



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

Glossar	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VI
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Problemstellung	1
1.3. Lösungsansatz	2
1.4. Struktur	2
2. Blockchain	3
2.1. Definition	3
2.2. Arten von Distributed Ledger Technology	4
2.2.1. Blockchain	4
2.2.2. Tangle	5
2.2.3. Hash Graph	5
2.2.4. Public	5
2.2.5. Private	5
2.2.6. Consortium	5
2.3. Abgrenzung Kryptowährungen	5
2.4. Technologischer Hintergrund	5
2.4.1. Sicherheit	5
2.4.2. Consensus Algorithmus	6
2.4.3. Peer-to-Peer Netzwerke	8
2.4.4. Distributed Computing	8
2.5. Vorhandene Distributed Ledger	8
2.5.1. Bitcoin	8
2.5.2. Ethereum	8
2.5.3. IOTA	8
2.5.4. Ripple	8
2.5.5. IBM Bluemix	8
2.5.6. Microsoft Azure	8
2.5.7. Hyperledger Fabric	8
3. Energiewirtschaft	9
3.1. Energieträger	9
3.1.1. Konventionelle	9
3.1.2. Erneuerbare	10

3.2. Energiemarkt	11
3.2.1. Erzeuger	11
3.2.2. Konsumenten	11
3.2.3. Handel in Europa	11
3.2.4. Deutschland	11
3.3. Wandel der Energiewirtschaft	11
3.3.1. Rechtliche Situation	11
3.3.2. Infrastruktur	11
3.3.3. Energiemix	11
3.3.4. Smart Grids und Smart Cities	11
3.4. Geschäftsmodelle	11
3.4.1. B2B	11
3.4.2. B2C	11
3.4.3. M2M	11
4. Anwendungsgebiete für DLT in der Energiewirtschaft	13
4.1. Methoden zur Ermittlung der Anwendungsgebiete	13
4.1.1. SWOT-Analyse der Technologie	13
4.1.2. Entscheidungsbaum	13
4.2. Kriterien	13
4.2.1. Transaktional	13
4.2.2. Geschwindigkeit	13
4.2.3. Transparenz	13
4.2.4. Vertrauen	13
4.2.5. Unveränderlichkeit	13
4.2.6. Geschäftsregeln	13
4.3. Mehrwerte durch Distributed Ledger Technology	13
4.3.1. Transaktionskosten	13
4.3.2. Transaktionsgeschwindigkeit	13
4.3.3. Datenverfügbarkeit	13
4.3.4. Innovationskraft	13
4.4. Auswahl Geschäftsprozesse der Energiewirtschaft	13
4.4.1. Virtuelles Kraftwerk	13
4.4.2. Verwaltungsgesellschaft	13
4.4.3. Energiehandel	13
5. Proof of Concept	14
5.1. Anforderungen DLT und Energiewirtschaft	14
5.1.1. Data Flow	14
5.1.2. UI und UX	14

5.2. System Architektur	14
5.2.1. Business Network	14
5.2.2. Sicherheit	14
5.2.3. Cloud Ressourcen	14
5.3. Entwicklung	14
5.3.1. Tools	14
5.3.2. Algorithmen	14
5.4. Evaluation	14
6. Abstraktion	15
7. Fazit	16
A. Anhang	VII
Literaturverzeichnis	VIII

Glossar

DLT Distributed Ledger Technology	3
--	---

Abbildungsverzeichnis

1.	Placeholder Half Page	4
2.	Placeholder Half Page	5
3.	Placeholder Half Page	6
4.	Placeholder Half Page	7
5.	Placeholder Half Page	8
6.	Placeholder Half Page	9
7.	Placeholder Half Page	10
8.	Placeholder Half Page	12

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

In diesem Grundlagen Kapitel soll ein Verständnis für die unterschiedlichen Begriffe und Verfahren der Blockchain Technologie etabliert werden. Beginnend mit einer allgemeinen Definition des Begriffs Blockchain, werden die verschiedenen Arten von Distributed Ledger Technology (DLT) im Detail betrachtet und definiert. Eine Abgrenzung zu Kryptowährungen soll zeigen, dass Blockchain nicht gleich Kryptowährungen bedeutet. In Kapitel 2.4 wird der technologische Hintergrund erörtert und abschließend soll eine Auflistung der vorhandenen DLT die aktuelle Herstellerlandschaft zeigen.

2.1. Definition

Unter dem Begriff Blockchain wird eine Technologie verstanden, die eine erweiterbare Liste von Datensätzen bildet. Jeder Eintrag in dieser Liste wird Block genannt und ist durch kryptographische Methoden untereinander verkettet. Als Inhalt besitzt jeder Block einen kryptographischen Hashwert des vorhergehenden Blocks, sowie einen Zeitstempel und die eigentlichen Daten.[Nar16, Vgl.]

Technisch ist eine Blockchain also eine Art dezentrale Datenbank. Das Netzwerk aus Teilnehmern der Blockchain entscheidet im Konsens welcher Block (Datensatz) valide ist und der Gesamtmenge an Blöcken (Datenbank) angehängen wird. Zur Konsensbildung werden spezielle Algorithmen verwendet, um einen sog. byzantinischen Fehler zu verhindern. Durch die Vielzahl der Teilnehmer kann das mögliche Fehlermodell bei der Konsensbildung sehr komplex und schwer zu erfassen sein. Darauf beziehen sich byzantinische Fehler und die vorhandenen Lösungsansätze.

Der Oberbegriff Distributed Ledger Technology (DLT) wird in diesem Kontext gleichermaßen Synonym verwendet. Jedoch muss nicht zwingend jedes „Distributed Ledger“ eine Blockchain als technische Grundlage verwenden. Viele unterschiedliche Ansätze werden aktuell in der Forschung und freien Marktwirtschaft erprobt und auf ihre Eigenschaften hin untersucht.

Das hohe Maß an Sicherheit, welches mit dem Begriff Blockchain assoziiert wird, wird durch die Signierung der Blöcke und Transaktionen mit dem Public-Key-Verfahren garantiert. Auf dieses kryptographische Verfahren wird in Kapitel 2.4.1

näher eingegangen.[Mit18, Vgl.]

2.2. Arten von Distributed Ledger Technology

2.2.1. Blockchain



Abbildung 1: Placeholder Half Page

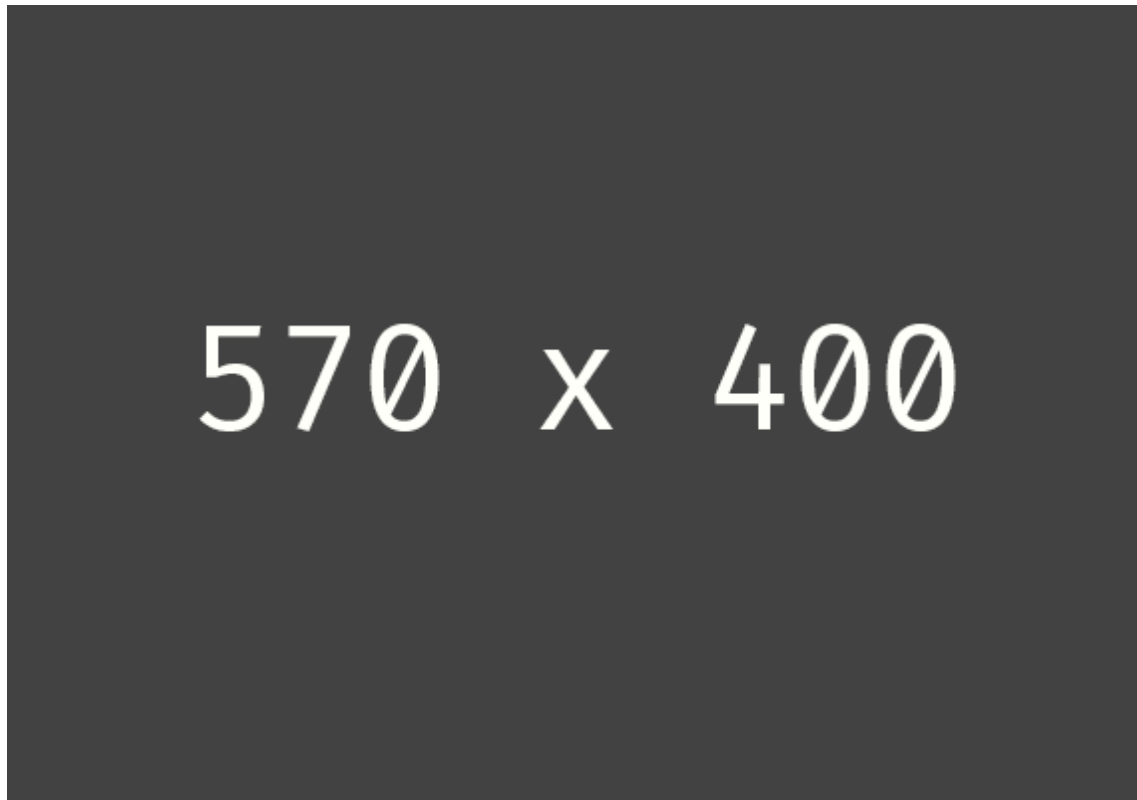


Abbildung 2: Placeholder Half Page

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

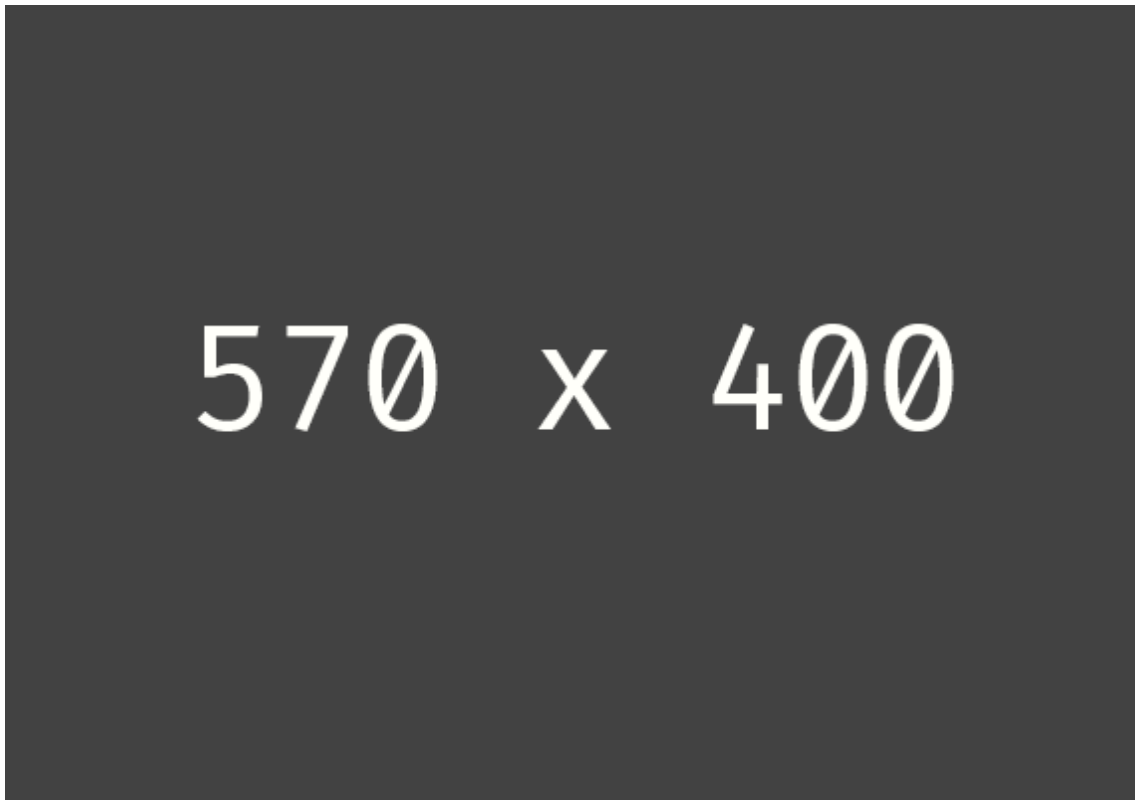


Abbildung 3: Placeholder Half Page

Hashing Algorithmus

2.4.2. Consensus Algorithmus

Proof-of-Work

Proof-of-Stake

Delegated Proof-of-Stake



570 x 400

Abbildung 4: Placeholder Half Page

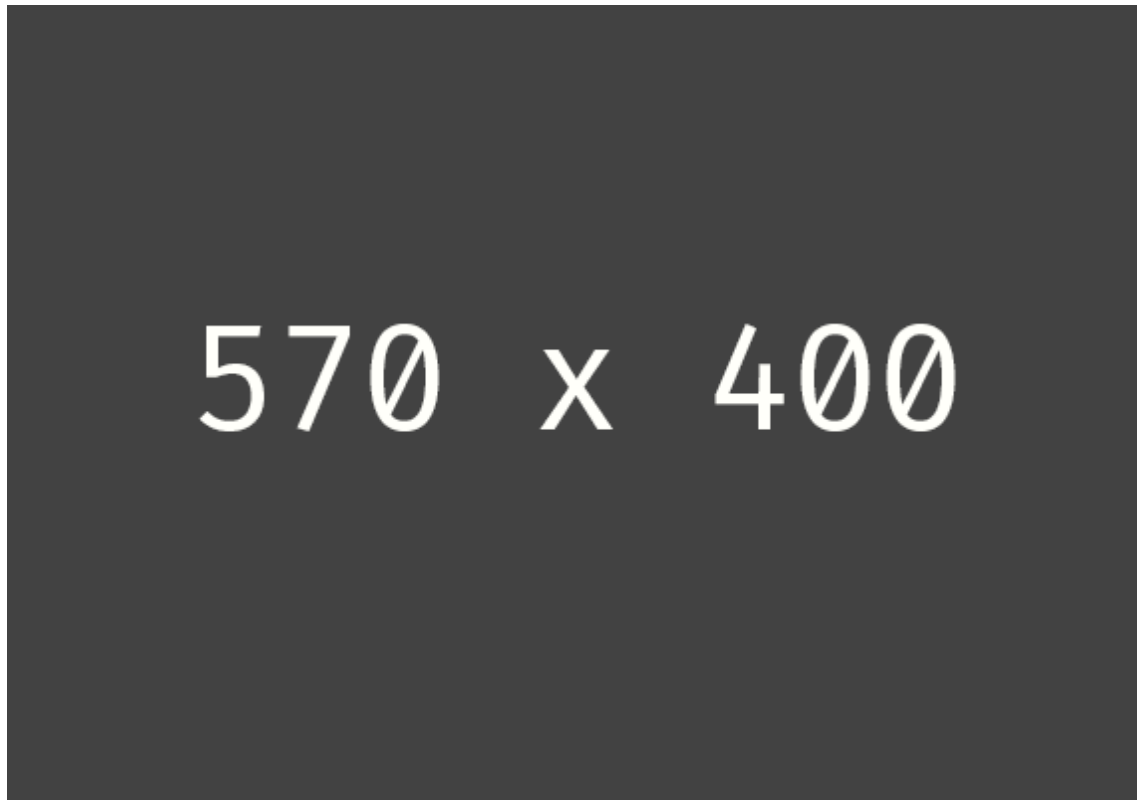


Abbildung 5: Placeholder Half Page

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



Abbildung 6: Placeholder Half Page

3. Energiewirtschaft

3.1. Energieträger

3.1.1. Konventionelle

Erdöl

Kohle

Erdgas

Kernbrennstoff

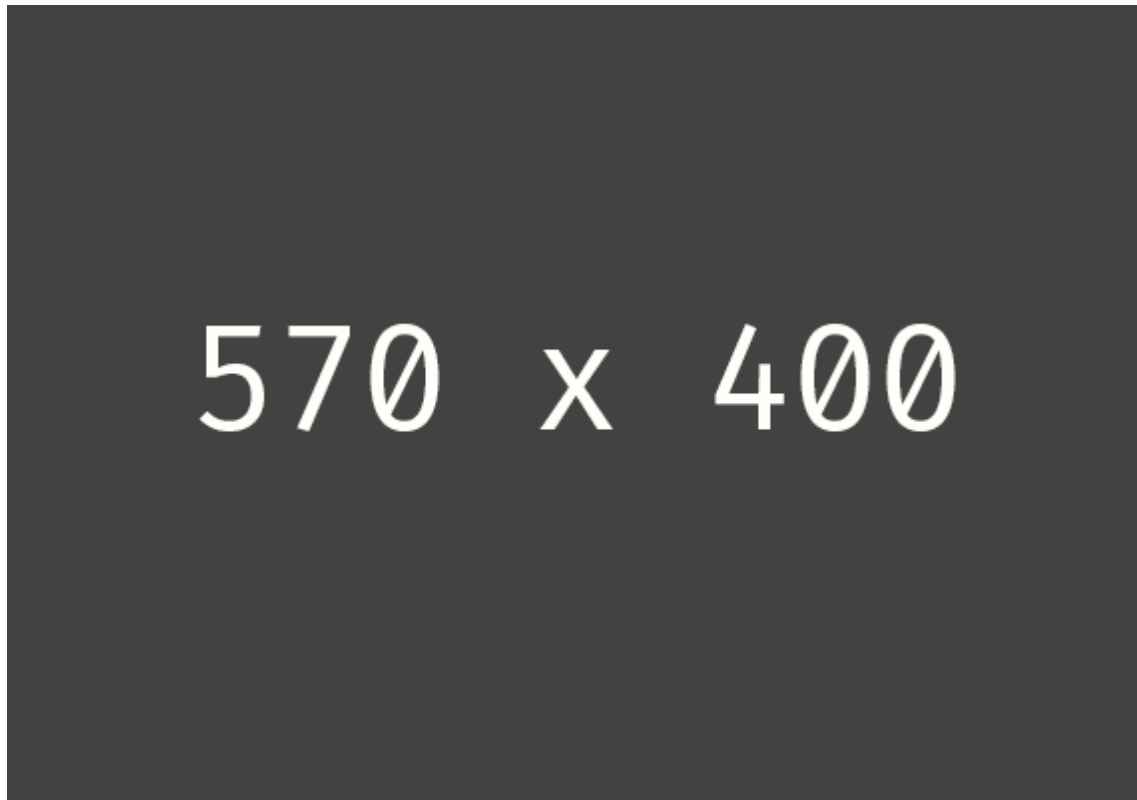


Abbildung 7: Placeholder Half Page

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



570 x 400

Abbildung 8: Placeholder Half Page

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

- [Mit18] Prof. Dr. Andreas Mitschele. Blockchain. <http://bit.ly/2KAc2ML>, 2018. abgerufen am 30.06.2018.
- [Nar16] Arvind Narayanan. *Bitcoin and cryptocurrency technologies : a comprehensive introduction*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 2016.

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 30. Juni 2018

Nils Lutz