

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW

**Masterthesis**

---

**Automatisierter Handel von  
Kryptowährungen mit Hilfe eines  
Trading-Bots**

---

Studiengang:

**Master of Science in Wirtschaftsinformatik**

Autor:

Jan Candreia

Zürich, Schweiz

Matrikelnummer: 15-541-832

Erstgutachter:

Dr. Mario Gellrich

Zweitgutachter:

Dr. Andreas Block

Abgabe:

23. Mai 2022

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während dieser Masterarbeit unterstützt haben.

Zuerst gebührt mein Dank Herr Dr. Mario Gellrich, der meine Masterarbeit betreut und begutachtet hat. Durch sein Interesse und sein Engagement in der Betreuung war diese wissenschaftliche Abschlussarbeit erst möglich.

Ebenfalls möchte ich mich bei meiner Freundin Laura Schoch, meiner Familie Bozena, Heinz und Marc Candreia sowie bei all meinen Freunden bedanken, dass sie mich während der Erarbeitung der vorliegenden Masterarbeit jederzeit motiviert und unterstützt haben.

Zum Schluss möchte ich mich noch bei meinem Arbeitgeber Trivadis bedanken, der mich während des ganzen Masterstudiums unterstützt hat.

Jan Candreia

Zürich, 23. Mai 2022

# Management Summary

Kryptowährungen haben in den letzten Jahren in der Gesellschaft an Bedeutung dazugewonnen. Vor allem durch die volatilen Kursentwicklungen sind Kryptowährungen eine interessante Investitionsgelegenheit. Durch Kryptobörsen wie Binance, Coinbase, Kraken und viele weitere sind eine Vielzahl von Handelsmarktplätzen entstanden, welche es auch Laien ermöglichen, in Kryptowährungen zu investieren. Die hohe Volatilität im Kryptomarkt bringt jedoch nicht nur hohe Gewinnchancen, sondern auch das Risiko, schnell Kapital zu verlieren. Durch die Eigenschaft, dass Kryptowährungen Tag und Nacht gehandelt werden und einer hohen Volatilität ausgesetzt sind, lässt sich die Problemstellung ableiten, dass es nicht möglich ist, auf alle Ereignisse am Kryptomarkt rasch reagieren zu können. Auch die eigenen Emotionen bei den Investitionsentscheidungen können zu Fehlentscheidungen führen wie zum Beispiel Panikverkäufe, wenn der Kurs starke Rücksetzer verzeichnet. Das Ziel der vorliegenden Masterarbeit ist der Vergleich von verschiedenen Strategien und die Entwicklung eines Trading-Bots, der automatisiert Kryptowährungen nach vordefinierten Regeln kauft und verkauft. Dazu wird die folgende Forschungsfrage gestellt: Kann mithilfe eines automatisierten Trading-Bots eine bessere Rendite im Bereich Krypto-Trading erzielt werden im Vergleich zu einer Buy & Hold-Strategie?

Um dieser Fragestellung nachzugehen, wird ein Ansatz nach Design Science Research gewählt, welcher einen iterativen Ansatz bei der Entwicklung eines Trading-Bots beinhaltet. Für die Entwicklung des Trading-Bots wurde die technische Analyse, insbesondere der Einsatz von technischen Indikatoren verwendet, um Regeln für den Kauf und Verkauf zu definieren. Bei den verwendeten technischen Indikatoren handelt es sich um verschiedene gleitende Durchschnitte (SMA, EMA, AMA, MA Crossover), um die Bollinger Bänder, die 4-Wochen-Regel wie auch um drei Indikatoren der Klasse Oszillatoren (RSI, Stochastik und MACD). Die Untersuchung dieser technischen Indikatoren ergab, dass sich insbesondere der Einsatz von zwei gleitenden Durchschnitten dazu eignet, um eine höhere Rendite zu erzielen im Vergleich zu der Buy & Hold-Strategie. Mit dieser Strategie konnte dann ein Trading-Bot entwickelt werden, welcher auf einer virtuellen Maschine auf der Amazon Cloud-Plattform (AWS) bereitgestellt wurde. Mithilfe eines Cron Jobs wird der Trading-Bot automatisiert alle 15 Minuten ausgeführt.

Weiterführende Arbeiten könnten weitere technische Indikatoren oder den Einsatz von Machine Learning-Algorithmen im Bereich Krypto-Trading untersuchen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Ausgangslage . . . . .	1
1.2. Problemstellung . . . . .	2
1.3. Zielsetzung . . . . .	2
1.4. Forschungsfrage . . . . .	2
1.5. Abgrenzung . . . . .	3
1.6. Beitrag der Arbeit und Relevanz . . . . .	3
1.7. Aufbau der Arbeit . . . . .	3
<b>2. Forschungs-Design</b>	<b>4</b>
<b>3. Stand der Forschung</b>	<b>6</b>
3.1. Blockchain-Technologie . . . . .	6
3.1.1. Distributed-Ledger-Technologie (DLT) . . . . .	6
3.1.2. Blockchain-Technologie . . . . .	7
3.1.3. Blockchain-Technologie Evolution . . . . .	8
3.1.4. Hash-Funktionen . . . . .	8
3.1.5. Asymmetrische Verschlüsselung / Digitale Signaturen . . . . .	9
3.1.6. Aufbau der Blockchain . . . . .	10
3.1.7. Konsensmodelle . . . . .	11
3.1.8. Arten der Blockchain . . . . .	11
3.1.9. Abgrenzung von Coin und Token . . . . .	12
3.2. Anwendungen der Blockchain . . . . .	12
3.2.1. Dezentrales Zahlungssystem (Kryptowährungen) . . . . .	12
3.2.1.1. Bitcoin . . . . .	13
3.2.1.2. Altcoins . . . . .	13
3.2.1.3. Stablecoins . . . . .	13
3.2.2. Smart Contracts . . . . .	14
3.2.3. Initial Coin Offerings (ICOs) . . . . .	15
3.2.4. dApp . . . . .	15
3.3. Handelsplätze . . . . .	16
3.4. Vorhersehbarkeit des Marktes . . . . .	16
3.5. Trading-Strategie . . . . .	17
3.6. Technische Indikatoren . . . . .	18
3.6.1. Gleitende Durchschnitte . . . . .	18
3.6.1.1. Einfacher gleitender Durchschnitt (SMA) . . . . .	18
3.6.1.2. Exponentieller gleitender Durchschnitt (EMA) . . . . .	19
3.6.1.3. Kombination von zwei gleitenden Durchschnitten (MAC) . . . . .	20
3.6.1.4. Adaptiver gleitender Durchschnitt (AMA) . . . . .	21

3.6.1.5.	Bollinger Bänder . . . . .	22
3.6.1.6.	4-Wochen-Regel . . . . .	23
3.6.2.	Oszillatoren . . . . .	24
3.6.2.1.	Momentum . . . . .	25
3.6.2.2.	Relative-Stärke-Index (RSI) . . . . .	25
3.6.2.3.	Stochastik-Oszillator (K%D) . . . . .	26
3.6.2.4.	Moving Average Convergence/Divergence (MACD) . . . . .	28
3.7.	Performance-Measures . . . . .	29
3.7.1.	Rendite . . . . .	29
3.7.2.	Trend . . . . .	30
3.7.3.	Volatilität . . . . .	31
3.7.4.	Sharpe-Ratio . . . . .	31
3.7.5.	Maximum Drawdown . . . . .	32
3.8.	Trading-Bot . . . . .	32
3.9.	Regulationen . . . . .	33
3.9.1.	Schweizer Regulationen . . . . .	33
<b>4.</b>	<b>Methodik</b>	<b>35</b>
4.1.	Auswahl der Kryptowährungen . . . . .	35
4.2.	Auswahl der Trading-Strategie . . . . .	36
4.3.	Krypto-Trading-Bot . . . . .	37
4.3.1.	Phase 1 - Backtesting der Strategien . . . . .	37
4.3.1.1.	Datenextraktion . . . . .	38
4.3.1.2.	Datenaufbereitung . . . . .	38
4.3.1.3.	Backtesting . . . . .	40
4.3.1.4.	Verbesserung der Strategie . . . . .	40
4.3.1.5.	Backtesting Portfolio 2 . . . . .	41
4.3.2.	Phase 2 - Entwicklung des Krypto-Trading-Bots . . . . .	41
4.3.2.1.	Logik . . . . .	41
4.3.2.2.	Datenextraktion . . . . .	42
4.3.2.3.	Bereitstellung des Krypto-Trading-Bots . . . . .	44
<b>5.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>45</b>
5.1.	Technische Indikatoren mit den Standard-Parametern . . . . .	45
5.1.1.	Buy & Hold vs. SMA . . . . .	45
5.1.2.	Buy & Hold vs. EMA . . . . .	46
5.1.3.	Buy & Hold vs. AMA . . . . .	47
5.1.4.	Buy & Hold vs. MAC . . . . .	48
5.1.5.	Buy & Hold vs. Bollinger Bänder . . . . .	50
5.1.6.	Buy & Hold vs. 4-Wochen-Regel . . . . .	51
5.1.7.	Buy & Hold vs. Stochastik . . . . .	52

5.1.8.	Buy & Hold vs. RSI . . . . .	53
5.1.9.	Buy & Hold vs. MACD . . . . .	54
5.2.	Optimierte technische Indikatoren . . . . .	56
5.3.	Kombination von verschiedenen technischen Indikatoren . . . . .	58
5.4.	Backtesting der Strategie auf dem Portfolio 2 . . . . .	58
5.5.	Umsetzung des Krypto-Trading-Bots . . . . .	60
<b>6.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>61</b>
6.1.	Backtesting . . . . .	61
6.1.1.	Buy & Hold vs. SMA . . . . .	61
6.1.2.	Buy & Hold vs. EMA . . . . .	61
6.1.3.	Buy & Hold vs. AMA . . . . .	62
6.1.4.	Buy & Hold vs. MAC . . . . .	62
6.1.5.	Buy & Hold vs. Bollinger Bänder . . . . .	62
6.1.6.	Buy & Hold vs. 4-Wochen-Regel . . . . .	62
6.1.7.	Buy & Hold vs. Stochastik . . . . .	63
6.1.8.	Buy & Hold vs. RSI . . . . .	63
6.1.9.	Buy & Hold vs. MACD . . . . .	63
6.1.10.	Zusammenfassung der TI mit den Standard-Parametern . . . . .	63
6.1.11.	Optimierte technische Indikatoren . . . . .	64
6.1.12.	Kombination technischer Indikatoren . . . . .	64
6.1.13.	Backtesting der Strategie auf dem Portfolio 2 . . . . .	65
6.2.	Erfahrung bei der Umsetzung des Krypto-Trading-Bots . . . . .	65
6.3.	Bereitstellung und Betrieb des Krypto-Trading-Bots . . . . .	65
<b>7.</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>66</b>
	<b>Referenzen</b>	<b>71</b>
<b>A.</b>	<b>Wahrheitserklärung</b>	<b>72</b>

# Abbildungsverzeichnis

1.	Marktkapitalisierung aller Kryptowährungen . . . . .	1
2.	Design Science Research Forschungsrahmen . . . . .	5
3.	Eigenschaft der Hashfunktion SHA256 . . . . .	9
4.	Aufbau einer Blockchain . . . . .	10
5.	Anzahl Kryptowährungen von 2013 bis 2022 . . . . .	13
6.	SMA der letzten 12 Schlusskurse des Bitcoin-Preises . . . . .	19
7.	EMA der letzten 12 Schlusskurse des Bitcoin-Preises . . . . .	20
8.	Crossover von zwei SMAs auf dem Bitcoin-Preis . . . . .	21
9.	Kaufman AMA auf dem Bitcoin-Preis . . . . .	22
10.	Bollinger Bänder auf dem Bitcoin-Preis . . . . .	23
11.	4-Wochen-Regel auf dem Bitcoin-Preis . . . . .	24
12.	RSI-Regel auf dem Bitcoin-Preis . . . . .	26
13.	Stochastik-Regel auf dem Bitcoin-Preis . . . . .	28
14.	MACD-Regel auf dem Bitcoin-reis . . . . .	29
15.	Iteratives Vorgehen zwischen Entwicklung und Evaluation . . . . .	37
16.	SMA Backtesting Standard-Parameter . . . . .	46
17.	EMA Backtesting Standard-Parameter . . . . .	47
18.	AMA Backtesting Standard-Parameter . . . . .	48
19.	MAC Backtesting Standard-Parameter . . . . .	49
20.	Bollinger Bänder Backtesting Standard-Parameter . . . . .	51
21.	4-Wochen-Regel Backtesting Standard-Parameter . . . . .	52
22.	Stochastik Backtesting Standard-Parameter . . . . .	53
23.	RSI Backtesting Standard-Parameter . . . . .	54
24.	MACD Backtesting Standard-Parameter . . . . .	55
25.	Vergleich der optimierten Strategien . . . . .	56
26.	MAC(13,37)-Strategie Backtesting auf dem Portfolio 1 . . . . .	58
27.	MAC(13,37)-Strategie Backtesting auf dem Portfolio 2 . . . . .	59

## Tabellenverzeichnis

1.	Unterscheidung Vertragsarten . . . . .	14
2.	Zentrale und dezentrale Kryptobörsen . . . . .	16
3.	Die fünf grössten Kryptowährungen nach Marktkapitalisierung . . . . .	35
4.	Marktkapitalisierung des Tether . . . . .	36
5.	Die fünf grössten Kryptowährungen nach Marktkapitalisierung und einer Volatilität von mehr als 20% . . . . .	36
6.	Technische Indikatoren mit den üblichen Parametern . . . . .	39
7.	Trading-Strategie-Regeln . . . . .	40
8.	Steuertabelle für den Krypto-Trading-Bot . . . . .	42
9.	Evaluation Buy & Hold vs. SMA(12) . . . . .	46
10.	Evaluation Buy & Hold vs. EMA(12) . . . . .	47
11.	Evaluation Buy & Hold vs. AMA(10,2,30) . . . . .	48
12.	Evaluation Buy & Hold vs. MAC (5,20) . . . . .	49
13.	Evaluation Buy & Hold vs. BB(20) . . . . .	50
14.	Evaluation Buy & Hold vs. 4-Wochen-Regel . . . . .	52
15.	Evaluation Buy & Hold vs. Stochastik (14,3) . . . . .	53
16.	Evaluation Buy & Hold vs. RSI (14) . . . . .	54
17.	Evaluation Buy & Hold vs. MACD (12,26,9) . . . . .	55
18.	Evaluation Buy & Hold vs. optimierter MAC (13,37) . . . . .	57
19.	Kombination der MAC(13, 37)-Strategie mit den Oszillator-Indikatoren	58
20.	Evaluation Buy & Hold vs. MAC (13,37) auf dem Portfolio 2 . . . . .	59



## List of Codes

1. Historische Daten für den Krypto-Trading-Bot . . . . . 42
2. Aktuelle Daten für den Krypto-Trading-Bot . . . . . 43
3. Aktueller USDT-Kontostand auf Binance . . . . . 43
4. Aktueller USDT Kontostand auf Binance . . . . . 43

## Abkürzungsverzeichnis

<b>ADA</b>	Cardano
<b>AMA</b>	Adaptive Moving Average
<b>AML</b>	Anti-Money Laundering
<b>BB</b>	Bollinger Bänder
<b>BTC</b>	Bitcoin
<b>BNB</b>	Binance Coin
<b>CHZ</b>	Chiliz
<b>DeFi</b>	Decentralized Finance
<b>DLT</b>	Distributed-Ledger-Technologie
<b>EMA</b>	Exponential Moving Average
<b>EMH</b>	Hypothese effizienter Märkte
<b>ETH</b>	Ethereum
<b>ICO</b>	Initial Coin Offering
<b>KLAY</b>	Klaytn
<b>KYC</b>	Know Your Customer
<b>K%D</b>	Stochastik
<b>MA</b>	Moving Average
<b>MAC</b>	Moving Average Crossover
<b>MACD</b>	Moving Average Convergence Divergence
<b>MANA</b>	Decentraland
<b>RSI</b>	Relative Strength Index
<b>RUNE</b>	THORChain
<b>RWH</b>	Random-Walk-Theorie
<b>SHIB</b>	Shiba Inu
<b>SMA</b>	Simple Moving Average

<b>SOL</b>	Solana
<b>STO</b>	Security Token Offerings
<b>TA</b>	Technische Analyse
<b>TI</b>	Technischer Indikator
<b>ZHAW</b>	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaft
<b>4WR</b>	4-Wochen-Regel

# 1. Einleitung

Dieses Kapitel beschreibt unter Abschnitt 1.1 die Ausgangslage für diese Masterarbeit. Im Abschnitt 1.2 wird die eigentliche Problemstellung erläutert und unter Abschnitt 1.3 wird die damit einhergehende Zielsetzung definiert. Die Forschungsfrage dieser Masterarbeit findet man im Abschnitt 1.4 gefolgt von der Abgrenzung (Abschnitt 1.5), Relevanz (Abschnitt 1.6) und dem Aufbau dieser Masterarbeit (Abschnitt 1.7).

## 1.1. Ausgangslage

Kryptowährungen wie der Bitcoin gewannen in den letzten Jahren an öffentlicher Bedeutung. Durch den Anstieg vieler Kryptowährungen im Jahr 2017/2018 und 2020/2021 ist der ursprüngliche Fokus von dem technologischen Potenzial und dem funktionalen Nutzen von Kryptowährungen in Richtung monetäre Gewinnchancen durch Investitionsmöglichkeiten verschoben worden (Jan-Peter Ferdinand & Tobias Jetzke, 2018). Dies zeigt der Verlauf der gesamten Marktkapitalisierung des Kryptomarktes, welche mit Stand vom 23.03.2022 bereits 1'907'894'674'936 USD beträgt (siehe Abbildung 1). Durch Kryptobörsen wie Binance, Coinbase, Kraken und viele weitere ist der Handel mit Kryptowährungen auch für Laien ermöglicht worden.



Abbildung 1: Marktkapitalisierung aller Kryptowährungen (CoinMarketCap, 2022)

Im Gegensatz zu dem traditionellen Aktienmarkt werden Kryptowährungen durchgehend im 24-Stunden-Betrieb, Tag und Nacht gehandelt und haben die Eigenschaft, dass sie einer hohen Volatilität ausgesetzt sind. Eine Investitionsentscheidung an den Finanzmärkten beziehungsweise am Kryptomarkt ist prinzipiell von Unsicherheit gekennzeichnet, da die Entscheidung in die Zukunft gerichtet und unbekannt ist. Einem Akteur ist es nur bedingt möglich, auf Basis von rationalen Entscheidungen den Gewinn an den Finanzmärkten zu maximieren. Dieses Problem verstärkt

sich in volatilen Finanzmärkten, wie dem Kryptomarkt oder in instabilen Börsenphasen (Schnabel, 2012, S. 425). In Phasen von grossen Preisbewegungen kann der Entscheidungsprozess für den Kauf oder Verkauf emotional sein (Alain Glücksmann, 2019). Das Definieren eines klaren Regelwerks, einer sogenannten *Trading-Strategie*, und der Computerisierung dieser Strategie, kann einem Akteur die Emotionen bei den Kauf- oder Verkaufsentscheidungen nehmen (Murphy, 2006, S. 474).

## 1.2. Problemstellung

Neben den Emotionen bei den Investitionsentscheidungen gibt es noch weitere Faktoren, welche einem Akteur das Handeln mit Kryptowährungen erschweren. Da der Kryptomarkt Tag und Nacht offen ist, ist es einem Trader nicht möglich, jederzeit auf Ereignisse zu reagieren. Zusätzlich soll es laut der Hypothese der effizienten Märkte (EMH) nicht möglich sein, den Markt mit einer Handelsstrategie zu schlagen und somit höhere Renditen, wie durch das einfache Kaufen und Halten (Buy & Hold), zu erzielen (Tsinaaslanidis, 2015, S. 8).

## 1.3. Zielsetzung

Das Ziel dieser Masterarbeit ist es, mithilfe einer geeigneten Trading-Strategie einen Krypto-Trading-Bot zu implementieren und diesen mittels einer geeigneten Infrastruktur zu betreiben. Dabei sollen zwei Portfolios aus verschiedenen Kryptowährungen zusammengestellt werden. Eines der beiden Portfolios soll aus fünf Kryptowährungen mit grosser Marktkapitalisierung bestehen und das andere Portfolio aus fünf Kryptowährungen, welche eine geringe Marktkapitalisierung, jedoch eine hohe Volatilität aufweisen. Zur Evaluation wird die verwendete Trading-Strategie durch das Backtesting mit einer Buy & Hold-Strategie verglichen.

Diese Masterarbeit soll dabei zuerst einen Einblick in den Kryptomarkt geben und die zugrundeliegende Technologie behandeln sowie die grundlegenden Themen wie die technische Analyse näher erläutern.

## 1.4. Forschungsfrage

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit gilt es dabei folgende Forschungsfrage zu beantworten:

Kann mithilfe eines automatisierten Trading-Bots eine bessere Rendite im Bereich Krypto-Trading erzielt werden im Vergleich zu einer Buy & Hold-Strategie?

Zu dieser zentralen Forschungsfrage werden weitere Teilfragen formuliert, um eine

präzisere Untersuchung zu ermöglichen:

1. Können technische Indikatoren identifiziert werden, welche sich im volatilen Kryptomarkt für die Strategie in einem Trading-Bot eignen?
2. Wie performen hochvolatile Kryptowährungen gegenüber weniger volatilen Kryptowährungen?
3. Welche Schritte sind notwendig zur Implementierung eines Krypto-Trading-Bots?

## **1.5. Abgrenzung**

In dieser Arbeit geht es in erster Linie um das Implementieren eines Krypto-Trading-Bots mit einer geeigneten Strategie mit Hilfe von technischen Indikatoren. Aus zeitlichen Gründen kann nur auf eine bestimmte Auswahl von technischen Indikatoren und Time Frames eingegangen werden. Ausserdem wird in dieser Arbeit nicht mit Machine Learning-Algorithmen für die Trading-Strategie gearbeitet.

## **1.6. Beitrag der Arbeit und Relevanz**

Durch die zunehmende Bedeutung des Kryptomarktes in der Öffentlichkeit ist der Handel mit Kryptowährungen gestiegen. In aktuellen Forschungsliteraturen zu Handelsstrategien im Kryptomarkt konnten nur wenige Studien gefunden werden, die den Einsatz von technischen Indikatoren mit der Buy & Hold-Strategie vergleichen. Zusätzlich konnte nur eine geringe Anzahl an Studien gefunden werden, welche eine Trading-Strategie im Kryptomarkt durch einen Trading-Bot automatisiert haben.

## **1.7. Aufbau der Arbeit**

Diese Masterarbeit beginnt im Kapitel 2 mit der Beschreibung der gewählten Forschungsmethode, bevor es mit dem Stand der Forschung im Kapitel 3 weitergeht. Im Stand der Forschung werden die Themen Blockchain-Technologie, Blockchain-Anwendungen, Handelsplätze, technische Indikatoren und Strategien, Trading-Bots sowie Regulationen im Kryptomarkt behandelt. Im Kapitel 4 wird dann die Methodik beschrieben, welche für die Entwicklung des Trading-Bots gewählt wurde. Dabei werden in der Phase 1 verschiedene Strategien auf Basis von technischen Indikatoren miteinander verglichen. In der Phase 2 wird dann mit der gewählten Strategie die Entwicklung des Trading-Bots beschrieben. Kapitel 5 zeigt die Ergebnisse des Backtestings aus der Phase 1 und im Kapitel 6 werden diese Ergebnisse diskutiert. Im Kapitel 7 wird ein Fazit zu dieser Masterarbeit gezogen mit der Beantwortung der Forschungsfragen.

## 2. Forschungs-Design

Nach Hevner et al. (2004) lässt sich ein Grossteil der Forschung im Bereich der Informationssysteme in zwei Paradigmen einteilen: die verhaltenswissenschaftliche und die designwissenschaftliche Forschung. Die Verhaltenswissenschaft ist bestrebt, Theorien aufzustellen und zu beweisen, die das Verhalten von Personen oder Organisationen beschreiben oder vorhersagen. Die Designwissenschaft versucht, die Grenzen der menschlichen oder organisatorischen Fähigkeiten zu erweitern, indem sie Artefakte entwickelt (Hevner et al., 2004). March und Smith (1995) unterscheiden vier Arten von Artefakten der Design Science-Forschung je nach dem erwarteten Ergebnis:

- Konstrukte
- Modelle
- Methoden
- Instanziierung

Konstrukte oder Konzepte sind das gemeinsame Vokabular eines Bereichs und beschreiben somit Probleme und deren Lösungen. Sie entstehen bei der Formulierung eines Problems und werden im Laufe des Forschungsprozesses weiterentwickelt. Modelle sind Aussagen und drücken die Beziehungen zwischen Konstrukten oder Konzepten aus (March & Smith, 1995). Sie können so verstanden werden, wie die Dinge sind. Methoden beschreiben eine Reihe von Aktivitäten (z. B. Richtlinien oder Algorithmen) zur Durchführung von Aufgaben. Methoden können auf Konzepte zurückgreifen und sich durch eine klare Zielorientierung, Systematisierung und Wiederholbarkeit auszeichnen. Instanziierungen stellen die Operationalisierung von Konstrukten, Modellen und Methoden in ihrer Umgebung dar und drücken damit ihre Anwendbarkeit und Wirksamkeit aus (Krey, 2012).

Für die Masterarbeit wird ein auf Hevner et al. (2004) basierender Forschungsrahmen für Informationssysteme angewendet mit einem auf Peffers et al. (2007, S. 54) basierenden Design Science-Forschungsprozess, der die Phasen *Identifizierung des Problems*, *Ziel der Lösung*, *Design & Entwicklung*, *Evaluation* und *Kommunikation* umfasst. Das Problem, welches identifiziert werden konnte, lautet dabei „*Kryptowährungen werden rund um die Uhr auf Börsen gehandelt und unterliegen einer hohen Volatilität. Dabei ist es nicht möglich, immer rechtzeitig auf Ereignisse am Markt zu reagieren*“. Das Ziel der Lösung ist es, einen Trading-Bot zu implementieren, der Tag und Nacht durch eine definierte Strategie Kryptowährungen kauft und verkauft. Dadurch soll untersucht werden, ob durch den Einsatz eines Trading-Bots eine bessere Performance erzielt werden kann, als es mit einer Buy & Hold-Strategie möglich ist.

In der Design & Entwicklungsphase der Masterarbeit soll ein Software-Artefakt entwickelt werden, welcher automatisiert Kryptowährungen handelt. Dafür muss eine Strategie definiert sowie geeignete technische Indikatoren identifiziert werden, bevor ein Trading-Bot entwickelt werden kann. Danach muss der Trading-Bot auf einer Plattform bereitgestellt werden, welche die Anforderungen für den Betrieb rund um die Uhr erfüllt. Die Evaluation beinhaltet die Überprüfung der angewendeten Strategien durch das sogenannte Backtesting. Dadurch sollen verschiedene Strategien miteinander verglichen werden. Die Ergebnisse dieser Forschung werden dann in einer wissenschaftlichen Arbeit dokumentiert und präsentiert.

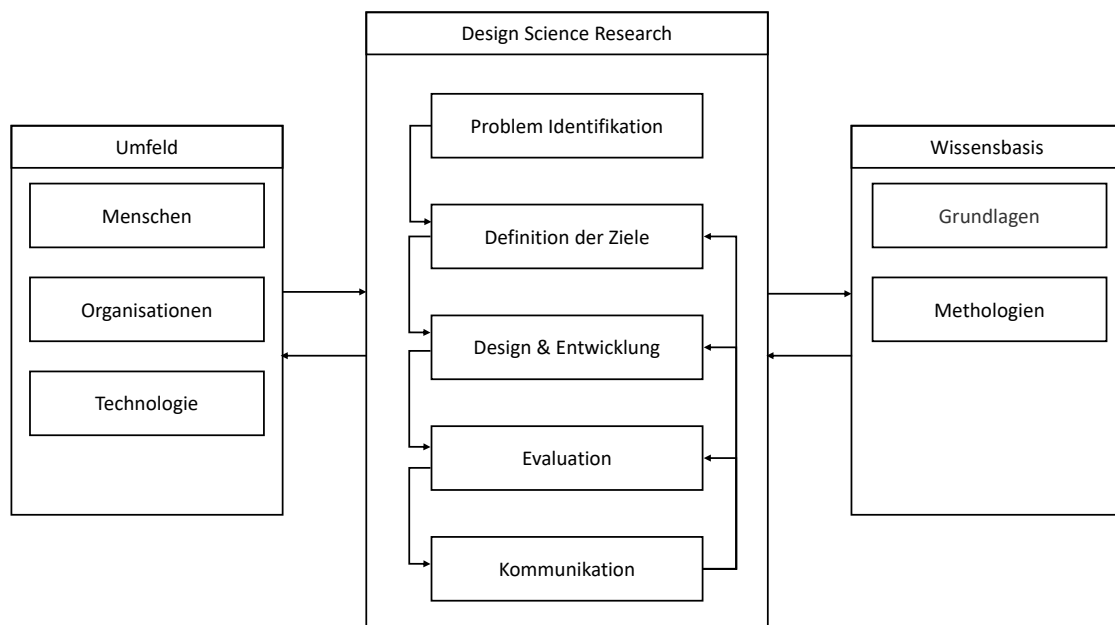


Abbildung 2: Design Science Research Forschungsrahmen nach Hevner et al. (2004) und Peffers et al. (2007, S. 54)

Es ist zu beachten, dass der Forschungsprozess in der Designwissenschaft eine kontinuierliche Iteration beinhaltet, um das Artefakt so zu verfeinern, dass es die Anforderungen erfüllt.

Die Komponente Umfeld des Rahmens für den Forschungsprozess stellt den Bereich dar, in dem die Forschung stattfindet. Seine Dimensionen sind Menschen und Technologien. Sie stellt sicher, dass die Forschungsergebnisse für den Problembereich relevant sind. Die Wissensbasis fungiert als Wissensspeicher für den Forschungsprozess und sammelt die Grundlagen und Methoden, die die Durchführung des Forschungsprojekts leiten. Die Wissensbasis wächst, wenn neue Ergebnisse verfügbar sind und dient als Leitfaden, um die Strenge der Forschung zu gewährleisten.



## 3. Stand der Forschung

Das Kapitel Stand der Forschung behandelt die Grundlagen der Blockchain-Technologie (Abschnitt 3.1) sowie dessen Anwendungen, welche im Abschnitt 3.2 behandelt werden. Im Abschnitt 3.3 werden die Krypto-Handelsplätze erläutert, bevor die Vorhersehbarkeit der Märkte im Abschnitt 3.4 geschildert wird. Danach wird das Thema Trading-Strategie (Abschnitt 3.5) und die technische Analyse behandelt sowie deren technischen Indikatoren (Abschnitt 3.6) und die Performance-Measures (Abschnitt 3.7). Zum Schluss wird im Abschnitt 3.8 noch die bereits existierenden Trading-Bot-Lösungen aufgezeigt sowie im Abschnitt 3.9 noch auf die Regulationen im Kryptomarkt eingegangen.

### 3.1. Blockchain-Technologie

In diesem Abschnitt wird die Blockchain-Technologie und einige Begriffe der Blockchain erläutert, ohne jedoch die technischen Tiefen zu erörtern. In erster Linie geht es darum, zu verstehen, was die Blockchain-Technologie ist, was die Eigenschaften der Blockchain-Technologie sind und welche Arten der Blockchain existieren. Zusammengefasst kann die Blockchain wie folgt definiert werden:

Bei der Blockchain handelt es sich um ein verteiltes Hauptbuch (Distributed Ledger), in welchen Transaktionen in sogenannten Blöcken abgespeichert, verschlüsselt und mit dem vorherigen Block von Transaktionen verbunden werden. Dadurch entsteht eine Kette von Datenblöcken (Tapscott & Tapscott, 2018, S. 23–24).

Grundsätzlich kann die Blockchain dem Oberbegriff Distributed-Ledger-Technologie (DLT) zugeordnet werden (Hinckeldeyn, 2019, S. 5–6).

#### 3.1.1. Distributed-Ledger-Technologie (DLT)

Bei der Distributed-Ledger-Technologie handelt es sich um ein verteiltes (distributed) Hauptbuch (Ledger) (Urban, 2020, S. 15). Laut Urban (2020, S. 15) wird im klassischen Ansatz eine zentrale Datenbank verwendet, um das Hauptbuch zu speichern. Beim DLT werden diese Hauptbücher an eine Vielzahl von Netzwerkteilnehmern verteilt, wodurch jeder dieser Teilnehmer eine gleichberechtigte Kopie des Hauptbuches hat (Urban, 2020, S. 15).

Es muss sichergestellt werden, dass neue Transaktionen in allen verteilten Hauptbüchern angenommen werden und so ein Konsens für den aktuellen Status des Hauptbuches gefunden wird (Rutz, 2020, S. 9–10). Die Blockchain kann gemäss Adam (2020) auch als Distributed Ledger bezeichnet werden, jedoch ist nicht jedes verteilte Hauptbuch gleichzeitig auch eine Blockchain.

### 3.1.2. Blockchain-Technologie

Die Blockchain-Technologie ist eine Teildisziplin der Distributed-Ledger-Technologie (Hinckeldeyn, 2019, S. 5–6). Wie bei der Distributed-Ledger-Technologie ist auch die Blockchain-Technologie eine verteilte Datenbank, in der Transaktionen von jeglicher Art in Form von Blöcken gespeichert werden (Hinckeldeyn, 2019, S. 5–6). Vereinfacht gesagt ist die Blockchain eine Kette von digitalen Datenblöcken, welche von Block zu Block immer weiterwächst (Adam, 2020, S. 5). In jedem Block sind Transaktionen zusammengefasst wie Bestellungen, Überweisungen, Wertpapiere und weitere Transaktionsdaten (Adam, 2020, S. 7). Das Besondere dabei ist, dass diese Datenblöcke auf einer Vielzahl von dezentral vernetzten Rechnern gespeichert werden, wobei auf jedem Rechner dieselben Datenketten mit denselben komplexen Informationen vorhanden sind (Adam, 2020, S. 16–18).

Der Versuch, die Datenkette zu verändern, würde scheitern, da sich alle Knoten gegenseitig überwachen und die manipulierte Datenkette dadurch erkannt und ausgeschlossen werden würde. Die anderen Knoten arbeiten weiter, das System ist transparent, sicher und unveränderbar. Gemäss Urban (2020) schützt eine solche Architektur somit vor Ausfällen und Cyberangriffen. Falls ein Knoten ausfallen würde, arbeiten die anderen Knoten mit den exakt gleichen Daten weiter und würden so das Netzwerk nicht beeinträchtigen (Urban, 2020, S. 15–16). Für einen Cyberangriff mit dem Ziel, die Daten zu manipulieren, müsste der Angreifer mehr als 50 Prozent der Netzwerkknoten zur gleichen Zeit und in gleicher Weise verändern (Urban, 2020, S. 15–16). Zusammengefasst können die Eigenschaften *Dezentralität*, *Vertrauen*, *Anonymität* und *Transparenz* der Blockchain zugeordnet werden. **Dezentralität** bedeutet, dass es keine zentrale Instanz gibt, welche die Daten alleine besitzt, sondern die Datensätze (Blöcke) werden an alle Teilnehmer eines Netzwerkes (Peer-To-Peer Netzwerk) verteilt und gespeichert (Adam, 2020, S. 17). **Vertrauen** entsteht dadurch, dass die beteiligten Computer als sogenannte Knoten nicht manipuliert werden können, was durch verschiedene Verfahren sichergestellt wird. Dadurch werden nur zulässige Datensätze akzeptiert, entsprechend bleibt die Datenintegrität erhalten und es schafft eine Vertrauensbasis in das System (Adam, 2020, S. 17). **Anonymität** heisst, dass die Teilnehmer ein Pseudonym haben, welches dem Public Key entspricht. Dieser Schlüssel wird gebraucht, um einen Empfänger beziehungsweise einen Sender zu identifizieren (Adam, 2020, S. 17). Somit kann die Pseudonymität gewährleistet werden. Da die Daten chronologisch miteinander vernetzt und für alle einsehbar sind, ist die Blockchain nachvollziehbar und **transparent** (Adam, 2020, S. 17).

### 3.1.3. Blockchain-Technologie Evolution

Die Blockchain-Technologie hat sich seit der Erfindung von Bitcoin stetig weiterentwickelt. Der nachfolgende Überblick soll die Entwicklung der Technologie in Phasen unterteilen. So spricht man von der **Blockchain 1.0.**, wenn die Technologie für reine Finanztransaktionen verwendet wird, wie dies bei Bitcoin der Fall ist (Adam, 2020, S. 6). Von der Blockchain 2.0. spricht man, wenn es sich bei der Technologie nicht mehr rein um Finanztransaktionen handelt. Bei der **Blockchain 2.0.** kommen die Smart Contracts ins Spiel (siehe Kapitel 3.2.2) und erlauben so, ohne einen Intermediär Vermögensbestände zwischen zwei Teilnehmern auszutauschen (Adam, 2020, S. 6). Blockchain 3.0. sind Lösungen, welche bestrebt sind, die Einschränkungen der Vorgänger zu beheben. Dazu gehören angemessene Transaktionsraten und das Thema rund um den Energiekonsum (Adam, 2020, S. 6). Laut Jakob et al. (2018, S. 3) werden unter **Blockchain 3.0.** auch alle Anwendungen zusammengefasst, welche keinen direkten Bezug zu den Finanzen haben. Zusätzlich dazu befasst man sich mit der Frage nach dem Energiekonsum, der Blockgrösse und Skalierbarkeit der Blockchain (Adam, 2020, S. 17). Unter dem Kapitel 3.1.7 wird die Herausforderung des Energiekonsums nochmals aufgegriffen und entsprechend dem aktuellen Stand erläutert.

Um genauer zu verstehen, wie die Blockchain-Technologie funktioniert, werden in den folgenden Abschnitten die wichtigsten Bausteine der Blockchain-Technologie definiert. Diese Bausteine kommen aus der Informatik und der Kryptografie. Zuerst werden die Hash-Funktionen kurz beschrieben, als Nächstes wird darauf eingegangen, was es mit den Hash-Bäumen auf sich hat und zum Schluss wird die Definition und Funktion von digitalen Signaturen erläutert.

### 3.1.4. Hash-Funktionen

Bei den Hash-Funktionen handelt es sich um eine mathematische Funktion, welche einen Eingabewert in beliebiger Grösse in einen Zielwert mit vordefinierter Länge aus Buchstaben und Zahlen berechnet. Wichtig dabei ist, dass die Hash-Funktion eine gute Streuung als Eigenschaft hat. Dies bedeutet, sobald sich im Eingabewert auch nur eine Position geändert hat, wird ein komplett neuer Zielwert daraus hergeleitet. Ausserdem soll es nicht möglich sein, den Eingabewert aus dem Zielwert abzuleiten (Fill & Meier, 2020b, S. 5). Da es bei der Blockchain auf die Sicherheitsstandards ankommt, hat auch die Bitcoin Blockchain auf einen bekannten und etablierten Standard gesetzt, dem SHA-256 (Tapscott & Tapscott, 2018, S. 65). Dabei handelt es sich um eine Hash-Funktion, welche einen Lösungsraum von  $2^{256}$  unterschiedlichen Zielwerten besitzt (Fill & Meier, 2020b, S. 8). Die Eigenschaften der Hashfunktion SHA-256 können der Abbildung 3 entnommen werden.

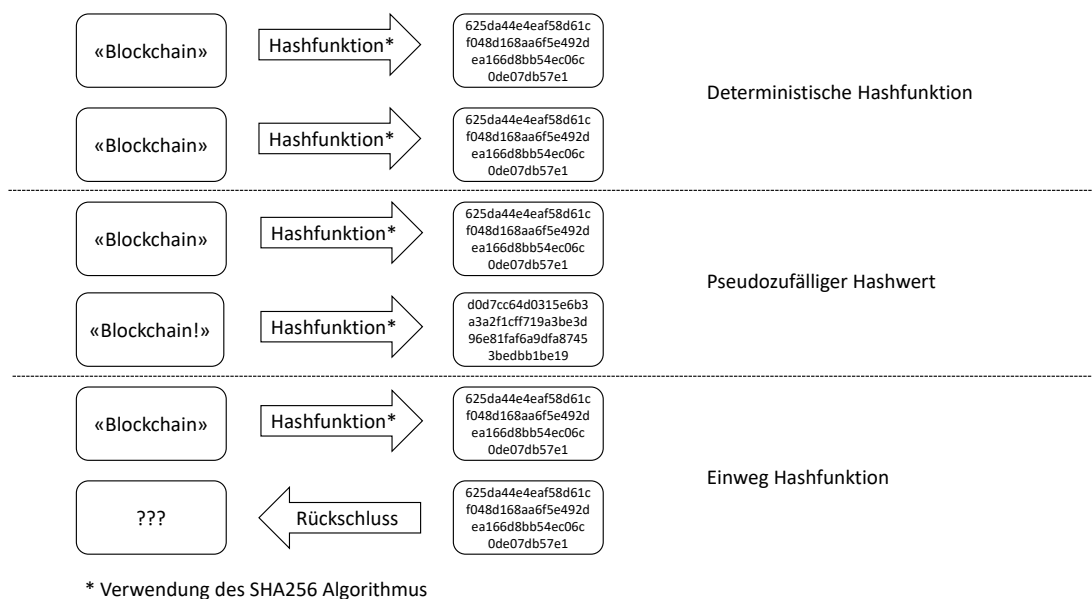


Abbildung 3: Eigenschaft der Hashfunktion SHA256. In Anlehnung an Hinckeldeyn (2019, S. 7)

### 3.1.5. Asymmetrische Verschlüsselung / Digitale Signaturen

Bei der asymmetrischen Kryptografie wird ein Schlüsselpaar für jeden Teilnehmer erstellt. In einem Schlüsselpaar ist ein privater Schlüssel und ein öffentlicher Schlüssel enthalten (Fill & Meier, 2020a, S. 12–15). Wie der Name schon sagt, sollte der Teilnehmer seinen privaten Schlüssel geheim halten. Der öffentliche Schlüssel ist wie eine Adresse des Teilnehmers und ist für alle anderen Teilnehmenden ersichtlich (Fill & Meier, 2020a, S. 12–15). Bei dem asymmetrischen Kryptografie-Verfahren verschlüsselt ein Absender seine Transaktion, sein Dokument oder Vertrag mit dem öffentlichen Schlüssel des Empfängers und sendet dieses dann an den Empfänger, welcher dieses Dokument mit seinem privaten Schlüssel dann entschlüsseln kann (Fill & Meier, 2020a, S. 12–15). Bei der digitalen Signatur wird die Nachricht mit dem privaten Schlüssel des Absenders verschlüsselt. Der Empfänger kann dann mit dem öffentlichen Schlüssel diese Nachricht entschlüsseln und die Echtheit des Absenders verifizieren (Fill Meier, 2020a, S. 12–15).

Bei der Blockchain wird normalerweise die Transaktion nicht verschlüsselt, sondern lediglich die digitale Signatur dem Hashwert der Transaktion angehängt (Fill & Meier, 2020a, S. 12–15). Der dadurch entstandene Code wird an den Empfänger mit dem Klartext der Nachricht übermittelt. Mit dem öffentlichen Schlüssel kann der Empfänger nun den Code entschlüsseln und den Hashwert, welcher dadurch entschlüsselt wurde, mit dem Hashwert der Klartext-Nachricht vergleichen und überprüfen (Fill & Meier, 2020a, S. 12–15).

### 3.1.6. Aufbau der Blockchain

Die Datenstruktur bei der Blockchain liegt in Blöcken dar (Fill & Meier, 2020b, S. 10–11). In einem Block können eine oder mehrere Transaktionen enthalten sein, auf die ein Merkle-Tree angewendet wird (Fill & Meier, 2020b, S. 10–11). Dieser erzeugt einen Root-Hash, welcher in dem Block-Header hinterlegt wird, was auf Abbildung 4 ersichtlich ist. Zusätzlich zu diesem Root-Hash werden noch ein Zeitstempel, die aktuelle Version der Blockchain-Implementierung, ein Target, ein Nonce-Wert sowie eine Referenz zum vorherigen Block-Header dem aktuellen Block-Header hinzugefügt (Fill & Meier, 2020b, S. 10–11). Aus all diesen Block-Header-Informationen wird der sogenannte Block-Hash gebildet, welcher im nächsten Block wiederverwendet wird, wodurch die Blöcke miteinander verknüpft sind (Fill & Meier, 2020b, S. 10–11).

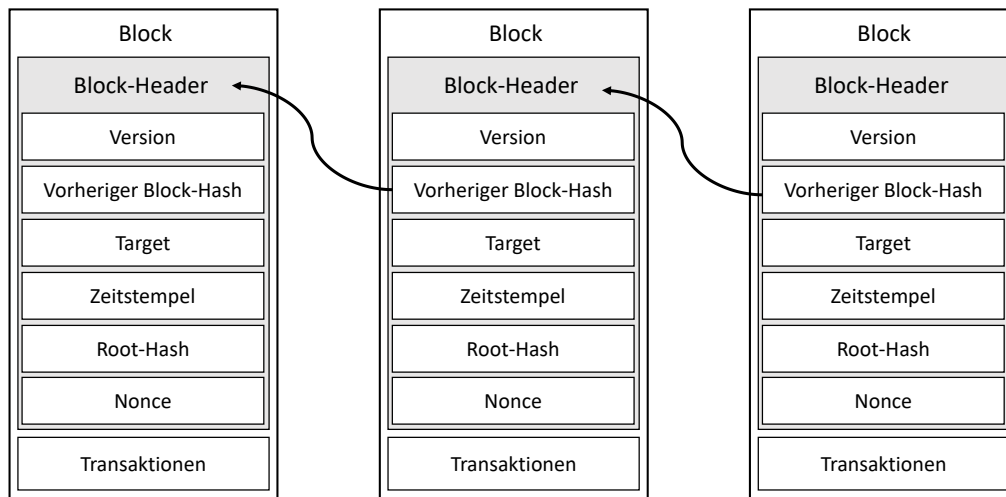


Abbildung 4: Aufbau einer Blockchain. In Anlehnung an Fill und Meier (2020b, S. 12)

#### **Zeitstempel:**

Bei dem Zeitstempel handelt es sich um den Erstellungszeitpunkt des Blockes (Hinckeldeyn, 2019, S. 11–12).

#### **Target bzw. Schwierigkeit:**

Dabei handelt es sich um die Zeit, welche zur Erstellung eines neuen Blockes gebraucht wird (Hinckeldeyn, 2019, S. 11–12). Braucht die Erstellung eines Blockes zu lange, so wird die Schwierigkeit nach einer gewissen Anzahl an Blöcken angepasst (Hinckeldeyn, 2019, S. 11–12).

#### **Nonce:**

Nonce bedeutet "Number only used once" und ist eine Zufallszahl. Damit von den Teilnehmern ein zulässiger Block-Hash gefunden werden kann, muss diese Zufallszahl

zuerst gefunden werden. Mithilfe von viel Rechenaufwand seitens der Teilnehmer im Netzwerk wird diese Zufallszahl gefunden (Hinckeldeyn, 2019, S. 11–12).

### 3.1.7. Konsensmodelle

Da es sich bei der Blockchain um ein verteiltes Netzwerk von Teilnehmenden handelt und keine zentrale Instanz vorhanden ist, welche die vorhandenen Daten überprüft, braucht es einen Konsens über den Zustand der Blockchain unter den Teilnehmern (Adam, 2020, S. 27). Dieser Konsens geschieht über den Konsens-Algorithmus. Es existieren verschiedene Arten von Konsens-Algorithmen (Adam, 2020, S. 27). Die wichtigsten sind der *Proof-of-Work* und der *Proof-of-Stake* Konsens-Algorithmus. Der **Proof-of-Work-Mechanismus** ist der bekannteste und wird von der Bitcoin-Blockchain verwendet (Adam, 2020, S. 29). In diesem Prozess versuchen die Knoten komplexe mathematische Rätsel zu lösen, deren Schwierigkeit mit der Zeit immer rechenintensiver wird, was auch als Mining bezeichnet wird (Adam, 2020, S. 29). Löst ein Miner als erstes das Rätsel, so wird dieser mit Bitcoins belohnt (Adam, 2020, S. 29). Ein solches Rätsel zu lösen und dadurch einen Datenblock zu entschlüsseln, ist zeitaufwändig und kostspielig (Sedlmeir et al., 2020, S. 4). Die Bitcoin-Blockchain benötigt gemäss Sedlmeir et al. (2020, S. 4) bereits heute fast 60 TWh, was ca. 15 Millionen Haushalten entspricht. Beim **Proof-of-Stake** wird nicht über Miner, sondern von Forger oder Validatoren gesprochen (Adam, 2020, S. 32). Bei diesem Mechanismus wird ein Block nicht durch den Ersten validiert, der das mathematische Rätsel löst, sondern durch einen Zufallsalgorithmus, der entscheidet, wer den nächsten Block validieren darf (Adam, 2020, S. 32). Für die Entscheidung wird die Menge an gehaltenen Kryptowährungen und dessen Alter miteinbezogen (Adam, 2020, S. 32). Dadurch ist der Energieverbrauch im Vergleich zum Proof-of-Work-Konsensmodell vernachlässigbar (Sedlmeir et al., 2020, S. 9).

### 3.1.8. Arten der Blockchain

Es gibt nicht nur eine Art der Blockchain. Die Unterscheidung teilt sich in die öffentliche Blockchain, die private Blockchain und die konsortiale Blockchain (Adam, 2020, S. 20–21).

Alles hat mit der Bitcoin Blockchain begonnen, wobei es sich um eine öffentliche Blockchain handelt und eine Open Source Software ist, welche von jedem Interessierten eingesehen und installiert werden kann (Adam, 2020, S. 20–21).

*«Bei der public Blockchain handelt es sich um eine öffentliche dezentrale Datenbank, die für jede Person auf der Welt mit einem Computer und Internetzugang zugänglich ist»* (Adam, 2020, S. 20).

Im Gegensatz zur öffentlichen Blockchain wird bei dem privaten Blockchain-Ansatz

festgelegt, wer in welcher Form Zugriff auf die Blockchain erhält (Adam, 2020, S. 20–21). In der privaten Blockchain werden sich die gleichen Elemente der öffentlichen Blockchain zu eigen gemacht, jedoch wird der Zugang über eine zentrale Instanz geregelt (Adam, 2020, S. 20–21).

Wie bei dem privaten Blockchain-Ansatz wird bei dem konsortialen Blockchain-Ansatz der Zugriff eingeschränkt (Adam, 2020, S. 20–21). Wenn sich Unternehmen einer Branche zusammen entscheiden, Daten und Transaktionen für einen vorab definierten Anwendungsfall über die Blockchain managen zu lassen, wird von einem konsortialen Ansatz gesprochen (Adam, 2020, S. 20–21).

### **3.1.9. Abgrenzung von Coin und Token**

Ein **Coin** wird in erster Linie als Zahlungsmittel eingesetzt und soll eine digitale Währung darstellen. Die bekanntesten beiden Coins sind der Bitcoin basierend auf der Bitcoin Blockchain und der Ethercoin der Ethereum Blockchain. Ein Coin besitzt eine eigene Blockchain, was nicht der Fall ist bei Tokens (Hönig, 2020, S. 31–32).

Im Gegensatz zu den Coins werden Tokens nicht primär als Zahlungsmittel verwendet. Wie schon erwähnt, haben Tokens keine eigene Blockchain und werden auf Basis anderer Blockchains erstellt. Tokens werden häufig als Zahlungsmittel, digitales Asset, als anteiliges Abstimmrecht oder als Zugangsschlüssel zu diversen Produkten und Dienstleistungen des jeweiligen Blockchain-Projekts verwendet. Je nach Anwendungsfall können Tokens in folgende Kategorien unterteilt werden (Hönig, 2020, S. 32):

- Utility Token
- Equity Token/ Asset Token
- Security Token

## **3.2. Anwendungen der Blockchain**

Die Blockchain-Technologie findet in verschiedenen Branchen Anwendung. In diesem Abschnitt wird nicht speziell auf die Branchen eingegangen, sondern es werden die Hauptanwendungen der Technologie beschrieben.

### **3.2.1. Dezentrales Zahlungssystem (Kryptowährungen)**

Wie im Kapitel 3.1.3 bereits erwähnt, wurden in der ersten Phase, Blockchain 1.0., Anwendungen für das dezentrale Zahlungssystem entwickelt, allen voran die Mutter aller Blockchain-Anwendungen, der Bitcoin (Adam, 2020, S. 58). Coins, welche nach

dem Bitcoin entwickelt wurden, nennt man Altcoin, was für Bitcoin-**Alternative** steht (Hönig, 2020, S. 31).

### 3.2.1.1. Bitcoin

Bitcoin wurde 2008 im White Paper von Satoshi Nakamoto (2008) zum ersten Mal erwähnt und als Peer-to-Peer-Version eines elektronischen Geldsystems beschrieben. Durch das Bitcoin-Netzwerk können die Teilnehmer untereinander direkt Zahlungen ausführen, ohne dass eine Bank als Intermediär involviert sein muss. Die Zahlungsinformationen werden in der Bitcoin Blockchain verteilt und mit dem bereits vorgestellten Blockchain-Ansatz gespeichert (Burgwinkel, 2016, S. 23).

### 3.2.1.2. Altcoins

Altcoin steht wie schon erwähnt für Bitcoin-Alternative und fasst alle Kryptowährungen, welche nach Bitcoin entstanden sind, zusammen. Dabei sind viele Altcoins Verzweigungen von Bitcoin mit nur sehr geringen Änderungen, wie der bekannte Litecoin (Adam, 2020, S. 189). Durch die Eigenschaft, dass der Bitcoin Quellcode Open Source ist und jeder Zugriff zu diesem Code hat, ist es für Entwickler ein Leichtes, die Bitcoin Blockchain zu kopieren und durch weitere Elemente zu erweitern, wodurch ein neuer Altcoin entsteht (Sixt, 2017, S. 111). Dabei versuchen Entwickler Limitationen des Bitcoin-Protokolls durch eine Weiterentwicklung zu umgehen oder sie haben das Ziel, ein neues Geschäftsmodell zu entwickeln (Sixt, 2017, S. 111). Die Anzahl von Kryptowährungen ist seit der Erfindung von Bitcoin stetig gestiegen, wie man in der Abbildung 5 sehen kann.

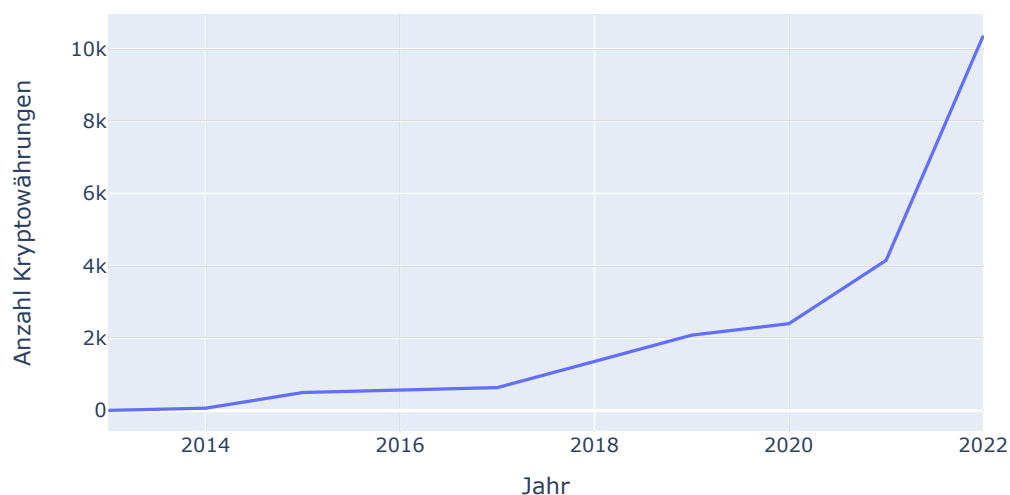


Abbildung 5: Anzahl Kryptowährungen von 2013 bis 2022 (GP Bullhound et al., 2022)

### 3.2.1.3. Stablecoins

Stablecoins sind Kryptowährungen, welche an einen Vermögenswert ausserhalb der Kryptowelt, wie zum Beispiel an die Währung US-Dollar, geknüpft sind. Der erste Stablecoin namens Tether wurde bereits 2017 entwickelt und wird durch den USD



besichert (Meisner, 2021, S. 208). Andere Stablecoins, welche eine hohe Marktkapitalisierung haben, sind unter anderem der USD Coin und der Dai (Ashmarina, 2020, S. 631).

### 3.2.2. Smart Contracts

Gegen Ende der 90er-Jahre wurden Smart Contracts als ein Konzept rechtsrelevanter Computerprogramme erstmalig beschrieben. Mit ihnen können durch webbasierte Computerprotokolle Verträge digital abgebildet, überprüft sowie Vertragsverhandlungen und/oder -durchsetzungen technisch unterstützt werden (Wilkens & Falk, 2019, S. 3).

Das Referenzbeispiel von Szabo (1997) beschreibt einen Warenautomaten, welcher bei ausreichend eingeworfenem Geld das ausgewählte Produkt zur Verfügung stellt. Dieser Automatismus geschieht ohne Beteiligung von weiteren Personen. Die gleiche Systematik gilt für einen Smart Contract. Ein Smart Contract ist eine Softwareanwendung, die auf der Blockchain auf Basis einer Wenn-Dann-Logik ausgeführt wird (Vigliotti & Jones, 2020, S. 18). Wird ein sogenannter Trigger ausgelöst, wie beispielsweise das rechtzeitige Liefern einer Ware, wird die im Vertrag vereinbarte Bedingung wie zum Beispiel das Bezahlen der Ware automatisch ausgelöst.

Ein Smart Contract ist kein Vertrag im juristischen Sinne, sondern vielmehr ein Programmcode, der Statusübergänge, Daten, Prozesslogiken und weitere Parameter enthält und als Ganzes eine programmierte Abfolge darstellt, in welcher mindestens ein Resultat an bestimmte Bedingungen und/oder Ereignisse geknüpft ist (Wilkens & Falk, 2019, S. 9). Nachdem ein Smart Contract für die Blockchain verständlich gemacht und im Netzwerk der Blockchain erstellt wurde, ist dieser nur noch eingeschränkt modifizierbar (Wilkens & Falk, 2019, S. 9). Die folgende Tabelle 1 fasst den Unterschied zwischen einem Standardvertrag und einem Smart Contract zusammen:

Tabelle 1: Unterscheidung Vertragsarten (Vigliotti & Jones, 2020, S. 140)

<b>Kontext</b>	<b>Traditionelle Verträge</b>	<b>Smart Contract</b>
Angebot und Annahme	Natürliche Sprache	Programmiercode
Zustimmung	Ausführung der Unterschrift	Ausführen von elektronischen oder digitalen Signaturen
Berücksichtigung / Bezahlung	Wie vereinbart	Integriert im Code
Hinterlegung	Vertrauenswürdige dritte Partei	Integriert im Code
Audit / Zweite Meinung	Kompetenter Anwalt	Kompetenter Software Engineer

### 3.2.3. Initial Coin Offerings (ICOs)

Das sogenannte ICO «Initial Coin Offering» wurde in Anlehnung an das IPO «Initial Public Offering», welches für Aktiengesellschaften dient, ins Leben gerufen und erlebte im Jahr 2017 seinen Höhepunkt, an dem kein Tag verging, wo das ICO nicht in den Medien stand (Adam, 2020, S. 151). Dabei handelt es sich um ein erstes Angebot von einem Coin oder Token und dient in der Welt der Kryptowährungen als Finanzierungsmöglichkeit von Projekten im Blockchain-Bereich. (Hönig, 2020, S. 1). Im Jahr 2017 wurden über 2.3 Milliarden USD in den unregulierten ICO-Markt investiert. Dies blieb nicht unbemerkt von der amerikanischen und der schweizerischen Finanzaufsichtsbehörde, welche die bestehenden Wertpapiergesetze auf Token-Angebote ausgeweitet haben (Treiblmaier & Clohessy, 2020, S. 113–114). Inzwischen gibt es neue Arten für die Finanzierung von Tokens, welche auch von den Finanzaufsichtsbehörden reguliert sind, diese sind unter dem Namen Security Token Offerings (STO) bekannt (Wilkins & Falk, 2019, S. 22).

### 3.2.4. dApp

DApps sind dezentrale Applikationen, was bedeutet, dass der Quellcode der Applikation in der Blockchain abgelegt ist und nicht wie üblicherweise auf zentralisierten Servern. Dadurch ist der Quellcode für alle öffentlich zugänglich, also Open Source (Adam, 2020, S. 147). DApps laufen nur auf Blockchains, welche die Smart Contract-Funktionen unterstützen und laufen somit nicht auf der Bitcoin Blockchain (Adam, 2020, S. 147). Man kann sich also eine dApp als eine Webseite oder Software mit einem oder der mehreren Smart Contracts vorstellen, mit den gleichen Eigenschaften wie eine herkömmliche Anwendung, nur mit dem Unterschied, dass die Daten und Berechnungen von der Blockchain stammen (Yano et al., 2020, S. 80–81).

Es gibt eine Vielzahl von dApp-Anwendungsbereichen, welche in folgende Kategorien eingeordnet werden können (Yano et al., 2020, S. 83–84):

- Geldbeschaffung (ICO (Siehe Kapitel 3.2.3))
- Marktplätze einschließlich Börsen
- Identifizierung von Anbietern
  - Know Your Customer (KYC)
  - und Anti-Money Laundering (AML)
- Finanzdienstleistungen (DeFi)
- Sicherung von Vermögenswerten
- Supply Chain Management

- Spiele (Gaming)

### 3.3. Handelsplätze

Handelsplätze, an denen Kryptowährungen gehandelt werden können, nennt man Kryptobörsen. Viele dieser Börsen verlangen wie die traditionellen Börsen eine Identifikationsprüfung aus Sicherheitsgründen und gemäss den Vorschriften des Geldwäschegesetzes (Hönig, 2020, S. 62). Man kann zwischen zentralen Handelsplattformen und dezentralen Handelsplattformen unterscheiden, welche sich von der Einflussnahme-Möglichkeit der Handelsplattform unterscheiden. Bei zentralen Kryptobörsen findet der Austausch über einen zentralen und öffentlichen Schlüssel statt und wird von der Handelsplattform kontrolliert, dabei kennen sich die Transaktionsparteien nicht. Bei dezentralen Börsen fungiert die Handelsplattform als Vermittler von zwei Parteien (Appel, 2021, S. 20).

Laut CoinMarketCap (2022) gibt es 498 Börsen für Kryptowährungen, an welchen 18'738 Kryptowährungen gehandelt werden können (Stand: 06.04.2022). Nachfolgend werden die fünf grössten zentralen sowie die fünf grössten dezentralen Kryptobörsen nach Vertrauen und Handelsvolumen aufgelistet.

Tabelle 2: Zentrale und dezentrale Kryptobörsen

Zentrale Handelsplattform	Volumen (24h)	Coins	Dezentrale Handelsplattform	Volumen (24h)
Binance	\$ 25'835'064'596	396	dYdX	\$ 3'069'825'789
Coinbase Exchange	\$ 4'453'565'207	170	Uniswap (V3)	\$ 2'242'684'754
FTX	\$ 2'824'655'267	322	PancakeSwap (V2)	\$ 964'143'053
Kraken	\$ 1'173'510'016	151	SpookySwap	\$ 346'789'944
KuCoin	\$ 3'508'496'393	627	Uniswap (V2)	\$ 313'526'733

Die Gebühren für den Kauf und Verkauf von Kryptowährungen unterscheiden sich von Börse zu Börse. Die grösste Kryptobörse Binance verlangt für eine Transaktion 0.1% Gebühr laut Binance (23.04.2022), wohingegen die zweitgrösste Börse Coinbase 1.5% Gebühr pro Transaktion verlangt (Wollnitz, 23.02.2022).

### 3.4. Vorhersehbarkeit des Marktes

Die *Random-Walk-Theorie (RWH)*, welche auf der *Hypothese effizienter Märkte (EMH)* basiert, sagt aus, dass Preisänderungen periodisch unabhängig sind und dass die Preishistorie kein verlässlicher Indikator ist, um zukünftige Preisbewegungen vorherzusagen (Murphy, 2006, S. 37). Nach der EMH-Hypothese ist ein Markt in einem bestimmten Zeitraum effizient, wenn die Preise alle verfügbaren Informationen vollständig widerspiegeln. Dies bedeutet, dass es nicht möglich ist, auf der Grundlage von verfügbaren Informationen systematisch abnormale Renditen zu erzielen (Tsinaslanidis, 2015, S. 8). Laut Murphy (2006, S. 37) sagt die EMH-Hypothese ausser-

dem aus, dass die einfache Buy & Hold-Strategie besser ist als jeder Versuch, den Markt zu schlagen.

### 3.5. Trading-Strategie

In einer Studie von Fang et al. (2022) beschreiben die Autoren, dass es viele verschiedene Trading-Strategien gibt, welche jedoch grob in zwei Bereiche eingeordnet werden können, nämlich die *fundamentale Analyse* und die *technische Analyse*. Die technische Analyse ist das Studium von Marktbewegungen, wohingegen die fundamentale Analyse sich auf die ökonomischen Kräfte von Angebot und Nachfrage konzentriert, welche zu steigenden, fallenden oder gleichbleibenden Preisen führt (Murphy, 2006).

*«Der Fundamentalist studiert die Ursachen von Marktbewegungen, während der Techniker die Auswirkungen untersucht.»* (Murphy, 2006)

Diese Masterarbeit konzentriert sich in erster Linie auf die technische Analyse und beschreibt diese nachfolgend ein wenig genauer.

Die technische Analyse folgt drei Grundannahmen (Murphy, 2006):

- Die Marktbewegung diskontiert alles.
- Kurse bewegen sich in Trends.
- Die Geschichte wiederholt sich selbst.

**Die Marktbewegung diskontiert alles** ist laut Murphy (2006) der Grundstein für die technische Analyse, da der Techniker daran glaubt, dass der aktuelle Kurs alle möglichen Einflussfaktoren wie die fundamentalen, politischen oder psychologischen bereits beinhaltet und somit die fundamentale Analyse bereits im Kurs widergespiegelt ist. Die zweite Grundannahme, **dass sich Kurse in Trends bewegen**, ist essenziell für den Techniker, da es dessen Hauptaufgabe ist, Trends in ihrer frühen Phase der Entwicklung zu erkennen und diese in die richtige Richtung zu traden (Murphy, 2006, S. 24). Zum Schluss haben wir noch die Annahme, **dass sich die Geschichte selbst wiederholt**, was bedeutet, dass sich Kursformationen aus der Vergangenheit auch in Zukunft wiederholen werden, da die menschliche Psyche dazu tendiert, sich nicht zu verändern. Findet man ein Kursmuster, welches in der Vergangenheit bereits dokumentiert wurde, so kann man mit einer Wahrscheinlichkeit prognostizieren, ob ein Kurs mit dem gleichen Muster eher dazu tendiert zu steigen oder zu fallen (Murphy, 2006, S. 24).

Ein weiterer Vorteil von der technischen Analyse ist die Eigenschaft, dass diese auf verschiedene Zeithorizonte angewendet werden kann. So gelten die gleichen Regeln

für kleinste Kursänderungen innerhalb eines Handelstages, welche benutzt werden, um *Day Trading* zu betreiben, wie auch für mittelfristige Trends, für das sogenannte *Swing Trading* (Murphy, 2006, S. 27 - 28).

## **3.6. Technische Indikatoren**

Da die Chartanalyse subjektiv und schwer überprüfbar ist, eignet sich die Chartanalyse nicht so gut für die Computerisierung, wohingegen technische Indikatoren gut programmiert werden können, um auf diesen Indikatoren spezifische Kauf- und Verkauf-Signale zu generieren (Murphy, 2006, S. 201). In dieser Masterarbeit werden technische Indikatoren verwendet, welche in dem Buch „Technische Analyse der Finanzmärkte“ von Murphy (2006, S. 201) beschrieben wurden. Es werden technische Indikatoren der Gruppe **Gleitende Durchschnitte** sowie der **Oszillatoren** verwendet.

### **3.6.1. Gleitende Durchschnitte**

Der gleitende Durchschnitt oder auch Moving Average (MA) ist der am häufigsten verwendete technische Indikator (Murphy, 2006, S. 201–202). Der gleitende Durchschnitt wird häufig als Grundlage für Trendfolgesysteme verwendet. Seine Aufgabe ist es, einen Trend im Kurs widerzuspiegeln. Der MA reagiert nur auf den Kurs und antizipiert diesen nicht, das heißt, es wird nicht angedeutet, dass ein Kurs einen neuen Trend beginnt oder ein Trend beendet wird und umkehrt, sondern, dass ein neuer Trend begonnen hat, jedoch erst nach dem Ereignis. Analysten verwenden den Schlusskurs (Close Price) am häufigsten für die Berechnung von gleitenden Durchschnitten, einige Analysten nehmen jedoch auch andere Kurspreise als Ausgangslage, um die Durchschnitte zu berechnen (Murphy, 2006, S. 201–202).

Für diese Arbeit wird nur der Schlusskurs als Grundlage für die Berechnungen der technischen Indikatoren verwendet. Nachfolgend werden ein paar technische Indikatoren auf Basis von gleitenden Durchschnitten behandelt. Dazu gehört der einfache gleitende Durchschnitt (Simple Moving Average, kurz SMA), der exponentielle gleitende Durchschnitt (Exponential Moving Average, kurz EMA), die Kombination von zwei gleitenden Durchschnitten (Moving Average Crossover, kurz MAC), ein adaptiver gleitender Durchschnitt (Adaptive Moving Average, kurz AMA), die Bollinger Bänder sowie die 4-Wochen-Regel.

#### **3.6.1.1. Einfacher gleitender Durchschnitt (SMA)**

Dabei handelt es sich, wie der Name schon sagt, um einen Durchschnitt von einer definierten Datenmenge. Soll der gleitende Durchschnitt von den letzten zehn Tagen berechnet werden, so addiert man die Daten der letzten zehn Tage zusammen und

teilt diese durch die Anzahl an Datenpunkten für diese Periode. Liegen die Kursdaten auf Tagesbasis dar, so summiert man die zehn letzten Schlusskurse (Close Price) und teilt diese durch zehn. Der Begriff *gleitend* wird verwendet, da in die Berechnung des gleitenden Durchschnitts immer nur die letzten zehn Tage miteinbezogen werden (Murphy, 2006, S. 201–202). In der Abbildung 6 wird ein solcher gleitender Durchschnitt der letzten 12 Schlusskurse des Bitcoin Kursverlaufs dargestellt.

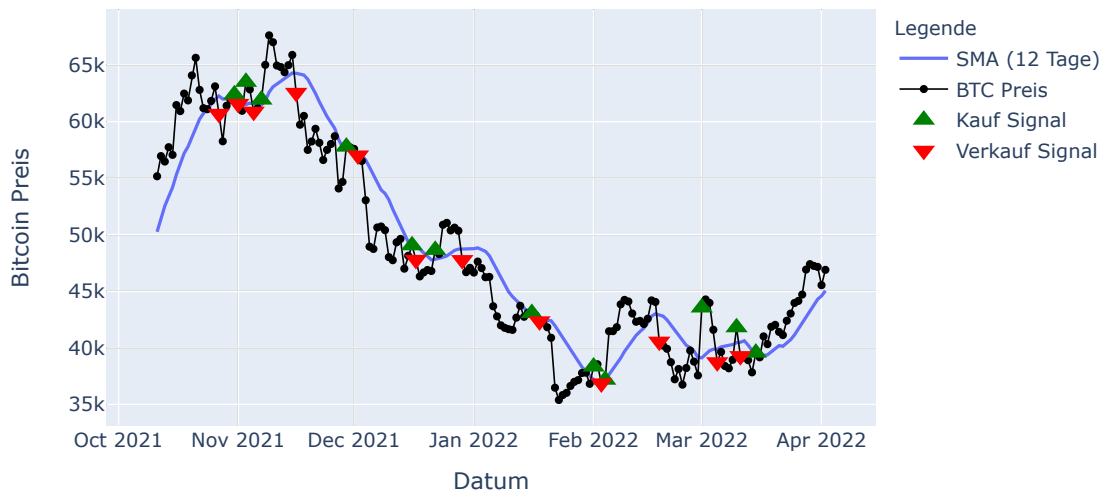


Abbildung 6: SMA der letzten 12 Schlusskurse des Bitcoin-Preises

Kommt nur ein gleitender Durchschnitt zum Einsatz, so wird jedes Mal, wenn der Kurs von unten den gleitenden Durchschnitt durchbricht, ein Kauf-Signal generiert. Durchbricht der Kurs die Durchschnittsline von oben nach unten, so ist dies ein Verkauf-Signal (Murphy, 2006, S. 205–206). Wie man in der Abbildung 6 sehen kann, werden mit einem 12-Tages-Durchschnitt sehr viele Kauf- und Verkauf-Signale generiert. So stellt sich die Frage, über wie viele Tage sollte man den Durchschnitt ermitteln? Gibt es einen optimalen Durchschnitt für jeden Markt? Sollten mehrere Durchschnittslinien miteinander kombiniert werden?

In der Studie Resta et al. (2020) wurden Simple Moving Averages für das Day Trading wie auch für das Trading auf Tagesdaten durchgeführt. Dabei konnte herausgefunden werden, dass im Day Trading die SMA-Strategie schlechter abgeschnitten hatte als die Buy & Hold-Strategie. Bei den Daten auf Tagesbasis sah die Situation wiederum anders aus, dass die SMA-Strategie die Buy & Hold-Strategie übertraf. Die höchste Rendite konnte dabei mit einer Periode von 12 Tagen erreicht werden.

### 3.6.1.2. Exponentieller gleitender Durchschnitt (EMA)

Bei dem EMA handelt es sich um einen gewichteten gleitenden Durchschnitt. Dieser behandelt zwei Kritikpunkte des einfachen gleitenden Durchschnitts, nämlich dass der einfache gleitende Durchschnitt nur die Daten miteinbezieht, welche in dem definierten Zeitraum vorhanden sind und dass alle vergangenen Daten in dem gewählten Zeitraum gleich gewichtet sind. Der exponentiell geglättete gleitende Durchschnitt

gewichtet den aktuellen Schlusskurs höher als die vergangenen Daten und bezieht alle vorhandenen Tage in die Berechnung mit ein. Dies wird dadurch erreicht, indem dem aktuellen Schlusskurs ein Gewicht ( $\alpha$ ) gegeben wird und dem EMA der Vorperiode das Gewicht  $(1-\alpha)$  (Murphy, 2006, S. 205). Die Berechnung von  $\alpha$  (Formel 2) und die des EMA (Formel 1) ist nachfolgend dargestellt:

$$EMA_t = C_t * \alpha + EMA_{t-1} * (1 - \alpha) \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{2}{(n + 1)} \quad (2)$$

Dabei gilt:

C = letzter Schlusskurs

t = Zeitpunkt

n = gewünschte Periode zur Berechnung des EMA

Wie bei dem SMA wird auch bei dem EMA ein Kauf-Signal generiert, sobald der aktuelle Kurs die EMA-Linie von unten nach oben durchbricht und ein Verkauf-Signal, wenn der Kurs die EMA-Linie von oben nach unten durchbricht (siehe Abbildung 7).

Neben der SMA-Strategie wurde auch die EMA-Strategie in der Studie Resta et al. (2020) untersucht. Das Ergebnis der Untersuchung war wie bei der SMA-Strategie, dass im Day Trading keine höheren Renditen erzielt werden konnten als bei der Buy & Hold-Strategie. Auf Tagesdaten konnte jedoch, wie auch bei der SMA-Strategie, die Buy & Hold-Strategie übertroffen werden.



Abbildung 7: EMA der letzten 12 Schlusskurse des Bitcoin-Preises

### 3.6.1.3. Kombination von zwei gleitenden Durchschnitten (MAC)

Die Verwendung von zwei gleitenden Durchschnitten (SMA oder EMA) wird auch als *Double Crossover Method* bezeichnet und ist laut Murphy (2006, S. 208) vor-

teilhafter, als nur einen gleitenden Durchschnitt zu verwenden, da dies zu weniger Fehlsignalen führt. Bei dieser Methode kommt ein gleitender Durchschnitt mit einer kurzen Periode und einer langen Periode zum Einsatz. Der kurze gleitende Durchschnitt folgt dabei dem Kurs enger, wohingegen der längere Durchschnitt dem Kurs weiter entfernt folgt, wie in Abbildung 8 zu sehen ist. Wenn in dieser Methode die kurze Durchschnittslinie die lange Durchschnittslinie von unten nach oben durchkreuzt, so wird ein Kauf-Signal ausgelöst und umgekehrt ein Verkauf-Signal (Murphy, 2006, S. 208).



Abbildung 8: Crossover von zwei SMAs auf dem Bitcoin-Preis

Die Strategie mit zwei Simple Moving Averages wurde in der Studie Brown und Pelosi (2019) auf 40 Kryptowährungen untersucht, mit dem Ergebnis, dass bei 10 Kryptowährungen eine höhere Performance erreicht werden konnte als bei der Buy & Hold-Strategie. Bei den restlichen Kryptowährungen gab es entweder zu wenige Daten, um die Strategie zu testen oder die Buy & Hold-Strategie lieferte bessere Resultate. Auch in der Forschungsarbeit von Ahmad et al. (2021) konnte nachgewiesen werden, dass die Moving Average Crossover-Strategie höhere Renditen erreicht wie die Buy & Hold-Strategie.

#### 3.6.1.4. Adaptiver gleitender Durchschnitt (AMA)

Bei den gleitenden Durchschnitten muss man sich entscheiden, ob man einen schnellen oder einen langsamen Durchschnitt verwenden möchte. In einer Seitwärtsbewegung ist der langsame Durchschnitt dem kurzen Durchschnitt vorzuziehen, bewegt sich der Markt jedoch schnell nach oben oder unten, so wird der kurze Durchschnitt bevorzugt (Murphy, 2006, S. 226). Eine Lösung für dieses Problem hat Perry Kaufman mit dem *angepassten gleitenden Durchschnitt* geliefert, bei dem sich die Geschwindigkeit des gleitenden Durchschnitts dem Rauschen, oder anders gesagt, der Volatilität des Marktes anpasst. Bei diesem Indikator passt sich die Durchschnittslinie in einer Seitwärtsbewegung langsamer an den Preis an, jedoch schnell, wenn sich auch der Preis schnell bewegt (Murphy, 2006, S. 226). Für diesen Indikator berechnet



Kaufman den sogenannten *Efficiency Ratio*, welcher die Trendrichtung mit dem Volatilitätsgrad vergleicht. Ist der Efficiency Ratio hoch, so ist mehr Trendrichtung als Volatilität vorhanden und es wird eine kurze Durchschnittslinie bevorzugt. Ist hingegen der Efficiency Ratio tief, so ist mehr Volatilität im Markt vorhanden als eine Trendrichtung und es wird ein langsamer gleitender Durchschnitt bevorzugt (Murphy, 2006, S. 226). Wie sich dieser Indikator auf dem Bitcoin Chart verhält, sieht man in der Abbildung 9. Für dieses Beispiel wurde ein Window von 10 Tagen verwendet, um den Efficiency Ratio zu berechnen, 2 Tage für den schnellen gleitenden Durchschnitt und 30 Tage für den langsamen gleitenden Durchschnitt. Für das Kauf- und Verkauf-Signal wird die gleiche Regel verwendet, wie für den SMA oder EMA.



Abbildung 9: Kaufman AMA auf dem Bitcoin-Preis

### 3.6.1.5. Bollinger Bänder

Bei den Bollinger Bänder handelt es sich um einen Indikator, bei dem sich zwei Trading-Bänder, ähnlich wie Prozentbänder, um einen gleitenden Durchschnitt bewegen. Die beiden Bollinger Bänder, welche sich oberhalb und unterhalb des gleitenden Durchschnitts befinden, berechnen sich durch die Standardabweichung der Kurse zu dem gleitenden Durchschnitt, also wie die Kurse um die Durchschnittslinie streuen (Murphy, 2006, S. 214). Durch den Faktor 2 bei der Standardabweichung erreicht man, dass sich 95% aller Kursdaten innerhalb dieser beiden Bänder bewegen. Im Gegensatz zu Prozentbändern, welche konstant den gleichen Abstand zum gleitenden Durchschnitt haben, beziehen die Bollinger Bänder die Volatilität einer definierten Periode mit ein und ziehen sich zusammen, wenn die Volatilität tief ist, beziehungsweise dehnen sich aus, wenn die Volatilität hoch ist. Berührt der Kurs das obere Bollinger Band, so wird der Kurs als überkauft angesehen und als überverkauft, wenn der Kurs das untere Band berührt. Die Strategie hinter den Bollinger Bändern ist das Verwenden der Bänder als Kursziele. Durchbricht der Kurs den gleitenden Durchschnitt nach oben, so wird das obere Band als Kursziel verwendet, durchbricht der Kurs die Durchschnittslinie jedoch von oben nach unten, so

wird das untere Band als Kursziel benutzt. In einem Aufwärtstrend bewegt sich der Kurs normalerweise zwischen dem gleitenden Durchschnitt und dem oberen Band. Das Durchbrechen der Durchschnittslinie zeigt dann einen Trendwechsel an. Wenn die Bänder weit auseinander sind, deutet dies auf das Ende eines Trends hin, sind die Bänder jedoch eng zusammen, ist dies zusätzlich ein Indikator, dass ein neuer Trend in absehbarer Zeit beginnen könnte. Der gleitende Durchschnitt wird üblicherweise von 20 Tagen berechnet, kann jedoch auch auf Wochen- oder Monatsbasis berechnet werden. Bollinger Bänder funktionieren am besten in einer Kombination mit überkauft-/überverkauft-Indikatoren aus dem nächsten Abschnitt, den Oszillatoren (Murphy, 2006, S. 216).



Abbildung 10: Bollinger Bänder auf dem Bitcoin-Preis

In der Untersuchung von Resta et al. (2020) wurden die Bollinger Bänder mit drei verschiedenen Perioden getestet. Sowohl bei dem Day Trading wie auch bei dem Traden auf Tagesbasis konnten keine höheren Renditen erzielt werden als bei der Buy & Hold-Strategie.

### 3.6.1.6. 4-Wochen-Regel

Bei der 4-Wochen-Regel handelt es sich um ein Channel Breakout System von Richard Donchian, welches 1970 in einem Vergleich von mehreren Trading-Systemen per Computer untersucht und miteinander verglichen wurde. Bei diesem Vergleich war die 4-Wochen-Regel das erfolgreichste Trading-System. Dabei ist die 4-Wochen-Regel sehr einfach anzuwenden. Dieses Trading-System ist fortlaufend, was bedeutet, dass der Trader immer in einer Position ist. Durchbricht der Kurs das Maximum der letzten 4 Wochen, so wird eine Long Position eingegangen. Diese Position wird so lange gehalten, bis der Kurs das Minimum der letzten 4 Wochen erreicht. Zu diesem Zeitpunkt wird die Long Position geschlossen und eine Short Position eröffnet. Auch diese Position wird so lange gehalten, bis der Kurs wieder das Hoch der letzten 4 Wochen durchbricht. Durch das Hoch und das Tief der letzten 4 Wochen wird

ein Kanal gebildet, welcher für die Long- beziehungsweise die Short-Positionen die Signale liefert (Murphy, 2006, S. 221–222). In der Abbildung 11 wird die 4-Wochen-Regel auf dem Bitcoin-Kurs angewendet und liefert so die Signale für die Long- und Short-Positionen.



Abbildung 11: 4-Wochen-Regel auf dem Bitcoin-Preis

### 3.6.2. Oszillatoren

Dieser Abschnitt thematisiert die technischen Indikatoren der Gruppe *Oszillatoren*, welche im Gegensatz zu den gleitenden Durchschnitten in trendlosen Phasen von grosser Bedeutung sind. Die Oszillatoren sind jedoch nicht nur in Seitwärtsphasen nutzbar, sondern zeigen auch in den Trendphasen die kurzfristigen Extremsituationen an, also ob die Situation im Markt allgemein überkauft oder überverkauft ist. Oszillatoren können den Trader davor warnen, ob ein Trend an Momentum verliert, oder durch bestimmte Divergenzen signalisieren, dass ein Trend kurz vor dem Ende ist. Die Oszillatoren sind im Wesentlichen ein sekundärer Indikator, welcher der Trendanalyse untergeordnet ist. Zu Beginn einer bedeutenden Kursbewegung kann die Oszillator-Analyse auch irreführend sein, wohingegen gegen Ende einer Marktbewegung wertvolle Erkenntnisse aus der Analyse gezogen werden können (Murphy, 2006, S. 227–229).

Obwohl die Konstruktion von Oszillatoren unterschiedlich ist, ist die Interpretation dieser Indikatoren sehr ähnlich. Die Darstellung der Oszillatoren werden am unteren Rand des Kurs-Charts angezeigt und gleichen einem horizontalen Band, welches auch in den stärkeren Kursbewegungen eher flach ausfällt, jedoch stimmen die Täler und Gipfel allgemein mit den Kursbewegungen überein. Einige Oszillatoren haben einen Mittelwert, welcher das Band in eine obere und untere Hälfte teilt und je nach Formel meistens um den Nullwert liegt. Andere Oszillatoren bewegen sich in einem Bereich zwischen 0 und 100. Erreicht ein Oszillator den oberen oder unteren Rand des Bandes, bedeutet dies, dass der Kurs zu schnell oder zu weit gegangen

ist und eine Konsolidierung oder eine Korrektur fällig ist. Für Trader gilt die allgemeine Regel, dass wenn der Oszillator am unteren Band ist, ein Asset gekauft und am oberen Band verkaufen werden sollte, oder falls es eine Mittellinie gibt, stellen Überschreitungen der Mittellinie ein Kauf-Signal und in die andere Richtung ein Verkauf-Signal dar (Murphy, 2006, S. 227–229).

Nachfolgend werden einige Oszillator-Indikatoren vorgestellt wie das *Momentum*, die *Veränderungsrate (Rate of Change, kurz ROC)*, der *Relative-Stärke-Index (kurz RSI)*, der *Stochastik-Oszillator (K%D)* sowie deren *Moving Average Convergence/-Divergence (kurz MACD)*.

### **3.6.2.1. Momentum**

Der Momentum-Indikator ist der einfachste der Oszillatoren. Das Momentum misst die Veränderung des Preises über einen gewählten Zeitrahmen. Üblicherweise wird die Preisdifferenz der letzten zehn Tage berechnet. Dieser Indikator hat eine Nulllinie und zeigt steigende Preise oberhalb und sinkende Preise unterhalb dieser Nulllinie an. Wenn die Preisdifferenz steigt, so nimmt der Kurs an Momentum zu, ist die Preisdifferenz weiterhin positiv, aber nicht mehr so gross wie die vorherige Preisdifferenz, so flacht das Momentum ab. Das gleiche gilt für die entgegengesetzte Richtung. Das Überkreuzen der Nulllinie kann als Kauf- oder Verkauf-Signal interpretiert werden, sollte jedoch dem übergeordneten Trend nicht widersprechen, das heisst, dass in einem Aufwärtstrend keine Short Position eingegangen werden sollte, wenn das Momentum die Nulllinie von oben nach unten durchbricht. Das Fehlen von einem Band, wie in der Einleitung zu den Oszillatoren (siehe Abschnitt 3.6.2) beschrieben, macht die Interpretation zu den Extremsituationen schwer. Dies kann gelöst werden, wenn man sich durch die historischen Daten die Extremwerte definiert (Murphy, 2006, S. 227–229).

Ein ähnlicher Indikator wie das Momentum ist die Veränderungsrate oder auch Rate of Change (ROC) genannt, welche die relativen Preisdifferenzen verwendet (Tsinaslanidis, 2015, S. 157).

### **3.6.2.2. Relative-Stärke-Index (RSI)**

Der Relative-Stärke-Index behebt zwei Probleme des Momentum-Oszillators, indem der Indikator eine Glättung in seiner Formel hat sowie durch eine Einführung einer konstanten vertikalen Bandbreite zwischen 0 und 100. Bei dem Momentum-Indikator konnten schon geringe Preisdifferenzen zu plötzlichen Verschiebungen der Momentum-Linie führen, weswegen eine Glättung wichtig ist, um Verzerrungen zu minimieren. Das zweite Problem, welches der RSI-Indikator behebt, ist der Punkt, dass es beim Momentum-Indikator kein Band gibt, welches dem Trader die Extremsituationen signalisiert. Wie schon erwähnt, löst der RSI-Indikator dieses Problem mit einer oberen und unteren Begrenzung. Die Berechnung für den RSI-Indikator

(siehe Formel 3) wird durch das Einsetzen der Relativen-Stärke aus der Formel 4 erreicht. Normalerweise werden 14 Tage als Zeitraum ausgewählt, das heisst, es werden alle Kursgewinne der letzten 14 Tage addiert und durch 14 Tage geteilt. Das gleiche macht man mit den Kursverlusten der letzten 14 Tage und teilt danach diese beiden Summen (vergleiche Formel 4) (Murphy, 2006, S. 240–241).

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 - RS} \quad (3)$$

$$RS = \frac{\text{Durchschnitt der Schlusskurse von } x \text{ Tagen mit steigendem Kurs}}{\text{Durchschnitt der Schlusskurse von } x \text{ Tagen mit fallendem Kurs}} \quad (4)$$

Der Relative-Stärke-Index wird in einer Skala von 0 - 100 gezeichnet und wird im Allgemeinen als überkauft angesehen, sobald sich der RSI über 70 bewegt und als überverkauft, sobald der RSI sich unter 30 befindet (siehe Abbildung 12). In Bullenmärkten oder Bärenmärkten werden die Grenzen auf 80 beziehungsweise auf 20 verschoben. Diese Grenzen sollten jedoch mit Vorsicht genossen werden, da in starken Trends nach oben wie auch nach unten gewöhnlich über längere Zeit extreme Oszillatoren-Werte generiert werden können (Murphy, 2006, S. 242–244).

Es gibt noch weitere Interpretationen des RSI-Indikators, welche jedoch nicht relevant für diese Masterarbeit sind und aus diesem Grund nicht weiter beschrieben werden.

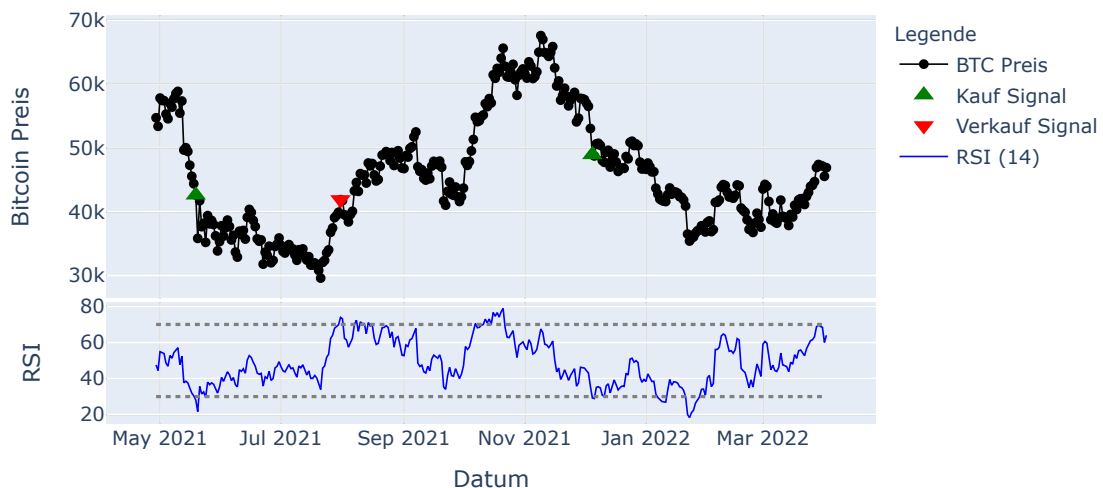


Abbildung 12: RSI-Regel auf dem Bitcoin-Preis

Die RSI-Strategie wurde in der Studie von Resta et al. (2020) auf dem Bitcoin-Preis untersucht. Die Ergebnisse waren tiefer als bei der Buy & Hold-Strategie.

### 3.6.2.3. Stochastik-Oszillator (K%D)

Dieser Indikator basiert auf der Beobachtung, dass sich die Schlusskurse in ei-

nem Aufwärtstrend der oberen Bandbreite und bei einem Abwärtstrend der unteren Bandbreite nähern. Bei dem Stochastik-Oszillator kommen zwei Linien zum Einsatz, die %K-Linie und die %D-Linie. Die Absicht bei diesem Oszillator ist es, den aktuellen Schlusskurs in Relation zu der maximalen Bandbreite der Kurse in einer bestimmten Zeitperiode zu setzen. Am häufigsten wird eine Periode von 14 Tagen von den Tradern verwendet, um die %K-Linie zu berechnen (Murphy, 2006, S. 247). In der Formel 5 wird die Berechnung dieser %K-Linie aufgezeigt.

$$\%K = 100 * \frac{C - L_{14}}{H_{14} - L_{14}} \quad (5)$$

$$\%D = SMA(fast) \text{ über } 3 \text{ Perioden} \quad (6)$$

Dabei gilt:

C = letzter Schlusskurs

$L_{14}$  = Tief der letzten 14 Perioden

$H_{14}$  = Hoch der letzten 14 Perioden

SMA = Simple Moving Average (einfacher gleitender Durchschnitt)

Die %D-Linie ist ein 3-Perioden gleitender Durchschnitt von der %K-Linie und zusammen wird dies als der schnelle Stochastik-Oszillator bezeichnet. Somit gibt es für den schnellen Stochastik zwei Parameter, welche verstellbar sind. Zum einen wird die Periode angegeben, das heisst, über was für eine Zeitspanne man die %K-Linie berechnet und zum anderen, mit was für einer Zeitspanne der gleitende Durchschnitt für die %D-Linie berechnet wird (Murphy, 2006, S. 247).

Viele Trader bevorzugen jedoch den langsamen Stochastik-Oszillator. Dieser schaut sich, wie der schnelle Stochastik, zuerst die Relation des aktuellen Schlusskurses zur gesamten Bandbreite der Kurse über eine bestimmte Zeit an. Die %K-Linie wird dann als gleitender Durchschnitt von dieser Relation berechnet und die %D-Linie dann wieder als gleitender Durchschnitt wiederum von der %K-Linie (Di Lorenzo, 2013, S. 160–161). Zusammengefasst (siehe Formel 7 - Formel 9) sieht dies wie folgt aus:

$$fast = 100 * \frac{C - L_d}{H_d - L_d} \quad (7)$$

$$\%K = SMA(fast) \text{ über } m \text{ Perioden} \quad (8)$$

$$\%D = SMA(\%K) \text{ über } n \text{ Perioden} \quad (9)$$

Der langsame Stochastik verlangt nun drei Parameter:

d = Relation des aktuellen Schlusskurses zur gesamten Bandbreite der Kurse über d Perioden

$m$  = Zeitspanne des einfachen gleitenden Durchschnitts zur Berechnung der %K-Linie

$n$  = Zeitspanne des einfachen gleitenden Durchschnitts zur Berechnung der %D-Linie

Dabei ist zweckmäßig, einen Wert  $n > m$  zu verwenden.

Für diesen Oszillator wird eine Extremsituation identifiziert, sobald die %K-Linie über 80 steigt oder unter 20 fällt. Es können Kauf- oder Verkauf-Signale bei diesen Extremsituationen gesetzt werden, jedoch ist es schwierig, gute Resultate dadurch zu erzielen. Laut Di Lorenzo (2013, S. 160–161) können bessere Resultate erzielt werden, wenn ein Kauf-Signal erzeugt wird, sobald die %K-Linie die %D-Linie von unten nach oben durchbricht und umgekehrt ein Verkauf-Signal generiert wird, wie in Abbildung 13 dargestellt.

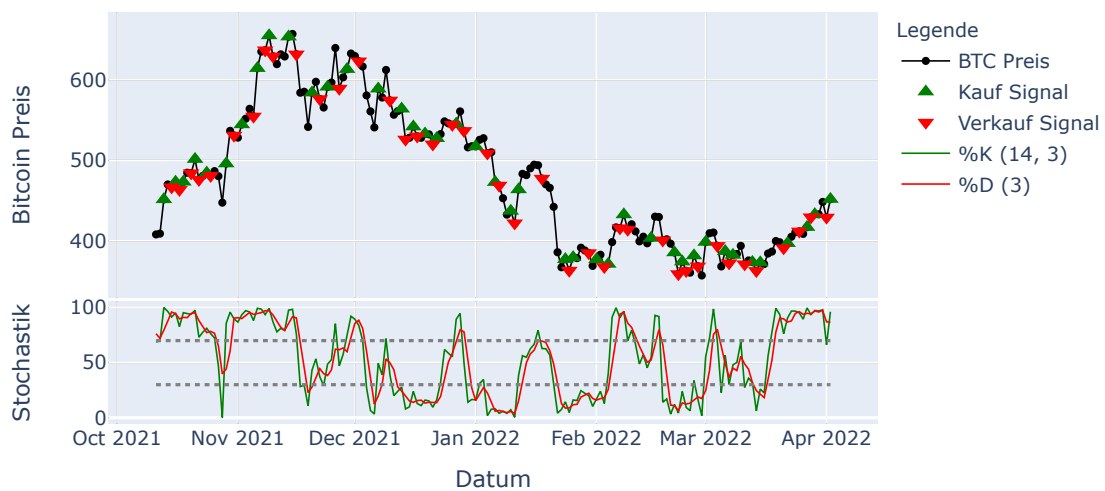


Abbildung 13: Stochastik-Regel auf dem Bitcoin-Preis

#### 3.6.2.4. Moving Average Convergence/Divergence (MACD)

Der Moving Average Convergence/Divergence-Oszillator nutzt zwei EMAs sowie einige bereits erwähnte Oszillortechiken in Kombination mit einer Double Crossover Methode, wie in Abschnitt 3.6.1.3 beschrieben. Auf dem Chart sieht man nur zwei Linien, obwohl hier drei Linien zum Einsatz kommen. Die sogenannte MACD-Linie ist die Differenz von zwei exponentiell gleitenden Durchschnitten, welche auf Basis der Schlusskurse berechnet werden und üblicherweise die Zeitspannen 12 und 26 verwenden. Als nächste Linie hat man die Signal-Linie, welche normalerweise eine 9-Periode geglättete Durchschnittslinie der MACD-Linie ist (Murphy, 2006, S. 253). Somit gibt es für den MACD-Oszillator drei Parameter welche typischerweise 12, 26 und 9 sind (Di Lorenzo, 2013, S. 154). Durch die Differenz der beiden MACD-Linien kann ein Histogramm erzeugt werden, welches mit dem Momentum-Oszillator verglichen werden kann, denn auch hier gibt es eine Nulllinie. Wenn das Histogramm beginnt den Anstieg abzuflachen oder gar umkehrt in einem Aufwärtstrend, bedeu-

tet dies, dass der Trend an Momentum verliert. Das Umgekehrte gilt auch hier für die entgegengesetzte Richtung, also bei einem Abwärtstrend.

Gemäss Murphy (2006, S. 253) ist das Kreuzen der beiden MACD-Linien gleichbedeutend wie das Durchbrechen der Nulllinie im Histogramm und kann als Kaufbeziehungsweise als Verkauf-Signal interpretiert werden (siehe Abbildung 14).



Abbildung 14: MACD-Regel auf dem Bitcoin-Preis

### 3.7. Performance-Measures

Im folgenden Abschnitt werden die Performance-Measures behandelt und welche dafür geeignet sind, Trading-Ergebnisse eines Handelssystems zu evaluieren. Ein Performance-Measure stellt im Allgemeinen ein Instrument dar, um einen Anlageertrag eines Wertpapiers oder eines Portfolios zu messen. Ausserdem sollen diese Measures dazu verwendet werden, um verschiedene Handelssysteme und dessen Ergebnisse miteinander zu vergleichen. Dabei steht die Rendite beziehungsweise der Vermögenszuwachs-/verlust im Vordergrund. Die Rendite ist jedoch nicht aussagekräftig in Bezug auf das Zustandekommen der Erträge oder Verluste, das heisst, welche Risiken das individuelle Handelssystem für die Renditen eingegangen ist. Und genau hier kommen Performance-Measures zum Einsatz (Hofmann, 2014, S. 63).

Laut Florian Johann Glantschnig Bakk (2014) kommt neben der Volatilität zur Betrachtung des Risikos häufig auch der Maximum Drawdown vor, welches eine Kennzahl ist, die den prozentualen maximalen Verlust eines Wertpapiers über eine gewählte Zeitperiode wiedergibt. Eine weitere Kennzahl, welche in dieser Arbeit vorgestellt wird, ist der Sharpe-Ratio, welcher als Verhältnisskennzahl (Ratio) ebenfalls häufig zur Anwendung kommt (Hofmann, 2014, S. 63).

#### 3.7.1. Rendite

Wie bereits in der Einleitung zu diesem Abschnitt beschrieben wurde, steht die Rendite, auch Return genannt, im Vordergrund, um die Performance eines Handels-



systems anzugeben. In der Formel 11 wird die Berechnung der diskreten Rendite dargestellt (Larcher, 2020, S. 313).

$$r_T = \frac{C_T - C_{T-1}}{C_{T-1}} = \frac{C_T}{C_{T-1}} - 1 \quad (10)$$

Dabei gilt:

$r_T$  = Diskrete Rendite zu einem bestimmten Zeitpunkt

$C_T$  = Schlusskurs zu einem bestimmten Zeitpunkt

$C_{T-1}$  = Schlusskurs zu einem bestimmten Zeitpunkt minus einer Periode

Für die stetige Rendite wird der natürliche Logarithmus verwendet, welcher wie folgt aussieht:

$$r_T = \log\left(\frac{C_T}{C_{T-1}}\right) \quad (11)$$

Durch die logarithmierte Rendite (stetige Rendite) können nun die Renditen miteinander addiert werden, was für den **Trend**, welcher im nachfolgenden Abschnitt behandelt wird, von Bedeutung ist. Auf kurze Perioden ist der Unterschied beim Addieren der diskreten und stetigen Rendite nur geringfügig. Auf längere Perioden wird der Unterschied jedoch sichtbar (Larcher, 2020, S. 313).

### 3.7.2. Trend

Gemäss Larcher (2020, S. 315) bekommt man mit dem **Mittelwert der Renditen** den Trend  $\mu$  eines Assets. Der Trend wird dabei wie folgt berechnet:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{T=0}^{N-1} (r_T) \quad (12)$$

Dabei gilt:

$N$  = Anzahl Zeitpunkte der gewählten Periode

$r_T$  = Rendite zu einem bestimmten Zeitpunkt

Dabei spricht man im Allgemeinen vom *Trend eines Assets im Zeitbereich  $[0, T]$  pro Zeiteinheit*. Für eine bessere Vergleichbarkeit von verschiedenen Strategien wird die Grösse *Trend* praktisch immer normiert und zwar auf *per anno*. Das bedeutet, dass der annualisierte Trend berechnet wird. Dies geschieht per Multiplikation des Trends mit der Anzahl der Tage, an dem ein Asset gehandelt wird pro Jahr, sofern die Daten auf Tagesbasis vorliegen. Dabei verwendet man für Aktien, welche über die traditionellen Börsen gehandelt werden, 255 Tage und bei Kryptowährungen 365 Tage. Bei Monatsdaten wird der Faktor 12 mit dem berechneten Trend multipliziert (Larcher, 2020, S. 315). Die Formel sieht somit wie folgt aus:

$$\mu_A = N * \mu \quad (13)$$

### 3.7.3. Volatilität

Die Volatilität spielt eine zentrale Rolle in der empirischen Finanzwissenschaft und im Finanzrisikomanagement (Ardia, 2008, S. 10). Bei der Volatilität handelt es sich um die Standardabweichung der Renditen zum Mittelwert aller Renditen in einem gewählten Zeitbereich und ist eine der gebräuchlichsten Kennzahlen, um die Stärke der Schwankung einer Anlage zu beschreiben (Larcher, 2020, S. 314).

$$\sigma(r) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{T=0}^{N-1} (r_T - \mu_r)^2} \quad (14)$$

Dabei gilt:

$\sigma_r$  = Volatilität der Renditen über einem bestimmten Zeitraum

$r_T$  = Rendite zu einem bestimmten Zeitpunkt

$\mu_r$  = Trend (Mittelwert der Renditen)

Wie bereits beim Trend genauer beschrieben, wird auch bei der Volatilität die annualisierte Volatilität berechnet. Die Formel dazu sieht wie folgt aus:

$$\sigma_A(r) = \sigma(r) * \sqrt{N} \quad (15)$$

### 3.7.4. Sharpe-Ratio

Laut Hofmann (2014, S. 63–64) ist der Sharpe-Ratio einer der am meisten verwendeten Performance-Measures zur Beurteilung der Performance eines Portfolios und ist eine risikoadjustierte Kennzahl. In verschiedenen Literaturen wird dieses Measure auch als *Reward-to-Variability-Ratio* bezeichnet, was sinngemäss übersetzt *Mass zur Belohnung für die Übernahme von Risiko* heisst. Der Sharpe-Ratio setzt die Portfolioüberschussrendite zur Volatilität ins Verhältnis (Formel 19), wobei die Portfolioüberschussrendite die Differenz zwischen der Portfoliorendite und einer risikolosen Alternativanlage darstellt (Hofmann, 2014, S. 63–64).

$$SR = \frac{E(r) - r_f}{\sigma(r)} \quad (16)$$

$$E(r) = \frac{r_1 + r_2 + \dots + r_T}{T} \quad (17)$$

$$\sigma(r) = \sqrt{\frac{(r_1 - E(r))^2 + (r_2 - E(r))^2 + \dots + (r_T - E(r))^2}{T - 1}} \quad (18)$$

Dabei gilt:

$E(r)$  = Durchschnittliche Portfolio Rendite

$r_f$  = Risikoloser Zins einer Alternativenanlage

$r_T$  = Rendite zu einem bestimmten Zeitpunkt

$T$  = Zeitpunkt

$\sigma(r)$  = Volatilität

Der risikolose Zins stellt die Opportunitätskosten der Handelsstrategie dar und wird für diese Arbeit nicht berücksichtigt, was auch dem Vorgehen von Florian Johann Glantschnig Bakk (2014) im Hochfrequenzhandel entspricht. Dadurch ändert sich die Formel 19 des Sharpe-Ratio wie folgt:

$$SR = \frac{E(r)}{\sigma(r)} \quad (19)$$

Gemäss Larcher (2020, S. 654) wird der Sharpe Ratio mit dem annualisierten Trend und der annualisierten Volatilität berechnet, wobei ein Sharpe Ratio von über 0.5 als sehr positiv angesehen wird.

### 3.7.5. Maximum Drawdown

Der *Maximum Drawdown* ist ein zusätzliches Risikomass und wird ebenfalls in dieser Masterarbeit behandelt. Dabei handelt es sich um den grösstmöglichen prozentualen Wertverlust einer Handelsstrategie, welcher zwischen zwei beliebigen Zeitpunkten während der Laufzeit aufgetreten ist (Larcher, 2020, S. 647–648). Da die Berechnung nicht einfach in einer Gleichung darstellbar ist, wird nachfolgend auf die Darstellung und das Vorgehen zur Berechnung verzichtet.

## 3.8. Trading–Bot

Ein automatisiertes Handelssystem ist eine Art von Entscheidungsfindungssystem, welches auf einer grossen Menge von Daten basiert. Die Vorhersage von Kursbewegungen auf verschiedenen Märkten war schon immer eine schwierige Aufgabe, die auf grosses Interesse bei Forschern und Anlegern stösst und von unzähligen Faktoren beeinflusst wird. Die technische Analyse wird dabei für die meisten automatisierten Handelssysteme übernommen (Huang et al., 2019, S. 132). In der Studie von Fang et al. (2022) sind einige Trading-Bots für Kryptowährungen unter dem Abschnitt *Cryptocurrency trading Software Systems* aufgelistet. Diese Auflistung enthält neben dem Namen des Trading-Bots auch Informationen darüber, ob der Bot kommerziell oder Open-Source ist (Code im GitHub verfügbar), auf wie viele Kryptobörsen zugegriffen werden kann und in welcher Programmiersprache der Bot geschrieben

ist. Es gibt im Internet ausserdem viele Informationen über verschiedenste Krypto-Trading-Bots für den automatisierten Handel mit Kryptowährungen. Unter anderem eine Zusammenfassung der 14 besten Krypto-Trading-Bots und dessen Funktionen sowie, was diese Plattformen ausmacht (Juliet, 25.11.2021).

### **3.9. Regulationen**

Kryptowährungen werden als eine Art unreguliertes digitales Geld definiert, welches von den Entwicklern ausgegeben und kontrolliert wird (Silva & Da Mira Silva, 2022). Durch das hohe Tempo der Innovation sind die Regulierungsbehörden vor der Herausforderung, angemessene Regeln zu definieren, um einerseits die Anleger und Kunden zu schützen und andererseits um die technologische Innovation nicht auszubremesen (Ferreira & Sandner, 2021, S. 2). Der Wandel im Finanzsektor aufgrund technologischer Entwicklungen, einschließlich DLT und Krypto-Assets, erfordert neue Regulierungsinstrumente, die Anpassung bestehender Regulierungsrahmen und die Entwicklung neuer Regulierungslösungen (Ferreira & Sandner, 2021, S. 2). Laut Fang et al. (2022) gibt es derzeit drei Arten von Regulierungssystemen zur Kontrolle digitaler Währungen: ein geschlossenes System für den chinesischen Markt, ein offenes und liberales System für den Schweizer Markt und ein offenes und strenges System für den US-Markt. In Europa gibt es verschiedene Bemühungen, um eine angemessene Regulierungslösung für Krypto-Anlagen zu finden. Zu den proaktivsten Ländern gehört die Schweiz und Lichtenstein, welche versuchen, die Tech-Industrie, Investoren und Innovatoren mit klaren und freundlichen Regulierungsregelungen anzuziehen, wohingegen Deutschland und Frankreich durch strenge Regeln bemüht sind, die Risiken zu mindern (Ferreira & Sandner, 2021, S. 2).

#### **3.9.1. Schweizer Regulationen**

Laut der Eidgenössischen Finanzmarktaufsicht FINMA werden Kryptowährungen in drei Kategorien unterteilt. Dazu gehören die Zahlungen-Token, die Anlage-Token und die Nutzungs-Token. In dem Arbeitspapier von ESTV (2021) ist die aktuelle Steuerpraxis der Eidgenössischen Steuerverwaltung ESTV beschrieben und unterteilt die Besteuerung in die oben erwähnten drei Kategorien. In dieser Arbeit wird nur auf die Zahlungen-Token eingegangen, da die Entwicklung des Trading-Bots lediglich diese Art von Kryptowährung verwendet.

Zahlungen-Token sind digitale Wertrechte, bei welchem es sich um bewertbare, bewegliche (handelbare) und immaterielle Vermögenswerte handelt. Somit gehört der Zahlungen-Token steuerrechtlich zu den beweglichen Kapitalvermögen und unterliegt folglich den kantonal geregelten Vermögenssteuern, welche am Ende einer Steuerperiode zum Verkehrswert deklariert werden müssen (ESTV, 2021). Das Kaufen und Verkaufen von Zahlungen-Token stellt bei natürlichen Personen im Privatvermögen

grundsätzlich steuerfreie Kapitalgewinne oder nicht abzugsfähige Kapitalverluste dar. Eine selbständige Erwerbstätigkeit kann je nach Art, Umfang und Finanzierung der Transaktionen vorliegen. In diesem Fall würden die Kapitalgewinne unter die Einkommenssteuer fallen. Die Anwendung der Kriterien sind in dem Kreisschreiben Nr. 36 der ESTV betreffend den gewerbmässigen Wertschriftenhandel vom 27. Juli 2012 beschrieben (ESTV, 2021).

Die Steuerbehörde geht in jedem Fall von einer privaten Vermögensverwaltung mit steuerfreiem Kapitalgewinn aus, wenn alle nachfolgenden Kriterien erfüllt sind:

- Die Haltedauer der veräusserten Wertschriften beträgt mindestens 6 Monate.
- Das Transaktionsvolumen (entspricht der Summe aller Kaufpreise und Verkaufserlöse) pro Kalenderjahr beträgt gesamthaft nicht mehr als das Fünffache des Wertschriften- und Guthabenbestands zu Beginn der Steuerperiode.
- Die Anlagen sind nicht fremdfinanziert oder die steuerbaren Vermögenserträge aus den Wertschriften (wie z.B. Zinsen, Dividenden, usw.) sind grösser als die anteiligen Schuldzinsen.
- Das Erzielen von Kapitalgewinnen aus Wertschriftengeschäften bildet keine Notwendigkeit, um fehlende oder wegfallende Einkünfte zur Lebenshaltung zu ersetzen. Das ist regelmässig dann der Fall, wenn die realisierten Kapitalgewinne weniger als 50% des Reineinkommens in der Steuerperiode betragen.
- Der Kauf und Verkauf von Derivaten (insbesondere Optionen) beschränkt sich auf die Absicherung von eigenen Wertschriftenpositionen.

Sind nicht alle Kriterien erfüllt, so heisst dies nicht, dass gewerbmässiger Wertschriftenhandel betrieben worden ist. Die Beurteilung findet immer auf den konkreten Einzelfall statt (ESTV, 2012).

## 4. Methodik

In diesem Kapitel wird das Vorgehen bei der Entwicklung eines Krypto-Trading-Bots beschrieben, dazu gehört unter anderem die Auswahl der Kryptowährungen (Abschnitt 4.1), die für den Trading-Bot verwendet werden, wie auch die Auswahl der Strategie (Abschnitt 4.2) sowie die eigentliche Entwicklung des Trading-Bots (Abschnitt 4.3).

### 4.1. Auswahl der Kryptowährungen

Bei der Auswahl der zu verwendenden Kryptowährungen wird nach zwei unterschiedlichen Ansätzen verfahren. Zum einen sollen die grössten Kryptowährungen nach Marktkapitalisierung verwendet werden unter der Annahme, dass diese eine geringere Volatilität als Kryptowährungen mit einer kleineren Marktkapitalisierung haben. Der zweite Ansatz zur Auswahl der Kryptowährungen beschränkt sich auf Kryptowährungen, welche eine hohe Volatilität aufweisen und dessen Marktkapitalisierung gering ist. Mit diesen zwei Ansätzen möchte man zwei Portfolios zusammenstellen, welche sich in der Volatilität unterscheiden. Mit einer zu definierenden Strategie werden diese beiden Portfolios dann bezüglich ihrer Performance miteinander verglichen.

Für das erste Portfolio werden die fünf grössten Kryptowährungen hinsichtlich ihrer Marktkapitalisierung verwendet. Um herauszufinden, welche Kryptowährungen die grösste Marktkapitalisierung haben, gibt es im Internet unzählige Webseiten, die die Kryptowährungen nach ihrer Marktkapitalisierung ordnen. Für diese Arbeit wird die Webseite [www.tradingview.com](http://www.tradingview.com) verwendet, da diese auch den Indikator für das zweite Portfolio aufführt. Nachfolgend findet man eine Liste mit den Kryptowährungen, welche die grösste Marktkapitalisierung aufweisen:

Tabelle 3: Die fünf grössten Kryptowährungen nach Marktkapitalisierung (Stand: 01.11.2021)

Rang	Kryptowährung	Preis	Marktkapitalisierung	Volatilität
1	Bitcoin (BTC)	\$ 61'965	\$ 1.168T	5.04%
2	Ethereum (ETH)	\$ 4'361	\$ 514.82B	7.52%
3	Binance Coin (BNB)	\$ 535.9	\$ 89.26B	8.38%
5	Cardano (ADA)	\$ 1.979	\$ 65.739B	8.81%
6	Solana (SOL)	\$ 203.96	\$ 61.547B	9.41%

Wie man in der Tabelle 3 sehen kann, fehlt die viertgrösste Kryptowährung. Diese Kryptowährung ist ein Stablecoin, welche für das Traden der anderen Kryptowährungen als Trading-Paar genutzt wird. Um was es sich bei einem Stablecoin handelt,

wurde im Stand der Forschung beschrieben, was im Abschnitt 3.2.1.3 nachgelesen werden kann. In der Tabelle 4 ist die Marktkapitalisierung des USD Tether aufgelistet.

Tabelle 4: Marktkapitalisierung des Tether (Stand: 01.11.2021)

Rang	Kryptowährung	Preis	Marktkapitalisierung	Volatilität
4	Tether (USDT)	\$ 1	\$ 71.41B	0.13%

Um nun die nächsten fünf Kryptowährungen für das volatile Portfolio zu selektieren, werden nun die Kryptowährungen ausgewählt, welche eine Volatilität von mehr als 20% aufweisen und auch auf der Börse Binance, welche für das Trading verwendet wird, zur Verfügung stehen. Wie schon für das erste Portfolio beschrieben, wird auch hier die Webseite [www.tradingview.com](http://www.tradingview.com) verwendet, um die Kryptowährungen für das zweite Portfolio auszuwählen. In der nachfolgenden Tabelle findet man die Kryptowährungen, welche diese Bedingungen erfüllen:

Tabelle 5: Die fünf grössten Kryptowährungen nach Marktkapitalisierung und einer Volatilität von mehr als 20% (Stand: 01.11.2021)

Rang	Kryptowährung	Preis	Marktkapitalisierung	Volatilität
9	Shiba Inu (SHIB)	\$ 0.00007415	\$ 40.72B	23.9%
36	Decentraland (MANA)	\$ 3.126	\$ 5.68B	38.24%
47	THORChain (RUNE)	\$ 16.39	\$ 4.2B	21.68%
48	Klaytn (KLAY)	\$ 1.62	\$ 4.08B	21.12%
60	Chiliz (CHZ)	\$ 0.464	\$ 2.72B	27.5%

Nachdem nun die beiden Portfolios mit je fünf Kryptowährungen zusammengestellt sind und auch ein Stablecoin als Trading-Paar ausgewählt wurde, geht es in einem nächsten Schritt darum, welche Strategie und welche technischen Indikatoren aus der technischen Analyse zum Einsatz kommen sollen. Diese Auswahl wird im nächsten Abschnitt genauer erläutert.

## 4.2. Auswahl der Trading-Strategie

Im Abschnitt 3.5 wurden die verschiedenen Strategie-Möglichkeiten im Trading beschrieben wie auch das Thema technische Analyse und dessen Indikatoren. In diesem Abschnitt geht es nun darum, welche Strategie für diesen Trading-Bot zum Einsatz kommt.

Wie bereits erwähnt, wird die technische Analyse als Strategie gewählt, wobei vor allem mit den technischen Indikatoren gearbeitet wird. Dabei wird das Swing Trading verwendet, welches sich auf den mittelfristigen Trend des Kurses konzentriert. Um eine Strategie zu identifizieren, welche möglichst eine bessere Performance liefert als die Buy & Hold-Strategie, werden die Kurse auf Tagesbasis verwendet.

### 4.3. Krypto-Trading-Bot

In diesem Abschnitt wird die Entwicklung des Trading-Bots beschrieben. Wichtige Schritte dabei sind die Datenextraktion, die Datenaufbereitung, die Implementierung der technischen Indikatoren, das Backtesting, um eine geeignete Strategie zu finden, wie auch das Bereitstellen des Trading-Bots auf einer geeigneten Umgebung, damit der Bot rund um die Uhr arbeiten kann, um die definierte Strategie umzusetzen.

Wie im Kapitel 2 beschrieben, fällt die Entwicklung des Trading-Bots in die **Phase Method Development** des Design Science Research-Ansatzes. Der Trading-Bot wird in der Sprache Python entwickelt, da man viele Informationen und Dokumentationen zu API-Schnittstellen und zur Umsetzung findet. In einer ersten Phase werden verschiedene Strategien miteinander verglichen. Die Resultate von diesem Vergleich werden dann im Kapitel 5 beschrieben (**Phase Evaluation**). Durch diese Erkenntnisse werden die Strategien dann weiter verfeinert und gegebenenfalls miteinander kombiniert und anschliessend wieder evaluiert. Dieser Zyklus findet so lange statt, bis ein zufriedenstellendes Resultat gefunden wird oder so lange, bis keine Zeit für weitere Tests mehr zur Verfügung steht. Ein zufriedenstellendes Resultat wird dabei so definiert, dass es eine bessere Performance in Bezug auf die erzielten Renditen sowie auf die anderen Performance-Masse hat als bei der Buy & Hold-Strategie. Die nachfolgende Abbildung soll den Prozess zwischen Entwicklung und Evaluation nochmals grafisch darstellen.

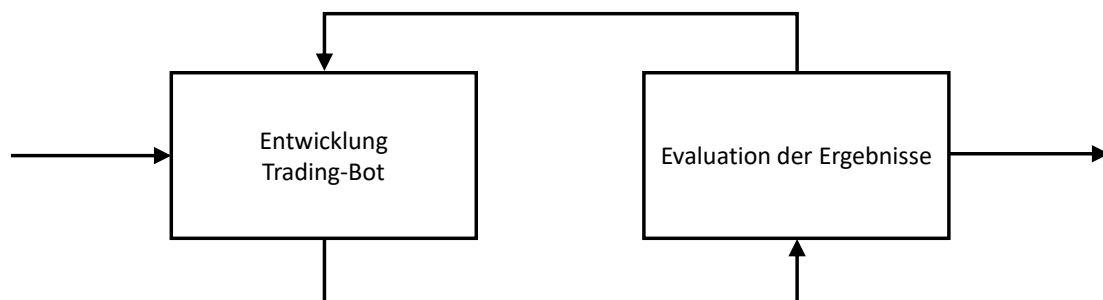


Abbildung 15: Iteratives Vorgehen zwischen Entwicklung und Evaluation

In der zweiten Phase wird dann der eigentliche Trading-Bot mit der vielversprechendsten Strategie aus der Phase 1 entwickelt. Der Trading-Bot soll dann in einer Umgebung bereitgestellt werden, damit dieser dann durch die gewählte Strategie Kryptowährungen automatisiert kauft und verkauft.

#### 4.3.1. Phase 1 - Backtesting der Strategien

In diesem Abschnitt wird die Phase 1 der Entwicklung des Krypto-Trading-Bots beschrieben welches das Thema Backtesting der verschiedenen Strategien behandelt.



#### 4.3.1.1. Datenextraktion

Damit verschiedene Strategien miteinander verglichen werden können, braucht es historische Daten von den gewählten Kryptowährungen. Diese werden in dieser Masterarbeit über die Binance-API-Schnittstelle bezogen. Dabei handelt es sich um eine RESTful API, die HTTP-Anfragen zum Senden und Empfangen von Daten verwendet. Für die Entwicklungsumgebung Python gibt es dafür mehrere Third-Party Libraries wobei die **python-binance** die am meisten genutzte ist und somit auch für diese Arbeit verwendet wird. Eine Dokumentation mit Beispiel-Code findet man unter <https://python-binance.readthedocs.io/>. Damit die historischen Daten nicht jedes Mal neu geladen werden müssen, werden die Daten in eine SQL-Datenbank geschrieben, um jederzeit wieder Zugriff auf die Daten zu haben. Um direkt über Python eine SQL-Datenbank zu erstellen, wird die Library **SQLAlchemy** verwendet. Bei der SQL-Datenbank handelt es sich um eine SQLite-Datenbank, welche mit Stunden-Daten von den verschiedenen Kryptowährungen befüllt wird. Jede Kryptowährung wird dabei in einer eigenen Tabelle gespeichert.

Somit sind die Daten der verschiedenen Kryptowährungen in der Datenbank gespeichert und können für die weiteren Schritte verwendet werden.

#### 4.3.1.2. Datenaufbereitung

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die Daten, welche im vorherigen Abschnitt gespeichert worden sind, weiterverarbeitet werden. Bereits beim Speichern der Daten in die Datenbank wurden einige Transformationen der Daten durchgeführt. Die Daten, welche von der API-Abfrage geliefert werden, liegen im JSON-Format vor und werden durch den Befehl `pd.DataFrame` in ein Dataframe geschrieben. Des Weiteren wurden nur die ersten fünf Spalten verwendet und auch gleich benannt. Zum Schluss wurden die Daten-Typen noch angepasst und das Datum in eine Form gebracht, in der man diese interpretieren kann. Als Nächstes werden die technischen Indikatoren auf Basis dieser historischen Daten implementiert.

#### Implementierung der technischen Indikatoren:

Im Abschnitt 3.6 wurden die technischen Indikatoren eingeführt und werden nun auf Basis der historisierten Daten implementiert. Zusammengefasst handelt es sich um folgende technische Indikatoren:

- Diskrete Returns
- Stetige Returns
- Einfacher gleitender Durchschnitt (SMA)
- Exponentieller gleitender Durchschnitt (EMA)

- Adaptiver gleitender Durchschnitt (AMA)
- Kombination von zwei gleitenden Durchschnitten (MAC)
- Bollinger Bänder (BB)
- 4-Wochen-Regel (4WR)
- Relative-Stärke-Index (RSI)
- Stochastik-Oszillator (K%D)
- Moving Average Convergence/Divergence (MACD)

Für die Implementation der technischen Indikatoren werden die Libraries **numpy** und **ta** verwendet. Die Stunden-Daten werden zuerst auf Tages-Daten umgerechnet und danach werden die Indikatoren dem Datensatz hinzugefügt. Um die Berechnung der Indikatoren wiederzuverwenden, wird eine Funktion geschrieben, welche als Input einen Datensatz benötigt und alle Berechnungen diesem Datensatz hinzufügt. Für den Start werden die technischen Indikatoren mit den Parametern berechnet, welche am traditionellen Markt üblicherweise verwendet werden. In der Tabelle 6 werden diese Parameter gemäss Murphy (2006) oder gemäss Dokumentation der **ta** Python Library aufgelistet.

Tabelle 6: Technische Indikatoren mit den üblichen Parametern

TI	Periode	Schneller MA	Langsamer MA	Faktor SDV	Glätter Periode
SMA	12	-	-	-	-
EMA	12	-	-	-	-
AMA	10	2	30	-	-
MAC	-	5 / 10	20 / 50	-	-
BB oberes Band	20	-	-	2	-
BB unteres Band	20	-	-	2	-
BB MA	20	-	-	-	-
4WR oberes Band	28	-	-	-	-
4WR unteres Band	28	-	-	-	-
Stoch %K	14	-	-	-	3
Stoch %D	3	-	-	-	-
RSI	14	-	-	-	-
MACD	9	12	26	-	-

### Implementierung der Strategie:

Mit den berechneten Indikatoren können nun die Kauf- und Verkauf-Signale implementiert werden. Die Regeln sind als Pseudocode in der Tabelle 7 aufgelistet.

Tabelle 7: Trading-Strategie-Regeln

Strategie	Kauf-Signal	Verkauf-Signal
SMA	Schlusskurs >SMA	Schlusskurs <SMA
EMA	Schlusskurs >EMA	Schlusskurs <EMA
AMA	Schlusskurs >AMA	Schlusskurs <AMA
MAC	Schneller MA >Langsamer MA	Schneller MA <Langsamer MA
BB	Schlusskurs >BB MA	Schlusskurs >BB oberes Band oder Schlusskurs <BB MA
WR	Long: Schlusskurs >WR oberes Band	Short: Schlusskurs <WR unteres Band
K%D	%K-Linie >%D-Linie	%K-Linie <%D-Linie
RSI	RSI <30 oder RSI <20	RSI >70 oder RSI >80
MACD	MACD >0	MACD <0

#### 4.3.1.3. Backtesting

In diesem Schritt werden die verschiedenen Strategien auf den Kursen der fünf Kryptowährungen getestet und miteinander verglichen. Dafür werden die nachfolgenden Performance-Measures, wie im Abschnitt 3.7 beschrieben, berechnet:

- Return über die ganze Periode
- Return per anno
- Volatilität per anno
- Sharpe Ratio
- Max. Drawdown

Das Backtesting der Strategien wird für die Periode von 1 Jahr, 2 Jahren und 3 Jahren durchgeführt und dessen Resultate tabellarisch wie auch grafisch in Kapitel 5 dargestellt.

#### 4.3.1.4. Verbesserung der Strategie

Nachdem die Strategien auf Basis der technischen Indikatoren mit den Standard-Parametern getestet wurden, werden die Parameter der technischen Indikatoren optimiert, wodurch eine bessere Performance in den Strategien erreicht werden soll. Um dies zu erreichen, wird eine Schleife programmiert, welche über verschiedene Parameter Kombinationen iteriert, um so eine Kombination zu finden, welche die beste Rendite für die jeweilige Strategie generiert. Als Basis für die Optimierung der technischen Indikatoren werden die Preise der fünf Kryptowährungen verwendet mit einer Periode von 3 Jahren für das Backtesting. Die beste Parameter-Kombination pro Strategie wird durch die höchste durchschnittliche Rendite der fünf Kryptowährungen ermittelt. Die Ergebnisse der Optimierung werden im Abschnitt 5.2 dargestellt.

Mit den Erkenntnissen aus den optimierten technischen Indikatoren werden zum Schluss noch Kombinationen von technischen Indikatoren getestet. Dazu wird der beste optimierte Indikator mit den Oszillator-Indikatoren Stochastik, RSI und MACD kombiniert, um zu untersuchen, ob durch die Kombination die Fehlsignale reduziert werden können. Um die Parameter der Oszillatoren zu definieren, wird wieder durch eine Schleife die beste Kombination gesucht, welche die höchste durchschnittliche Rendite der fünf Kryptowährungen aus dem Portfolio 1 aufweist bei einer Backtesting Periode von 3 Jahren. Die Resultate der Kombinationen werden im Abschnitt 5.3 genauer erläutert.

#### **4.3.1.5. Backtesting Portfolio 2**

Für die Entwicklung des Trading-Bots wird die Strategie gewählt, welche die besten Resultate auf dem Portfolio 1 erzielt hat. Da die Strategie auf den fünf Kryptowährungen aus dem Portfolio 1 entwickelt wurde, stellt sich die Frage, wie diese Strategie sich auf andere Kryptowährungen auswirkt. Dafür wurde ein zweites Portfolio entwickelt, welches wieder aus fünf Kryptowährungen besteht und volatiler ist, als das Portfolio 1. Um herauszufinden, welche Ergebnisse die Strategie auf dem Portfolio 2 generiert, wird für das Portfolio 2 ebenfalls ein Backtesting durchgeführt mit einer Periode von 3 Jahren. Die Ergebnisse sind im Abschnitt 5.4 ersichtlich.

#### **4.3.2. Phase 2 - Entwicklung des Krypto-Trading-Bots**

Nachdem die Wahl auf die Moving Average Crossover-Strategie gefallen ist, wird in diesem Abschnitt erläutert, wie der Trading-Bot mit dieser Strategie implementiert und bereitgestellt wird. Dabei wird auf die Logik, die Datenextraktion und die Bereitstellung des Krypto-Trading-Bots eingegangen.

##### **4.3.2.1. Logik**

In einem ersten Schritt wird eine Steuertabelle erstellt, welche die Auflistung der Trading-Paare sowie die Angabe, ob dieses Trading-Paar aktuell in einer Position ist, beinhaltet. Zusätzlich wird die Anzahl gekaufter Coins und deren Kaufpreis eingetragen, sobald eine Kryptowährung gekauft wird. Diese Steuertabelle wird als CSV-Datei gespeichert und immer wieder neu angepasst, sobald eine Kryptowährung gekauft oder verkauft wird. Die Tabelle 8 illustriert, wie diese Steuertabelle aussieht.

Tabelle 8: Steuertabelle für den Krypto-Trading-Bot

symbol	open_position	quantity	buyPrice
BTCUSDT	False	0.0	0.0
BNBUSDT	False	0.0	0.0
ETHUSDT	False	0.0	0.0
ADAUSDT	False	0.0	0.0
SOLUSDT	False	0.0	0.0

Als Nächstes werden die Daten beschaffen, um den schnellen SMA mit der Periode 13 und den langen SMA mit der Periode 37 zu berechnen. Dafür braucht es historische Daten von den letzten 36 Tagen ( $t-37$  bis  $t-1$ ) sowie den aktuellen Preis ( $t$ ) der Kryptowährung. Weitere Informationen, welche gebraucht werden, sind der aktuelle Binance-Kontostand in USDT und die Mindestanzahl der zu kaufenden Coins, auch Lotsize genannt. Bei der Lotsize handelt es sich um eine Angabe, wie viele Coins mindestens gekauft werden müssen, um eine Kauf-Order auszulösen. Zum Beispiel muss mindestens 0.00001 Bitcoin gekauft werden, wohingegen bei der Kryptowährung SHIB mindestens 1 Coin gekauft werden muss, um eine erfolgreiche Order auszuführen. Mit diesen Informationen kann nun die Anzahl der zu kaufenden Coins berechnet werden. Dafür wird geschaut, wie viele Kryptowährungen aus der Steuertabelle noch nicht in einer Position sind, dann teilt man den aktuellen Kontostand in USDT durch diese Anzahl und rundet das Ergebnis auf die Anzahl Nachkommastellen der Lotsize.

Die Hauptfunktion des Trading-Bots ist dann eine Schleife, welche über die Steuertabelle iteriert und nachschaut, für welche Kryptowährung noch keine Position vorhanden ist. Wenn die Bedingung für ein Kauf-Signal gegeben ist, wird eine Kauf-Order über die Binance-API ausgelöst und die Steuertabelle angepasst. Das gleiche Vorgehen wird für die Kryptowährungen wiederholt, welche zum aktuellen Zeitpunkt in einer Position sind. Dafür wird die Bedingung für ein Verkauf-Signal geprüft und gegebenenfalls eine Verkauf-Order mit der Anzahl der Coins aus der Steuertabelle ausgeführt.

#### 4.3.2.2. Datenextraktion

Wie im vorherigen Abschnitt erwähnt, werden zum einen historische Daten wie auch aktuelle Daten benötigt. Dafür werden die nachfolgenden API-Abfragen abgesetzt.

```

1 import pandas as pd
2 from binance.client import Client
3
4 ST = 13 # Perioden fuer den schnellen SMA
5 LT = 37 # Perioden fuer den langsamen SMA

```

```

6
7 def gethistdata(symbol,LT):
8     df = pd.DataFrame(
9         client.get_historical_klines(symbol,
10                                     '1d',
11                                     str(date.today())
12                                     -timedelta(LT-1)),
13                                     str(date.today())
14                                     -timedelta(1)))
15     closes =pd.DataFrame(df[4])
16     closes.columns = ['Close']
17     closes['ST'] = closes.Close.rolling(ST-1).sum()
18     closes['LT'] = closes.Close.rolling(LT-1).sum()
19     closes.dropna(inplace=True)
20     return closes

```

Code 1: Historische Daten für den Krypto-Trading-Bot

```

1 import pandas as pd
2 from binance.client import Client
3
4 def getlivedata(symbol):
5     frame = pd.DataFrame(client.get_historical_klines(symbol,
6                                                         '1d',
7                                                         '1 days ago
8                                                         UTC'))
9     frame = frame.iloc[:, :5]
10    frame.columns = ['Time', 'Open', 'High', 'Low', 'Close']
11    frame[['Open', 'High', 'Low', 'Close']] = frame[['Open', 'High',
12    'Low', 'Close']].astype(float)
13    frame.Time = pd.to_datetime(frame.Time, unit='ms')
14    return frame

```

Code 2: Aktuelle Daten für den Krypto-Trading-Bot

Zusätzlich wird noch der aktuelle Binance-Kontostand abgefragt, welcher über folgende Abfrage erhältlich ist:

```

1 float(client.get_asset_balance(asset='USDT')['free'])

```

Code 3: Aktueller USDT-Kontostand auf Binance

Und zum Schluss wird noch die Lotsize abgefragt, wobei **symbol** durch das Trading-Paar, wie zum Beispiel 'BTCUSDT' ersetzt wird:

```

1 info = client.get_symbol_info(symbol=symbol)
2 Lotsize = str(float([i for i in info['filters'] if i['filterType']
3                     ]== 'LOT_SIZE')[0]['minQty']))

```

Code 4: Aktueller USDT Kontostand auf Binance

### 4.3.2.3. Bereitstellung des Krypto-Trading-Bots

Um den entwickelten Trading-Bot 24/7 zu betreiben, wird eine virtuelle Maschine (VM) mit Linux-Betriebssystem auf Amazon Web Service hochgefahren. Da der entwickelte Bot nur sehr wenige Daten speichern und keine rechenaufwendigen Berechnungen machen muss, reicht eine kleine Instanz aus. Bei der gewählten Instanz handelt es sich um eine Amazon Elastic Compute Cloud (**Amazon EC2.t2.micro**) mit 1 vCPU, 1GiB RAM und 8GiB Speicher. Für neue Kunden ist diese Instanz für ein Jahr kostenfrei verfügbar. Nach diesem Jahr kostet der Betrieb dieser Instanz für einen Monat im Dauerbetrieb 10,73 USD (Stand: 26.04.2022). Mit dem privaten Schlüssel der Amazon VM sowie der öffentlichen IPv4-DNS Adresse kann durch das Programm Putty direkt von der lokalen Maschine auf die VM per SSH-Verbindung zugegriffen werden.

Auf der Linux-Umgebung werden alle notwendigen Bibliotheken installiert, wie zum Beispiel Python, alle Bibliotheken welche für den Bot benötigt werden und Cron. Ausserdem wird die Zeitzone noch auf Schweiz/Zürich eingestellt. Cron wird für das automatische Ausführen von Jobs verwendet, in unserem Fall für die Ausführung des Trading-Bot Python Skripts. Nachdem die VM-Umgebung nun aufgesetzt ist, kann die Steuertabelle erstellt und als CSV-Datei gespeichert werden. Danach wird ein Python Skript angelegt, welche die Zugangsdaten für die Binance-Plattform enthält und danach noch das Python Skript, welches die Kryptowährungen mit der definierten Strategie kauft und verkauft. Der Code für die Python Skripts wurde lokal entwickelt und wurde danach per Copy & Paste in der VM hinzugefügt.

Zum Schluss wird das Python Skript durch den Cron Job alle 15 Minuten ausgeführt. Dafür wird ein neuer Cron Job in Linux aufgesetzt mit dem Befehl *crontab -e*. Um die Ausführung zu überwachen, wird eine Log-Datei erstellt, welche den Output (stdout) aus dem Python Skript bei jedem Ausführen der Log-Datei hinzufügt. Auch allfällige Fehlermeldungen (stderr) werden in die gleiche Log-Datei geschrieben. Die Log-Datei wird in einen separaten Log-Ordner abgelegt.

## 5. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus dem Backtesting dargestellt. Als Erstes werden die Resultate der Indikatoren mit den empfohlenen Parameter-Einstellungen aus dem traditionellen Markt dargestellt um zu untersuchen, wie diese im Kryptomarkt performen. Im zweiten Abschnitt werden die optimierten technischen Indikatoren, welche die beste Performance aufweisen, dargestellt. Im dritten Abschnitt werden noch einige Kombinationen mit den vorgestellten Indikatoren untersucht.

### 5.1. Technische Indikatoren mit den Standard-Parametern

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Resultate der einzelnen technischen Indikatoren im Vergleich mit der Buy & Hold-Strategie dargestellt. Dafür wurden für das Backtesting die Perioden 1 Jahr, 2 Jahre und 3 Jahre gewählt. Für das Backtesting wurden die Kryptowährungen Bitcoin, Ethereum, Binance Coin, Cardano und Solana verwendet wie im Abschnitt 4.1 beschrieben. Um die technischen Indikatoren miteinander zu vergleichen, kamen die Performance Masse aus dem Abschnitt 3.7 zum Einsatz.

#### 5.1.1. Buy & Hold vs. SMA

In der Tabelle 9 sind die Resultate des Backtestings ersichtlich. Dabei wird die Buy & Hold-Strategie mit der 12 Tage gleitenden Durchschnitts-Strategie (SMA(12)) gegenübergestellt. In der Backtesting-Periode von einem Jahr wurden bessere Renditen (Returns) erzielt sowie auch bessere Performance-Masse. Für die Perioden 2 Jahre und 3 Jahre ist die Strategie Buy & Hold gegenüber der SMA(12) überlegen. Dies zeigt auch die Abbildung 16 gut, bei der die kumulative Rendite der Buy & Hold-Strategie mit der kumulativen Rendite der SMA(12)-Strategie verglichen wird.



Tabelle 9: Evaluation Buy & Hold vs. SMA(12)

	Buy & Hold / SMA(12)				
Backtesting Periode	1 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	-20.51 / <b>-18.94</b>	88.98 / <b>126.08</b>	42.87 / <b>61.13</b>	-2.34 / <b>124.74</b>	618.66 / <b>841.15</b>
Return per anno [%]	-20.39 / <b>-18.84</b>	88.5 / <b>125.39</b>	42.64 / <b>60.79</b>	-2.32 / <b>124.06</b>	615.29 / <b>836.56</b>
Volatilität per anno [%]	74.42 / <b>47.85</b>	103.03 / <b>58.78</b>	116.2 / <b>62.07</b>	112.08 / <b>76.57</b>	145.35 / <b>107.47</b>
Sharpe Ratio	-0.27 / <b>-0.39</b>	0.86 / <b>2.13</b>	0.37 / <b>0.98</b>	-0.02 / <b>1.62</b>	4.23 / <b>7.78</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-41.56</b>	-57.83 / <b>-39.21</b>	-61.58 / <b>-48.61</b>	-73.34 / <b>-41.02</b>	-68.88 / <b>-56.08</b>
Backtesting Periode	2 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	628.23 / <b>268.20</b>	2552.06 / <b>503.32</b>	3580.47 / <b>702.69</b>	3844.65 / <b>1140.01</b>	4470.92 / <b>4075.33</b>
Return per anno [%]	313.26 / <b>133.73</b>	1272.54 / <b>250.97</b>	1785.34 / <b>350.39</b>	1917.07 / <b>568.45</b>	2967.07 / <b>2704.54</b>
Volatilität per anno [%]	74.03 / <b>55.6</b>	99.29 / <b>71.46</b>	113.3 / <b>83.19</b>	120.9 / <b>15.86</b>	154.24 / <b>118.93</b>
Sharpe Ratio	4.23 / <b>2.41</b>	12.82 / <b>3.51</b>	15.76 / <b>4.21</b>	15.86 / <b>6.04</b>	19.24 / <b>22.74</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-45.14</b>	-57.83 / <b>-39.49</b>	-61.58 / <b>-48.61</b>	-73.34 / <b>-41.02</b>	-68.88 / <b>-56.08</b>
Backtesting Periode	3 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	1037.76 / <b>697.77</b>	2374.51 / <b>895.42</b>	2486.58 / <b>944.01</b>	1574.45 / <b>1119.86</b>	-
Return per anno [%]	345.29 / <b>232.17</b>	790.06 / <b>297.93</b>	827.35 / <b>314.1</b>	523.86 / <b>372.61</b>	-
Volatilität per anno [%]	81.08 / <b>54.45</b>	102.85 / <b>69.33</b>	110.35 / <b>75.51</b>	117.22 / <b>84.39</b>	-
Sharpe Ratio	4.26 / <b>4.26</b>	7.68 / <b>4.3</b>	7.5 / <b>4.16</b>	4.47 / <b>4.42</b>	-
Max Drawdown [%]	-64.67 / <b>-45.14</b>	-68.66 / <b>-40.68</b>	-75.45 / <b>-48.61</b>	-76.54 / <b>-51.55</b>	-

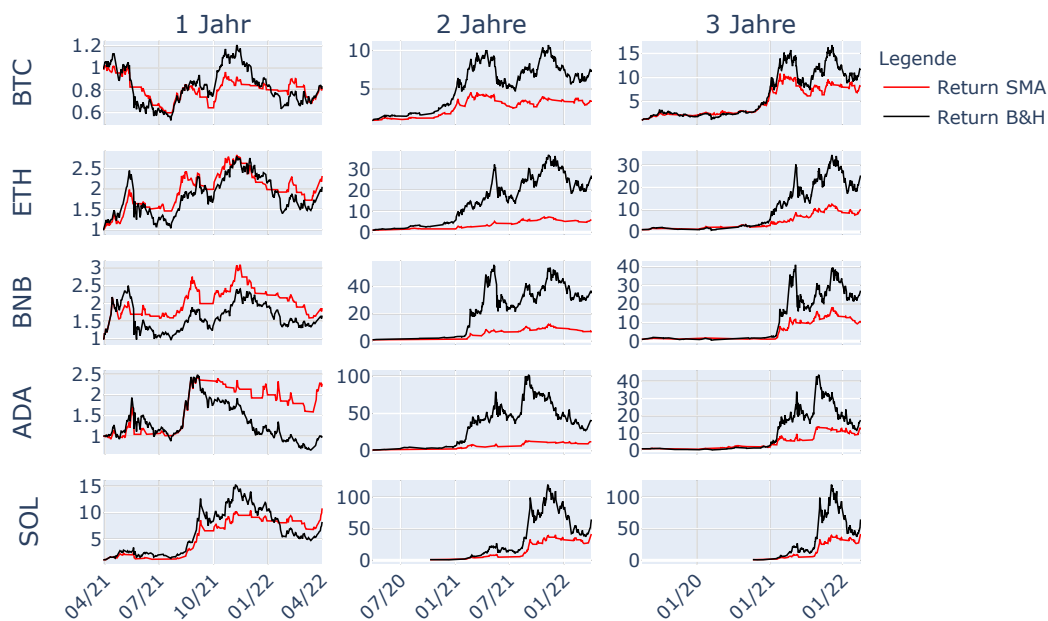


Abbildung 16: SMA Backtesting Standard-Parameter

### 5.1.2. Buy & Hold vs. EMA

In der Tabelle 10 sind die Resultate des Backtestings ersichtlich. Dabei wird die Buy & Hold-Strategie mit der 12 Tage exponentiellen Durchschnitts-Strategie (EMA(12)) gegenübergestellt. In der Backtesting-Periode von einem Jahr wurden bei Bitcoin, Binance Coin und Cardano bessere Renditen (Returns) erzielt sowie auch bessere Performance-Masse. Für die Perioden 2 Jahre und 3 Jahre ist die Strategie Buy & Hold gegenüber der EMA(12) überlegen. Dies ist aus der Abbildung 17 gut ersicht-

lich, bei der die kumulative Rendite der Buy & Hold-Strategie mit der kumulativen Rendite der EMA(12)-Strategie verglichen wird.

Tabelle 10: Evaluation Buy & Hold vs. EMA(12)

	Buy & Hold / SMA(12)				
Backtesting Periode	1 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	-20.51 / <b>-5.94</b>	88.98 / <b>86.57</b>	42.87 / <b>63.63</b>	-2.34 / <b>44.43</b>	618.66 / <b>382.81</b>
Return per anno [%]	-20.39 / <b>-5.91</b>	88.5 / <b>86.1</b>	42.64 / <b>63.28</b>	-2.32 / <b>44.19</b>	615.29 / <b>380.73</b>
Volatilität per anno [%]	74.42 / <b>43.19</b>	103.03 / <b>58.03</b>	116.2 / <b>61.68</b>	112.08 / <b>77.77</b>	145.35 / <b>107.62</b>
Sharpe Ratio	-0.27 / <b>-0.14</b>	0.86 / <b>1.48</b>	0.37 / <b>1.03</b>	-0.02 / <b>0.57</b>	4.23 / <b>3.54</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-38.93</b>	-57.83 / <b>-36.26</b>	-61.58 / <b>-41.62</b>	-73.34 / <b>-60.42</b>	-68.88 / <b>-56.57</b>
Backtesting Periode	2 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	628.23 / <b>318.42</b>	2552.06 / <b>459.29</b>	3580.47 / <b>999.64</b>	3844.65 / <b>1226.31</b>	4470.92 / <b>2666.47</b>
Return per anno [%]	313.26 / <b>158.78</b>	1272.54 / <b>229.02</b>	1785.34 / <b>498.45</b>	1917.07 / <b>611.48</b>	2967.07 / <b>1769.57</b>
Volatilität per anno [%]	74.03 / <b>53.86</b>	99.29 / <b>71.74</b>	113.3 / <b>84.22</b>	120.9 / <b>95.9</b>	154.24 / <b>119.64</b>
Sharpe Ratio	4.23 / <b>2.95</b>	12.82 / <b>3.19</b>	15.76 / <b>5.92</b>	15.86 / <b>6.38</b>	19.24 / <b>14.79</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-43.5</b>	-57.83 / <b>-36.26</b>	-61.58 / <b>-41.62</b>	-73.34 / <b>-60.42</b>	-68.88 / <b>-56.57</b>
Backtesting Periode	3 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	1037.76 / <b>779.04</b>	2374.51 / <b>1158.35</b>	2486.58 / <b>1441.16</b>	1574.45 / <b>1461.52</b>	-
Return per anno [%]	345.29 / <b>259.21</b>	790.06 / <b>385.41</b>	827.35 / <b>479.51</b>	523.86 / <b>486.28</b>	-
Volatilität per anno [%]	81.08 / <b>52.9</b>	102.85 / <b>68.04</b>	110.35 / <b>75.22</b>	117.22 / <b>85.51</b>	-
Sharpe Ratio	4.26 / <b>4.9</b>	7.68 / <b>5.66</b>	7.5 / <b>6.37</b>	4.47 / <b>5.69</b>	-
Max Drawdown [%]	-64.67 / <b>-43.5</b>	-68.66 / <b>-36.26</b>	-75.45 / <b>-41.62</b>	-76.54 / <b>-60.42</b>	-

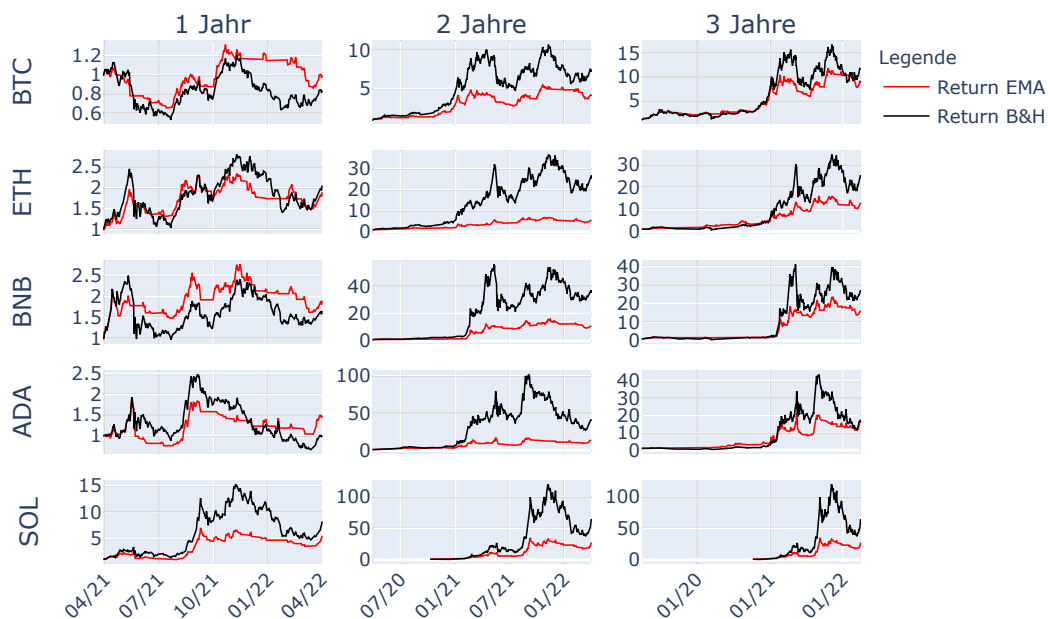


Abbildung 17: EMA Backtesting Standard-Parameter

### 5.1.3. Buy & Hold vs. AMA

In der Tabelle 11 sind die Resultate des Backtestings ersichtlich. Dabei wird die Buy & Hold-Strategie mit der adaptiven gleitenden Durchschnitts-Strategie (AMA(10, 2, 30)) gegenübergestellt. In der Backtesting-Periode von einem Jahr wurden bei Bitcoin, Ethereum, Binance Coin und Cardano bessere Renditen (Returns) erzielt

sowie auch bessere Performance-Masse. Für die Perioden 2 Jahre und 3 Jahre ist die Strategie Buy & Hold gegenüber der AMA(10, 2, 30) überlegen. Dies ist auch in der Abbildung 18 gut zu sehen, bei der die kumulative Rendite der Buy & Hold-Strategie mit der kumulativen Rendite der AMA(10, 2, 30)-Strategie verglichen wird.

Tabelle 11: Evaluation Buy & Hold vs. AMA(10,2,30)

	Buy & Hold / AMA(10,2,30)				
Backtesting Periode	1 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	-20.51 / <b>1.95</b>	88.98 / <b>195.4</b>	42.87 / <b>58.76</b>	-2.34 / <b>27.27</b>	618.66 / <b>468.01</b>
Return per anno [%]	-20.39 / <b>1.94</b>	88.5 / <b>194.34</b>	42.64 / <b>58.44</b>	-2.32 / <b>27.12</b>	615.29 / <b>465.46</b>
Volatilität per anno [%]	74.42 / <b>42.42</b>	103.03 / <b>56.4</b>	116.2 / <b>59.95</b>	112.08 / <b>74.19</b>	145.35 / <b>104.78</b>
Sharpe Ratio	-0.27 / <b>0.05</b>	0.86 / <b>3.45</b>	0.37 / <b>0.97</b>	-0.02 / <b>0.37</b>	4.23 / <b>4.44</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-40.53</b>	-57.83 / <b>-30.98</b>	-61.58 / <b>-45.12</b>	-73.34 / <b>-53.67</b>	-68.88 / <b>-61.94</b>
Backtesting Periode	2 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	628.23 / <b>367.46</b>	2552.06 / <b>967.44</b>	3580.47 / <b>513.04</b>	3844.65 / <b>898.68</b>	4470.92 / <b>2033.27</b>
Return per anno [%]	313.26 / <b>183.23</b>	1272.54 / <b>482.4</b>	1785.34 / <b>255.82</b>	1917.07 / <b>448.11</b>	2967.07 / <b>1349.35</b>
Volatilität per anno [%]	74.03 / <b>52.73</b>	99.29 / <b>71.2</b>	113.3 / <b>81.69</b>	120.9 / <b>95.55</b>	154.24 / <b>117.59</b>
Sharpe Ratio	4.23 / <b>3.48</b>	12.82 / <b>6.77</b>	15.76 / <b>3.13</b>	15.86 / <b>4.69</b>	19.24 / <b>11.48</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-40.53</b>	-57.83 / <b>-30.98</b>	-61.58 / <b>-48.26</b>	-73.34 / <b>-53.67</b>	-68.88 / <b>-61.94</b>
Backtesting Periode	3 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	1037.76 / <b>610.98</b>	2374.51 / <b>1964.56</b>	2486.58 / <b>690.55</b>	1574.45 / <b>1087.96</b>	-
Return per anno [%]	345.29 / <b>203.29</b>	790.06 / <b>653.66</b>	827.35 / <b>229.76</b>	523.86 / <b>361.99</b>	-
Volatilität per anno [%]	81.08 / <b>51.68</b>	102.85 / <b>67.29</b>	110.35 / <b>73.25</b>	117.22 / <b>85.31</b>	-
Sharpe Ratio	4.26 / <b>3.93</b>	7.68 / <b>9.71</b>	7.5 / <b>3.14</b>	4.47 / <b>4.24</b>	-
Max Drawdown [%]	-64.67 / <b>-46.13</b>	-68.66 / <b>-30.98</b>	-75.45 / <b>-48.26</b>	-76.54 / <b>-53.67</b>	-

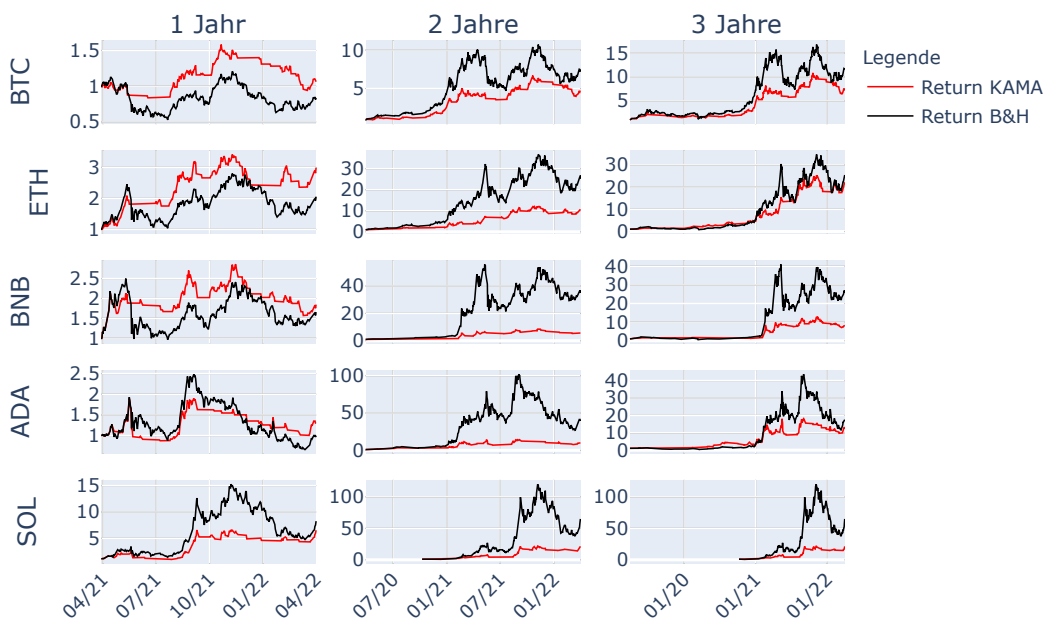


Abbildung 18: AMA Backtesting Standard-Parameter

#### 5.1.4. Buy & Hold vs. MAC

In der Tabelle 12 sind die Resultate des Backtestings ersichtlich. Dabei wird die Buy & Hold-Strategie mit der Moving Average Crossover-Strategie (MAC(5, 20))

gegenübergestellt. In der Backtesting-Periode von einem Jahr wurden bei Bitcoin, Binance Coin und Cardano bessere Renditen (Returns) erzielt sowie auch bessere Performance-Masse. Für die Perioden 2 Jahre ist die Strategie Buy & Hold gegenüber der MAC(5, 20) überlegen. Bei 3 Jahren können bei zwei von vier Kryptowährungen bessere Ergebnisse erzielt werden. Dies kann auch sehr gut aus der Abbildung 19 abgelesen werden, bei der die kumulative Rendite der Buy & Hold-Strategie mit der kumulativen Rendite der MAC(5, 20)-Strategie verglichen wird.

Tabelle 12: Evaluation Buy & Hold vs. MAC (5,20)

Backtesting Periode	Buy & Hold / MAC (5,20)				
	1 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	-20.51 / <b>-4.31</b>	88.98 / <b>33.94</b>	42.87 / <b>55.52</b>	-2.34 / <b>18.19</b>	618.66 / <b>362.99</b>
Return per anno [%]	-20.39 / <b>-4.29</b>	88.5 / <b>33.76</b>	42.64 / <b>55.22</b>	-2.32 / <b>18.09</b>	615.29 / <b>361.01</b>
Volatilität per anno [%]	74.42 / <b>42.06</b>	103.03 / <b>71.92</b>	116.2 / <b>67.55</b>	112.08 / <b>82.35</b>	145.35 / <b>115.73</b>
Sharpe Ratio	-0.27 / <b>-0.1</b>	0.86 / <b>0.47</b>	0.37 / <b>0.82</b>	-0.02 / <b>0.22</b>	4.23 / <b>3.12</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-35.24</b>	-57.83 / <b>-56.1</b>	-61.58 / <b>-51.43</b>	-73.34 / <b>-58.83</b>	-68.88 / <b>-60.45</b>
Backtesting Periode	2 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	628.23 / <b>329.25</b>	2552.06 / <b>653.95</b>	3580.47 / <b>1210.43</b>	3844.65 / <b>3434.94</b>	4470.92 / <b>3117.56</b>
Return per anno [%]	313.26 / <b>164.18</b>	1272.54 / <b>326.08</b>	1785.34 / <b>603.56</b>	1917.07 / <b>1712.78</b>	2967.07 / <b>2068.93</b>
Volatilität per anno [%]	74.03 / <b>55.9</b>	99.29 / <b>80.78</b>	113.3 / <b>86.79</b>	120.9 / <b>100.2</b>	154.24 / <b>123.76</b>
Sharpe Ratio	4.23 / <b>2.94</b>	12.82 / <b>4.04</b>	15.76 / <b>6.95</b>	15.86 / <b>17.09</b>	19.24 / <b>16.72</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-41.93</b>	-57.83 / <b>-56.1</b>	-61.58 / <b>-51.43</b>	-73.34 / <b>-58.83</b>	-68.88 / <b>-60.45</b>
Backtesting Periode	3 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	1037.76 / <b>805.53</b>	2374.51 / <b>1510.06</b>	2486.58 / <b>2585.96</b>	1574.45 / <b>4711.37</b>	-
Return per anno [%]	345.29 / <b>268.02</b>	790.06 / <b>502.44</b>	827.35 / <b>860.41</b>	523.86 / <b>1567.59</b>	-
Volatilität per anno [%]	81.08 / <b>55.59</b>	102.85 / <b>75.38</b>	110.35 / <b>77.54</b>	117.22 / <b>89.26</b>	-
Sharpe Ratio	4.26 / <b>4.82</b>	7.68 / <b>6.67</b>	7.5 / <b>11.1</b>	4.47 / <b>17.56</b>	-
Max Drawdown [%]	-64.67 / <b>-42.39</b>	-68.66 / <b>-56.1</b>	-75.45 / <b>-51.43</b>	-76.54 / <b>-58.83</b>	-

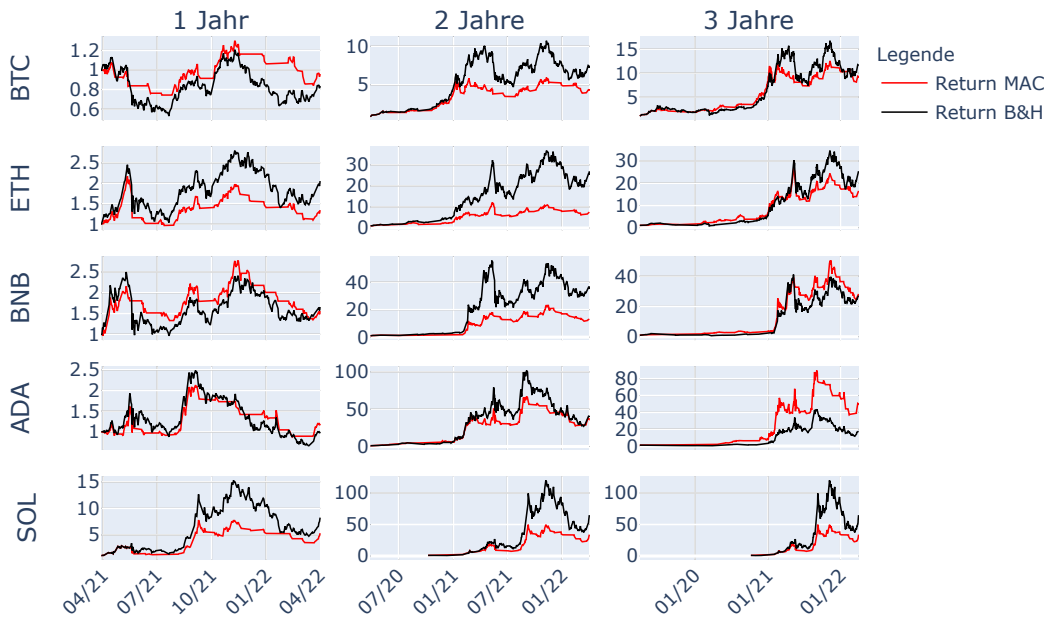


Abbildung 19: MAC Backtesting Standard-Parameter

### 5.1.5. Buy & Hold vs. Bollinger Bänder

In der Tabelle 13 sind die Resultate des Backtestings ersichtlich. Dabei wird die Buy & Hold-Strategie mit der Bollinger Band-Strategie (BB(20)) gegenübergestellt. In der Backtesting-Periode von einem Jahr wurde nur für Cardano eine bessere Rendite (Returns) erzielt sowie auch bessere Performance-Masse. Ansonsten ist die Strategie Buy & Hold über alle Test-Perioden gegenüber der BB(20) überlegen. Dies ist auch in der Abbildung 20 gut zu sehen, bei der die kumulative Rendite der Buy & Hold-Strategie mit der kumulativen Rendite der BB(20)-Strategie verglichen wird.

Tabelle 13: Evaluation Buy & Hold vs. BB(20)

	Buy & Hold / <b>BB(20)</b>				
Backtesting Periode	1 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	-20.51 / <b>-24.44</b>	88.98 / <b>22.55</b>	42.87 / <b>-35.55</b>	-2.34 / <b>9.67</b>	618.66 / <b>-48.11</b>
Return per anno [%]	-20.39 / <b>-24.3</b>	88.5 / <b>22.43</b>	42.64 / <b>-35.36</b>	-2.32 / <b>9.61</b>	615.29 / <b>-47.85</b>
Volatilität per anno [%]	74.42 / <b>63.78</b>	103.03 / <b>78.99</b>	116.2 / <b>98.75</b>	112.08 / <b>56.39</b>	145.35 / <b>96.61</b>
Sharpe Ratio	-0.27 / <b>-0.38</b>	0.86 / <b>0.28</b>	0.37 / <b>-0.36</b>	-0.02 / <b>0.17</b>	4.23 / <b>-0.5</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-52.62</b>	-57.83 / <b>-49.45</b>	-61.58 / <b>-49.97</b>	-73.34 / <b>-40.46</b>	-68.88 / <b>-67.82</b>
Backtesting Periode	2 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	628.23 / <b>42.26</b>	2552.06 / <b>172.88</b>	3580.47 / <b>35.18</b>	3844.65 / <b>69.4</b>	4470.92 / <b>-45.33</b>
Return per anno [%]	313.26 / <b>21.07</b>	1272.54 / <b>86.2</b>	1785.34 / <b>17.54</b>	1917.07 / <b>34.6</b>	2967.07 / <b>-30.08</b>
Volatilität per anno [%]	74.03 / <b>50.97</b>	99.29 / <b>63.2</b>	113.3 / <b>73.46</b>	120.9 / <b>56.25</b>	154.24 / <b>100.03</b>
Sharpe Ratio	4.23 / <b>0.41</b>	12.82 / <b>1.36</b>	15.76 / <b>0.24</b>	15.86 / <b>0.62</b>	19.24 / <b>-0.3</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-52.62</b>	-57.83 / <b>-49.45</b>	-61.58 / <b>-49.97</b>	-73.34 / <b>-41.72</b>	-68.88 / <b>-67.82</b>
Backtesting Periode	3 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	1037.76 / <b>-5.58</b>	2374.51 / <b>220.27</b>	2486.58 / <b>-8.8</b>	1574.45 / <b>-18.34</b>	-
Return per anno [%]	345.29 / <b>-1.86</b>	790.06 / <b>73.29</b>	827.35 / <b>-2.93</b>	523.86 / <b>-6.1</b>	-
Volatilität per anno [%]	81.08 / <b>60.28</b>	102.85 / <b>61.1</b>	110.35 / <b>77.33</b>	117.22 / <b>69.12</b>	-
Sharpe Ratio	4.26 / <b>-0.03</b>	7.68 / <b>1.2</b>	7.5 / <b>-0.04</b>	4.47 / <b>-0.09</b>	-
Max Drawdown [%]	-64.67 / <b>-57.12</b>	-68.66 / <b>-49.45</b>	-75.45 / <b>-66.98</b>	-76.54 / <b>-71.24</b>	-

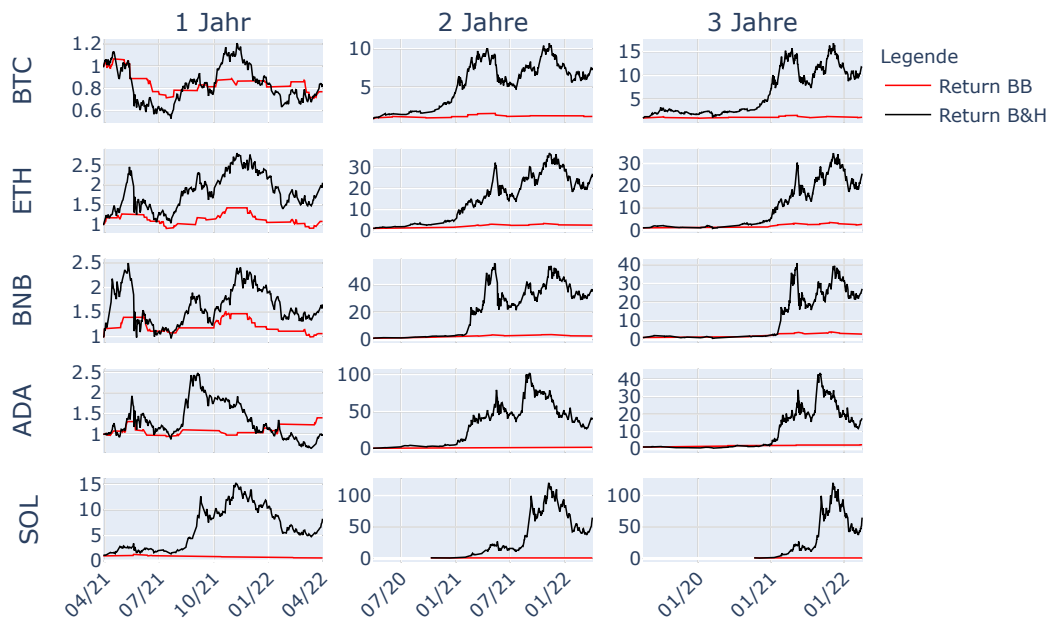


Abbildung 20: Bollinger Bänder Backtesting Standard-Parameter

### 5.1.6. Buy & Hold vs. 4-Wochen-Regel

In der Tabelle 14 sind die Resultate des Backtestings ersichtlich. Dabei wird die Buy & Hold-Strategie mit der 4-Wochen-Regel-Strategie (4WR) gegenübergestellt. In der Backtesting-Periode von einem Jahr wurde für Bitcoin und Solana eine bessere Rendite (Returns) erzielt, wobei die Volatilität knapp höher ist als bei der Buy & Hold-Strategie. Ansonsten ist die Strategie Buy & Hold über alle Test-Perioden gegenüber der 4WR überlegen. Dies ist auch aus der Abbildung 21 gut ersichtlich, bei der die kumulative Rendite der Buy & Hold-Strategie mit der kumulativen Rendite der 4WR-Strategie verglichen wird.

Tabelle 14: Evaluation Buy & Hold vs. 4-Wochen-Regel

Backtesting Periode	Buy & Hold / 4-Wochen-Regel				
	1 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	-20.51 / <b>-16.77</b>	88.98 / <b>5.87</b>	42.87 / <b>-24.25</b>	-2.34 / <b>-59.98</b>	618.66 / <b>834.27</b>
Return per anno [%]	-20.39 / <b>-16.68</b>	88.5 / <b>5.84</b>	42.64 / <b>-24.12</b>	-2.32 / <b>-59.65</b>	615.29 / <b>829.72</b>
Volatilität per anno [%]	74.42 / <b>75.1</b>	103.03 / <b>105.34</b>	116.2 / <b>123.99</b>	112.08 / <b>113.56</b>	145.35 / <b>145.9</b>
Sharpe Ratio	-0.27 / <b>-0.22</b>	0.86 / <b>0.06</b>	0.37 / <b>-0.19</b>	-0.02 / <b>-0.53</b>	4.23 / <b>5.69</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-54.42</b>	-57.83 / <b>-69.26</b>	-61.58 / <b>-79.0</b>	-73.34 / <b>-76.71</b>	-68.88 / <b>-71.47</b>
Backtesting Periode	2 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	628.23 / <b>332.61</b>	2552.06 / <b>242.89</b>	3580.47 / <b>112.33</b>	3844.65 / <b>470.55</b>	4470.92 / <b>3553.2</b>
Return per anno [%]	313.26 / <b>165.85</b>	1272.54 / <b>121.11</b>	1785.34 / <b>56.01</b>	1917.07 / <b>234.63</b>	2967.07 / <b>2358.03</b>
Volatilität per anno [%]	74.03 / <b>74.52</b>	99.29 / <b>101.33</b>	113.3 / <b>118.18</b>	120.9 / <b>122.44</b>	154.24 / <b>158.35</b>
Sharpe Ratio	4.23 / <b>2.23</b>	12.82 / <b>1.2</b>	15.76 / <b>0.47</b>	15.86 / <b>1.92</b>	19.24 / <b>14.89</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-54.42</b>	-57.83 / <b>-69.26</b>	-61.58 / <b>-79.0</b>	-73.34 / <b>-76.71</b>	-68.88 / <b>-78.0</b>
Backtesting Periode	3 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	1037.76 / <b>347.34</b>	2374.51 / <b>417.96</b>	2486.58 / <b>334.23</b>	1574.45 / <b>241.44</b>	-
Return per anno [%]	345.29 / <b>115.57</b>	790.06 / <b>139.07</b>	827.35 / <b>111.21</b>	523.86 / <b>80.33</b>	-
Volatilität per anno [%]	81.08 / <b>79.07</b>	102.85 / <b>101.33</b>	110.35 / <b>110.98</b>	117.22 / <b>116.42</b>	-
Sharpe Ratio	4.26 / <b>0.69</b>	7.68 / <b>1.0</b>	7.5 / <b>1.37</b>	4.47 / <b>1.46</b>	-
Max Drawdown [%]	-64.67 / <b>-73.0</b>	-68.66 / <b>-69.26</b>	-75.45 / <b>-82.2</b>	-76.54 / <b>-76.71</b>	-

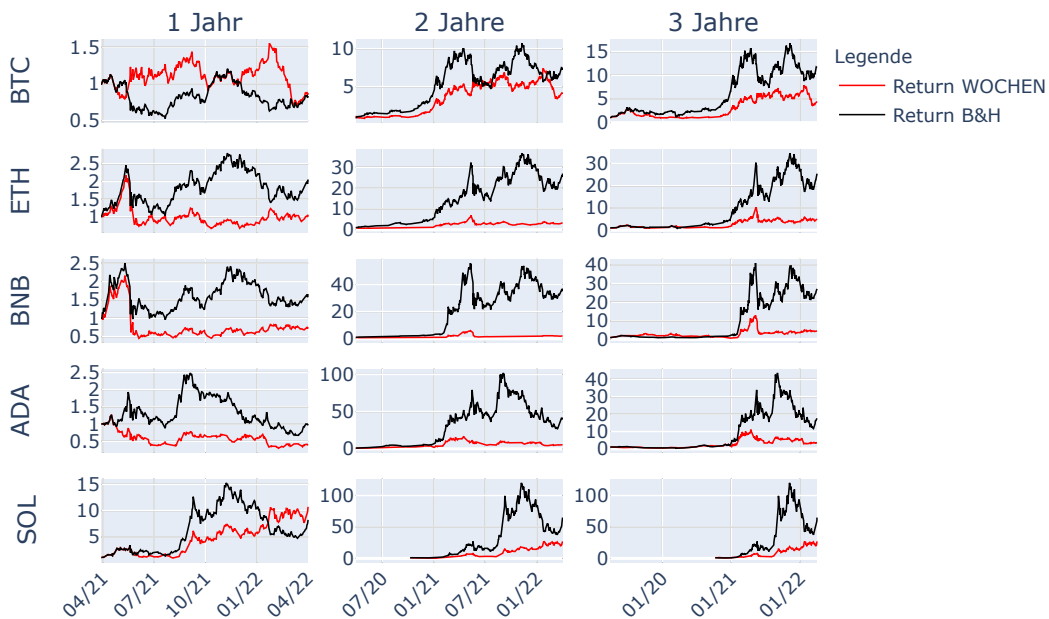


Abbildung 21: 4-Wochen-Regel Backtesting Standard-Parameter

### 5.1.7. Buy & Hold vs. Stochastik

In der Tabelle 15 sind die Resultate des Backtestings ersichtlich. Dabei wird die Buy & Hold-Strategie mit der Stochastik-Strategie (K%D (14,3)) gegenübergestellt. In der Backtesting-Periode von einem Jahr wurde nur für Bitcoin eine bessere Rendite (Returns) erzielt. Ansonsten ist die Strategie Buy & Hold über alle Test-Perioden gegenüber der K%D (14,3) überlegen. Dies ist auch in der Abbildung 22 gut zu erkennen, bei der die kumulative Rendite der Buy & Hold-Strategie mit der kumulativen

Rendite der K%D (14,3)-Strategie verglichen wird.

Tabelle 15: Evaluation Buy & Hold vs. Stochastik (14,3)

	Buy & Hold / Stochastik (14,3)				
Backtesting Periode	1 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	-20.51 / <b>-16.77</b>	88.98 / <b>-4.34</b>	42.87 / <b>-33.4</b>	-2.34 / <b>-13.77</b>	618.66 / <b>246.16</b>
Return per anno [%]	-20.39 / <b>-16.32</b>	88.5 / <b>-4.31</b>	42.64 / <b>-33.22</b>	-2.32 / <b>-13.7</b>	615.29 / <b>244.82</b>
Volatilitat per anno [%]	74.42 / <b>47.15</b>	103.03 / <b>59.74</b>	116.2 / <b>64.0</b>	112.08 / <b>70.26</b>	145.35 / <b>104.11</b>
Sharpe Ratio	-0.27 / <b>-0.35</b>	0.86 / <b>0.07</b>	0.37 / <b>-0.52</b>	-0.02 / <b>-0.19</b>	4.23 / <b>2.35</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-50.31</b>	-57.83 / <b>-54.12</b>	-61.58 / <b>-50.22</b>	-73.34 / <b>-57.95</b>	-68.88 / <b>-56.73</b>
Backtesting Periode	2 Jahr				
Kryptowahrung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	628.23 / <b>114.91</b>	2552.06 / <b>149.51</b>	3580.47 / <b>183.19</b>	3844.65 / <b>105.85</b>	4470.92 / <b>1357.88</b>
Return per anno [%]	313.26 / <b>57.3</b>	1272.54 / <b>74.55</b>	1785.34 / <b>91.35</b>	1917.07 / <b>52.78</b>	2967.07 / <b>901.14</b>
Volatilitat per anno [%]	74.03 / <b>47.55</b>	99.29 / <b>74.55</b>	113.3 / <b>74.66</b>	120.9 / <b>82.35</b>	154.24 / <b>112.73</b>
Sharpe Ratio	4.23 / <b>1.21</b>	12.82 / <b>1.2</b>	15.76 / <b>1.22</b>	15.86 / <b>0.64</b>	19.24 / <b>7.99</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-54.42</b>	-57.83 / <b>-69.26</b>	-61.58 / <b>-79.0</b>	-73.34 / <b>-76.71</b>	-68.88 / <b>-78.0</b>
Backtesting Periode	3 Jahr				
Kryptowahrung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	1037.76 / <b>134.96</b>	2374.51 / <b>159.77</b>	2486.58 / <b>280.19</b>	1574.45 / <b>49.12</b>	-
Return per anno [%]	345.29 / <b>44.91</b>	790.06 / <b>53.16</b>	827.35 / <b>93.23</b>	523.86 / <b>16.34</b>	-
Volatilitat per anno [%]	81.08 / <b>49.73</b>	102.85 / <b>62.69</b>	110.35 / <b>71.02</b>	117.22 / <b>78.29</b>	-
Sharpe Ratio	4.26 / <b>0.9</b>	7.68 / <b>0.85</b>	7.5 / <b>1.31</b>	4.47 / <b>0.21</b>	-
Max Drawdown [%]	-64.67 / <b>-54.14</b>	-68.66 / <b>-54.12</b>	-75.45 / <b>-53.24</b>	-76.54 / <b>-60.69</b>	-

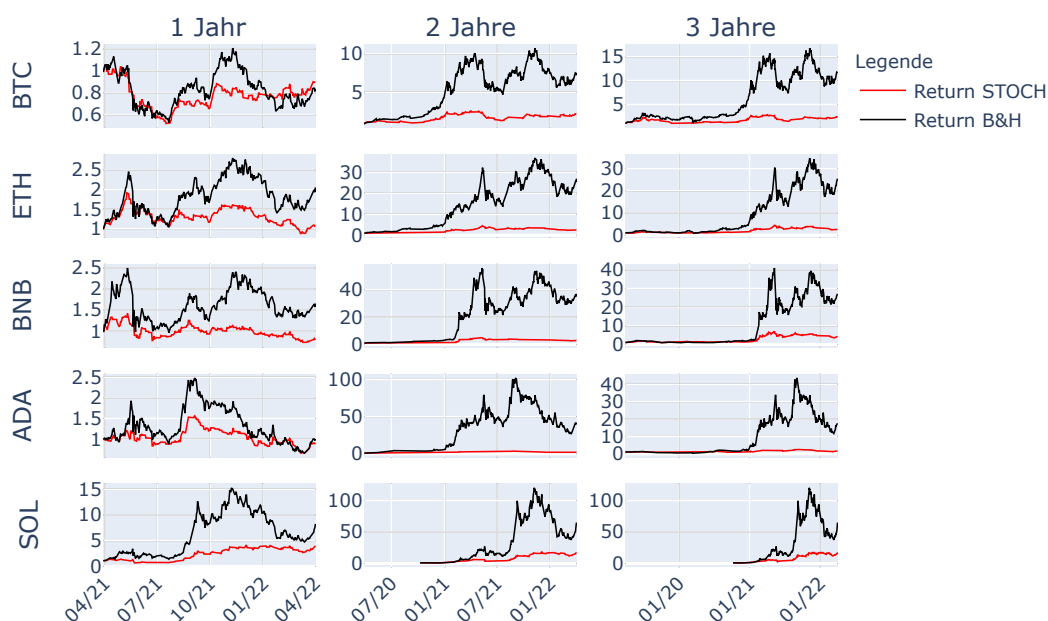


Abbildung 22: Stochastik Backtesting Standard-Parameter

### 5.1.8. Buy & Hold vs. RSI

In der Tabelle 16 sind die Resultate des Backtestings ersichtlich. Dabei wird die Buy & Hold-Strategie mit der Relativen-Stärke-Index-Strategie (RSI(14)) gegenustellt. In der Backtesting-Periode von einem Jahr wurde für Bitcoin und Cardano eine bessere Rendite (Returns) erzielt. Ansonsten ist die Strategie Buy & Hold über alle Test-Perioden hinweg gegenüber der RSI(14) überlegen. Dies ist auch aus



der Abbildung 23 gut ersichtlich, bei der die kumulative Rendite der Buy & Hold-Strategie mit der kumulativen Rendite der RSI(14)-Strategie verglichen wird.

Tabelle 16: Evaluation Buy & Hold vs. RSI (14)

	Buy & Hold / RSI (14)				
Backtesting Periode	1 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	-20.51 / <b>-5.83</b>	88.98 / <b>32.23</b>	42.87 / <b>33.04</b>	-2.34 / <b>15.22</b>	618.66 / <b>-13.7</b>
Return per anno [%]	-20.39 / <b>-5.8</b>	88.5 / <b>32.05</b>	42.64 / <b>29.88</b>	-2.32 / <b>15.14</b>	615.29 / <b>-13.63</b>
Volatilität per anno [%]	74.42 / <b>57.94</b>	103.03 / <b>41.16</b>	116.2 / <b>78.41</b>	112.08 / <b>61.63</b>	145.35 / <b>48.09</b>
Sharpe Ratio	-0.27 / <b>-0.1</b>	0.86 / <b>0.78</b>	0.37 / <b>0.38</b>	-0.02 / <b>0.25</b>	4.23 / <b>-0.28</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-30.65</b>	-57.83 / <b>-28.8</b>	-61.58 / <b>-37.49</b>	-73.34 / <b>-53.19</b>	-68.88 / <b>-47.69</b>
Backtesting Periode	2 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	628.23 / <b>28.91</b>	2552.06 / <b>66.58</b>	3580.47 / <b>114.02</b>	3844.65 / <b>231.76</b>	4470.92 / <b>22.88</b>
Return per anno [%]	313.26 / <b>14.42</b>	1272.54 / <b>33.2</b>	1785.34 / <b>56.86</b>	1917.07 / <b>115.56</b>	2967.07 / <b>15.18</b>
Volatilität per anno [%]	74.03 / <b>43.63</b>	99.29 / <b>33.63</b>	113.3 / <b>61.22</b>	120.9 / <b>54.64</b>	154.24 / <b>71.1</b>
Sharpe Ratio	4.23 / <b>0.33</b>	12.82 / <b>0.99</b>	15.76 / <b>0.93</b>	15.86 / <b>2.11</b>	19.24 / <b>0.21</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-30.65</b>	-57.83 / <b>-28.8</b>	-61.58 / <b>-37.49</b>	-73.34 / <b>-53.19</b>	-68.88 / <b>-48.29</b>
Backtesting Periode	3 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	1037.76 / <b>73.34</b>	2374.51 / <b>143.12</b>	2486.58 / <b>105.97</b>	1574.45 / <b>172.98</b>	-
Return per anno [%]	345.29 / <b>24.4</b>	790.06 / <b>35.26</b>	827.35 / <b>93.23</b>	523.86 / <b>57.56</b>	-
Volatilität per anno [%]	81.08 / <b>44.55</b>	102.85 / <b>41.4</b>	110.35 / <b>59.44</b>	117.22 / <b>59.24</b>	-
Sharpe Ratio	4.26 / <b>0.55</b>	7.68 / <b>1.15</b>	7.5 / <b>0.59</b>	4.47 / <b>0.97</b>	-
Max Drawdown [%]	-64.67 / <b>-31.37</b>	-68.66 / <b>-28.8</b>	-75.45 / <b>-45.65</b>	-76.54 / <b>-53.85</b>	-

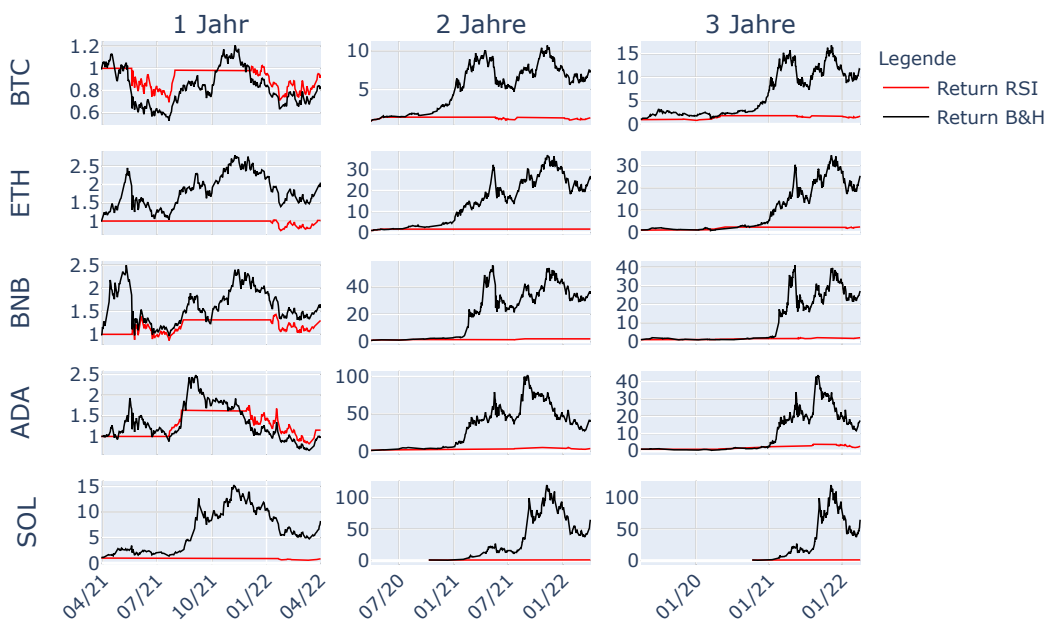


Abbildung 23: RSI Backtesting Standard-Parameter

### 5.1.9. Buy & Hold vs. MACD

In der Tabelle 17 sind die Resultate des Backtestings ersichtlich. Dabei wird die Buy & Hold-Strategie mit der Moving Average Convergence/Divergence-Strategie (MACD(12, 26, 9)) gegenübergestellt. In der Backtesting-Periode von einem Jahr

wurde nur für Cardano eine bessere Rendite (Returns) erzielt. Ansonsten ist die Strategie Buy & Hold über alle Test-Perioden gegenüber der MACD(12, 26, 9) überlegen. Dies kann auch der Abbildung 24 entnommen werden, bei der die kumulative Rendite der Buy & Hold-Strategie mit der kumulativen Rendite der MACD(12, 26, 9)-Strategie verglichen wird.

Tabelle 17: Evaluation Buy & Hold vs. MACD (12,26,9)

	Buy & Hold / MACD (9,12,26)				
Backtesting Periode	1 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	-20.51 / <b>14.78</b>	88.98 / <b>8.47</b>	42.87 / <b>4.75</b>	-2.34 / <b>-21.38</b>	618.66 / <b>42.22</b>
Return per anno [%]	-20.39 / <b>14.7</b>	88.5 / <b>8.42</b>	42.64 / <b>4.72</b>	-2.32 / <b>-21.27</b>	615.29 / <b>41.99</b>
Volatilität per anno [%]	74.42 / <b>54.81</b>	103.03 / <b>85.67</b>	116.2 / <b>97.19</b>	112.08 / <b>79.34</b>	145.35 / <b>99.52</b>
Sharpe Ratio	-0.27 / <b>0.27</b>	0.86 / <b>0.1</b>	0.37 / <b>0.05</b>	-0.02 / <b>-0.27</b>	4.23 / <b>0.42</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-33.46</b>	-57.83 / <b>-38.45</b>	-61.58 / <b>-60.33</b>	-73.34 / <b>-56.36</b>	-68.88 / <b>-49.33</b>
Backtesting Periode	2 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	628.23 / <b>28.91</b>	2552.06 / <b>66.58</b>	3580.47 / <b>114.02</b>	3844.65 / <b>231.76</b>	4470.92 / <b>22.88</b>
Return per anno [%]	313.26 / <b>14.42</b>	1272.54 / <b>33.2</b>	1785.34 / <b>56.86</b>	1917.07 / <b>115.56</b>	2967.07 / <b>15.18</b>
Volatilität per anno [%]	74.03 / <b>43.63</b>	99.29 / <b>33.63</b>	113.3 / <b>61.22</b>	120.9 / <b>54.64</b>	154.24 / <b>71.1</b>
Sharpe Ratio	4.23 / <b>0.33</b>	12.82 / <b>0.99</b>	15.76 / <b>0.93</b>	15.86 / <b>2.11</b>	19.24 / <b>0.21</b>
Max Drawdown [%]	-53.29 / <b>-30.65</b>	-57.83 / <b>-28.8</b>	-61.58 / <b>-37.49</b>	-73.34 / <b>-53.19</b>	-68.88 / <b>-48.29</b>
Backtesting Periode	3 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	1037.76 / <b>469.14</b>	2374.51 / <b>882.83</b>	2486.58 / <b>1165.2</b>	1574.45 / <b>761.25</b>	-
Return per anno [%]	345.29 / <b>156.09</b>	790.06 / <b>293.74</b>	827.35 / <b>387.69</b>	523.86 / <b>253.29</b>	-
Volatilität per anno [%]	81.08 / <b>52.85</b>	102.85 / <b>65.33</b>	110.35 / <b>72.07</b>	117.22 / <b>82.91</b>	-
Sharpe Ratio	4.26 / <b>2.95</b>	7.68 / <b>4.5</b>	7.5 / <b>5.38</b>	4.47 / <b>3.05</b>	-
Max Drawdown [%]	-64.67 / <b>-49.33</b>	-68.66 / <b>-43.43</b>	-75.45 / <b>-52.25</b>	-76.54 / <b>-71.62</b>	-

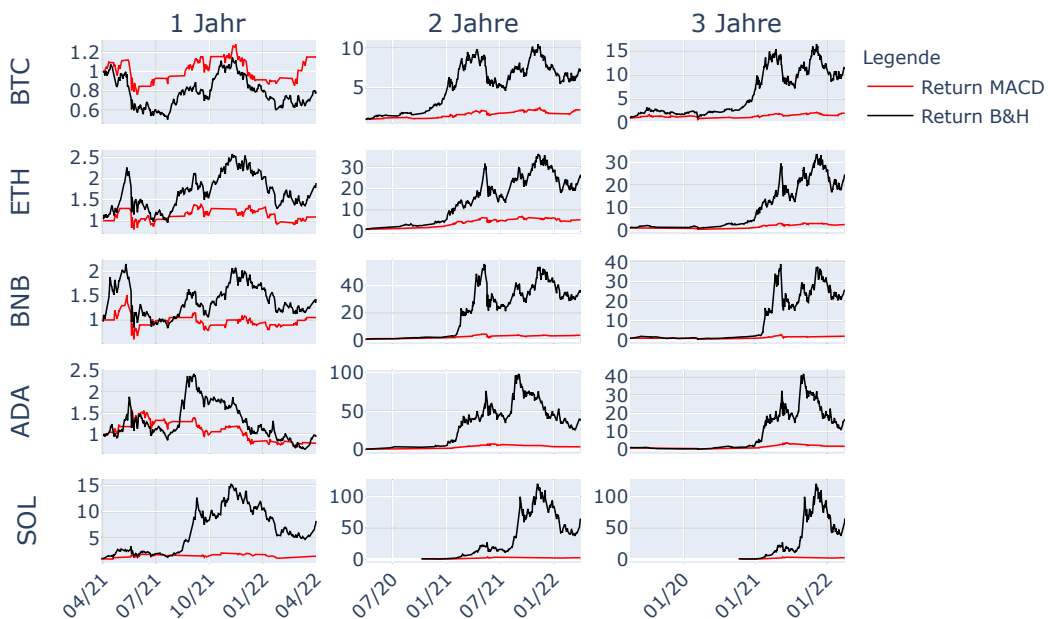


Abbildung 24: MACD Backtesting Standard-Parameter

## 5.2. Optimierte technische Indikatoren

Bei dem Versuch, die Parameter der technischen Indikatoren zu optimieren, konnte für die Moving Average Crossover-Strategie das beste Resultat erzielt werden (siehe Abbildung 25).

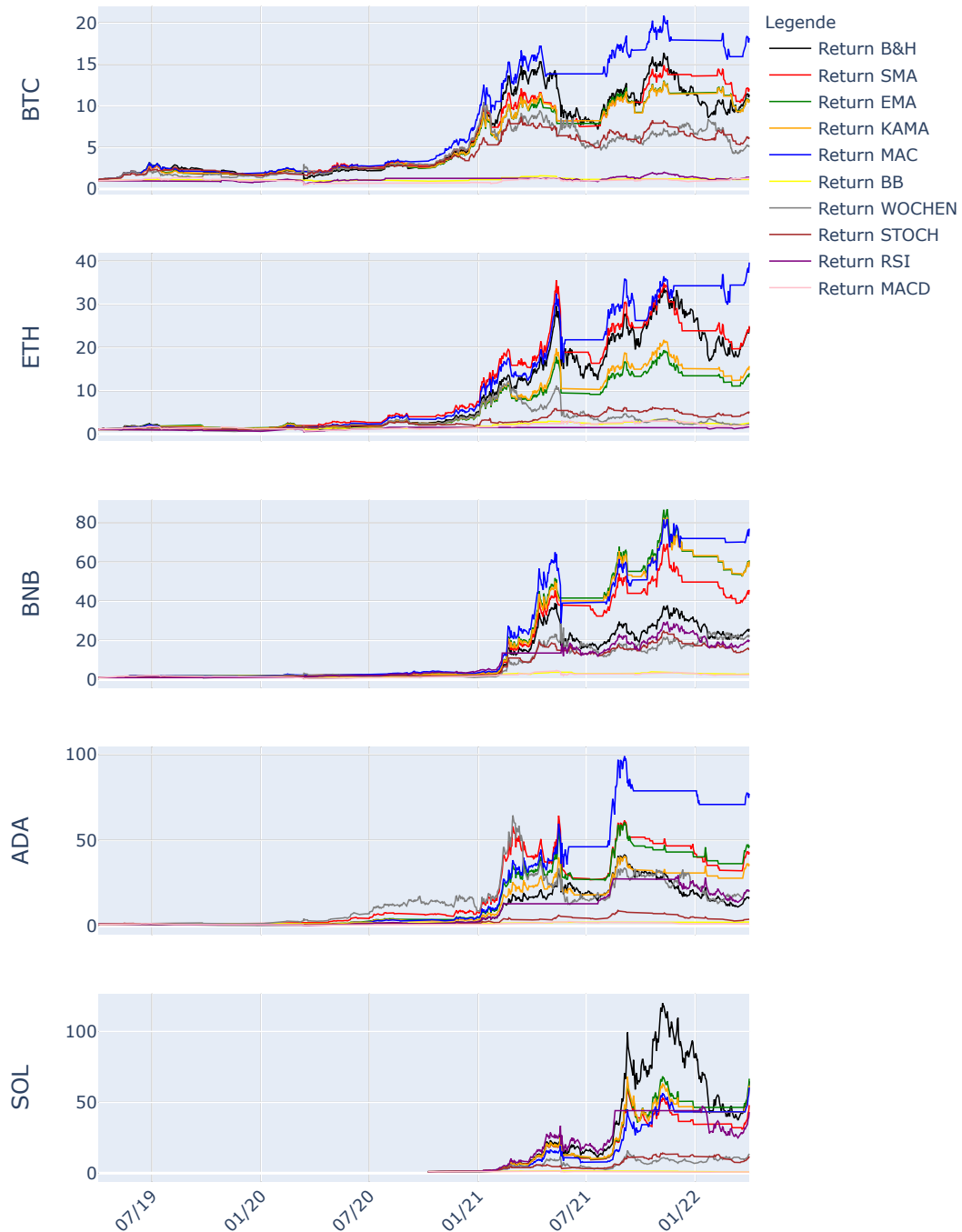


Abbildung 25: Vergleich der optimierten Strategien

Für die schnelle Durchschnittslinie wurde die Periode 13 verwendet und für die langsame Durchschnittslinie die Periode 37. Wie in der Tabelle 20 ersichtlich ist, sind die Renditen für die Backtesting-Periode 1 Jahr bis 3 Jahre alle höher als bei der Buy & Hold-Strategie. Dabei ist die Volatilität und der maximale Drawdown

der erzielten Rendite niedriger und die Sharpe Ratio höher. In der Abbildung 26 ist die kumulative Rendite der Buy & Hold-Strategie und die der MAC-Strategie ersichtlich für alle Backtesting-Perioden. Wie man sehen kann, gibt es Bereiche, bei der die MAC-Strategie eine niedrigere Rendite hat als die der Buy & Hold-Strategie. Bei grösseren Rücksetzern zeigt sich jedoch die Stärke dieser Strategie, bei der in diesem Abwärtstrend die Kryptowährung nicht gehalten wird. Nachfolgend wird diese Strategie mit den optimierten Parametern dargestellt:

Tabelle 18: Evaluation Buy & Hold vs. optimierter MAC (13,37)

	Buy & Hold / MAC (13,37)				
Backtesting Periode	1 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	-19.78 / <b>1.67</b>	67.83 / <b>113.93</b>	7.07 / <b>58.89</b>	-2.73 / <b>122.36</b>	412.95 / <b>534.6</b>
Return per anno [%]	-20.16 / <b>1.7</b>	69.14 / <b>116.13</b>	7.2 / <b>60.02</b>	-2.78 / <b>124.72</b>	420.92 / <b>544.92</b>
Volatilität per anno [%]	76.11 / <b>39.36</b>	100.36 / <b>74.69</b>	106.66 / <b>75.79</b>	123.4 / <b>91.07</b>	153.81 / <b>123.01</b>
Sharpe Ratio	-0.26 / <b>0.04</b>	0.69 / <b>1.55</b>	0.07 / <b>0.79</b>	-0.02 / <b>1.37</b>	2.74 / <b>4.43</b>
Max Drawdown [%]	-54.72 / <b>-33.62</b>	-60.15 / <b>-57.35</b>	-67.24 / <b>-55.77</b>	-75.38 / <b>-53.97</b>	-70.0 / <b>-71.6</b>
Backtesting Periode	2 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	532.93 / <b>668.4</b>	1917.01 / <b>1905.58</b>	2871.08 / <b>2724.62</b>	3159.14 / <b>9958.13</b>	5395.11 / <b>7089.5</b>
Return per anno [%]	269.2 / <b>337.63</b>	968.34 / <b>962.57</b>	1450.27 / <b>1376.29</b>	1595.78 / <b>5030.17</b>	3506.54 / <b>4607.81</b>
Volatilität per anno [%]	74.2 / <b>56.53</b>	95.33 / <b>80.31</b>	107.75 / <b>92.34</b>	124.43 / <b>106.27</b>	161.38 / <b>128.69</b>
Sharpe Ratio	3.63 / <b>5.97</b>	10.16 / <b>11.99</b>	13.46 / <b>14.9</b>	12.82 / <b>47.34</b>	21.73 / <b>35.8</b>
Max Drawdown [%]	-54.72 / <b>-33.62</b>	-60.15 / <b>-57.35</b>	-67.24 / <b>-55.77</b>	-75.38 / <b>-53.97</b>	-70.0 / <b>-71.6</b>
Backtesting Periode	3 Jahr				
Kryptowährung	BTC	ETH	BNB	ADA	SOL
Return [%]	798.04 / <b>1159.88</b>	1853.92 / <b>2290.01</b>	2346.16 / <b>5685.17</b>	1289.08 / <b>5820.96</b>	-
Return per anno [%]	268.18 / <b>389.77</b>	623.0 / <b>769.55</b>	788.41 / <b>1910.47</b>	433.19 / <b>1956.1</b>	-
Volatilität per anno [%]	77.69 / <b>55.5</b>	94.85 / <b>74.31</b>	105.16 / <b>83.59</b>	117.6 / <b>93.64</b>	-
Sharpe Ratio	3.45 / <b>7.02</b>	6.57 / <b>10.36</b>	7.5 / <b>22.86</b>	3.68 / <b>20.89</b>	-
Max Drawdown [%]	-70.41 / <b>-48.39</b>	-73.0 / <b>-57.35</b>	-80.52 / <b>-55.77</b>	-81.08 / <b>-57.71</b>	-

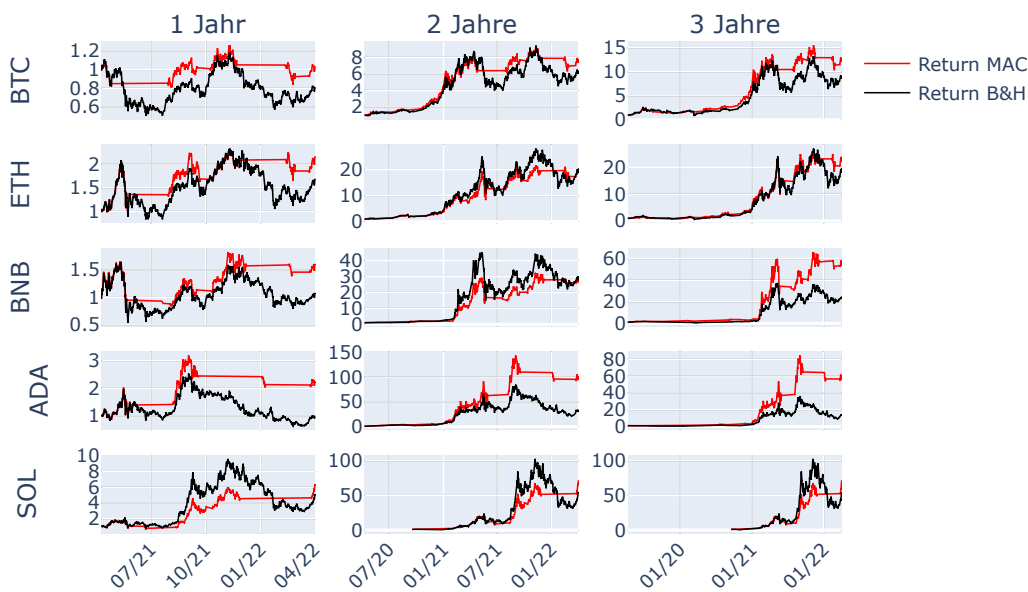


Abbildung 26: MAC(13,37)-Strategie Backtesting auf dem Portfolio 1

### 5.3. Kombination von verschiedenen technischen Indikatoren

Wie in der Tabelle 19 ersichtlich ist, konnte die Strategie MAC(13, 37) durch die Kombination mit den Oszillator-Indikatoren nicht optimiert werden. Die MAC(13, 37)-Strategie hätte eine durchschnittliche Rendite von 5'387.21% bei dem Portfolio 1 erreicht mit einer Backtesting-Periode von 3 Jahren. Die Kombination der MAC(13, 37)-Strategie mit dem optimierten Stochastik Oszillator hätte eine Rendite von 5'007.68% erzielt. Die anderen zwei Kombinationen konnten ebenfalls die MAC(13, 37)-Strategie nicht übertreffen.

Tabelle 19: Kombination der MAC(13, 37)-Strategie mit den Oszillator-Indikatoren

Strategie	Parameter	Durchschnittliche Rendite
MAC	MAC(13, 37)	5'387.21%
MAC + STOCHASTIK	MAC(13, 37) + STOCHASTIK(34, 2, 12)	5'007.68%
MAC + RSI	MAC(13, 37) + RSI(1)	4'454.93%
MAC + MACD	MAC(13, 37) + MACD(89, 25, 31)	3'826.12%

### 5.4. Backtesting der Strategie auf dem Portfolio 2

Aus dem Kapitel 5.2 ist ersichtlich, dass die MAC (13, 37)-Strategie die besten Resultate geliefert hat in Bezug auf die erzielte Rendite und den anderen Performance-Measures. Wie sich diese Strategie auf das Portfolio 2 auswirkt, wird nachfolgend tabellarisch wie auch grafisch dargestellt. Es ist in der Abbildung 27 ersichtlich,

dass die Kryptowährungen SHIB und KLAY noch kein ganzes Jahr auf der Börse Binance gehandelt werden und somit keine Daten vor dem Start auf Binance vorhanden sind. Die Kryptowährungen MANA und RUNE sind ein wenig mehr als 1.5 Jahr verfügbar auf Binance und CHZ ist länger als 3 Jahre auf Binance verfügbar. Das Backtesting dieser fünf Kryptowährungen wurde somit aufgrund der vorhandenen Daten durchgeführt. Bei drei der fünf Kryptowährungen konnten höhere Renditen erlangt werden als mit der Buy & Hold-Strategie. Bei der Kryptowährung CHZ konnte der Sharpe Ratio von der Buy & Hold-Strategie von 4.0 auf 32.82 erhöht werden sowie die Rendite von 1'602.79% auf 10'146.21%. Bei der Kryptowährung MANA wurde bei der Buy & Hold-Strategie eine Rendite von 2'405.25% mit einem Sharpe Ratio von 8.37 erreicht, wohingegen die MAC (13, 37)-Strategie eine Rendite von 1'634.74% mit einem Sharpe Ratio von 6.75 erzielt hat. Bei SHIB und RUNE konnten die Renditen wie auch die Sharpe Ratio erhöht werden und bei KLAY wurde sowohl für die Buy & Hold-Strategie als auch für die MAC (13, 37)-Strategie ein Verlust von mehr als -50% aufgezeigt.

Tabelle 20: Evaluation Buy & Hold vs. MAC (13,37) auf dem Portfolio 2

Backtesting Periode	Buy & Hold / MAC (13,37)				
	3 Jahr				
Kryptowährung	SHIB	MANA	RUNE	KLAY	CHZ
Return [%]	172.7 / 224.57	2405.25 / 1634.74	1802.18 / 3884.8	-52.5 / -53.42	1602.79 / 10146.21
Return per anno [%]	215.13 / 279.76	1540.21 / 1046.81	1215.89 / 2620.98	-77.27 / -78.62	646.43 / 4092.12
Volatilität per anno [%]	164.83 / 137.87	183.97 / 154.98	183.19 / 143.03	73.97 / 48.36	161.5 / 124.68
Sharpe Ratio	1.31 / 2.03	8.37 / 6.75	6.64 / 18.33	-1.04 / -1.63	4.0 / 32.82
Max Drawdown [%]	-74.14 / -60.14	-70.51 / -65.67	-83.47 / -60.51	-52.52 / -52.08	-79.86 / -56.09

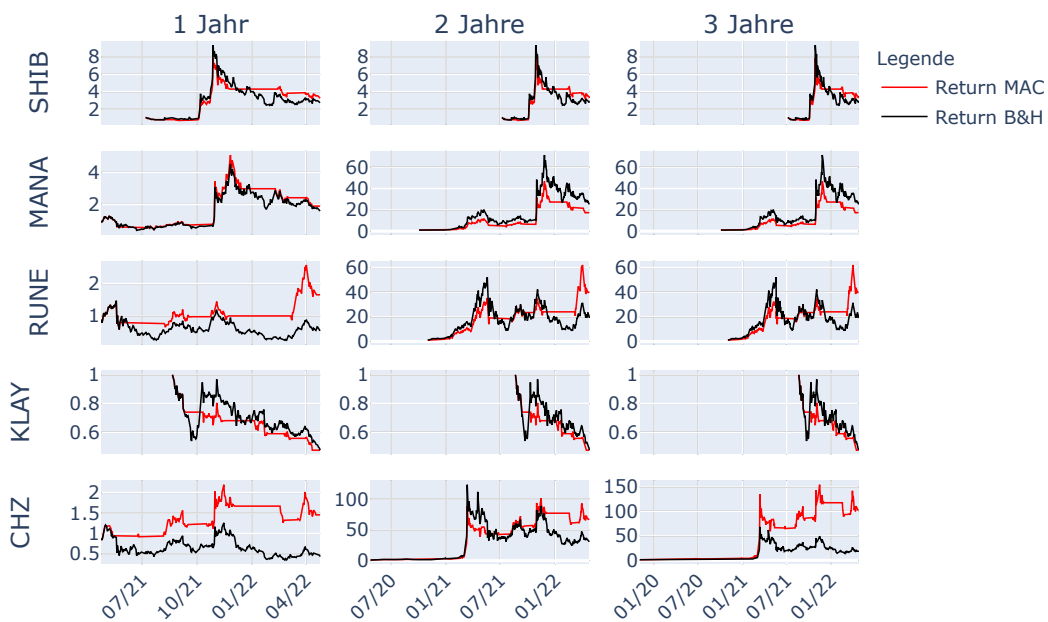


Abbildung 27: MAC(13,37)-Strategie Backtesting auf dem Portfolio 2

## 5.5. Umsetzung des Krypto-Trading-Bots

Der Trading-Bot konnte erfolgreich auf einer geeigneten Plattform bereitgestellt werden und kann über die erzeugte Log-Datei überwacht werden. In der Log-Datei wird bei jeder Ausführung des Python Skripts die Zeit erfasst und bei einem automatisierten Kauf oder Verkauf von Kryptowährungen werden die Auftragsinformationen ebenfalls in der Log-Datei erfasst. Falls es bei der Ausführung des Python Skripts zu einem Fehler kommt, werden diese Fehler auch in die Log-Datei geschrieben.

## 6. Diskussion

In der Diskussion werden die Resultate aus dem Kapitel 5 interpretiert und weitere Schritte diskutiert.

### 6.1. Backtesting

Nachfolgend werden die Resultate des Backtestings der verschiedenen Strategien interpretiert. Dabei werden zuerst die Resultate aus dem Backtesting mit den Standard-Parametern diskutiert gefolgt von den optimierten technischen Indikatoren und den untersuchten Kombinationen.

#### 6.1.1. Buy & Hold vs. SMA

In dieser Forschungsarbeit konnte die Rendite der Buy & Hold-Strategie mit der SMA(12)-Strategie bei einer Backtesting-Periode von einem Jahr übertroffen werden. Jedoch bei einer Backtesting-Periode von 2 Jahren und 3 Jahren war die Buy & Hold-Strategie der SMA(12)-Strategie überlegen. In der Studie von Resta et al. (2020) wurden verschiedene technische Indikatoren mit der Buy & Hold-Strategie verglichen. Dabei wurden historische Daten des Bitcoin-Preises ab 01. Januar 2012 bis 20. August 2019 verwendet. Die SMA-Strategie auf Tages-Daten wurde mit einer Periode von 12 Tagen und 24 Tagen getestet. Die SMA(12)-Strategie konnte dabei die Buy & Hold-Strategie mit einer höheren annualisierten Rendite schlagen. Gemäss der Studie von Resta et al. (2020) konnte die Buy & Hold-Strategie in dem erwähnten Zeitraum eine annualisierte Rendite von 25.67 erreichen, wohingegen die SMA(12)-Strategie eine annualisierte Rendite von 43.73 erzielt hätte. Diese Forschungsarbeit konnte dieses Resultat bei einer längeren Backtesting-Periode als einem Jahr nicht bestätigen.

#### 6.1.2. Buy & Hold vs. EMA

Durch die EMA(12)-Strategie konnte bei BTC, BNB und ADA eine höheren Rendite erzielt werden bei einer Backtesting-Periode von einem Jahr als bei der Buy & Hold-Strategie. Wie schon bei der SMA(12)-Strategie konnte jedoch die Rendite der EMA(12)-Strategie gegenüber der Buy & Hold-Strategie mit einer Backtesting-Periode von mehr als einem Jahr nicht verbessert werden. Die Studie von Resta et al. (2020) konnte mit der EMA(12)-Strategie eine annualisierte Rendite von 56.68 erreichen und hätte somit die Rendite der Buy & Hold-Strategie mit einer annualisierte Rendite von 25.67 übertroffen. Diese Masterarbeit kann dieses Resultat von Resta et al. (2020) somit nicht bestätigen.



### **6.1.3. Buy & Hold vs. AMA**

Der Versuch, die Performance durch einen adaptiven Moving Average zu erhöhen, wie dies in dem Buch von Murphy (2006) beschrieben wurde, konnte mit den Standard-Parametern nicht erreicht werden. Studien, welche diesen technischen Indikator im Kryptomarkt untersuchen, konnten leider nicht gefunden werden.

### **6.1.4. Buy & Hold vs. MAC**

In dieser Arbeit konnte bereits mit den Standard-Parametern der MAC-Strategie positive Ergebnisse beobachtet werden. Bei der Backtesting-Periode von 3 Jahren konnte für ADA und BNB eine höhere Rendite sowie auch eine höhere Sharpe Ratio erzielt werden als dies bei der Buy & Hold-Strategie möglich gewesen wäre. Bei BTC wurde eine niedrigere Rendite erreicht, jedoch ist die Sharpe Ratio höher, was bedeutet, dass die Rendite im Vergleich zum eingegangenen Risiko höher ist. Sowohl Ahmad et al. (2021) wie auch Brown und Pelosi (2019) konnten mit der Moving Average Crossover-Strategie bei einigen Kryptowährungen höhere Renditen erzielen als durch die Buy & Hold-Strategie. Dabei wurden andere Zeitperioden für den schnellen und den langsamen SMA gewählt als die in dieser Arbeit definierten Standard-Parameter.

### **6.1.5. Buy & Hold vs. Bollinger Bänder**

Für die Bollinger Bänder-Strategie mit den Standard-Parametern (Periode = 20 und Standardabweichung = 2) konnte nur für die Backtesting-Periode von einem Jahr und die Kryptowährung ADA eine höhere Rendite erreicht werden als die der Buy & Hold-Strategie. Für alle anderen Backtesting-Perioden sowie auch für alle anderen Kryptowährungen erwies sich die Buy & Hold-Strategie als profitabler. Zu dieser Erkenntnis kam auch die Studie von Resta et al. (2020) in welcher mit den Bollinger Bänder mit einer Periode von 12 Tagen und 24 Tagen eine annualisierte Rendite von 0.07 beziehungsweise -0.04 erreicht wurde im Gegensatz zu der Buy & Hold-Strategie mit 25.67.

### **6.1.6. Buy & Hold vs. 4-Wochen-Regel**

Die 4-Wochen-Regel, welche im Buch von Murphy (2006) beschrieben wurde, konnte sich in der Vergangenheit in traditionellen Märkten einige Male gegenüber anderen Strategien auszeichnen. Wie das Backtesting dieser Strategie im Kryptomarkt zeigt, liefert die 4-Wochen-Regel keine besseren Renditen als die Buy & Hold-Strategie. Des Weiteren konnten keine weiteren Studien gefunden werden, welche die 4-Wochen-Regel im Kryptomarkt untersucht haben.

### **6.1.7. Buy & Hold vs. Stochastik**

Auch für diesen Indikator konnte beim Backtesting mit den Standard-Parametern kein Resultat erzielt werden, welches eine höhere Rendite erzielt als die der Buy & Hold-Strategie. Bei der Literaturrecherche konnten keine Studien gefunden werden, welche den Stochastik-Oszillator im Kryptomarkt verwendet und mit der Buy & Hold-Strategie vergleicht. Somit können nur die Resultate aus dieser Arbeit als Grundlage für die Diskussion verwendet werden.

### **6.1.8. Buy & Hold vs. RSI**

Das Backtesting in dieser Arbeit zeigt, dass die RSI-Strategie mit dem Standard-Parameter (Periode = 14 Tage) der Buy & Hold-Strategie unterlegen ist. Auch in der Studie von Resta et al. (2020) konnte aufgezeigt werden, dass die erzielten Renditen der RSI-Strategie niedriger sind als bei der Buy & Hold-Strategie. In dieser Studie wurde für die Periode 12 Tage und 24 Tage verwendet um den RSI-Indikator zu berechnen. Mit beiden Parametern konnte jeweils nur eine negative annualisierte Rendite erreicht werden.

### **6.1.9. Buy & Hold vs. MACD**

Für den MACD Indikator konnten ebenfalls keine Studien gefunden werden, welche die Strategie mit der Buy & Hold-Strategie im Kryptomarkt vergleicht. Mit den Standard-Parametern konnte beim Backtesting nur für Bitcoin mit der Periode 1 Jahr eine höhere Rendite erzielt werden als bei der Buy & Hold-Strategie.

### **6.1.10. Zusammenfassung der TI mit den Standard-Parametern**

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die technischen Indikatoren (TI) mit den vorgeschlagenen Parametern, welche im traditionellen Markt zum Einsatz kommen, nicht gut im Kryptomarkt funktionieren. Die höchsten Renditen konnten mit dem einfachen gleitenden Durchschnitt sowie mit dem Moving Average Crossover erzielt werden, wobei die Crossover-Methode die besten Resultate erreichte. Bei den Oszillatoren konnte kein Resultat erzielt werden, bei dem die Renditen der Oszillator-Strategie die der Buy & Hold-Strategie übertraf. Dies stimmt mit der Aussage von Murphy (2006, S. 227–229) überein, bei der erwähnt wird, dass Oszillatoren im Wesentlichen Sekundäre-Indikatoren sind, welche der Trendanalyse untergeordnet sind. Da nur wenig Literatur gefunden werden konnte, welche technische Indikatoren im Kryptomarkt testen und diese mit der Buy & Hold-Strategie vergleichen, kann nur bedingt ein Vergleich mit anderen Arbeiten gemacht werden.

Diese technischen Indikatoren mit den beschriebenen Standard-Parametern werden generell für den traditionellen Aktienmarkt verwendet, welcher eine Vielzahl von unterschiedlichsten Wertpapieren beinhaltet. Da für diese Arbeit lediglich die fünf

grössten Kryptowährungen für die Suche nach einer geeigneten Strategie verwendet werden, kann in einem nächsten Schritt versucht werden, diese Indikatoren zu optimieren, damit diese im Kryptomarkt bessere Ergebnisse liefern. Um zu überprüfen, dass keine Überoptimierung stattgefunden hat, wird zu einem späteren Zeitpunkt die beste Strategie auf dem Portfolio 2 getestet, welche fünf Kryptowährungen mit anderen Eigenschaften enthält.

#### **6.1.11. Optimierte technische Indikatoren**

In der Abbildung 25 sieht man den Vergleich der verschiedenen optimierten technischen Indikatoren bei den 5 Kryptowährungen aus dem Portfolio 1. Dabei kann im Allgemeinen gesagt werden, dass, wie auch bei den Standard-Indikatoren die Trendfolge-Indikatoren, das heisst der SMA, EMA, KAMA und MAC, höhere Renditen erreichen als die Oszillator-Indikatoren. Am auffälligsten sind die Renditen der MAC (13, 37)-Strategie, welche bei allen 5 Kryptowährungen die höchsten Renditen erzeugte. Dies deckt sich auch mit den Aussagen von den Studien Ahmad et al. (2021) und Brown und Pelosi (2019). Ausserdem ist die Aussage von Murphy (2006) richtig, dass der Einsatz von mehreren gleitenden Durchschnitten zu weniger Fehlsignalen führt, was durch die höhere Rendite ersichtlich ist. Die Hypothese der effizienten Märkte besagt, dass es in effizienten Märkten nicht möglich ist, den Markt zu schlagen. In anderen Worten heisst das, dass die einfache Buy & Hold-Strategie die effektivste Methode ist, am Markt zu agieren. Die Ergebnisse von den optimierten technischen Indikatoren zeigen somit auf, dass der Kryptomarkt noch nicht effizient ist, da mit einigen der untersuchten Strategien höhere Renditen erzielt werden konnten als mit der Buy & Hold-Strategie.

#### **6.1.12. Kombination technischer Indikatoren**

Im Buch von Murphy (2006) wird erwähnt, dass Oszillatoren im wesentlichen sekundäre Indikatoren sind, welche der Trendanalyse untergeordnet sind. Sie zeigen eine besondere Stärke in Seitwärtsphasen und können als zusätzliche Indikatoren in Trendphasen verwendet werden, um Extremsituation wie überkauft oder überverkauft aufzuzeigen. Dass die Oszillatoren sekundäre Indikatoren sind und der Trendanalyse untergeordnet ist, zeigen auch die Resultate des Backtestings. Eine spannende Möglichkeit, höhere Renditen mit tieferem Risiko zu erreichen, ist die Kombination von trendfolge Indikatoren mit den Oszillatoren. Dies wurde in dieser Arbeit kurz untersucht, jedoch ohne bessere Resultate zu erzielen wie bei der MAC(13, 37)-Strategie (siehe Abschnitt 5.3). Weitere Kombinationen von technischen Indikatoren wären eine spannende Möglichkeit für eine weiterführende Arbeit.

### **6.1.13. Backtesting der Strategie auf dem Portfolio 2**

Für die Kryptowährungen SHIB und KLAY konnten über die Binance-Börse nur eine geringe Menge an Daten bezogen werden, da diese beiden Coins weniger als ein Jahr auf der Binance-Börse gehandelt wurden. Dadurch ist der Langzeiteffekt der MAC (13, 37)-Strategie bei diesen beiden Kryptowährungen nicht möglich. Bei der Kryptowährung SHIB konnte auf den vorhandenen Daten trotzdem eine höhere Rendite mit einer besseren Sharpe Ratio erzielt werden als mit der Buy & Hold-Strategie. Insgesamt konnte auf dem volatilen Portfolio 2 bei drei der fünf Kryptowährungen ein höheres Ergebnis erzielt werden als durch die Buy & Hold-Strategie. Bei CHZ konnte mit der MAC (13, 37) das höchste Ergebnis erzielt werden in dieser Arbeit, wohingegen bei MANA im Vergleich zu der Buy & Hold-Strategie das tiefste Resultat erreicht wurde. Insgesamt über alle Kryptowährungen im Portfolio 2 hätte eine höhere Rendite erreicht werden können, indem man der Regel der MAC (13, 37)-Strategie gefolgt wäre. Somit kann gesagt werden, dass die getestete Strategie auch auf dem Portfolio 2 erfolgreich ist.

## **6.2. Erfahrung bei der Umsetzung des Krypto-Trading-Bots**

Durch viele Quellen im Internet, wie Blogs, YouTube-Videos und Dokumentationen von den verschiedenen Bibliotheken, kommt man bei der Entwicklung eines Trading-Bots gut voran. Die grösste Herausforderung besteht darin, eine geeignete Strategie zu finden. Es gibt noch eine Vielzahl von weiteren technischen Indikatoren, welche in dieser Arbeit nicht untersucht wurden. Diese können zum Teil der **ta**-Bibliothek entnommen oder selbst implementiert werden. In weiterführenden Arbeiten könnten zum Beispiel die weiteren Indikatoren getestet werden und, wie schon erwähnt, verschiedene Kombinationen untersucht werden.

## **6.3. Bereitstellung und Betrieb des Krypto-Trading-Bots**

Das Aufsetzen einer virtuellen Umgebung (VM) in der Cloud war sehr einfach. Neben der gewählten Plattform Amazon gibt es noch viele weitere Plattformen wie zum Beispiel die Google Cloud oder Microsoft Azure. Es könnte untersucht werden, ob Google oder Microsoft niedrigere Gebühren für den Betrieb der VM hat als Amazon. Da die VM bei Amazon für das erste Jahr kostenlos ist, wurde dieser Frage in dieser Arbeit nicht nachgegangen.

Das Bereitstellen des Trading-Bot-Skripts in der VM war ebenfalls kein Problem, nachdem alle nötigen Bibliotheken in der Umgebung installiert wurden. Auch das Erstellen eines Cron Jobs für die automatisierte Ausführung des Trading-Bot-Skripts war durch die gute Dokumentation im Internet gut nachvollziehbar.

## 7. Schlussfolgerung

In dieser Masterarbeit wurde der Frage nachgegangen, ob es durch den Einsatz eines Krypto-Trading-Bots möglich ist, höhere Renditen zu erzielen als mit der Buy & Hold-Strategie. Um eine präzisere Untersuchung zu ermöglichen, wurden weitere Teilfragen formuliert, welche im Abschnitt 1.4 nachgelesen werden können.

Für die Beantwortung der ersten Teilfrage wurden neun technische Indikatoren aus der technischen Analyse auf historischen Daten von fünf Kryptowährungen untersucht. In einer ersten Iteration wurden die technischen Indikatoren mit den im traditionellen Aktienmarkt üblichen Parametern getestet. Das Ergebnis zeigte, dass kein Indikator identifiziert werden konnte, welcher über alle Backtesting Perioden eine höhere Rendite erzielte als die Rendite der Buy & Hold-Strategie. Eine weitere Erkenntnis, welche aus den Ergebnissen gezogen werden konnte, ist die Tatsache, dass die Trend-Indikatoren, namentlich der SMA, EMA, AMA und der MAC besser funktionieren als die technischen Indikatoren der Gruppe Oszillatoren. Die Schlussfolgerung der ersten Iteration war, dass es für den volatilen Kryptomarkt Anpassungen bei den technischen Indikatoren braucht.

In einer zweiten Iteration wurden die technischen Indikatoren optimiert, indem über eine Schleife unterschiedliche Kombinationen von den Parametern der technischen Indikatoren getestet wurden. Über die durchschnittliche Rendite der fünf Kryptowährungen aus dem Portfolio 1 konnten die Parameter-Kombinationen identifiziert werden, welche für den jeweiligen technischen Indikator die höchsten Renditen lieferte. Bei der Gegenüberstellung der neun technischen Indikatoren mit der Buy & Hold-Strategie konnte aufgezeigt werden, dass die Moving Average Crossover-Strategie mit den optimierten Parametern (13 Tage SMA und 37 Tage SMA) bei allen fünf Kryptowährungen zu den höchsten Renditen führte. Somit kann die erste Teilfrage damit beantwortet werden, dass sich die Kombination von zwei gleitenden Durchschnitten gut für den volatilen Kryptomarkt eignet.

Um die zweite Teilfrage zu beantworten, wurde ein zweites Portfolio aus weiteren fünf Kryptowährungen zusammengesetzt, welche eine höhere Volatilität aufweisen als die fünf Kryptowährungen aus dem Portfolio 1. Auf den historischen Daten der Kryptowährungen von dem Portfolio 2 wurde nun die ausgewählte Strategie getestet. Da für zwei der ausgewählten Kryptowährungen nur wenige Daten vorhanden waren, kann der Langzeiteffekt der Strategie bei diesen beiden Kryptowährungen nur bedingt aufgezeigt werden. Insgesamt konnte bei drei der fünf Kryptowährungen aus dem Portfolio 2 eine höhere Rendite erreicht werden als die Rendite der Buy & Hold-Strategie. Bei der Kryptowährung CHZ konnte mit der ausgewählten Strategie sogar das beste Resultat erzielt werden von allen zehn Kryptowährungen, welche in dieser Arbeit untersucht wurden. So konnte die Rendite von 1'602.79% bei

der Buy & Hold-Strategie auf 10'146.21% gesteigert werden. Auch der Sharpe Ratio konnte von 4 auf über 32 verbessert werden. Jedoch wurde bei der Kryptowährung MANA eine niedrigere Rendite erzielt bei dem Einsatz der MAC-Strategie. Bei der Buy & Hold-Strategie wäre eine Rendite von 2'405.25% mit einem Sharpe Ratio von 8.37 möglich gewesen, wohingegen die ausgewählte Strategie eine Rendite von 1'634.74% mit einem Sharpe Ratio von 6.75 erreichte. Insgesamt kann trotzdem gesagt werden, dass die Moving Average Crossover-Strategie auch bei volatileren Kryptowährungen eine gute Performance liefert.

Die letzte Teilfrage, in der die nötigen Schritte zur Entwicklung eines Krypto-Trading-Bots erarbeitet werden sollten, kann damit beantwortet werden, dass es als Erstes eine Strategie benötigt, welche eine bessere Performance liefert als die Buy & Hold-Strategie. Sobald diese Strategie gefunden wurde, braucht es API-Schnittstellen von einer Kryptobörse, welche es erlauben, über ein Computerprogramm Kauf- und Verkauf-Orders über diese Börse auszulösen. Sobald diese beiden Punkte zusammen programmiert wurden, braucht es als Nächstes eine virtuelle Maschine, welche von einem Cloud-Anbieter betrieben wird und durchgehend in Betrieb ist. Der entwickelte Trading-Bot kann dann auf dieser Umgebung bereitgestellt und über einen Cron Job automatisiert ausgeführt werden.

Um beim Traden nicht seinen Emotionen ausgesetzt zu sein, kann ein Trading-Bot mit einer geeigneten Strategie ein hilfreiches Instrument sein, um seine Renditen zu optimieren. Die Forschungsergebnisse aus dieser Arbeit zeigen, dass durch den Einsatz von technischen Indikatoren eine höhere Rendite möglich ist als durch die Buy & Hold-Strategie. Somit kann die Forschungsfrage abschliessend damit beantwortet werden, dass es möglich ist, mit einem automatisierten Krypto-Trading-Bot seine Gewinne beim Trading zu optimieren und damit die Buy & Hold-Strategie zu übertreffen. Durch das Automatisieren der Kauf- und Verkaufsentscheidungen durch klare Regeln werden so die eigenen Emotionen aus dem Spiel genommen. Als Handlungsempfehlung für Trader kann gesagt werden, dass ein Trader damit beginnen soll, eine Strategie zu finden und diese auf historischen Daten zu testen und nach diesen Erkenntnissen seine Trading-Strategie zu richten.

In dieser Arbeit wurden nur zehn Kryptowährungen, neun technische Indikatoren und lediglich das Swing Trading auf Tagesdaten untersucht mit einem Zeithorizont von 3 Jahren. Für weiterführende Arbeiten wäre es interessant, weitere technische Indikatoren, Kombinationen von technischen Indikatoren oder Machine Learning Algorithmen für das Krypto-Trading zu untersuchen. Auch das Day-Trading mit granulareren Kurs-Daten wäre eine interessante Untersuchung für weitere Arbeiten.

## Literaturverzeichnis

- Adam, K. (2020). *Blockchain-Technologie für Unternehmensprozesse: Sinnvolle Anwendung der neuen Technologie in Unternehmen*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60719-0>
- Ahmad, I., Ahmad, M. O., Alqarni, M. A., Almazroi, A. A. & Khalil, M. I. K. (2021). Using algorithmic trading to analyze short term profitability of Bitcoin. *PeerJ. Computer science*, 7, e337. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.337>
- Alain Glücksmann. (2019). Backtesting of Trading Strategies for Bitcoin.
- Appel, H. (2021). *Quick Guide Kryptowerte: Wie eine Einordnung in das Finanzmarktrecht gelingt* (1st ed. 2021). Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint Springer Gabler.
- Ardia, D. (2008). *Financial risk management with Bayesian estimation of GARCH models: Theory and applications: Zugl.: Fribourg, Univ., Diss., 2008 u.d.T.: Ardia, David: Bayesian estimation of single-regime and regime-switching GARCH models* (Bd. 612). Springer.
- Ashmarina, S. I. (2020). *Digital Age* (Bd. v.84). Springer International Publishing AG.
- Binance. (23.04.2022). Fee Rate. <https://www.binance.com/en/fee/schedule>
- Brown, M. & Pelosi, M. (2019). MOVING AVERAGES TRADING METHOD APPLIED TO CRYPTOCURRENCIES. 2, 13–22.
- Burgwinkel, D. (Hrsg.). (2016). *Blockchain technology: Einführung für Business- und IT Manager*. De Gruyter Oldenbourg.
- CoinMarketCap. (2022). CoinMarketCap (CoinMarketCap, Hrsg.). <https://coinmarketcap.com/>
- Di Lorenzo, R. (2013). *Basic technical analysis of financial markets: A modern approach*. Springer.
- ESTV, E. S. (2012). Kreisschreiben Nr. 36: Gewerbsmässiger Wertschriftenhandel (Eidgenössisches Finanzdepartement EFD, Hrsg.).
- ESTV, E. S. (2021). Direkte Bundessteuer, Verrechnungssteuer, Stempelabgaben: Kryptowährungen und Initial Coin/Token Offerings (ICOs/ITOs) als Gegenstand der Vermögens-, Einkommens- und Gewinnsteuer, der Verrechnungssteuer und der Stempelabgaben (Eidgenössisches Finanzdepartement EFD, Hrsg.).
- Fang, F., Ventre, C., Basios, M., Kanthan, L., Martinez-Rego, D., Wu, F. & Li, L. (2022). Cryptocurrency trading: a comprehensive survey. *Financial Innovation*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00321-6>
- Ferreira, A. & Sandner, P. (2021). Eu search for regulatory answers to crypto assets and their place in the financial markets' infrastructure. *Computer Law & Security Review*, 43, 105632.

- Fill, H.-G. & Meier, A. (2020a). *Blockchain kompakt: Grundlagen, Anwendungsoptionen und kritische Bewertung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27461-0>
- Fill, H.-G. & Meier, A. (2020b). *Blockchain: Grundlagen, Anwendungsszenarien und Nutzungspotenziale*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-28006-2>
- Florian Johann Glantschnig Bakk. (2014). *Hochfrequenzhandel – strategische Analyse und rechtliche Rahmenbedingungen* (Masterarbeit). Universität Wien. Wien. <https://phaidra.univie.ac.at/download/o:1313429>
- GP Bullhound, The Motley Fool & Investing.com. (2022). Number of cryptocurrencies worldwide from 2013 to February 2022 (<https://www.statista.com/>, Hrsg.). <https://www.statista.com/statistics/863917/number-crypto-coins-tokens/>
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. & Ram, S. (2004). Design Science in Information Systems Research. (28).
- Hinckeldeyn, J. (2019). *Blockchain-Technologie in der Supply Chain: Einführung und Anwendungsbeispiele*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-26440-6>
- Hofmann, J. (2014). *Markttechnische Handelssysteme für ausgewählte Wechselkurse: Eine Performance-Studie*. Springer Gabler.
- Hönig, M. (2020). *ICO und Kryptowährungen: Neue digitale Formen der Kapitalbeschaffung*. Springer Gabler.
- Huang, B., Huan, Y., Li Xu, Zheng, L. & Zou, Z. (2019). Automated trading systems statistical and machine learning methods and hardware implementation: a survey. *Enterprise Information Systems*, 13(1), 132–144. <https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1493145>
- Jakob, S., Dr. Axel T. Schulte, Sparer, D., Koller, R. & Prof. Dr. Michael Henke. (2018). *Blockchain und Smart Contracts: Effiziente und sichere Wertschöpfungsnetzwerke*.
- Jan-Peter Ferdinand & Tobias Jetzke. (2018). Die zunehmende Eigendynamik von Kryptowährungen und ihre Folgen.
- Juliet, U. (25.11.2021). 14 beste Krypto-Trading-Bots für den automatisierten Handel. *Geekflare*. <https://geekflare.com/de/finance/crypto-trading-bots/>
- Krey, M. (2012). Entwicklung einer Methode zur Umsetzung von IT Governance, Risk und Compliance im Krankenhaus. *Informatik 2012*. GI.
- Larcher, G. (2020). *Quantitative Finance: Strategien, Investments, Analysen*. Springer Gabler.
- March, S. T. & Smith, G. F. (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems*, 15(4), 251–266. [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2)



- Meisner, H. (2021). *Finanzwirtschaft in der Internetökonomie* (3. Auflage). Springer Gabler.
- Murphy, J. J. (2006). *Technische Analyse der Finanzmärkte: Grundlagen, Methoden, Strategien, Anwendungen ; Incl. Workbook Technische Analyse* (3. aktualisierte Aufl.). FinanzBuch Verlag.
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A. & Chatterjee, S. (2007). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77.
- Resta, M., Pagnottoni, P. & de Giuli, M. E. (2020). Technical Analysis on the Bitcoin Market: Trading Opportunities or Investors' Pitfall? *Risks*, 8(2), 44. <https://doi.org/10.3390/risks8020044>
- Rutz, V. (2020). *Blockchain quo vadis: Eine Stärken-Schwächen-Analyse des Private- und des Public-Blockchain-Ansatzes*. Springer Gabler.
- Satoshi Nakamoto. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Schnabel, A. (Hrsg.). (2012). *Emotionen, Sozialstruktur und Moderne*. Springer VS.
- Sedlmeir, J., Buhl, H. U., Fridgen, G. & Keller, R. (2020). Ein Blick auf aktuelle Entwicklungen bei Blockchains und deren Auswirkungen auf den Energieverbrauch. *Informatik-Spektrum*, 43(5). <https://doi.org/10.1007/s00287-020-01321-z>
- Silva, E. C. & Da Mira Silva, M. (2022). Research contributions and challenges in DLT-based cryptocurrency regulation: a systematic mapping study. *Journal of Banking and Financial Technology*. <https://doi.org/10.1007/s42786-021-00037-2>
- Sixt, E. (2017). *Bitcoins und andere dezentrale Transaktionssysteme: Blockchains als Basis einer Kryptoökonomie*. Springer Gabler.
- Szabo, N. (1997). Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. *First Monday*, 2(9). <https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548>
- Tapscott, D. & Tapscott, A. (2018). *Die Blockchain-Revolution: Wie die Technologie hinter Bitcoin nicht nur das Finanzsystem, sondern die ganze Welt verändert* (5. Aufl., Bd. 25). Plassen Verlag.
- Treiblmaier, H. & Clohessy, T. (2020). *Blockchain and Distributed Ledger Technology Use Cases*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-44337-5>
- Tsinaslanidis, P. E. (2015). *Technical Analysis for Algorithmic Pattern Recognition*. Springer International Publishing.
- Urban, N. T. (2020). *Blockchain for Business: Erfolgreiche Anwendungen und Mehrwerte für Netzwerkteilnehmer identifizieren*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29822-7>

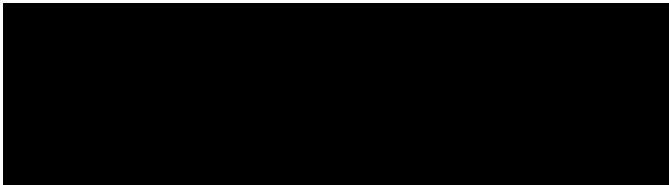
- Vigliotti, M. G. & Jones, H. (2020). *The Executive Guide to Blockchain*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-21107-3>
- Wilkens, R. & Falk, R. (2019). *Smart Contracts: Grundlagen, Anwendungsfelder und rechtliche Aspekte*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27963-9>
- Wollnitz, O. (23.02.2022). Welche Kryptobörsen sind für den Kauf von Bitcoin und Co. geeignet? *Handelsblatt*. <https://www.handelsblatt.com/vergleich/krypto-boersen-vergleich/>
- Yano, M., Dai, C., Masuda, K. & Kishimoto, Y. (Hrsg.). (2020). *Blockchain and crypt currency: Building a high quality marketplace for crypt data*. Springer Open.

## A. Wahrheitserklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und nur unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst habe und dass ich ohne schriftliche Zustimmung der Studiengangleitung keine Kopien dieser Arbeit an Dritte aushändigen werde.“

Gleichzeitig werden sämtliche Rechte am Werk an die Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) abgetreten. Das Recht auf Nennung der Urheberschaft bleibt davon unberührt.

Jan Candreia



.....