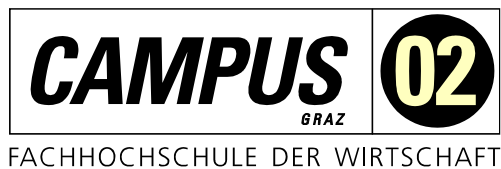


# MASTERARBEIT

## VERTRAUENSSTEIGERUNG IN DER LEBENSMITTELINDUSTRIE DURCH BLOCKCHAINTECHNOLOGIEN

ausgeführt am



Studiengang  
Informationstechnologien und Wirtschaftsinformatik

Von: Immanuel Mark  
Personenkennzeichen: 51842832

Graz, am 30. Juni 2023

.....  
Unterschrift

## **EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

.....

Unterschrift

## **DANKSAGUNG**

Ich möchte mich auf diesem Weg bei allen Personen bedanken, die mich in den letzten Jahren in meinem Studium begleitet haben.

Besonderer Dank geht dabei an den Betreuer dieser Arbeit, Günther Zwetti. Über den gesamten Verlauf der Arbeit war er stets eine große Stütze bei der Ausarbeitung. In intensiven Phasen konnte ich mich immer auf sein sehr gutes und rasches Feedback verlassen. Es wurde gleichzeitig viel Platz für eigene Ideen geboten und trotzdem, bei Bedarf, konkrete Vorschläge eingebracht. Ohne die konstruktive Zusammenarbeit hätte diese Abschlussarbeit in dieser Form nicht umgesetzt werden können.

Ich danke auch meiner Partnerin Alexandra Posch für ihre Unterstützung über die letzten Jahre und für den Beistand beim Verfassen dieser Arbeit sowie dafür, durch sie ausreichend Kraft bekommen zu haben, um das Studium erfolgreich abzuschließen.

Zuletzt möchte ich dem gesamten Jahrgang meines Masterstudiums für die Zusammenarbeit, den Zusammenhalt und die Freundschaft danken und hoffe auf viele weitere gemeinsame Erlebnisse auch nach der Studienzeit.

## KURZFASSUNG

Das Vertrauen von Konsumentinnen und Konsumenten in Produktkennzeichnungen von Lebensmitteln nimmt aufgrund der steigenden Anzahl von Betrugsfällen und irreführenden Kennzeichnungen kontinuierlich ab. Gleichzeitig sind Konsumentinnen und Konsumenten mit der Anzahl an Kennzeichnungen überfordert. Das Interesse in Blockchain-Technologien ist in den letzten Jahren gestiegen. Auch abseits des Finanzsektors finden sich immer mehr mögliche Einsatzszenarien dieser Technologie. Diese Forschungsarbeit beschäftigt sich mit dem Einsatz der Blockchain-Technologie im Lebensmittelsektor. Geprüft wird das Interesse an einem System, das es Konsumentinnen und Konsumenten erlaubt, die Herkunft der Rohzutaten sowie Details zu einzelnen Produktionsschritten von Lebensmitteln auf einer öffentlichen Blockchain selbst zu prüfen. Nach einer Literaturanalyse wird in dieser Arbeit ein Technologie-Akzeptanzmodell auf Basis der ‚Unified Theory of Acceptance and Use of Technology‘ vorgeschlagen. Dieses Akzeptanzmodell wird mittels einer Umfrage mit österreichischen Konsumentinnen und Konsumenten validiert, bevor ein finales Akzeptanzmodell präsentiert wird. Im Rahmen dieser Arbeit konnte bestätigt werden, dass Konsumentinnen und Konsumenten wenig Vertrauen in aktuelle Produktkennzeichnungen haben. Es besteht ein starkes Interesse an einer unabhängigen Lösung zur Prüfung von Lebensmitteln. Über Blockchain-Technologien haben Konsumentinnen und Konsumenten jedoch wenig Wissen. Dies hat zur Folge, dass das vorgestellte System nicht zwangsweise auf dieser Technologie basieren muss, um akzeptiert zu werden. Zukünftige Forschungsarbeiten sollten sich damit beschäftigen, wie die Vorteile dieser Technologie geeignet kommuniziert werden können, um die Nutzungsabsicht weiter zu steigern und dadurch das Vertrauen in die Lebensmittelindustrie zurückzugewinnen.

## **ABSTRACT**

Global food labelling fraud cases have eroded consumer trust. Consumers are also overwhelmed by the number of different labels concerning quality standards, trading conditions and the origin of ingredients on food labels. Blockchain technology has garnered considerable interest. Initially built to revolutionize financial markets, many other sectors are implementing functionalities in the blockchain. This study considered whether consumers would use a system to independently check a product's origin and all involved parties throughout the production process with a public and open blockchain solution. After an initial literature review, the study proposed an acceptance model based on a unified theory of acceptance and the use of technology to verify customer acceptance. The model was verified via a questionnaire sent to consumers in Austria. Then, a final acceptance model was presented. The study found that consumers mistrust food labels and are significantly interested in independent food tracking solutions. However, many consumers lack an understanding of blockchain technology and do not necessarily require it for a solution. Future studies should focus on communicating the benefits of a blockchain-based solution to consumers so that they accept such a system and ultimately regain trust in food labelling.

# INHALTSVERZEICHNIS

VERTRAUENSSTEIGERUNG IN DER LEBENSMITTELINDUSTRIE DURCH BLOCKCHAINTECHNOLOGIEN.....	1
EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG.....	I
DANKSAGUNG.....	II
KURZFASSUNG .....	III
ABSTRACT .....	IV
INHALTSVERZEICHNIS.....	V
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation.....	1
1.2 Ziele und Hypothesen.....	2
1.3 Methodik .....	3
1.4 Aufbau der Arbeit.....	4
<b>2 BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE.....</b>	<b>5</b>
2.1 Entstehung der Blockchain-Technologie .....	5
2.2 Technische Grundkonzepte .....	6
2.3 Elemente einer Blockchain .....	10
2.4 Distributed-Ledger-Technologie .....	12
2.5 Konsensmechanismen .....	14
2.6 Klassifizierung von Blockchain-Implementierungen.....	19
2.7 Anwendungsgebiete .....	20
2.8 Blockchain in der Logistik .....	21
2.9 Wahrnehmung bei Konsument*innen.....	22
2.10 Kritik.....	22
2.11 Zusammenfassung .....	23
<b>3 PRODUKTKENNZEICHNUNGEN .....</b>	<b>24</b>
3.1 Gesetzliche Vorgaben .....	24
3.2 Freiwillige Produktkennzeichnungen .....	26
3.3 Vertrauen in Produktkennzeichnungen .....	26
3.4 Nachverfolgbarkeit von Lebensmitteln .....	27

3.5	Zusammenfassung .....	28
<b>4</b>	<b>TECHNOLOGIE-AKZEPTANZ .....</b>	<b>29</b>
4.1	Technology Acceptance Model .....	29
4.2	Diffusion of Innovation .....	30
4.3	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology .....	30
4.4	Zusammenfassung .....	34
<b>5</b>	<b>FORSCHUNGSDESIGN UND METHODEN .....</b>	<b>35</b>
5.1	Methodendesign .....	35
5.2	Modellerstellung .....	36
5.3	Hypothesen .....	37
5.4	Zusammenfassung .....	39
<b>6</b>	<b>DATENERHEBUNG .....</b>	<b>40</b>
6.1	Ausarbeitung des Fragebogens .....	40
6.1.1	Einleitung des Fragebogens .....	40
6.1.2	Umfrage .....	41
6.2	Durchführung der Befragung .....	44
6.3	Stichprobenanalyse .....	44
6.4	Analyse mittels deskriptiver Statistik .....	47
6.5	Analyse mittels Pfadmodellierung .....	55
6.5.1	Modellierung .....	56
6.5.2	Strukturgleichungsmodell-Analyse .....	57
6.5.3	Faktorladungen .....	58
6.5.4	Pfadkoeffizienten .....	61
6.6	Analyse der Modifikatoren .....	62
6.7	Zusammenfassung .....	75
<b>7</b>	<b>INTERPRETATION UND FAZIT .....</b>	<b>76</b>
7.1	Beantwortung der Forschungsfrage .....	76
7.2	Prüfung der Hypothesen .....	77
7.3	Finales Technologie-Akzeptanzmodell .....	81

7.4 Ausblick.....	82
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>83</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>84</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>86</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>87</b>



# 1 EINLEITUNG

In der vorliegenden Arbeit wird folgende Forschungsfrage untersucht: *„Welchen Einfluss auf das Vertrauen österreichischer Konsumentinnen und Konsumenten hat die Möglichkeit der Einsichtnahme in logistische Abläufe der Lebensmittelindustrie durch die Verwendung von Blockchain-Technologien?“*

Im ersten Kapitel wird die Relevanz der Forschungsfrage näher beschrieben, die Methodik anhand der diese Frage beantwortet werden soll, erläutert und ein Überblick zum Aufbau der Arbeit gegeben.

## 1.1 Motivation

In Bezug auf das Thema Blockchain ist in den letzten Jahren ein verstärktes Interesse zu beobachten. Der Fokus dieser Technologie liegt aktuell im Finanzsektor (Schuster et al. 2020). Die stärkste Kryptowährung, Bitcoin, hat mit Stand Juni 2023 eine Marktkapitalisierung von 595 Milliarden US-Dollar (Coinmarketcap.com 2023). Es existieren jedoch auch andere Einsatzgebiete für die Blockchain-Technologie. Das macht sie für immer mehr Unternehmen relevant (Werner et al. 2018).

Das Bewusstsein von Konsumentinnen und Konsumenten in Bezug auf Qualität und Nachhaltigkeit beim Kauf von Lebensmitteln, Kleidung und Luxusgütern nimmt laufend zu. Immer wichtiger für die Produzentinnen und Produzenten wird es darzustellen, woher die Rohmaterialien stammen, wo und unter welchen Bedingungen die Verarbeitung durchgeführt wurde und wie der Transport erfolgt ist (Francisco und Swanson 2018).

Produzentinnen und Produzenten von Produkten setzen dabei häufig auf Verpackungshinweise, über Qualität und Herkunft der Rohmaterialien oder Produktionsstandards, um das Vertrauen der Konsumentinnen und Konsumenten zu gewinnen (Wu et al. 2021).

Dieses Vertrauen kann jedoch einfach missbraucht werden. Allein das amerikanische Landwirtschaftsministerium listet bereits 153 betrügerische Labels in Verbindung mit biologischer Landwirtschaft (USDA 2021). Die Datenlage in Europa dazu ist weniger eindeutig, das Thema wird jedoch seit Jahren, unter anderem im Europäischen Parlament, regelmäßig besprochen, wobei massiver Handlungsbedarf von einzelnen Personen aufgezeigt wurde (Europäisches Parlament 2013).

Ein weiterer Aspekt ist, dass Produzentinnen und Produzenten häufig auch dann, wenn sie nach bestem Wissen und Gewissen agieren, von ihren Sublieferantinnen und Sublieferanten mit falschen Informationen versorgt werden können. Skandale zu Arbeitsbedingungen bei Foxconn oder Unilever sind nur zwei Beispiele dafür. Sowohl Regierungsbehörden als auch NGOs können

die heutigen komplexen Supply-Chains nicht mehr genau genug überprüfen (Venkatesh et al. 2020).

Ein Ansatz, um diese Probleme zu beheben, besteht darin, die Transparenz in der Logistik und Produktion zu erhöhen. Aktuell eingesetzte Systeme verfolgen einen zentralen Ansatz, bei dem eine einzelne Kontrollinstanz sicherstellt, dass Qualitätsstandards eingehalten werden. Einer der Nachteile dabei ist, dass Daten von dieser einzelnen Instanz, häufig von den Herstellerinnen und Herstellern selbst gefälscht oder nachträglich verändert werden können. Konsumentinnen und Konsumenten haben im Regelfall auch keine Einsicht in die internen Prozesse bei der Herstellung über die gesamte Wertschöpfungskette (Sunny et al. 2020).

Der Einsatz von Blockchain-Technologien bietet die große Chance, diesen Nachteil zu beheben. Bei dieser Technologie werden sämtliche Transaktionen in einem verteilten Logbuch, dem ‚Distributed Ledger‘ verwaltet und damit manipulationssicher und öffentlich einsehbar gespeichert (Hompel et al. 2020).

In einigen Studien wurde gezeigt, wie konkrete Implementierungen solcher Systeme unter anderem für die Lebensmittelindustrie aussehen könnten (Agrawal et al. 2022; Sunny et al. 2020; Venkatesh et al. 2020).

Nach Galvez et al. profitieren auch Produzenten und Produzentinnen vom Einsatz von Blockchain-Technologien. Als Vorteile werden Effizienzsteigerungen in Produktion und Transport sowie erhöhte Sicherheit und Transparenz in Bezug auf Lieferant\*innen genannt (Galvez et al. 2018). Vor allem durch die Effizienzsteigerungen können Wettbewerbsvorteile generiert werden und so Anreize für den Einsatz geschaffen werden (Francisco und Swanson 2018).

Knauer und Mann raten, basierend auf ihrer Studie, spezifische Anwendungen auf Basis von Blockchain-Technologien zu evaluieren. Dies ist zielführender, als ausschließlich die grundlegende Akzeptanz der darunterliegenden Technologie zu bewerten (Knauer und Mann 2020).

## 1.2 Ziele und Hypothesen

Aufbauend auf den in den Kapiteln 2, 3 und 4 beschriebenen theoretischen Grundlagen wird in dieser Arbeit untersucht, ob der Einsatz von Blockchain-Technologie und die damit gewonnene Transparenz von Kund\*innen wahrgenommen wird und einen positiven Einfluss auf das Kaufverhalten haben kann.

In der Masterarbeit wird daher folgende Forschungsfrage behandelt:

*„Welchen Einfluss auf das Vertrauen österreichischer Konsumenten und Konsumentinnen hat die Möglichkeit der Einsichtnahme in logistische Abläufe der Lebensmittelindustrie durch die Verwendung von Blockchain-Technologien?“*

Durch eine positive Beantwortung der Forschungsfrage soll ein weiterer Anreiz für die Industrie geschaffen werden, sich mit dem Thema Blockchain in der Logistik auseinanderzusetzen. Eine

negative Beantwortung würde implizieren, dass die Technologie weiterhin nur als Investitions- und Spekulationsobjekt geeignet sein könnte.

Im Zuge der Ausarbeitung werden folgende Hypothesen untersucht:

H1-A: Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, haben eine gesteigerte Leistungserwartung an das System.

H1-B: Die Aufwandserwartung von Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, wird positiv beeinflusst.

H1-C: Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, erfüllen die technische Grundvoraussetzungen zur Nutzung des Systems besser.

H2: Konsument\*innen, die bereits wenig in bestehende Lebensmittel-Produktkennzeichnungen vertrauen, haben eine gesteigerte Nutzungsabsicht.

H3: Konsument\*innen mit gesteigerter Erwartungshaltung haben eine höhere Nutzungsabsicht, ein System zur Prüfung der Lebensmittelherkunft auf der Blockchain zu verwenden.

H4: Konsument\*innen, die den Aufwand, ein System zur Prüfung der Lebensmittelherkunft auf der Blockchain zu verwenden, als gering wahrnehmen, haben eine gesteigerte Nutzungsabsicht.

H5: Konsument\*innen, die entsprechendes Vorwissen haben und die technischen Voraussetzungen zur Nutzung von Blockchain-Technologien erfüllen, haben eine gesteigerte Nutzungsabsicht.

H6-A: Das Geschlecht der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Leistungserwartung.

H6-B: Das Geschlecht der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Aufwandserwartung.

H7-A: Das Alter der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Leistungserwartung.

H7-B: Das Alter der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Aufwandserwartung.

H7-C: Das Alter der Konsument\*innen beeinflusst die technischen Grundvoraussetzungen.

H8-A: Der Bildungsgrad der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Leistungserwartung.

H8-B: Der Bildungsgrad der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Aufwandserwartung.

H8-C: Der Bildungsgrad der Konsument\*innen beeinflusst die technischen Grundvoraussetzungen.

Die zugehörigen Gegenhypothesen werden in späterer Folge in Abschnitt 5.3 aufgeführt.

### **1.3 Methodik**

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein verhaltensorientierter Forschungsansatz verfolgt.

Nach Erarbeitung der theoretischen Grundlagen wird ein geeignetes Technologieakzeptanzmodell vorgeschlagen und es werden Hypothesen daraus abgeleitet.

Zur Prüfung des Technologieakzeptanzmodells wird ein Fragebogen erstellt. Die Ergebnisse der Befragung werden im Anschluss statistisch ausgewertet und interpretiert.

Mittels der Ergebnisse der statistischen Auswertung werden im letzten Schritt die Hypothesen geprüft und es wird ein finales Technologieakzeptanzmodell vorgestellt.

## **1.4 Aufbau der Arbeit**

Die Arbeit ist in sieben Kapitel unterteilt:

Kapitel 1 bietet eine Einleitung der Arbeit, bestehend aus der Motivation zur Arbeit, den Zielen, sowie einer kurzen Darstellung der verwendeten Methodik.

In den Kapiteln 2 bis 4 werden die theoretischen Grundlagen erarbeitet, die zur Beantwortung der Forschungsfrage nötig sind. Behandelt werden dabei die Themen Blockchain-Technologie, Produktkennzeichnungen und Technologie-Akzeptanz.

In Kapitel 5 wird die Forschungsmethode im Detail erarbeitet. Außerdem wird ein Technologieakzeptanzmodell vorgeschlagen und es werden Hypothesen definiert.

Kapitel 6 behandelt den Fragebogen zur Validierung des Technologieakzeptanzmodells. Es beginnt mit der Erstellung des Fragebogens selbst. Darauf folgen die Durchführung der Umfrage sowie eine Bewertung der Stichprobe. Die statistische Auswertung der Umfrageergebnisse stellt in diesem Kapitel den größten Teil dar.

Im letzten Kapitel folgen die Beantwortung der initial aufgestellten Forschungsfrage sowie die Validierung der Hypothesen. Darüber hinaus wird ein finales Technologieakzeptanzmodell präsentiert und ein Ausblick auf zukünftige Forschungsarbeiten gegeben.

## 2 BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIE

Im zweiten Kapitel dieser Arbeit wird durch Analyse und Aufbereitung der bestehenden Literatur im Bereich der Blockchain-Technologie eine Basis für den methodischen Teil der Arbeit geschaffen.

Obwohl sich bereits viele Arbeiten mit dem Thema Blockchain, und speziell der Definition des Begriffs, auseinandergesetzt haben, existiert bis heute noch keine allgemeingültige Beschreibung, die alle Varianten umfasst:

Yaga et al. beschreiben eine Blockchain als ein Logbuch von miteinander verketteten, digital gespeicherten und kryptografisch signierten Transaktionen. Sie wird auch als Zusammensetzung mehrerer einfacherer Bausteine aus Informatik und Kryptografie beschrieben. Folgende Konzepte werden dabei genannt: Hash-Funktionen, Transaktionen, asymmetrische Kryptografie, Ledgers, Blöcke und Funktionen zur Verbindung von Blöcken (Yaga et al. 2018).

Das Verbinden von Blöcken erfolgt durch spezielle Datenstrukturen. Eine Kerneigenschaft von Blockchains ist, dass die Sicherheit, dass sich alle Teilnehmer an dasselbe Regelwerk halten durch die Implementierung selbst sichergestellt und nicht durch die Kontrolle einer einzelnen Instanz gewährleistet wird. (Narayanan 2016)

Condos et al. sowie Schlatt et al. beschreiben ein Register für digitale Datensätze, Ereignisse oder Transaktionen in verteilten Rechnernetzen. Sie grenzen dabei jedoch die Blockchain vom zugehörigen Verwaltungssystem ab (Condos et al. 2016; Schlatt et al. 2016).

Seit dem Durchbruch der ersten, auf Blockchain-Technologie basierenden, Kryptowährung Bitcoin (Nakamoto 2008) ist das öffentliche Interesse an der Technologie enorm (Andolfatto 2018). Der Einsatz beschränkt sich seither aber nicht mehr nur auf Finanztransaktionen, sondern umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsszenarien (Sunny et al. 2020; Werner et al. 2018).

In den folgenden Unterkapiteln werden die Entstehung der Technologie, die Funktionsweise und die Grundprinzipien sowie der bisherige Einsatz außerhalb der Finanzwelt beschrieben. Dabei wird ein besonderes Augenmerk darauf gelenkt, wie Blockchain in der Logistik eingesetzt werden kann und welche Ansätze bisher verfolgt wurden, um den Mehrwert dieser Technologie gegenüber Konsumentinnen und Konsumenten darzustellen.

### 2.1 Entstehung der Blockchain-Technologie

Die Basis für die Blockchain-Technologie wurde in der Arbeit von Haber und Stornetta aus dem Jahr 1991 gelegt. Ihr Ziel war es, ein System zu entwerfen, das es ermöglicht, digital gespeicherte Daten mit einem vertrauenswürdigen Zeitstempel der letzten Änderung zu versehen. Das von ihnen identifizierte Kernproblem war die Existenz einer zentralen Instanz im System, auf die Benutzerinnen und Benutzer vertrauen mussten (Haber und Stornetta 1991).

Als Lösung wurde die Verifikation von Dateien auf beliebig viele Clients im System verteilt. Um den Datenverbrauch zu minimieren, wurden Hashing-Algorithmen eingesetzt. Zur Manipulationssicherheit wurden die Hashes der verifizierten Dateien auf alle Clients verteilt und jeder neu berechnete Hash wurde mit einem Teil des zuvor berechneten Hashes verknüpft. In der Arbeit werden Einsatzszenarien zur Validierung von beliebigen digitalen Daten genannt – zusätzliche Einsatzszenarien darüber hinaus wurden zu dieser Zeit nicht erkannt (Haber und Stornetta 1991).

Erst im Jahr 2008 wurde das Whitepaper „Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash“ unter dem Pseudonym Satoshi Nakamoto veröffentlicht. Darin wird ein System beschrieben, durch das zwei Beteiligte direkt Finanztransaktionen abwickeln können, ohne dass sie eine zentrale und vertrauenswürdige Instanz in die Transaktion involvieren müssen. Die Basis des Papers ist das von Haber und Stornetta beschriebene System, um Informationen in verteilten Systemen manipulationssicher zu verifizieren und zu speichern (Nakamoto 2008).

Nakamoto beschreibt darin auch zwei Kernkonzepte heutiger Blockchains: zum einen das Proof-of-Work-Konzept, das als Ziel hat, die nachträgliche Manipulation von Einträgen so rechenintensiv zu gestalten, dass sie nicht ohne erheblichen Aufwand durchzuführen ist, und zum anderen das Konzept, dass Anreize in Form einer Belohnung für die Verifikation von neuen Blöcken gegeben sein sollen (Mika und Goudz 2019; Nakamoto 2008).

Nach einer Analyse von Bhutta et al. fällt das als Bitcoin bekannte System in eine Blockchain der Kategorie 1.0. Charakterisierende Merkmale sind dabei die Abwicklung von Transaktionen ohne zentrale Instanz und die Sicherheit, dass Geldmittel nicht mehrfach ausgegeben werden können (Bhutta et al. 2021).

Als nächster Evolutionsschritt der Blockchain 2.0 wird in der Literatur die Entwicklung von Smart Contracts genannt (Bhutta et al. 2021). Das Konzept von Smart Contracts wurde bereits 1997 von Szabo beschrieben, um bindende Verträge zwischen mehreren Parteien in Computersystemen abzubilden. Kryptografische Protokolle und elektronischer Datenaustausch wurden bereits damals genannt. Es wurde außerdem bereits beschrieben, dass die Vertragsinhalte im Programm enthalten sind und ein Vertragsbruch automatisch bestraft wird (Szabo 1997). Heutige Smart-Contract-Implementierungen finden auf Blockchains wie Ethereum statt (Zheng et al. 2020).

Den letzten Stand der Evolution stellen Blockchain-Applications oder Distributed Applications (DApps) dar, die auch als Blockchain 3.0 bezeichnet werden (Bhutta et al. 2021). Hauptmerkmal von Distributed Applications ist, dass Code ohne zentralen Server direkt in einem Peer-to-Peer-Netzwerk, wie einer Blockchain, ausgeführt wird (Dhillon 2021).

## **2.2 Technische Grundkonzepte**

Yaga et al. gliedern das komplexe Thema Blockchain in einfachere Bausteine aus der Informatik auf. Diese sind in diesem Abschnitt näher beschrieben.

## Hash-Funktionen

Mittels Hash-Funktionen ist es möglich, Eingabedaten beliebiger Länge in eine kodierte Ausgabe fixer Länge (**Digest**) zu übersetzen. In Blockchains werden Einweg-Hash-Funktionen eingesetzt. Dabei ist es nicht möglich, vom Ausgabewert auf den Eingabewert zurückzurechnen (Yaga et al. 2018).

Merkle definiert fünf Anforderungen für Einweg-Hash-Funktionen, die auch bei der Verwendung in Blockchains essenziell sind:

- Die Länge der Eingangsdaten darf variabel sein.
- Die Länge der Ausgangsdaten muss konstant sein. Sollte der Algorithmus eine kürzere Ausgabe berechnen, ist diese mit Padding auf eine konstante Länge zu bringen.
- Der Digest muss unabhängig der Eingabedaten mit geringem Rechenaufwand erstellt werden können.
- Wenn Hash-Funktion und Digest bekannt sind, darf es nicht möglich sein, die Eingangsdaten ohne größeren Rechenaufwand zu berechnen.
- Wenn Hash-Funktion und Digest bekannt sind, darf es ohne größeren Rechenaufwand nicht möglich sein, zwei unterschiedliche Eingaben zu finden, die zum gleichen Ergebnis führen (Merkle 1979).

Ebenso wichtig ist es, dass ein und dieselbe Eingabe immer zum gleichen Digest führen muss und dass eine minimal veränderte Eingabe zu einem stark veränderten Digest führt (Schlatt et al. 2016).

Die beschriebenen Eigenschaften sind in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich. Aus dem Digest ist nicht direkt auf die Eingabe zu schließen, die unterschiedlichen Eingabelängen ergeben eine konstante Ausgabelänge und der Digest hat sich bei minimaler Änderung der Eingabe stark verändert:

*Tabelle 1 - Anwendung einer SHA256-Hash-Funktion*

<b>Eingabe</b>	<b>Digest</b>
Test1	8a863b145dc6e4ed7ac41c08f7536c476ebac7509e028ed2b49f8bd5a3562b9f
Test2	32e6e1e134f9cc8f14b05925667c118d19244aebce442d6fec2ac38cdc97649
Masterarbeit	8e91cf4ba497f7e2b321f5d1baf90d58c7fd6dcc51a4789d75f728f6975cbc83

*Quelle: Eigene Darstellung*

## Asymmetrische Kryptografie

Die asymmetrische Kryptografie beschreibt ein kryptografisches Verfahren, das mit zwei unterschiedlichen Schlüsseln funktioniert. Es handelt sich dabei zum einen um einen **öffentlichen Schlüssel (public key)**, der mit allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern eines Systems geteilt werden kann, und zum anderen um einen **privaten Schlüssel (private key)**.

Jede Teilnehmerin und jeder Teilnehmer besitzt einen eigenen privaten Schlüssel, der vor externen Personen geheim zu halten ist (Schuster et al. 2020).

Der private Schlüssel kann dabei aus dem öffentlichen Schlüssel nicht abgeleitet werden und umgekehrt (Wobst 2001).

Entscheidend bei asymmetrischer Kryptografie ist es, dass es nicht möglich ist, eine Nachricht mit ein und demselben Schlüssel sowohl zu verschlüsseln als auch zu entschlüsseln. Es ist jedoch möglich, für jedes System zu definieren, wann der öffentliche, und wann der private Schlüssel zum Einsatz kommt (Drescher 2017).

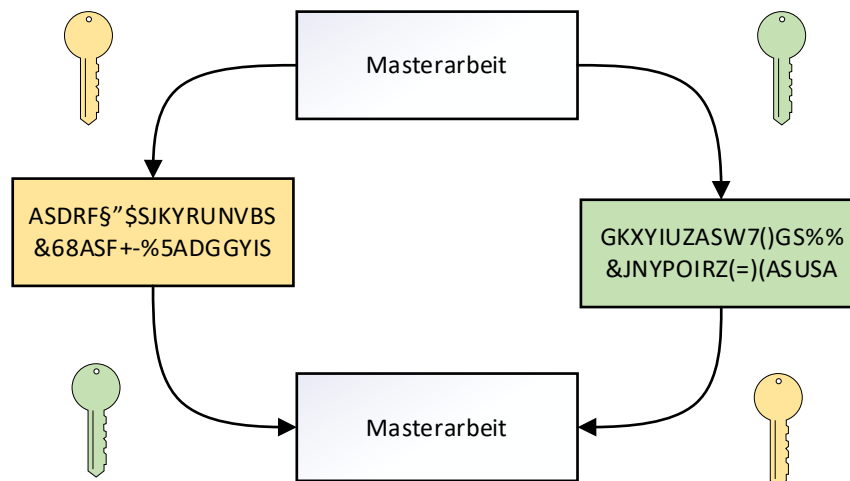


Abbildung 1: Verschlüsselung mittels asymmetrischer Kryptografie, in Anlehnung an Drescher (2017)

Als einfaches Beispiel, um asymmetrische Kryptografie zu demonstrieren, kann ein Chatprogramm mit Verschlüsselung herangezogen werden. Person A möchte eine verschlüsselte Nachricht an Person B übertragen. Der Klartext wird mithilfe des öffentlichen Schlüssels von Person B kodiert. Daraus entsteht ein nicht lesbarer Text – der **Cypher-Text**. Person B empfängt den Cypher-Text und kann ihn mit dem eigenen privaten Schlüssel wieder zum Klartext dekodieren:



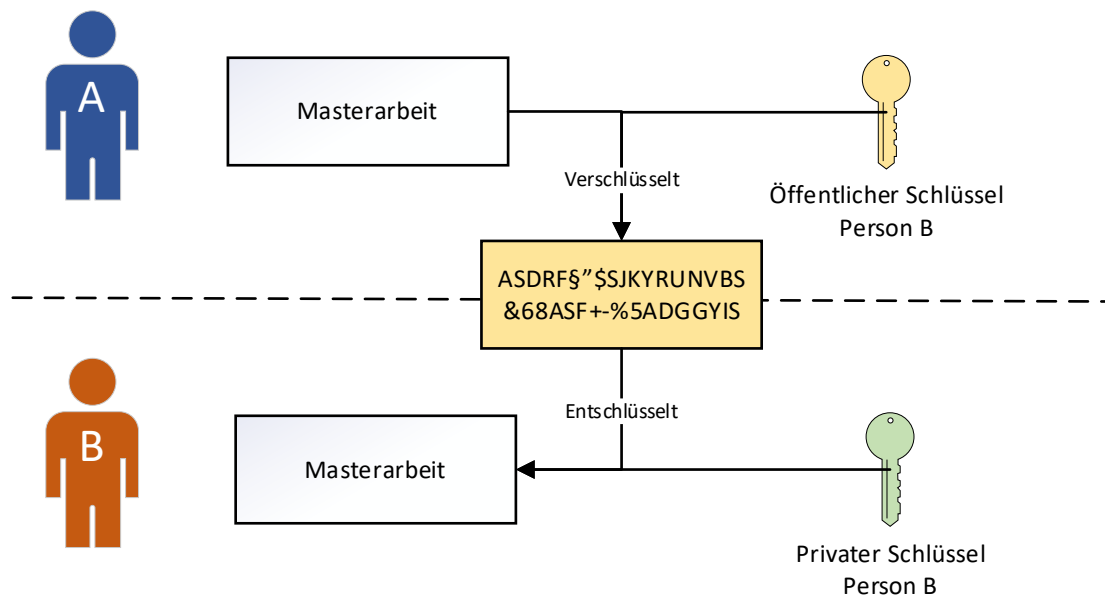


Abbildung 2: Asymmetrische Verschlüsselung, in Anlehnung an Drescher (2017)

In Blockchains werden die beiden Schlüssel genau entgegengesetzt verwendet. Damit kann jede Person Nachrichten, im konkreten Anwendungsfall Transaktionen auf der Blockchain, mit dem öffentlichen Schlüssel dekodieren. Das Erzeugen neuer Daten erfolgt mit dem privaten Schlüssel durch jede Benutzerin und jeden Benutzer selbst. Damit ist sichergestellt, dass nur die Eigentümerin oder der Eigentümer einer Adresse selbst von dieser aus Transaktionen erstellen kann (Drescher 2017).

Es werden nicht die kompletten Informationen einer Transaktion auf diese Weise verschlüsselt, sondern es wird nur eine digitale Signatur erstellt. Dazu wird der Hash-Wert der Transaktion, oder eines Teils der Transaktion, mit dem privaten Schlüssel kodiert und der Transaktion und damit dem Block hinzugefügt. Verifizierende Knoten können die Signatur mit dem öffentlichen Schlüssel dekodieren, den Hash-Wert selbst erstellen und diesen mit der Signatur vergleichen. Stimmen die beiden Werte überein, ist sichergestellt, dass der Absender der Transaktion korrekt ist (Drescher 2017).

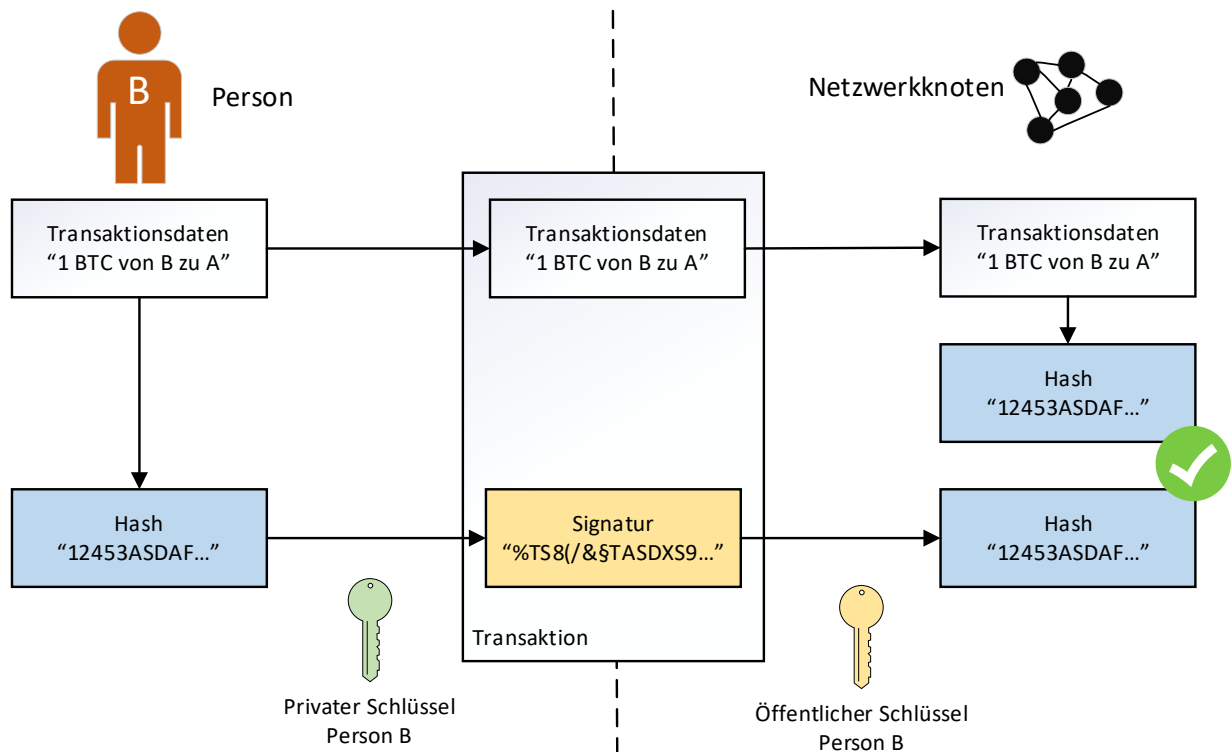


Abbildung 3: Signatur mittels asymmetrischer Kryptografie, eigene Darstellung in Anlehnung an Drescher (2017)

## 2.3 Elemente einer Blockchain

Die zuvor beschriebenen technischen Grundkonzepte werden kombiniert und bilden damit die einzelnen Elemente einer Blockchain:

### Blöcke

Ein einzelner Block besteht aus **Blockdaten**, beispielsweise Informationen zu den in diesem Block gespeicherten Transaktionen, und dem **Block-Header**, der sich aus mehreren Elementen zusammensetzt. Mittels **Hash des vorangehenden Block-Headers** entsteht die namensgebende Verknüpfung der Blöcke zur Blockchain. Der **Timestamp** gibt an, wann der Block erzeugt wurde. Eine **Nonce** ist ein einmaliger Wert, der benötigt wird, um sicherzustellen, dass bei gleichen Eingabedaten in eine Hash-Funktion unterschiedliche Ausgabewerte entstehen. Es wird beim Einsatz von Proof-of-Work-Konsensmechanismen benötigt. Den letzten Teil des Block-Header stellt der **Hash-Wert der Blockdaten** dar. Der Hash-Wert des Block-Header stellt wiederum die Verknüpfung zum nachfolgenden Block dar (Yaga et al. 2018).

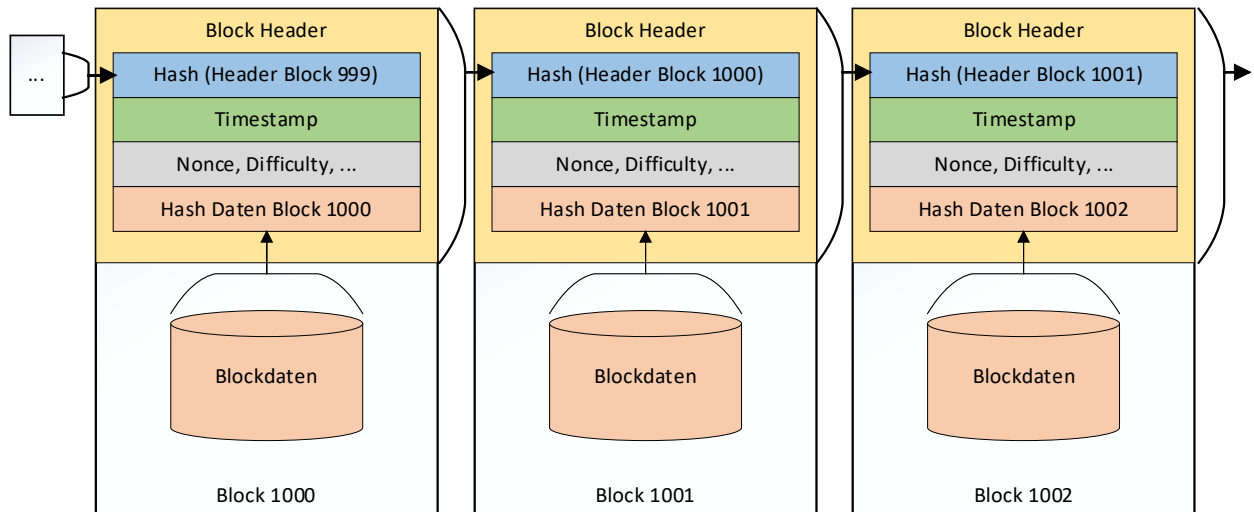


Abbildung 4: Einfacher Aufbau einer Blockchain, in Anlehnung an Yaga et al. (2018)

### **Blockdaten**

In den Blockdaten werden Informationen zu Transaktionen gespeichert. Das Speichern erfolgt durch den Einsatz von Hash-Trees, auch bekannt als Merkle-Trees (Bhutta et al. 2021).

Dabei werden im ersten Schritt die Transaktionsdaten mittels Hash-Funktion transformiert. Die daraus entstandenen Daten werden addiert und erneut durch eine Hash-Funktion in einen weiteren Hash-Wert umgewandelt und miteinander verknüpft. Die Schritte werden so lange wiederholt, bis nur noch ein einzelner Hash-Wert vorhanden ist. Dieser Wert stellt die Wurzel (Root) des Merkle-Tree dar, die im Block-Header gespeichert wird. Der Einsatz von Merkle-Trees ermöglicht es, auf einfache Weise sicherzustellen, dass Daten nicht nachträglich manipuliert werden können (Bhutta et al. 2021; Mingxiao et al. 2017).

Wenn nur eine einzelne Transaktion bearbeitet werden würde, so würden sich alle daraus abgeleiteten Hash-Werte bis zur Wurzel verändern. Damit würde wiederum der Block-Header verändert werden, was sämtliche danach folgende Blöcke in der Blockchain verändern würde (Bhutta et al. 2021).

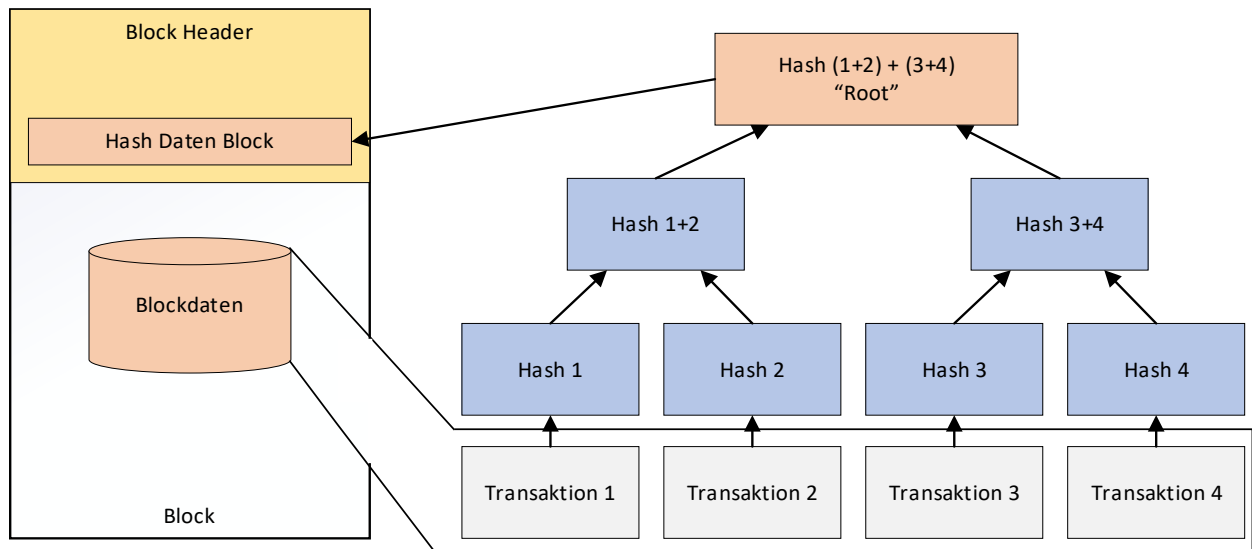


Abbildung 5: Transaktionen innerhalb eines Blocks, eigene Darstellung, in Anlehnung an Bhutta et al. (2021)

## 2.4 Distributed-Ledger-Technologie

Die Distributed-Ledger-Technologie stellt die Basis für Systeme dar, die als Blockchain bezeichnet werden. Rauchs et al. beschreiben eine Evolution einer einzelnen Transaktion von der Erzeugung bis zur endgültigen Speicherung in einem verteilten Netz (Rauchs et al. 2018).

### Logbuch oder Ledger

Nach Yaga et al. ist ein Ledger eine Sammlung aus gültigen Transaktionen, die einem Kassenbuch gleicht (Yaga et al. 2018).

Rauchs et al. beschreiben den Ledger in verteilten Systemen als „...*autorisiertes Set an Records, das von einer signifikanten Anzahl an Teilnehmern im Netzwerk gehalten wird.*“ (Rauchs et al. 2018).

Ein zentrales Speichern des Ledgers geht mit Risiken einher. Die zentrale Instanz könnte ausfallen, oder sie könnte von einer Angreiferin oder einem Angreifer übernommen und manipuliert werden (Yaga et al. 2018).

Blockchains setzen daher auf Distributed Ledger, also verteilte Logbücher. Abhängig vom Aufbau der Blockchain, haben entweder alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Netzwerk oder nur bestimmte den kompletten Ledger und damit alle gültigen Transaktionen gespeichert. Ein Ausfall oder eine Übernahme des Ledgers ist damit unwahrscheinlich (Natarajan et al. 2017).

### Journal

Als Journal beschreiben Rauchs et al. alle auf einem Knoten gespeicherten Records. Es kann neue Records, die noch nicht auf den globalen Ledger übernommen wurden, speichern. Es kann aber auch nur einen Teil der gesamten Records, also nur Teile einer Blockchain, speichern (Rauchs et al. 2018).

### Log

Im Log werden gültige Transaktionen innerhalb eines einzelnen Knotens des Netzwerks gesammelt. Transaktionen im Log werden als unbestätigte Transaktionen bezeichnet. Erst nachdem sie durch die Konsensmechanismen bestätigt sind, werden sie in einen **Record** aufgenommen (Rauchs et al. 2018).

### Transaktionen

Als Transaktion wird eine geplante Änderung des Ledgers bezeichnet. Sie stellt in erster Linie nur die Beschreibung eines Ereignisses dar (Rauchs et al. 2018).

Es müssen per Definition keinerlei Werte von einem Teilnehmer im Netzwerk zum nächsten übertragen werden. Transaktionen können aus unterschiedlichen Gründen auch abgelehnt werden, bevor sie in einen Block übernommen werden (Rauchs et al. 2018).

Endnutzerinnen oder Endnutzern übertragen Transaktionen an das Netzwerk, um sie vom Netzwerk bestätigen zu lassen (Natarajan et al. 2017).

Die nachfolgende Abbildung stellt die Evolution einer von einer Benutzerin oder einem Benutzer erzeugten unbestätigten Transaktion zu einem endgültigen Eintrag in einem verteilten Netzwerk dar:

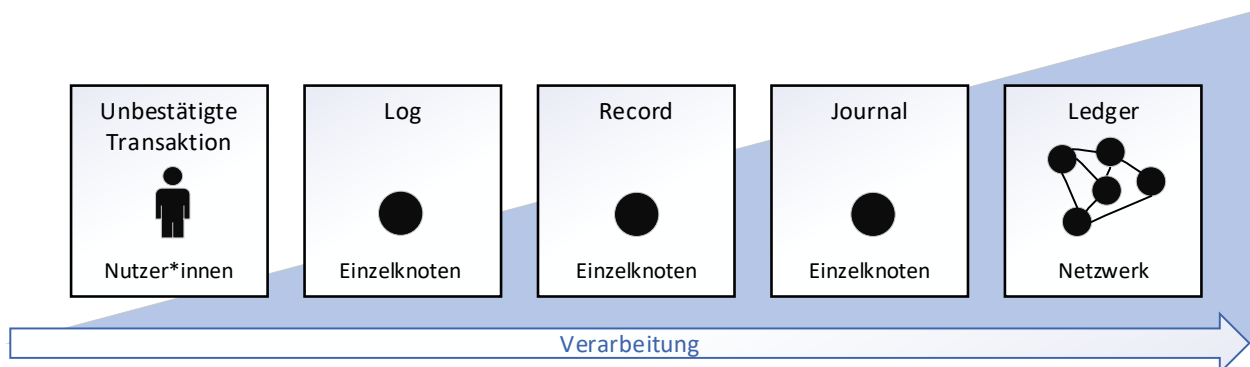


Abbildung 6: Evolution einer Transaktion in verteiltem Ledger, eigene Abbildung in Anlehnung an Rauchs et al. (2018)

Als konkrete Implementierung eines Distributed-Ledger-Systems kann die Bitcoin-Blockchain betrachtet werden. Nakamoto vereinfacht den Ablauf der Übernahme von Transaktionen auf die Blockchain auf fünf konkrete Schritte (Nakamoto 2008):

Tabelle 2 - Übernahme von Transaktionen in Bitcoin-Blockchain

Reihenfolge	Aktion
1	Die Benutzerin oder der Benutzer überträgt Transaktion an einen Knoten des Netzwerks.
2	Der Knoten sammelt an ihn übertragene Transaktionen in einem temporären Block.
3	Ein zufälliger Knoten verteilt seinen temporären Block an alle Knoten des Netzwerks.
4	Andere Knoten akzeptieren den Block nur, wenn der Inhalt gültig ist (verfügbare Zahlungsmittel, gültige Signaturen).
5	Andere Knoten zeigen die Akzeptanz, indem sie den Hash des übertragenen Blocks in den nächsten Block integrieren.

Quelle: In Anlehnung an Nakamoto (2008)

## 2.5 Konsensmechanismen

Konsensmechanismen haben zum Ziel, zwischen allen Netzwerkteilnehmerinnen und -teilnehmern Übereinstimmung im Hinblick auf den Zustand der Blockchain und das Hinzufügen von neuen Blöcken zu erzielen (Mika und Goudz 2019).

Zur Verifikation von neuen Blöcken werden den Netzwerkteilnehmerinnen und -teilnehmern Anreize geboten (Nakamoto 2008). Zwischen den verifizierenden Knoten im Netz entsteht dadurch ein Wettkampf, welcher Knoten den nächsten Block bestätigt und die Entlohnung zugeschrieben bekommt. Daraus können Konflikte entstehen, wenn zwei Knoten zur exakt gleichen Zeit einen Block verifizieren und zur Blockchain hinzufügen möchten. Auch diese Konflikte werden durch die Konsensmechanismen behoben (Yaga et al. 2018).

Mika und Goudz nennen als relevanteste Konsensmechanismen Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS) und Proof of Authority (PoA) (Mika und Goudz 2019). Yaga et al. ergänzen die Liste um Delegated Proof of Stake, Round Robin und Proof of Elapsed Time (PoET) (Yaga et al. 2018). Zuletzt ist Proof of Space mit unterschiedlichen Abwandlungen aufzuführen (Dziembowski et al. 2015).

### **Proof of Work**

Das PoW-Konsensmodell hat als Ziel, dass das nachträgliche Bearbeiten oder Einfügen von fehlerhaften Blöcken für Angreifer nur unter enormem Rechen- und damit Zeitaufwand möglich wäre (Meinel et al. 2018).

Um das Netzwerk zu übernehmen, müsste ein einzelner Knoten mehr als 51 % der gesamten Rechenleistung bereitstellen (Nakamoto 2008).

In diesem Modell muss für neue Blöcke ein kryptografisches Puzzle gelöst werden. Ziel ist es, mittels Trial and Error für den Block-Header eine Nonce zu erraten, mit der der Hash-Wert des gesamten Kopfes die geforderten Komplexitätsanforderungen erfüllt.

Komplexitätsanforderungen geben üblicherweise an, dass der errechnete Hash-Wert kleiner als ein Vorgabewert sein muss. Um die wachsende Rechenleistung im Netzwerk kompensieren zu können und um zu verhindern, dass einzelne rechenstarke Knoten die Blockchain übernehmen könnten, müssen die Komplexitätsanforderungen dynamisch sein und laufend an die gesamte Rechenleistung im Netzwerk angepasst werden (Narayanan 2016).

Bitcoin strebt mit der Komplexität eine Validierungsdauer einzelner Blöcke von zehn Minuten an (Nakamoto 2008). Damit andere Knoten ebenfalls die Komplexitätsanforderungen verifizieren können, werden diese im jeweiligen Block-Header gespeichert.

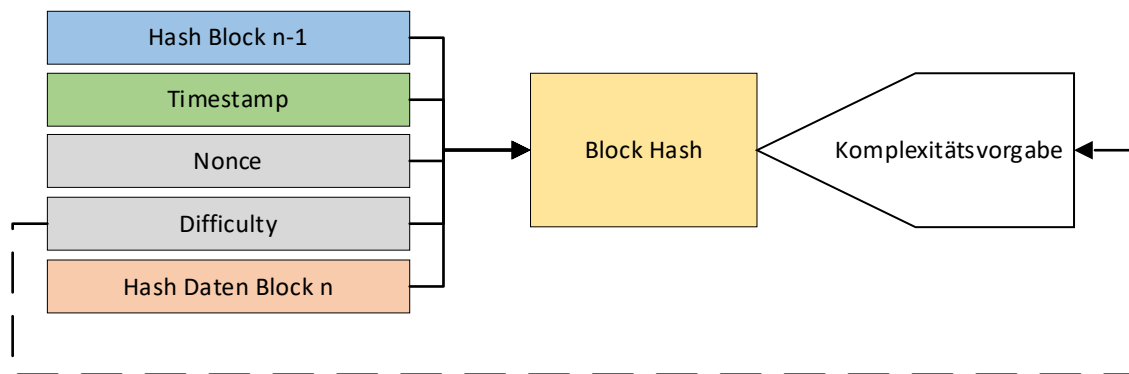
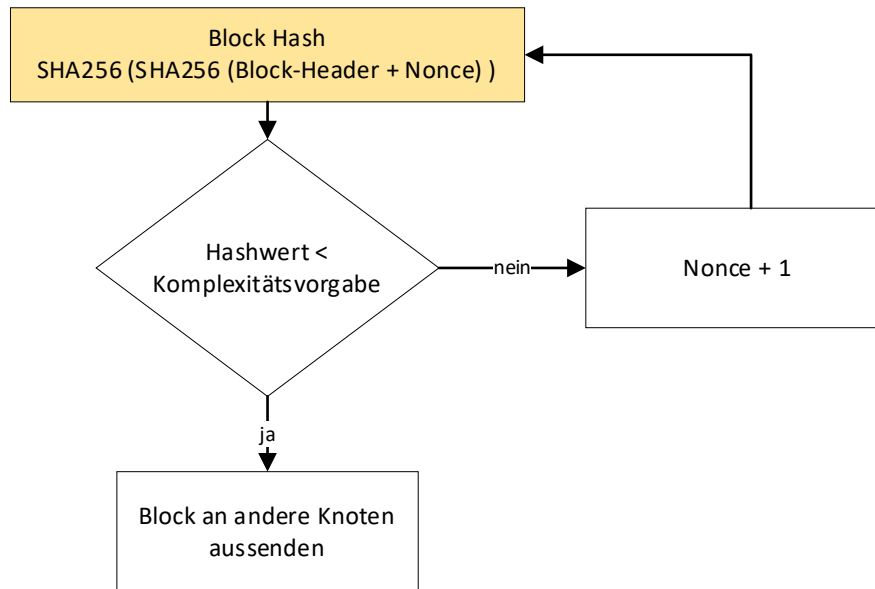


Abbildung 7: Block-Hash in PoW-Konsensmechanismus, in Anlehnung an Mika und Goudz (2019)

Wird ein Hash-Wert ermittelt, der die Komplexitätsanforderungen nicht erfüllt, muss der Block vom Knoten verworfen und die Berechnung von vorne begonnen werden. Sobald eine geeignete Nonce gefunden ist, wird der Block an alle weiteren Knoten verteilt (Mika und Goudz 2019).

Die anderen Knoten verifizieren den neuen Block und können diesen akzeptieren, indem sie ihn als Vorgänger ihres aktuellen Block-Kandidaten in die Berechnung übernehmen (Narayanan 2016).



K

Abbildung 8: Prüfung der Komplexitätsvorgabe in PoW-Konsensmechanismus, in Anlehnung an Mika und Goudz (2019)

Quelle: Eigene Darstellung, angelehnt an Mika und Goudz (2019) zeigt das Trial-and-Error-Verfahren zum Erraten einer geeigneten Nonce. Nonce 3 würde die Schwierigkeit  $2^{63}$  erfolgreich lösen, Nonce 10 hingegen würde die Schwierigkeit  $2^{62}$  lösen. Der am 09.10.2022 erstellte Bitcoin-Block mit der Nummer 757919 weist hingegen eine Schwierigkeit von 31.360.548.173.144,85, also knapp  $2^{31}$  auf (Blockchain.com 2022):

Tabelle 3 - PoW-Lösung mittels Trial and Error

Nonce	Daten	Doppelter SHA-256 Hash	Erfüllt Schwierigkeit
1	Test+1	8a298969b76fae8390d7ac19e857...	$2^{64}$
2	Test+2	718dcb32d23ed0f9d124c7ae99d2...	$2^{64}$
3	Test+3	<b>0</b> f6cb5c2c2984f5cd7ce2fe7999e1...	$2^{63}$
...	...		...
10	Test+10	<b>008</b> a381e83928d62a310570ab99e...	$2^{62}$

Quelle: Eigene Darstellung, angelehnt an Mika und Goudz (2019)

### Proof of Stake

Die Grundidee hinter dem PoS-System ist die Annahme, dass ein Knoten, der einen hohen Einsatz (engl.: *stake*) einbringt, auch ein Interesse daran hat, dass das System erfolgreich betrieben wird (Mingxiao et al. 2017).

Der Einsatz besteht aus Währungseinheiten der jeweiligen Blockchain. Mittels spezieller Transaktionen wird der Einsatz dem Netzwerk bereitgestellt. Unter allen Knoten, mit gültigen Einsätzen, wählt das Netzwerk, mit speziellen Algorithmen, genau einen Knoten aus. Dieser Knoten ist dafür verantwortlich, den nächsten zu verifizierenden Block, zu bestätigen. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Knoten einen Block bestätigen darf, hängt zusammen mit der



Größe des Einsatzes und dem gesamten Einsatz im System. Wird ein Prozent des Gesamtumsatzes von einem einzelnen Knoten bereitgestellt, so besteht für jeden Block eine einprozentige Chance, diesen mit dem Einsatz zu verifizieren (Yaga et al. 2018).

Ähnlich wie im PoW-Modell, wird der Knoten, der einen Block verifiziert, mit einer Gegenleistung belohnt. Häufig handelt es sich hier um die Transaktionsgebühren der im Block gespeicherten Transaktionen (Mingxiao et al. 2017).

Um sicherzustellen, dass die Knoten nach dem vorgegebenen Regelwerk operieren, können die eingesetzten Währungseinheiten bei Fehlverhalten auch permanent gelöscht werden (Yaga et al. 2018).

Das Erzeugen neuer Währungseinheiten, wie im PoW-Modell, ist hier nicht üblich (Yaga et al. 2018).

PoS-Implementierungen können auf unterschiedliche Weise erfolgen. Seit der Umstellung des Konsensmechanismus im Oktober 2022 stellt die Ethereum-Blockchain die größte PoS-Implementierung dar. Das konkrete Verfahren zur Validierung wird daher genauer beschrieben: Netzwerkteilnehmerinnen und Netzwerkteilnehmer, die Blöcke prüfen und dadurch Belohnungen erhalten können, werden Validator genannt (Ethereum Foundation 2022).

Damit ein Knoten zum Validator werden kann, müssen mindestens 32 Einheiten der Kryptowährung Ethereum (ETH) als Stake eingesetzt werden. Neue Validator-Kandidatinnen und -Kandidaten werden erst in einer Queue gespeichert und dann von den bestehenden Knoten freigegeben (Ethereum Foundation 2022).

Transaktionen werden von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern an den zuständigen Validator übertragen und dort in einen Block-Kandidaten übernommen. Der zuständige Validator sendet den Block am Ende an ein zuvor benanntes Komitee weiterer Validatoren. Nach der Prüfung im Komitee wird der Block final zur Blockchain hinzugefügt (Ethereum Foundation 2022).

Alle zwölf Sekunden wird ein neuer Block erzeugt und es werden ein neuer Validator sowie ein neues Validierungskomitee benannt. Strafen für Fehlverhalten, z. B. den Versuch, mehrere Blöcke auf einmal oder fehlerhafte Blöcke zu erzeugen, werden vom System automatisch ausgesprochen und vollzogen. Sie reichen von einem Prozent der eingesetzten Coins bis zu hundert Prozent für mehrfach fehlerhaftes Verhalten (Ethereum Foundation 2022).

### **Proof of Space / Proof of Space Time**

Anstelle von PoW- und CPU-intensiven Rechenoperationen wurde der Proof-of-Space-Konsensmechanismus beschrieben. Ziel ist es, anstatt CPU-Zyklen, Speicherzugriffe auszuführen, um zu beweisen, dass Arbeit verrichtet wurde. Die teilnehmenden, blockvalidierenden Knoten führen also Lese- und Schreibzugriffe auf Hauptspeicher oder Festplatten aus (Ateniese et al. 2014).

Zum Einsatz kommen dabei speicherintensive Algorithmen, wie ‚Hard to pebble Graphs‘, bei denen nach gewissen Regeln ein Weg durch einen umfangreichen Graphen gespeichert werden muss (Demaine und Liu 2017).

Als Abwandlung existiert das Proof-of-Space-Time-Konsensmodell. Hier müssen unter Einsatz von CPU-Leistung große Datenmengen erzeugt und über einen längeren Zeitraum am Knoten gespeichert werden. Durch Beweis der Speicherung dieser Daten können Blöcke validiert werden (Moran und Orlov 2019).

### **Proof of Authority / Proof of Identity**

Validierende Knoten in PoA oder Proof-of-Identity-Systemen sind an real existierende, vertrauenswürdige Entitäten aus der realen Welt gebunden. Die Motivation für validierende Knoten, ausschließlich gültige Operationen auszuführen, besteht darin, das Vertrauen der anderen Teilnehmerinnen und Teilnehmer, sowohl als validierender Knoten als auch in der echten Welt, nicht zu verlieren (Yaga et al. 2018).

Es existiert eine Vielzahl weiterer Konsensverfahren, deren Beschreibung im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht zielführend wäre. Beispiele sind Proof of Elapsed time oder Byzantine Fault Tolerance. Es werden außerdem laufend neue Konsensverfahren entwickelt, um spezielle Anforderungen an die jeweilige Blockchain besser abbilden zu können (Baliga 2017; Yaga et al. 2018).

## 2.6 Klassifizierung von Blockchain-Implementierungen

Mittels einer umfangreichen Literaturanalyse und Umfragen bei Entwicklerinnen und Entwicklern sowie Betreiberinnen und Betreibern von Distributed-Ledger-Systemen von Ballandies et al. wurden vier Merkmale mit insgesamt 19 Ausprägungen definiert, nach denen die über 50 bewerteten Systeme klassifiziert werden können (Ballandies et al. 2022). Während auf die konkreten Merkmalsausprägungen an dieser Stelle nur auszugsweise eingegangen wird, da deren vollumfängliche Beschreibung für das weitere Verständnis dieser Arbeit keinen Mehrwert bietet, folgt eine Beschreibung der vier Merkmale selbst:

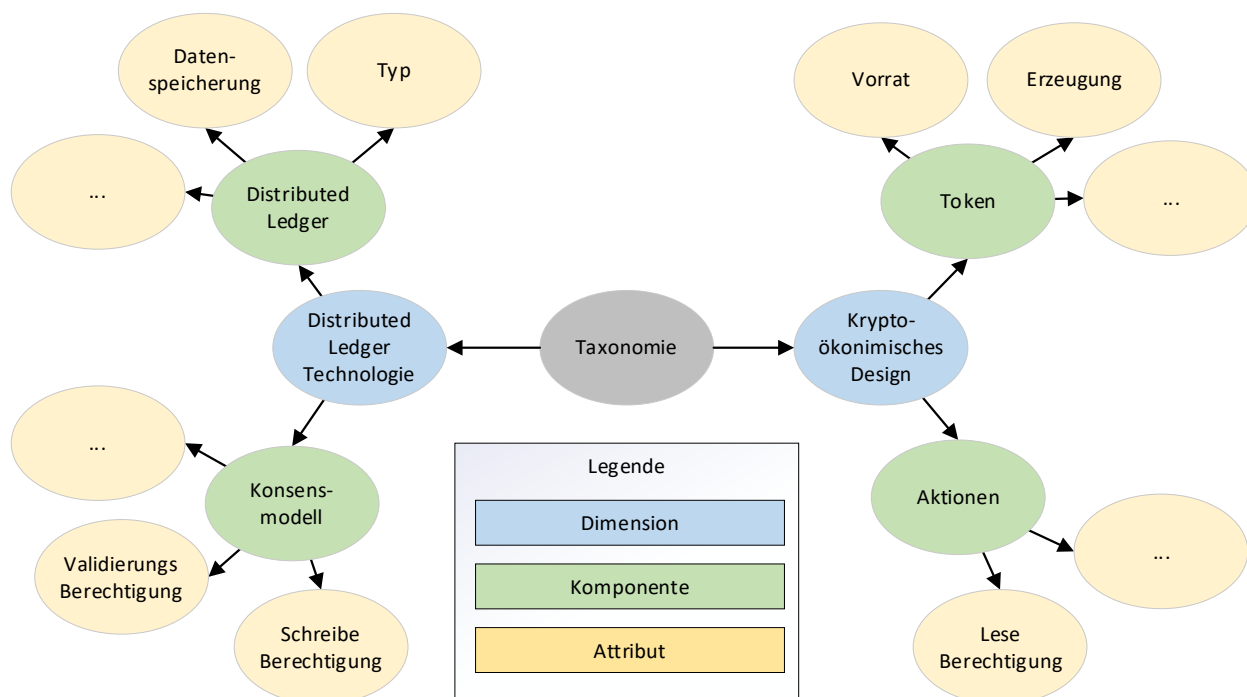


Abbildung 9: Kategorisierung von Blockchain-Systemen, eigene Darstellung in Anlehnung an Ballandies et al. (2022)

Die **Dimension** der Distributed-Ledger-Technologie (DLT) teilt sich in die **Technologie** selbst und in das **krypto-ökonomische Design**. Beide Dimensionen werden erneut in je zwei Komponenten geteilt (Ballandies et al. 2022).

Die erste **Komponente** der DLT-Dimension sind die Eigenschaften des **Distributed Ledger** selbst. Dieser hat Ausprägungen wie Ort der Datenspeicherung und Art der Verlinkung der einzelnen Blöcke. Beispielsweise haben Blockchains wie Bitcoin und Ethereum die Form einer Linked List, während andere Systeme, wie IOTA, gerichtete Graphen zur Verkettung der Daten verwenden (Ballandies et al. 2022).

Die zweite Komponente stellt das **Konsensmodell** dar. Darin enthalten sind unter anderem Berechtigungen zum Erzeugen und Validieren von Transaktionen sowie die Konsensmechanismen selbst, die in dieser Arbeit in Abschnitt 2.5 ‚Konsensmechanismen‘ näher ausgeführt werden (Ballandies et al. 2022).

Die Dimension krypto-ökonomisches Design wird untergliedert in die Komponente der **Token**, die definiert, welche Einheiten im System in welchem Umfang vorhanden sind und wer diese erzeugt. Die letzte Komponente beschreibt die im System ausführbaren **Aktionen**, zum Beispiel, ob alle

Teilnehmerinnen und Teilnehmer Einsicht in alle Transaktionen haben oder nicht (Ballandies et al. 2022).

Diese vollständige und umfangreiche Einteilung kann für den in dieser Arbeit benötigten Anteil jedoch deutlich reduziert werden. Besser geeignet ist hierzu das Modell von Mika und Goudz. Sie ordnen konkrete Blockchain-Optimierungen nur auf zwei Achsen ein (Mika und Goudz 2019).

Eine Achse beschreibt die Teilnahme am Konsensmechanismus, also an der Validierung von neuen Blöcken. Auf dieser Achse klassifizieren sie **Permissionless** und **Permissioned** Systeme. In Permissionless Systemen können alle Knoten Blöcke validieren. Bei Permissioned Systemen sind nur spezielle Knoten befugt, neue Blöcke zu validieren. Wie die Rechte vergeben werden, hängt von der konkreten Blockchain-Implementierung ab (Mika und Goudz 2019).

Die zweite Achse beschreibt den Zugang zum gesamten Netzwerk. **Private** Blockchains stehen nur für ausgewählte Teilnehmer zur Verfügung. **Public** Blockchains stehen der gesamten Öffentlichkeit zur Verfügung und jede Person kann das Protokoll einsehen und am Netzwerk teilnehmen (Mika und Goudz 2019).

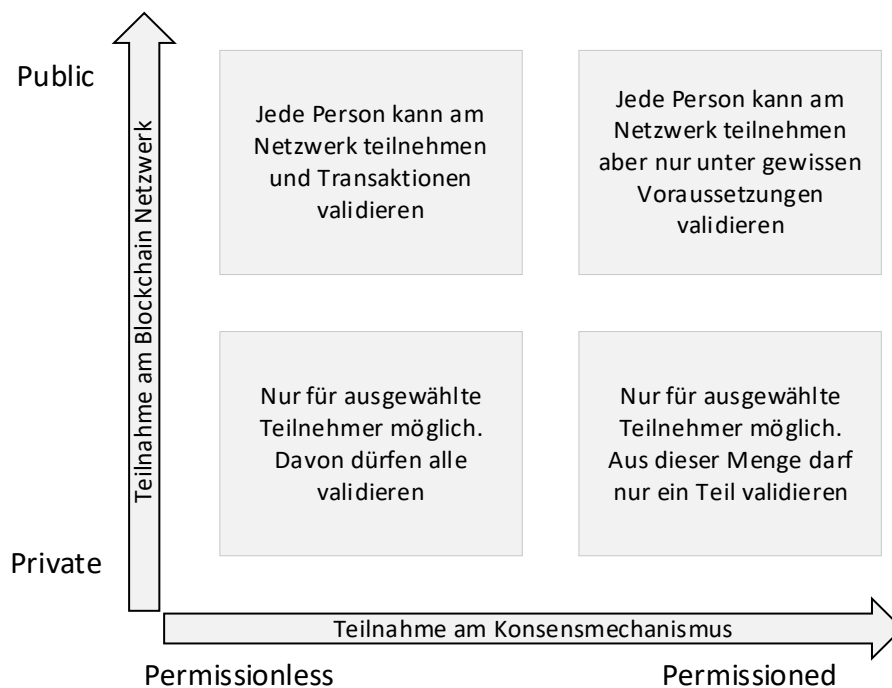


Abbildung 10: Kategorisierung von Blockchains nach Mika und Goudz, vgl. Mika und Goudz (2019)

## 2.7 Anwendungsgebiete

Obwohl der Grundgedanke von Nakamoto zur Einführung von Bitcoin war, das bestehende Finanzsystem zu revolutionieren und traditionelle Finanzinstitutionen zu ersetzen (Nakamoto 2008), ist das Hauptanwendungsgebiet doch weiterhin im traditionellen Finanzsektor angesiedelt (Schuster et al. 2020).

Die größten Nutzer sind im Moment große Finanzinstitutionen. Krypto-Exchanges sind die Börsenmärkte der Blockchain-Welt. Dort werden Bitcoin und andere Kryptowährungen

vorwiegend als Spekulations- und Investitionsobjekt gehandelt. Initial Coin Offerings wickeln über Smart Contracts ähnliche Abläufe ab wie Initial Public Offerings an der traditionellen Börse. Futures und Exchange Traded Funds existieren, wie in der traditionellen Finanzwelt, ebenfalls. Inwieweit das eigentliche Ziel von Nakamoto damit erreicht wurde, ist also zu hinterfragen. (Schuster et al. 2020).

Es existieren jedoch auch weitere Anwendungsgebiete der Blockchain-Technologie abseits der Finanzwelt. In der Energiewirtschaft existieren bereits Pilotprojekte, um die Einspeisung von Solarenergie in das Stromnetz durch private Haushalte auf der Blockchain abzubilden. Carsharing-Implementierungen speichern Kilometerstand und Mietverträge auf der Blockchain und im Eventmanagement können Eintrittskarten auf der Blockchain erworben und gespeichert werden (Hamida et al. 2017).

## 2.8 Blockchain in der Logistik

Grundlage dafür, den Konsumentinnen und Konsumenten wahrheitsgemäße Daten auf einer Blockchain zur Verfügung stellen zu können, ist der Einsatz von Blockchain-Technologien in der Logistik und Fertigung. Agrawal et al. stellen als Teil ihrer Arbeit eine systematische Literaturanalyse zum aktuellen Forschungsstand im Bereich der Logistik zur Verfügung. Ebenso liefern sie ein Implementierungsframework, um logistische Prozesse zwischen mehreren Parteien entlang der gesamten Wertschöpfungskette mit Blockchain-Technologie abwickeln zu können. Da in dieser Arbeit nicht im Detail auf die Einführung solcher Systeme eingegangen wird, werden weder dieses, noch weitere Modelle an dieser Stelle genauer beschrieben (Agrawal et al. 2022).

Transaktionskosten und Skalierung werden als große Hürde für einen produktiven Einsatz der Technologie beschrieben (Füzesi et al. 2020; Salah et al. 2019). Auch Gassmann und Itten haben dies als Problem der Ethereum-Blockchain, speziell der Implementierung auf Basis des Proof-of-Work-Konsensmechanismus, beschrieben. (Gassmann und Itten 2022). Konkrete Implementierungsvorschläge für verteilte Systeme mit niedrigen Transaktionskosten werden durch Shahbazi und Byun erbracht (Shahbazi und Byun 2021).

Nach Venkatesh et al. bestehen im Moment noch zu hohe Eintrittsbarrieren, um Blockchain Technologien in der Logistik einsetzen zu können. Es sind vollständig digitalisierte operative Prozesse im Unternehmen nötig. Sie sprechen von Investitionskosten in Software, Aufbau des nötigen Know-how und der Anschaffung geeigneter IoT-Geräte. Letztgenannte sind nötig, um Ereignisse in der Fertigung, in Echtzeit und in ausreichender Datengenauigkeit zu erfassen und auf der Blockchain zu speichern. Kurzfristig kann durch diese Investitionen aktuell wenig Mehrwert für die Unternehmen geschaffen werden (Venkatesh et al. 2020).

Mit der Einführung von Blockchain-Technologien könnten Unternehmen auch dazu gezwungen sein, kritische Informationen über Fertigungsprozesse und Produktzusammensetzungen mit der Öffentlichkeit zu teilen (Füzesi et al. 2020).

Erst über einen längeren Zeitraum und wenn ein größerer Anteil der Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Markt Blockchain-Technologien einsetzt, werden für die Industrie insgesamt

positive Effekte zu erwarten sein. Druck auf den Markt könnte von den Konsumentinnen und Konsumenten sowie von Regierungsbehörden oder NGOs ausgeübt werden (Venkatesh et al. 2020).

Um eine weite Verbreitung von Blockchain-Technologien in der Logistik erreichen zu können, sehen Füzesi et al. den dringenden Bedarf einer Standardisierung oder Interoperabilität unterschiedlicher Blockchains. Müssten die Unternehmen mehrere Blockchains, je nach Lieferantin oder Lieferant und Kundin oder Kunde, verwenden, würde dies zu Fragmentierung und hoher Komplexität führen (Füzesi et al. 2020).

## **2.9 Wahrnehmung bei Konsument\*innen**

Aktuelle Studien zeigen, dass Konsumentinnen und Konsumenten Blockchain-Technologien, speziell im Lebensmittelsektor, noch nicht als relevant wahrnehmen. Die Grundprinzipien hinter der Technologie und ihre Vorteile in diesem Anwendungsgebiet sind zu wenig bekannt und es kann kein persönlicher Nutzen erkannt werden. Einsatzgebiete außerhalb des Finanzsektors sind kaum bekannt und auch negative Eigenschaften, wie hohe Energiekosten, werden mit Blockchains in Verbindung gebracht (Knauer und Mann 2020). Insgesamt könnte die Technologie damit sogar einen negativen Einfluss auf Konsumentinnen und Konsumenten haben (Gassmann und Itten 2022).

Es wurde auch festgestellt, dass männliche Konsumenten mit höherer Ausbildung und höherem Einkommen gegenüber Blockchain-Implementierungen im Lebensmittelsektor aufgeschlossener sind. Bei ihnen wurde eine höhere Bereitschaft festgestellt, für entsprechende Lösungen einen höheren Preis der Produkte in Kauf zu nehmen. Dabei existieren jedoch auch regionale Unterschiede. Während in China und Kanada immerhin 45 % einen höheren Preis zahlen würden, sind es in Spanien nur noch 27,5 % (Wu et al. 2015).

## **2.10 Kritik**

An der Blockchain-Technologie gibt es unterschiedliche Kritikpunkte. Die Skalierbarkeit, vor allem von älteren Implementierungen wie Bitcoin und Ethereum, ist nur schlecht gegeben. Damit verringert sich die Gesamtperformance des Systems mit zunehmender Teilnehmendenzahl. Zusätzlich steigen dadurch die Transaktionskosten laufend an. Eine höhere Skalierbarkeit kann jedoch nur auf Kosten der Sicherheit oder bei größerer Dezentralisierung erreicht werden (Mika und Goudz 2019).

Durch das PoW-Konsensverfahren haben Blockchains wie Bitcoin und Ethereum einen enormen Energieverbrauch. Würden nur 10 % der Weltbevölkerung an Systemen mit Proof-of-Work-Konsensverfahren teilnehmen, würde dies 23 % der gesamten Stromproduktion verbrauchen (Mika und Goudz 2019).

Im Experiment von Gassmann und Itten wurde die Ethereum-Blockchain mit PoW-Konsensmodell verwendet. Dies verursachte zum Zeitpunkt der Durchführung Kosten von 0,56

Schweizer Franken pro Transaktion. Ein wirtschaftlich produktiver Einsatz ist damit nicht denkbar, da über die gesamte Wertschöpfungskette enorme Kosten entstehen. PoW-Blockchains sorgen im Moment auch für eine insgesamt negative Wahrnehmung bei Konsumentinnen und Konsumenten. Alternative Blockchain-Implementierungen, um Kosten und Energieverbrauch zu senken, werden in der Studie bereits genannt. Ob diese auch von den Konsumentinnen und Konsumenten positiv wahrgenommen werden oder ob Blockchains insgesamt negativ bewertet werden, konnte bisher noch nicht festgestellt werden (Gassmann und Itten 2022).

Lösungen gegen den Energiebedarf, ohne ersichtlichen Gegenwert, können in alternativen Konsensmechanismen, die auch in dieser Arbeit bereits beschrieben wurden, oder im Konzept ‚Proof of useful Work‘ bestehen. Bei ‚Proof of useful Work‘ sollen PoW-Mechanismen nicht einfach nur Arbeit ohne Mehrwert verrichten, um die Zeit zwischen Block-Validierungen zu erhöhen. Stattdessen könnte die Rechenleistung im Netzwerk dazu verwendet werden, wissenschaftliche Aufgaben zu lösen. Projekte wie SETI@Home oder Folding@Home stellen die Rechenleistung innerhalb des Netzwerks bereits Universitäten für Berechnungen zu Verfügung. Diese Berechnungen könnten verwendet werden, um Blöcke zu verifizieren (Narayanan 2016).

In Verbindung mit Smart Contracts kann eines der Kernprinzipien, die Irreversibilität, auch negative Konsequenzen mit sich bringen. Wird ein Fehler im Programmcode erkannt, so können unerwünschte Transaktionen nicht rückgängig gemacht werden (Mika und Goudz 2019).

Als letzten Punkt nennen Mika und Goudz rechtliche Grundsatzfragen. Insbesondere in öffentlichen Blockchains können sich zwei Transaktionsbeteiligte in unterschiedlichen Ländern befinden und müssen dann nach unterschiedlicher Rechtslage bewertet werden. In Europa ist zusätzlich auch ein Konflikt in Bezug auf die DSGVO möglich. Ursache dafür ist, dass eines der Kernelemente, vor allem öffentlicher Blockchains, die vollständige Transparenz für alle Benutzerinnen und Benutzer für sämtliche Transaktionen ist (Mika und Goudz 2019).

## 2.11 Zusammenfassung

Die Blockchain-Technologie vereint mehrere einfache Funktionen der Informatik miteinander zu einem komplexen Gesamtkonstrukt. Hauptziel der Technologie ist die manipulationssichere und korrekte Speicherung von Transaktionen in verteilten Systemen. Ein weiterer Fokus liegt darauf, dass die Einhaltung von Regeln innerhalb des Netzwerks nicht mehr von einer einzelnen Instanz oder den Nutzerinnen und Nutzern untereinander sichergestellt werden muss, sondern dies durch die Implementierung des Netzwerks selbst erfolgt. Dies wird mittels Konsensmechanismen sichergestellt. Vor allem aufgrund dieser Konsensmechanismen stehen aktuelle Blockchain-Implementierungen häufig in der Kritik, da das Betreiben der Netzwerke meist große Mengen an Strom bedarf. Mögliche Anwendungsfelder gehen heute weit über den ursprünglichen Zweck, der Dezentralisierung im Finanzsektor, hinaus.

### 3 PRODUKTKENNZEICHNUNGEN

In Kapitel 3 werden Produktkennzeichnungen im Lebensmittelbereich untersucht. Relevanz haben dabei gesetzliche Vorgaben, die von Produzentinnen und Produzenten zwingend einzuhalten sind, sowie die freiwilligen Zusatzinformationen, die bereitgestellt werden, um Konsumentinnen und Konsumenten zu gewinnen.

Produktkennzeichnungen werden durch unterschiedliche Stellen vergeben. Diese sind unter anderem:

- Unternehmen für Drittzertifizierung
- Wirtschaftsverbände
- Regierungsbehörden
- Landwirtschaftsbetriebe
- weitere private oder öffentliche Stellen (Rupprecht et al. 2020)

#### 3.1 Gesetzliche Vorgaben

Die gesetzliche Regelung in Bezug auf Produktkennzeichnungen erfolgt in Österreich nach unterschiedlichen Vorgaben in Abhängigkeit von der Produktkategorie (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH 2022). Im folgenden Abschnitt werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen im Lebensmittelbereich erläutert.

In Bezug auf Lebensmittel existiert für den gesamten Raum der Europäischen Union (EU) ein einheitlicher rechtlicher Rahmen. Dadurch ist ein einfacher Austausch der Waren innerhalb des EU-Binnenmarkts sichergestellt. Produkte, die aus Drittstaaten eingeführt werden, müssen entsprechend den gesetzlichen Vorgaben bei der Einführung gekennzeichnet werden (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH 2022).

Die Kontrolle der Vorgaben erfolgt auf nationaler Ebene, direkt in den Mitgliedsstaaten, und nicht durch die EU selbst (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH 2022). Die gültigen Richtlinien zur Kennzeichnung von Lebensmitteln sind in der EU-Verordnung (EUV) 1169/2011 erfasst. Artikel 7 beschreibt die Lauterkeit der Informationspraxis, Artikel 8 die Verantwortlichkeiten der Kennzeichnung und des Inhalts (Europäische Kommission 2011). Für die weitere Ausarbeitung dieser Arbeit sind die folgenden Textstellen maßgeblich relevant:

EUV 1169/2011 Art 7 Z1: **„Informationen über Lebensmittel dürfen nicht irreführend sein, insbesondere“** (Europäische Kommission 2011)

EUV 1169/2011 Art 7 Z1 lit a: **„in Bezug auf die Eigenschaften des Lebensmittels, insbesondere in Bezug auf Art, Identität, Eigenschaften, Zusammensetzung, Menge, Haltbarkeit, Ursprungsland oder Herkunftsort und Methode der Herstellung oder Erzeugung;“** (Europäische Kommission 2011).



EUV 1169/2011 Art 26 Z2: *„Die Angabe des Ursprungslands oder des Herkunftsorts ist in folgenden Fällen verpflichtend:“ (Europäische Kommission 2011).*

EUV 1169/2011 Art 26 Z2 lit a: *„falls ohne diese Angabe eine Irreführung der Verbraucher über das tatsächliche Ursprungsland oder den tatsächlichen Herkunftsort des Lebensmittels möglich wäre...“ (Europäische Kommission 2011).*

EUV 1169/2011 Art 26 Z3f: EUV 1169/2011 Art 26 Z3f: **„Ist das Ursprungsland oder der Herkunftsort eines Lebensmittels angegeben und dieses/dieser nicht mit dem Ursprungsland oder dem Herkunftsort seiner primären Zutat identisch, so ist auch das Ursprungsland oder der Herkunftsort der primären Zutat anzugeben; oder ist anzugeben, dass die primäre Zutat aus einem anderen Ursprungsland oder Herkunftsort kommt als das Lebensmittel.“** (Europäische Kommission 2011).

Demnach müssen Lebensmittel verpflichtend und wahrheitsgemäß mit einem Herkunftsland versehen werden. Sofern die Hauptzutat vom Herkunftsland abweicht, ist es ausreichend anzugeben, dass dies der Fall ist. Das Herkunftsland der Hauptzutat muss also bereits nicht mehr konkret angegeben werden. Herkunftsländer aller weiteren Zutaten müssen nicht angegeben werden (Europäische Kommission 2011).

Strengere Anforderungen im Lebensmittelbereich existieren mit heutigem Stand nur für Schweine-, Schaf-, Ziegen- und Geflügelfleisch. Diese sind in der Durchführungsverordnung 1337/2013 der Europäischen Kommission erfasst. Auffällig ist, dass entgegen der Verordnung 1169/2011 wirtschaftliche Aspekte als Erklärung für nicht vollständige Nachverfolgbarkeit festgehalten wurden. Die Verordnung besagt Folgendes: *„Die Notwendigkeit, die Verbraucher zu informieren, und die Mehrkosten für Unternehmer und nationale Behörden, die sich letztlich auf den Endpreis eines Produkts auswirken, müssen gegeneinander abgewogen werden“* (Europäische Kommission 2013). Grundlage für diese Textpassage ist eine Studie, in der festgestellt wurde, dass für Konsumentinnen und Konsumenten die Angabe des Aufzuchtorts des Tieres ausreichend ist. Zudem wurde festgestellt, dass eine Einführung neuer Rückverfolgungssysteme nötig gewesen wäre, um auch den Geburtsort des Tieres nachverfolgen zu können. Aus wirtschaftlichen Gründen wurde daher nur die Angabe des Schlachtorts des Tieres zusätzlich zum Aufzuchtort gefordert (Europäische Kommission 2013).

Auch die Verantwortlichkeiten in Bezug auf Korrektheit sämtlicher Angaben sind in der EUV 1169/2011 erfasst:

EUV 1169/2011 Art 8 Z1: **„Verantwortlich für die Information über ein Lebensmittel ist der Lebensmittelunternehmer, unter dessen Namen oder Firma das Lebensmittel vermarktet wird, oder, wenn dieser Unternehmer nicht in der Union niedergelassen ist, der Importeur, der das Lebensmittel in die Union einführt.“** (Europäische Kommission 2011)

EUV 1169/2011 Art 8 Z2: **„Der für die Information über das Lebensmittel verantwortliche Lebensmittelunternehmer gewährleistet gemäß dem anwendbaren Lebensmittelinformationsrecht und den Anforderungen der einschlägigen einzelstaatlichen Rechtsvorschriften das Vorhandensein und die Richtigkeit der Informationen über das Lebensmittel.“** (Europäische Kommission 2011)

Da Lebensmittelproduzentinnen oder -produzenten sowie Importeurinnen und Importeure nach EU-Recht für die wahrheitsgemäße Kennzeichnung der vertriebenen Produkte verantwortlich sind, kann also davon ausgegangen werden, dass ein Interesse ihrerseits besteht, von Zulieferinnen und Zulieferern mit korrekten Informationen versorgt zu werden.

### 3.2 Freiwillige Produktkennzeichnungen

Freiwillige Produktkennzeichnungen oder Labels haben zum Ziel, ein Produkt von anderen gleichwertigen Produkten am Markt abzuheben. Absichten sind unter anderem das Suggestieren von höherer Produktqualität (Herrmann und Schröck 2012) oder das Aufzeigen gewisser Standards in Herstellung oder Vertrieb (Loos et al. 2013).

Der Antrieb für freiwillige Produktkennzeichnungen besteht darin, sich bei der Konsumentin oder dem Konsumenten gegenüber Konkurrenzprodukten abzusetzen und damit höhere Absatzzahlen zu generieren (Herrmann und Schröck 2012).

Die Kennzeichnungen werden von Loos et al. auch als Vertrauensiegel bezeichnet, da Konsumentinnen und Konsumenten nur in seltenen Fällen die Möglichkeit haben, die Aussagen hinter diesen Kennzeichnungen zu prüfen (Loos et al. 2013).

Herrmann und Schröck sehen einen Wildwuchs an unterschiedlichen Produktkennzeichnungen, sowohl von externen Prüfungsstellen als auch von Etiketten, die von den Produzentinnen und Produzenten selbst ins Leben gerufen wurden. Sie nennen die Möglichkeit, mittels Gesetzgebung in diese Situation einzugreifen. Zum anderen gehen sie jedoch auch davon aus, dass der Markt sich selbst regulieren wird. Es wird auch davor gewarnt, zu sehr in den Markt einzugreifen, da Konsumentinnen und Konsumenten das Vertrauen in bestehende Kennzeichnungen nicht auf Neue übernehmen. Dadurch könnte das Vertrauen insgesamt negativ beeinflusst werden (Herrmann und Schröck 2012).

Zur Prüfung der Qualitätsanforderungen können externe Prüfungsstellen eingesetzt werden. Diese externen Produktlabels werden eingesetzt, wenn die anfallenden Kosten durch die erwarteten gestiegenen Einnahmen überschritten werden (Herrmann und Schröck 2012).

### 3.3 Vertrauen in Produktkennzeichnungen

Vertrauen beschreibt das Überzeugtsein von der Verlässlichkeit oder Zuverlässigkeit einer Person oder Institution (Dudenredaktion 2022).

Di Guida et al. nennen in ihrer Arbeit über Vertrauen in Bio-Lebensmittel drei Arten von Vertrauen bei Konsumentinnen und Konsumenten:

- **Spezialisiertes Vertrauen** beschreibt wahrgenommenes Vertrauen anhand gewisser Produkteigenschaften, beispielsweise wenn Konsumentinnen und Konsumenten der Produktqualität aufgrund der Regionalität der Produzentinnen und Produzenten vertrauen.

- **Begründetes Vertrauen** beschreibt, dass das Vertrauen durch klare Argumente begründet wird. Dieses ist gegeben, wenn Konsumentinnen und Konsumenten aufgrund gesetzlicher Vorgaben Vertrauen in die gekauften Produkte haben.
- **Nicht begründetes Vertrauen**, oder auch ‚blindes Vertrauen‘, basiert hingegen auf Hoffnungen und Vermutungen. Eine subjektive Überzeugung ist hier nicht gegeben (Di Guida et al. 2021).

Die Gruppe an Konsumentinnen und Konsumenten, deren Einkaufsverhalten in Bezug auf Lebensmittelkauf auf begründetem Vertrauen beruht, stellt mit 35 % den größten Anteil. Die Befragten gaben an, sich hauptsächlich über das Internet, über Zeitschriften sowie private Kontakte über die Produkte zu informieren. Auch gesetzliche Vorgaben wirken sich positiv auf die Kaufentscheidung aus. Gleichzeitig nennen sie nicht begründetes Vertrauen in Kontrollen und Siegel der Produzentinnen und Produzenten (Di Guida et al. 2021).

Speziell in Bezug auf Bio-Lebensmittel haben Konsumentinnen und Konsumenten Interesse an bestimmten Informationen. Di Guida et al. raten daher zu geeigneten Produktkennzeichnungen, um Transparenz und Vertrauen zu erhöhen. Mit gesteigertem Vertrauen wird das Kaufverhalten insgesamt positiv beeinflusst (Di Guida et al. 2021; Rupprecht et al. 2020). Gleichzeitig wurde jedoch festgestellt, dass zu viele Informationen sich negativ auf das Einkaufsverhalten auswirken können (Di Guida et al. 2021).

Die Unabhängigkeit des ausstellenden Institutes wird von Konsumentinnen und Konsumenten als entscheidender Faktor bei der Bewertung der Glaubwürdigkeit des Siegels angesehen (SGS Germany GmbH 2014). Am wichtigsten ist dabei, dass der Herausgeber des Siegels kein Interesse am Verkauf des Produkts hat (Rupprecht et al. 2020).

Bereits 2014 gaben 40 % in einer repräsentativen Studie in Deutschland an, bei Gütesiegeln, Umweltzeichen und ähnlichen Produktkennzeichnungen den Überblick verloren zu haben, was das Vertrauen in entsprechende Kennzeichnungen senkt. Die Autorinnen und Autoren der Studie führen dies auf die hohe Zahl an verfügbaren Kennzeichnungen zurück; bereits zum Zeitpunkt der Studie gab es, je nach Quelle, zwischen 400 und 1000 unterschiedliche Siegel auf dem Markt (SGS Germany GmbH 2014). Auch Rupprecht et al. sind der Ansicht, dass die hohe Anzahl an Produktkennzeichnungen von Konsumentinnen und Konsumenten als überfordernd wahrgenommen wird (Rupprecht et al. 2020).

### 3.4 Nachverfolgbarkeit von Lebensmitteln

Systeme zur Nachverfolgung von Lebensmitteln ermöglichen es, logistische Vorgänge, Transaktionen und weitere Informationen über die Wertschöpfungskette der Lebensmittelherstellung im Zuge der Produktion zu erfassen, zu speichern und einzusehen. Diese Systeme setzen voraus, dass Produzentinnen und Produzenten die nötigen Daten wahrheitsgemäß erfassen und in das System einspielen (Lam et al. 2020). Auch bei neuartigen Lösungen auf Basis der Blockchain-Technologie stellt dies noch immer die größte Schwachstelle im System dar (Sander et al. 2018).

Mit zunehmender Globalisierung steigt der Bedarf der Nachverfolgbarkeit in der Lebensmittelerzeugung laufend. Darüber hinaus führen immer mehr Länder entsprechende gesetzliche Vorgaben im Hinblick auf die Bereitstellung solcher Informationen ein (Lam et al. 2020).

Als Vorteile von Nachverfolgungssystemen in der Lebensmittelindustrie werden gesteigerte Qualität, aktive Möglichkeiten zum Performancemonitoring, vereinfachte Informationsbereitstellung an Behörden und die Möglichkeit der schnellen Korrektur bei akuten Qualitätsproblemen gesehen (Lam et al. 2020).

Bestehende Systeme bieten keine Möglichkeit einer lückenlosen Verfolgung bei gleichzeitiger Sicherstellung, dass Daten nicht nachträglich bearbeitet werden können. Als möglicher Lösungsansatz bieten sich hier verteilte Blockchain-Systeme an (Sander et al. 2018). Diese sind leicht zugänglich und bieten alle Eigenschaften, die für transparentes Lebensmitteltracking relevant sind (Füzesi et al. 2020).

Neuartige Prototypen zum Lebensmitteltracking auf Blockchain-Infrastrukturen wurden unter anderem von Lin et al. sowie Sunny et al. beschrieben. Als Herausforderung werden Datenmenge, Konsensmechanismus, Netzwerkstruktur sowie das Bereinigen von nicht mehr benötigten Informationen genannt (Lin et al. 2019; Sunny et al. 2020).

### **3.5 Zusammenfassung**

Produktkennzeichnungen gliedern sich in zwei Gruppen. Es bestehen zum einen gesetzliche Vorgaben im Hinblick auf die Kennzeichnung der Inhaltsstoffe von Lebensmitteln oder die Herkunft der Hauptzutat. Zum anderen gibt es freiwillige Produktkennzeichnungen, die von Lebensmittelproduzentinnen und Lebensmittelproduzenten hauptsächlich dazu verwendet werden, sich am Markt von anderen Produkten abzuheben. Vor allem freiwillige Produktkennzeichnungen stehen dabei in der Kritik, Konsumentinnen und Konsumenten täuschen zu wollen. Entsprechend niedrig ist auch das Vertrauen der Konsumentinnen und Konsumenten in diese Kennzeichnungen.

## 4 TECHNOLOGIE-AKZEPTANZ

Technologie-Akzeptanzmodelle sind konzeptionelle Modelle, mit denen sich beschreiben lässt, ob und wie Personen sich mit neuen Technologien auseinandersetzen (Davis 1985; Taherdoost 2022; Venkatesh und Davis 2000). In Abhängigkeit des konkreten Einsatzszenarios existieren unterschiedliche Modelle. Drei dieser Szenarios werden in den nachfolgenden Abschnitten näher ausgeführt, um eine Grundlage für die durchgeführte Forschung zu schaffen.

### 4.1 Technology Acceptance Model

Das Technology Acceptance Model (TAM) wurde 1985 in der Dissertation von Fred Davis entwickelt (Davis 1985). Es stützt sich zu einem Großteil auf das Fishbein-Modell, das seinen Ursprung als bewährtes Modell in der Verhaltenspsychologie hat (Fishbein und Ajzen 1975).

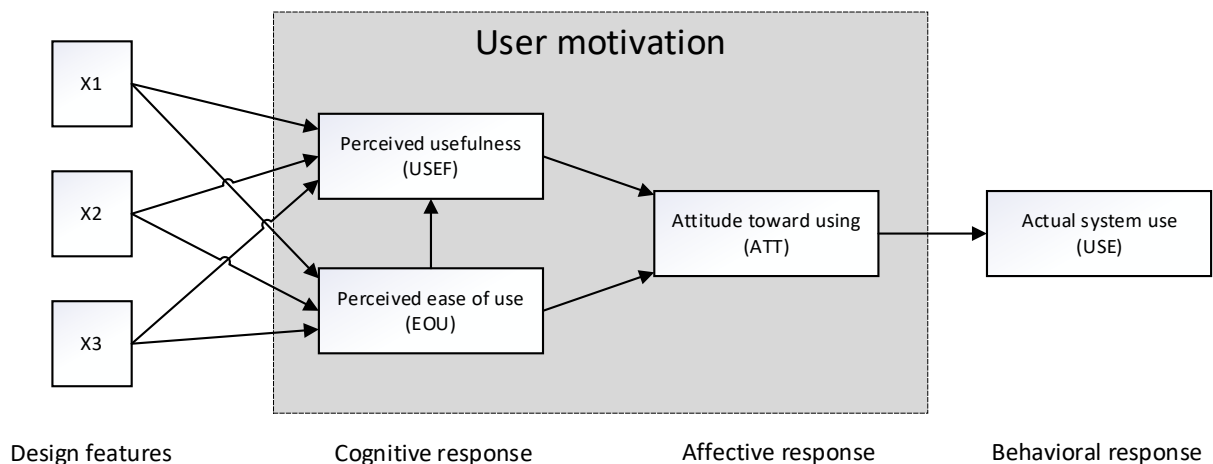


Abbildung 11: Technology Acceptance Model, in Anlehnung an Davis (1985)

Davis definiert in seinem System vier Variablen, die anhand von Testpersonen mittels Fragebogen erhoben werden:

**Perceived Ease of Use (EOU)** gibt an, mit wie viel physischem und mentalem Aufwand sich das System von Testpersonen bedienen lässt.

**Perceived Usefulness (USEF)** beschreibt, inwieweit Testpersonen darauf vertrauen, dass das System die von ihnen gestellten Aufgaben angemessen erfüllt. Das Vertrauen in das System hängt direkt mit dem wahrgenommenen Aufwand, das System zu bedienen, zusammen.

**Attitude toward Using (ATT)** beschreibt die Absicht der Personen, das System zu verwenden. Diese hängt direkt von den beiden ersten Werten EOU und USEF ab.

**Actual System Use (USE)** leitet sich von der Absicht der Verwendung ab und beschreibt die tatsächliche Nutzung des Systems (Davis 1985).

TAM wurde über die Jahre für speziellere Anwendungsgebiete erweitert (Taherdoost 2022). Am meisten verbreitet ist dabei TAM2, das von Davis selbst in Zusammenarbeit mit Venkatesh entwickelt wurde. Das Modell wurde dahingehend erweitert, dass die Eingangsparameter X des

ursprünglichen Modells konkretisiert wurden. Soziale Einflüsse auf die Testpersonen sowie die Wahrnehmung von Sinnhaftigkeit und Umsetzungsqualität der Technologie wurden hierbei genannt (Venkatesh und Davis 2000).

## 4.2 Diffusion of Innovation

Die Theorie der Diffusion of Innovation (DOI) wurde in den 1960er-Jahren entwickelt. Im Kern geht es darum, die Technologie-Akzeptanz über einen gewissen Zeitraum zu beurteilen. Es werden jedoch auch Faktoren genannt, die den Grad der Akzeptanz neuer Technologien in einer Gesellschaft beeinflussen (Rogers 2003).

Die Hauptfaktoren, die die Akzeptanz von Technologien beeinflussen, sind nach Rogers die folgenden:

**Relative Advantage (relativer Vorteil)** beschreibt, inwieweit eine Technologie als besser als bestehende Alternativen wahrgenommen wird.

**Compatibility (Kompatibilität)** ist das Ausmaß, in dem eine Technologie mit bestehenden Werten und Praktiken kompatibel ist.

**Complexity (Komplexität)** beschreibt, wie schwer zu verstehen oder zu benutzen die Technologie ist.

**Trialability (Ausprobierbarkeit)** beschreibt, inwieweit eine Person eine Technologie ausprobieren kann, bevor sie sich darauf festlegt.

**Observability (Beobachtbarkeit)** beschreibt, inwieweit die Vorteile einer Technologie für andere sichtbar sind (Rogers 2003).

Die DOI-Theorie ist geeignet, um die Übernahme von Technologien in unterschiedlichen Fachgebieten zu untersuchen. Aktuelle Anwendungen existieren unter anderem zu landwirtschaftlichen Innovationen, Gesundheitstechnologien und Informationssystemen (Gagnon et al. 2016; Klerkx et al. 2019).

## 4.3 Unified Theory of Acceptance and Use of Technology

Die Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) wurde 2003 von Venkatesh et al. definiert. Hintergrund der Definition war, dass unterschiedliche Technologie-Akzeptanzmodelle existierten, die jeweils etwa 40 % der Varianz der Daten erklären konnten. Der Prozess zur Auswahl eines passenden Modells wurde damals als zu aufwändig angesehen. Gleichzeitig wurde es als kritisch betrachtet, dass Forscherinnen und Forscher ausschließlich mit einem einzigen, von ihnen präferierten, Modell arbeiteten, das nicht ausreichend viele Aspekte betrachtete (Venkatesh et al. 2003).

Die UTAUT vereint Faktoren aus acht bestehenden Technologie-Akzeptanzmodellen:

- Theory of Reasoned Action (TRA)

- Technology Acceptance Model (TAM)
- Motivational Model (MM)
- Theory of Planned Behaviour (TPB)
- Combined TAM and TPB (C-TAM-TPB)
- Model of PC Utilization (MPCU)
- Innovation Diffusion Theory (IDT)
- Social Cognitive Theory (SCT) (Venkatesh et al. 2003)

Aus diesen acht Modellen wurden 32 Einflussfaktoren sowie vier Modifikatoren dieser abgeleitet. Die Einflussfaktoren wurden im Zuge der Modellerstellung zusammengefasst und die Modifikatoren wurden übernommen. Aus mehrfacher Validierung des vorgeschlagenen Modells geht hervor, dass UTAUT 70 % der Varianz in Daten zur Benutzungsabsicht und Technologie-Akzeptanz erklären kann (Venkatesh et al. 2003). Die Praxistauglichkeit der UTAUT, auch in Verbindung mit der Evaluierung von Blockchain-Akzeptanz, zeigt sich in abgeschlossenen Studien (Falwadiya und Dhingra 2022).

UTAUT beschreibt die nachfolgenden vier Faktoren, die direkten Einfluss darauf haben, ob ein System oder eine Technologie von den Testpersonen angenommen wird, oder nicht. Gleichzeitig existieren die vier Modifikatoren **Geschlecht (Gender – GDR)**, **Alter (Age – AGE)**, **Erfahrung (Experience – EXP)** und **Freiwilligkeit (Voluntariness of Use – VOL)**, die die vier Hauptfaktoren unterschiedlich stark beeinflussen (Venkatesh et al. 2003).

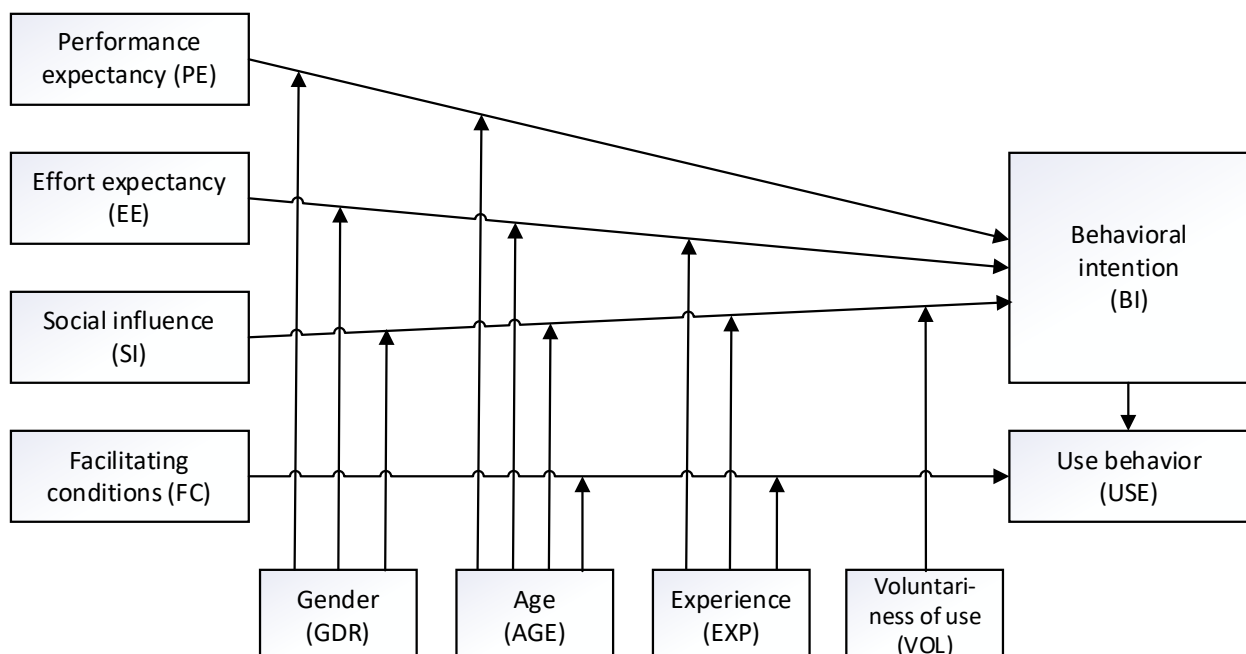


Abbildung 12: UTAUT-Modell in Anlehnung an Venkatesh et al. (2003)

**Performance Expectancy (PE)**, oder Leistungserwartung, beschreibt, wie sehr die Personen wahrnehmen, dass durch die Verwendung des Systems die Bedürfnisse besser befriedigt werden können als ohne das System. Abgeleitet ist dieser Faktor aus der wahrgenommenen Nützlichkeit

(USEF) aus TAM sowie aus fünf weiteren Werten aus in dieser Arbeit nicht näher behandelten Akzeptanzmodellen. Einfluss auf den Faktor haben die Modifikatoren Geschlecht und Alter. Bei männlichen Testpersonen mit niedrigem Alter ist der Faktor höher ausgeprägt (Venkatesh et al. 2003).

**Effort Expectancy (EE)**, die Aufwandserwartung, beschreibt, wie einfach Testpersonen glauben, das System bedienen zu können. Der Faktor basiert unter anderem auf dem Perceived Ease of Use aus TAM. Auch die Skala entspricht der aus TAM. Die Effort Expectancy hat ihren stärksten Einfluss auf neu eingeführte Technologien und Systeme. Über eine längere Nutzungsdauer nimmt der Einfluss dieser Variable auf die Akzeptanz laufend ab. Der Faktor ist stärker ausgeprägt bei weiblichen Testpersonen sowie bei Personen höheren Alters oder weniger Erfahrung mit ähnlichen Systemen (Venkatesh et al. 2003).

**Social Influence (SI)** gibt an, wie stark die Testperson gesellschaftlichen Druck wahrnimmt, das System oder die Technologie zu verwenden. Alle vier Modifikatoren haben Einfluss auf den gesellschaftlichen Druck. Für weibliche Testpersonen, Personen höheren Alters oder mit weniger Erfahrung ist dieser Faktor stärker ausgeprägt. Dieser Faktor wird als einziger auch von der Freiwilligkeit der Verwendung beeinflusst (Venkatesh et al. 2003).

**Facilitating Conditions (FC)** beschreibt, wie sehr vorhandene technische Infrastrukturen oder Organisationen die Verwendung des Systems unterstützen. Beeinflusst wird der Faktor besonders durch steigendes Alter und zunehmende Erfahrung der Testpersonen (Venkatesh et al. 2003).

Aus diesen vier Faktoren ergibt sich die Benutzungsabsicht (**Behavioral Intention – BI**), die mit den Umgebungsbedingungen (FC) das endgültige Nutzungsverhalten (**Use Behavior – USE**) darstellt (Venkatesh et al. 2003).

Das bestehende UTAUT-Modell von Venkatesh et al. wird in der Literatur auch in geeignetem Ausmaß an konkretere Anwendungsfälle angepasst (Alazab et al. 2021; Chang et al. 2022; Francisco und Swanson 2018). Auf Modelle, die im empirischen Teil dieser Arbeit behandelt werden, wird im folgenden Abschnitt näher eingegangen.

Francisco und Swanson wenden ein angepasstes Modell in Bezug auf die Nutzung von Blockchain-Applikationen zwischen Unternehmen in der Logistikbranche an. Das von ihnen vorgeschlagene Modell kommt daher gänzlich ohne die Modifikatoren GDR, AGE, EXP und VOL aus. Es werden stattdessen zwei neue Faktoren eingeführt. **Technology Trust** beschreibt, wie sehr Nutzerinnen und Nutzer der Technologie und dem System vertrauen. Sie beschreiben dabei, dass fehlendes Vertrauen die Nutzungsbereitschaft negativ beeinflusst. Gleichmaßen sind Nutzerinnen und Nutzer nicht interessiert, entsprechendes Wissen aufzubauen, um die Technologie zu nutzen. **Inter-organizational Trust** beschreibt das Vertrauen zwischen am System beteiligten Unternehmen, die das System verwenden möchten. Fehlendes Vertrauen zwischen Unternehmen führt zu geringerer Bereitschaft, kritische Informationen mit anderen Unternehmen zu teilen (Francisco und Swanson 2018).



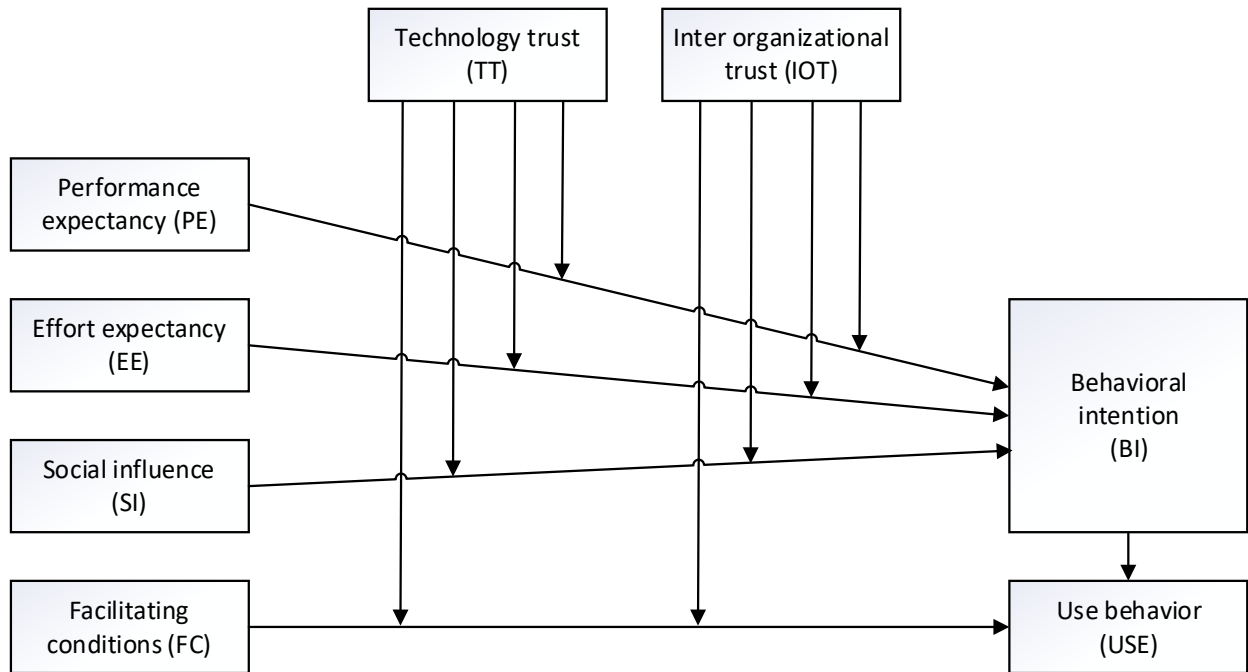


Abbildung 13: Modell zur Akzeptanz von Blockchain-Technologie im Logistiksektor, in Anlehnung an Francisco und Swanson (2018)

Chang et al. haben mit ihrem auf UTAUT basierenden Modell die Nutzungsabsicht von Blockchain-Implementierungen im Tourismussektor überprüft. Das von ihnen vorgeschlagene Modell wurde um die Faktoren **Trust and Transparency** sowie **Security** erweitert. Trust and Transparency definieren sie als den Wahrnehmungsgrad, dass Informationen in der Blockchain fehlerfrei und transparent gespeichert sind. Security hingegen beschreibt den Umstand, dass Daten in der Blockchain fälschungssicher gespeichert werden (Chang et al. 2022).

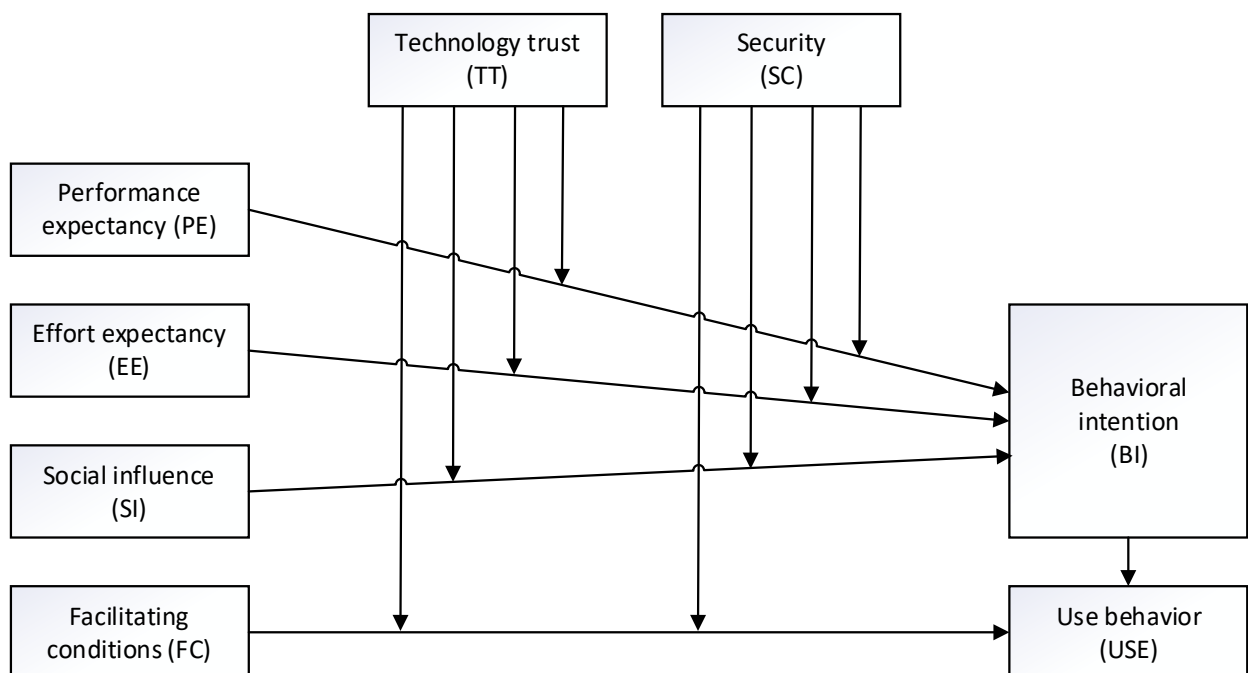


Abbildung 14: Modell zur Akzeptanz von Blockchain-Technologien im Tourismussektor, eigene Darstellung angelehnt an Chang et al. (2022)

## **4.4 Zusammenfassung**

Technologie-Akzeptanzmodelle helfen zu beschreiben, wie Menschen neue Technologien akzeptieren und anwenden. Es existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Modelle. Drei dieser Modelle, sowie geeignete Erweiterungen dieser, wurden analysiert, um eine Basis für die weitere Forschung in dieser Arbeit aufzubauen.

## 5 FORSCHUNGSDESIGN UND METHODEN

Im vorliegenden Kapitel wird die Methodik der durchgeführten Forschung beschrieben. Als erstes wird das gesamte Methodendesign auf Basis von Forschungsleitfäden und Forschungsarbeiten zu vergleichbaren und angrenzenden Themen beschrieben. Danach folgt die Erstellung des Forschungsmodells, abgeleitet aus vorhergehenden Arbeiten in ähnlichen Themengebieten. Aus dem Forschungsmodell werden entsprechende Hypothesen abgeleitet, die in den späteren Kapiteln dieser Arbeit überprüft werden.

### 5.1 Methodendesign

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein verhaltensorientierter Forschungsansatz verfolgt. Die angewandte Methodik orientiert sich zum einen am Forschungsleitfaden von Lindner (2020), zum anderen an der von Alazab et al. (2021) durchgeführten Studie zur Blockchain Akzeptanz in der Logistik.

Basierend auf der Arbeit von Lindner, erfolgte im ersten Schritt die theoretische Aufarbeitung der relevanten Themen zur Beantwortung der Forschungsfrage. Dies ist in den Kapiteln 2, 3 und 4 dieser Arbeit erfolgt.

Aus den theoretischen Grundlagen wird in Abschnitt 5.2 ein Modell auf Basis der UTAUT aufgestellt.

Mit dem aufgestellten Modell und der später, in Abschnitt 5.3, aufgestellten Hypothesen wird ein Fragebogen für eine Onlineumfrage erstellt.

Der erstellte Fragebogen wurde online verteilt. Eine Anzahl vollständiger Datensätze größer als 100 diene für diese Forschungsarbeit als Zielvorgabe. Da auf diesem Weg keine zufriedenstellende demografische Verteilung innerhalb der Stichprobe erzielt werden konnte, wurden zusätzlich Offline-Befragungen durchgeführt. Details zur Durchführung sind in Abschnitt 6.2 dokumentiert. Die Bewertung der finalen Stichprobe erfolgt in Abschnitt 6.3.

Nach der Darstellung der Umfrageergebnisse erfolgt die statistische Auswertung der Ergebnisse. Im ersten Schritt wird eine Analyse mittels deskriptiver Statistik durchgeführt, die in Abschnitt 6.4 dargestellt ist. Danach folgt eine Korrelationsanalyse, die in Abschnitt 6.5 beschrieben wird. Die letzte Auswertung stellt die Signifikanzanalyse in Abschnitt 6.6 dar. Alle drei Auswertungen werden in dieser Form von Lindner zur statistischen Auswertung der Datensätze empfohlen (Lindner 2020).

Im letzten Schritt werden die Ergebnisse der statistischen Auswertungen interpretiert, die Hypothesen geprüft sowie die Forschungsfrage beantwortet.

## 5.2 Modellerstellung

Angelehnt an bestehende Studien (Alazab et al. 2021; Chang et al. 2022; Falwadiya und Dhingra 2022; Francisco und Swanson 2018), wird ein theoretisches Akzeptanzmodell auf Basis der UTAUT eingeführt. Ziel ist es, zum einen Faktoren und Hypothesen aus bestehenden Arbeiten zu übernehmen und diese zu prüfen und zum anderen das Vertrauen der Konsumentinnen und Konsumenten in bestehende Produktkennzeichnungen zu berücksichtigen, um die Technologie-Akzeptanz daraus ableiten zu können.

Das vorgestellte Modell besteht aus sechs Hauptfaktoren: **Behavioral Intention (BI)**, **Performance Expectancy (PE)**, **Effort Expectancy (EE)** und **Facilitating Conditions (FC)** werden dabei direkt aus der UTAUT übernommen. Darüber hinaus werden die zwei Modifikatoren **Alter (AGE)** und **Geschlecht (GDR)** weiterverwendet (Venkatesh et al. 2003).

Neu hinzu kommt der Faktor **Technology Trust (TT)**, abgeleitet aus den Modellen von Francisco und Swanson sowie Chang et al. Damit wird erhoben, wie sehr die Testpersonen darauf vertrauen, dass Daten in einer Blockchain fehlerfrei, transparent, manipulationssicher und vertrauenswürdig gespeichert sind. Es wird davon ausgegangen, dass die Vertrauenswürdigkeit der Technologie dafür sorgt, sich mehr mit dieser auseinanderzusetzen, zusätzliches Wissen darüber aufzubauen und sie am Ende häufiger zu verwenden (Chang et al. 2022; Francisco und Swanson 2018).

Einen weiteren zusätzlichen Hauptfaktor stellt **Labelling Trust (LT)** dar. Der Faktor beschreibt, wie sehr die Testpersonen Produktkennzeichnungen auf Lebensmitteln vertrauen. Konsumentinnen und Konsumenten sind aktuell aufgrund der Anzahl der Produktkennzeichnungen und Qualitätssiegel überfordert (SGS Germany GmbH 2014). Auch bekannte Kennzeichnungen von unabhängigen Dritten werden nicht immer als vertrauenswürdig wahrgenommen (Kiy et al. 2015). Es wird daher die Hypothese aufgestellt, dass geringes Vertrauen in bestehende Produktkennzeichnungen die Akzeptanz gegenüber neuen Lösungen erhöht.

Aus dem ursprünglichen Modell wird der Faktor SI entfernt (Venkatesh et al. 2003). Aus einer systematischen Literaturanalyse von Alazab et al. geht die Erkenntnis hervor, dass soziale Einflüsse die Akzeptanz von Blockchain-Technologien in keiner Weise beeinflussen (Alazab et al. 2021). Der Modifikator VOL wurde entfernt (Venkatesh et al. 2003). Dieser kommt im vorgestellten System nicht zum Tragen, da Konsumentinnen und Konsumenten nicht gezwungen sind, die neue Technologie zu verwenden. Freiwilligkeit ist also ausnahmslos bei jeder Verwendung gegeben. Ebenso wird die EXP bei der Bedienung des Systems entfernt, da es sich um ein neu einzuführendes System handelt und keine vergleichbaren Systeme existieren (Venkatesh et al. 2003). Die Testpersonen können somit keinerlei Vorerfahrung sammeln. Hinzugefügt wird stattdessen der **Bildungsgrad (EDU)** als neuer Modifikator.

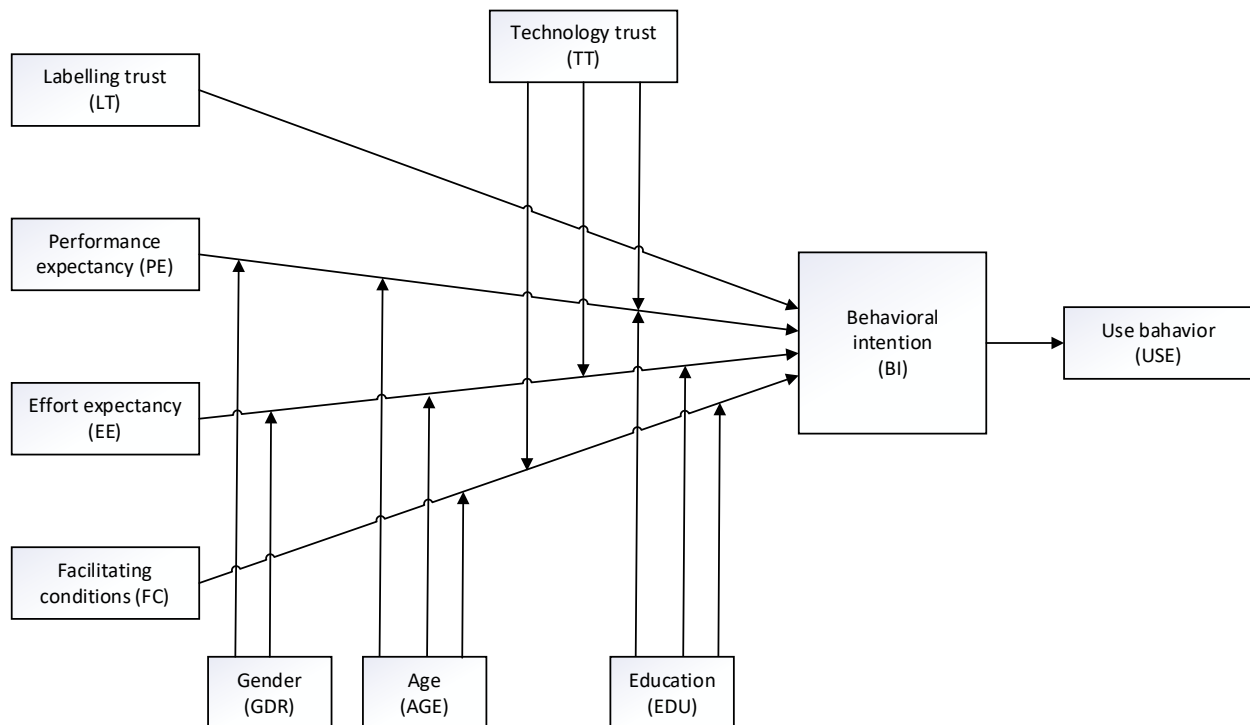


Abbildung 15: Vorgeschlagenes Modell zur Akzeptanz von Blockchain-Lösungen im Lebensmittelsektor, eigene Darstellung

### 5.3 Hypothesen

Abgeleitet aus den sechs Hauptfaktoren des in Abschnitt 5.2 vorgestellten Modells, ergeben sich die nachfolgenden Hypothesen und Gegenhypothesen, die im Rahmen dieser Arbeit überprüft werden.

#### Technology Trust (TT):

H1-A: Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, haben eine gesteigerte Leistungserwartung an das System.

H0: Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, haben keine gesteigerte Leistungserwartung an das System.

H1-B: Die Aufwandserwartung von Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, wird positiv beeinflusst.

H0: Die Aufwandserwartung von Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, wird nicht positiv beeinflusst.

H1-C: Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, erfüllen die technischen Grundvoraussetzungen zur Benutzung des Systems besser.

H0: Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, erfüllen die technischen Grundvoraussetzungen zur Benutzung des System nicht besser.

**Labelling Trust (LT):**

H2: Konsument\*innen, die bereits wenig in bestehende Lebensmittel-Produktkennzeichnungen vertrauen, haben eine gesteigerte Nutzungsabsicht.

H0: Konsument\*innen, die bereits wenig in bestehende Lebensmittel-Produktkennzeichnungen vertrauen, haben keine gesteigerte Nutzungsabsicht.

**Performance Expectancy (PE):**

H3: Konsument\*innen mit gesteigerter Erwartungshaltung haben eine höhere Nutzungsabsicht, ein System zur Prüfung der Lebensmittelherkunft basierend auf der Blockchain zu verwenden.

H0: Konsument\*innen mit gesteigerter Erwartungshaltung weisen keine höhere Nutzungsabsicht auf, ein System zur Prüfung der Lebensmittelherkunft basierend auf der Blockchain zu verwenden.

**Effort Expectancy (EE):**

H4: Konsument\*innen, die den Aufwand, ein System zur Prüfung der Lebensmittelherkunft auf Basis der Blockchain zu verwenden, als gering wahrnehmen, haben eine gesteigerte Nutzungsabsicht.

H0: Konsument\*innen, die den Aufwand, ein System zur Prüfung der Lebensmittelherkunft auf Basis der Blockchain zu verwenden, als gering wahrnehmen, haben keine gesteigerte Nutzungsabsicht.

**Facilitating Conditions (FC):**

H5: Konsument\*innen, die entsprechendes Vorwissen haben und die technischen Voraussetzungen zur Nutzung von Blockchain-Technologien erfüllen, haben eine gesteigerte Nutzungsabsicht.

H0: Konsument\*innen, die entsprechendes Vorwissen haben und die technischen Voraussetzungen zur Nutzung von Blockchain-Technologien erfüllen, haben keine gesteigerte Nutzungsabsicht.

**Geschlecht (GDR):**

H6-A: Das Geschlecht der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Leistungserwartung.

H0: Das Geschlecht der Konsument\*innen hat keinen Einfluss auf die Leistungserwartung.

H6-B: Das Geschlecht der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Aufwandserwartung.

H0: Das Geschlecht der Konsument\*innen hat keinen Einfluss auf die Aufwandserwartung.

**Alter (AGE):**

H7-A: Das Alter der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Leistungserwartung.

H0: Das Alter der Konsument\*innen hat keinen Einfluss auf die Leistungserwartung.

H7-B: Das Alter der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Aufwandserwartung.

H0: Das Alter der Konsument\*innen hat keinen Einfluss auf die Aufwandserwartung.

H7-C: Das Alter der Konsument\*innen beeinflusst die technischen Grundvoraussetzungen.

H0: Das Alter der Konsument\*innen beeinflusst die technischen Grundvoraussetzungen nicht.

**Bildungsgrad (EDU):**

H8-A: Der Bildungsgrad der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Leistungserwartung.

H0: Der Bildungsgrad der Konsument\*innen hat keinen Einfluss auf die Leistungserwartung.

H8-B: Der Bildungsgrad der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Aufwandserwartung.

H0: Der Bildungsgrad der Konsument\*innen hat keinen Einfluss auf die Aufwandserwartung.

H8-C: Der Bildungsgrad der Konsument\*innen beeinflusst die technischen Grundvoraussetzungen.

H0: Der Bildungsgrad der Konsument\*innen beeinflusst die technischen Grundvoraussetzungen nicht.

## **5.4 Zusammenfassung**

In diesem Kapitel wurde die verhaltensorientierte Forschungsmethode beschrieben. Abgeleitet aus den theoretischen Grundlagen, wurden ein Forschungsdesign sowie ein geeignetes Akzeptanzmodell entworfen. Aus dem Akzeptanzmodell wurden Hypothesen abgeleitet, die die Grundlage für die weitere Forschung in diese Arbeit darstellen.

## 6 DATENERHEBUNG

In diesem Kapitel wird die Ausarbeitung des Fragebogens für die in dieser Forschungsarbeit durchgeführte Umfrage dargelegt. Nach der Beschreibung des Vorgehens zur Durchführung der Befragung folgen die statistischen Auswertungen, die die Basis der späteren Prüfung der Forschungshypothesen darstellen.

### 6.1 Ausarbeitung des Fragebogens

Auf Basis des in Abschnitt 5.2 aufgestellten Modells und der darin beschriebenen Hypothesen wurde der nachfolgende Fragebogen zur Datenerhebung erstellt. Zum besseren Verständnis des vorgeschlagenen Systems wurde das System zu Beginn des Fragebogens vorgestellt. Die Einleitung und die Fragen werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

#### 6.1.1 Einleitung des Fragebogens

Zu Beginn des Fragebogens wird ein fiktives System vorgestellt, das dazu verwendet werden kann, die Fertigungsschritte eines Lebensmittels selbst zu überprüfen. Die Vorstellung ist im folgenden Abschnitt beschrieben und vollständig dem erstellten Fragebogen entnommen:

*„Die Forschungsarbeit beschäftigt sich mit dem Einsatz von Blockchain-Technologien in Logistik und Lebensmittelproduktion. Betrachtet wird dabei ein fiktives System, bei dem Produzentinnen und Produzenten von Lebensmitteln jeden Schritt der Lebensmittelproduktion in einer öffentlichen Blockchain speichern:*

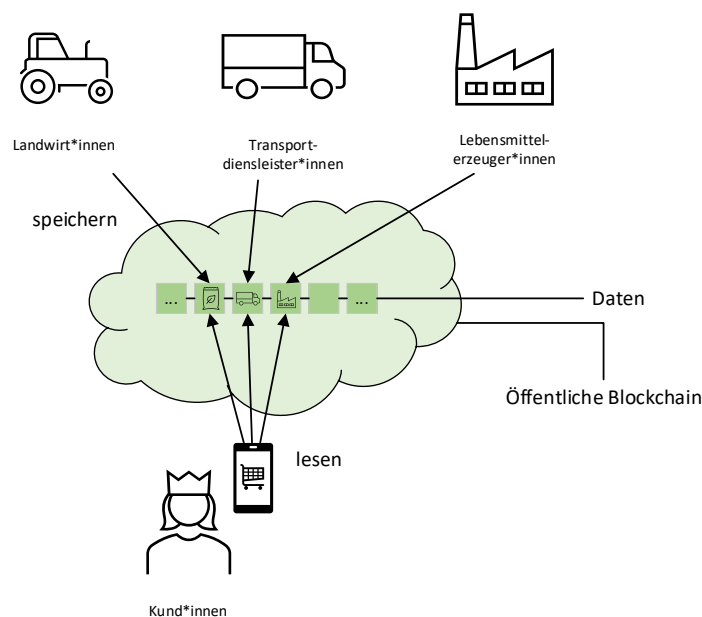


Abbildung 16: Vorstellung des Systems im Fragebogen, eigene Darstellung



Die fertigen Lebensmittel werden mit einer Möglichkeit ausgestattet, sie eindeutig zu identifizieren, beispielsweise durch einen eindeutigen Barcode je Produktionscharge.

Für Konsumentinnen und Konsumenten steht eine Software zur Verfügung, mit der dieser Barcode gescannt werden kann.

Die Software zeigt daraufhin den kompletten Herstellungsprozess des individuellen Produkts. Dadurch kann Einsicht in den Herkunftsort der Zutaten, den Ort der Verarbeitung oder in die Handelspreise der Rohzutaten genommen werden.

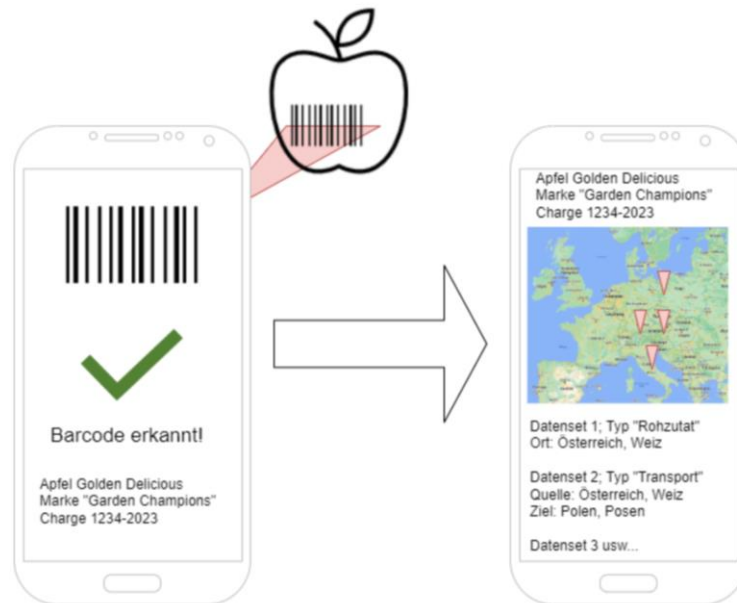


Abbildung 17: Beispielablauf der Nutzung im Fragebogen, eigene Darstellung

Die Speicherung der Daten in einer öffentlichen Blockchain erfolgt durch Dritte, die am Verkauf des Produkts selbst nicht beteiligt sind.“

## 6.1.2 Umfrage

Der Fragebogen teilt sich in inhaltliche und demografische Fragen. Die inhaltlichen Fragen stützen sich dabei auf bestehende Studien zum Thema Blockchain-Implementierungen und Konsumentenvertrauen, die für diese Arbeit adaptiert wurden. Jede der inhaltlichen Fragen kann dabei mit einer Fünf-Punkte-Likert-Skala, wie von Venkatesh et al. vorgeschlagen, bewertet werden (Venkatesh et al. 2003).

Tabelle 4 - Inhaltliche Fragen des Fragebogens

ID	Frage	Theoretische Grundlage / Anmerkung
BI1	Ich würde eine Blockchain-basierte Anwendung benutzen, um Herkunft und Produktionsschritte meiner Lebensmittel selbst zu prüfen.	Arias-Oliva et al. (2019) Venkatesh et al. (2003)

BI2	Ich würde mich weiterbilden, um Herkunft und Produktionsschritte meiner Lebensmittel in der Blockchain selbst prüfen zu können.	Arias-Oliva et al. (2019) Venkatesh et al. (2003)
USE1	Ich plane bereits, eine Blockchain-basierte Anwendung zu benutzen, um Herkunft und Produktionsschritte meiner Lebensmittel selbst zu prüfen.	Arias-Oliva et al. (2019) Venkatesh et al. (2003)
USE2	Ich nutze bereits eine Blockchain-basierte Anwendung, um Herkunft und Produktionsschritte meiner Lebensmittel selbst zu prüfen.	Arias-Oliva et al. (2019) Venkatesh et al. (2003)
TT1	Blockchain-Technologie ist vertrauenswürdig.	Chang et al. (2022) Jena (2022)
TT2	Daten in einer Blockchain sind fehlerfrei.	Chang et al. (2022)
TT3	Daten in einer Blockchain sind sicher gespeichert.	Chang et al. (2022) Jena (2022)
TT4	Daten in einer Blockchain sind transparent gespeichert.	Chang et al. (2022)
FC1	Ich weiß über die Funktionsweise von Blockchain-Technologien Bescheid.	Chang et al. (2022) Jena (2022)
FC2	Ich weiß über die Vorteile der Blockchain-Technologie zur Nachverfolgung von Lebensmitteln Bescheid.	Chang et al. (2022) Jena (2022)
FC3	Ich verfüge über die technische Ausrüstung, Blockchain-Technologien zu verwenden (bspw. Smartphone).	Arias-Oliva et al. (2019)
FC4	Ich weiß, wo ich mich über Blockchain-Technologien informieren kann.	Jena (2022)
LT1	Ich vertraue Produktkennzeichnungen von unabhängigen Organisationen.	Kiy et al. (2015)
LT2	Ich vertraue freiwilligen Herstellerangaben auf Lebensmittelverpackungen.	Kiy et al. (2015)
LT3	Ich vertraue den Herstellerangaben zur Herkunft der Inhaltsstoffe von Lebensmitteln.	Kiy et al. (2015)
LT4	Die Herkunft der Inhaltsstoffe von Lebensmitteln ist ausreichend beschrieben.	Kiy et al. (2015)

EE1	Es wird einfach sein, die Herkunft meiner Lebensmittel auf der Blockchain nachzuvollziehen.	Arias-Oliva et al. (2019)
EE2	Es wird einfach sein, einzelne Produktionsschritte meiner Lebensmittel auf der Blockchain nachzuvollziehen.	Arias-Oliva et al. (2019)
EE3	Ich würde ein Smartphone verwenden, um Herkunft und Produktionsschritte meiner Lebensmittel selbst zu ermitteln.	Chang et al. (2022)
PE1	Blockchain. Technologie steigert mein Vertrauen in die Herkunft der Lebensmittel.	Tran und Nguyen (2021)
PE2	Blockchain-Technologie erhöht die Transparenz der Lebensmittelerzeugung.	Tran und Nguyen (2021)
PE3	Ich würde Lebensmittel mit nachverfolgbaren Produktionsschritten gegenüber anderen Lebensmitteln bevorzugen.	Chang et al. (2022)

Quelle: Eigene Darstellung

Um zusätzliche Daten zu generieren, wurden die inhaltlichen Fragen durch die folgenden demografischen Fragen ergänzt. Die Antwortmöglichkeiten wurden ebenfalls mit angeführt:

Tabelle 5 - Demografische Fragen des Fragebogens

ID	Frage	Antwortmöglichkeiten
LOC1	Haben Sie Ihren Hauptwohnsitz in Österreich?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ja</li> <li>- Nein</li> </ul>
AGE1	Welcher Altersgruppe gehören Sie an?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- unter 18 Jahre</li> <li>- 18 bis 24</li> <li>- 25 bis 34</li> <li>- 35 bis 50</li> <li>- über 50</li> <li>- keine Angabe</li> </ul>
GDR1	Welchem Geschlecht fühlen Sie sich zugehörig?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- weiblich</li> <li>- männlich</li> <li>- divers</li> <li>- keine Angabe</li> </ul>
EDU1	Welchen Bildungsgrad haben Sie?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pflichtschulabschluss</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lehrabschluss</li> <li>- AHS/BHS Matura</li> <li>- Hochschulabschluss</li> <li>- keine Angabe</li> </ul>
SHP1	Welche der folgenden Orte nutzen Sie regelmäßig für Ihren Lebensmitteleinkauf?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biomarkt (z. B. Denn's)</li> <li>- Bauernmarkt oder Ab-Hof-Verkauf</li> <li>- Supermarkt (z. B. Spar, Billa)</li> <li>- Diskonter (z. B. Hofer, Lidl)</li> </ul>

Quelle: Eigene Darstellung

## 6.2 Durchführung der Befragung

Der in Abschnitt 6.1 vorgestellte Fragebogen wurde in das Online-Tool Google Forms übernommen. Die Versendung des Fragebogens wurde im ersten Schritt ausschließlich online durchgeführt. Dazu wurde der Fragebogen unter Studierenden der FH Campus 02 und auf diversen Social-Media-Plattformen im Umkreis des Autors verteilt. Dadurch kam eine Überrepräsentation von Personen mit Hochschulabschluss zustande. Um eine repräsentative Stichprobe zu erhalten, wurden daher zusätzlich Offline-Befragungen vor unterschiedlichen Lebensmittelmärkten durchgeführt. Die Ergebnisse der Online- und Offline-Befragungen werden im weiteren Verlauf nicht getrennt voneinander behandelt, sondern als eine einheitliche Stichprobe behandelt.

## 6.3 Stichprobenanalyse

An der Umfrage haben 120 Personen teilgenommen. Auf Basis der demografischen Daten soll zunächst geprüft werden, wie gut die befragten Personen die österreichische Gesellschaft repräsentieren. Als Datengrundlage werden Informationen von Statistik Austria zu Alter, Geschlecht (Statistik Austria 2022a) und Bildungsgrad (Statistik Austria 2022b) herangezogen. Differenzen in der Summe der Anteile sind auf Rundungen zurückzuführen.

Im Hinblick auf die Geschlechterverteilung besteht nur eine geringe Überrepräsentation von Frauen in der Stichprobe. Ein Einfluss auf das Gesamtmodell wird dadurch nicht erwartet:

Tabelle 6 - Gegenüberstellung Geschlechterverteilung Statistik Austria vs. Stichprobe

Geschlecht	Statistik Austria	Stichprobe
Weiblich	50,7 %	51,7 %
Männlich	49,3 %	47,5 %
Keine Angabe	-	0,8 %

Quelle: Eigene Darstellung und Statistik Austria (2022a)

Aus dem Vergleich des Bildungsgrads der Teilnehmenden mit den Angaben in der Statistik zur österreichischen Gesamtbevölkerung geht hervor, dass Personen mit Hochschulabschluss in der Stichprobe überrepräsentiert sind. Als mögliche Ursache kann die Durchführung der Umfrage im universitätsnahen Umfeld betrachtet werden.

Tabelle 7 - Gegenüberstellung Bildungsgrad Statistik Austria vs. Stichprobe

Bildungsgrad	Anmerkung	Statistik Austria	Stichprobe
Pflichtschule	Inklusive Personen ohne Pflichtschulabschluss	17,5 %	13,3 %
Lehrabschluss	-	33,0 %	28,3 %
AHS/BHS	Bei Statistik Austria getrennte Wertangaben zusammengefasst	30,4 %	25,0 %
Hochschule	Bei Statistik Austria getrennte Wertangaben zusammengefasst	19,1 %	32,5 %
Keine Angabe	-	-	0,1 %

Quelle: Eigene Darstellung und Statistik Austria (2022b)

Personen unter 18 Jahren haben laut Angabe von Statistik Austria einen Anteil von 18,3 % an der Gesamtbevölkerung (Statistik Austria 2022a). Die Studie wurde ausschließlich mit volljährigen Personen durchgeführt. Die bereinigte Bevölkerungsverteilung ist in der Spalte ‚Statistik Austria\*‘ angegeben. Verglichen mit der erhobenen Stichprobe, sind die Personengruppen ‚19–24 Jahre‘, sowie ‚25–24 Jahre‘ stark überrepräsentiert. Auch hier ist die Durchführung der Studie in universitätsnahem Umfeld eine mögliche Ursache. Da das Alter der befragten Personen bereits als Modifikator im vorgeschlagenen Modell enthalten ist, wird der Einfluss auf die erhobenen Faktoren im weiteren Verlauf der Arbeit analysiert und bewertet:

Tabelle 8 - Gegenüberstellung Altersverteilung Statistik Austria vs. Stichprobe

Altersgruppe	Statistik Austria	Statistik Austria*	Stichprobe
< 18	18,3 %	-	-
19–24	6,5 %	7,9 %	14,2 %
25–34	13,4 %	16,5 %	27,5 %
35–50	21,3 %	26,1 %	19,3 %
> 50	40,3 %	49,4 %	39,2 %

Quelle: Eigene Darstellung und Statistik Austria (2022a)

Lediglich eine Person ohne Hauptwohnsitz in Österreich hat an der Umfrage teilgenommen. Durch den Aufbau des Fragebogens wurden dazu keine weiteren Fragen gestellt und die Person wurde von der weiteren Datenauswertung ausgenommen.

Insgesamt konnten damit Abweichungen in Bezug auf Bildungsstand und Altersverteilung zur österreichischen Gesamtbevölkerung ermittelt werden. Im weiteren Verlauf der Arbeit ist daher darauf zu achten, diese Überrepräsentation in der Interpretation der Gesamtergebnisse zu berücksichtigen.

## 6.4 Analyse mittels deskriptiver Statistik

Für eine erste Analyse der erhobenen Daten werden Methoden der deskriptiven Statistik angewandt und die Ergebnisse einer ersten Interpretation unterzogen. Für jedes Untersuchungsobjekt werden die Ergebnisse in grafischer Form präsentiert sowie relevante Kenngrößen beschrieben.

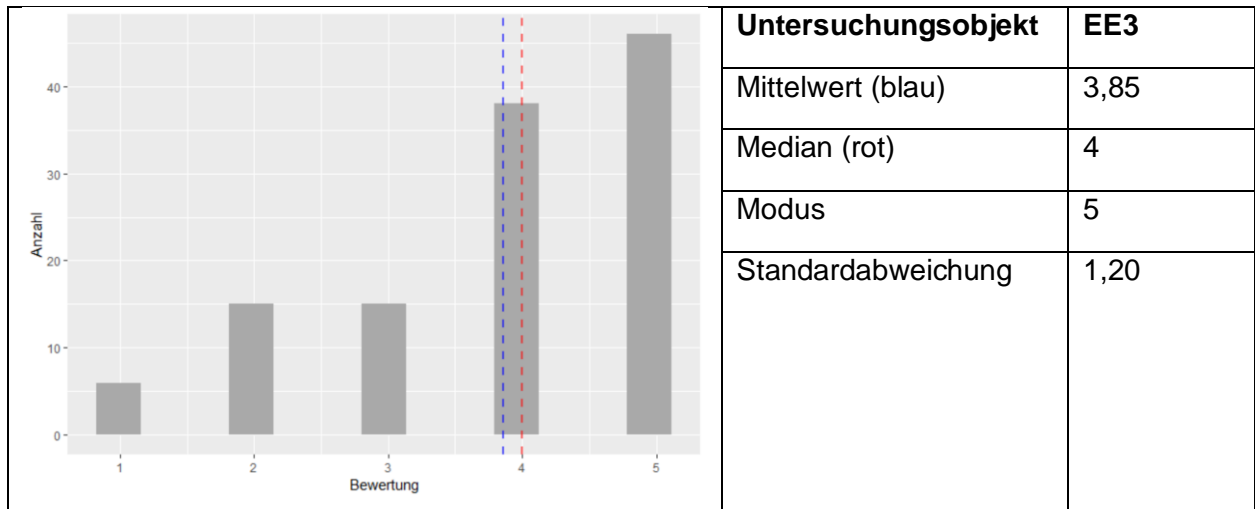
In der folgenden Tabelle werden die Kenngrößen des Faktors EE beschrieben:

Tabelle 9 - Deskriptive Analyse des Faktors EE – Teil 1

<p>The bar chart for EE1 shows the frequency of ratings from 1 to 5. The y-axis is labeled 'Anzahl' and ranges from 0 to 50. The x-axis is labeled 'Bewertung' and ranges from 1 to 5. The bars represent the following frequencies: 1: 1, 2: 14, 3: 26, 4: 52, 5: 27. A blue dashed vertical line indicates the mean at 3.75, and a red dashed vertical line indicates the median at 4.</p>	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>EE1</b>
	Mittelwert (blau)	3,75
	Median (rot)	4
	Modus	4
	Standardabweichung	0,96
<p>The bar chart for EE2 shows the frequency of ratings from 1 to 5. The y-axis is labeled 'Anzahl' and ranges from 0 to 40. The x-axis is labeled 'Bewertung' and ranges from 1 to 5. The bars represent the following frequencies: 1: 3, 2: 14, 3: 34, 4: 45, 5: 24. A blue dashed vertical line indicates the mean at 3.61, and a red dashed vertical line indicates the median at 4.</p>	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>EE2</b>
	Mittelwert (blau)	3,61
	Median (rot)	4
	Modus	4
	Standardabweichung	1,01

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 10 - Deskriptive Analyse des Faktors EE – Teil 2



Quelle: Eigene Darstellung

Die befragten Personen erwarten, dass das vorgestellte System eher einfach zu bedienen sein wird. Die meisten Personen würden ein Smartphone verwenden, um das System anzuwenden (EE3).



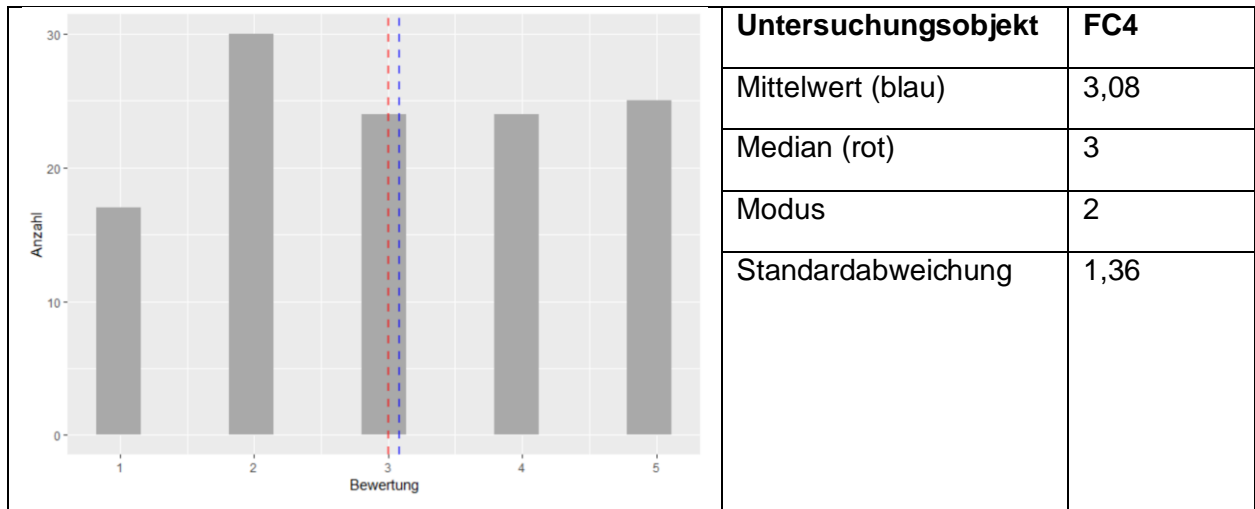
Die folgende Tabelle zeigt die Kenngrößen des Faktors FC:

Tabelle 11 - Deskriptive Analyse des Faktors FC – Teil 1

	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>FC1</b>
	Mittelwert (blau)	2,72
	Median (rot)	2
	Modus	2
	Standardabweichung	1,21
	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>FC2</b>
	Mittelwert (blau)	3
	Median (rot)	3
	Modus	3
	Standardabweichung	1,22
	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>FC3</b>
	Mittelwert (blau)	4,45
	Median (rot)	4
	Modus	5
	Standardabweichung	0,98

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 12 - Deskriptive Analyse des Faktors FC – Teil 2

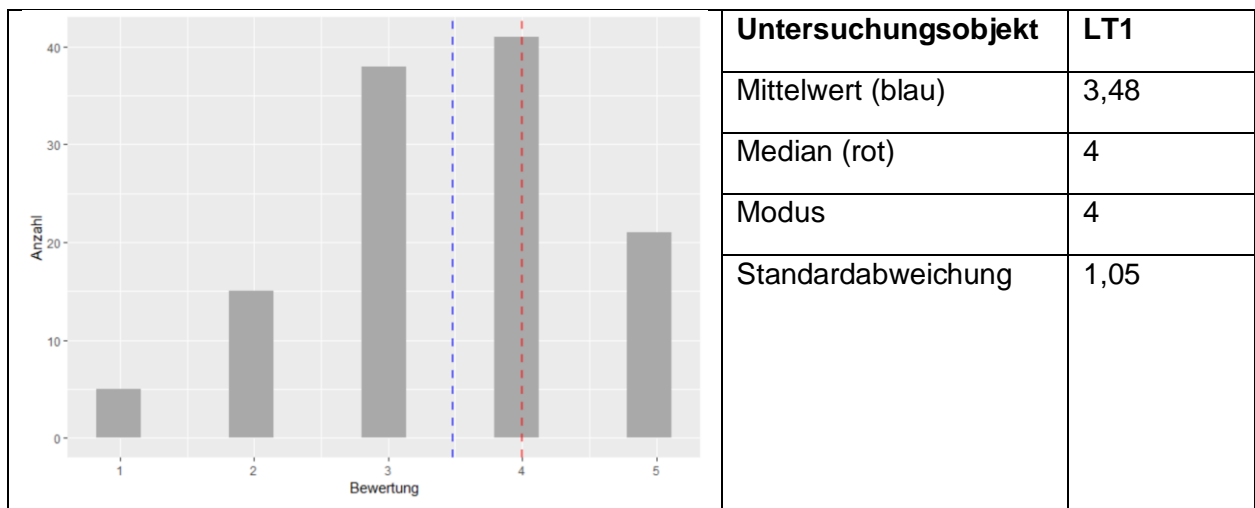


Quelle: Eigene Darstellung

Die erhobenen Vorbedingungen der Stichprobe lassen keinen eindeutigen Schluss zu. Die technischen Voraussetzungen für den Betrieb des neuen Systems (FC3) sind klar erfüllt. Vorwissen zur Blockchain-Technologie (FC2) ist im Vergleich mit den anderen Faktoren weniger stark ausgeprägt. Das Wissen über Informationsquellen (FC4) ist annähernd gleichverteilt. Eine weitere Erklärung zur Verteilung soll im Rahmen der folgenden Pfadanalyse gegeben werden. Zu prüfen ist außerdem, ob FC3 ausreichend mit den anderen Werten innerhalb dieser Kategorie korreliert, um gemeinsam mit diesen bewertet zu werden.

In der folgenden Tabelle werden die Kenngrößen des Faktors LT beschrieben:

Tabelle 13 - Deskriptive Analyse des Faktors LT – Teil 1



Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 14 - Deskriptive Analyse des Faktors LT – Teil 2

	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>LT2</b>
	Mittelwert (blau)	2,52
	Median (rot)	2
	Modus	2
	Standardabweichung	1,02
	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>LT3</b>
	Mittelwert (blau)	3,1
	Median (rot)	3
	Modus	4
	Standardabweichung	0,94
	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>LT4</b>
	Mittelwert (blau)	2,25
	Median (rot)	2
	Modus	2
	Standardabweichung	0,99

Quelle: Eigene Darstellung

Das Vertrauen in unabhängige Organisationen wurde insgesamt eher positiv bewertet (LT1). Die Gesetzeslage (LT4) sowie freiwillige Produktkennzeichnungen (LT3) wurden im Gegensatz dazu eher negativ bewertet. Auch hier ist im Zuge der Pfadanalyse zu ermitteln, ob die Werte innerhalb der Kategorie ausreichend miteinander korrelieren, um sie gemeinsam zu bewerten.

Die folgende Tabelle zeigt die Kenngrößen des Faktors PE:

Tabelle 15 - Deskriptive Analyse des Faktors PE

<p>Bar chart for PE1: The y-axis is 'Anzahl' (0-40) and the x-axis is 'Bewertung' (1-5). Bars are at (1,10), (2,10), (3,45), (4,38), (5,17). A red dashed line is at 3, and a blue dashed line is at 3.35.</p>	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>PE1</b>
	Mittelwert (blau)	3,35
	Median (rot)	3
	Modus	3
	Standardabweichung	1,08
<p>Bar chart for PE2: The y-axis is 'Anzahl' (0-40) and the x-axis is 'Bewertung' (1-5). Bars are at (1,3), (2,10), (3,25), (4,45), (5,37). A red dashed line is at 4, and a blue dashed line is at 3.85.</p>	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>PE2</b>
	Mittelwert (blau)	3,85
	Median (rot)	4
	Modus	4
	Standardabweichung	1,03
<p>Bar chart for PE3: The y-axis is 'Anzahl' (0-40) and the x-axis is 'Bewertung' (1-5). Bars are at (1,4), (2,21), (3,16), (4,36), (5,43). A red dashed line is at 4, and a blue dashed line is at 3.78.</p>	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>PE3</b>
	Mittelwert (blau)	3,78
	Median (rot)	4
	Modus	5
	Standardabweichung	1,21

Quelle: Eigene Darstellung

Die Analyse der Leistungserwartung zeigt, dass die befragten Personen eine positive Leistungserwartung haben. Produkte mit nachverfolgbarer Herkunft werden gegenüber anderen Produkten stark bevorzugt (PE3).

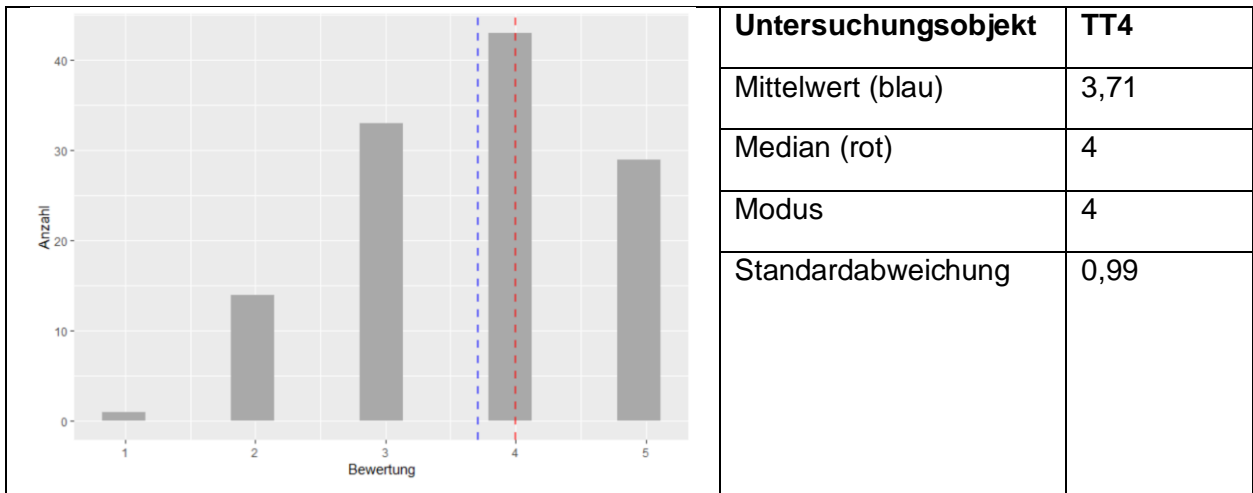
In der folgenden Tabelle werden die Kenngrößen des Faktors TT beschrieben:

Tabelle 16 - Deskriptive Analyse des Faktors TT – Teil 1

	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>TT1</b>
	Mittelwert (blau)	3,42
	Median (rot)	3
	Modus	4
	Standardabweichung	1,01
	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>TT2</b>
	Mittelwert (blau)	2,84
	Median (rot)	3
	Modus	3
	Standardabweichung	0,88
	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>TT3</b>
	Mittelwert (blau)	3,62
	Median (rot)	4
	Modus	4
	Standardabweichung	1,01

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 17 - Deskriptive Analyse des Faktors TT – Teil 2

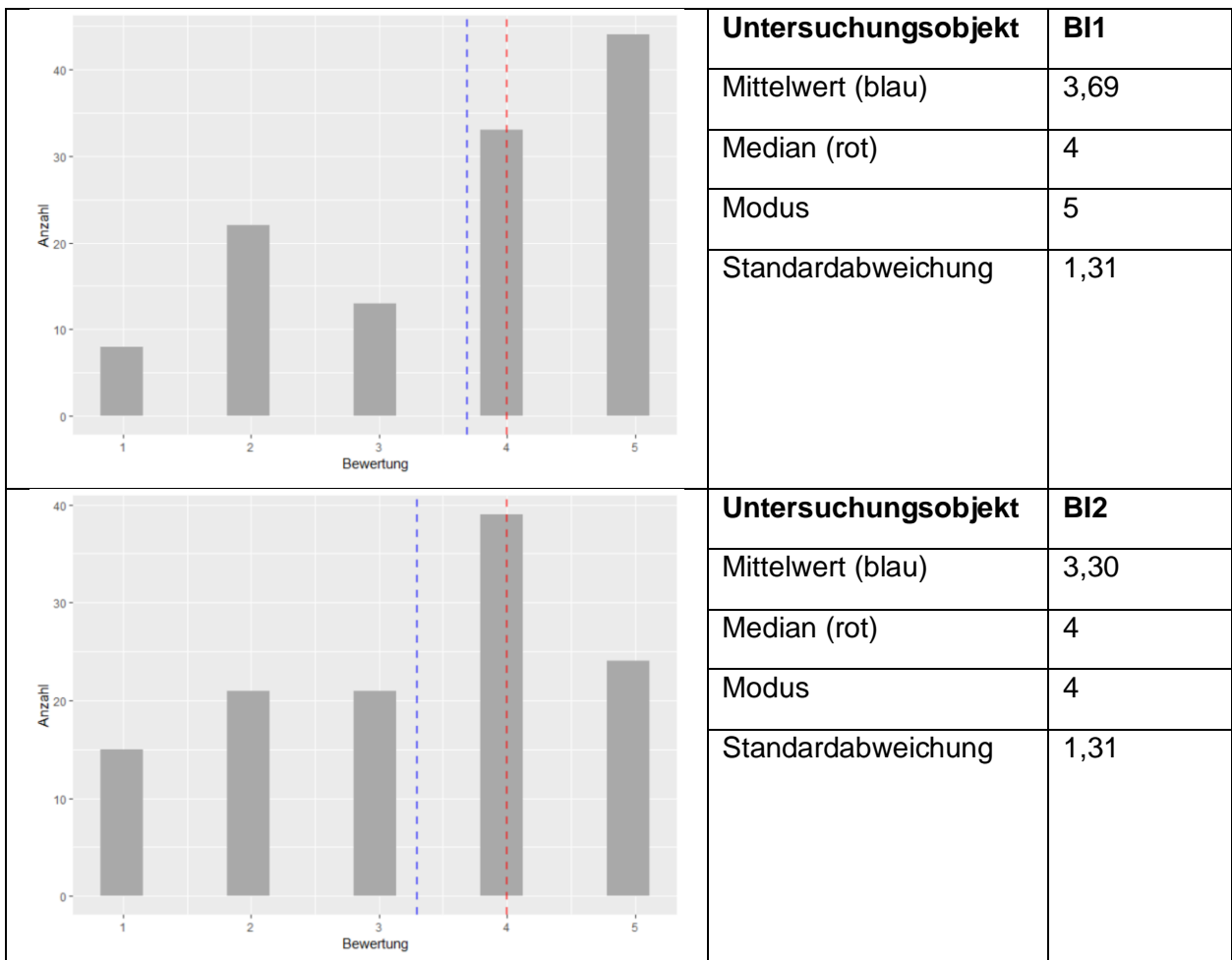


Quelle: Eigene Darstellung

Das Vertrauen in Blockchain-Technologie wurde eher neutral bewertet. Die Ergebnisse aus der Pfadanalyse sind nötig, um weitere Schlüsse ziehen zu können.

Die folgende Tabelle zeigt die Kenngrößen des Faktors BI:

Tabelle 18 - Deskriptive Analyse des Faktors BI

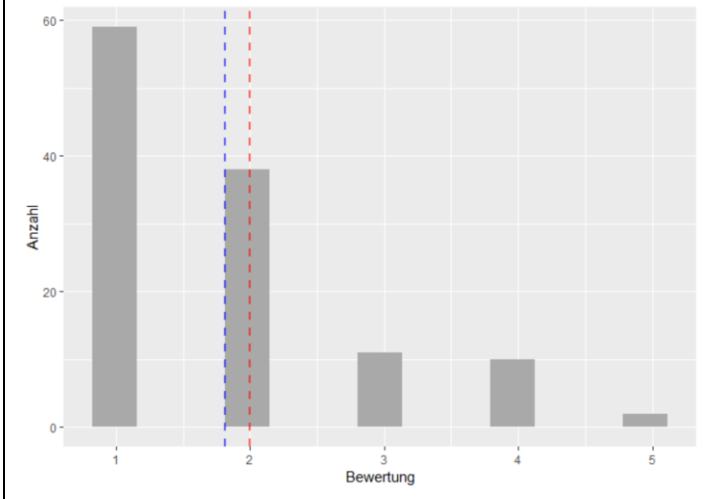
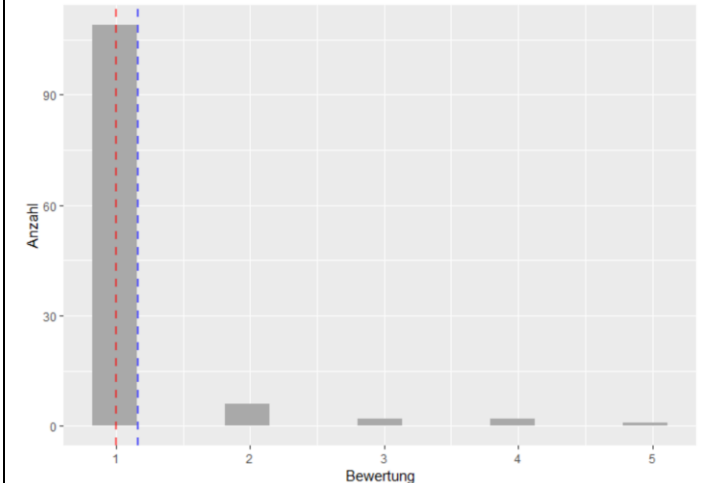


Quelle: Eigene Darstellung

Die Ergebnisse im Hinblick auf die generelle Nutzungsabsicht (BI) sind breit gestreut. Die Mehrzahl der Antworten zeigt jedoch eine sehr starke beziehungsweise starke Nutzungsabsicht.

Die folgende Tabelle zeigt die Kenngrößen des Faktors USE:

Tabelle 19 - Deskriptive Analyse des Faktors USE

	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>USE1</b>
	Mittelwert (blau)	1,81
	Median (rot)	2
	Modus	1
	Standardabweichung	1,02
	<b>Untersuchungsobjekt</b>	<b>USE2</b>
	Mittelwert (blau)	1,17
	Median (rot)	1
	Modus	1
	Standardabweichung	0,61

Quelle: Eigene Darstellung

Eine aktuelle Nutzung (USE) beziehungsweise die Absicht einer Nutzung des vorgestellten Systems ist nicht gegeben. Speziell Letzteres ist durch das Fehlen entsprechender Systeme zu begründen.

## 6.5 Analyse mittels Pfadmodellierung

Zur weiteren Analyse der Daten wird eine Pfadanalyse mittels Partial Least Squares Modelling (PLS) durchgeführt. Die Technik wurde bereits in den 1960er-Jahren von Herman Wold beschrieben (Wold 1966).

Es gibt zwei unterschiedliche Weiterentwicklungen des ursprünglichen Konzepts. PLS-R wendet PLS in Regressionsmodellen an und verfolgt dabei das Ziel, Vorhersagen der Zielwerte für einen gegebenen Input zu liefern. PLS-PM vereint PLS-R mit dem Formulieren von Strukturgleichungen

und versucht, mittels Pfadmodellierung durch die latenten Variablen, auch bezeichnet als Faktoren oder Komponenten, eine oder mehrere Zielvariablen eines komplexen Gesamtsystems zu erklären. Hauptanwendungsgebiete von PLS-PM sind Ökonomie und Sozialwissenschaften (Esposito Vinzi et al. 2010).

Die Auswertung in den folgenden Abschnitten erfolgt mithilfe der Software RStudio, in Verbindung mit dem öffentlichen Paket ‚plspm‘. Modellierung, Verifizierung und Auswertung des Pfadmodells wurden anhand des Leitfadens zur Verwendung des Pakets von Gaston Sanchez durchgeführt (Sanchez 2013).

### 6.5.1 Modellierung

Im ersten Schritt muss das in Abschnitt 5.2 vorgestellte Modell in eine geeignete Strukturgleichung übersetzt werden, um es auswerten zu können. Die Modellierung erfolgt dabei in zwei Schritten. Zuerst wird das sogenannte innere Modell definiert. Hier werden die Beziehungen der einzelnen Konstrukte oder latenten Variablen (LV) zueinander definiert:

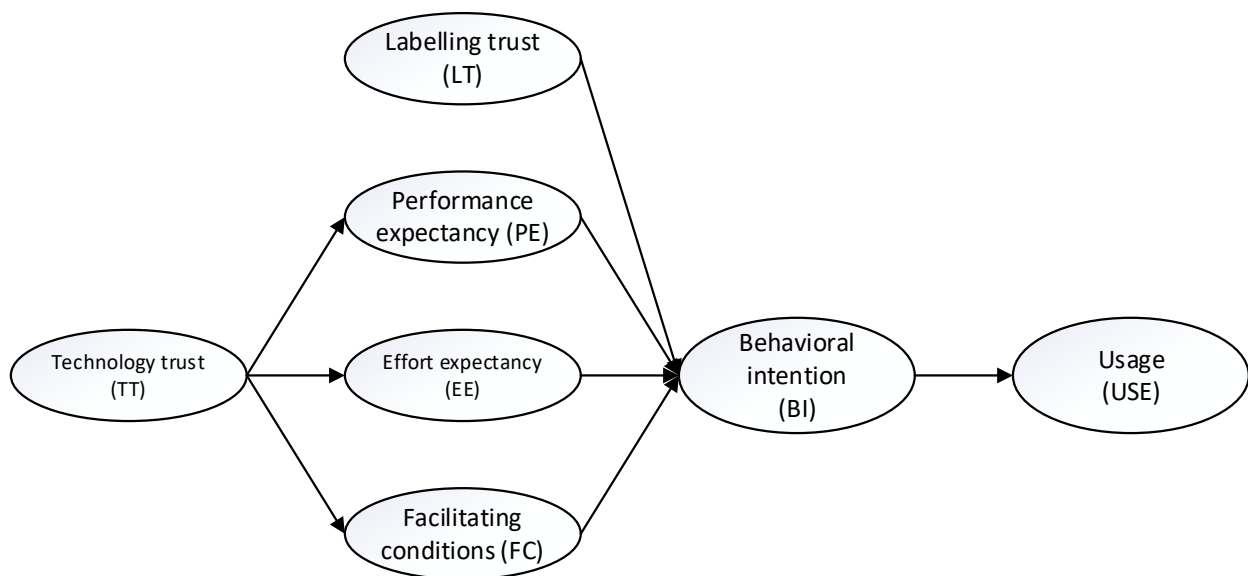


Abbildung 18: Inneres Modell der Strukturgleichung, eigene Darstellung

Im zweiten Schritt werden die Manifest-Variablen (MV), also die einzelnen Messergebnisse, zu den Konstrukten hinzugefügt, um den vollständigen Pfad abzubilden:



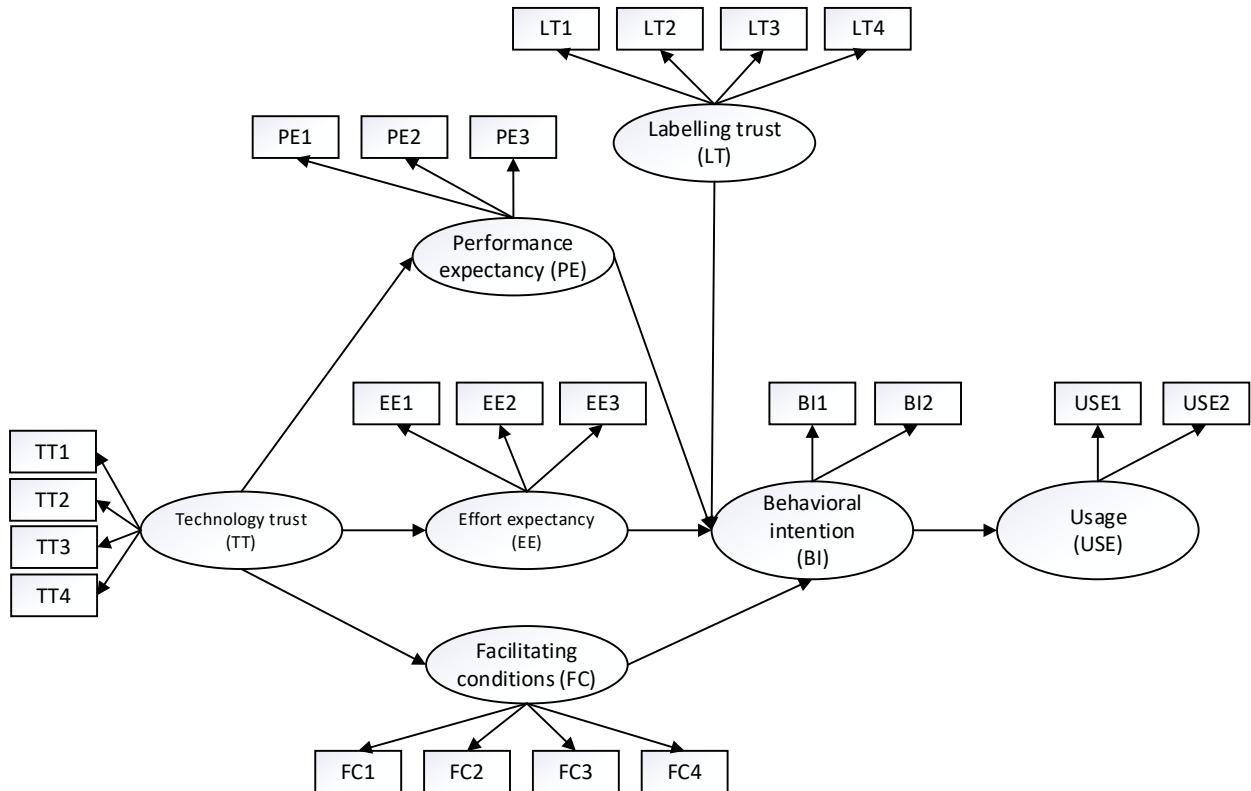


Abbildung 19: Äußeres Modell der Strukturgleichung, eigene Darstellung

Der vollständig abgebildete Pfad stellt die Grundlage für die in den nächsten Abschnitten beschriebene Auswertung dar. Der Einfluss der Faktoren Geschlecht, Alter und Bildungsgrad wird mittels Gruppenvergleichen durchgeführt. Die Faktoren scheinen daher im konstruierten Modell nicht auf.

### 6.5.2 Strukturgleichungsmodell-Analyse

Zur Bewertung der internen Konsistenz des Fragebogens werden Cronbachs Alpha ( $\alpha$  oder  $\rho_T$ ), die kongenerische Reliabilität ( $\rho_C$ ) sowie die durchschnittlich extrahierte Varianz (Average Variance Extracted - AVE) herangezogen. Alpha wurde 1951 durch Lee J. Cronbach definiert und beschreibt, wie stark Werte innerhalb eines Fragebogens miteinander korrelieren. Der Faktor kann einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen, wobei Werte näher an 1 zu bevorzugen sind. Zu beachten ist außerdem, dass invers kodierte Fragen vor Berechnung des Alpha in eine einheitliche Skalenrichtung zu übersetzen sind (Cronbach 1951).

Ab einem Wert von  $\alpha$  größer gleich 0,7 werden Umfragen als akzeptabel angesehen. Umfragen mit Alpha größer gleich 0,8 werden als gut bewertet (Tavakol und Dennick 2011). Werte über 0,95 hingegen können auch als Indiz für redundante Fragen oder ‚overfitting‘ angesehen werden (Streiner 2003).

Die kongenerische Reliabilität wird unter anderem von Netemeyer et al. und Cho genannt. Im Kern wird, wie bei Cronbachs Alpha, beschrieben, wie sehr die einzelnen Messobjekte in einem Konstrukt dieses beschreiben. Im Gegensatz zu Alpha werden jedoch unterschiedliche

Faktorladungen der Konstrukte betrachtet, wodurch korrektere Werte vorhergesagt werden. Die Skala sowie die Akzeptanzgrenzen sind identisch zu Alpha (Cho 2016; Netemeyer et al. 2003).

Die durchschnittlich extrahierte Varianz beschreibt, wie sehr die latenten Variablen die Varianz der dahinterstehenden Manifest-Variablen erklären. Werte größer als 50 % sind für die weitere Auswertung als Ziel zu setzen (Sanchez 2013).

Tabelle 20 - Bewertung der internen Konsistenz der Konstrukte

Konstrukt	$\rho_T$	$\rho_C$	AVE
TT	0,835	0,893	67,9%
LT	0,772	0,855	58,4%
EE	0,867	0,919	79,2%
FC	0,791	0,867	62,7%
PE	0,767	0,866	68,2%
BI	0,857	0,933	87,5%
USE	0,739	0,885	63,7%

Quelle: Eigene Darstellung

Für alle Konstrukte kann somit nach Prüfung von  $\rho_T$ ,  $\rho_C$  und AVE eine ausreichend interne Konsistenz zur weiteren Auswertung der Daten bestätigt werden.

### 6.5.3 Faktorladungen

Faktorladungen in PLS-PM beschreiben Richtung und Stärke des Zusammenhangs zwischen den Manifest-Variablen und den latenten Variablen. Es wird also beschrieben, wie sehr die Werte miteinander korrelieren. Eine positive Ladung beschreibt, dass die latente Variable zunimmt, wenn die Manifest-Variable zunimmt. Je höher die Ladungszahl ist, desto stärker nimmt die latente Variable zu. Bei einer negativen Ladung nimmt die latente Variable mit Zunahme der Manifest-Variable ab. Stellt man sich die Gleichung einer Regressionsgeraden vor, wäre die Ladung also die Steigung der Gerade (Sanchez 2013). Es existieren unterschiedliche Grenzwerte in Bezug auf die Akzeptanz von Faktorladungen. Eine Faktorladung von 0,4 kann als ausreichend betrachtet werden (Homburg und Giering 1998). Zu bevorzugen sind jedoch Faktorladungen ab 0,7 (Hair et al. 2019).

Die Ladungen der einzelnen Untersuchungsobjekte werden im nachfolgenden Abschnitt ausgewertet und interpretiert. Als erstes folgt die grafische Darstellung der Ladungen. Diese werden dabei in Beziehung zu den Akzeptanzgrenzen von 0,4 und 0,7 gestellt:

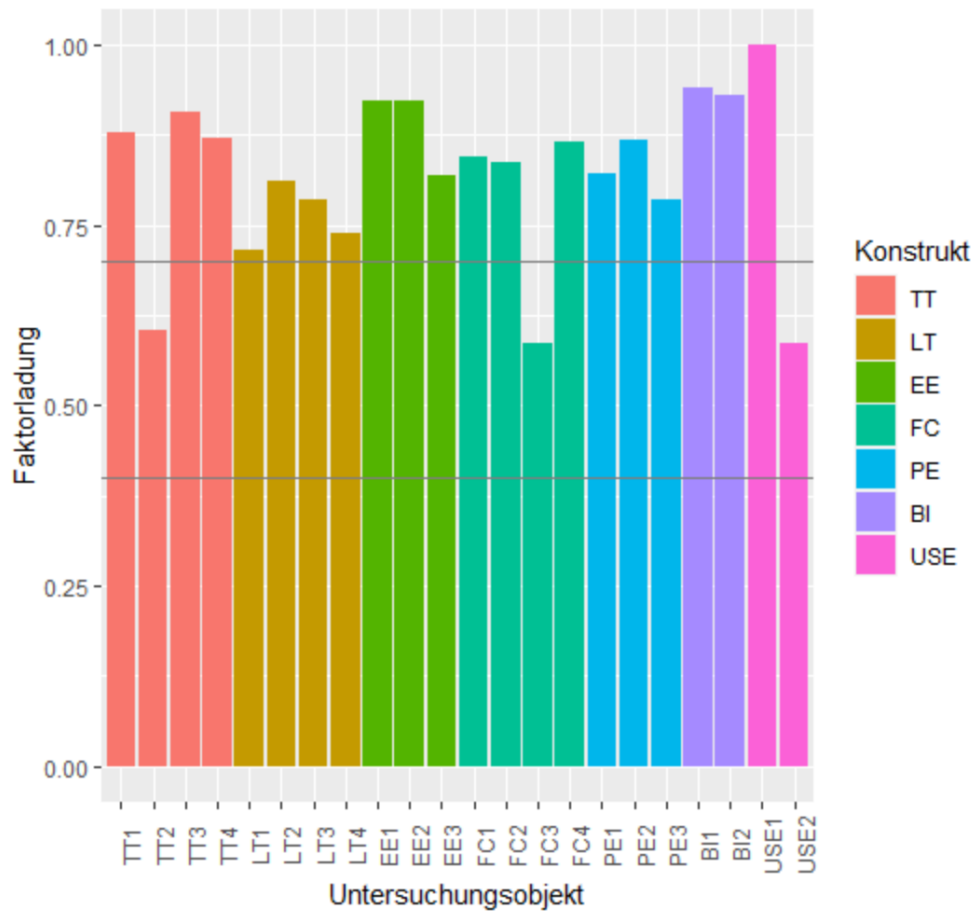


Abbildung 20: Grafische Auswertung der Ladungen der Untersuchungsobjekte, eigene Darstellung

Die exakten Faktorladungen der einzelnen Untersuchungsobjekte lauten wie folgt:

Tabelle 21 - Faktorladungen der Untersuchungsobjekte

Konstrukt	Untersuchungsobjekt	Faktorladung
TT	TT1	0,8777
	TT2	0,6045
	TT3	0,9061
	TT4	0,8710
LT	LT1	0,7156
	LT2	0,8110
	LT3	0,7864
	LT4	0,7397
EE	EE1	0,9217
	EE2	0,9233
	EE3	0,8204
FC	FC1	0,8443
	FC2	0,8368
	FC3	0,5870
	FC4	0,8653
PE	PE1	0,8210
	PE2	0,8691
	PE3	0,7862

BI	BI1	0,9414
	BI2	0,9292
USE	USE1	0,9999
	USE2	0,5876

Quelle: Eigene Darstellung

Es zeigt sich, dass die Untersuchungsobjekte TT2, FC3 und USE2 zwar über der unteren Akzeptanzgrenze von 0,4 liegen, jedoch das Ziel von 0,7 nicht erreichen. Durch Überschreiten der unteren Grenze können die Variablen jedoch für die weitere Auswertung verwendet werden.

Zur Prüfung, ob die drei Untersuchungsobjekte zur Erklärung von anderen Konstrukten besser geeignet sind, wird als nächstes die Prüfung der Diskriminanzvalidität durchgeführt. Sollte die Ladung zu einem anderen Konstrukt höher sein, handelt es sich um eine falsche Zuweisung und das Untersuchungsobjekt ist besser geeignet, ein anderes Konstrukt zu erklären:

Tabelle 22 - Faktorladungen der Untersuchungsobjekte TT2, FC3 und USE2 zu allen Konstrukten

Unter- suchungs- objekt	Konstrukt	TT	LT	EE	FC	PE	BI	USE
TT2	TT	<b>0,6045</b>	-0,0100	0,4070	0,3335	0,4109	0,4185	0,1714
FC3	FC	0,4756	-0,2111	0,4993	<b>0,5870</b>	0,4600	0,4611	0,0156
USE2	USE	-0,1044	0,0677	-0,0897	0,0106	-0,0666	0,0005	<b>0,5876</b>

Quelle: Eigene Darstellung

Aus der Prüfung der Diskriminanzvalidität geht hervor, dass die Zuweisung der Untersuchungsobjekte korrekt war. Die Ladungen sind bei keinem anderen Konstrukt höher und die Faktoren werden nicht anderen Konstrukten zugewiesen.

### 6.5.4 Pfadkoeffizienten

Im nächsten Schritt wird die Pfadanalyse des in Abschnitt 6.5.1 erstellten Modells auf Basis der erhobenen Daten durchgeführt. Der Pfadkoeffizient beschreibt den Einfluss, den ein Konstrukt auf das andere ausübt. Als Pfadkoeffizient können Werte zwischen -1 und 1 berechnet werden. Das Vorzeichen gibt an, ob sich der Zielfaktor mit einer Zunahme des veränderten Faktors ebenfalls erhöht oder verringert. Der Betrag des Koeffizienten gibt die Stärke des Einflusses an. An der nachfolgenden Tabelle beschrieben, interpretiert man den Koeffizient wie folgt: Verändert sich TT um eine Standardabweichung, erhöht sich EE um eine Standardabweichung von 0,701687 (Hair et al. 2021).

Die Effektgröße allein lässt jedoch noch keinen Rückschluss auf die Signifikanz des Effekts zu. Zur Bewertung dieser kann zum einen der P-Wert herangezogen werden. Zum anderen kann mittels Sampling-Methoden wie Bootstrapping auch mit geringen Stichprobengrößen ein Konfidenzintervall berechnet und ausgewertet werden (Sanchez 2013).

Tabelle 23 - Pfadkoeffizienten und Signifikanz des Gesamtmodells

Pfad	Pfadkoeffizient	P-Wert	Konfidenzintervall untere Grenze	Konfidenzintervall obere Grenze
TT->EE	0,7016	0,0001***	0,5619	0,8157
TT->FC	0,6749	0,0001***	0,5649	0,7807
TT->PE	0,6747	0,0001***	0,5468	0,7853
LT->BI	-0,1952	0,0552	-0,3035	-0,1085
EE->BI	0,3783	0,0443*	0,1989	0,5735
FC->BI	0,1379	0,5234	-0,0461	0,2888
PE->BI	0,3238	0,0686	0,1373	0,5167
BI->USE	0,3822	0,0111*	-0,4906	0,5137

Quelle: Eigene Darstellung

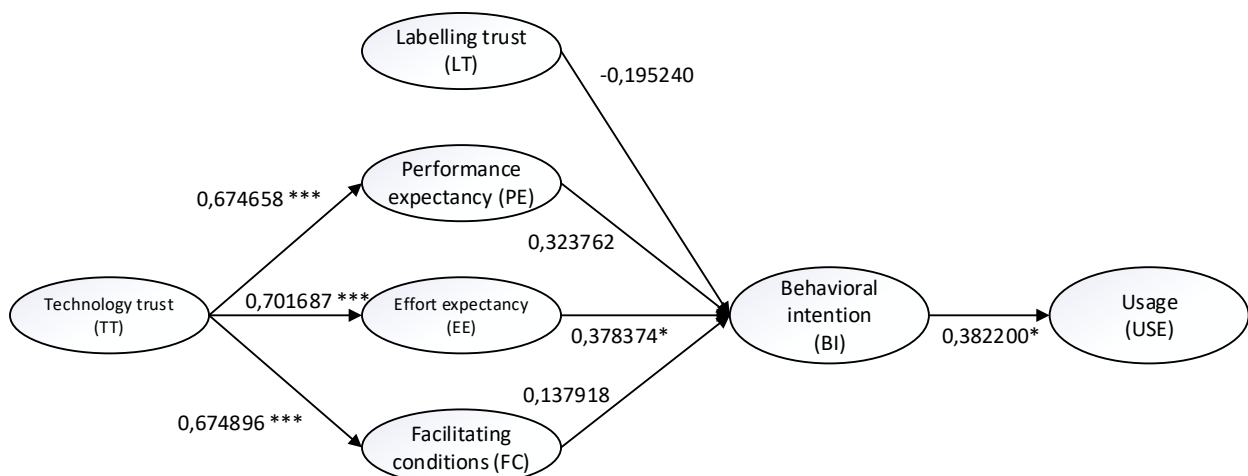


Abbildung 21: Pfadkoeffizienten und Signifikanz, per p-Wert, des Gesamtmodells, eigene Darstellung

Durch Analyse des p-Werts je Pfad können höchst signifikante statistische Einflüsse des Faktors TT auf die Faktoren PE, EE und FC festgestellt werden. EE hat einen statistisch signifikanten Einfluss auf BI. BI hat ebenfalls einen statistisch signifikanten Einfluss auf USE.

Mittels Analyse des Konfidenzintervalls sind statistisch signifikante Einflüsse von TT auf die Faktoren PE, EE und FC und von LT auf BI, EE auf BI sowie von PE auf BI gegeben.

## 6.6 Analyse der Modifikatoren

Im letzten Schritt der Analyse wird der Einfluss der drei Modifikatoren AGE, EDU und GDR bewertet. Dies erfolgt auf drei unterschiedliche Weisen:

- T-Test zur Bewertung des Einflusses des Geschlechts: Der T-Test eignet sich für den Vergleich von Stichproben von exakt zwei Gruppen.
- Analysis of Variance (ANOVA): Test zur Bewertung des Einflusses von Bildungsgrad und Alter. ANOVA eignet sich für die Auswertung von Stichproben mit mehr als zwei Gruppen und ist dabei zuverlässiger als mehrere T-Tests mit unterschiedlichen Kombinationen (Mishra et al. 2019).
- Gruppenvergleich des Pfadmodells. Damit wird ein Einfluss der Modifikatoren auf die Effekte zwischen den Konstrukten geprüft.

Mittels Strukturgleichungsmodellen können ausschließlich numerische Skalen ausgewertet werden. Ein Einfluss von nicht numerischen Variablen, wie Geschlecht oder Bildungsstand, kann daher nicht direkt damit bewertet werden. Als Lösung des Problems werden die erhobenen Daten zur weiteren Auswertung anhand eines beliebigen Kriteriums in exakt zwei Gruppen geteilt. Diese beiden Datenmengen können sowohl untereinander als auch mit dem Gesamtmodell verglichen werden. Eine statistische Signifikanz des Einflusses kann hier mittels T-Wert und P-Wert bewertet werden (Sanchez 2013).

Zur Ausführung der Gruppenvergleiche sind außerdem Sampling-Methoden nötig, um ausreichend große Datenmengen zu simulieren. Die Faktoren FC2 und USE2 weisen eine zu geringe Varianz auf, um für Sampling geeignet zu sein. Sie wurden daher aus der weiteren Bewertung entfernt.

**Bewertung des Einflusses des Geschlechts der befragten Personen:**

Die erhobenen Daten wurden anhand des Geschlechts in zwei Gruppen aufgeteilt. Eine einzige Testperson nannte in der Umfrage kein Geschlecht. Der Datensatz wurde aus dem Vergleich entfernt.

Aus dem einfachen T-Test der beiden Gruppen kann keine statistische Signifikanz festgestellt werden:

Tabelle 24 - Gruppenvergleich der Konstrukte der Geschlechter ‚männlich‘ und ‚weiblich‘

Konstrukt	T-Wert	Freiheitsgrad	P-Wert	Konfidenzintervall der Differenzen	
				untere Grenze	obere Grenze
PE	0,7415	116,98	0,4599	-0,2079	0,4567
EE	0,1888	113,17	0,8506	-0,3125	0,3783
FC	-1,9156	115,50	0,0579	-0,6745	0,0113

Quelle: Eigene Darstellung

Eine Differenz der Faktorladungen zwischen beiden Geschlechtern kann zwar beobachtet werden. Eine statistische Signifikanz ist jedoch weder durch Prüfung des T-Werts noch des P-Werts gegeben:

Tabelle 25 - Gruppenvergleich der Pfadkoeffizienten der Geschlechter ‚männlich‘ und ‚weiblich‘

Pfad	Pfadkoeffizient			Differenz	T-Wert	P-Wert
	Gesamt	Männlich	Weiblich			
TT->EE	0.7105	0.6715	0.7763	0.1047	0.9467	0.1729
TT->FC	0.6461	0.6687	0.6454	0.0233	0.0890	0.4646
TT->PE	0.6725	0.6041	0.7414	0.1373	1.1595	0.1243
LT->BI	-0.2074	-0.2036	-0.2353	0.0318	0.2216	0.4125
EE->BI	0.4098	0.3470	0.4197	0.0727	0.3364	0.3686
FC->BI	0.0988	0.0803	0.1842	0.1039	0.4053	0.3430
PE->BI	0.3170	0.3948	0.2213	0.1735	0.6646	0.2538
BI->USE	0.3904	0.3012	0.4749	0.1736	1.0055	0.1584

Quelle: Eigene Darstellung

**Bewertung des Einflusses des Bildungsgrades der befragten Personen:**

Eine Person der Stichprobe machte keine Angabe zum Bildungsgrad. Der Datensatz wurde daher aus der Auswertung entfernt.

Tabelle 26 - Gesamteinfluss des Bildungsgrades

Faktor	Freiheitsgrad	F-Wert	P-Wert
PE	3	12,72	0,0028**
EE	3	9,24	0,0107*
FC	3	20,09	0,0001***

Quelle: Eigene Darstellung

**Bewertung Faktor PE:** Für den Einfluss des Bildungsgrades auf den Faktor PE konnte insgesamt ein P-Wert von 0,0028\*\* sowie ein F-Wert von 12,72 bei einem Freiheitsgrad von 3 erreicht werden.

Die Unterschiede in der Bewertung des Faktors PE zwischen den jeweiligen Bildungsgraden sind in der folgenden Tabelle ersichtlich:

Tabelle 27 - Einfluss des Bildungsgrades auf PE

Verglichene Bildungsgrade	Differenzen			P-Wert
	Mittelwert	untere Grenze	obere Grenze	
Hochschulabschluss-Matura	0,0530	-0,4557	0,5617	0,9930
Lehrabschluss-Matura	-0,5046	-1,0293	0,0201	0,0641
Pflichtschulabschluss-Matura	-1,2889	-1,9373	-0,6404	0,0001***
Lehrabschluss-Hochschulabschluss	-0,5576	-1,0491	-0,0661	0,0194*
Pflichtschulabschluss-Hochschulabschluss	-1,3419	-1,9638	-0,7200	0,0001***
Pflichtschulabschluss-Lehrabschluss	-0,7843	-1,4194	-0,1493	0,0089***

Quelle: Eigene Darstellung



Die nachfolgende Abbildung zeigt die Daten der vorhergehenden Tabelle in grafischer Form:

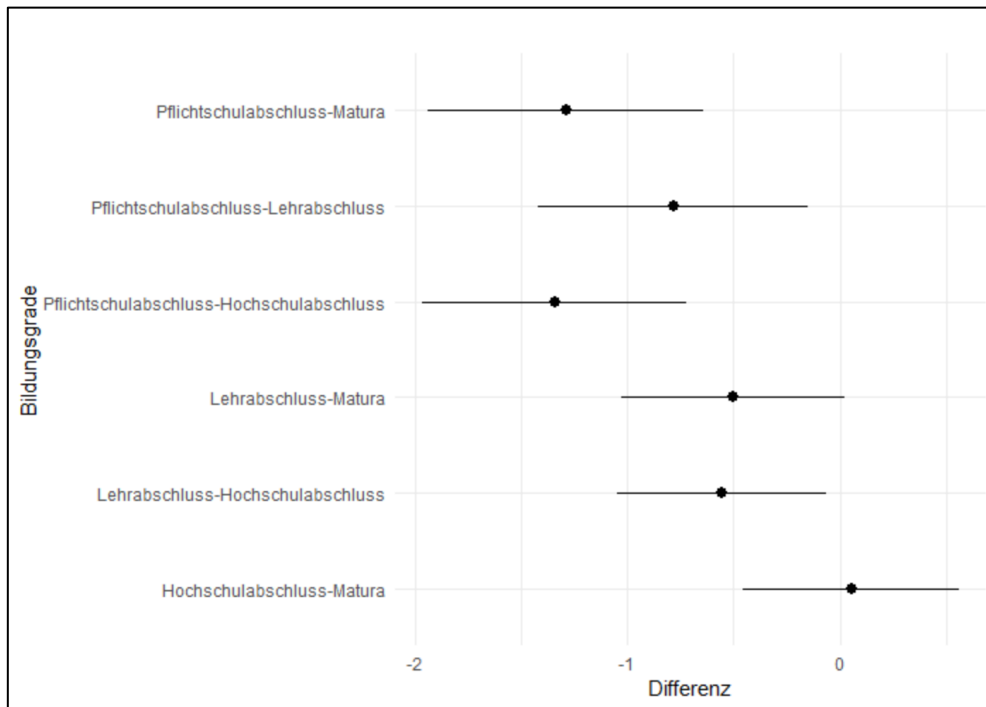


Abbildung 22: Einfluss des Bildungsgrades auf PE, eigene Darstellung

Eine Betrachtung der einzelnen Untersuchungsobjekte verdeutlicht den Unterschied in der Bewertung zwischen Personen mit unterschiedlichen Bildungsgraden. Die folgende Grafik zeigt die Bewertung der Frage PE1 für die Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘ und unterstreicht die starke Differenz in der Leistungserwartung:

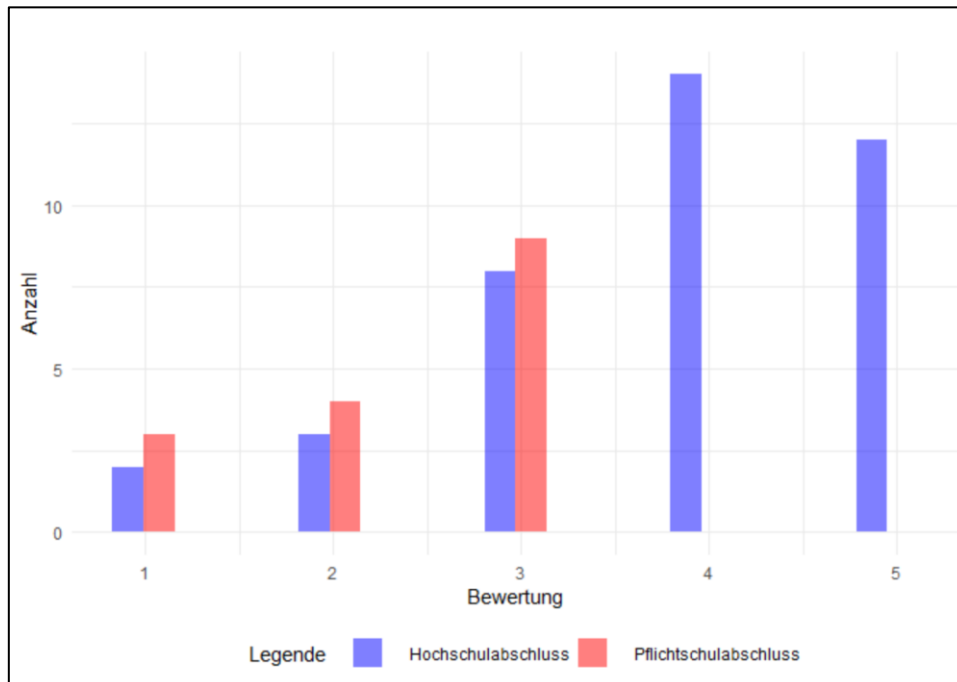


Abbildung 23: Bewertung der Frage PE1 der Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘, eigene Darstellung

Derselbe Effekt kann für die Objekte PE2 und PE3 in Verbindung mit Personen mit Pflichtschulabschluss gegenüber höheren Bildungsgraden beobachtet werden. Diese zeigen eine deutlich niedrigere Leistungserwartung als Personen mit höherem Bildungsgrad.

**Bewertung Faktor EE:** Für den Einfluss des Bildungsgrades auf den Faktor EE konnte insgesamt ein P-Wert von 0,0107\* sowie ein F-Wert von 9,241 bei einem Freiheitsgrad von 3 erreicht werden.

Die Unterschiede in der Bewertung des Faktors EE zwischen den jeweiligen Bildungsgraden sind in der folgenden Tabelle ersichtlich:

Tabelle 28 - Einfluss des Bildungsgrades auf EE

Verglichene Bildungsgrade	Differenzen			P-Wert
	Mittelwert	untere Grenze	obere Grenze	
Hochschulabschluss-Matura	0,0906	-0,4518	0,6330	0,9722
Lehrabschluss-Matura	-0,3797	-0,9392	0,1797	0,2933
Pflichtschulabschluss-Matura	-1,1653	-1,8567	-0,4738	0,0002***
Lehrabschluss-Hochschulabschluss	-0,4703	-0,9944	0,0537	0,0951
Pflichtschulabschluss-Hochschulabschluss	-1,2559	-1,9190	-0,5928	0,0001***
Pflichtschulabschluss-Lehrabschluss	-0,7855	-1,4627	-0,1084	0,0160*

Quelle: Eigene Darstellung

Die folgende Abbildung zeigt die Daten der vorhergehenden Tabelle in grafischer Form:

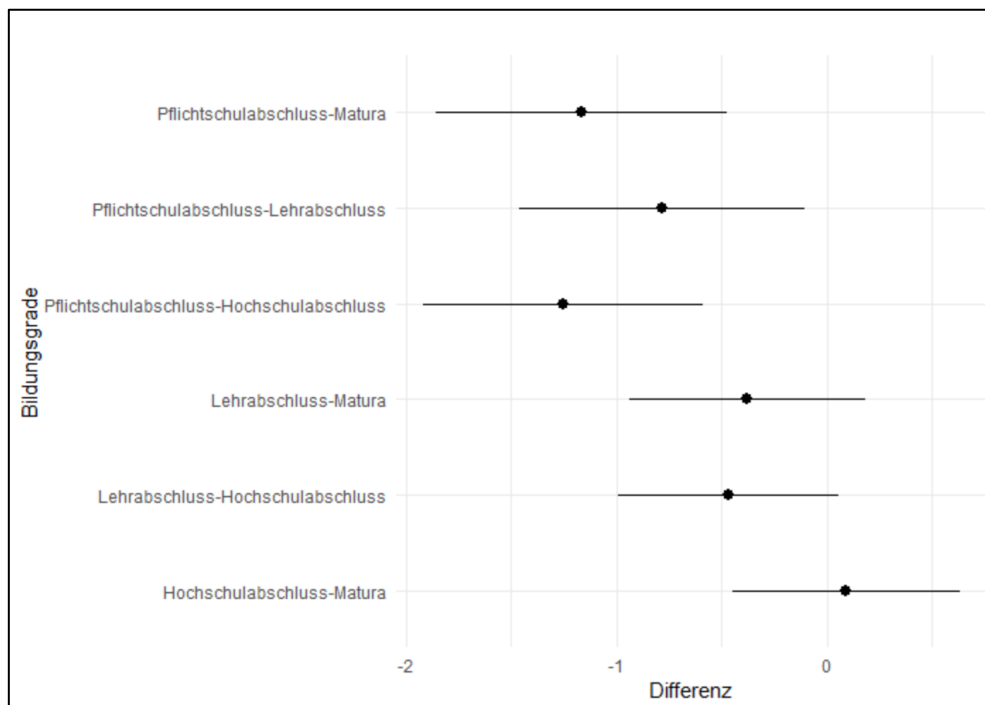


Abbildung 24: Einfluss des Bildungsgrads auf EE, eigene Darstellung

Wie bereits beim Faktor PE zeichnet sich beim Faktor EE ein starkes Gefälle in der Bewertung zwischen den Bildungsgraden ab. Die folgende Grafik zeigt die Bewertung der Frage EE2 für die Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘ und unterstreicht die starke Differenz in der Aufwandserwartung:

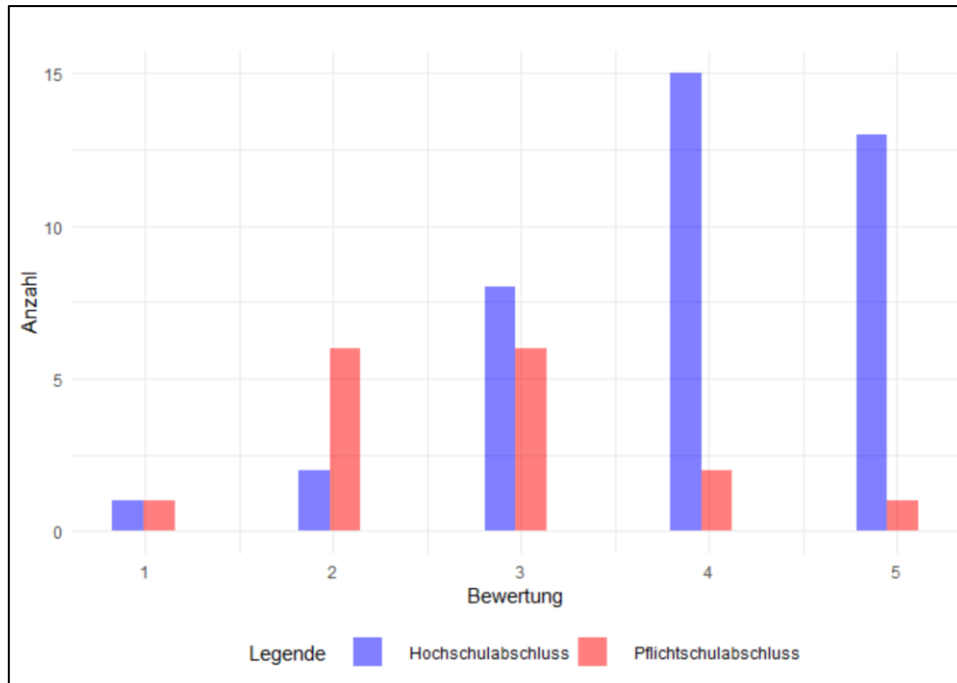


Abbildung 25: Bewertung der Frage EE2 der Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘, eigene Darstellung

Derselbe Effekt kann für die Objekte EE1 und EE3 in Verbindung von Personen mit Pflichtschulabschluss gegenüber höheren Bildungsgraden beobachtet werden. Diese zeigen eine deutlich schlechtere Bewertung der Aufwandserwartung als Personen mit höherem Bildungsgrad.

**Bewertung Faktor FC:** Für den Einfluss des Bildungsgrades auf den Faktor FC konnte insgesamt ein P-Wert von 0,00007\*\*\* sowie ein F-Wert von 20,09 bei einem Freiheitsgrad von 3 erreicht werden.

Tabelle 29 - Einfluss des Bildungsgrades auf FC

Verglichene Bildungsgrade	Differenzen			P-Wert
	Mittelwert	untere Grenze	obere Grenze	
Hochschulabschluss-Matura	0,5906	0,0956	1,0856	0,0124*
Lehrabschluss-Matura	-0,4386	-0,9491	0,0720	0,1189
Pflichtschulabschluss-Matura	-1,0403	-1,6713	-0,4093	0,0002***
Lehrabschluss-Hochschulabschluss	-1,0292	-1,5074	-0,5509	0,0001***
Pflichtschulabschluss-Hochschulabschluss	-1,6309	-2,2360	-1,0257	0,0001***
Pflichtschulabschluss-Lehrabschluss	-0,6017	-1,2197	0,0162	0,0593

Quelle: Eigene Darstellung

Die folgende Abbildung zeigt die Daten der vorhergehenden Tabelle in grafischer Form:

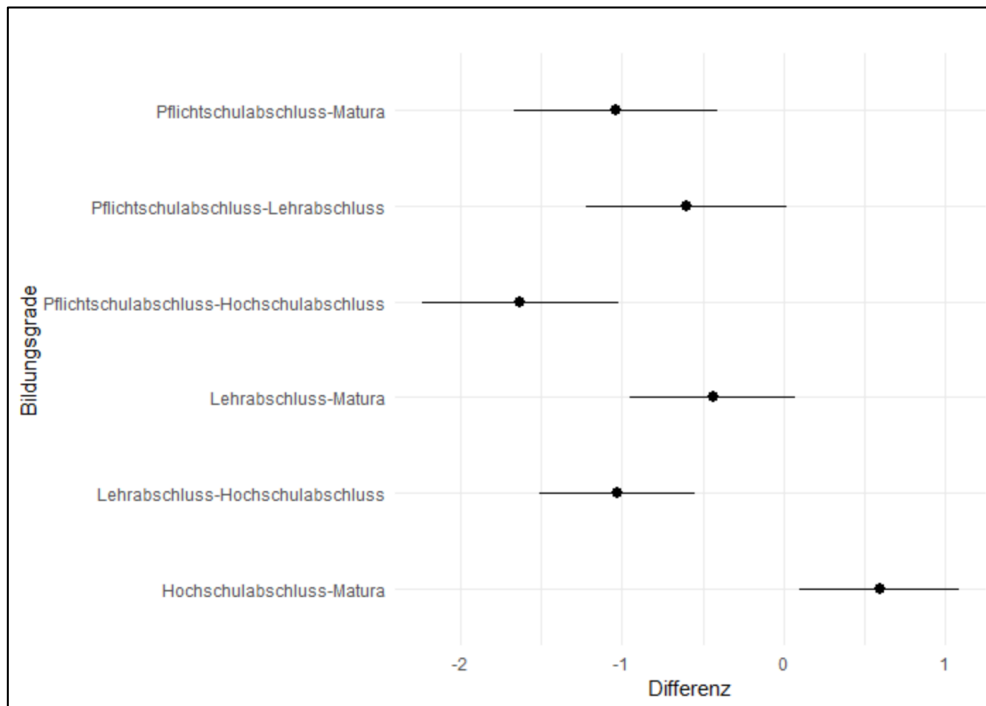


Abbildung 26: Einfluss des Bildungsgrades auf FC, eigene Darstellung

Die Betrachtung der Untersuchungsobjekte verdeutlicht den Unterschied in der Bewertung zwischen Personen mit unterschiedlichen Bildungsgraden. Die nachfolgende Grafik zeigt die Bewertung der Frage FC1 für die Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘ und verdeutlicht die starke Differenz in den vorhandenen Grundvoraussetzungen der Befragten:

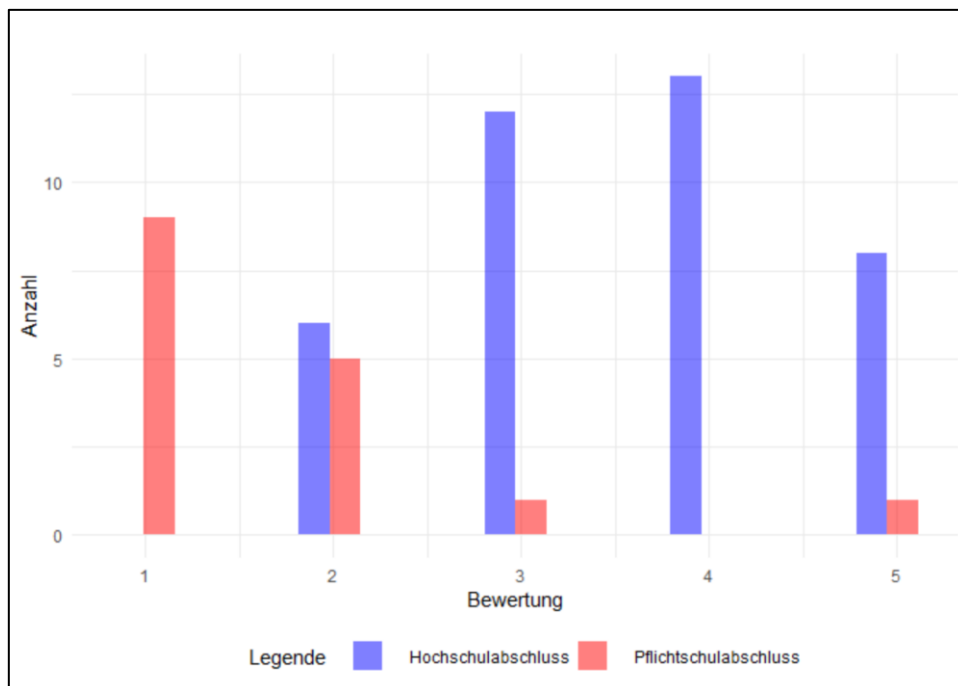


Abbildung 27: Bewertung der Frage FC1 der Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘, eigene Darstellung

Derselbe Effekt kann für die Objekte FC2, FC3 und FC4 in Verbindung von Personen mit Pflichtschulabschluss gegenüber höheren Bildungsgraden beobachtet werden. Diese zeigen eine deutlich schlechtere Bewertung der vorhandenen Grundvoraussetzungen als Personen mit höherem Bildungsgrad.

Stellvertretend für die gesamte Bewertung der Pfadanalyse des Bildungsgrades folgen die Werte für die Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘. Das Paar weist im ANOVA höchste statistische Signifikanz auf. In der Pfadanalyse konnte jedoch weder bei diesem noch bei einem anderen Paar eine statistische Signifikanz auf die Pfadkoeffizienten festgestellt werden:

Tabelle 30 - Analyse der Pfadkoeffizienten der Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘

Pfad	Pfadkoeffizient			Differenz	T-Wert	P-Wert
	Gesamt	Pflichtschulabschluss	Hochschulabschluss			
TT->EE	0,7437	0,8718	0,5611	0,3107	1,18	0,1219
TT->FC	0,8103	0,6548	0,7844	0,1297	0,75	0,2296
TT->PE	0,7319	0,8193	0,5438	0,2755	1,30	0,0989
LT->BI	-0,1448	-0,454	-0,0912	0,3628	1,43	0,0787
EE->BI	0,5781	0,538	0,551	0,013	0,20	0,4223
FC->BI	-0,1752	-0,5153	-0,0991	0,4162	0,90	0,1859
PE->BI	0,4042	0,4388	0,3425	0,0963	0,26	0,3987

Quelle: Eigene Darstellung

**Bewertung des Einflusses des Alters der befragten Personen:**

Tabelle 31 - Gesamteinfluss des Alters

Faktor	Freiheitsgrad	F-Wert	P-Wert
PE	3	6,73	0,0003***
EE	3	6,26	0,0006***
FC	3	18,84	0,0002***

Quelle: Eigene Darstellung

**Bewertung Faktor PE:** Für den Einfluss des Alters auf den Faktor PE konnte insgesamt ein P-Wert von 0,00032\*\*\* sowie ein F-Wert von 6,73 bei einem Freiheitsgrad von 3 erreicht werden.

Die Unterschiede in der Bewertung des Faktors PE zwischen den jeweiligen Altersgruppen sind in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

Tabelle 32 - Einfluss des Alters auf PE

Verglichene Bildungsgrade	Differenzen			P-Wert
	Mittelwert	untere Grenze	obere Grenze	
25 bis 34 Jahre -18 bis 24 Jahre	0,4540	-0,2106	1,1185	0,2879
35 bis 50 Jahre -18 bis 24 Jahre	0,2080	-0,5040	0,9200	0,8715
Über 50 Jahre -18 bis 24 Jahre	-0,3846	-1,0147	0,2454	0,3875
35 bis 50 Jahre - 25 bis 34 Jahre	-0,2459	-0,8506	0,3587	0,7143
Über 50 Jahre - 25 bis 34 Jahre	-0,8386	-1,3442	-0,3330	0,0002***
Über 50 Jahre - 35 bis 50 Jahre	-0,5927	-1,1591	-0,0262	0,0366*

Quelle: Eigene Darstellung

Die folgende Abbildung zeigt die Daten der vorhergehenden Tabelle in grafischer Form:

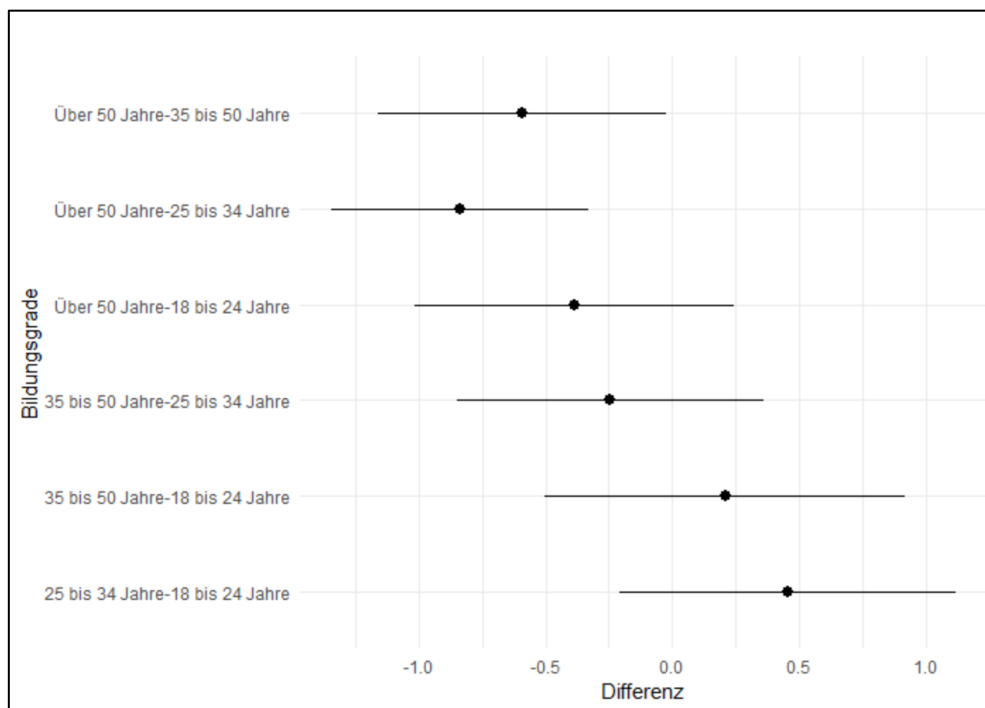


Abbildung 28: Einfluss des Alters auf PE, eigene Darstellung

Die Betrachtung der einzelnen Untersuchungsobjekte verdeutlicht den Unterschied in der Bewertung zwischen Personen unterschiedlicher Altersgruppen. Die nachfolgende Grafik zeigt die Bewertung der Frage PE2 für die Altersgruppen ‚25–34 Jahre‘ und ‚über 50 Jahre‘ und verdeutlicht die Differenz in der Leistungserwartung:

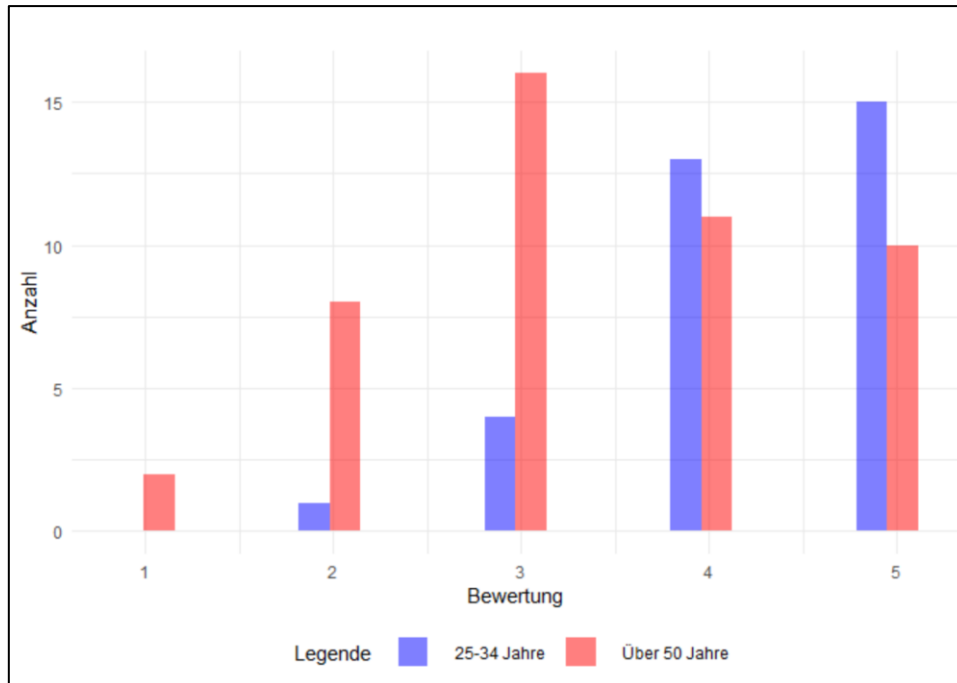


Abbildung 29: Bewertung der Frage PE2 der Altersgruppen ‚25-34 Jahre‘ und ‚über 50 Jahre‘, eigene Darstellung

Derselbe Effekt kann für die Objekte PE1 und PE3 in Verbindung mit diesen Altersgruppen beobachtet werden. Etwas abgeschwächt tritt der Effekt bei Personen der Altersklasse 35–50 gegenüber Personen über 50 Jahren auf.

**Bewertung Faktor EE:** Für den Einfluss des Alters auf den Faktor EE konnte insgesamt ein P-Wert von 0,000564\*\*\* sowie ein F-Wert von 6,26 bei einem Freiheitsgrad von 3 erreicht werden.

Die Unterschiede in der Bewertung des Faktors EE zwischen den jeweiligen Altersgruppen sind in der folgenden Tabelle ersichtlich:

Tabelle 33 - Einfluss des Alters auf EE

Verglichene Bildungsgrade	Differenzen			P-Wert
	Mittelwert	untere Grenze	obere Grenze	
25 bis 34 Jahre-18 bis 24 Jahre	0,5342	-0,1525	1,2208	0,1838
35 bis 50 Jahre-18 bis 24 Jahre	0,3725	-0,3631	1,1082	0,5521
Über 50 Jahre-18 bis 24 Jahre	-0,2728	-0,9238	0,3781	0,6948
35 bis 50 Jahre-25 bis 34 Jahre	-0,1616	-0,7864	0,4631	0,9066
Über 50 Jahre-25 bis 34 Jahre	-0,8070	-1,3294	-0,2846	0,0006***
Über 50 Jahre-35 bis 50 Jahre	-0,6454	-1,2307	-0,0601	0,0245*

Quelle: Eigene Darstellung

Die folgende Abbildung zeigt die Daten der vorhergehenden Tabelle in grafischer Form:

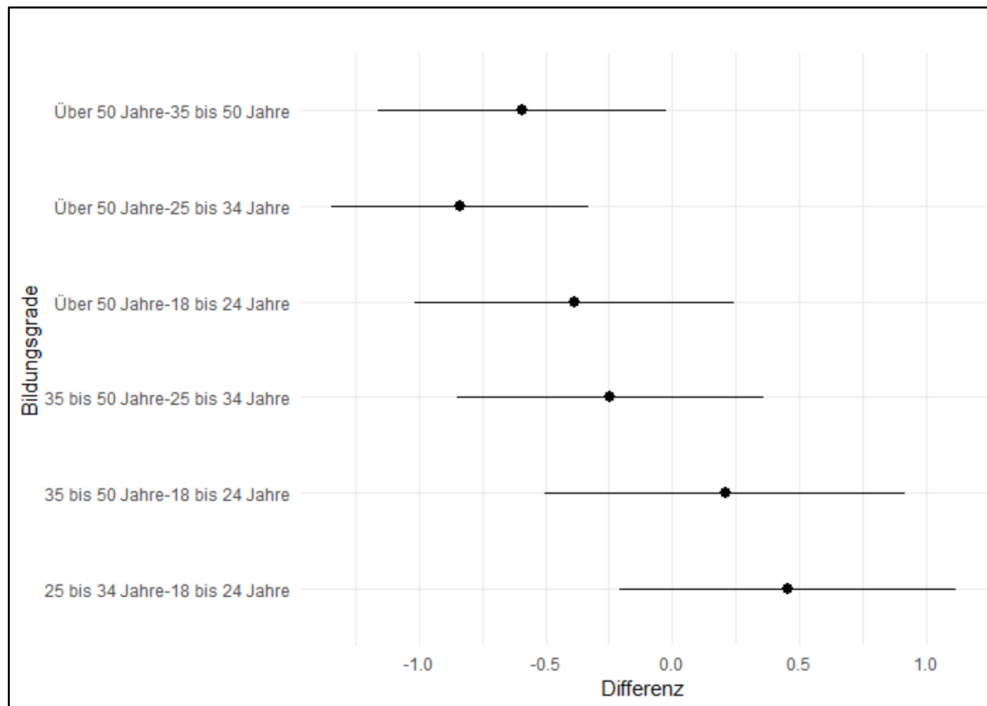


Abbildung 30: Einfluss des Alters auf EE, eigene Darstellung

Die folgende Grafik zeigt beispielhaft die Bewertung der Frage EE2 für die Altersgruppen ‚25–34 Jahre‘ und ‚über 50 Jahre‘:

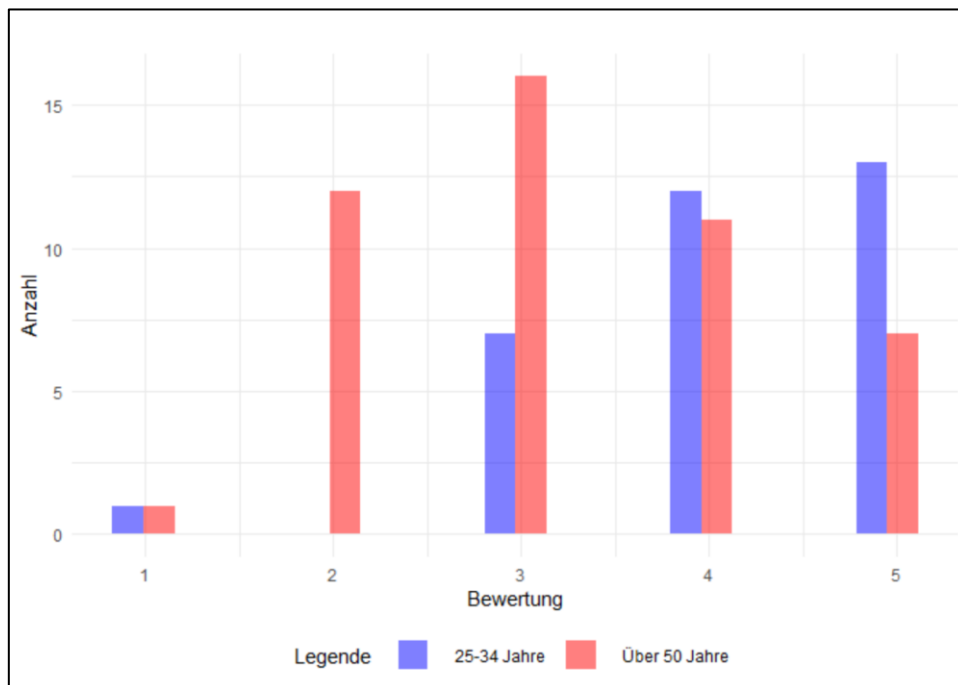


Abbildung 31: Bewertung der Frage EE2 der Altersgruppen ‚25-34 Jahre‘ und ‚über 50 Jahre‘, eigene Darstellung

Ähnlich zum Faktor PE, kann derselbe Effekt bei EE1 und EE3 in Verbindung mit diesen Altersklassen beobachtet werden. Auch hier ist der Unterschied bei Personen der Altersklasse 35–50 Jahre im Vergleich zu Personen über 50 Jahren weniger ausgeprägt.



**Bewertung Faktor FC:** Für den Einfluss des Alters auf den Faktor FC konnte insgesamt ein P-Wert von 0,000228\*\*\* sowie ein F-Wert von 18,84 bei einem Freiheitsgrad von 3 erreicht werden.

Die Unterschiede in der Bewertung des Faktors FC zwischen den jeweiligen Altersgruppen sind in der folgenden Tabelle ersichtlich:

Tabelle 34 - Einfluss des Alters auf FC

Verglichene Bildungsgrade	Differenzen			P-Wert
	Mittelwert	untere Grenze	obere Grenze	
25 bis 34 Jahre-18 bis 24 Jahre	0,6679	0,0501	1,2856	0,0286*
35 bis 50 Jahre-18 bis 24 Jahre	0,4680	-0,1938	1,1299	0,2585
Über 50 Jahre-18 bis 24 Jahre	-0,5853	-1,1709	0,0003	0,0502
35 bis 50 Jahre-25 bis 34 Jahre	-0,1998	-0,7619	0,3622	0,7906
Über 50 Jahre-25 bis 34 Jahre	-1,2532	-1,7231	-0,7832	0,0001***
Über 50 Jahre-35 bis 50 Jahre	-1,0533	-1,5799	-0,5268	0,0001***

Quelle: Eigene Darstellung

Die folgende Abbildung zeigt die Daten der vorhergehenden Tabelle in grafischer Form:

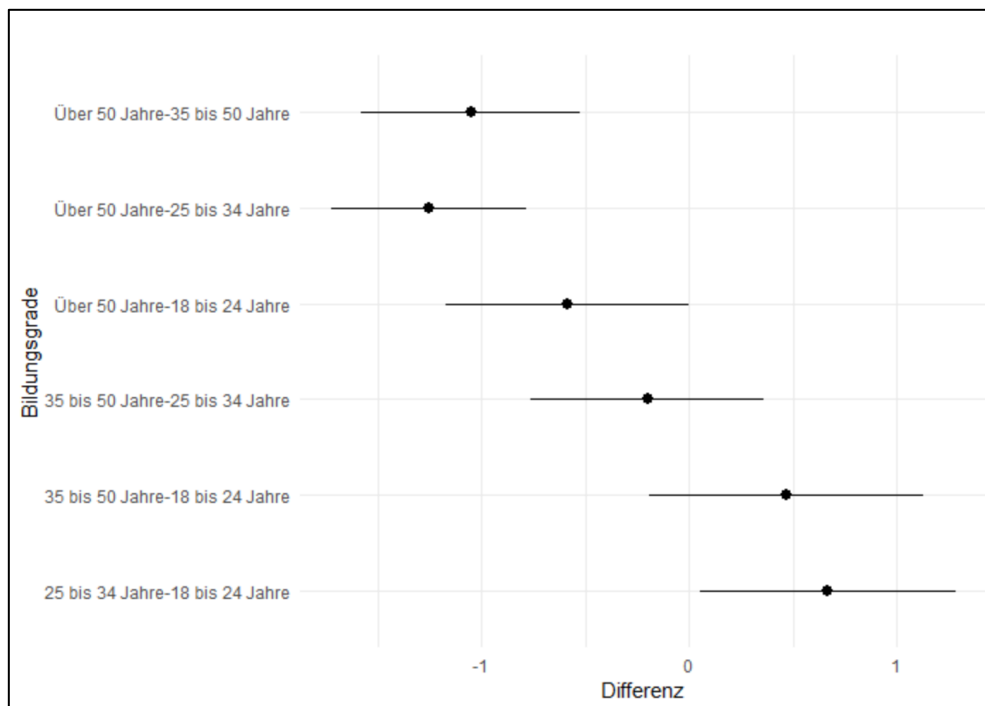


Abbildung 32: Einfluss des Alters auf FC, eigene Darstellung

Die Betrachtung der einzelnen Untersuchungsobjekte verdeutlicht den Unterschied in der Bewertung zwischen Personen unterschiedlicher Altersgruppen. Die folgende Grafik zeigt die Bewertung der Frage FC1 für die Altersgruppen ‚25–34 Jahre‘ und ‚über 50 Jahre‘ und verdeutlicht die starke Differenz in den vorhandenen Grundvoraussetzungen der Befragten:

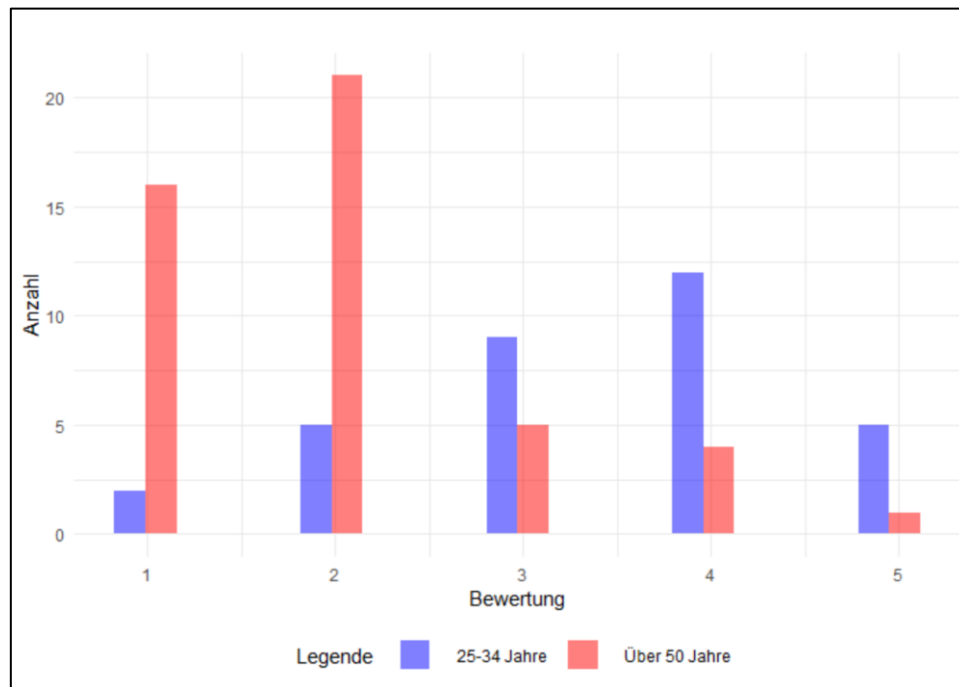


Abbildung 33: Bewertung der Frage FC1 der Altersgruppen ‚25–34 Jahre‘ und ‚über 50 Jahre‘, eigene Darstellung

Derselbe Effekt kann für die Objekte FC2, FC3 und FC4 der beiden Altersgruppen beobachtet werden.

Stellvertretend für die gesamte Bewertung der Pfadanalyse des Alters folgen die Werte für die Altersgruppen ‚über 50 Jahre‘ und ‚25 bis 34 Jahre‘. Das Paar weist in der statistischen Auswertung höchste statistische Signifikanz auf. In der Pfadanalyse konnte jedoch weder bei diesem noch bei einem anderen Paar eine statistische Signifikanz auf die Pfadkoeffizienten festgestellt werden:

Tabelle 35 - Analyse der Pfadkoeffizienten der Alterskategorien ‚über 50 Jahre‘ und ‚25 bis 34 Jahre‘

Pfad	Pfadkoeffizient			Differenz	T-Wert	P-Wert
	Gesamt	Über 50 Jahre	25 bis 34 Jahre			
TT->EE	0,7687	0,8064	0,6084	0,1980	1,45	0,0749
TT->FC	0,7338	0,7396	0,7227	0,0170	0,17	0,4322
TT->PE	0,7679	0,8107	0,5778	0,2330	1,63	0,0532
LT->BI	-0,2328	-0,2992	-0,2216	0,0776	1,29	0,1010
EE->BI	0,4077	0,4764	0,2300	0,2464	0,81	0,2105
FC->BI	0,0608	0,1160	0,0837	0,0323	0,32	0,3767
PE->BI	0,3660	0,2708	0,4385	0,1678	0,74	0,2296

Quelle: Eigene Darstellung

## **6.7 Zusammenfassung**

In diesem Kapitel wurde die Durchführung einer Umfrage zur Datengenerierung näher beschrieben. Die erhobenen Daten wurden mittels deskriptiver Statistik, eines Strukturgleichungsmodells sowie per Varianzanalyseverfahren ausgewertet. Dies stellt die Grundlage der Hypothesenprüfung im folgenden Kapitel dar.

## 7 INTERPRETATION UND FAZIT

In diesem Kapitel werden die Forschungsfrage sowie die aufgestellten Hypothesen beantwortet. Auf Basis der Prüfungen wird ein finales Technologie-Akzeptanzmodell erstellt und ein Ausblick auf mögliche zukünftige Forschungsfelder gegeben.

### 7.1 Beantwortung der Forschungsfrage

Auf Basis der durchgeführten Umfrage und der Auswertung wird in diesem Abschnitt die eingangs aufgestellte Forschungsfrage beantwortet: *„Welchen Einfluss auf das Vertrauen österreichischer Konsument\*innen hat die Möglichkeit der Einsichtnahme in logistische Abläufe der Lebensmittelindustrie durch die Verwendung von Blockchain-Technologien?“*

Aus der durchgeführten Umfrage geht hervor, dass der alleinige Einsatz der Technologie das Vertrauen der Konsumentinnen und Konsumenten noch nicht steigert.

Es konnte jedoch ein positiver Einfluss des Vertrauens in Blockchain-Technologien im Hinblick auf die Faktoren Leistungserwartung, Aufwandserwartung und technische Grundvoraussetzungen festgestellt werden. Dies deckt sich auch mit den Erkenntnissen von Chang et al. (2022). Wie durch Garaus und Treiblmaier (2021) beobachtet, besteht daher die Chance, durch bessere Kommunikation der Vorteile der Technologie eine gesteigerte Leistungserwartung und damit eine gesteigerte Nutzungsabsicht zu erzielen.

Die Mehrheit der befragten Personen würde Produkte mit einsehbarem Herstellungsprozess bevorzugen.

Die insgesamt hohe Bereitschaft, ein Blockchain-basiertes System zu nutzen beziehungsweise sich darin fortzubilden verdeutlicht, dass Konsumentinnen und Konsumenten daran interessiert sind, ihre Vertrauensdefizite mit einem geeigneten technischen System auszugleichen. Zusätzlich besteht insgesamt eine hohe Absicht, direkt beim Einkauf und mit dem eigenen Smartphone die Herkunft der Lebensmittel zu prüfen.

## 7.2 Prüfung der Hypothesen

In diesem Abschnitt werden die in Abschnitt 5.3 aufgestellten Hypothesen auf Basis der Auswertungen in den Abschnitten 6.5 und 6.6 geprüft. Die folgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der Auswertung in Bezug auf die aufgestellten Hypothesen. Die detaillierte Beschreibung der einzelnen Hypothesen folgt im Anschluss an die Tabelle:

Tabelle 36 - Zusammenfassung der Hypothesenprüfung

Hypothese	Nullhypothese widerlegt?
H1-A	Ja
H1-B	Ja
H1-C	Ja
H2	ja, per Konfidenzintervall
H3	ja, per Konfidenzintervall
H4	ja
H5	nein
H6-A	nein
H6-B	nein
H7-A	ja
H7-B	ja
H7-C	ja
H8-A	ja
H8-B	ja
H9-C	ja

Quelle: Eigene Darstellung

**H1-A:** „Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, haben eine gesteigerte Leistungserwartung an das System.“

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Bewertung des Pfades TT->PE aus Tabelle 23. Der P-Wert von 0,0001 zeigt höchste statistische Signifikanz im Hinblick auf den Einfluss des Faktors TT auf den Faktor PE. Auch die Prüfung der Grenzen des Konfidenzintervalls erlaubt es, die Nullhypothese zu H1-A zu widerlegen. Das positive Vorzeichen des Pfadkoeffizienten zeigt zusätzlich, dass bei einem gesteigerten Vertrauen in Blockchain-Technologien auch die Leistungserwartung ansteigt.

**H1-B:** „Die Aufwandserwartung von Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, wird positiv beeinflusst.“

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Bewertung des Pfades TT->EE aus Tabelle 23. Der P-Wert von 0,0001 zeigt höchste statistische Signifikanz im Hinblick auf den Einfluss des Faktors TT auf den Faktor EE. Auch die Prüfung der Grenzen des Konfidenzintervalls erlaubt es, die Nullhypothese zu H1-B zu widerlegen.

Die Prüfung des Pfadkoeffizienten bestätigt auch, dass bei gesteigertem Vertrauen in Blockchain-Technologien die Aufwandserwartung positiv beeinflusst wird. Zu ergänzen ist an dieser Stelle

auch, dass ein höherer Umfragewert die positive Wahrnehmung einer unkomplizierten Bedienung zeigt.

**H1-C:** *„Konsument\*innen, die Blockchain-Technologien als vertrauenswürdig und sicher wahrnehmen, erfüllen die technische Grundvoraussetzungen zur Benutzung des Systems besser.“*

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Bewertung des Pfades TT->FC aus Tabelle 23. Der P-Wert von 0,0001 zeigt höchste statistische Signifikanz im Hinblick auf den Einfluss des Faktors TT auf den Faktor FC. Auch die Prüfung der Grenzen des Konfidenzintervalls erlaubt es, die Nullhypothese zu H1-C zu widerlegen.

Der Pfadkoeffizient bestätigt auch hier, dass bei zunehmendem Vertrauen in Blockchain-Technologien die technischen Grundvoraussetzungen besser erfüllt werden.

**H2:** *„Konsument\*innen, die bereits wenig in bestehende Lebensmittel-Produktkennzeichnungen vertrauen, haben eine gesteigerte Nutzungsabsicht.“*

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Bewertung des Pfades LT->BI aus Tabelle 23. Der P-Wert von 0,0552 zeigt keine statistische Signifikanz. Die Grenzen des 95%-Konfidenzintervalls sind jedoch -0,3035 und -0,1085. Das Konfidenzintervall beinhaltet also nicht die Zahl 0, was auf eine statistische Signifikanz schließen lässt. Auch hier ist damit die Nullhypothese zu H2 widerlegt.

Das negative Vorzeichen der Grenzen des Konfidenzintervalls bestätigt die Hypothese, dass weniger Vertrauen in Lebensmittelkennzeichnungen eine Steigerung der Nutzungsabsicht verursacht.

**H3:** *„Konsument\*innen mit gesteigerter Erwartungshaltung haben eine höhere Nutzungsabsicht, ein System zur Lebensmittelherkunft auf Basis der Blockchain zu verwenden.“*

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Bewertung des Pfades PE->BI aus Tabelle 23. Der P-Wert von 0,0686 zeigt keine statistische Signifikanz. Die Grenzen des 95%-Konfidenzintervalls sind jedoch 0,1373 und 0,5167. Das Konfidenzintervall beinhaltet also nicht die Zahl 0, was auf eine statistische Signifikanz schließen lässt. Auch hier ist damit die Nullhypothese zu H3 widerlegt.

Der positive Pfadkoeffizient bestätigt, dass eine Steigerung der Erwartungshaltung auch eine höhere Nutzungsabsicht verursacht.

**H4:** *„Konsument\*innen, die den Aufwand, ein System zur Lebensmittelherkunft auf Basis der Blockchain zu verwenden, als gering wahrnehmen, haben eine gesteigerte Nutzungsabsicht.“*

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Bewertung des Pfades EE->BI aus Tabelle 23. Der P-Wert von 0,0443 zeigt eine statistische Signifikanz im Hinblick auf den Einfluss des Faktors EE auf den Faktor BI. Auch die Prüfung der Grenzen des Konfidenzintervalls erlaubt es, die Nullhypothese zu H4 zu widerlegen.

Durch den positiven Pfadkoeffizient wird gezeigt, dass eine positive Bewertung des wahrgenommenen Aufwands auch einen positiven Effekt auf die Nutzungsabsicht hat. Die

Fragen in der Kategorie EE sind so formuliert, dass eine höhere Bewertung eine einfache Bedienung des Systems darstellt.

**H5:** *„Konsument\*innen, die entsprechendes Vorwissen haben und die technischen Voraussetzungen zur Nutzung von Blockchain-Technologien erfüllen, haben eine gesteigerte Nutzungsabsicht.“*

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Bewertung des Pfades FC->BI aus Tabelle 23. Der P-Wert von 0,05234 zeigt keine statistische Signifikanz im Hinblick auf den Einfluss des Faktors FC auf den Faktor BI. Auch die Prüfung der Grenzen des Konfidenzintervalls erlaubt es nicht, die Nullhypothese zu H5 zu widerlegen, da sich das Intervall von -0,0461 bis 0,2888 verteilt.

Der schwach ausgeprägte Pfadkoeffizient zeigt außerdem eine geringe Effektgröße. Nach dieser Prüfung kann also der Faktor nicht in das, im nachfolgenden Abschnitt vorgestellte, finale Technologie-Akzeptanzmodell übernommen werden.

**H6-A:** *„Das Geschlecht der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Leistungserwartung.“*

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Ergebnisse des Gruppenvergleichs, dargestellt in Tabelle 24. Bewertet werden dort die unterschiedlichen statistischen Merkmale in Bezug auf den Faktor PE. Durch den T-Wert von 0,7415 und den P-Wert von 0,4599 lässt sich auf keine statistische Signifikanz schließen. Auch das 95-%-Konfidenzintervall deutet auf keine Signifikanz hin. Die Nullhypothese zu H6-A kann daher nicht widerlegt werden.

**H6-B:** *„Das Geschlecht der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Aufwandserwartung.“*

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Ergebnisse des Gruppenvergleichs, dargestellt in Tabelle 24. Bewertet werden dort die unterschiedlichen statistischen Merkmale in Bezug auf den Faktor EE. Der T-Wert von 0,1888 und der P-Wert von 0,8506 liegen nicht im Bereich der statistischen Signifikanz. Auch das 95-%-Konfidenzintervall deutet nicht auf eine Signifikanz hin. Die Nullhypothese zu H6-B kann daher nicht widerlegt werden.

Nach Prüfung der Hypothesen H6-A und H6-B kann daher das Geschlecht nicht als Modifikator in das finale Technologie-Akzeptanzmodell aufgenommen werden.

**H7-A:** *„Das Alter der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Leistungserwartung.“*

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Ergebnisse des ANOVA-Tests, dargestellt in Tabelle 31. Für den Einfluss des Alters auf den Faktor PE konnte ein F-Wert von 6,73 sowie ein P-Wert von 0,0003 erzielt werden, was einen statistisch höchst signifikanten Einfluss beschreibt. Die Nullhypothese zu H7-A kann damit widerlegt werden.

Als Modifikator für die Leistungserwartung ist das Alter damit geeignet. Beobachtet wurde hier vor allem, dass Personen der Altersklassen ‚25–34 Jahre‘ und ‚35–50 Jahre‘ gegenüber der Personengruppe ‚über 50 Jahre‘ eine gesteigerte Leistungserwartung haben.

**H7-B:** *„Das Alter der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Aufwandserwartung.“*

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Ergebnisse des ANOVA-Tests, dargestellt in Tabelle 31. Für den Einfluss des Alters auf den Faktor EE konnte ein F-Wert von 6,26 sowie ein P-Wert

von 0,0006 erzielt werden, was einen statistisch höchst signifikanten Einfluss beschreibt. Die Nullhypothese zu H7-B kann damit widerlegt werden.

Als Modifikator für die Aufwandserwartung ist das Alter damit geeignet. Beobachtet wurde hier vor allem, dass Personen der Altersklassen ‚25–34 Jahre‘ und ‚35–50 Jahre‘ gegenüber der Personengruppe ‚über 50 Jahre‘ eine gesteigerte Aufwandserwartung haben.

**H7-C:** „Das Alter der Konsument\*innen beeinflusst die technischen Grundvoraussetzungen.“

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Ergebnisse des ANOVA-Tests, dargestellt in Tabelle 31. Für den Einfluss des Alters auf den Faktor EE konnte ein F-Wert von 18,84, sowie ein P-Wert von 0,0002 erzielt werden, was einen statistisch höchst signifikanten Einfluss beschreibt. Die Nullhypothese zu H7-C kann damit widerlegt werden.

Als Modifikator für die technischen Grundvoraussetzungen ist das Alter damit geeignet. Beobachtet wurde hier vor allem, dass Personen der Altersklassen ‚25–34 Jahre‘ und ‚35–50 Jahre‘ gegenüber der Personengruppe ‚über 50 Jahre‘ bessere Grundvoraussetzungen angeben. Personen zwischen 25 und 34 Jahren haben ebenfalls angegeben, die Grundvoraussetzungen besser zu erfüllen als Personen zwischen 18 und 24 Jahren.

**H8-A:** „Der Bildungsgrad der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Leistungserwartung.“

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Ergebnisse des ANOVA-Tests, dargestellt in Tabelle 26. Für den Einfluss des Bildungsgrades auf den Faktor PE konnte ein F-Wert von 12,72 sowie ein P-Wert von 0,0028 erzielt werden, was einen statistisch hoch signifikanten Einfluss beschreibt. Die Nullhypothese zu H8-A kann damit widerlegt werden.

Personen mit Pflichtschulabschluss bewerten die Leistungserwartung im Mittel um 1,34 Punkte schlechter als Personen mit Hochschulabschluss. Auch im Vergleich mit den restlichen Bildungsgraden, Matura und Lehrabschluss, wird eine schlechtere Leistungserwartung beobachtet. Zwischen allen anderen Bildungsgraden kann der Effekt nicht in dieser Ausprägung festgestellt werden.

**H8-B:** „Der Bildungsgrad der Konsument\*innen hat Einfluss auf die Aufwandserwartung.“

Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Ergebnisse des ANOVA-Tests, dargestellt in Tabelle 26. Für den Einfluss des Bildungsgrades auf den Faktor EE konnte ein F-Wert von 9,24 sowie ein P-Wert von 0,0107 erzielt werden, was einen statistisch signifikanten Einfluss beschreibt. Die Nullhypothese zu H8-B kann damit widerlegt werden.

Personen mit Pflichtschulabschluss bewerten die Aufwandserwartung im Mittel um 1,26 Punkte schlechter als Personen mit Hochschulabschluss. Auch im Vergleich mit den restlichen Bildungsgraden, Matura und Lehrabschluss, wird eine schlechtere Aufwandserwartung beobachtet. Zwischen allen anderen Bildungsgraden kann der Effekt nicht in dieser Ausprägung festgestellt werden.

**H8-C:** „Der Bildungsgrad der Konsument\*innen beeinflusst die technischen Grundvoraussetzungen.“



Die Prüfung der Hypothese erfolgt durch die Ergebnisse des ANOVA-Tests, dargestellt in Tabelle 26. Für den Einfluss des Bildungsgrades auf den Faktor FC konnte ein F-Wert von 20,09 sowie ein P-Wert von 0,0001 erzielt werden, was einen statistisch höchst signifikanten Einfluss beschreibt. Die Nullhypothese zu H8-C kann damit widerlegt werden.

Personen mit Pflichtschulabschluss bewerten die technischen Grundvoraussetzungen im Mittel um 1,63 Punkte schlechter als Personen mit Hochschulabschluss. Auch im Vergleich mit den restlichen Bildungsgraden, Matura und Lehrabschluss, wird eine schlechtere Aufwandserwartung beobachtet. Personen mit Lehrabschluss haben im Mittel ebenfalls eine um 1,03 Punkte schlechtere Bewertung abgegeben als Personen mit Hochschulabschluss. Zwischen den restlichen Bildungsgraden kann der Effekt nicht in dieser Ausprägung festgestellt werden.

### 7.3 Finales Technologie-Akzeptanzmodell

Durch die Prüfung der aufgestellten Hypothesen ist es möglich, ein finales Modell zur Bewertung der Akzeptanz von Blockchain-Technologien in der Lebensmittelindustrie zu präsentieren.

Das in Abschnitt 5.2 vorgeschlagenen Modell zur Akzeptanz von Blockchain-Lösungen im Lebensmittelsektor kann zu einem hohen Anteil bestätigt werden. Für den Faktor FC konnte kein statistisch signifikanter Einfluss festgestellt werden. Daher wurde der Faktor aus dem Modell entfernt. Das Geschlecht der befragten Personen hat die Bewertungen ebenfalls nicht beeinflusst. Aus Mangel an tatsächlich existierenden Systemen konnte das konkrete Nutzungsverhalten in dieser Forschungsarbeit nicht überprüft werden, wodurch das Modell nur für die Erklärung der Nutzungsabsicht verwendet werden kann. Damit ergibt sich das folgende Modell:

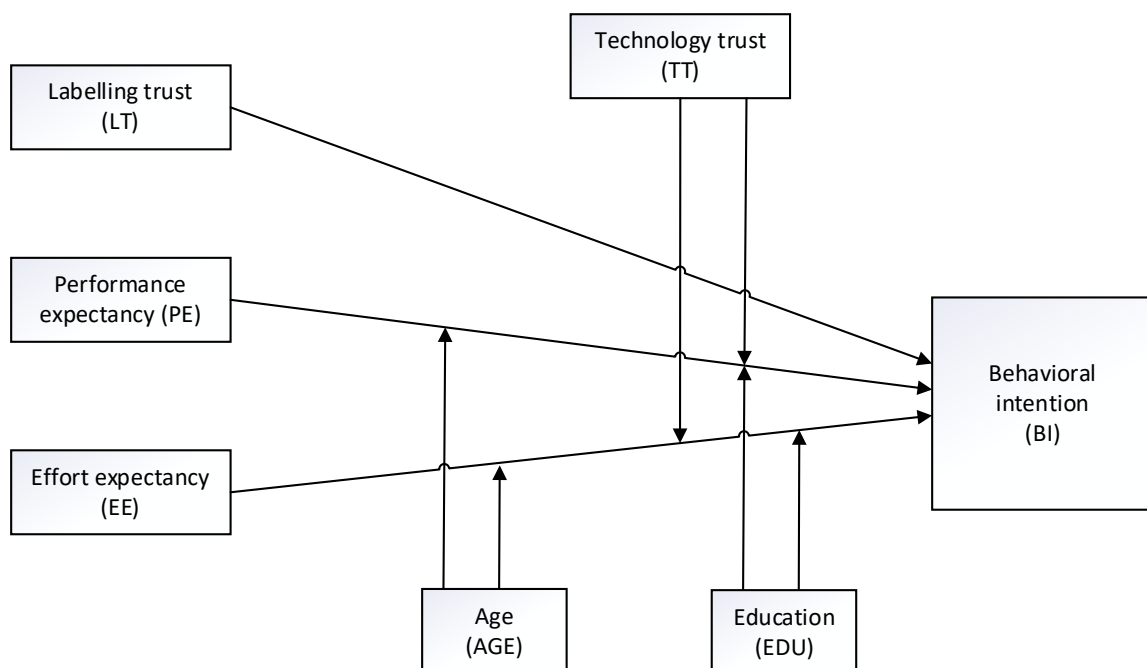


Abbildung 34: Finales Technologie-Akzeptanzmodell, eigene Darstellung

## 7.4 Ausblick

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde eine Basis geschaffen, um Blockchain-Technologien in der Lebensmittelindustrie für Konsumentinnen und Konsumenten sinnvoll einsetzen zu können. Die insgesamt hohe Nutzungsabsicht zeigt, dass diese interessiert sind, ihre Vertrauensdefizite in den Industriezweig bei Vorhandensein einer geeigneten technischen Lösung abzubauen. Das vorgestellte Akzeptanzmodell kann als Basis für zukünftige Forschungsprojekte dienen.

Forschungen in folgenden Bereichen könnten auf der vorliegenden Arbeit aufbauen und den Weg zu konkreten Implementierungen ebnet:

- Erarbeiten von Möglichkeiten, wie das Wissen um den Mehrwert dieser Technologie, besonders in Gesellschaftsschichten mit geringerem Bildungsgrad, verbreitet werden kann;
- Erstellung eines funktionsfähigen Prototyps, um das tatsächliche Nutzungsverhalten eines solchen Systems prüfen zu können und das bestehende Modell damit zu erweitern;
- Bewertung des konkreten Verkaufserfolgs von Produkten mit offen gelegtem Herstellungsprozess zur Attraktivitätssteigerung für die Produzentinnen und Produzenten;
- Erklärung der starken Schwankung der Leistungs- und Aufwandserwartung sowie der daraus resultierenden Nutzungsabsicht nach Altersgruppen.

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AGE	Age, Alter
ANOVA	Analysis of Variance
ATT	Attitude toward Using
AVE	Average Variance Extracted, durchschnittlich extrahierte Varianz
BI	Behavioral Intention, Nutzungsabsicht
C-TAM-TPB	Combined TAM and TPB
DLT	Distributed-Ledger-Technologie
DOI	Diffusion of Innovation
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
EDU	Education, Bildungsgrad
EE	Effort Expectancy, Aufwandserwartung
EOU	Perceived Ease of Use
ETH	Ethereum
EU	Europäische Union
EUV	EU-Verordnung
EXP	Experience, Erfahrung
FC	Facilitating Conditions, technische Grundvoraussetzungen
GDR	Gender, Geschlecht
IDT	Innovation Diffusion Theory
IoT	Internet of Things
LT	Labelling Trust, Vertrauen in Produktkennzeichnungen
LV	latente Variable
MM	Motivational Model
MPCU	Model of PC Utilization
MV	Manifest Variable
NGO	Non Governmental Organisation, Nichtregierungsorganisation
PE	Performance Expectancy, Leistungserwartung
PLS	Partial Least Squares
PLS-PM	Partial Least Squares Path Modelling
PLS-R	Partial Least Squares Regression
PoA	Proof of Authority
PoS	Proof of Stake
PoW	Proof of Work
SCT	Social Cognitive Theory
SI	Social Influence, gesellschaftlicher Druck
TAM	Technology Acceptance Model
TPB	Theory of Planned Behaviour
TRA	Theory of Reasoned Action
TT	Technology Trust, Vertrauen in die Technologie
USE	System Use, Use Behavior, Nutzungsverhalten
USEF	Perceived Usefulness
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
VOL	Voluntariness of use, Freiwilligkeit

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Verschlüsselung mittels asymmetrischer Kryptografie, in Anlehnung an Drescher (2017) ....	8
Abbildung 2: Asymmetrische Verschlüsselung, in Anlehnung an Drescher (2017) .....	9
Abbildung 3: Signatur mittels asymmetrischer Kryptografie, eigene Darstellung in Anlehnung an Drescher (2017) .....	10
Abbildung 4: Einfacher Aufbau einer Blockchain, in Anlehnung an Yaga et al. (2018) .....	11
Abbildung 5: Transaktionen innerhalb eines Blocks, eigene Darstellung, in Anlehnung an Bhutta et al. (2021) .....	12
Abbildung 6: Evolution einer Transaktion in verteiltem Ledger, eigene Abbildung in Anlehnung an Rauchs et al. (2018) .....	13
Abbildung 7: Block-Hash in PoW-Konsensmechanismus, in Anlehnung an Mika und Goudz (2019) .....	15
Abbildung 8: Prüfung der Komplexitätsvorgabe in PoW-Konsensmechanismus, in Anlehnung an Mika und Goudz (2019) .....	16
Abbildung 9: Kategorisierung von Blockchain-Systemen, eigene Darstellung in Anlehnung an Ballandies et al. (2022) .....	19
Abbildung 10: Kategorisierung von Blockchains nach Mika und Goudz, vgl. Mika und Goudz (2019) .....	20
Abbildung 11: Technology Acceptance Model, in Anlehnung an Davis (1985) .....	29
Abbildung 12: UTAUT-Modell in Anlehnung an Venkatesh et al. (2003) .....	31
Abbildung 13: Modell zur Akzeptanz von Blockchain-Technologie im Logistiksektor, in Anlehnung an Francisco und Swanson (2018) .....	33
Abbildung 14: Modell zur Akzeptanz von Blockchain-Technologien im Tourismussektor, eigene Darstellung angelehnt an Chang et al. (2022) .....	33
Abbildung 15: Vorgeschlagenes Modell zur Akzeptanz von Blockchain-Lösungen im Lebensmittelsektor, eigene Darstellung .....	37
Abbildung 16: Vorstellung des Systems im Fragebogen, eigene Darstellung .....	40
Abbildung 17: Beispielablauf der Nutzung im Fragebogen, eigene Darstellung .....	41
Abbildung 18: Inneres Modell der Strukturgleichung, eigene Darstellung .....	56
Abbildung 19: Äußeres Modell der Strukturgleichung, eigene Darstellung .....	57
Abbildung 20: Grafische Auswertung der Ladungen der Untersuchungsobjekte, eigene Darstellung .....	59
Abbildung 21: Pfadkoeffizienten und Signifikanz, per p-Wert, des Gesamtmodells, eigene Darstellung ..	61
Abbildung 22: Einfluss des Bildungsgrades auf PE, eigene Darstellung .....	65
Abbildung 23: Bewertung der Frage PE1 der Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘, eigene Darstellung .....	65
Abbildung 24: Einfluss des Bildungsgrads auf EE, eigene Darstellung .....	66
Abbildung 25: Bewertung der Frage EE2 der Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘, eigene Darstellung .....	67
Abbildung 26: Einfluss des Bildungsgrades auf FC, eigene Darstellung .....	68
Abbildung 27: Bewertung der Frage FC1 der Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘, eigene Darstellung .....	68

Abbildung 28: Einfluss des Alters auf PE, eigene Darstellung .....	70
Abbildung 29: Bewertung der Frage PE2 der Altersgruppen ‚25-34 Jahre‘ und ‚über 50 Jahre‘, eigene Darstellung .....	71
Abbildung 30: Einfluss des Alters auf EE, eigene Darstellung .....	72
Abbildung 31: Bewertung der Frage EE2 der Altersgruppen ‚25-34 Jahre‘ und ‚über 50 Jahre‘, eigene Darstellung .....	72
Abbildung 32: Einfluss des Alters auf FC, eigene Darstellung .....	73
Abbildung 33: Bewertung der Frage FC1 der Altersgruppen ‚25–34 Jahre‘ und ‚über 50 Jahre‘, eigene Darstellung .....	74
Abbildung 34: Finales Technologie-Akzeptanzmodell, eigene Darstellung .....	81

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 - Anwendung einer SHA256-Hash-Funktion .....	7
Tabelle 2 - Übernahme von Transaktionen in Bitcoin-Blockchain .....	14
Tabelle 3 - PoW-Lösung mittels Trial and Error .....	16
Tabelle 4 - Inhaltliche Fragen des Fragebogens .....	41
Tabelle 5 - Demografische Fragen des Fragebogens .....	43
Tabelle 6 - Gegenüberstellung Geschlechterverteilung Statistik Austria vs. Stichprobe .....	45
Tabelle 7 - Gegenüberstellung Bildungsgrad Statistik Austria vs. Stichprobe .....	45
Tabelle 8 - Gegenüberstellung Altersverteilung Statistik Austria vs. Stichprobe .....	46
Tabelle 9 - Deskriptive Analyse des Faktors EE – Teil 1 .....	47
Tabelle 10 - Deskriptive Analyse des Faktors EE – Teil 2 .....	48
Tabelle 11 - Deskriptive Analyse des Faktors FC – Teil 1 .....	49
Tabelle 12 - Deskriptive Analyse des Faktors FC – Teil 2 .....	50
Tabelle 13 - Deskriptive Analyse des Faktors LT – Teil 1 .....	50
Tabelle 14 - Deskriptive Analyse des Faktors LT – Teil 2 .....	51
Tabelle 15 - Deskriptive Analyse des Faktors PE .....	52
Tabelle 16 - Deskriptive Analyse des Faktors TT – Teil 1 .....	53
Tabelle 17 - Deskriptive Analyse des Faktors TT – Teil 2 .....	54
Tabelle 18 - Deskriptive Analyse des Faktors BI .....	54
Tabelle 19 - Deskriptive Analyse des Faktors USE .....	55
Tabelle 20 - Bewertung der internen Konsistenz der Konstrukte .....	58
Tabelle 21 - Faktorladungen der Untersuchungsobjekte .....	59
Tabelle 22 - Faktorladungen der Untersuchungsobjekte TT2, FC3 und USE2 zu allen Konstrukten .....	60
Tabelle 23 - Pfadkoeffizienten und Signifikanz des Gesamtmodells .....	61
Tabelle 24 - Gruppenvergleich der Konstrukte der Geschlechter ‚männlich‘ und ‚weiblich‘ .....	63
Tabelle 25 - Gruppenvergleich der Pfadkoeffizienten der Geschlechter ‚männlich‘ und ‚weiblich‘ .....	63
Tabelle 26 - Gesamteinfluss des Bildungsgrades .....	64
Tabelle 27 - Einfluss des Bildungsgrades auf PE .....	64
Tabelle 28 - Einfluss des Bildungsgrades auf EE .....	66
Tabelle 29 - Einfluss des Bildungsgrades auf FC .....	67
Tabelle 30 - Analyse der Pfadkoeffizienten der Bildungsgrade ‚Pflichtschulabschluss‘ und ‚Hochschulabschluss‘ .....	69
Tabelle 31 - Gesamteinfluss des Alters .....	70
Tabelle 32 - Einfluss des Alters auf PE .....	70
Tabelle 33 - Einfluss des Alters auf EE .....	71
Tabelle 34 - Einfluss des Alters auf FC .....	73
Tabelle 35 - Analyse der Pfadkoeffizienten der Alterskategorien ‚über 50 Jahre‘ und ‚25 bis 34 Jahre‘ .....	74
Tabelle 36 - Zusammenfassung der Hypothesenprüfung .....	77

## LITERATURVERZEICHNIS

- Agrawal, T. K., Angelis, J., Khilji, W. A., Kalaiarasan, R. & Wiktorsson, M. (2022). Demonstration of a blockchain-based framework using smart contracts for supply chain collaboration. *International Journal of Production Research*, 1–20. doi:10.1080/00207543.2022.2039413
- Alazab, M., Alhyari, S., Awajan, A. & Abdallah, A. B. (2021). Blockchain technology in supply chain management: an empirical study of the factors affecting user adoption/acceptance. *Cluster Computing* 24 (1), 83–101. doi:10.1007/s10586-020-03200-4
- Andolfatto, D. (2018). Blockchain: What It Is, What It Does, and Why You Probably Don't Need One. *Review* 100 (2), 87–95. doi:10.20955/r.2018.87-95
- Arias-Oliva, M., Pelegrín-Borondo, J. & Matías-Clavero, G. (2019). Variables Influencing Cryptocurrency Use: A Technology Acceptance Model in Spain. *Frontiers in psychology* 10, 475. doi:10.3389/fpsyg.2019.00475
- Ateniese, G., Bonacina, I., Faonio, A. & Galesi, N. (2014). *Proofs of Space: When Space is of the Essence*, Universität Rom. Rom. <https://citeseerx.ist.psu.edu/>.
- Baliga, A. (2017). *Understanding blockchain consensus models*.
- Ballandies, M. C., Dapp, M. M. & Pournaras, E. (2022). Decrypting distributed ledger design-taxonomy, classification and blockchain community evaluation. *Cluster Computing* 25 (3), 1817–1838. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10586-021-03256-w>.
- Bhutta, M. N. M., Khwaja, A. A., Nadeem, A., Ahmad, H. F., Khan, M. K., Hanif, M. A., Song, H., Alshamari, M. & Cao, Y. (2021). A Survey on Blockchain Technology: Evolution, Architecture and Security. *IEEE Access* 9, 61048–61073. doi:10.1109/ACCESS.2021.3072849
- Blockchain.com. (2022). Bitcoin Block #757,919. <https://www.blockchain.com/explorer/blocks/btc/757919>. Zugegriffen: 29. Juni 2023.
- Chang, M., Walimuni, A. C., Kim, M. & Lim, H. (2022). Acceptance of tourism blockchain based on UTAUT and connectivism theory. *Technology in Society* 71, 102027. doi:10.1016/j.techsoc.2022.102027
- Cho, E. (2016). Making Reliability Reliable. *Organizational Research Methods* 19 (4), 651–682. doi:10.1177/1094428116656239

- Coinmarketcap.com. (2023). Bitcoin Overview, Coinmarketcap.com. <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/>. Zugegriffen: 29. Juni 2023.
- Condos, J., Sorrell, W. H. & Donegan, S. L. (2016). *Blockchain Technology: Opportunities and Risks*.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika* 16 (3), 297–334. doi:10.1007/BF02310555
- Davis, F. D. (1985). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results*. Massachusetts.
- Demaine, E. D. & Liu, Q. C. (2017). Inapproximability of the Standard Pebble Game and Hard to Pebble Graphs. In F. Ellen, A. Kolokolova & J.-R. Sack (Hrsg.), *Algorithms and data structures. 15th International Symposium, WADS 2017, St. John's, NL, Canada, July 31-August 2, 2017, proceedings / Faith Ellen, Antonina Kolokolova, Jörg-Rüdiger Sack (Eds.)* (Lecture notes in computer science, 0302-9743, Bd. 10389, Bd. 10389, S. 313–324). Cham: Springer.
- Dhillon, V. (2021). *Blockchain Enabled Applications. Understand the Blockchain Ecosystem and How to Make it Work for You* (2nd edition). Berkeley, CA: Apress.
- Di Guida, N., Krikser, T. & Christoph-Schulz, I. (2021). *Vertrauen in Bio-Lebensmittel aus der Verbrauchersicht*. Braunschweig.
- Drescher, D. (2017). *Blockchain Basics. A Non-Technical Introduction in 25 Steps* (SpringerLink Bücher, 1st edition). Berkeley, CA: Apress.
- Dudenredaktion. (2022). "Vertrauen" auf Duden online. <https://www.duden.de/node/195724/revision/1373508>. Zugegriffen: 26. Dezember 2022.
- Dziembowski, S., Faust, S., Kolmogorov, V. & Pietrzak, K. (2015). Proofs of Space. In R. Gennaro & M. Robshaw (Hrsg.), *Advances in cryptology - CRYPTO 2015. 35th Annual Cryptology Conference, Santa Barbara, CA, USA, August 16-20, 2015 : proceedings / Rosario Gennaro, Matthew Robshaw (eds.)* (LNCS sublibrary: SL4 - Security and cryptology, 9215-9216, Bd. 9216, S. 585–605). Heidelberg: Springer.
- Esposito Vinzi, V., Chin, W. W., Henseler, J. & Wang, H. (Hrsg.). (2010). *Handbook of Partial Least Squares. Concepts, Methods and Applications* (Springer Handbooks of Computational Statistics). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ethereum Foundation. (2022). Proof-of-Stake (POS). <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/>. Zugegriffen: 10. Oktober 2022.



Europäische Kommission (Hrsg.). *Verordnung Nr. 1169/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates.*

Europäische Kommission (Hrsg.). *Durchführungsverordnung Nr. 1337/2013 der Europäischen Kommission. vom 13. Dezember 2013.*

Europäisches Parlament. (2013). Bericht über die Nahrungsmittelkrise, Betrug in der Nahrungskette und die entsprechende Kontrolle. A7-0434/2013. [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-7-2013-0434\\_DE.pdf](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-7-2013-0434_DE.pdf).

Falwadiya, H. & Dhingra, S. (2022). Blockchain technology adoption in government organizations: a systematic literature review. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing* 15 (3), 473–501. [https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jgoss-09-2021-0079/full/pdf?casa\\_token=bs065ayzxrqaaaaa:8di\\_6h-re08w1ypwvmxannzjx2jrsqtnyydsowy8bbavu4m2xm6qtspan5ay8vbsjzsywlnadtu8xwv3vvjo5viurm33abipf5etsbyltazbwdo0nhvg](https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jgoss-09-2021-0079/full/pdf?casa_token=bs065ayzxrqaaaaa:8di_6h-re08w1ypwvmxannzjx2jrsqtnyydsowy8bbavu4m2xm6qtspan5ay8vbsjzsywlnadtu8xwv3vvjo5viurm33abipf5etsbyltazbwdo0nhvg).

Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research.* Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.

Francisco, K. & Swanson, D. (2018). The Supply Chain Has No Clothes: Technology Adoption of Blockchain for Supply Chain Transparency. *Logistics* 2 (1), 2. doi:10.3390/logistics2010002

Füzesi, I., Csordás, A., Reuf, S. & Felföldi, J. (2020). Consumer acceptance of Blockchain-Based Traceability Systems in Food Supply Chains. *Journal of Agricultural Informatics* 11 (1). doi:10.17700/jai.2020.11.1.562

Gagnon, M.-P., Ngangue, P., Payne-Gagnon, J. & Desmartis, M. (2016). m-Health adoption by healthcare professionals: a systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA* 23 (1), 212–220. doi:10.1093/jamia/ocv052

Galvez, J. F., Mejuto, J. C. & Simal-Gandara, J. (2018). Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 107, 222–232. doi:10.1016/j.trac.2018.08.011

Garaus, M. & Treiblmaier, H. (2021). The influence of blockchain-based food traceability on retailer choice: The mediating role of trust. *Food Control* 129, 108082. doi:10.1016/j.foodcont.2021.108082

Gassmann, R. & Itten, R. (2022). *Kundenbindung durch Blockchain. führen mehr Transparenz und mehr Möglichkeiten zur Mitbestimmung zu einer verstärkten Kundenbindung?* Zürich: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

- Haber, S. & Stornetta, W. S. (1991). How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology* 3 (2), 99–111. doi:10.1007/BF00196791
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P. & Ray, S. (2021). Evaluation of the Structural Model. In J. F. Hair, G. T. M. Hult, C. M. Ringle, M. Sarstedt, N. P. Danks & S. Ray (Hrsg.), *PARTIAL LEAST SQUARES STRUCTURAL EQUATION MODELING (PLS-SEM) USING R. A* (Classroom Companion: Business, S. 115–138). [S.I.]: SPRINGER NATURE.
- Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M. & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review* 31 (1), 2–24. doi:10.1108/EBR-11-2018-0203
- Hamida, E. B., Brousmiche, K. L., Levard, H. & Thea, E. *Blockchain for Enterprise: Overview, Opportunities and Challenges*. Vortrag anlässlich The Thirteenth International Conference on Wireless and Mobile Communications (ICWMC 2017). <https://hal.science/hal-01591859/>. Zugegriffen: 22. September 2017.
- Herrmann, R. & Schröck, R. (2012). Unternehmerische Anreize zur Teilnahme an Labelling- und Qualitätssicherungsprogrammen auf heterogenen Lebensmittelmärkten. *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung* 81 (4), 123–145. doi:10.3790/vjh.81.4.123
- Homburg, C. & Giering, A. (1998). *Die Kausalanalyse. Ein Instrument der empirischen betriebswirtschaftlichen Forschung* (Die Kausalanalyse). Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag.
- Hompel, M. ten, Bauernhansl, T. & Vogel-Heuser, B. (Hrsg.). (2020). *Handbuch Industrie 4.0*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Jena, R. K. (2022). Examining the Factors Affecting the Adoption of Blockchain Technology in the Banking Sector: An Extended UTAUT Model. *International Journal of Financial Studies* 10 (4), 90. doi:10.3390/ijfs10040090
- Kiy, M., Terlau, W. & Voth, J. (2015). *Konsumentenbefragungen zum Thema "Fair Trade" und "Bio" an Hochschulen in Nordrhein--Westfalen*.
- Klerkx, L., Jakku, E. & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 90-91 (1), 1–16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521419301769>.
- Knauer, F. & Mann, A. (2020). What is in It for Me? Identifying Drivers of Blockchain Acceptance among German Consumers. *The Journal of the British Blockchain Association* 3 (1), 1–16. doi:10.31585/jbba-3-1-(1)2020

- Lam, T. K., Heales, J., Hartley, N. & Hodgkinson, C. (2020). Consumer Trust in Food Safety Requires Information Transparency. *Australasian Journal of Information Systems* 24. doi:10.3127/ajis.v24i0.2219
- Lin, Q., Wang, H., Pei, X. & Wang, J. (2019). Food Safety Traceability System Based on Blockchain and EPCIS. *IEEE Access* 7, 20698–20707. doi:10.1109/ACCESS.2019.2897792
- Lindner, D. (2020). *Forschungsdesigns der Wirtschaftsinformatik. Empfehlungen für die Bachelor- und Masterarbeit / Dominic Lindner* (essentials, 1. Aufl. 2020). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Loos, J., Bertels, V. & Müller, S. (2013). Die Wirkung des vertrauensstiftenden Fair Trade-Siegels auf die Kaufentscheidung von Verbrauchern. In J. Vollmar, R. Becker & I. Hoffend (Hrsg.), *Macht des Vertrauens. Perspektiven und aktuelle Herausforderungen im unternehmerischen Kontext* (S. 149–183). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Imprint: Springer Gabler.
- Meinel, C., Gayvoronskaya, T. & Schnjakin, M. (2018). *Blockchain - Hype oder Innovation. Hype oder Innovation* (Technische Berichte des Hasso-Plattner-Instituts für Softwaresystemtechnik an der Universität Potsdam, Bd. 113). Potsdam: Universitätsverlag Potsdam.
- Merkle, R. C. (1979). *Secrecy, authentication and public key systems*, Stanford University. Stanford.
- Mika, B. & Goudz, A. (2019). *Blockchain-Technologie in der Energiewirtschaft. Blockchain als Treiber der Energiewende / Bartek Mika, Alexander Goudz* (1. Aufl. 2020). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Mingxiao, D., Xiaofeng, M., Zhe, Z., Xiangwei, W. & Qijun, C. (2017). A review on consensus algorithm of blockchain. In IEEE (Hrsg.), *IEEE international conference on systems man and cybernetics* (S. 2567–2572).
- Mishra, P., Singh, U., Pandey, C. M., Mishra, P. & Pandey, G. (2019). Application of student's t-test, analysis of variance, and covariance. *Annals of cardiac anaesthesia* 22 (4), 407–411. doi:10.4103/aca.ACA\_94\_19
- Moran, T. & Orlov, I. (2019). Simple Proofs of Space-Time and Rational Proofs of Storage. In A. Boldyreva & D. Micciancio (Hrsg.), *Advances in Cryptology -- CRYPTO 2019. 39th Annual International Cryptology Conference, Santa Barbara, CA, USA, August 18-22, 2019, Proceedings. Part I / Alexandra Boldyreva, Daniele Micciancio (eds.)* (LNCS sublibrary. SL 4, Security and cryptology, Bd. 11692, Bd. 11692, S. 381–409). Cham, Switzerland: Springer.

- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Zugegriffen: 28. September 2022.
- Narayanan, A. (2016). *Bitcoin and cryptocurrency technologies. A comprehensive introduction*. Princeton: Princeton University Press.
- Natarajan, H., Krause, S. & Gradstein, H. (2017). *Distributed Ledger Technology and Blockchain*: World Bank, Washington, DC.
- Netemeyer, R. G., Bearden, W. O. & Sharma, S. (2003). *Scaling Procedures. Issues and Applications*: SAGE Publications.
- Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH. (2022). Lebensmittelkontrolle. vom Acker bis zum Teller. <https://www.ages.at/mensch/ernaehrung-lebensmittel/lebensmittelkontrolle>. Zugegriffen: 15. Oktober 2022.
- Rauchs, M., Glidden, A., Gordon, B., Pieters, G., Recanatini, M., Rostand, F., Vagneur, K. & Zhang, B. (2018). *Distributed Ledger Technology Systems. A Conceptual Framework*, University of Cambridge. Cambridge.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (Fifth edition). New York: Free Press.
- Rupprecht, C. D. D., Fujiyoshi, L., McGreevy, S. R. & Tayasu, I. (2020). Trust me? Consumer trust in expert information on food product labels. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association* 137, 111170. doi:10.1016/j.fct.2020.111170
- Salah, K., Nizamuddin, N., Jayaraman, R. & Omar, M. (2019). Blockchain-Based Soybean Traceability in Agricultural Supply Chain. *IEEE Access* 7, 73295–73305. doi:10.1109/access.2019.2918000
- Sanchez, G. (2013). *PLS Path Modeling with R*. Berkeley: Trowchez Editions.
- Sander, F., Semeijn, J. & Mahr, D. (2018). The acceptance of blockchain technology in meat traceability and transparency. *British Food Journal* 120 (9), 2066–2079. doi:10.1108/BFJ-07-2017-0365
- Schlatt, V., Schweizer, A., Urbach, N. & Fridgen, G. (2016). *Blockchain: Grundlagen, Anwendungen und Potenziale*, Fraunhofer Instituts. Bayereuth.
- Schuster, P., Theissen, E. & Uhrig-Homburg, M. (2020). Finanzwirtschaftliche Anwendungen der Blockchain-Technologie. *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 72 (2), 125–147. doi:10.1007/s41471-020-00090-5

- SGS Germany GmbH. (2014). *SGS-Verbraucherstudie 2014. Vertrauen und Skepsis: Was leitet die Deutschen beim Lebensmitteleinkauf?* Hamburg. <https://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2015/42839/pdf/sgs.pdf>.
- Shahbazi, Z. & Byun, Y.-C. (2021). A Procedure for Tracing Supply Chains for Perishable Food Based on Blockchain, Machine Learning and Fuzzy Logic. *Electronics* 10 (1), 41. doi:10.3390/electronics10010041
- Statistik Austria. (2022a, 14. Februar). Bevölkerung in Österreich nach Alter und Geschlecht zu Jahresbeginn 2023. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/718077/umfrage/bevoelkerung-in-oesterreich-nach-altersgruppen-und-geschlecht/>. Zugegriffen: 14. Mai 2023.
- Statistik Austria. (2022b, 27. Juni). Bildungsstand der Bevölkerung in Österreich von 2010 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1235943/umfrage/bildungsstand-der-bevoelkerung-in-oesterreich/>. Zugegriffen: 14. Mai 2023.
- Streiner, D. L. (2003). Being inconsistent about consistency: when coefficient alpha does and doesn't matter. *Journal of personality assessment* 80 (3), 217–222. doi:10.1207/S15327752JPA8003\_01
- Sunny, J., Undralla, N. & Madhusudanan Pillai, V. (2020). Supply chain transparency through blockchain-based traceability: An overview with demonstration. *Computers & Industrial Engineering* 150, 106895. doi:10.1016/j.cie.2020.106895
- Szabo, N. (1997). Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. *First Monday* 2 (9). <http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/548>.
- Taherdoost, H. (2022). A Critical Review of Blockchain Acceptance Models—Blockchain Technology Adoption Frameworks and Applications. *Computers* 11 (2), 24. doi:10.3390/computers11020024
- Tavakol, M. & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International journal of medical education* 2, 53–55. doi:10.5116/ijme.4dfb.8dfd
- Tran, L. T. T. & Nguyen, P. T. (2021). Co-creating blockchain adoption: theory, practice and impact on usage behavior. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics* 33 (7), 1667–1684. doi:10.1108/APJML-08-2020-0609
- USDA. (2021, 30. Dezember). Fraudulent Organic Certificates, Agricultural Marketing Service U.S. Department of Agriculture. <https://www.ams.usda.gov/services/enforcement/organic/fraudulent-certificates>. Zugegriffen: 21. Mai 2022.
- Venkatesh, Morris & Davis. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly* 27 (3), 425. doi:10.2307/30036540

- Venkatesh, V. G., Kang, K., Wang, B., Zhong, R. Y. & Zhang, A. (2020). System architecture for blockchain based transparency of supply chain social sustainability. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 63, 101896. doi:10.1016/j.rcim.2019.101896
- Venkatesh, V. & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science* 46 (2), 186–204. doi:10.1287/mnsc.46.2.186.11926
- Werner, J., Mandel, P., Theilig, M. & Zarnekow, R. (2018). Auswahlprozess zur Identifikation von Einsatzmöglichkeiten für Blockchain-Technologie. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 55 (6), 1244–1259. doi:10.1365/s40702-018-00459-5
- Wobst, R. (2001). *Abenteuer Kryptologie. Methoden, Risiken und Nutzen der Datenverschlüsselung* (net.com - networking & communications, 3., überarb. Aufl.). München: Addison-Wesley.
- Wold, H. (1966). Estimation of principal components and related models by iterative least squares. *Multivariate Analysis*, 391–420. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1572261551103031296>.
- Wu, L., Wang, S., Zhu, D., Hu, W. & Wang, H. (2015). Chinese consumers' preferences and willingness to pay for traceable food quality and safety attributes: The case of pork. *China Economic Review* 35, 121–136. doi:10.1016/j.chieco.2015.07.001
- Wu, W., Zhang, A., van Klinken, R. D., Schrobback, P. & Muller, J. M. (2021). Consumer Trust in Food and the Food System: A Critical Review. *Foods (Basel, Switzerland)* 10 (10). doi:10.3390/foods10102490
- Yaga, D., Mell, P., Roby, N. & Scarfone, K. (2018). *Blockchain technology overview*, Gaithersburg, MD. <https://arxiv.org/pdf/1906.11078>.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H.-N., Chen, W., Chen, X., Weng, J. & Imran, M. (2020). An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms. *Future Generation Computer Systems* 105, 475–491. doi:10.1016/j.future.2019.12.019