



VERY LARGE  
BUSINESS APPLICATIONS  
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

# Potentiale für den Einsatz von Blockchain Technologie in der Energiewirtschaft

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. Motivation . . . . .	1
1.2. Problemstellung . . . . .	1
1.3. Lösungsansatz . . . . .	2
1.4. Struktur . . . . .	2
<b>2. Blockchain</b>	<b>3</b>
2.1. Definition . . . . .	3
2.2. Arten von DLT . . . . .	3
2.2.1. Blockchain . . . . .	3
2.2.2. Tangle . . . . .	3
2.2.3. Hash Graph . . . . .	3
2.2.4. Public . . . . .	3
2.2.5. Private . . . . .	3
2.2.6. Consortium . . . . .	3
2.3. Abgrenzung Kryptowährungen . . . . .	3
2.4. Technologischer Hintergrund . . . . .	3
2.4.1. Sicherheit . . . . .	3
2.4.2. Consensus Algorithmus . . . . .	3
2.4.3. Peer-to-Peer Netzwerke . . . . .	4
2.4.4. Distributed Computing . . . . .	4
2.5. Vorhandene Distributed Ledger . . . . .	4
2.5.1. Bitcoin . . . . .	4
2.5.2. Ethereum . . . . .	4
2.5.3. IOTA . . . . .	4
2.5.4. Ripple . . . . .	4
2.5.5. IBM Bluemix . . . . .	4
2.5.6. Microsoft Azure . . . . .	4
2.5.7. Hyperledger Fabric . . . . .	4

<b>3. Energiewirtschaft</b>	<b>5</b>
3.1. Energieträger . . . . .	5
3.1.1. Konventionelle . . . . .	5
3.1.2. Erneuerbare . . . . .	5
3.2. Energiemarkt . . . . .	5
3.2.1. Erzeuger . . . . .	5
3.2.2. Konsumenten . . . . .	5
3.2.3. Handel in Europa . . . . .	5
3.2.4. Deutschland . . . . .	6
3.3. Wandel der Energiewirtschaft . . . . .	6
3.3.1. Rechtliche Situation . . . . .	6
3.3.2. Infrastruktur . . . . .	6
3.3.3. Energiemix . . . . .	6
3.3.4. Smart Grids und Smart Cities . . . . .	6
3.4. Geschäftsmodelle . . . . .	6
3.4.1. B2B . . . . .	6
3.4.2. B2C . . . . .	6
3.4.3. M2M . . . . .	6
<b>4. Anwendungsgebiete für DLT in der Energiewirtschaft</b>	<b>7</b>
4.1. Methoden zur Ermittlung der Anwendungsgebiete . . . . .	7
4.1.1. SWOT-Analyse der Technologie . . . . .	7
4.1.2. Entscheidungsbaum . . . . .	7
4.2. Kriterien . . . . .	7
4.2.1. Transaktional . . . . .	7
4.2.2. Geschwindigkeit . . . . .	7
4.2.3. Transparenz . . . . .	7
4.2.4. Vertrauen . . . . .	7
4.2.5. Unveränderlichkeit . . . . .	7
4.2.6. Geschäftsregeln . . . . .	7
4.3. Mehrwerte durch Distributed Ledger Technology . . . . .	7
4.3.1. Transaktionskosten . . . . .	7
4.3.2. Transaktionsgeschwindigkeit . . . . .	7
4.3.3. Datenverfügbarkeit . . . . .	7
4.3.4. Innovationskraft . . . . .	7
4.4. Auswahl Geschäftsprozesse der Energiewirtschaft . . . . .	7
4.4.1. Virtuelles Kraftwerk . . . . .	7
4.4.2. Verwaltungsgesellschaft . . . . .	7
4.4.3. Energiehandel . . . . .	7

---

<b>5. Proof of Concept</b>	<b>8</b>
5.1. Anforderungen DLT und Energiewirtschaft . . . . .	8
5.1.1. Data Flow . . . . .	8
5.1.2. UI und UX . . . . .	8
5.2. System Architektur . . . . .	8
5.2.1. Business Network . . . . .	8
5.2.2. Sicherheit . . . . .	8
5.2.3. Cloud Ressourcen . . . . .	8
5.3. Entwicklung . . . . .	8
5.3.1. Tools . . . . .	8
5.3.2. Algorithmen . . . . .	8
5.4. Evaluation . . . . .	8
<b>6. Abstraktion</b>	<b>9</b>
<b>7. Fazit</b>	<b>10</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>V</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>VI</b>

## **Glossar**

## **Symbolverzeichnis**

## **Abbildungsverzeichnis**

## **Tabellenverzeichnis**

## 1. Einleitung

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

### 1.1. Motivation

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

### 1.2. Problemstellung

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem

ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

### **1.3. Lösungsansatz**

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

### **1.4. Struktur**

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.



## **2. Blockchain**

### **2.1. Definition**

### **2.2. Arten von DLT**

#### **2.2.1. Blockchain**

#### **2.2.2. Tangle**

#### **2.2.3. Hash Graph**

#### **2.2.4. Public**

#### **2.2.5. Private**

#### **2.2.6. Consortium**

### **2.3. Abgrenzung Kryptowährungen**

### **2.4. Technologischer Hintergrund**

#### **2.4.1. Sicherheit**

**Public-Key Authorization**

**Hashing Algorithmus**

#### **2.4.2. Consensus Algorithmus**

**Proof-of-Work**

**Proof-of-Stake**

**Delegated Proof-of-Stake**

**2.4.3. Peer-to-Peer Netzwerke**

**2.4.4. Distributed Computing**

**2.5. Vorhandene Distributed Ledger**

**2.5.1. Bitcoin**

**2.5.2. Ethereum**

**2.5.3. IOTA**

**2.5.4. Ripple**

**2.5.5. IBM Bluemix**

**2.5.6. Microsoft Azure**

**2.5.7. Hyperledger Fabric**

## **3. Energiewirtschaft**

### **3.1. Energieträger**

#### **3.1.1. Konventionelle**

**Erdöl**

**Kohle**

**Erdgas**

**Kernbrennstoff**

#### **3.1.2. Erneuerbare**

**Wasser**

**Sonne**

**Wind**

**Biomasse**

### **3.2. Energiemarkt**

#### **3.2.1. Erzeuger**

#### **3.2.2. Konsumenten**

#### **3.2.3. Handel in Europa**

**Börse**

**OTC Handel**

**3.2.4. Deutschland**

**3.3. Wandel der Energiewirtschaft**

**3.3.1. Rechtliche Situation**

**3.3.2. Infrastruktur**

**3.3.3. Energiemix**

**3.3.4. Smart Grids und Smart Cities**

**3.4. Geschäftsmodelle**

**3.4.1. B2B**

**3.4.2. B2C**

**3.4.3. M2M**

## **4. Anwendungsgebiete für DLT in der Energiewirtschaft**

### **4.1. Methoden zur Ermittlung der Anwendungsgebiete**

#### **4.1.1. SWOT-Analyse der Technologie**

#### **4.1.2. Entscheidungsbaum**

### **4.2. Kriterien**

#### **4.2.1. Transaktional**

#### **4.2.2. Geschwindigkeit**

#### **4.2.3. Transparenz**

#### **4.2.4. Vertrauen**

#### **4.2.5. Unveränderlichkeit**

#### **4.2.6. Geschäftsregeln**

### **4.3. Mehrwerte durch Distributed Ledger Technology**

#### **4.3.1. Transaktionskosten**

#### **4.3.2. Transaktionsgeschwindigkeit**

#### **4.3.3. Datenverfügbarkeit**

#### **4.3.4. Innovationskraft**

### **4.4. Auswahl Geschäftsprozesse der Energiewirtschaft**

#### **4.4.1. Virtuelles Kraftwerk**

#### **4.4.2. Verwaltungsgesellschaft**

#### **4.4.3. Energiehandel**

## **5. Proof of Concept**

### **5.1. Anforderungen DLT und Energiewirtschaft**

#### **5.1.1. Data Flow**

#### **5.1.2. UI und UX**

### **5.2. System Architektur**

#### **5.2.1. Business Network**

#### **5.2.2. Sicherheit**

#### **5.2.3. Cloud Ressourcen**

### **5.3. Entwicklung**

#### **5.3.1. Tools**

#### **5.3.2. Algorithmen**

### **5.4. Evaluation**

## 6. Abstraktion

## 7. 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
```

## **Literatur**

## **Abschließende Erklärung**

Ich versichere hiermit, dass ich meine Masterarbeit 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 25. Juni 2018

Nils Lutz