . . . .	10
5.2.3. Transition Alter Prozess zu Neuer Prozess . . . . .	10
5.3. System Architektur . . . . .	10
5.3.1. IoT Devices . . . . .	10
5.3.2. Cloud Plattform . . . . .	10
5.3.3. In-Memory Database . . . . .	10
5.4. Prototypische Implementierung des Prozesses . . . . .	10
5.4.1. Requirements Engineering . . . . .	10
5.4.2. Use-Cases . . . . .	11
5.4.3. API Endpoint . . . . .	11
5.4.4. Dashboard Application . . . . .	11
5.5. Empirische Aussagen . . . . .	11
<b>6. Fazit</b>	<b>12</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>V</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>VI</b>

## **Glossar**

## **Symbolverzeichnis**

## **Abbildungsverzeichnis**

## **Tabellenverzeichnis**

# **1. Einleitung**

Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwahrlosten Taxi quer durch Bayern. Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter

## **1.1. Problemstellung**

Welche Algorithmen und Analyse Methoden sind im konkreten Fall bei SCADA-Daten von Windenergieanlagen sinnvoll und liefern aussagekräftige Ergebnisse die zur vorausschauenden Instandhaltung genutzt werden können.

## **1.2. Lösungsansatz**

Aufbau eines PoC und testen der Algorithmen damit.

## **1.3. Aufbau der Arbeit**

Wie ist die Arbeit strukturiert. Erst Industrie 4.0, dann Instandhaltung, dann Predictive Analysis, dann PoC und zuletzt das Fazit

## **2. Predictive Analysis**

### **2.1. Einführung**

### **2.2. Machine Learning**

#### **2.2.1. Supervised Learning**

#### **2.2.2. Unsupervised Learning**

### **2.3. Algorithmen im Kontext von Predictive Analysis**

#### **2.3.1. Regression**

<https://de.wikipedia.org/wiki/Regressionsanalyse>

#### **2.3.2. Decision Tree**

[https://en.wikipedia.org/wiki/Decision\\_tree\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Decision_tree_learning)

#### **2.3.3. Bayesian**

[https://de.wikipedia.org/wiki/Bayessches\\_Filter](https://de.wikipedia.org/wiki/Bayessches_Filter)

#### **2.3.4. Clustering**

<https://de.wikipedia.org/wiki/Clusteranalyse>

#### **2.3.5. Association Rule**

<https://de.wikipedia.org/wiki/Assoziationsanalyse>



### **2.3.6. Artificial Neural Network**

[https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstliches\\_neuronales\\_Netz](https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstliches_neuronales_Netz)

### **2.3.7. Deep Learning**

[https://de.wikipedia.org/wiki/Deep\\_Learning](https://de.wikipedia.org/wiki/Deep_Learning)

## **2.4. In-Memory Datenbanken**

### **2.4.1. Definition**

### **2.4.2. Vor- und Nachteile**

## **2.5. Vergleich der verschiedenen Lösungen**

ba-st-forrester-big-data-predictive-analytics-solutions PDF  
Gartner MQ

### **2.5.1. IBM AG**

### **2.5.2. SAS AG**

### **2.5.3. Oracle Inc.**

### **2.5.4. SAP SE**

## **2.6. Predictive Analysis der SAP SE**

### **2.6.1. Outlier Analysis**

**K Nearest Neighbor**

### **2.6.2. Association Analysis**

**Apriori Association**

### **2.6.3. Cluster Analysis**

**K-Means**

### **2.6.4. Classification Analysis**

**Linear Regression**

### **2.6.5. Time Series Analysis**

### **2.6.6. Text Analysis and Text Mining**

## 3. Industrie 4.0

Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwahrlosten Taxi quer durch Bayern. Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter

### 3.1. Definition

Scheer PDF

Bosch PDF

BMWi PDF

Cyber-physische Systeme

**Historische Betrachtung** fraunhofer PDF

Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0, Struktur und Historie

4. industrielle Revolution

**Standards** Industrie 4.0 im internationalen Kontext, Referenzarchitekturmodell

## **3.2. Zentrale Paradigma**

### **3.2.1. Vertikale und horizontale Integration**

### **3.2.2. Dezentrale Intelligenz**

### **3.2.3. Dezentrale Steuerung**

### **3.2.4. Durchgängiges digitales Engineering**

### **3.2.5. Cyber-physisches Produktionssystem**

## **3.3. Internet of Things**

### **3.3.1. Device Management**

**Device Types**

**Message Types**

**Devices** Health Monitoring

### **3.3.2. Sicherheit**

**Device Authentication**

**Connection Security**

### **3.3.3. Schnittstellen**

**Devices**

**Client Software**

### **3.3.4. Protokolle**

**MQTT**

**HTTP**

**CoAP**

**XMPP**

## **4. Instandhaltung von Windenergieanlagen**

### **4.1. Instandhaltung Allgemein**

4.1.1. to be filled

4.1.2. to be filled

### **4.2. Komponenten einer Windenergieanlage**

4.2.1. Fundament

4.2.2. Segmente

4.2.3. Gondel

4.2.4. Generator

4.2.5. Blades

4.2.6. SCADA-System

### **4.3. Kennzahlen für Windenergieanlagen zur Instandhaltung**

KPI 1

KPI 2

KPI 3

KPI 4

## **4.4. Standardprozesse im SAP**

### **4.4.1. Geplante Instandsetzung**

### **4.4.2. Sofortinstandsetzung**

### **4.4.3. Vorbeugende Instandsetzung**

### **4.4.4. Zustandsabhängige Instandhaltung**

### **4.4.5. Projektorientierte Instandhaltung**

## **5. Proof-of-Concept**

Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwahrlosten Taxi quer durch Bayern. Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter

### **5.1. Vorteile durch Predictive Analysis in der Instandhaltung von Windenergieanlagen**

#### **5.1.1. Vorteil 1**

#### **5.1.2. Vorteil 2**

#### **5.1.3. Vorteil 3**

### **5.2. Veränderung des Instandhaltungsprozess durch Einsatz von Predictive Analysis**

#### **5.2.1. Alter Prozess**

#### **5.2.2. Neuer Prozess**

#### **5.2.3. Transition Alter Prozess zu Neuer Prozess**

### **5.3. System Architektur**

#### **5.3.1. IoT Devices**

#### **5.3.2. Cloud Plattform**

#### **5.3.3. In-Memory Database**

### **5.4. Prototypische Implementierung des Prozesses**

#### **5.4.1. Requirements Engineering**

**Persistence Model** Datenbank Modell in 3NF



**Consumption Model** OData Modell mit logischen Entitäten, wobei eine Entität aus mehreren Datenbank Tabellen aufgebaut sein kann

**Geschäftslogik**

**Algorithmen-Auswahl & Parametrisierung**

**5.4.2. Use-Cases**

**5.4.3. API Endpoint**

**5.4.4. Dashboard Application**

**5.5. Empirische Aussagen**

## 6. Fazit

Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwehrlosten Taxi quer durch Bayern. Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter Deich. Vogel Quax zwickt Johnys Pferd Bim. Sylvia wagt quick den Jux bei Pforzheim. Polyfon zwitschernd aßen Mäxchens Vögel Rüben, Joghurt und Quark.

„Fix, Schwyz!“ quäkt Jürgen blöd vom Paß. Victor jagt zwölf Boxkämpfer quer über den großen Sylter Deich. Falsches Üben von Xylophonmusik quält jeden größeren Zwerg. Heizölrückstoßabdämpfung. Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwehrlosten Taxi quer durch Bayern.

Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter Deich. Vogel Quax zwickt Johnys Pferd Bim. Sylvia wagt quick den Jux bei Pforzheim. Polyfon zwitschernd aßen Mäxchens Vögel Rüben, Joghurt und Quark. „Fix, Schwyz!“ quäkt Jürgen blöd vom Paß. Victor jagt zwölf Boxkämpfer quer über den großen Sylter Deich.

Falsches Üben von Xylophonmusik quält jeden größeren Zwerg. Heizölrückstoßabdämpfung. Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwehrlosten Taxi quer durch Bayern. Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter Deich. Vogel Quax zwickt Johnys Pferd Bim. Sylvia wagt quick den Jux bei Pforzheim.

Polyfon zwitschernd aßen Mäxchens Vögel Rüben, Joghurt und Quark. „Fix, Schwyz!“ quäkt Jürgen blöd vom Paß. Victor jagt zwölf Boxkämpfer quer über den großen Sylter Deich. Falsches Üben von Xylophonmusik quält jeden größeren Zwerg. Heizölrückstoßabdämpfung. Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwehrlosten Taxi quer durch Bayern. Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter Deich. Vogel Quax zwickt Johnys Pferd Bim. Sylvia wagt quick den Jux bei Pforzheim. Polyfon zwitschernd aßen Mäxchens Vögel Rüben, Joghurt und Quark. „Fix, Schwyz!“ quäkt Jürgen blöd vom Paß. Vic-

tor jagt zwölf

Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwehrlosten Taxi quer durch Bayern. Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter Deich. Vogel Quax zwickt Johnys Pferd Bim. Sylvia wagt quick den Jux bei Pforzheim. Polyfon zwitschernd aßen Mäxchens Vögel Rüben, Joghurt und Quark.

„Fix, Schwyz“ quäkt Jürgen blöd vom Paß. Victor jagt zwölf Boxkämpfer quer über den großen Sylter Deich. Falsches Üben von Xylophonmusik quält jeden größeren Zwerg. Heizölrückstoßabdämpfung. Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwehrlosten Taxi quer durch Bayern.

Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter Deich. Vogel Quax zwickt Johnys Pferd Bim. Sylvia wagt quick den Jux bei Pforzheim. Polyfon zwitschernd aßen Mäxchens Vögel Rüben, Joghurt und Quark. „Fix, Schwyz“ quäkt Jürgen blöd vom Paß. Victor jagt zwölf Boxkämpfer quer über den großen Sylter Deich.

Falsches Üben von Xylophonmusik quält jeden größeren Zwerg. Heizölrückstoßabdämpfung. Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwehrlosten Taxi quer durch Bayern. Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter Deich. Vogel Quax zwickt Johnys Pferd Bim. Sylvia wagt quick den Jux bei Pforzheim.

Polyfon zwitschernd aßen Mäxchens Vögel Rüben, Joghurt und Quark. „Fix, Schwyz“ quäkt Jürgen blöd vom Paß. Victor jagt zwölf Boxkämpfer quer über den großen Sylter Deich. Falsches Üben von Xylophonmusik quält jeden größeren Zwerg. Heizölrückstoßabdämpfung. Zwei flinke Boxer jagen die quirlige Eva und ihren Mops durch Sylt. Franz jagt im komplett verwehrlosten Taxi quer durch Bayern. Zwölf Boxkämpfer jagen Viktor quer über den großen Sylter Deich. Vogel Quax zwickt Johnys Pferd Bim. Sylvia wagt quick den Jux bei Pforzheim. Polyfon zwitschernd aßen Mäxchens Vögel Rüben, Joghurt und Quark. „Fix, Schwyz“ quäkt Jürgen blöd vom Paß. Victor jagt zwölf

## A. Anhang

Weitere Informationen werden im Anhang abgedruckt (z. B. Listings).

```
10 PRINT "Sales and Distribution"  
20 GOTO 10
```

Das Literaturverzeichnis ist Bestandteil jeder wissenschaftlichen Arbeit. Präzise und aussagekräftige Angaben erleichtern die Recherche für spätere Leser. Die Verwendung von Zitaten oder Ideen aus anderen Arbeiten oder aus sonstigen Quellen ohne deutlichen Hinweis auf deren Ursprung stellt eines der schwersten akademischen Vergehen dar. Eine wissenschaftliche Arbeit, in der dieser Fehler wiederholt gemacht wird, wird zu Recht als Plagiat bezeichnet.

## **Literatur**

## **Abschließende Erklärung**

Ich versichere hiermit, dass ich meine Masterarbeit ...(Titel der Arbeit)... selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe, und dass ich alle von anderen Autoren wörtlich übernommenen Stellen wie auch die sich an die Gedankengänge anderer Autoren eng anlegenden Ausführungen meiner Arbeit besonders gekennzeichnet und die Quellen zitiert habe.

Oldenburg, den 13. März 2017

Nils Lutz