



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	5
2.2.1. Blockchain	5
2.2.2. Tangle	6
2.2.3. Hash Graph	6
2.2.4. Public	6
2.2.5. Private	6
2.2.6. Consortium	6
2.3. Abgrenzung Kryptowährungen	6
2.4. Technologischer Hintergrund	6
2.4.1. Sicherheit	6
2.4.2. Consensus Algorithmus	7
2.4.3. Peer-to-Peer Netzwerke	9
2.4.4. Distributed Computing	9
2.5. Vorhandene Distributed Ledger	9
2.5.1. Bitcoin	9
2.5.2. Ethereum	9
2.5.3. IOTA	9
2.5.4. Ripple	9
2.5.5. IBM Bluemix	9
2.5.6. Microsoft Azure	9
2.5.7. Hyperledger Fabric	9
3. Energiewirtschaft	10
3.1. Energieträger	10
3.1.1. Konventionelle	10
3.1.2. Erneuerbare	11

3.2. Energiemarkt	12
3.2.1. Erzeuger	12
3.2.2. Konsumenten	12
3.2.3. Handel in Europa	12
3.2.4. Deutschland	12
3.3. Wandel der Energiewirtschaft	12
3.3.1. Rechtliche Situation	12
3.3.2. Infrastruktur	12
3.3.3. Energiemix	12
3.3.4. Smart Grids und Smart Cities	12
3.4. Geschäftsmodelle	12
3.4.1. B2B	12
3.4.2. B2C	12
3.4.3. M2M	12
4. Anwendungsgebiete für DLT in der Energiewirtschaft	14
4.1. Methoden zur Ermittlung der Anwendungsgebiete	14
4.1.1. SWOT-Analyse der Technologie	14
4.1.2. Entscheidungsbaum	14
4.2. Kriterien	14
4.2.1. Transaktional	14
4.2.2. Geschwindigkeit	14
4.2.3. Transparenz	14
4.2.4. Vertrauen	14
4.2.5. Unveränderlichkeit	14
4.2.6. Geschäftsregeln	14
4.3. Mehrwerte durch Distributed Ledger Technology	14
4.3.1. Transaktionskosten	14
4.3.2. Transaktionsgeschwindigkeit	14
4.3.3. Datenverfügbarkeit	14
4.3.4. Innovationskraft	14
4.4. Auswahl Geschäftsprozesse der Energiewirtschaft	14
4.4.1. Virtuelles Kraftwerk	14
4.4.2. Verwaltungsgesellschaft	14
4.4.3. Energiehandel	14
5. Proof of Concept	15
5.1. Anforderungen DLT und Energiewirtschaft	15
5.1.1. Data Flow	15
5.1.2. UI und UX	15

5.2. System Architektur	15
5.2.1. Business Network	15
5.2.2. Sicherheit	15
5.2.3. Cloud Ressourcen	15
5.3. Entwicklung	15
5.3.1. Tools	15
5.3.2. Algorithmen	15
5.4. Evaluation	15
6. Abstraktion	16
7. Fazit	17
A. Anhang	VII
Literaturverzeichnis	VIII

Glossar

BTC	Bitcoin.....	5
DLT	Distributed Ledger Technology.....	3

Abbildungsverzeichnis

1.	Vereinfachte Darstellung einer Blockchain	3
2.	Veränderung des Transaktionsmodells durch die Blockchain	4
3.	Placeholder Half Page	5
4.	Placeholder Half Page	6
5.	Placeholder Half Page	7
6.	Placeholder Half Page	8
7.	Placeholder Half Page	9
8.	Placeholder Half Page	10
9.	Placeholder Half Page	11
10.	Placeholder Half Page	13

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.] (Abbildung 1)

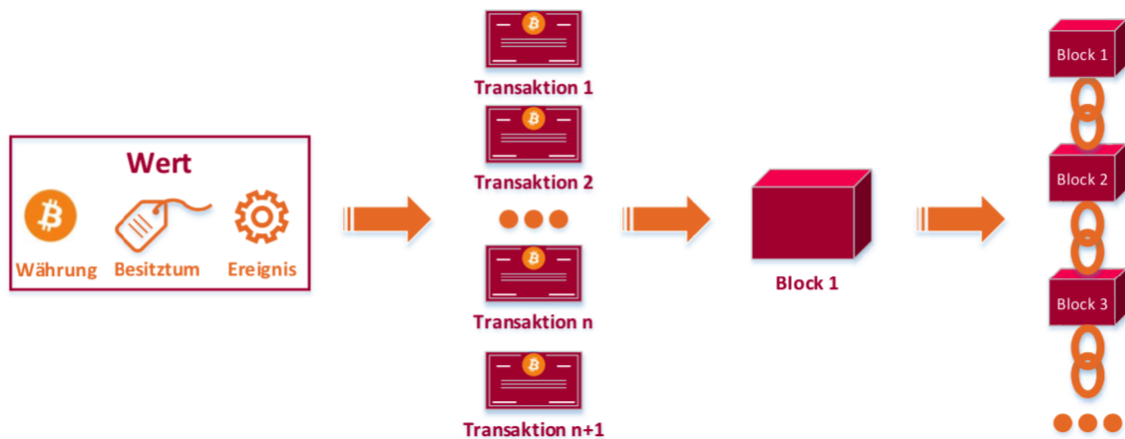


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung einer Blockchain[GMS17]

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. In klassischen verteilten Datenbanken oder Systemen hat eine zentrale Organisation oder Kontrolleinheit als einzige die Möglichkeit den Datenbestand in einem konsistenten Zustand zu halten. Viel mehr ist diese zentrale Organisation der Vertrauensgeber des Systems - ohne Schutz vor Missbrauch. Um einem Missbrauch vorzubeugen sind DLT dezentral organisiert. Dies bedeutet das es keine zentrale Einheit benötigt um Vertrauen über die Korrektheit der Transaktionen herzustellen.[Mit18, Vgl.] (Abbildung 2)

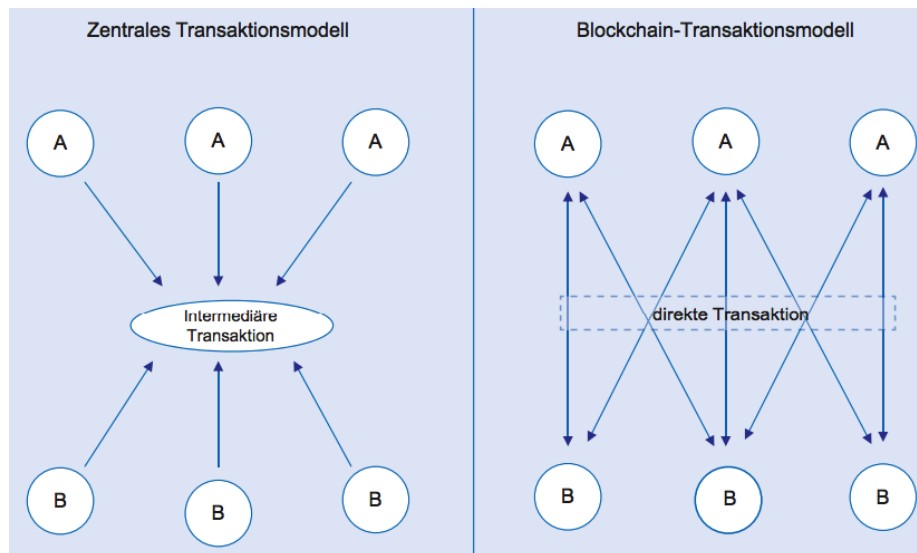


Abbildung 2: Veränderung des Transaktionsmodells durch die Blockchain[KW16]

Die älteste sich noch in Betrieb befindliche DLT ist die Blockchain der Kryptowährung Bitcoin (BTC).

2.2. Arten von Distributed Ledger Technology

Neben dem Blockchain Ansatz existieren noch weitere Ideen eines DLT. Die aktuell am weitesten fortgeschrittenen Projekte sind der sog. „Tangle“ von der Iota Foundation und die „HashGraph“ genannte Technologie von Leemon Baird.[Bai16] Außerdem lassen sich DLT in öffentlich-, privat- und konsortium Geführte Lösungen kategorisieren. Einige Ansätze lassen sich zu mehr als einer Kategorie zuordnen. Dies wird in den folgenden Unterkapiteln näher untersucht.

2.2.1. Blockchain

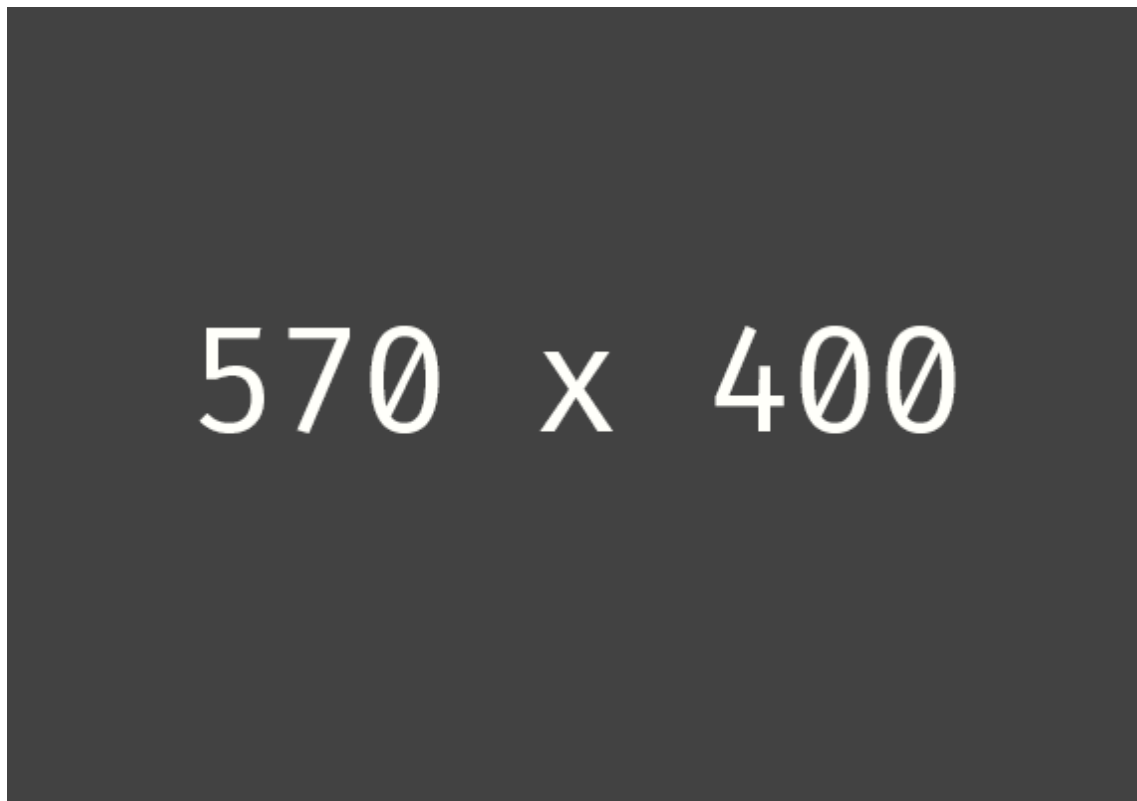


Abbildung 3: Placeholder Half Page

2.2.2. Tangle

2.2.3. Hash Graph

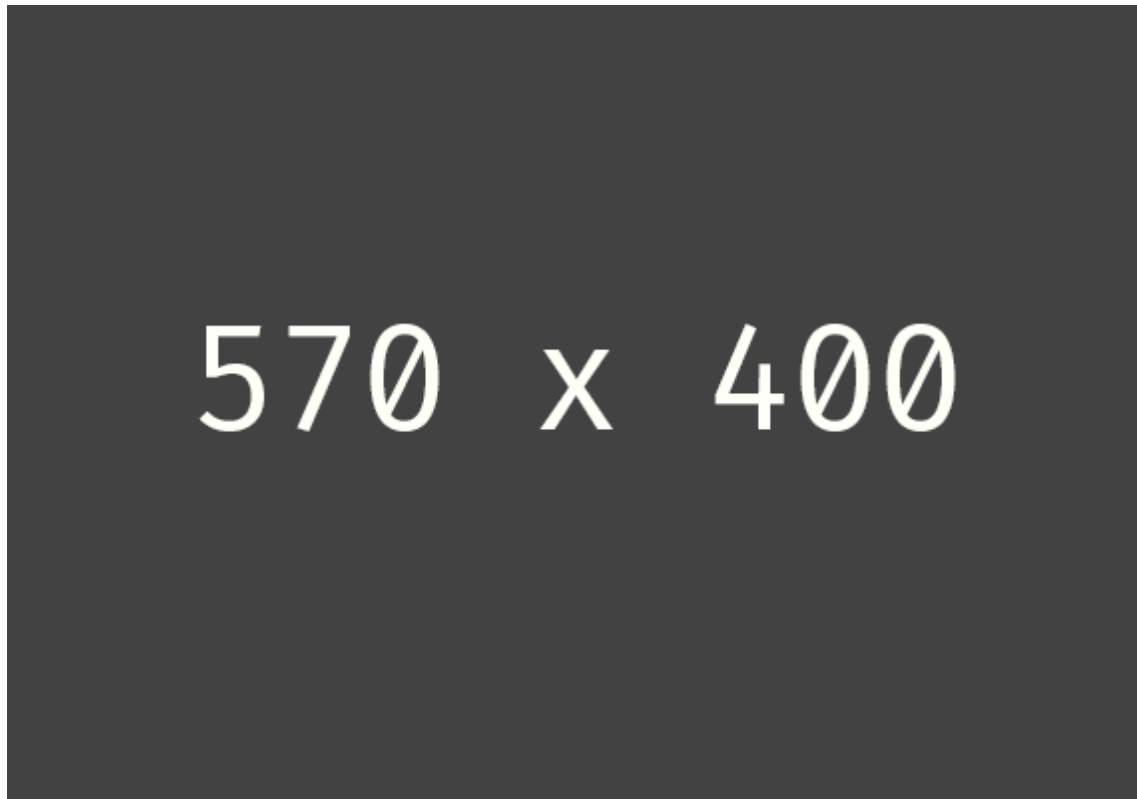


Abbildung 4: Placeholder Half Page

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 5: Placeholder Half Page

Hashing Algorithmus

2.4.2. Consensus Algorithmus

Proof-of-Work

Proof-of-Stake

Delegated Proof-of-Stake



570 x 400

Abbildung 6: Placeholder Half Page

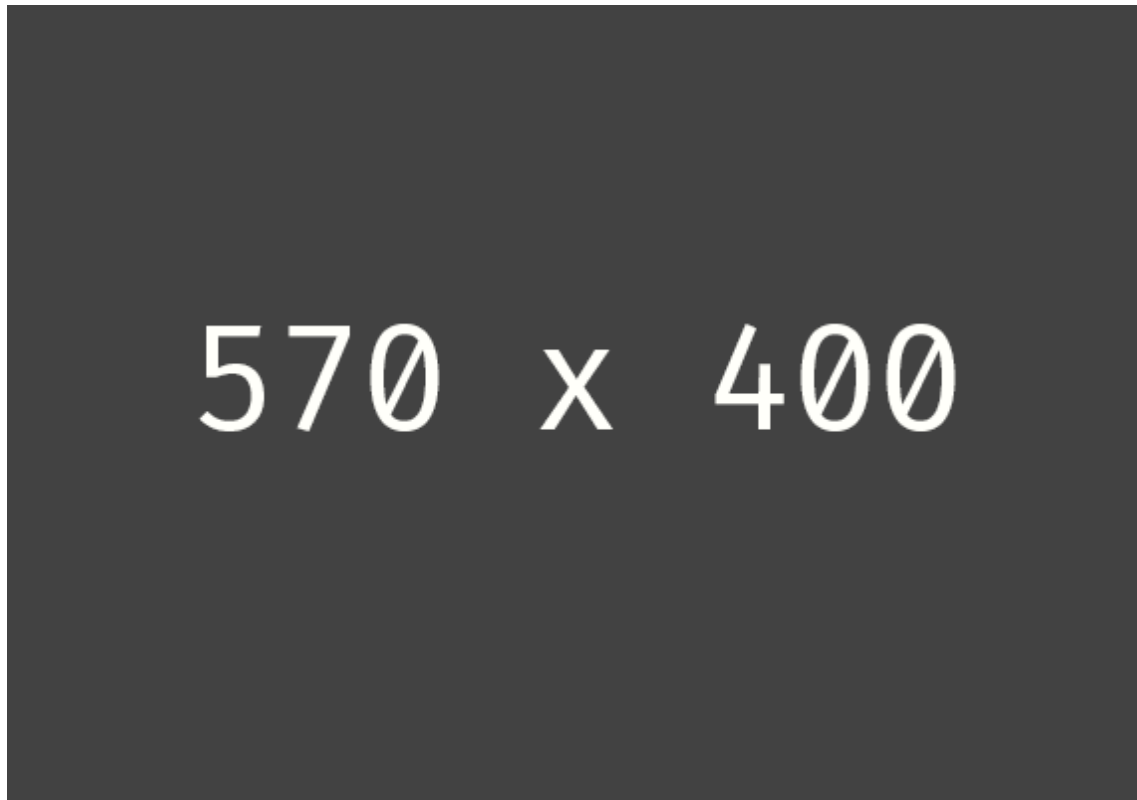


Abbildung 7: Placeholder Half Page

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

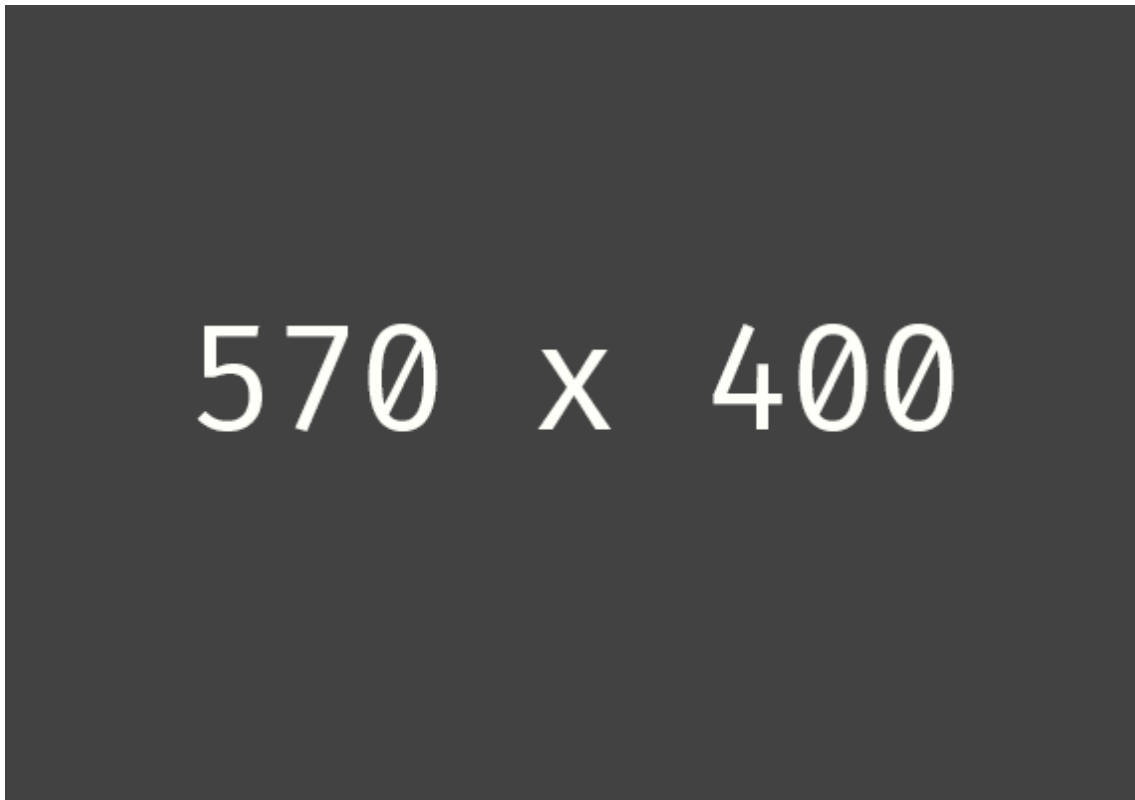


Abbildung 8: Placeholder Half Page

3. Energiewirtschaft

3.1. Energieträger

3.1.1. Konventionelle

Erdöl

Kohle

Erdgas

Kernbrennstoff

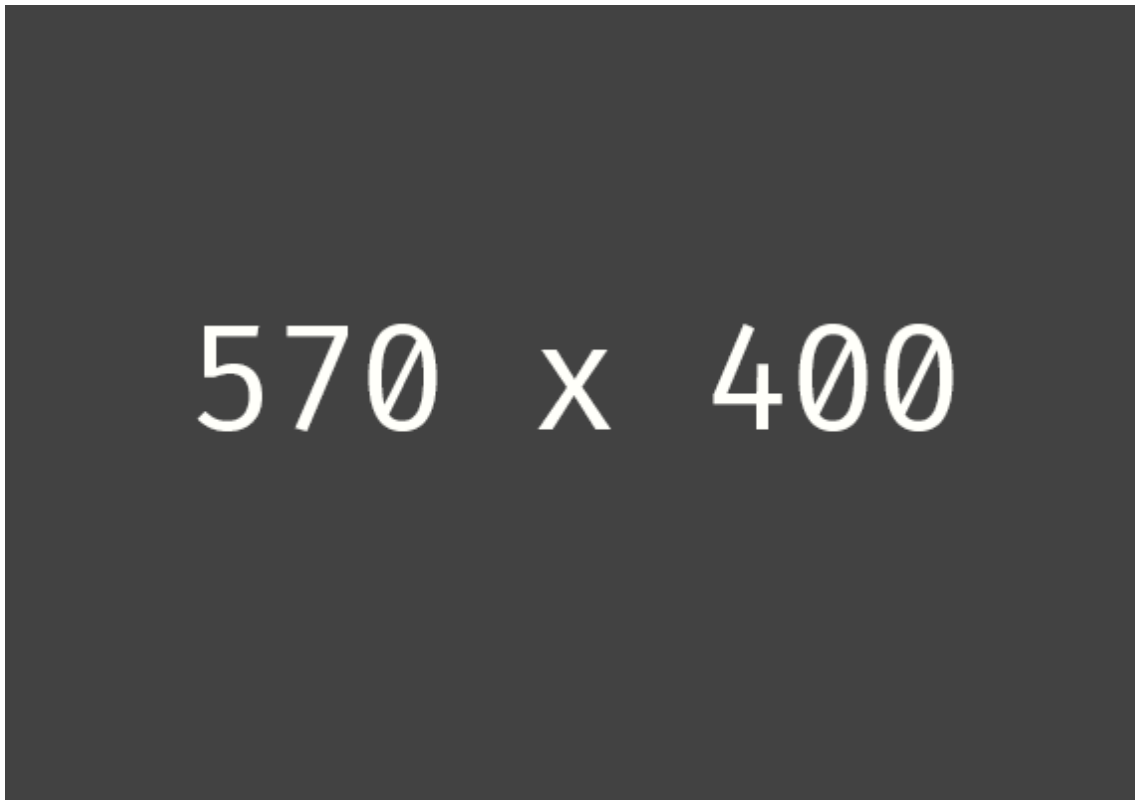


Abbildung 9: Placeholder Half Page

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 10: 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

- [Bai16] Leemon Baird. The Swirlds HashGraph Consensus Algorithm: Fair, Fast, Byzantine Fault Tolerance. <http://bit.ly/2KjoKDj>, 2016. abgerufen am 30.06.2018.
- [GMS17] Tatiana Gayvoronskaya, Christoph Meinel, and Maxim Schnjakin. *Blockchain Hype oder Innovation*. Universitaetsverlag Potsdam, Potsdam, 2017.
- [KW16] Gresa Kastrati and Christoph Weissbart. Kurz zum Klima: Blockchain - Potenziale und Herausforderungen für den Strommarkt. <http://bit.ly/2KAGSVi>, 2016. abgerufen am 30.06.2018.
- [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