

## **Die elektronische Unterschrift im Kontext des Bauprojektes**

### **Bachelorthesis**

Zur Erlangung des akademischen Grades

**Bachelor of Engineering (B.Eng.)**

An der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung Konstanz

**Fakultät Bauingenieurwesen**

Studiengang Bauingenieurwesen

Vorgelegt von Caroline Krämer, [REDACTED]

Bearbeitungszeit vom 01.12.2022 bis 28.02.2023

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Michael Bühler  
Dr.-Ing. Marco Binninger

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie alle wörtlich oder sinngemäß übernommenen Stellen in der Arbeit gekennzeichnet habe. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht als Prüfungsarbeit eingereicht worden.

Karlsruhe, den 25.02.2023

Caroline Krämer



## **Gender-Hinweis**

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Hausarbeit das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

# Inhaltsverzeichnis

<i>Eidesstattliche Erklärung</i> .....	<i>I</i>
<i>Gender-Hinweis</i> .....	<i>II</i>
<i>Abbildungsverzeichnis</i> .....	<i>V</i>
<i>Tabellenverzeichnis</i> .....	<i>V</i>
<i>Abkürzungsverzeichnis</i> .....	<i>VI</i>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung .....	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit .....	3
1.3 Aufbau und Gliederung der Arbeit.....	3
<b>2 Grundlagen und rechtliche Rahmenbedingungen</b> .....	<b>4</b>
2.1 Anwendung der Unterschrift im Rechtsverkehr.....	4
2.2 Funktion einer eigenhändigen Unterschrift .....	6
2.3 Die 3 Arten der elektronischen Unterschrift .....	10
2.3.1 Einfache elektronische Unterschrift .....	11
2.3.2 Fortgeschrittenen elektronische Unterschrift.....	11
2.3.3 Qualifizierte elektronische Unterschrift.....	12
<b>3 Verschlüsselung</b> .....	<b>15</b>
3.1 symmetrische Verschlüsselung .....	16
3.2 asymmetrische Verschlüsselung .....	17
3.3 Hybridverschlüsselung .....	19
3.4 Hashwert .....	20
3.4.1 Prozess mit Zertifikat .....	22
3.5 Ablauf mit der elektronischen Unterschrift.....	24
<b>4 Ist-Analyse</b> .....	<b>25</b>
4.1 Vorgehen .....	25
4.1.1 Ausnahmen .....	29
4.2 Hochrechnung der IST-Analyse .....	30

4.3	<b>Auswertung der IST-Analyse</b> .....	<b>31</b>
4.3.1	Ökologische Betrachtung .....	35
4.3.2	Ökonomische Betrachtung .....	36
<b>5</b>	<b><i>Soll-Zustand</i></b> .....	<b>38</b>
<b>6</b>	<b><i>Soll-Ist-Vergleich</i></b> .....	<b>40</b>
6.1	<b>Drei Säulen Modell</b> .....	<b>40</b>
6.1.1	Ökologie .....	41
6.1.2	Ökonomie .....	42
6.1.3	Soziales .....	43
6.2	<b>Vergleich eines Ablaufes des Vergabeverhandlungsprotokolls</b> .....	<b>43</b>
6.3	<b>Beispielablauf Rechnungsworkflow</b> .....	<b>45</b>
<b>7</b>	<b><i>Schlussbetrachtung</i></b> .....	<b>48</b>
7.1	Diskussion über die Ergebnisse .....	48
7.2	Handlungsempfehlung .....	51
7.3	Fazit.....	52
	<b><i>Literaturverzeichnis</i></b> .....	<b>VIII</b>
	<b><i>Danksagung</i></b> .....	<b>XII</b>
	<b><i>Anhang</i></b> .....	<b>XIII</b>

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Komplexität in der Baubranche .....	2
Abbildung 2: Die Funktionen einer Unterschrift .....	6
Abbildung 3: Einfachste mögliche Vorgehensweise bei einer Verschlüsselung .....	15
Abbildung 4: Schlüsselabhängige Verschlüsselung .....	16
Abbildung 5: Prinzip der asymmetrischen Verschlüsselung .....	17
Abbildung 6: Prinzip der Hybridverschlüsselung.....	19
Abbildung 7: Verfahren der Hashwertberechnung.....	20
Abbildung 8: Verschlüsselungsprozess der Hashfunktion .....	21
Abbildung 9: Ablauf eines Prozesses mit Verschlüsselung und Zertifikat.....	23
Abbildung 10: Filterungsprozess .....	26
Abbildung 11: Ausnahmen.....	29
Abbildung 13: Seitenanzahl pro Jahr .....	33
Abbildung 14: Anzahl pro Jahr.....	34
Abbildung 15: Drei Säulen der Nachhaltigkeit .....	40

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Die Arten der elektronischen Unterschrift .....	10
Tabelle 2: Annahmen zur Hochrechnung .....	28
Tabelle 3: Ist-Kosten.....	37

## Abkürzungsverzeichnis

BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
EES	einfache elektronische Signatur
eIDAS	electronic IDentification, Authentication and Trust Services
eq	Äquivalent
FES	fortgeschrittene elektronische Signatur
GU	Generalunternehmen
NU	Nachunternehmer
QES	qualifizierte elektronische Signatur
SHA	Secure Hash Algorithm
SigG	Signaturgesetz
SSEE	Signaturerstellungseinheit
ÜK2	Überwachungsklasse 2
VHP	Vergabeverhandlungsprotokoll
ZPO	Zivilprozessordnung

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Laut dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. ist „das Baugewerbe einer der größten Arbeitgeber in Deutschland [].“<sup>1</sup>

Mit 5,9% trägt das Baugewerbe, im Jahr 2021, zur gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung bei.<sup>2</sup>

Dabei fallen 33% der Produktion auf Nachunternehmer ab.<sup>3</sup> Das wird auch im Berufsalltag deutlich, so hat ein Generalunternehmen (GU) im Bauprozess mit vielen verschiedenen Vertragspartnern zu tun. Im Vergleich zu einem üblichen Bauunternehmen übernimmt der GU meist die Rohbauleistungen sowie die Vorplanung und die Bauleitung als Eigenleistung. Alle weiteren Leistungen werden von gewerkespezifischen Nachunternehmern übernommen. Aufgrund dessen ist die Leitung eines Bauvorhabens für einen GU sehr komplex. Noch vor dem Baubeginn müssen Nachunternehmer, nachfolgend NU genannt, zunächst durch ein Angebots- und Vergabeprozess ermittelt werden. Danach kommt die Unterzeichnung des Nachunternehmervertrages mit all den dazugehörigen Dokumente und Absicherungen, die ein GU fordern muss. Sobald das Bauvorhaben und die Leistung des NU begonnen haben, stehen erste Abschlagsrechnungen an. Im weiteren Bauablauf kommen Dokumente wie Stundenzettel und Lieferscheine hinzu. Abschließend kommt die Schlussrechnung, die gleichzeitig das Ende der vertraglich vereinbarten Leistung ist. Um all diese und noch weiter Dokumenten geltend zu machen, benötigen sie eine Unterschrift. Daher sind Unterschriften in Bauvorhaben ein wichtiger Bestandteil. Aktuell werden all diese Dokumente ausgedruckt, analog unterschrieben und per Post verschickt. Diese Problematik ist auch unter dem Begriff Medienbruch bekannt, da dabei zwischen digitalen und analogen Medien gewechselt wird. Diese Schnittstellen treten immer dann auf, wenn ein Dokument digital erstellt wird, ausgedruckt, analog ausgefüllt und unterschrieben wird, per Post verschickt und dann wieder von einer Mitarbeiterin in den Computer beziehungsweise das

---

<sup>1</sup> Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Bedeutung der Bauwirtschaft, 2022b.

<sup>2</sup> Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Bedeutung der Bauwirtschaft, 2022a.

<sup>3</sup> Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Bedeutung der Bauwirtschaft, 2022b.

entsprechende System eingetragen werden muss. Durch diese Prozesse entstehen lange Durchlaufzeiten und viel postalischer Aufwand. In Zeiten von Digitalisierung und Prozess-Optimierung, ist das Interesse groß, die Umsetzung der elektronischen Unterschriften im Bauprozess zu ermöglichen und somit auch Durchlaufzeiten zu verringern. So auch bei der weisenburger bau GmbH, die in dieser Abschlussarbeit als Beispielunternehmen dient.

Zur Verdeutlichung: Mit 60 Bauvorhaben im Jahr und jeweils 20 Nachunternehmern pro Baustelle, wären das 1200 Einzelverträge, die unterschrieben und auf jeder Seite parafiert werden müssen. Die folgende Grafik zeigt die Komplexität und Verästelung eines solchen Systems.

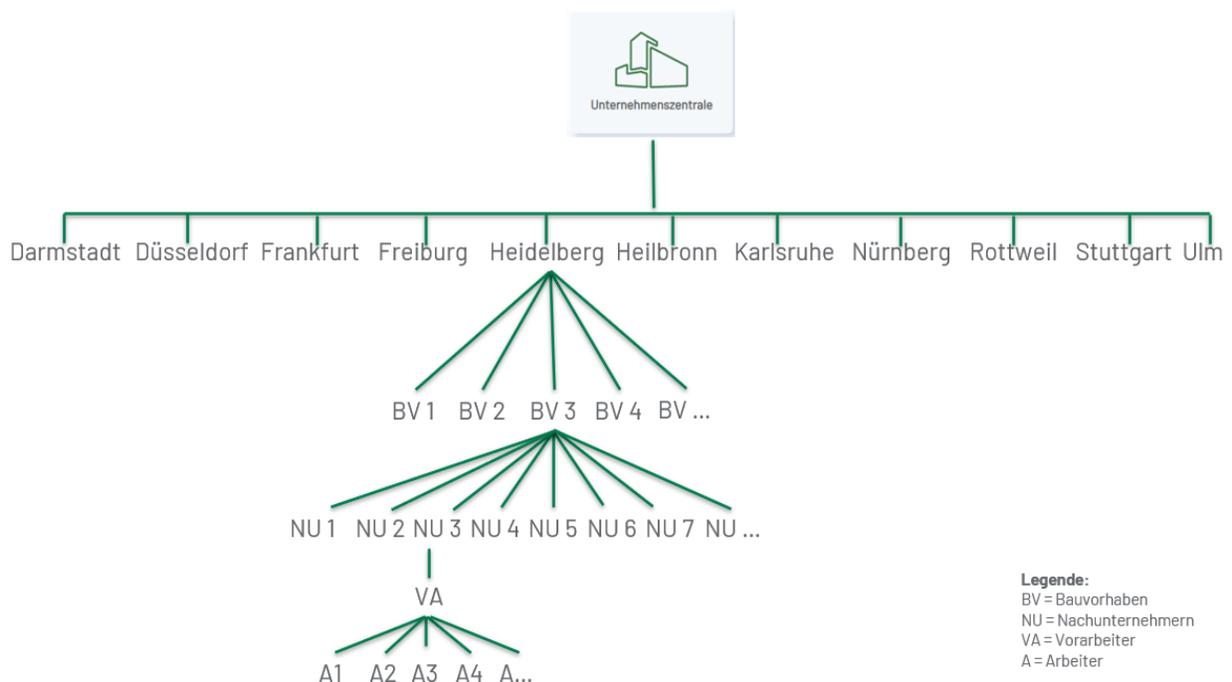


Abbildung 1: Komplexität in der Baubranche

### **1.2 Zielsetzung der Arbeit**

Das Ziel der Arbeit ist es, die Grundlagen und rechtlichen Rahmenbedingungen der elektronischen Unterschrift aufzuzeigen. Mithilfe eines Soll-Ist-Vergleiches sollen sowohl die ökologischen als auch ökonomischen Auswirkung betrachtet werden, die durch die Einführung einer elektronischen Unterschrift zustande kommen. Durch eine Handlungsempfehlung soll für die Zukunft ein Vorgehen definiert werden.

Dabei soll die Forschungsfrage: „Welche rechtlichen Rahmenbedingungen sind notwendig, um in einem Unternehmen die elektronische Unterschrift einzuführen? Welche ökonomischen und ökologischen Auswirkungen hat die Einführung einer elektronischen Unterschrift auf den Bauprozess und das Unternehmen?“ beantwortet werden.

### **1.3 Aufbau und Gliederung der Arbeit**

Im Rahmen dieser Arbeit soll die elektronische Unterschrift in Bezug auf den Bauprozess genauer betrachtet werden. Dazu wird zunächst die Anwendung und Funktion von eigenhändigen Unterschriften genauer beschrieben. Anschließend werden die Grundlagen und die rechtlichen Rahmenbedingungen von elektronischen Signaturen erläutert. Nachdem sich mit der Verschlüsselung und deren verschiedenen Prozess beschäftigt wurde, wird anhand eines Beispieldokumentes die Einführung einer elektronischen Unterschrift dargestellt. Im Rahmen einer Ist-Analyse soll im weiteren Verlauf die Menge an vorhandenen, unterschriebenen Dokumenten ermittelt werden. Die dafür notwendigen Daten sind dabei auf das Beispielunternehmen weisenburger zurückzuführen. Nach der Auswertung der Ist-Analyse wird ein Soll-Zustand erarbeitet. Der darauffolgende Soll-Ist-Vergleich soll dazu dienen, eine Handlungsempfehlung für die Zukunft auszusprechen. Beispielhaft wird eine aktuelle Ablauffolge eines VHP mit der zukünftigen, im Soll-Zustand ermittelten Ablauffolge verglichen. Zusätzlich wird der Rechnungsworkflow, der im Rahmen eines Workshops vom Unternehmen weisenburger ermittelt wurde, beschrieben. Dieser zeigt, wie die fortschreitende Digitalisierung Durchlaufzeiten einer Rechnung verbessert. Die elektronische Unterschrift dient genau dieser Digitalisierung. In der Schlussbetrachtung werden die erarbeiteten Ergebnisse zusammengefasst und diskutiert.

## 2 Grundlagen und rechtliche Rahmenbedingungen

### 2.1 Anwendung der Unterschrift im Rechtsverkehr

Damit Verträge oder Ähnliches zustande kommen, müssen zwei übereinstimmende Willenserklärungen erfolgen und Abgabe sowie Zugang müssen erforderlich sein.<sup>4</sup> In den meisten Fällen ist eine Willenserklärung formfrei.<sup>5</sup> Das bedeutet, dass es den beiden Parteien frei ist, welche Form sie wählen.<sup>6</sup> Sie müssen sich nur einig sein. Hier kann zwischen schriftlich, mündlich, elektronisch, telefonisch oder auch nur per Handschlag gewählt werden. Bei wenigen Fällen muss eine gesetzliche Art der Formerfordernis angewendet werden. Hier unterscheidet das Bürgerliche Gesetzbuch (BGB) in fünf Arten der Formerfordernis:

1) In die nach §126 BGB Schriftform:

(1) Ist durch Gesetz schriftliche Form vorgeschrieben, so muss die Urkunde von dem Aussteller eigenhändig durch Namensunterschrift oder mittels notariell beglaubigten Handzeichens unterzeichnet werden.

(2) Bei einem Vertrag muss die Unterzeichnung der Parteien auf derselben Urkunde erfolgen. Werden über den Vertrag mehrere gleichlautende Urkunden aufgenommen, so genügt es, wenn jede Partei die für die andere Partei bestimmte Urkunde unterzeichnet.

(3) Die schriftliche Form kann durch die elektronische Form ersetzt werden, wenn sich nicht aus dem Gesetz ein anderes ergibt.

(4) Die schriftliche Form wird durch die notarielle Beurkundung ersetzt.

2) In die nach §126a BGB elektronische Form:

(1) Soll die gesetzlich vorgeschriebene schriftliche Form durch die elektronische Form ersetzt werden, so muss der Aussteller der Erklärung dieser seinen Namen hinzufügen und das elektronische Dokument mit seiner qualifizierten elektronischen Signatur versehen.

(2) Bei einem Vertrag müssen die Parteien jeweils ein gleichlautendes Dokument in der in Absatz 1 bezeichneten Weise elektronisch signieren.

---

<sup>4</sup> § 130 BGB Abs. 1

<sup>5</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 5.

<sup>6</sup> Vgl. ebd.

### 3) In die nach §126b BGB Textform:

Ist durch Gesetz Textform vorgeschrieben, so muss eine lesbare Erklärung, in der die Person des Erklärenden genannt ist, auf einem dauerhaften Datenträger abgegeben werden. Ein dauerhafter Datenträger ist jedes Medium, das

1. es dem Empfänger ermöglicht, eine auf dem Datenträger befindliche, an ihn persönlich gerichtete Erklärung so aufzubewahren oder zu speichern, dass sie ihm während eines für ihren Zweck angemessenen Zeitraums zugänglich ist, und
2. geeignet ist, die Erklärung unverändert wiederzugeben

Im Vergleich zu der Schriftform wird hier keine Unterschrift verlangt. Da durch eine fehlende Unterschrift ein genauer Dokumentenabschluss nicht erkennbar ist, sind Floskeln wie: „Diese Erklärung ist ohne Unterschrift gültig“, „gez. Name“, eine Grußformel, das Wort Ende oder ähnliches [...]“<sup>7</sup> möglich, oder auch ein eingescanntes Bild einer Unterschrift.

### 4) In die nach §128 BGB notarielle Beurkundung:

Ist durch Gesetz notarielle Beurkundung eines Vertrags vorgeschrieben, so genügt es, wenn zunächst der Antrag und sodann die Annahme des Antrags von einem Notar beurkundet wird.

### 5) In die nach §129 BGB öffentlichen Beglaubigung:

(1) Ist für eine Erklärung durch Gesetz öffentliche Beglaubigung vorgeschrieben, so muss die Erklärung

1. in schriftlicher Form abgefasst und die Unterschrift des Erklärenden von einem Notar beglaubigt werden oder
2. in elektronischer Form abgefasst und die qualifizierte elektronische Signatur des Erklärenden von einem Notar beglaubigt werden.

---

<sup>7</sup> Gruhn, V. u. a., Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 5.

In dem Gesetz kann vorgesehen werden, dass eine Erklärung nur nach Satz 1 Nummer 1 oder nach Satz 1 Nummer 2 öffentlich beglaubigt werden kann.

(2) Wurde eine Erklärung in schriftlicher Form von dem Erklärenden mittels notariell beglaubigten Handzeichens unterzeichnet, so erfüllt die Erklärung auch die Anforderungen nach Absatz 1 Satz 1 Nummer 1.

(3) Die öffentliche Beglaubigung wird durch die notarielle Beurkundung ersetzt.

### 2.2 Funktion einer eigenhändigen Unterschrift

Damit eine elektronische Unterschrift einer manuellen Unterschrift gleicht und sowohl gesetzlich als auch privat anerkannt wird, muss sie weiterhin alle Eigenschaften einer manuellen Unterschrift erfüllen.<sup>8</sup> Eine eigenhändige Unterschrift hat unterschiedliche Funktionen in ihrer Anwendung.<sup>9</sup> Die Funktionen einer Unterschrift werden im Folgenden genauer erläutert.

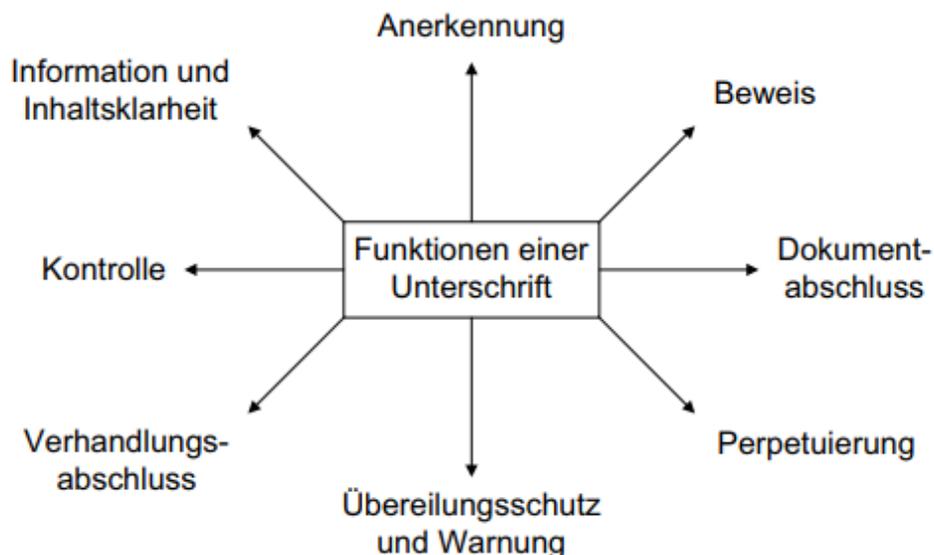


Abbildung 2: Die Funktionen einer Unterschrift<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.13.

<sup>9</sup> *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S.134–135.

<sup>10</sup> Unverändert übernommen aus *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.17.

- 1) Mit der *Anerkennungsfunktion* wird durch die Unterschrift des Unterzeichners der Inhalt des Dokuments anerkannt.<sup>11</sup>
- 2) Durch die *Beweisfunktion* kann die Echtheit eines Dokumentes bewiesen werden.<sup>12</sup> Diese erleichtert zum Beispiel im Streitfall die Beweisfunktion. „Eine eigenhändige Unterschrift gilt in Deutschland nach § 415 ZPO als Beweisfunktion und erweitert daher die Beweisführung im Streitfall.“<sup>13</sup> Bei dieser Funktion ist die elektronische Signatur vom Vorteil, da hier diese Signatur vor nachträglicher Manipulation schützt und somit verhindert werden kann, dass Änderungen am Dokument vorgenommen werden.
- 3) Die *Dokumentabschlussfunktion* oder auch *Abschlussfunktion*<sup>14</sup> genannt, dient zur Vollendung eines Dokumentes. Mit der Unterschrift unter einem Dokument gibt der Unterzeichner eine konkludente Willenserklärung ab. Sollte unter der Unterschrift noch weitere Textpassagen stehen, so zählen dies nicht mehr als Teil des unterschriebenen Dokumentes.<sup>15</sup> Daher besteht die Schwierigkeit bei der elektronischen Signatur darin, dass vorher gewährleistet sein muss, dass der zu Unterzeichnende das Dokument vollständig gelesen bzw. eingesehen hat. Wenn der zu Unterzeichnende nur bestimmte Textpassagen unterzeichnen möchte, muss klar erkennbar sein, welche das sind. Schwer zu erkennen, wird das, wenn die Unterschrift in einem separaten Fenster oder auf einem Pad gemacht wird. Erst wenn das alles gewährleistet ist, dann darf eine elektronische Unterschrift gesetzt werden.
- 4) Eine weitere Funktion ist die *Perpetuierungsfunktion*. Bei dieser muss gewährleistet sein, dass der Empfänger für eine bestimmte Zeit lang die Möglichkeit hat, das unterzeichnete Dokument zu öffnen und auszudrucken. Denn durch die „Schriftform wird eine Willenserklärung langfristig dokumentiert“.<sup>16</sup> So muss bei einem elektronischen Dokument gewährleistet sein, dass dieses gespeichert und ausgedruckt werden kann. Sowohl bei einer manuellen als auch bei einer elektronischen Unterschrift ist es möglich, dass das Dokument an Beweiskraft verliert, wenn nicht nach einer gewissen Zeit eine

---

<sup>11</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.13.

<sup>12</sup> Vgl. ebd.

<sup>13</sup> *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S. 135.

<sup>14</sup> Vgl. *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S. 134.

<sup>15</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.14.

<sup>16</sup> *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 14.

Nachsignierung erfolgt.<sup>17</sup> Das bedeutet aber nicht, dass dieses Dokument nicht mehr gültig ist. Bei elektronischen Signaturen ist es zusätzlich möglich, Dokumente, die auf Datenträger oder ähnlichem abgespeichert sind, verloren gehen oder zerstört werden.<sup>18</sup> Daher wird, anders als bei manuellen unterschriebenen Dokumenten, ein verlustfreies Kopieren von vollständigen Daten akzeptiert.

- 5) Mit der *Warnfunktion* oder auch *Übereilungsschutzfunktion* wird der Unterzeichner vor übereiligen Schritten gewarnt. Bevor ein Vertrag oder ein wichtiges Dokument unterschrieben wird, sollte sich der Unterzeichner ausreichend Bedenkzeit einplanen. Eine Unterschrift ist rechtsverbindlich, so sollte vorab gut überlegt sein, ob diese getätigt wird und welche Auswirkungen dies hat.<sup>19</sup> Erfolgen kann dieser Warnhinweis bei der elektronischen Unterschrift zum Beispiel mit einem separaten Fenster oder Dialogfeld. Die Schwierigkeit hierbei liegt in der Überprüfung, ob dabei der Warnhinweis von der richtigen Person gelesen wird und ob man das Fenster nicht einfach wegklicken kann, wie meist üblich.
- 6) Eine Unterschrift dient ebenso zur Vollendung einer Erklärung, so hat sie Anwendung in der *Verhandlungsabschlussfunktion* oder auch *Abschlussfunktion*. Wird diese Unterschrift gesetzt, so ist davon auszugehen, dass alle Inhalte in dem Dokument zusammen ausgehandelt und gegenseitig bestätigt worden sind.<sup>20</sup> Es ist zusätzlich vom Vorteil, bei elektronischen Austauschen schon die Entwurfsdokumente zu signieren, um vor Fälschungen und Übertragungsfehler zu schützen.<sup>21</sup> Hierbei muss jedoch klar erkennbar sein, dass es sich bei dem jeweiligen Dokument um einen Entwurf handelt.
- 7) Mit Hilfe der *Kontrollfunktion* kann durch Dritte der Inhalt eines Dokuments bzw. einer Urkunde leicht kontrolliert werden: „Formvorschriften können auch zur Erleichterung staatlicher Kontrollen erlassen sein [].“<sup>22</sup> So finden die Kontrollfunktionen Anwendung, bei notarieller beurkundet.
- 8) Bei der *Informations- und Inhaltsklarheitsfunktion* ist eine Unterschrift erstmal nicht dringend notwendig. Die Inhalte der Dokumente dienen, wie die Funktion

---

<sup>17</sup> Vgl. Gruhn, V. u. a., Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.15.

<sup>18</sup> Vgl. ebd.

<sup>19</sup> Vgl. Pohlmann, N., Cyber-Sicherheit, 2022, S.135.

<sup>20</sup> Vgl. Pohlmann, N., Cyber-Sicherheit, 2022, S.134.

<sup>21</sup> Vgl. Gruhn, V. u. a., Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.16.

<sup>22</sup> Gruhn, V. u. a., Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 16.

schon sagt, als Information. Sie sollen dem Leser Klarheit schaffen. Das geschriebene Wort ist verständlicher und so können auf langer Sicht Missverständnisse vermieden werden.<sup>23</sup> Für solche Arten von Dokumenten hat der deutsche Gesetzgeber die Textform eingeführt, siehe Kapitel 2.1.

Außerdem gibt es noch zwei weitere wichtige Funktionen, die nicht in Abbildung 2 aufgelistet sind: die Identitätsfunktion und die Echtheitsfunktion. Bei der *Identitätsfunktion* wird mit der Unterschrift deutlich, welche Person unterschrieben hat und wer die Verantwortung übernimmt.<sup>24</sup> Durch die *Echtheitsfunktion*, wird aufgrund der Unterschrift die Echtheit und die Herkunft des Dokumentes dargestellt.<sup>25</sup> Die Verifizierung eines Dokumentes erfolgt mit der Übereinstimmung der Unterschrift. Dazu benötigt die persönliche Unterschrift ein eindeutiges Merkmal. So können Unterschriften nachträglich mit älteren Unterschriften verglichen werden, welche dann die Echtheit beweisen.

---

<sup>23</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.16.

<sup>24</sup> Vgl. *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S.134.

<sup>25</sup> Vgl. ebd.

### 2.3 Die 3 Arten der elektronischen Unterschrift

Eine elektronische Unterschrift kann in drei unterschiedliche Arten aufgeteilt werden, die in der Tabelle 1 dargestellt sind. Von links nach rechts nimmt die Güte und Sicherheit sowie die Anforderung an die Unterschrift zu.

Tabelle 1: Die Arten der elektronischen Unterschrift<sup>26</sup>

Eigenschaften	EES			FES		QES	
	geringe Sicherheitsstufe		mittlere Sicherheitsstufe		hohe Sicherheitsstufe		
Eindeutige Zuordnung zum Unterzeichner			✓		✓		
Ermöglichung der Identifizierung des Unterzeichners			✓		✓		
Erstellung unter Verwendung elektronischer Signatureinstellungsdaten			✓		✓		
Änderung der Daten nachverfolgbar			✓		✓		
Validierung der Identität im Vorhinein					✓		
Signaturschlüssel liegt in qualifizierter elektronischer Signaturerstellungseinheit					✓		

Mit der eIDAS-Verordnung (electronic IDentification, Authentication and Trust Services), welche ab dem 01.07.2016 gilt, besteht eine europaweite Regelung zum Thema „Elektronische Identifizierung“ und „Elektronische Vertrauensdienste“. <sup>27</sup>

In den folgenden Kapiteln werden die drei unterschiedlichen Arten der elektronischen Unterschrift beschrieben.

<sup>26</sup> In anlehnung an *Hunner, M.*, Die 3 Arten der elektronischen Signatur - alles was Sie darüber wissen müssen, 2022.

<sup>27</sup> Vgl. *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik*, eIDAS-Verordnung über elektronische Identifizierung und Vertrauensdienste.

### 2.3.1 Einfache elektronische Unterschrift

Die einfache elektronische Signatur, kurz EES, ist eine der drei zu unterscheidenden Signaturen. Gemäß §2 [SigG] sind „elektronische Signaturen“ Daten in elektronischer Form, die anderen elektronischen Daten beigefügt oder logisch mit ihnen verknüpft sind und die zur Authentifizierung dienen. Die Fälschungssicherheit bei dieser Form der Signatur hat keine bestimmten Anforderungen auch die Zuordnung zwischen der Unterschrift und der Person muss nicht gegeben sein.<sup>28</sup> Daher wird auch schon die Signatur bei einer E-Mail oder die Absenderangabe als einfache elektronische Signatur bezeichnet.<sup>29</sup> Nachteil der einfachen elektronischen Signatur ist, dass nicht sichergestellt werden kann, ob eine Unterschrift nur per Foto auf das Dokument eingescannt wurde, oder ob das Dokument nachträglich verändert wurde.<sup>30</sup> Trotzdem ist die einfache elektronische Signatur rechtsgültig und kann als Beweismittel genutzt werden.

### 2.3.2 Fortgeschrittenen elektronische Unterschrift

Bei der fortgeschrittenen elektronischen Signatur, kurz FES, handelt es sich um eine Erweiterung der einfachen elektronischen Signatur. Sie erfüllt zusätzlich zu den Anforderungen der EES die Anforderung der eIDAS–Verordnung Artikel 26. Diese sind:

- a) Sie ist eindeutig dem Unterzeichner zugeordnet.
- b) Sie ermöglicht die Identifizierung des Unterzeichners.
- c) Sie wird unter Verwendung elektronischer Signaturerstellungsdaten erstellt, die der Unterzeichner mit einem hohen Maß an Vertrauen unter seiner alleinigen Kontrolle verwenden kann.
- d) Sie ist so mit den auf diese Weise unterzeichneten Daten verbunden, dass eine nachträgliche Veränderung der Daten erkannt werden kann.

Durch spezielle Programme, die problemlos auf dem Computer abrufbar sind, kann die FES mit wenig Aufwand ausgeführt werden.<sup>31</sup> Damit die Unterschrift eindeutig dem

---

<sup>28</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.7.

<sup>29</sup> Vgl. ebd.

<sup>30</sup> Vgl. ebd.

<sup>31</sup> Vgl. ebd., S. 7f.

Unterzeichner zugeordnet werden kann, hat dieser die alleinige Kontrolle über die verwendeten und benötigten Mittel, um eine FES auszuführen. Möglichkeiten zur Authentifizierung der zu unterzeichnenden Person ist zum einen über den Besitz eines kryptografischen Schlüssels oder zum anderen über biometrische Merkmale möglich.<sup>32</sup> Der kryptografische Schlüssel wird im Kapitel 3 genauer erklärt. Die Anwendungsfelder der FES sind ähnlich die der EES, deshalb sind sie für alle formfreien Rechtsgeschäfte einsetzbar.<sup>33</sup> Jedoch erfüllen sie nicht die Anforderungen einer Schriftform gemäß §126 BGB. Durch die Anforderungen der FES muss versichert sein, dass es nicht mehr möglich ist ein Dokument nachträglich zu verändern. Etwaige Änderung des Dokumentes müssen demnach ersichtlich sein.

### 2.3.3 Qualifizierte elektronische Unterschrift

Die letzte der drei zu unterscheidenden Unterschriften ist die qualifizierte elektronische Unterschrift, kurz QES. Diese beinhaltet alle Anforderungen der EES und der FES.<sup>34</sup> Bei der QES gilt die Beweislastumkehr bedeutet, dass der Unterzeichner vor Gericht beweisen muss, dass er die Unterschrift nicht willentlich getätigt hat.<sup>35</sup> Somit steht eine QES sogar über einer händischen Unterschrift. Damit aber eine elektronische Unterschrift als QES eingestuft werden kann, muss diese Unterschrift mit einer Signaturerstellungseinheit (SSEE) erzeugt werden und zusätzlich ein qualifiziertes Zertifikat aufweisen.<sup>36</sup>

Eine Signaturerstellungseinheit ist eine unabhängige Stelle, die den Signaturschlüssel enthält.<sup>37</sup> Die eIDAS-Verordnung definiert in Artikel 3 die elektronische Signaturerstellungseinheit als eine konfigurierte Software oder Hardware, die zum Erstellen einer elektronischen Signatur verwendet wird. Sowohl der Unterzeichner als auch alle die das unterzeichnete Dokument akzeptieren wollen, müssen der SSEE vertrauen.<sup>38</sup> Die eIDAS-Verordnung schreibt im Artikel 29 für die qualifizierten

---

<sup>32</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 8 f.

<sup>33</sup> Vgl. ebd., S.8f.

<sup>34</sup> Vgl. ebd.

<sup>35</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 19.

<sup>36</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 8; *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik/Dr. Hühnlein, D./Dr. Korte, U.*, Grundlagen der elektronischen Signatur, 2021, S. 8 f.

<sup>37</sup> Vgl. *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik/Dr. Hühnlein, D./Dr. Korte, U.*, Grundlagen der elektronischen Signatur, 2021, S.48.

<sup>38</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 8.

elektronischen Signatureinstellungseinheiten bestimmt Anforderungen vor. Infolgedessen muss die SSEE gewährleisten, dass durch ihre Techniken und Verfahren die Vertraulichkeit der Daten sichergestellt ist. Die Signaturerstellungsdaten müssen gegen Fälschung und Anwendung Dritter geschützt werden. Des Weiteren dürfen die zu unterzeichnenden Daten nicht verändert werden. Falls das Dokument Veränderungen aufweist, muss drauf hingewiesen werden. Die Verwaltung und Erzeugung der Unterschrift darf nur von dem qualifizierten Vertrauensdienstleister durchgeführt werden.

Damit nun auch die Unterschrift als qualifiziert eingestuft werden kann, muss ein qualifiziertes Zertifikat vorhanden sein. Die Vergabe des qualifizierten Zertifikats erfolgt über eine Zertifizierungsstelle. Solch ein Dienstleister kann beispielsweise über die nationale Vertrauensliste gesucht werden. Diese Liste wird von dem eIDAS-Dashboard zur Verfügung gestellt, welche eine offizielle Website der Europäischen Union ist. Die eIDAS-Verordnung hat bestimmte Anforderungen für das qualifizierte Zertifikat bestimmt, welche in der eIDAS-Verordnung Anhang 1 nachzulesen sind. So muss zum einen der Name des Unterzeichners und der Gültigkeitszeitraum des Zertifikats erkennbar sein. Zum anderen muss der Ort, an dem das Zertifikat kostenlos zur Verfügung steht und an dem das Zertifikat überprüft werden kann, angegeben werden. Damit ein Zertifikat ausgehändigt wird, muss von den Vertrauensdiensteanbietern die Identität und die spezifischen Attribute überprüft werden. Auf der Seite der Bundesnetzagentur sind die verschiedenen Identifizierungsmethoden aufgeführt. Diese Methoden sind europaweit durch die eIDAS-Verordnung und in Deutschland durch das Vertrauensdienstegesetz geregelt. Folgende Möglichkeiten zur Prüfung der Identität sind:<sup>39</sup>

- „den Nachweis der Identität durch die persönliche Anwesenheit der natürlichen/juristischen Person oder eines bevollmächtigten Vertreters (z.B. in einer Postfiliale, Point of Sale),
- die Identifizierung aus der Ferne mit einem elektronischen Identifizierungsmittel - in Deutschland insbesondere mit der eID-Funktion des Personalausweises,

---

<sup>39</sup> Bundesnetzagentur, Fragen zu elektronischen Vertrauensdiensten, o.D.

- ein bereits vorhandenes qualifiziertes Zertifikat, dass anhand der Identifizierung durch persönliche Anwesenheit oder eID-Funktion ausgestellt wurde,
- andere Identifizierungsmethoden, die durch nationales Recht vorläufig anerkannt sind und gleichwertige Sicherheit zur persönlichen Anwesenheit gewährleisten. In Deutschland sind dies u.a. Identitätsprüfungen mittels Videoidentifizierung durch eine entsprechend geschulte Person oder mittels Künstlicher Intelligenz.“

Um den gewünschten Schlüssel benutzen zu können, muss vorab eine Legitimation erfolgen. Diese Legitimation erfolgt durch den Besitz eines Gegenstandes, meist die Signatureinstellungseinheit selbst, und über ein Passwort/Pin oder über biometrische Merkmale, wie Fingerabdruck oder Unterschrift.<sup>40</sup> Ist diese Legitimation erfolgt, wird von der SSEE eine Signatur vorgenommen. Wichtig ist, dass der Unterzeichner auch nur das unterzeichnet, was er sieht, dabei dürfen keine versteckten Kommentare oder Fenster mit an das Dokument beigefügt werden.<sup>41</sup>

---

<sup>40</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.8.

<sup>41</sup> Vgl. ebd.

### 3 Verschlüsselung

Wie im Kapitel 2.3 erwähnt, wird sowohl für die FES als auch für die QES eine Verschlüsselung der Dokumente benötigt. Daher wird sich in diesem Kapitel mit dem Thema genauer befasst.

Ziel der Verschlüsselung ist, Nachrichten vor Veränderungen und vor Dritten zu schützen.<sup>42</sup> Um dieses Vorhaben umzusetzen, wird das Verfahren der Kryptographie angewendet. Kryptographie ist eine weit verbreitete Schlüsseltechnik.

In Abbildung 3 wird die einfachste Möglichkeit einer Verschlüsselung dargestellt. Hier wird eine Klartext-Nachricht mit dem sogenannten Verschlüsselungsverfahren (Verschlüsselungsalgorithmus) in einen Geheimtext (Chiffre) umgewandelt.<sup>43</sup> Um die jeweiligen Texte zu ver- und entschlüsseln benötigt man einen sogenannten geheimen Schlüssel.



Abbildung 3: Einfachste mögliche Vorgehensweise bei einer Verschlüsselung<sup>44</sup>

Bei der Verschlüsselung gibt es mehrere Verfahren, die zwei grundlegenden Verfahren sind die symmetrische und asymmetrische Verschlüsselung. Diese werden in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

---

<sup>42</sup> Vgl. Pohlmann, N., Cyber-Sicherheit, 2022, S.62.

<sup>43</sup> Vgl. Gruhn, V. u. a., Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.26.

<sup>44</sup> Pohlmann, N., Cyber-Sicherheit, 2022, S. 62.

### 3.1 symmetrische Verschlüsselung

Bei der symmetrischen Verschlüsselung gibt es einen Schlüssel.<sup>45</sup> Dieser wird vom Absender für die Verschlüsselung und später vom Empfänger für die Entschlüsselung benötigt (siehe auch Abbildung 4). Problem bei diesem Verfahren ist der Austausch der Schlüssel. Dieser muss geheim und sicher ablaufen und im besten Fall sollte dieser regelmäßig ausgetauscht werden.<sup>46</sup> Der Austausch der Schlüssel spielt eine wichtige Rolle und bietet eine große Angriffsfläche für Hacker. Da sich dieses Thema jedoch weitgehend mit der IT beschäftigt, wird in dieser Arbeit nicht weiter darauf eingegangen. Problematisch wird es, sobald es mehr als zwei Kommunikationspartner gibt. Denn bei der symmetrischen Verschlüsselung braucht man für jeden Kommunikationspfad einen Schlüssel, so wird zum Beispiel für fünf verschiedene Kommunikationspartner ( $n$ ) zehn verschiedene Schlüssel  $(n * (n - 1) / 2)$  benötigt.<sup>47</sup>



Abbildung 4: Schlüsselabhängige Verschlüsselung<sup>48</sup>

---

<sup>45</sup> Vgl. *Stoll, P. P.*, Der Einsatz von E-Procurement in mittelgroßen Unternehmen, 2008, S. 154; *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S. 78; *Manz, O.*, Verschlüsseln, Signieren, Angreifen, 2019, S. 22; *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 28; *Buchmann, J.*, Einführung in die Kryptographie, 2016, S. 74.

<sup>46</sup> Vgl. *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S.83.

<sup>47</sup> Vgl. ebd.

<sup>48</sup> Unverändert übernommen aus *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S.63.

### 3.2 asymmetrische Verschlüsselung

Im Vergleich zur symmetrischen Verschlüsselung, gibt es bei der asymmetrischen Verschlüsselung zwei unterschiedliche Schlüssel.<sup>49</sup> Diese werden auch Schlüsselpaar genannt. So gibt es einen öffentlichen (public-Key) und einen privaten (privat-Key) Schlüssel.<sup>50</sup> Der öffentliche Schlüssel dient zum Verschlüsseln und Prüfen von Signaturen. Der private Schlüssel dient zum Entschlüsseln und Erzeugen von Signaturen (siehe Abbildung 5). Jeder Kommunikationspartner benötigt ein Schlüsselpaar. Daher wird für jeden Kommunikationsendpunkt ein Schlüsselpaar benötigt, fünf Kommunikationspartner = fünf Schlüsselpaare. Damit nun der Absender eine sichere Nachricht dem Empfänger zukommen lassen kann, benötigt dieser den öffentlichen Schlüssel des Empfängers.

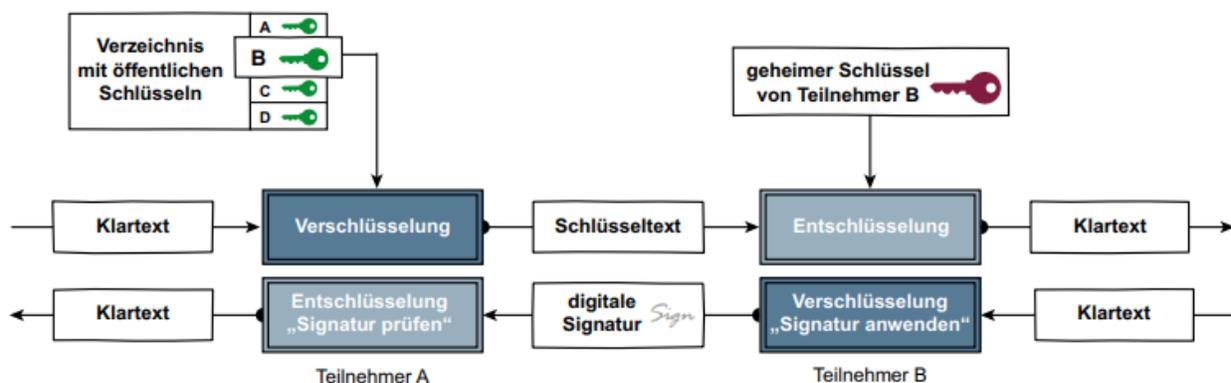


Abbildung 5: Prinzip der asymmetrischen Verschlüsselung<sup>51</sup>

Dieses asymmetrische Verschlüsselungsverfahren wird auch Public-Key-Verfahren genannt.<sup>52</sup> Damit dieses Verfahren als sicher angesehen werden kann, darf der geheime Schlüssel des Empfängers nicht aus dem öffentlichen Schlüssel des Absenders ableitbar sein und er muss Angriffe mithilfe der Chosen-plaintext-Methode

<sup>49</sup> Vgl. *Stoll, P. P.*, Der Einsatz von E-Procurement in mittelgroßen Unternehmen, 2008, S. 155; *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S. 95; *Meier, A./Tschudi, F.*, Der Computer erscheint im Holozän, 2021, S. 32; *Manz, O.*, Verschlüsseln, Signieren, Angreifen, 2019, S. 58; *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 29; *Buchmann, J.*, Einführung in die Kryptographie, 2016, S. 76; *Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik/Dr. Hühnlein, D./Dr. Korte, U.*, Grundlagen der elektronischen Signatur, 2021, S. 21.

<sup>50</sup> Vgl. *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S. 95.

<sup>51</sup> Unverändert übernommen aus *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S.96.

<sup>52</sup> Vgl. *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S.95; vgl. *Manz, O.*, Verschlüsseln, Signieren, Angreifen, 2019, S.55; vgl. *Buchmann, J.*, Einführung in die Kryptographie, 2016, S.77.

abwehren können.<sup>53</sup> Die Chosen-plaintext-Methode dient dazu, einen Angriff gegen Kryptosysteme zu verhindern.<sup>54</sup> Auf die Chosen-plaintext-Methode wird im Rahmen der Arbeit nicht weiter eingegangen, nachzulesen ist diese und weitere Methoden im Buch „Cyber-Sicherheit, Pohlmann“.

Damit dieses Verfahren funktioniert, müssen beide Bedingungen erfüllt sein, was aber recht schwierig ist, da aus mathematischer Sicht der geheime Schlüssel immer in Relation zum öffentlichen Schlüssel steht.<sup>55</sup> Daher wird der öffentliche Schlüssel mit einer Einwegfunktion generiert.<sup>56</sup> „Eine Einwegfunktion ist intuitiv eine Funktion, die sich ‚leicht‘ berechnen, aber nur sehr ‚schwer‘ invertieren lässt[.]“<sup>57</sup>, so das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Zum besseren Verständnis, ein mathematisches Beispiel, die Quersumme einer Zahl.<sup>58</sup> Die Quersumme der Zahl 25 ist 7, mit Quersumme (q) = 2+5 = 7. Die Inverse (eineindeutige Umkehrfunktion) existiert hier nicht. So kann die Quersumme 7 aus 16,61,34,43,25,52,1006,6010,700,2005 und vielen weiteren Zahlen ermittelt werden.

Da es aber durchaus möglich ist, die gesuchte Zahl zu ermitteln, in diesem Beispiel die Zahl 25, werden kollisionsfreie Einwegfunktionen benutzt.<sup>59</sup> Als Kollision wird hier die Ermittlung des privaten Schlüssels durch den öffentlichen Schlüssel bezeichnet. Diese kollisionsfreien Einwegfunktionen werden auch als Hashfunktion bezeichnet.<sup>60</sup> Bei diesen Funktionen ist es extrem unwahrscheinlich, eine Umkehrfunktion zu ermitteln. Tritt eine solche Kollision ein, so ist es für Dritte möglich die verschlüsselten Nachrichten zu lesen oder zu verändern.

---

<sup>53</sup> Vgl. Pohlmann, N., Cyber-Sicherheit, 2022, S. 95.

<sup>54</sup> Vgl. Pohlmann, N., Cyber-Sicherheit, 2022, S.66.

<sup>55</sup> Vgl. Pohlmann, N., Cyber-Sicherheit, 2022, S.96.

<sup>56</sup> Vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik/Dr. Hühnlein, D./Dr. Korte, U., Grundlagen der elektronischen Signatur, 2021, S.21.

<sup>57</sup> Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik/Dr. Hühnlein, D./Dr. Korte, U., Grundlagen der elektronischen Signatur, 2021, S. 22.

<sup>58</sup> Vgl. Gruhn, V. u. a., Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.31.

<sup>59</sup> Vgl. ebd.

<sup>60</sup> Vgl. Gruhn, V. u. a., Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.31; vgl. Buchmann, J., Einführung in die Kryptographie, 2016, S.255.

### 3.3 Hybridverschlüsselung

Die asymmetrische Verschlüsselung ist zwar sicherer als die symmetrische, jedoch ist ihr Verfahren auch viel zeitaufwendiger und komplexer.<sup>61</sup> Daher gibt es ein Hybrides Verschlüsselungsverfahren, welches die beiden Methoden (symmetrisch und asymmetrisch) vereint.<sup>62</sup> In Abbildung 6 wird eine Hybridverschlüsselung aufgezeigt. Die Nachricht wird mit dem geheimen Schlüssel symmetrisch verschlüsselt und verschickt. Der geheime Schlüssel wird von dem Sender (A) mit dem öffentlichen Schlüssel des Empfängers (B) verschlüsselt und ebenfalls verschickt. Der Empfänger (B) muss dann mit seinem privaten Schlüssel den geheimen Schlüssel entschlüsseln. Nun kann er mit dem geheimen Schlüssel die verschlüsselte Nachricht entschlüsseln.

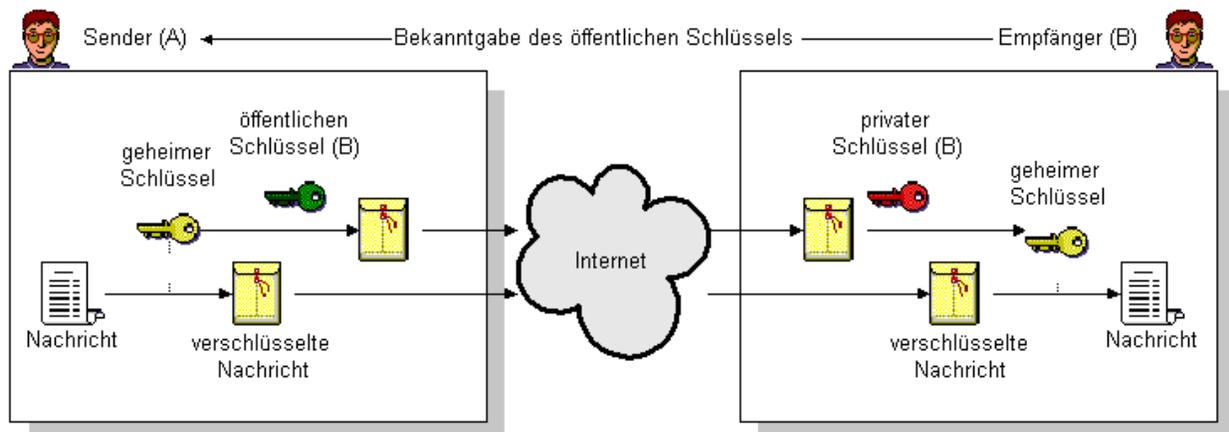


Abbildung 6: Prinzip der Hybridverschlüsselung<sup>63</sup>

<sup>61</sup> Vgl. Pohlmann, N., Cyber-Sicherheit, 2022, S.102; vgl. Buchmann, J., Einführung in die Kryptographie, 2016, S.76.

<sup>62</sup> Vgl. Pohlmann, N., Cyber-Sicherheit, 2022, S.102.

<sup>63</sup> Unverändert übernommen aus *Hybride Verfahren*, Hybride Verfahren, 2010.

### 3.4 Hashwert

Die Hashfunktion ist ein weiteres Verschlüsselungsverfahren. Das Ergebnis der Hashfunktion ist der Hashwert.<sup>64</sup> In Abbildung 7 wird das Verfahren der Hashwertberechnung dargestellt. Für das zu versendende Dokument, hier dargestellt als Klartext, wird über eine spezielle Software ein Hashwert errechnet. Der Hashwert besteht aus einer beliebig langen Zahlenfolge. Dabei spielt die Länge des Hashwerts eine wichtige Rolle.<sup>65</sup> Zum einen sollte dieser nicht zu lang sein, damit die spätere Versendung nicht zu komplex wird und zu viel Speicherplatz benötigt. Zum anderen darf die Zahlenfolge nicht zu kurz sein, damit diese nicht von unbefugten entschlüsselt werden kann. Daher müssen aus Sicherheitsgründen die Verschlüsselungsverfahren immer wieder erneuert werden.<sup>66</sup> Neben dem Verfahren SHA-256 (Secure Hash Algorithm), mit einer Ausgabelänge von 256 Bit gibt es auch noch SHA-224, SHA-384 und viele mehr. Die verschiedenen Verfahren sind nachzulesen im Buch „Cyber-Sicherheit, Pohlmann“, werden jedoch nicht weiter behandelt, da sie nicht Teil der Arbeit sind.



Abbildung 7: Verfahren der Hashwertberechnung<sup>67</sup>

Wie schon bei der asymmetrischen Verschlüsselung erwähnt, ist die Hashfunktion eine kollisionsfreie Einwegfunktion. So ist es praktisch unmöglich von dem erzeugten Hashwert Rückschlüsse auf den Klartext zu bekommen oder zwei Nachrichten zu

<sup>64</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S. 31.

<sup>65</sup> Vgl. *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S.106.

<sup>66</sup> Vgl. ebd.

<sup>67</sup> In Anlehnung an *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S.105.

finden, die den gleichen Hashwert haben. Daher wird der Hashwert eines Dokumentes auch als „digitaler Fingerabdruck“ bezeichnet.<sup>68</sup>

Abbildung 8 zeigt den Verschlüsselungsprozess durch die Hashfunktion. Für das zu versendende Dokument wird mittels der Hashfunktion ein Hashwert (Fingerabdruck) erstellt. Mit dem privaten Schlüssel des Senders (A) und einer geeigneten Software wird der Hashwert verschlüsselt. Dieser verschlüsselte Hashwert, wird auch als Signatur bezeichnet. Anders als bei der manuellen Unterschrift, wird nun das Dokument getrennt von der Unterschrift an den Empfänger (B) geschickt. Der Empfänger (B) betrachtet nun die Unterschrift und das Dokument getrennt voneinander. Mit dem öffentlichen Schlüssel von Sender (A) und einer geeigneten Software entschlüsselt er die Signatur und erhält einen Hashwert. Für das Dokument muss er mit einer geeigneten Software, die denselben Algorithmus benutzt, wie Sender (A) einen Hashwert des Dokumentes berechnen lassen. Sind die Hashwerte identisch, so sind Dokument und Unterschrift authentisch. Sollte das Dokument verändert worden sein oder die Unterschrift nicht zu dem Dokument gehören, so ergibt sich für den jeweilige Fall einen anderen Hashwert. Die Hashwerte sind nun nicht mehr identisch.

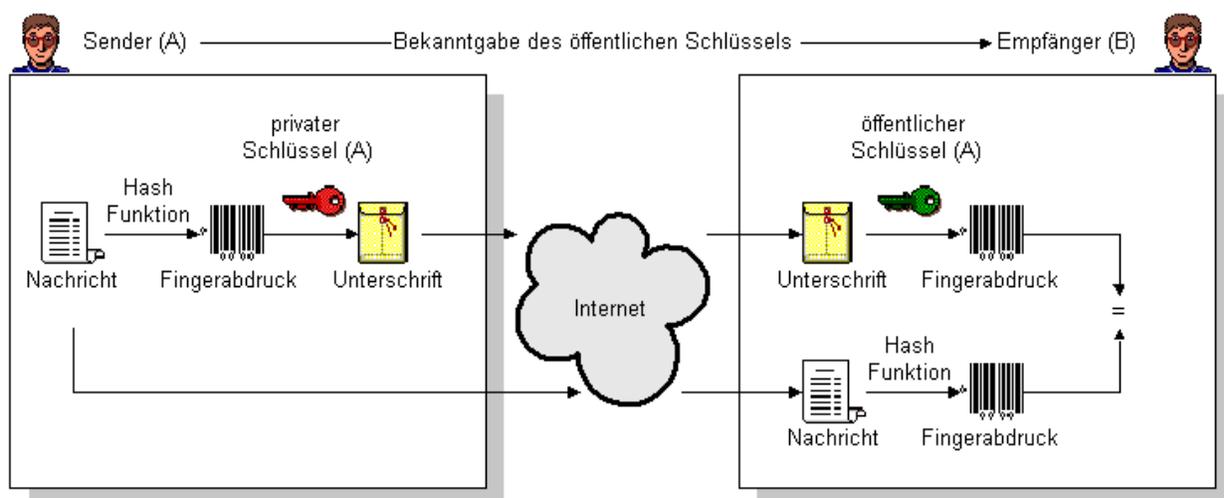


Abbildung 8: Verschlüsselungsprozess der Hashfunktion<sup>69</sup>

<sup>68</sup> Vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik/Dr. Hühnlein, D./Dr. Korte, U., Grundlagen der elektronischen Signatur, 2021, S. 44.

<sup>69</sup> Unverändert übernommen aus *Digitale Signatur*, Digitale Signatur, o.D.

Die Hashverschlüsselung bietet mehrere Vorteile. Ein großer Vorteil ist die geringe Speicherplatzmenge, die sowohl zum Versenden als auch zum Speichern benötigt wird.<sup>70</sup> Schon die elektronische Signatur allein ist sehr umfangreich und zusammen mit dem Dokument würde sich der Speicherbedarf verdoppeln. Für jede weitere Unterschrift würde sich die Speichermenge vervielfachen. So wird im Vergleich zur asymmetrischen und symmetrischen Verschlüsselung nicht das ganze Dokument verschlüsselt, sondern nur der Hashwert.<sup>71</sup> Daher kann bei Hashverfahren die Unterschrift getrennt vom Dokument betrachtet werden und je nach Bedarf auch separat gespeichert werden.<sup>72</sup> Des Weiteren ist eine asymmetrische Verschlüsselung sehr rechenintensiv, so benötigt man viel Zeit zum ver- und entschlüsseln. Dagegen ist sowohl die Hashwertberechnung als auch der Hashverfahren mit umfangreichen Dokumenten sehr schnell durchführbar. Ein weiterer Vorteil des Hashverfahrens ist das Zusammenspiel mit mehreren Unterschriften. Es können mehrere Unterschriften unabhängig voneinander getätigt werden, besonders bei Beglaubigungen können spätere Unterschriften vorherige miteinschließen.<sup>73</sup> Es besteht kein Problem zur unabhängigen Prüfung der Unterschriften und das Dokument kann auch ohne Schlüssel gelesen werden. Bei der symmetrischen und asymmetrischen Verschlüsselung ist bei einem Verlust eines Schlüssels das Dokument nicht mehr lesbar.

### 3.4.1 Prozess mit Zertifikat

Wie bereits in Kapitel 2.3.3 Qualifizierte elektronische Unterschrift erwähnt, muss eine qualifizierte Unterschrift ein Zertifikat aufweisen. In diesem Kapitel wird der Ablauf eines Prozesses mit Verschlüsselung und Zertifikat erläutert.

Abbildung 9 stellt ein Prozess mit einem Zertifikat gut dar. Das Dokument, welches später unterzeichnet werden soll, wird erstellt. Mit einer geeigneten Software wird für das Dokument ein Hashwert erstellt. Nun wird mit dem privaten Schlüssel, dem Hashwert und einer geeigneten Software zum Verschlüsseln, eine Signatur erzeugt.

---

<sup>70</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.29.

<sup>71</sup> Vgl. *Pohlmann, N.*, Cyber-Sicherheit, 2022, S.136; vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.31; vgl. *Stoll, P. P.*, Der Einsatz von E-Procurement in mittelgroßen Unternehmen, 2008, S.156.

<sup>72</sup> Vgl. *Gruhn, V. u. a.*, Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.31.

<sup>73</sup> Vgl. ebd.

### 3 Verschlüsselung

Nun werden Dokument, Signatur und Zertifikat dem Empfänger übermittelt. Der Empfänger prüft nun das Zertifikat des Absenders und erhält somit den öffentlichen Schlüssel des Empfängers. Auf den Prozess der Überprüfung für das Zertifikat wird im Rahmen der Arbeit nicht weiter eingegangen, nachzulesen ist der Ablauf im Buch „die elektronische Signatur im modernen Geschäftsprozessen“. Jetzt werden mit der getätigten Signatur, dem öffentlichen Schlüssel und mit Hilfe einer Entschlüsselungssoftware der Hashwert erneut erzeugt. Auch für das Dokument wird vom Empfänger ein Hashwert erzeugt und zum Schluss werden diese Hashwerte miteinander verglichen. Stimmen diese letztlich überein so ist die Unterschrift und das Dokument glaubwürdig.

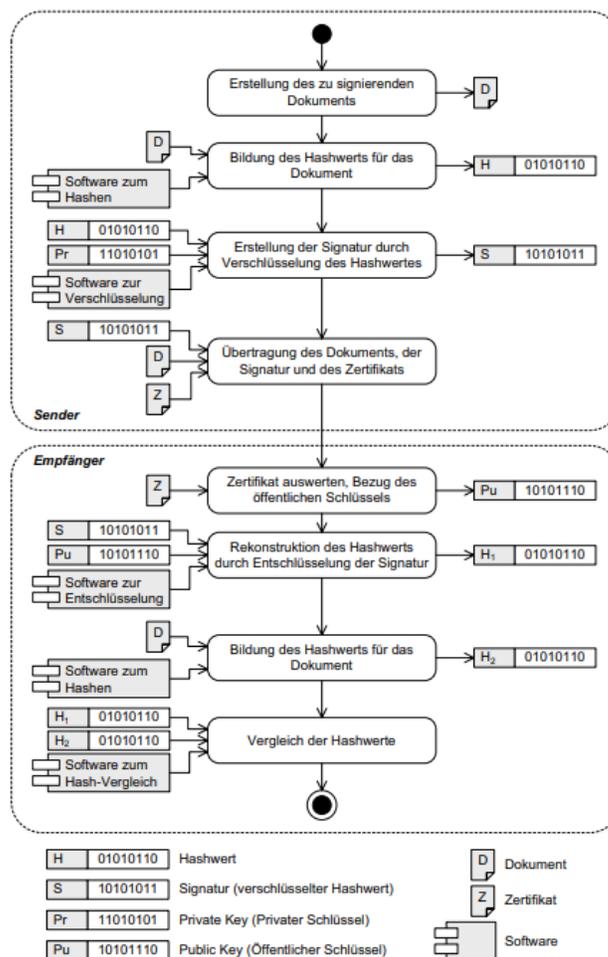


Abbildung 9: Ablauf eines Prozesses mit Verschlüsselung und Zertifikat<sup>74</sup>

<sup>74</sup> Unverändert übernommen aus Gruhn, V. u. a., Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007, S.37.

### 3.5 Ablauf mit der elektronischen Unterschrift

Im folgenden Kapitel wird der Prozess eines Dokuments mit der elektronischen Unterschrift erläutert. Für den Überblick, ist im Anhang A6 der Prozess bildlich dargestellt.

Damit der Ablauf mit einer elektronischen Unterschrift erfolgt, muss vorab ein passender Dienstleister dafür ausgewählt werden. Es gibt immer mehr Dienstleister, die elektronische Unterschriften für Firmenzwecke oder auch für Privatpersonen anbieten. Meist unterscheiden diese sich in ihrer Oberfläche und den jeweiligen Kosten. Wurde sich für einen passenden Dienstleister entschieden so wird für das Unternehmen ein Konto angelegt. Jeder Benutzer innerhalb des Kontos benötigt eine Lizenz, um verschiedene Anwendungen zu nutzen. Benutzer sind hier Mitarbeiter eines Unternehmens. Soll nun ein gewünschtes Dokument unterschrieben werden, so muss es vorher erstellt werden. Diese kann beispielsweise über Microsoft Word erfolgen. Nachdem das erstellte Dokument hochgeladen wurde, wird ein Feld gesetzt, in dem die Unterschrift später erfolgen soll. Dieses Unterschriftenfeld kann nach Belieben gesetzt werden. Weiter Angaben wie Datum, Text, Uhrzeit oder Art der Signierung (nur Nachname oder Namenskürzel) können gewählt werden. Je nach Dienstleister können nun weitere Eigenschaften, wie beispielsweise Erinnerungsmails und Zeitraum bis wann das Dokument unterschrieben werden soll, angegeben werden. Zum Schluss muss nur noch bestimmt werden mit welcher Sicherheitsstufe das Dokument unterzeichnet werden soll und wer der Empfänger ist. Anschließend wird das Dokument verschickt.

Der Empfänger erhält nun eine Benachrichtigung per Mail. Je nach Art der Unterschrift muss sich die zu unterzeichnende Person vor der Signatur identifizieren können. Dies erfolgt beispielsweise über das Hochladen des Ausweisdokumentes. Oder nach den in Kapitel 2.3.3 beschriebenen Möglichkeiten. Eine Registrierung über das Programm ist jedoch nicht von Nöten. Ist die Identität bestätigt so kann die Unterschrift erfolgen. Diese erfolgt sehr simpel, beispielweise durch eine Streich Bewegung auf der Oberfläche oder auch durch eigenständiges Unterzeichnen an einem Touchscreen fähigem Gerät. Wurde die Unterschrift getätigt so wird der Absender benachrichtigt. Für alle Beteiligten steht nun das unterschriebene Dokument zum Download zur Verfügung.

### **4 Ist-Analyse**

Im folgenden Kapitel wird zuerst die Vorgehensweise der zu analysierenden Daten beschrieben, danach wird kurz auf die Hochrechnung der Dokumente eingegangen und zum Schluss wird die Auswertung der Analyse hinsichtlich ökologischer und ökonomischer Prozesse betrachtet.

#### **4.1 Vorgehen**

Dieses Kapitel befasst sich mit der Vorgehensweise der Daten- und Dokumentenaufbereitung und dient dazu, den Ist-Zustand darzustellen und zu definieren.

Für die Analyse wird zunächst eine breitgefächerte Sammlung über die Gesamtheit an Dokumenten durchgeführt, um einen Überblick über das mögliche Potential zu erhalten. Hierbei werden die Quellen Qualitätshandbuch und das firmeninterne Laufwerk eines Projektes genutzt. Die Sammlung ergibt eine Anzahl von 237 Dokumenten.

Um die Gesamtheit auf die wichtigsten Fälle einzuschränken, werden verschiedenen Filterstufen verwendet. Die Arbeit fokussiert sich auf die Projektabwicklung sowie unterschriftrelevante Dokumente. Daher wird in dieser Arbeit ein zweistufiger Prozess zur Filterung der entsprechenden Dokumente genutzt (siehe Abbildung 10).

## 4 Ist-Analyse

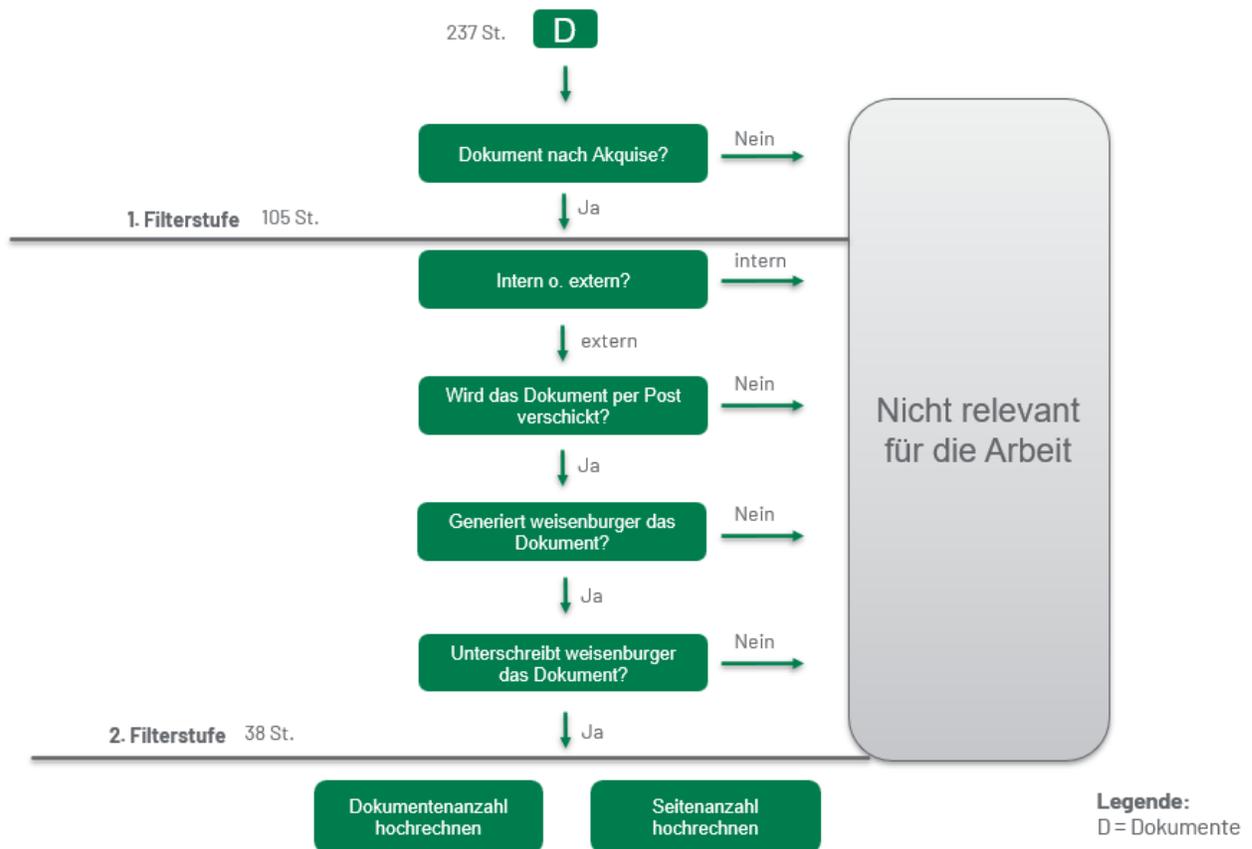


Abbildung 10: Filterungsprozess

In der ersten Filterstufe werden die 237 Dokumente hinsichtlich des Projektzeitraums eingeordnet. Der zu betrachtende Zeitraum befindet sich nach der Akquise, daher sind alle Dokumente, die davor abgewickelt werden, nicht weiter relevant. Nach der ersten Filterstufe kommt es zu einer Anzahl von 105 Dokumenten, die nun weiter in der zweiten Filterstufe betrachtet werden.

In der zweiten Filterstufe durchlaufen die Dokumente weitere vier Betrachtungspunkte. Dabei spielt die Reihenfolge der zu betrachteten Punkte keine Rolle.

Der erste Betrachtungspunkt in der Abbildung 10 ist die Frage „Intern oder extern?“. Vor dem Hintergrund dieser Fragestellung wird das Dokument hinsichtlich seines Verbleibs betrachtet. Wird ein Dokument nur innerhalb des Unternehmens benötigt oder gelangt es auch an Externe. Externe sind alle außerhalb des Unternehmens, beispielsweise Bauherr, Nachunternehmer, Behörden oder Kunden. Aktuell werden alle wichtigen Dokumente per Post bzw. einige noch per Fax verschickt. Denn wie im Kapitel 2.1 erwähnt, kommen Verträge zustande, wenn zwei übereinstimmende

Willenserklärungen vorhanden sind und Abgabe und Zugang erfolgen. Daher ist der nächste Betrachtungspunkt für die Arbeit relevant: Wird ein Dokument per Post verschickt oder nicht? Damit dieser Digitalisierungsprozess schon von Anfang an umgesetzt werden kann, ist es wichtig zu wissen, von wem das Dokument generiert wird. Daher bezieht sich der dritte Betrachtungspunkt auf die Generierung des Dokumentes. So fallen in dieser Stufe alle Dokumente raus, die von Externen generiert werden. Der Gedanke dabei ist, den Digitalisierungsprozess schon bei der Generierung des Dokumentes zu starten. So ist es nicht sinnvoll ein Dokument, welches von einem Nachunternehmer per Post an weisenburger geschickt wird, einzuscannen und erst dann zu digitalisieren. Da die elektronische Unterschrift das Hauptthema der Arbeit ist, kommt daher noch der unterscheidende Punkt dazu, ob das Dokument überhaupt von weisenburger unterschrieben wird. Ist das nicht der Fall, so ist das Dokument nicht weiter Teil der Arbeit.

Somit ergibt sich nach der zweiten Filterstufe eine Anzahl von 38 Dokumenten, die in die engere Auswahl kommen und zur Potentialbetrachtung genutzt werden können. Der nächste Schritt ist nun die Hochrechnung der Seitenanzahlen und benötigten Anzahlen pro Jahr. Die Angaben zu den Seitenanzahlen und den Anzahlen ergibt sich aus drei verschiedenen Kategorien, diese sind im Anhang A4 farblich markiert und dargestellt. Zum einen wurden Vergleichswerte genommen, die sich aus dem firmeninternen Laufwerk heraus ergeben. Dazu wurden jeweils drei bis fünf gleiche Dokumententypen aus verschiedenen Bauvorhaben verglichen. Die zweite unterscheidende Kategorie setzt sich aus Erfahrungswerten von Experten zusammen. Dazu wurden Personen wie Bauleiter, Oberbauleiter oder weitere Mitarbeiter von weisenburger befragt. Die letzte Kategorie, setzt sich aus Annahmen zusammen. So wurden bei Dokumententypen, die im Firmenlaufwerk nicht zu finden waren oder bei denen die Experten keine Aussage diesbezüglich tätigen wollten, Annahmen getroffen.

Für die Hochrechnung der Gesamtheit an Bauvorhaben wurden, wie Tabelle 2 zeigt, zu Anfang folgende Annahmen getroffen: In einem Jahr gibt es 60 Bauvorhaben mit jeweils 20 Nachunternehmern pro Bauvorhaben, dabei hat ein Bauvorhaben 200 Arbeitstage und 20 Schlechtwettertage.

*Tabelle 2: Annahmen zur Hochrechnung*

	<b>Anzahl</b>	<b>Angabe pro:</b>
Bauvorhaben	60	Jahr
Nachunternehmer	20	Bauvorhaben
Arbeitstage	200	Bauvorhaben
Schlechtwettertage	20	Bauvorhaben

Da die einzelnen Bauvorhaben sehr unterschiedlich in Umfang und Komplexität sind, kann keine genaue Aussage über die Menge der Blätter pro Dokument oder die Häufigkeit getroffen werden. Dazu kommt, dass sowohl jedes Baustellenteam als auch jede Person im Einzelnen unterschiedlich mit der Büroarbeit umgeht. So gibt es Baustellenteams, die eine sehr ausführliche Dokumentation pflegen. Manche Teams entscheiden auch früher, ein Signierungspflichtiges Dokument wie zum Beispiel eine Behinderungsanzeige zu schicken. Im Allgemeinen ist die Häufigkeit von solchen Dokumenten bei jedem Bauvorhaben von sehr vielen Rahmenbedingungen abhängig und somit unmöglich pauschal festzulegen. Auf der Baustelle spielt auch die zwischenmenschliche Ebene eine wichtige Rolle. So lässt sich vieles in der Praxis persönlich regeln und Anzeigen jeglicher Art werden nur als letzte Konsequenz verschickt. Aufgrund dessen werden in der Ist-Analyse Minimal- und Maximalwerte dargestellt und als Vergleichswert ein Mittelwert angegeben. Dabei ist aber zu beachten, dass je nach Unternehmensgröße, Unternehmensbürokratie, Menschlichkeit, Größe des Bauvorhabens und weitere zu unterscheidende Faktoren, die Zahlen gesondert zu betrachten sind. Die Zahlen sollen trotz alledem kritisch hinterfragt werden. Auch der Mittelwert, der zum besseren Vergleich der Auswertung dient, soll besonders beachten werden. Der Mittelwert dient als Vergleichswert und bildet daher nicht den genauen Wert ab.

### 4.1.1 Ausnahmen

Von den 38 Dokumenten, die nach der zweiten Filterstufe übrig waren, gibt es vier Dokumente, die aus verschiedenen Gründen aus der Hochrechnung ausgelassen werden. Dabei handelt es sich um das Protokoll von der Verkehrssicherung/Sperrung, die Schadensanzeige, die ÜK2 Überwachung und die Haftungsfreistellung (siehe Abbildung 11).



Abbildung 11: Ausnahmen

Die Gründe werden im Folgenden erläutert. Das Protokoll von der Verkehrssicherung/Sperrung wird mithilfe einer Liste geführt und daher lässt sich im Zuge dessen keine genaue Seitenzahl ermitteln. Solch eine Verkehrssicherung wird auch nur benötigt, wenn die Baustelle Bereiche der öffentlichen Straße benutzt und somit versperrt. Daher lässt sich die Anzahl der Häufigkeit nicht eindeutig ermitteln. Außerdem müssen solche Protokolle auch nur im Fall eines damit in Verbindung stehenden Unfalls vorgelegt werden. Das zweite Dokument ist die Schadensanzeige. Die Seitenanzahl hat hier eine große Spanne, da es keine Regelung gibt, ob jeder Schaden einzeln dokumentiert wird oder alle zusammen. Unklar ist auch wie genau dieser Ablauf dokumentiert wird, wobei hier eine exakte Dokumentation vom Vorteil ist. Auch hier war es nicht möglich eine genaue Anzahl der Häufigkeit zu bekommen, daher wurde dieser Dokumententyp ausgelassen. Bei der Betonüberwachung, insbesondere bei der Überwachungskategorie 2 (ÜK2), die die Prüfung der Betondruckfestigkeit und Betongüte beinhaltet ist es ebenso nicht möglich eine genaue Anzahl und Häufigkeit zu nennen. Die ÜK2 sind mindestens zwei bis drei Ordner und werden aber auch wieder als Liste aufgenommen. Nicht jeder Beton muss geprüft werden, abhängig ist dies nach den relevanten Anforderungen an den Beton. Bei diesem Dokumententyp konnte auf Grund der Komplexität und Größe keine Angaben getroffen, daher wurde das Dokument aus der Betrachtung herausgenommen. Das

letzte gesonderte zu betrachtende Dokument ist die Haftungsfreistellung. Diese fällt aus der Betrachtung raus, da dies, nach Aussagen eines Experten, sehr selten vorkommt. So wurde das Dokument in den letzten zehn Jahren null bis zweimal gebraucht.

### 4.2 Hochrechnung der Ist-Analyse

Für die Hochrechnung der 38 Dokumententypen wurden die Minimal-,Maximal- und Mittelwerte für die zu betrachtenden Punkte gebildet. Die Gesamtseitenanzahl ist dabei Abhängig von der Häufigkeit der Dokumente. So wurde für Seitenanzahl pro Jahr folgende Formel verwendet:

$$\begin{aligned} S_{\text{minimal}}[\text{Seiten/Jahr}] \\ &= v_{\text{minimal}}[\text{Seiten/Dokument}] \times t_{\text{minimal}}[\text{Dokument/Bauvorhaben}] \\ &\quad \times 60[\text{Bauvorhaben/Jahr}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{maximal}}[\text{Seiten/Jahr}] \\ &= v_{\text{maximal}}[\text{Seiten/Dokument}] \times t_{\text{maximal}}[\text{Dokument/Bauvorhaben}] \\ &\quad \times 60[\text{Bauvorhaben/Jahr}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{mittelwert}}[\text{Seiten/Jahr}] \\ &= v_{\text{mittelwert}}[\text{Seiten/Dokument}] \times t_{\text{mittelwert}}[\text{Dokument/Bauvorhaben}] \\ &\quad \times 60[\text{Bauvorhaben/Jahr}] \end{aligned}$$

Wurde die Anzahl jedoch nicht pro Bauvorhaben eingetragen sondern pro Jahr, so lautet die Formel im Allgemeinen:  $S = v \times t$

Die Formel für die Anzahl der Dokumente ist im Allgemeinen:

$$a[\text{Anzahl/Jahr}] = t[\text{Anzahl/Bauvorhaben}] \times 60[\text{Bauvorhaben/Jahr}]$$

Wurde die Anzahl der Dokumente auf das ganze Jahr angegeben, so ist das der Minimal-, der Maximal- und somit auch der Mittelwert.

Für die weitere Auswertung wird in dieser Arbeit nur noch der Mittelwert betrachtet. Dies soll für die bessere Vergleichbarkeit der zu betrachteten Werte sorgen.

### 4.3 Auswertung der Ist-Analyse

Für die Auswertung der Ist-Analyse ist sowohl die Häufigkeit als auch die Seitenanzahl der einzelnen Dokumente von Bedeutung. Im Folgenden werden zunächst die Fakten benannt.

- Die Anzahl der Häufigkeit der Dokumente pro Jahr ist in Summe 58.442. Mit einer Anzahl von 12.000 Dokumenten pro Jahr ist das Bautagebuch am häufigsten vorhanden.
- Die Gesamtseitenanzahl pro Jahr liegt in Summe bei 193.836. Mit 5.100 Seiten im Jahr ist das Vergabeverhandlungsprotokoll das Dokument mit der größten Seitenanzahl.
- Bei der Anzahl der Dokumente gibt es ein Dokument welches es über 10.000-mal im Jahr gibt: das Bautagebuch.
- Bei der Gesamtseitenanzahl der Dokumente gibt es fünf Dokumente, die eine höhere Seitenanzahl aufweist als 10.000. In absteigender Reihenfolge sind das: Vergabeverhandlungsprotokoll, Erledigungsschreiben, Mängelrüge, Sonderwunschvertrag, Bautagebuch.
- Dokumente, die eine Seitenanzahl unter 1000 haben, machen nur 3% der gesamten Seitenanzahl aus. So lässt sich sagen, dass 97% der Dokumente eine Seitenanzahl von über 1.000 Seiten im Jahr hat.
- Die Anzahl der Häufigkeit der Dokumente im Jahr, beträgt der Anteil der Dokumente über 1000 im Jahr 94%.

Die vier erstplatzierten Dokumente, die sich sowohl bei der Häufigkeit als auch bei der Seitenanzahl ergeben, werden nochmals genauer analysiert. Hier besteht das Interesse, den Grund für die hohe Anzahl zu ermitteln, um Arbeitsschritte zu optimieren und letztendlich, um Seiten zu sparen. Es gibt Dokumente, bei denen es nicht möglich ist, die Häufigkeit zu reduzieren. Beispielsweise das Bautagebuch, die Anzahl der Häufigkeit ist hierbei abhängig von den Arbeitstagen auf der Baustelle. Es ist ein Dokument welches täglich geführt werden muss. Der Begriff Bautagesbericht wäre hier auch passend. Die Seitenzahl ist für ein einzelnes Dokument gering angegeben, hier wird mit einem Mittelwert von 1,5 Seiten gerechnet. Durch die Abhängigkeit mit der Häufigkeit liegt es daher bei der Seitenzahl auf Platz fünf mit 18.000 Seiten im Jahr. Nun gibt es aber auch Dokumente, bei denen es möglich ist, die Anzahl der Häufigkeit

zu reduzieren, Beispiele sind hier das Erledigungsschreiben oder die Mängelrüge. Beides sind Dokumente, die eine hohe Häufigkeit im Jahr haben. Sie liegen jeweils auf dem zweiten und dritten Platz. Auslöser von den beiden Dokumententypen sind jeweils Mängel. Daher besteht in jeglicher Hinsicht das Interesse die Häufigkeit von Mängeln zu reduzieren. So lässt sich sagen, eine Reduzierung von Mängeln ist auch eine Reduzierung von Mängelrügen und Erledigungsschreiben. Durch die hohe Anzahl im Jahr ergibt sich durch die Abhängigkeit auch eine hohe Seitenanzahl. Hier liegen Mängelrüge und Erledigungsschreiben auch auf dem zweiten und dritten Platz. Mit einer Seitenanzahl von drei Seiten pro Dokument ergeben sich daher 29.662 Seiten pro Jahr für die Mängelrüge und 26.115 Seiten pro Jahr für das Erledigungsschreiben. Als viert häufigstes Dokument ist das Abnahmeprotokoll aufgelistet. Hier ist es etwas schwieriger eine genaue Analyse zu führen, da das Abnahmeprotokoll eine sehr große Spanne zwischen Minimal- und Maximalwert hat (1-160 Dokumente pro Bauvorhaben). Hier ist zu sagen, dass die Anzahl der Häufigkeit teils durch Teilabnahmen innerhalb eines Bauvorhabens kommen, was für das Unternehmen von Vorteil ist. Daher besteht hier das Interesse gar nicht so stark, die Häufigkeit zu reduzieren. Bei der Seitenzahl ist das Abnahmeprotokoll knapp unter 10.000 Seiten pro Jahr. Auch hier ist eine Reduzierung der Seiten eher schwierig, da eine Abnahme für alle Interessierten sehr ausführlich dokumentiert werden sollte.

Die verbleibenden Dokumente, die bei der Seitenzahl eine Platzierung unter den ersten fünf haben (größer 10.000), sind das Vergabeverhandlungsprotokoll, nachfolgenden VHP genannt, mit 51.000 Seiten im Jahr und der Sonderwunschvertrag mit 21.750 Seiten im Jahr. Alle anderen drei Platzierungen (Erledigungsschreiben, Mängelrüge, Bautagebuch) wurden schon bei der Häufigkeit genannt. Das VHP hat eine große Seitenanzahl, da dieses Dokument aus mehreren Teilen/Anlagen besteht, es ist außerdem Teil des Vertrags. Eine hohe Seitenzahl ist hier wünschenswert, da das einschließt, dass alle Anlagen vorhanden sind. Bei der Häufigkeit ist das VHP auf Platz 12, da es Abhängig der Anzahl der Nachunternehmer ist, kurz NU, pro NU gibt es ein VHP. Bei dem Sonderwunschvertrag kommt eine hohe Seitenzahl zustande, da dort auch Pläne und erneute Kosten mit Teil des Vertrags sind. Eine Reduzierung der Seitenzahl ist hier etwas schwierig, da das abhängig der Kundenwünsche ist. Die Häufigkeit im Jahr ist hier auf Platz 9 mit 1500 Dokumenten pro Jahr, auch diese Anzahl ist abhängig der Kunden.

## 4 Ist-Analyse

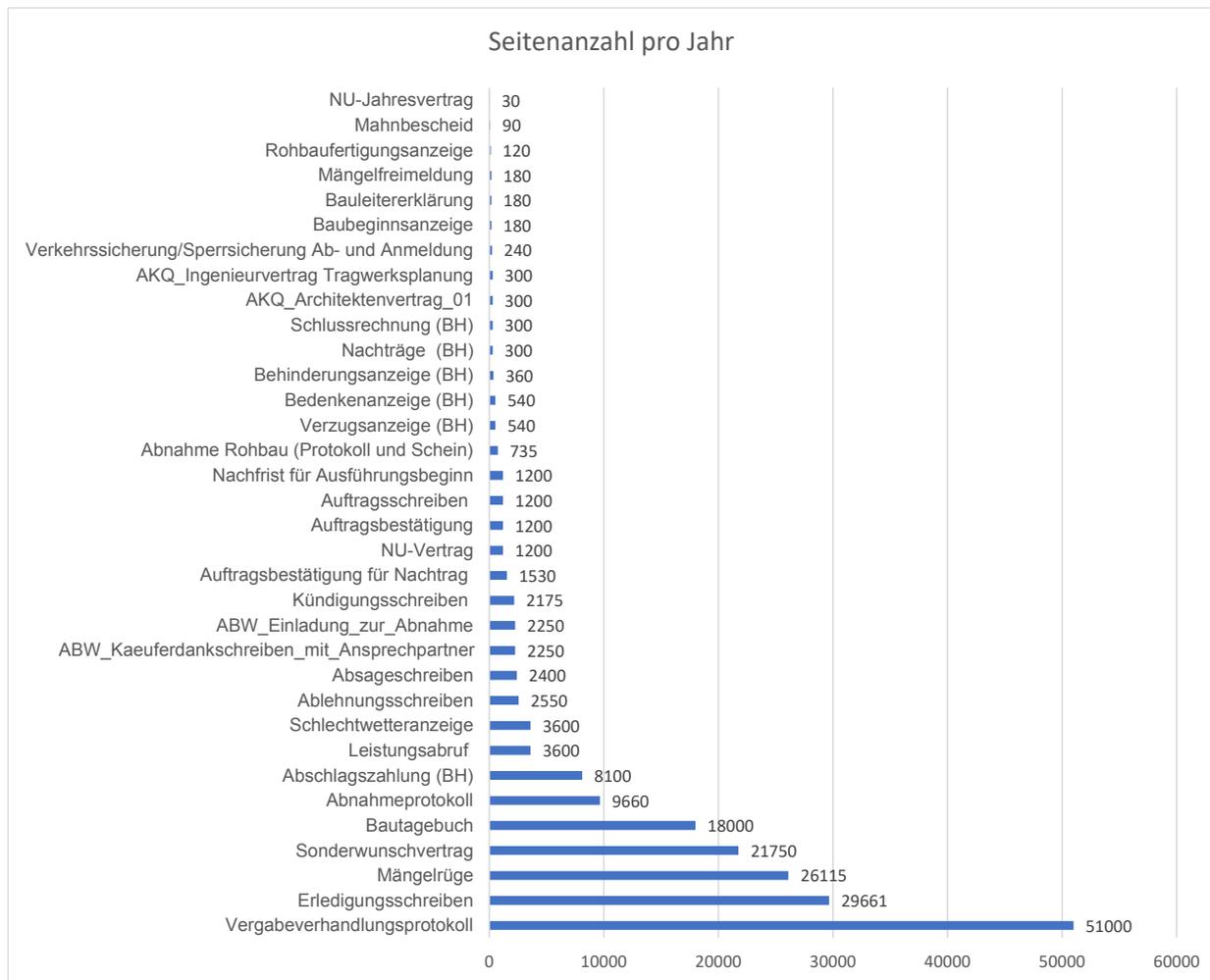


Abbildung 12: Seitenanzahl pro Jahr

## 4 Ist-Analyse

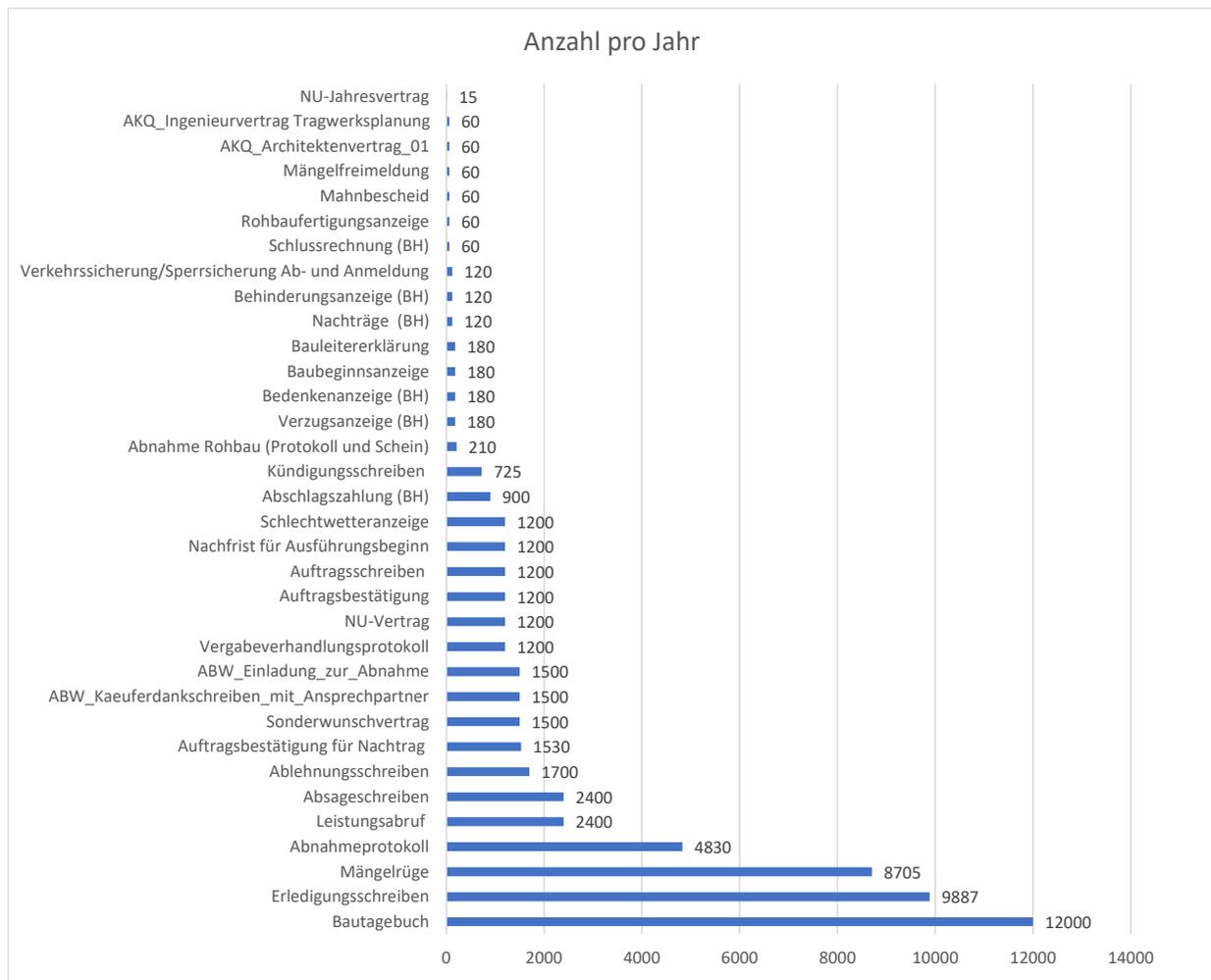


Abbildung 13: Anzahl pro Jahr

### 4.3.1 Ökologische Betrachtung

Für die ökologische Betrachtung wird der CO<sub>2</sub> Ausstoß angeschaut, der sich aktuell aus den zu druckenden Seitenzahlen der Dokumente zusammensetzt.

Allein durch die 38 Dokumente, die durch die Filterstufe 2 resultierten, ergibt sich eine Seitenzahl von 193.836 pro Jahr. Die Initiative pro Recyclingpapier rechnet in ihrem Nachhaltigkeitsrechner mit einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub>eq) Verbrauch von 5 g pro Blatt.<sup>75</sup> Das CO<sub>2</sub>eq ist eine Bezugsgröße, für die sechs Treibhausgase aus dem Kyoto-Protokoll, da diese Treibhausgase unterschiedliche Klimawirkungen haben.<sup>76</sup> Mit der Annahme, dass 80% doppelseitig bedruckt werden, kommt man auf einen CO<sub>2</sub>eq Verbrauch von 581,5 kg.

Das entspricht in etwa der ausgestoßenen Menge, die ein Benziner Auto mittleren Alters auf einer Strecke von 2905 km im Jahr zurücklegt.<sup>77</sup> Um den CO<sub>2</sub>eq Ausstoß auszugleichen, könnte man neue Bäume pflanzen. Die Plant for the Planet Foundation spricht davon, dass ein Baum pro Jahr schätzungsweise 10 kg CO<sub>2</sub> binden kann.<sup>78</sup> Daher müssten für 581,5 kg CO<sub>2</sub>eq mindestens 59 Bäume neu gepflanzt werden, um den CO<sub>2</sub> Ausstoß vollständig auszugleichen.

Außer dem Materialverbrauch muss in der ökologischen Betrachtung der CO<sub>2</sub> Ausstoß, der durch den Postweg verursacht wird, betrachtet werden. Zur Ermittlung dieses Wertes sollte ein einziger Brief betrachtet werden. Aus mehreren Internetquellen geht hervor, dass wir pro Brief einen CO<sub>2</sub> Ausstoß von 20 g haben.<sup>79</sup> Daher wird mit Anmerkung auf Ungenauigkeit die Annahme getroffen, dass dem so ist. Dabei wird nicht angegeben welche Strecke der Brief zurück legt, es wird außerdem davon ausgegangen, dass der Brief auf Papier und mit Tinte geschrieben wird und der größte Teil des CO<sub>2</sub> Verbrauchs durch den Postweg entsteht. Im Rahmen dieser Arbeit ist es daher nicht möglich, diesen Wert eindeutig zu bestimmen. Deshalb soll neben der Berechnung für den CO<sub>2</sub> Ausstoß pro Brief die Bedeutung für den CO<sub>2</sub> Ausstoß, verursacht durch den Postweg mithilfe des Gesamtausstoßes an CO<sub>2</sub> der Deutschen

---

<sup>75</sup> Vgl. *Nachhaltigkeitsrechner*, Nachhaltigkeitsrechner, o.D.

<sup>76</sup> Vgl. *Wühle, M.*, Nachhaltigkeit – einfach praktisch!, 2020, S.83.

<sup>77</sup> Vgl. *CO<sub>2</sub>-Rechner für Auto, Flugzeug und Co.*, CO<sub>2</sub>-Rechner für Auto, Flugzeug und Co., 2019.

<sup>78</sup> Vgl. *Plant for the Planet Foundation*, Zahlen & Fakten rund um Bäume, CO<sub>2</sub> und globale Wiederaufforstung.

<sup>79</sup> Vgl. *Klimabilanz: E-Mail vs. Brief*, Klimabilanz: E-Mail vs. Brief, o.D; *E-Mail vs. Brief: Wie ist das eigentlich mit der CO<sub>2</sub>-Bilanz?*, E-Mail vs. Brief: Wie ist das eigentlich mit der CO<sub>2</sub>-Bilanz?, o.D; *Werbung per Brief und E-Mail: Der CO<sub>2</sub>-Verbrauch im Vergleich*, Werbung per Brief und E-Mail: Der CO<sub>2</sub>-Verbrauch im Vergleich, o.D.

Post verdeutlicht werden. Diese hat im Jahr 2020 einen Ausstoß von 27,4 Millionen CO<sub>2</sub>.<sup>80</sup>

Die Anzahl der Dokumente in einem Jahr liegt bei 58.442 Dokumenten, durch die Filterstufe 2 kam raus, dass all diese Dokumente per Post versendet werden. Daher ergibt sich einen CO<sub>2</sub> Ausstoß von 1168,84 kg in einem Jahr.

Ein weiterer Faktor ist der Stromverbrauch, der für die Drucker benötigt wird. Doch auch hier ist es nicht möglich die Strommenge für die Drucker zu ermitteln. Im Rahmen der Arbeit wird darauf nicht weiter eingegangen, da angenommen wird, dass sich durch die elektronische Unterschrift der zusätzliche Stromverbrauch in etwa mit der Einsparung der zu druckenden Dokumente deckt. Aus diesem Grund wird das Thema Stromverbrauch in weiteren Verlauf der Arbeit nicht näher betrachtet.

### 4.3.2 Ökonomische Betrachtung

Für die ökonomische Betrachtung werden zum einen die Ist-Kosten angeschaut und zum anderen die Durchlaufzeiten. Als Durchlaufzeiten bezeichnet man die Zeitspanne, die ein Vorgang zum Bearbeiten braucht. Die Ist-Kosten basieren auf den Werten der Ist-Analyse.

Aufgrund von Rechnungen, die im Jahr 2022 von der Firma weisenburger für Druckerpapier und Briefpapier bezahlt wurden, können für die Ist Kosten folgende Zahlen angenommen werden:

- Blanko Druckerpapier 500 Blatt kosten: [REDACTED]
- Briefpapier 1000 Blatt kosten: [REDACTED]

Die Drucker der Firma weisenburger werden zu einem Pauschalpreis gemietet. Dieser Preis ist nicht weiter relevant, da die Drucker trotzdem weiter gebraucht werden und sich durch die Anwendung einer elektronischen Unterschrift keine Verminderung der Druckerstückzahl ergibt. In dem Preis sind die Druckerpatronen und die Wartung der Drucker enthalten. Zu dem Pauschalpreis kommen zusätzlich noch pro Druck weitere Kosten dazu:

- Für ein A4 schwarz-weiß druck: [REDACTED] und

---

<sup>80</sup> Vgl. *Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Deutsche Post DHL Konzerns im Zeitraum von 2013 bis 2020*, *Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Deutsche Post DHL Konzerns im Zeitraum von 2013 bis 2020, 2021*.

- Für ein A4 farbigen druck [REDACTED]

Das Unternehmen weisenburger hat Portokosten von rund [REDACTED] im Jahr, rund 3% werden für Paketporto abgezogen, so kommt man auf eine Summe von [REDACTED]

In der Tabelle 3 sind drei verschiedene Szenarien aufgelistet, die die Ist-Kosten darstellen. Dabei wird jeweils unterschieden auf welcher Art von Papier gedruckt wird. Es wird angenommen, das immer farbig gedruckt wird. Szenario 3 bildet einen Mittelwert ab. Somit resultieren Jahreskosten von rund 1 [REDACTED]

Tabelle 3: Ist-Kosten

	Beinhaltet	Kosten
Szenario 1	Porto + farbiger Druck + blanko Papier	[REDACTED]
Szenario 2	Porto + farbiger Druck + Briefbogen	[REDACTED]
Szenario 3	Porto + farbiger Druck + ½ Blanko Papier + ½ Briefbogen	[REDACTED]

Für die Durchlaufzeiten kann im Rahmen der Arbeit kein genauer Zahlenwert angenommen werde. Je nach Dokument und Unternehmens interner Ablauf ist die Bearbeitungszeit unterschiedlich lang. Ein Hauptfaktor für die Betrachtung ist der Postweg, der aktuell bei den meisten Dokumenten anfällt. Lau Bundesnetzagentur gibt es durch die Post-Universaldienstleistungsverordnung bestimmte Vorgaben die für die Laufzeit eines Briefes eingehalten werden müssen: „Von dem an einem Werktag eingelieferten inländischen Briefsendungen müssen im Jahresdurchschnitt mindestens 80 Prozent am nächsten Werktag (Einlieferung (E) + 1) und 95 Prozent bis zum zweiten auf den Einlieferungstag folgenden Werktag (E + 2) zugestellt werden.“<sup>81</sup> Daher lässt sich sagen, dass ein Dokument, bei dem eine Rücksendung benötigt wird, allein zwei bis vier Werktage für den Postweg braucht.

<sup>81</sup> Bundesnetzagentur, Qua-li-täts-mo-ni-to-ring.

## 5 Soll-Zustand

In diesem Kapitel soll ein Soll-Zustand, basieren auf den Erkenntnissen dieser Arbeit, als Handlungsempfehlung für die Zukunft erarbeitet werden. Dazu werden sowohl die operativen als auch die strategischen Zustände definiert.

Der Soll-Zustand soll sowohl die ökologischen als auch ökonomischen Ziele abbilden. So sollen neben den CO<sub>2</sub>- und Materialverbrauch auch die Kosten reduziert und Prozesse in jeglicher Art verbessert werden. Die elektronische Unterschrift dient dabei als Anwendungsmittel. Für das Unternehmen weisenburger bedeutet das, dass in Zukunft die Dokumente elektronisch unterschrieben werden. Für eine operative Betrachtung sollen alle Dokumente, bei denen eine EES ausreicht, ausschließlich elektronisch signiert werden. Die Dokumente, die eine FES oder QES benötigen, sollten größtenteils auch elektronisch unterschrieben werden. Hierzu muss Vorab noch abgeklärt werden, welche Dokumente eine FES und QES benötigen und welche Dokumente überhaupt elektronisch unterschrieben werden dürfen, da es hierbei noch einzelne Ausnahmen gibt, wie beispielweise eine Kündigung, die nach §623 BGB eine elektronische Unterschrift ausschließt.

In strategischer Sicht soll es möglich sein, alle Dokumente ausschließlich elektronisch zu unterschreiben. Hierzu muss sichergestellt werden, dass die zu Unterschriebenen Dokumente rechtsgültig gespeichert werden und für einen gewissen Zeitraum zur Verfügung stehen. Neben den 38 Dokumenten, die sich durch Ist-Analyse ergaben, sollen auch alle weiteren Dokumente elektronisch abgewickelt und verschickt werden. Das schließt auch Dokumente mit ein, die keine Unterschrift benötigen. Die eIDAS-Verordnung hat durch den Artikel 43 und Artikel 44 sowohl die Rechtswirkung als, auch die Anforderungen an qualifizierte Dienste für die Zustellung elektronischer Einschreiben notiert. Nach Artikel 43 Abs. 1 der eIDAS-Verordnung lautet es, Daten, die mittels eines Dienstes für die Zustellung elektronischer Einschreiben abgesendet und empfangen werden, darf die Rechtswirkung und die Zulässigkeit als Beweismittel in Gerichtsverfahren nicht allein deshalb abgesprochen werden, weil sie in elektronischer Form vorliegen oder weil die Anforderungen an qualifizierte Dienste für die Zustellung elektronischer Einschreiben nicht erfüllt sind. In der Praxis sind bis dato aber noch keine Fallbeispiele bekannt, die ein elektronisches Einschreiben verwenden. Daher wird bei Dokumenten, bei denen es notwendig wird, die Beweisbarkeit einer Zustellung zu sichern, die Versendung mit Post und

Rücklieferschein oder durch einen Boten erfolgen. Die elektronische Unterschrift soll daher als Basis dienen, um einen digitalen Arbeitsplatz vollständig umzusetzen. Durch die Verwendung der elektronischen Unterschrift, soll das Unternehmen ein digitaler Vorreiter werden, um so noch weitere Firmen dazu zu bringen die elektronische Unterschrift anzuwenden, damit es in Zukunft möglich ist alle Anliegen digital abzuwickeln.

## 6 Soll-Ist-Vergleich

Der Soll-Ist-Vergleich dient der besseren Vergleichbarkeit der zu betrachteten Punkte. Dabei werden die ökologischen und die ökonomischen Aspekte genauer betrachtet und verglichen. Die Ökologie und Ökonomie im Zusammenspiel mit Sozialität sind auch unter dem drei Säulen Modell der Nachhaltigkeit bekannt. Daher werden in den folgenden Kapiteln diese drei Aspekte genauer betrachtet.

### 6.1 Drei Säulen Modell

Bei dem drei Säulen Modell wird sich, wie die Abbildung 14 zeigt, auf die drei Themen Ökonomie, Ökologie und Soziales bezogen. Das Zusammenspiel dieser drei Säulen definiert im Modell die Nachhaltigkeit. In der heutigen Zeit ist Nachhaltigkeit ein immer wichtigeres Thema geworden. So sind nicht nur Privatpersonen dazu aufgefordert, ihren Lebensstil nachhaltig zu gestalten, sondern auch Unternehmensgruppen.

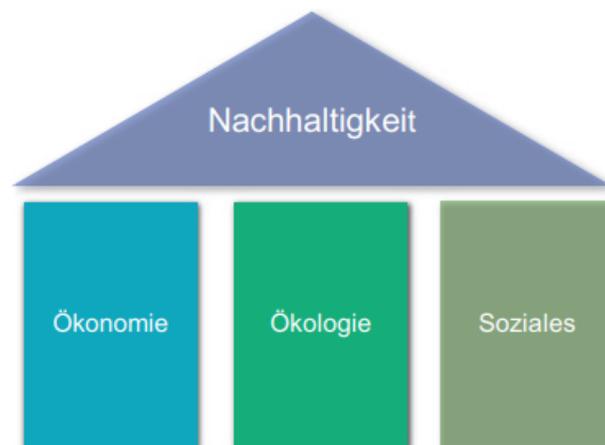


Abbildung 14: Drei Säulen der Nachhaltigkeit<sup>82</sup>

---

<sup>82</sup> Unverändert übernommen aus *Jacob, M., Digitalisierung & Nachhaltigkeit, 2019, S.17.*

### 6.1.1 Ökologie

Für die ökologische Betrachtung wird der CO<sub>2</sub> Ausstoß verglichen. Hierzu werden die unterschiedlichen Ausstöße gesondert angeschaut, da es keine genauen Gesamtangaben gibt.

Betrachtungspunkt 1 ist der reine Materialverbrauch. Durch die Ist-Analyse entsteht eine Anzahl von 193.836 Seiten im Jahr, die ausgedruckt werden. Mit derselben Annahme wie aus Kapitel 4.3.1, werden 80% doppelseitig gedruckt, dadurch entsteht eine Anzahl von 116.302 Blättern. Durch den zukünftigen digitalen Ablauf würden sich der Materialverbrauch um 100% senken, mit der Annahme, dass jedes Dokument elektronisch unterschrieben und versendet werden kann.

Betrachtungspunkt 2 ist der CO<sub>2</sub> Ausstoß, zwischen dem zu druckenden Papier und dem Versenden per E-Mail. Der CO<sub>2</sub> Ausstoß durch die zu druckenden Seiten beträgt 581,5 kg, aus Kapitel 4.3.1. Für das Versenden einer E-Mail gibt es heutzutage noch keinen genauen Angaben, was eine E-Mail an CO<sub>2</sub> emittiert. Aus mehreren Internetquellen geht hervor, dass im Durchschnitt eine E-Mail einen CO<sub>2</sub> Ausstoß von 10 g hat.<sup>83</sup> Daher beruhen die weiteren Berechnungen der CO<sub>2</sub> Emission von E-Mails in dieser Arbeit auf dieser Annahme. Beim Versenden per E-Mail wird nicht jede Seite einzeln versendet, sondern dokumentenweise, daher bezieht sich der CO<sub>2</sub> Ausstoß per Mail auf die Dokumentenanzahl. Mit 58.442 Dokumenten pro Jahr und einem CO<sub>2</sub> Ausstoß von 10 g pro E-Mail, kommt man auf eine Summe von 584,42 kg pro Jahr. Das entspricht in etwa dem CO<sub>2</sub> Ausstoß, der allein durch das zu druckende Papier entsteht. Da aber der Hauptanteil des CO<sub>2</sub> Ausstoßes durch den Postweg erfolgt, wird im nächsten Betrachtungspunkt der CO<sub>2</sub> Ausstoß zwischen einem Brief und einer E-Mail verglichen.

Betrachtungspunkt 3: Wie im Kapitel 4.3.1 erwähnt, wird die Annahme getroffen, dass ein Brief einen CO<sub>2</sub> Ausstoß von 20 g hat. Somit ergibt sich für das Versenden per Brief ein CO<sub>2</sub> Ausstoß von 1.168,84 kg. Dieser Wert ist doppelt so hoch, wie der einer Mail. In den meisten Fällen wird das zu unterschreibende Dokument wieder

---

<sup>83</sup> Vgl. *Klimabilanz: E-Mail vs. Brief*, Klimabilanz: E-Mail vs. Brief, o.D; *E-Mail vs. Brief: Wie ist das eigentlich mit der CO<sub>2</sub>-Bilanz?*, E-Mail vs. Brief: Wie ist das eigentlich mit der CO<sub>2</sub>-Bilanz?, o.D; *Deluzarche, C., Wie groß ist der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck einer E-Mail?*, 2022; *Email – CO<sub>2</sub> Emission im Anhang*, Email – CO<sub>2</sub> Emission im Anhang, o.D.

zurückgeschickt, somit verdoppelt sich der CO<sub>2</sub> Ausstoß. In Summe sind das also für das Versenden und Empfangen des Dokumentes 2.337,68 kg CO<sub>2</sub>.

Für das Anwenden der elektronischen Unterschrift werden im Regelfall drei E-Mails versendet. Eine E-Mail mit dem Dokument, welches unterschrieben werden soll. Eine weitere E-Mail an den Empfänger, meistens vom Programm, um sich zu identifizieren und am Ende eine Informationsmail, an den Absender, dass das Dokument unterschrieben wurde. Anzunehmen ist, dass nicht alle drei E-Mails gleich groß sind, da aber keine genaueren Angaben vorhanden sind, wird davon ausgegangen, dass alle drei E-Mails eine CO<sub>2</sub> Ausstoß von jeweils 10 g haben. Somit werden die 584,42 kg CO<sub>2</sub> Ausstoß, der für die E-Mails anfällt, mal drei multipliziert. Es kommt zu einem Ergebnis von 1.753,36 Kg CO<sub>2</sub> Ausstoß. Das ist immer noch weniger, als die Dokumente per Post zu versenden.

### 6.1.2 Ökonomie

Die zweite zu betrachtende Säule ist die Ökonomie. Um hierfür einen Vergleich zu führen, werden die anfallenden Kosten genauer betrachtet. Aus den im Kapitel 4.3.2 errechneten Kosten ergab sich eine Summe von [REDACTED], die insgesamt für Druckerkosten, Materialverbrauch und Porto im Gesamtunternehmen weisenburger pro Jahr anfallen. Diesen Kosten stehen die Kosten für das Dienstleisterprogramm gegenüber. Viele dieser Dienstleister bieten für Unternehmen spezielle Angebote mit individuellen Wünschen und Leistungen an. Die Kosten dafür lassen sich deshalb aktuell nicht ermitteln und müssen im Nachgang berechnet werden. Daher ist es im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich eine genau Summe für ein solches Programm zu nennen. Es wird die Annahme getroffen, dass eine Lizenz pro Monat 40 € kostet. Da im Unternehmen weisenburger eine zentrale Poststelle die Bearbeitung der Dokumente vornimmt, muss nur eine kleine Gruppe von Mitarbeitern eine Lizenz erhalten, um die elektronische Unterschrift zu ermöglichen. Gehen wir von zehn Mitarbeitern aus, so kostet eine Jahreslizenz für das Unternehmen 4.800 €. Verglichen mit den [REDACTED] € ergibt sich eine Einsparung von [REDACTED]

Ein weiterer ökonomische Punkt ist die Durchlaufzeit. Wie in Kapitel 4.3.2 wurde für die Durchlaufzeit lediglich der Postweg in Tagen angegeben. Daher wird auch nur dieser

Wert verglichen. Bis ein Brief beim Empfänger ankommt, kann es zwischen zwei bis vier Werktagen dauern. Eine E-Mail zu versenden, benötigt nach eigenen Erfahrungen nur einige Sekunden, im längsten Fall ein paar Minuten. Um zu verdeutlichen, wie sich die Durchlaufzeit durch Digitalisierungsschritte optimieren lassen kann, wird im Kapitel 6.3 anhand eines Rechnungslaufs ein Beispiel dargestellt.

### 6.1.3 Soziales

Die letzte zu betrachtende Säule ist das Soziale. Michael Jacob beschreibt in seinem Buch „Digitalisierung und Nachhaltigkeit“ die soziale Nachhaltigkeit als: „Sicherung von Grundbedürfnissen, die Schaffung und Aufrechterhaltung einer gewissen Verteilungsgerechtigkeit, die Achtung der Menschenwürde sowie das Ermöglichen einer freien Entfaltung der Persönlichkeit.“<sup>84</sup> Nach näherer Betrachtung, lassen sich diese Aspekte nicht auf die elektronische Unterschrift zurückführen.

Durch die Anwendung der elektronischen Unterschrift können Seiteneffekte wie, ein angenehmes Arbeitsklima und persönliche Zufriedenheit im Job entstehen. Mit der elektronischen Unterschrift können Unterschriften orts- und zeitunabhängig getätigt werden, dadurch entsteht Flexibilität und fördert den digitalen Fortschritt. Diese Effekte sind aber keine direkte sozialen Komponenten nach Michael Jacob. Daher ist der soziale Aspekt in Bezug auf das drei Säulen Modell nicht gegeben.

## 6.2 Vergleich eines Ablaufes des Vergabeverhandlungsprotokolls

Um deutlich zu machen, welche Unterschiede die elektronische Unterschrift im Vergleich zur analogen Unterschrift aufweist, werden im Folgenden die zwei Abläufe des Vergabeverhandlungsprotokolls dargestellt. Im ersten Teil wird der aktuelle Ablauf genauer beschrieben und im zweiten Teil der Ablauf mit der elektronischen Unterschrift. Für beide Abläufe ist zu erwähnen, dass vorab ein Ausschreibungs- und Angebotsverfahren stattgefunden hat.

---

<sup>84</sup> *Jacob, M.*, Digitalisierung & Nachhaltigkeit, 2019, S.15.

### **Ablauf aktuell**

Für das VHP kommen die zwei zu verhandelnden Parteien, ein Vertreter des NUs sowie der Bauleiter des Projektes an einem Tisch zusammen. Dieser Termin findet im Normalfall vor dem Baubeginn statt. In diesem Termin werden inhaltlichen Punkte durchgesprochen und verhandelt. Das VHP besteht durchschnittlich aus fünf Seiten plus die dazugehörigen Anlagen. Das VHP wird auf Seite fünf unterschrieben und alle weiteren Seiten werden paraphiert. Die weiteren Anlagen können eine Seitenzahl von > 50 Seiten ergeben. Es gibt VHP die eine Seitenzahl von 200 Seiten aufweisen. Dabei ist zu erwähnen, dass zu den Anlagen des VHP auch Unterlagen wie das Leistungsverzeichnis und die Baubeschreibung gehören, die grundsätzlich eine größere Seitenanzahl aufweisen. Diese Seiten werden alle ausgedruckt und bei dem Termin vorgelegt. Sie werden dann im Laufe des Termins besprochen und vom Nachunternehmer unterschrieben und/oder paraphiert. Abschließend werden die Seiten eingescannt und im jeweiligen Bauvorhaben abgelegt. Falls zu diesem besagten Termin noch Anlagen fehlen so müssen diese nachgereicht werden.

### **Ablauf Zukunft**

Wird nun das VHP nicht mehr ausgedruckt, so kann alles digital erfolgen. Dafür wird nur ein digitaler Zugang benötigt. Das schon vorher erstellte Dokument kann digital ausgefüllt werden und im Termin unterschrieben bzw. paraphiert werden. Dazu logt sich der weisenburger Mitarbeiter in seinen Account ein, bearbeitet dort das Dokument und verschickt es dann an den NU. Dieser erhält eine E-Mail und kann dieses Dokument öffnen und unterschreiben bzw. paraphieren. Voraussetzung dafür ist, dass der Nachunternehmer Zugang zu seinem E-Mail-Account hat. Werden die Anforderungen für eine FES oder QES gestellt, so muss vorab die Identität bestätigt werden. Die Genaue Beschreibung ist im Kapitel 3.5 „Ablauf mit der elektronischen Unterschrift“ nachzulesen. Nun haben beide Parteien ein unterschriebenes Exemplar und können dieses digital ablegen.

Vorteil des digitalen Ablaufes ist, dass keine Medienbrüche entstehen. Das VHP muss nicht in zweifacher Ausführung ausgedruckt werden, da beide Parteien Zugriff auf das elektronisch ausgefüllt Dokument haben. Es ist durch das digitale Ablegen möglich,

die Volltextsuche anzuwenden. Diese Funktion erspart viel Zeit. Nachteil des digitalen Ablaufes ist es, dass die Funktionalität des Programms und der elektronischen Geräte gewährleistet sein muss. Außerdem fällt der physische Part der zu lesenden Seite weg, so wird eine Seite eventuell schneller gescrollt als umgeblättert. Inhalte der Seiten können eher übersehen werden. Zukünftig muss den Vertragspartner die digitale Anwendung nahegelegt werden, was wiederum Zeit und Verständnis kosten kann.

### **6.3 Beispielablauf Rechnungsworkflow**

In der Vergangenheit wurde im Rahmen eines Workshops im Unternehmen weisenburger ein Prozess zur Digitalisierung eines Rechnungslaufes erarbeitet. Dieser Prozess stellt eine Verbesserung zur Digitalisierung dar und erbringt eine Einsparung der Durchlaufzeit. Die NU-Rechnung, die im Bezug der Ist-Analyse in der zweiten Filterstufe entfallen ist, dient dies hier als Beispielprozess und soll im Folgenden anhand der drei erarbeiteten Prozesse kurz erläutert werden.

#### **Physischer Lauf NU Rechnung**

Anhand der Darstellung im Anhang A1, die im Rahmen des Workshops erarbeitet wurde, resultiert bei dem physischen Lauf der NU-Rechnung ein 12-stufiger Prozess zwischen Rechnungsstellung und Rechnungszahlung. Es wurde eine Bearbeitungszeit von 33 – 40 Minuten errechnet und eine Durchlaufzeit von 7,25 – 12,25 Arbeitstagen. Die Rechnung wird hier, klassisch nach erbrachter Leistung auf der Baustelle, vom Nachunternehmer erstellt und per Post an die Unternehmenszentrale in Karlsruhe geschickt. Zu erwähnen ist, dass alle Rechnungen an die Zentrale in Karlsruhe gesendet werden, auch wenn die Baustelle und die nähere Geschäftsstelle beispielsweise in Düsseldorf ist. Nach Eingang der Rechnung in Karlsruhe wird die Post geöffnet, mit einem Eingangsstempel versehen und das erste Mal sortiert. Der nächste Schritt ist die Aufnahme in das Rechnungssystem und die Weiterleitung an das Technische Sekretariat, wo sie erneut sortiert und an die Geschäftsstellen weitergeleitet wird. Auch dieses Vorgehen findet wieder postalisch statt. Nachdem die Rechnung dann die Erstfreigabe durch den zuständigen Bauleiter bekommen hat, benötigt sie noch die Zweitfreigabe durch eine Führungskraft. Nach der Freigabe wird die Rechnung wieder per Post nach Karlsruhe geschickt. Dort wird

sie durch einen Sachbearbeiter in das Abrechnungsdienstleisterprogramm BRZ eingepflegt. Hier wird nun die Rechnung mit dem BRZ abgeglichen und der Zahlvorgang wird erneut geprüft. Nach der Freigabe erfolgt die Zahlung.

### **Digitaler Lauf NU Rechnungen (heute)**

Anhang A2 veranschaulicht den digitalen Lauf der NU-Rechnungen stand „heute“. Die Rechnung werden nach Eingang in der Unternehmenszentrale in ein dafür geeignetes System abgelegt, dadurch reduziert sich der Prozess von zwölf Schritten auf neun. Die Bearbeitungszeit liegt bei 34,5 – 41,5 Minuten. Die Durchlaufzeit beträgt nur noch 2,5 – 3,5 Arbeitstage. Bei diesem Prozess werden die Rechnungen, die per Post in die Unternehmenszentrale in Karlsruhe ankommen in ein System eingetragen und dort abgelegt. Mit Zugriff auf das System können nun die zuständigen Bauleiter und Führungskräfte die Prüfung und Freigabe der Rechnungen über das System bearbeiten. So fällt nicht nur der Postweg zwischen den Geschäftsstellen weg, sondern auch die mehrfache Sortierung, da diese gleich an Anfang einmalig im System geschieht. Nach der Freigabe der Rechnung wird auch diese wieder im Abrechnungsdienstleisterprogramm BRZ eingepflegt, abgeglichen und erneut geprüft, damit dann die Zahlung erfolgt.

### **Digitaler Lauf NU Rechnungen (Zukunft)**

Der letzte Prozess, der im Rahmen des Workshops dargestellt wurde, siehe Anhang A3, ist ein Schritt in die Digitalisierung und der Anwendung für elektronische Rechnungen. Die Rechnungen werden bei diesem Prozess jedoch nicht mehr per Post in die Unternehmenszentrale geschickt, sondern kommen in digitaler Form in Karlsruhe an. Der Postweg fällt in diesem Prozess komplett weg. Nach erbrachter Leistung auf der Baustelle wird von dem entsprechenden Nachunternehmer eine Rechnung in digitaler Form, hier als PDF, gestellt. Nach Prüfung von Steuernummer, Bankverbindung und Ähnlichem wird die Rechnung in das System eingestellt. Alle weiteren Schritte erfolgen wie im Prozess zuvor.

### **Ergebnis des Rechnungslaufs**

Anhand dieser drei Rechnungsdurchläufe zeigt sich eine Verbesserung der Durchlaufzeit. Bei Rechnungen ist eine kurze Durchlaufzeit von Vorteil, so lässt sich beispielsweise der Preisnachlass bei Zahlung einer bestimmten Frist einhalten. Die Bearbeitungszeit ist im zweiten Prozess höher, da die Rechnungen manuell in ein bestimmtes Programm eingearbeitet werden müssen. Diese Bearbeitungszeit würde aber in einem reinen digitalen Prozess wieder verringert werden, da hier die verschiedenen Medienbrüche wegfallen und somit auch keine zusätzliche Arbeit anfällt in dem die Daten aus dem einem Medium in das andere übertragen werden müssen. Des Weiteren zeigt sich, dass die Postwege wegfallen, sodass sich Porto- sowie Druckerkosten einsparen lassen.

## 7 Schlussbetrachtung

In der Schlussbetrachtung werden die erarbeiteten Ergebnisse diskutiert, Handlungsempfehlungen ausgesprochen und schlussendlich ein Fazit über die Zielsetzung der Arbeit verfasst.

### 7.1 Diskussion über die Ergebnisse

In dem folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Bachelorarbeit zusammengefasst und diskutiert. Probleme, die im Rahmen der Recherche sowie der Datenbeschaffung aufkamen, werden benannt und gewertet.

Die elektronische Unterschrift ist nicht nur ein digitaler Fortschritt, sondern durch den § 126a BGB auch rechtsgültig. So kann sie für die unterschiedlichsten Dokumente angewendet werden. Dadurch kann sie die händische Unterschrift ersetzen. Problematisch wird es, wenn für ein Dokument ausdrücklich die Schriftform gefordert ist, dies führt dazu, dass die elektronische Unterschrift nicht angewendet werden kann. Das betrifft beispielsweise §623 BGB Beenden von Arbeitsverhältnissen durch Kündigung oder Auflösungsvertrag. Die elektronische Unterschrift wird in drei Arten unterteilt, EES, FES, QES. Dabei unterscheiden diese sich jeweils in ihrer Anwendung und Sicherheitsstufe. Durch den elektronischen Weg müssen die Unterschrift und das Dokument vor Dritten und Fälschungen geschützt werden. Die Cybersicherheit beschäftigt sich aus diesem Grund mit dem Thema der Verschlüsselung von Dokumenten, um den sicheren Austausch im Internet zu gewährleisten. Dazu sind verschiedenen Verschlüsselungsverfahren notwendig. Durch die Authentizität, die vor einer FES und QES getätigt werden muss, ist die elektronische Unterschrift sicherer als eine händische Unterschrift. Sie dient daher auch vor Gericht als Beweis. Das Internet ist in heutiger Zeit nicht mehr weg zu denken, so sind beispielsweise E-Mails in der Arbeitswelt der häufigste Kommunikationsweg, da sie für schnelle Übertragung und Distanzunabhängigkeit sorgen. Doch das Internet bietet auch große Angriffsflächen für Dritte. So werden immer häufiger Firmen mit Unzugänglichkeit ihrer Systeme durch Hackerangriffe erpresst. Daher ist eine notwendige Sicherheit des Firmensystems und der Übertragungswegen Voraussetzung für ein funktionierendes Unternehmen.

Die Ergebnisse, welche im Rahmen der Ist-Analyse und dem Soll-Ist-Vergleich erarbeitet wurden, sind sowohl ökologisch als auch ökonomisch zu diskutieren. In beiden Punkten ist die elektronische Unterschrift besser als der aktuelle Ablauf mit analoger Unterschrift und Postweg. Doch konnten im Rahmen der Arbeit nicht alle zu betrachtenden Punkte aufgeschlüsselt und verglichen werden. Daher werden im Folgenden die Einschränkungen und Probleme, die im Rahmen der Erstellung dieser Arbeit auftraten, genannt und diskutiert. Die meisten Werte, die in die Ist-Analyse mit einfließen sind Expertenwerte und Annahme. Sie weisen meist eine hohe Spannweite des Minimal- und Maximalwertes auf. Das liegt daran, dass die Baubranche im Vergleich zu vielen anderen Branchen, beispielsweise die Automobilbranche, Unikate baut, einen geringen Standardisierungsgrad aufweist und stark von einzelnen Individuen beeinflusst wird. So kommt es bei den unterschiedlichen Bauvorhaben zu unterschiedlichen Werten. Um einen besseren Vergleich zu führen, wurden Mittelwerte angenommen. Verhältnisangaben würde einen realeren Wert abbilden, sie wurde aus Komplexität in Rahmen der Arbeit aber nicht berücksichtigt.

Für die ökologische Betrachtung wurde der CO<sub>2</sub> Ausstoß verglichen. Sowohl für den CO<sub>2</sub> Ausstoß einer E-Mail als auch der eines Briefes konnten keine nachweisbaren Werte gefunden werden. Daher wurden Annahmen getroffen, die aus mehreren Internetquellen basieren. Diese bilden nur einen Mittelwert. So wird beispielsweise nicht unterschieden zwischen der Größe einer E-Mail, oder der Distanz, die ein Brief absolviert. Ein weiterer Punkt, der nicht betrachtet wurde, ist der Stromverbrauch. Dieser wurde auf Grund von nicht klar nachzuweisenden Werten ebenfalls nicht berücksichtigt. In dem Soll-Ist-Vergleich wird angenommen, dass sich die Einsparungen des Druckerstroms, mit dem der für die elektronischen Unterschrift angewendeten E-Mail wieder ausgleicht. Wird nun aber nicht mehr nur ein Unternehmen, sondern die ganze Welt betrachtet, so kann man davon ausgehen das sich der Stromverbrauch allgemein erhöht. Für die Anwendung der elektronischen Unterschrift werden Programme und Dienstleistungsfirmen benötigt. Dafür werden Server gebraucht, die wiederum gekühlt werden müssen. Daher wäre zu klären, inwieweit die elektronische Unterschrift wirklich den CO<sub>2</sub> Ausstoß verringert.

Aus ökonomischer Sicht ist die elektronische Unterschrift Kostengünstiger als das Versenden per Post. Dabei wurde jedoch im Soll-Ist-Vergleich berücksichtigt, dass das Unternehmen eine zentrale Poststelle hat und somit nicht jeder Mitarbeiter eine Lizenz

für das elektronische System benötigt. Bei anderen Unternehmen kann es Aufgrund anderer Strukturen möglich sein, dass die elektronische Unterschrift teurerer ist als die aktuellen Briefkosten des Unternehmens. Als Briefkosten werden die Kosten bezeichnet, die sowohl für das Drucken als auch fürs Porto zustande kommen. Des Weiteren muss berücksichtigt werden, dass sich die Portokosten nicht komplett reduzieren lassen. Es werden immer noch Portokosten anfallen für die Dokumente, die aus rechtlicher Sicht nicht elektronisch unterschrieben werden können oder bei denen die Zustellung bewiesen werden muss. Daher wird die einzusparende Summe vermutlich etwas geringer sein. Doch auch anfallende IT-Kosten müssen beachtet werden, so muss durch die Speicherung der Dokumente gewährleistet werden, dass die Server über ausreichend Leistung verfügen. Dafür könnten weitere Kosten anfallen. Es muss außerdem berücksichtigt werden, dass eine Einführung eines neuen Systems zunächst Kosten erzeugt und selten dabei welche spart, da die Einarbeitungszeit der Mitarbeiter beachtet werden muss. Angenommen wird, dass die Durchlaufzeit durch die elektronische Unterschrift im Vergleich zur aktuellen Durchlaufzeit geringer ist, da der Postweg entfällt. Dabei wurde jedoch nur Rücksicht auf das Versenden genommen. Angaben zur Bearbeitungszeit wurden nicht getätigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese gleichbleibt.

Im Kapitel 5 wurde der strategische Soll-Zustand erläutert. Dabei wurde genannt, dass die Anwendung der elektronischen Unterschrift ein Vorreiter sein soll, um in Zukunft ausschließlich Dokumente elektronisch zu versenden. Die Schwierigkeit besteht dabei in der Beweisbarkeit der Zustellung. Aktuell gilt eine versendete E-Mail nicht als Beweis. Daher werden solche Dokumente per Post versendet. Das hat zu folgen, dass mit der Einführung der elektronischen Unterschrift trotzdem weiterhin Dokumente existieren, die postalisch versendet werden. Aufgrund dessen ist die Einführung der elektronischen Unterschrift für alle Dokumente zu einem Zeitpunkt nicht möglich. Dieser Prozess ist auch unter dem Begriff Big Bang Rollout bekannt.<sup>85</sup>

---

<sup>85</sup> CPC Unternehmensmanagement AG, Rollout Management.

### 7.2 Handlungsempfehlung

Mithilfe eines Rollout Management sollte für die Einführung eine optimale Planung für die zukünftige Anwendung der elektronischen Unterschrift aufgestellt werden. Rollout Management dient dazu, mithilfe von Konzeptentwicklungen, Planung und Prozessen eine koordinierte Einführung eines neuen Konzeptes oder Systems zu verwirklichen.<sup>86</sup> Dabei werden beteiligte Stakeholder mit einbezogen und versucht Maßnahmen einzuleiten, falls es zu Widerständen kommt.

Um die Einführung der elektronischen Unterschrift weiter voranzubringen, sollten nun allgemeine und spezielle Maßnahmen ergriffen werden. Interne Workshops sollten dabei helfen, die allgemeinen Ziele des Unternehmens im Bezug zur elektronischen Unterschrift zu sammeln. Dabei sollen zum einen Themen erarbeitet werden, die den Ablauf der Dokumente mit der elektronischen Unterschrift beschreiben. Zum anderen soll ein Standard erarbeitet werden, der die Ordnerstruktur für die unterschriebenen Dokumente vorgibt. Diese Informationen müssen bei finaler Entscheidung an die Mitarbeiter weitergeleitet werden. Daher bieten sich interne Schulung an.

Eine weitere Handlung, die erbracht werden muss, ist die Festlegung der Eigenschaften für die zukünftig elektronisch unterschriebenen Dokumente. Dabei handelt es sich um die Art der Unterschrift: EES, FES, QES und die berechnigte Person, die das Dokument unterschreiben darf. Dafür sollten die Dokumente einzeln betrachtet werden und die jeweiligen Eigenschaften festgehalten werden.

Die nächste Handlung, die erfolgen muss, ist die Festlegung eines geeigneten Programms. Dazu sollte durch eine vorab getroffene Auswahl, ein Beratungstermin mit dem jeweiligen Dienstleister wahrgenommen werden. Durch Kosten- und Anwendungsvergleiche können Entscheidungen getroffen werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Firmen die Anwender einer elektronischen Unterschrift sind, anzufragen und um Resonanz zu bitten. Im Rahmen der Arbeit wurden Firmen angefragt, jedoch gab es keine Rückmeldung diesbezüglich. Daher kann darauf nicht weiter eingegangen werden.

Aufgrund der vielen unterschiedlichen Dokumente und der Komplexität mit den vielen NU empfiehlt sich aus operativer Sicht, eine Einführung der elektronischen Unterschrift für einen Teil der gesamten Dokumente. Beispielsweise ausschließlich die Dokumente

---

<sup>86</sup> CPC Unternehmensmanagement AG, Rollout Management.

bei denen eine EES ausreichend ist. Dieser Schritt kann jedoch erst erfolgen, wenn die betreffenden Dokumente bereits ermittelt wurden.

Aufgrund der Erkenntnisse, die im Rahmen der Bachelorarbeit erlangt wurden, ist eine Einführung der elektronischen Unterschrift zu empfehlen. So werden nicht nur Kosten gesenkt, sondern es wird auch zur Verbesserung des Corporate Carbon Footprint beigetragen. Durchlaufzeiten können aufgrund von wegfallenden Postwegen und dazu gewonnener Flexibilität optimiert werden. Unterschriften können in Zeiten der Digitalisierung problemlos von unterwegs und zeitunabhängig getätigt werden.

### **7.3 Fazit**

Ziel der Arbeit war es, sowohl die Grundlagen als auch die rechtlichen Rahmenbedingungen der elektronischen Unterschrift aufzuzeigen. Die rechtlichen Rahmenbedingungen sind zum einen durch elektronische Form im BGB, als auch mit der europaweit geltende eIDAS-Verordnung geregelt. Mit einigen Ausnahmen ist es möglich die elektronische Unterschrift für den anstehenden Dokumentenprozess anzuwenden.

Die ökonomischen und die ökologischen Werte werden durch die Einführung der elektronischen Unterschrift verbessert. Sowohl die anfallenden Kosten als auch der CO<sub>2</sub> Ausstoß sind geringer als die ermittelten Werte aus der Ist- Analyse. Aufgrund des digitalen Prozesses entfällt der Postweg, was zu einer Verbesserung der Durchlaufzeiten führt.

Die Dokumentenaufbereitung ist in der Bauwelt ein sehr aufwendiges und komplexes Thema, daher ist die Umsetzung der elektronischen Unterschrift sowohl für interne als auch für externe Stakeholder von großem Interesse.

Diese Arbeit dient der Grundlagenermittlung und der Veranschaulichung der Komplexität bei der Einführung der elektronischen Unterschrift. Daher muss bei einer geplanten Einführung immer die Gesamtheit des Themas ausreichend genau ermittelt und bewertet werden.

## Literaturverzeichnis

*Buchmann, Johannes* (Einführung in die Kryptographie, 2016): Einführung in die Kryptographie, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016

*Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik* (Hrsg.) (eIDAS-Verordnung über elektronische Identifizierung und Vertrauensdienste.): eIDAS-Verordnung über elektronische Identifizierung und Vertrauensdienste., <[https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Oeffentliche-Verwaltung/eIDAS-Verordnung/eidas-verordnung\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Oeffentliche-Verwaltung/eIDAS-Verordnung/eidas-verordnung_node.html)> [Zugriff 2023-02-16]

*Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik/Dr. Hühnlein, Detlef/Dr. Korte, Ulrike* (Grundlagen der elektronischen Signatur, 2021): Grundlagen der elektronischen Signatur (2021)

*Bundesnetzagentur* (Fragen zu elektronischen Vertrauensdiensten, o.D): Fragen zu elektronischen Vertrauensdiensten, <[https://www.bundesnetzagentur.de/EVD/DE/Nutzer/Infothek/Fragen/start.html#faqt\\_2](https://www.bundesnetzagentur.de/EVD/DE/Nutzer/Infothek/Fragen/start.html#faqt_2)> [Zugriff 2023-02-17]

— (Hrsg.) (Qua-li-täts-mo-ni-to-ring): Qua-li-täts-mo-ni-to-ring, <<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/Post/Qualitaetsmonitoring/start.html>> [Zugriff 2023-02-20]

*CO2-Rechner für Auto, Flugzeug und Co.* (CO2-Rechner für Auto, Flugzeug und Co., 2019): CO2-Rechner für Auto, Flugzeug und Co., <<https://www.quarks.de/umwelt/klimawandel/co2-rechner-fuer-auto-flugzeug-und-co/>> (2022-04-20) [Zugriff 2023-02-20]

*Rollout Management* (Rollout Management), <<https://cpc-ag.de/rollout-management/>> [Zugriff 2023-02-16]

*Deluzarche, Céline* (Wie groß ist der CO2-Fußabdruck einer E-Mail?, 2022): Wie groß ist der CO2-Fußabdruck einer E-Mail?, <[https://www.futura-sciences.com/de/wie-gross-co2-fussabdruck-e-mail\\_8484/](https://www.futura-sciences.com/de/wie-gross-co2-fussabdruck-e-mail_8484/)> [Zugriff 2023-02-24]

*Digitale Signatur* (Digitale Signatur, o.D): Digitale Signatur, <<http://ddi.cs.uni-potsdam.de/Lehre/e-commerce/elBez2-5/page08.html>> (2010-11-04) [Zugriff 2023-02-24]

*Email – CO2 Emission im Anhang* (Email – CO2 Emission im Anhang, o.D): Email – CO2 Emission im Anhang, <<https://imbstudent.donauuni.ac.at/lessemissions2/email-co2-emission-im-anhang/>> [Zugriff 2023-02-21]

*E-Mail vs. Brief: Wie ist das eigentlich mit der CO2-Bilanz?* (E-Mail vs. Brief: Wie ist das eigentlich mit der CO2-Bilanz?, o.D): E-Mail vs. Brief: Wie ist das eigentlich mit der CO2-Bilanz?, <<https://www.geldfuermuell.de/recyclingmagazin/e-mail-vs-brief-wie-ist-das-eigentlich-mit-der-co2-bilanz.php>> [Zugriff 2023-02-20]

*Entwicklung der CO2-Emissionen des Deutsche Post DHL Konzerns im Zeitraum von 2013 bis 2020* (Entwicklung der CO2-Emissionen des Deutsche Post DHL Konzerns im Zeitraum von 2013 bis 2020, 2021): Entwicklung der CO2-Emissionen des Deutsche Post DHL Konzerns im Zeitraum von 2013 bis 2020, <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/860515/umfrage/co2-emissionen-der-deutschen-post/#:~:text=CO2-Emissionen%20der%20Deutschen%20Post%20bis%202020.%20Die%20Statistik,CO2%20durch%20den%20Konzern%20Deutsche%20Post%20DHL%20emittiert.>>> [Zugriff 2023-02-13]

*Gruhn, Volker u. a. (Hrsg.) (Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen, 2007): Elektronische Signaturen in modernen Geschäftsprozessen: Schlanke und effiziente Prozesse mit der eigenhändigen elektronischen Unterschrift realisieren, Wiesbaden: Vieweg, 2007*

*Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. (Bedeutung der Bauwirtschaft, 2022b): Bedeutung der Bauwirtschaft, <<https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bedeutung-der-bauwirtschaft>> [Zugriff 2023-02-15]*

— (Bedeutung der Bauwirtschaft, 2022a): Bedeutung der Bauwirtschaft, <<https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/bedeutung-der-bauwirtschaft>> [Zugriff 2023-02-15]

*Hunner, Marie (Die 3 Arten der elektronischen Signatur - alles was Sie darüber wissen müssen, 2022): Die 3 Arten der elektronischen Signatur - alles was Sie*

darüber wissen müssen, <<https://blog.tutum.de/die-3-arten-der-elektronischen-signatur>> [Zugriff 2023-02-24]

*Hybride Verfahren* (Hybride Verfahren, 2010): Hybride Verfahren, <<http://ddi.cs.uni-potsdam.de/Lehre/e-commerce/elBez2-5/page07.html>> (2010-11-04) [Zugriff 2023-02-24]

*Jacob, Michael* (Digitalisierung & Nachhaltigkeit, 2019): Digitalisierung & Nachhaltigkeit, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019

*Klimabilanz: E-Mail vs. Brief* (Klimabilanz: E-Mail vs. Brief, o.D): Klimabilanz: E-Mail vs. Brief, <<https://www.nachhaltiger-warenkorb.de/klimabilanz-e-mail-vs-brief/>> (2023-02-14) [Zugriff 2023-02-20]

*Manz, Olaf* (Verschlüsseln, Signieren, Angreifen, 2019): Verschlüsseln, Signieren, Angreifen, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2019

*Meier, Andreas/Tschudi, Fabrice* (Der Computer erscheint im Holozän, 2021): Der Computer erscheint im Holozän, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2021

*Nachhaltigkeitsrechner* (Nachhaltigkeitsrechner, o.D): Nachhaltigkeitsrechner, <<https://www.papiernetz.de/informationen/nachhaltigkeitsrechner/>> [Zugriff 2023-02-20]

*Plant for the Planet Foundation* (Zahlen & Fakten rund um Bäume, CO2 und globale Wiederaufforstung): Zahlen & Fakten rund um Bäume, CO2 und globale Wiederaufforstung [Zugriff 2023-02-24]

*Pohlmann, Norbert* (Cyber-Sicherheit, 2022): Cyber-Sicherheit, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2022

*Stoll, Patrick P.* (Der Einsatz von E-Procurement in mittelgroßen Unternehmen, 2008): Der Einsatz von E-Procurement in mittelgroßen Unternehmen: Konzeptionelle Überlegungen und explorative Untersuchung, Wiesbaden: Gabler, 2008 (Zugl.: Ulm, Univ., Diss., 2008)

*weisenburger* ("Workshop Rechnungslauf", o.J): "Workshop Rechnungslauf", (internes Firmendokument von weisenburger), o.J

*Werbung per Brief und E-Mail: Der CO2-Verbrauch im Vergleich* (Werbung per Brief und E-Mail: Der CO2-Verbrauch im Vergleich, o.D): Werbung per Brief und

E-Mail: Der CO2-Verbrauch im Vergleich,  
<[https://www.selfmailer.com/blog/werbung-per-brief-und-e-mail-der-co2-  
verbrauch-im-vergleich.html](https://www.selfmailer.com/blog/werbung-per-brief-und-e-mail-der-co2-verbrauch-im-vergleich.html)> [Zugriff 2023-02-20]

*Wühle, Michael* (Nachhaltigkeit – einfach praktisch!, 2020): Nachhaltigkeit – einfach  
praktisch!, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2020

## **Danksagung**

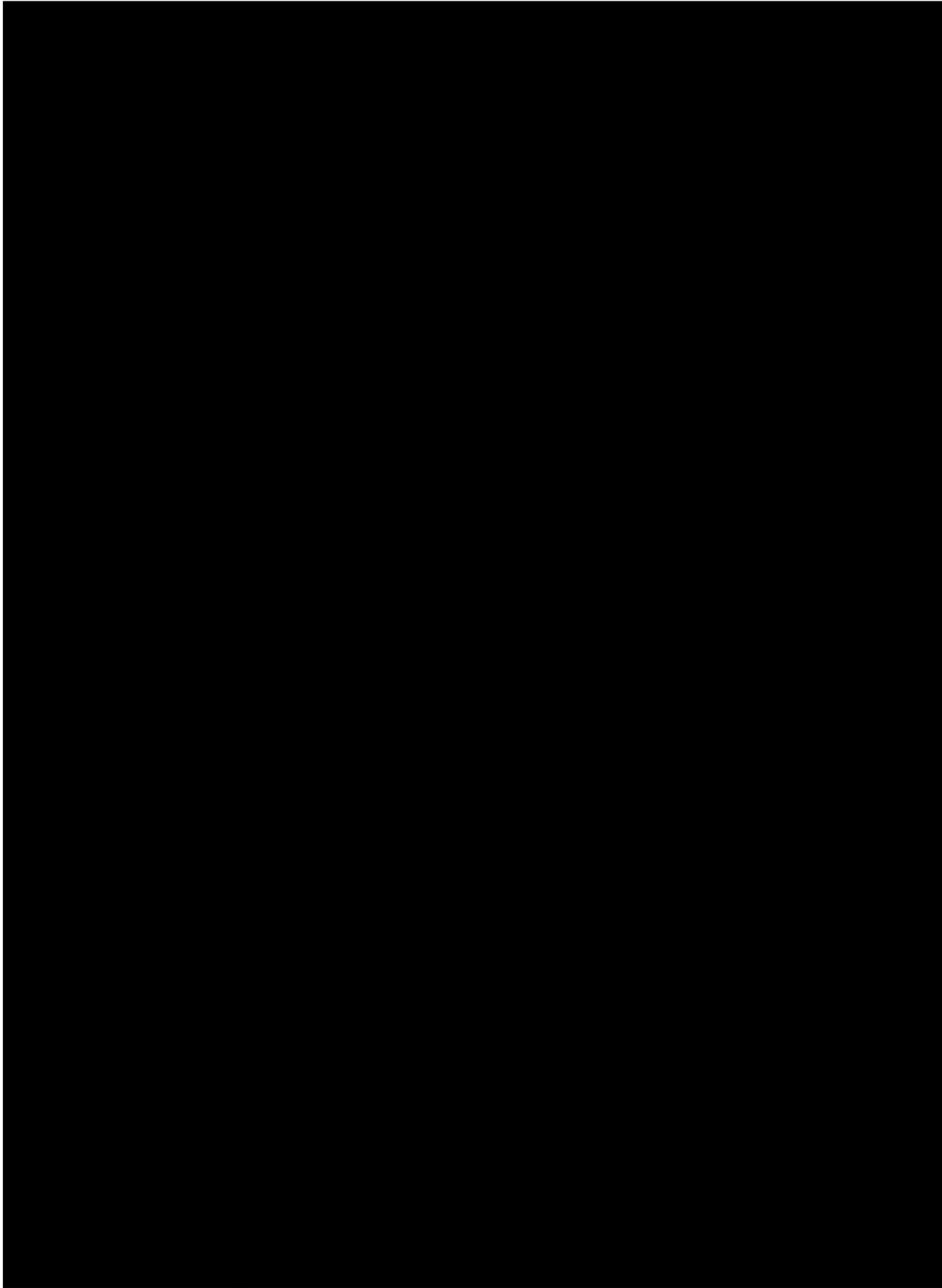
Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer der weisenburger bau GmbH Dr.-Ing. Marco Binniger, sowie meinem Betreuer der Hochschule Konstanz Prof. Dr.-Ing. Michael Bühler, die mich während der Bearbeitung der Bachelorthesis stets sehr gut betreut haben und mir jederzeit als Ansprechpartner für Fragen zur Verfügung standen.

Darüber hinaus möchte ich mich bei weisenburger bau GmbH für die Möglichkeit bedanken, ein solch spannendes Projekt im Rahmen meiner Bachelorthesis bearbeiten zu dürfen. Zudem bedank ich mich für die stets sehr angenehme Arbeitsatmosphäre sowie bei allen Kolleginnen und Kollegen, die mir jederzeit zur Seite standen.

Zuletzt bedank ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden, die mich während der gesamten Bearbeitung dieser Bachelorthesis unterstützt haben.

## Anhang

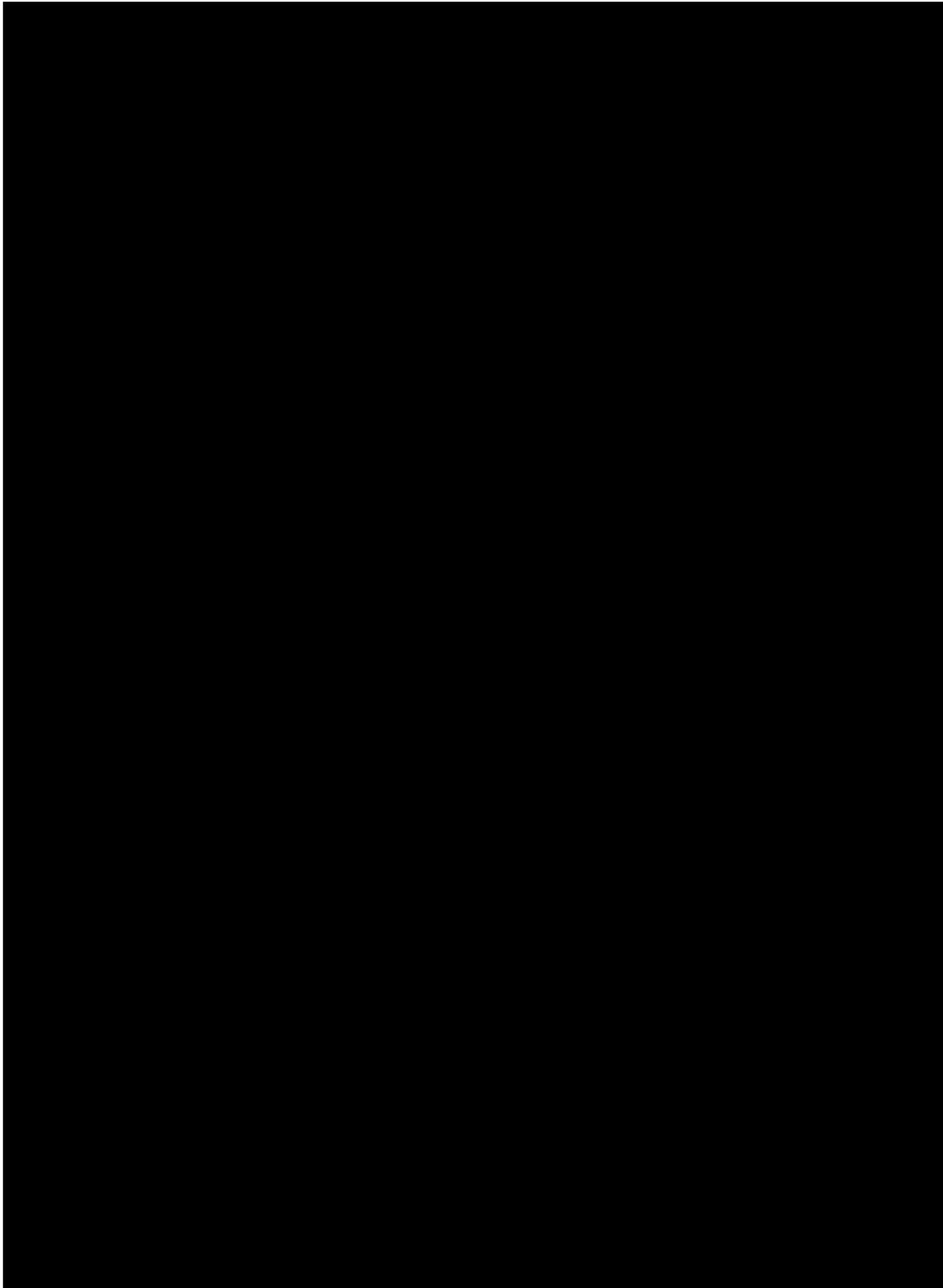
### Anhang A1: Physischer Lauf NU Rechnung<sup>87</sup>



---

<sup>87</sup> *weisenburger*, "Workshop Rechnungslauf", o.J.

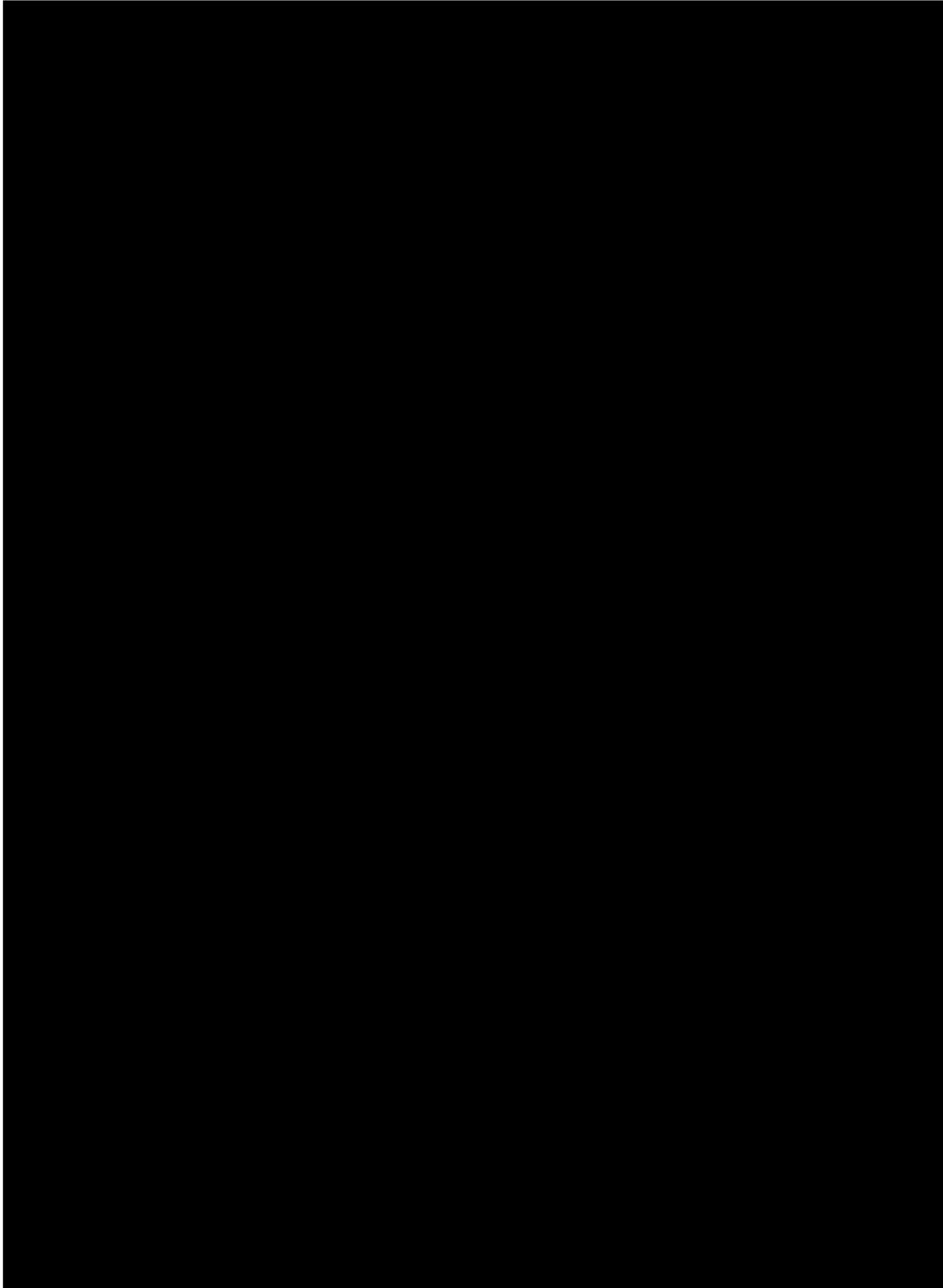
## Anhang A2: Digitaler Lauf NU Rechnung (heute)<sup>88</sup>



---

<sup>88</sup> *weisenburger*, "Workshop Rechnungslauf", o.J.

## Anhang A3: Digitaler Lauf NU Rechnung (Zukunft)<sup>89</sup>



---

<sup>89</sup> *weisenburger*, "Workshop Rechnungslauf", o.J.

## Anhang A4: Dokumente aus der Filterstufe 2

		Seiten pro Dokument	Anzahl	(Info: 20 NU pro BV) BV / NU
<b>Verträge</b>				
1	Nachträge (BH)	1-4	1-3	BV
<b>Rechnungen</b>				
2	Schlussrechnung (BH)	4-6	1	BV
3	Abschlagszahlung (BH)	1-17	10-20	BV
<b>Sonstiges</b>				
4	Abnahmeprotokoll	1-3	1-160	BV
5	Behinderungsanzeige (BH)	1-5	1-3	BV
6	Verzugsanzeige (BH)	1-5	1-5	BV
7	Bedenkenanzeige (BH)	1-5	1-5	BV
8	Leistungsabruf	1-2	2	NU
9	Rohbaufertigungsanzeige	2	1	BV
10	Verkehrssicherung/Sperrsicherung Ab- und Anmelden	1-3	2	BV
11	Verkehrssicherung/Sperrsicherung Protokoll			
<b>QM-Handbuch</b>				
<b>Finanz- und Rechnungswesen</b>				
12	Mahnbescheid	1-2	0-2	BV
13	Schadensanzeigen			
<b>Akquisition und Angebotserstellung bis Vertragsabschluss</b>				
14	Absageschreiben	1	1-3	NU
<b>Beschaffung</b>				
15	Vergabeverhandlungsprotokoll	15-70	20	BV
16	NU-Vertrag	1	20	Bv
17	Auftragsbestätigung	1	20	Bv
18	NU-Jahresvertrag	2	10-20	Jahr
19	Auftragsschreiben	1	20	BV
<b>Bauleitung und Produktion Rohbau</b>				
20	Betondruckfestigkeit/Betongüte (ÜK2)			
21	Baubeginnsanzeige	1	3	BV
22	Bauleitererklärung	1	3	BV
23	Bautagebuch	1-2	200	AT
24	Abnahme Rohbau (Protokoll und Schein)	2-5	1-6	BV
25	Mängelfreimeldung	1-5	1	BV
<b>Projektleitung / Bauleitung SFB</b>				
26	Nachfrist für Ausführungsbeginn	1	10-30	BV
27	Schlechtwetteranzeige	1-5	20	AT
28	Haftungsfreistellung	2		Jahr
29	Sonderwunschvertrag	9-20	1500	Jahr
30	Auftragsbestätigung für Nachtrag	1	1-50	BV
<b>Mängelbeseitigung</b>				
31	Ablehnungsschreiben	1-2	1700	Jahr
32	Mängelrüge	3	8705	Jahr
33	Erledigungsschreiben	3	9887	Jahr
34	Kündigungsschreiben	2-4	725	Jahr
<b>Projektabschluss</b>				
35	AKQ_Architektenvertrag_01	4-6	1	BV
36	AKQ_Ingenieurvertrag Tragwerksplanung	4-6	1	BV
37	ABW_Kaeuferdankschreiben_mit_Ansprechpartner	1-2	1500	Jahr
38	ABW_Einladung_zur_Abnahme	1-2	1500	Jahr

Erfahrungswerte  
 Laufwerk  
 Annahme

# Anhang A5: Hochrechnung

	Anzahl			Anzahl pro Jahr		
	Minimal	Maximal	Mittelwert	Minimal	Maximal	Mittelwert
1	1,00 Dok/BV	3,00 Dok/BV	2,00 Dok/BV	60	180	120
2	1,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	60	60	60
3	10,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	15,00 Dok/BV	600	1200	900
4	1,00 Dok/BV	160,00 Dok/BV	80,50 Dok/BV	60	9600	4830
5	1,00 Dok/BV	3,00 Dok/BV	2,00 Dok/BV	60	180	120
6	1,00 Dok/BV	5,00 Dok/BV	3,00 Dok/BV	60	300	180
7	1,00 Dok/BV	5,00 Dok/BV	3,00 Dok/BV	60	300	180
8	1,00 Dok/BV	40,00 Dok/BV	40,00 Dok/BV	2400	2400	2400
9	1,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	60	60	60
10	2,00 Dok/BV	2,00 Dok/BV	2,00 Dok/BV	120	120	120
11	0,00 Dok/BV	2,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	0	120	60
12	20,00 Dok/BV	60,00 Dok/BV	40,00 Dok/BV	1200	3600	2400
13	20,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	1200	1200	1200
14	20,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	1200	1200	1200
15	10,00 Dok/Jahr	20,00 Dok/Jahr	15,00 Dok/Jahr	10	20	15
16	20,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	1200	1200	1200
17	3,00 Dok/BV	3,00 Dok/BV	3,00 Dok/BV	180	180	180
18	3,00 Dok/BV	3,00 Dok/BV	3,00 Dok/BV	180	180	180
19	20,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	1200	1200	1200
20	1,00 Dok/BV	6,00 Dok/BV	3,50 Dok/BV	60	360	210
21	1,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	60	60	60
22	10,00 Dok/BV	30,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	600	1800	1200
23	20,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	20,00 Dok/BV	1200	1200	1200
24	1500,00 Dok/Jahr	1500,00 Dok/Jahr	1500,00 Dok/Jahr	1500	1500	1500
25	1,00 Dok/BV	50,00 Dok/Jahr	25,50 Dok/BV	60	3000	1530
26	1700,00 Dok/Jahr	1700,00 Dok/Jahr	1700,00 Dok/Jahr	1700	1700	1700
27	8705,00 Dok/Jahr	8705,00 Dok/Jahr	8705,00 Dok/Jahr	8705	8705	8705
28	9887,00 Dok/Jahr	9887,00 Dok/Jahr	9887,00 Dok/Jahr	9887	9887	9887
29	725,00 Dok/Jahr	725,00 Dok/Jahr	725,00 Dok/Jahr	725	725	725
30	1,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	60	60	60
31	1,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	1,00 Dok/BV	60	60	60
32	1500,00 Dok/Jahr	1500,00 Dok/Jahr	1500,00 Dok/Jahr	1500	1500	1500
33	1500,00 Dok/Jahr	1500,00 Dok/Jahr	1500,00 Dok/Jahr	1500	1500	1500

Maximalwert	12000	12000	12000
Minimalwert	0	20	15
Summe	49527	67357	58442

	Seitenanzahl			Seitenanzahl pro Jahr		
	Minimal	Maximal	Mittelwert	Minimal	Maximal	Mittelwert
1	1,00 Seite/Dok	4,00 Seite/Dok	2,50 Seite/Dok	60	720	300
2	4,00 Seite/Dok	6,00 Seite/Dok	5,00 Seite/Dok	240	360	300
3	1,00 Seite/Dok	17,00 Seite/Dok	9,00 Seite/Dok	600	20400	8100
4	1,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	2,00 Seite/Dok	60	28800	9660
5	1,00 Seite/Dok	5,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	60	900	360
6	1,00 Seite/Dok	5,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	60	1500	540
7	1,00 Seite/Dok	5,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	60	1500	540
8	1,00 Seite/Dok	2,00 Seite/Dok	1,50 Seite/Dok	2400	4800	3600
9	2,00 Seite/Dok	2,00 Seite/Dok	2,00 Seite/Dok	120	120	120
10	1,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	2,00 Seite/Dok	120	360	240
11	1,00 Seite/Dok	2,00 Seite/Dok	1,50 Seite/Dok	0	240	90
12	1,00 Seite/Dok	1,00 Seite/Dok	1,00 Seite/Dok	1200	3600	2400
13	15,00 Seite/Dok	70,00 Seite/Dok	42,50 Seite/Dok	18000	84000	51000
14	1,00 Seite/Dok	1,00 Seite/Dok	1,00 Seite/Dok	1200	1200	1200
15	1,00 Seite/Dok	1,00 Seite/Dok	1,00 Seite/Dok	1200	1200	1200
16	1,00 Seite/Dok	2,00 Seite/Dok	1,50 Seite/Dok	120	1800	735
17	1,00 Seite/Dok	5,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	60	300	180
18	1,00 Seite/Dok	5,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	600	1800	1200
19	1,00 Seite/Dok	5,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	1200	6000	3600
20	9,00 Seite/Dok	20,00 Seite/Dok	14,50 Seite/Dok	13500	30000	21750
21	1,00 Seite/Dok	1,00 Seite/Dok	1,00 Seite/Dok	60	3000	1530
22	1,00 Seite/Dok	2,00 Seite/Dok	1,50 Seite/Dok	1700	3400	2550
23	3,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	26115	26115	26115
24	3,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	29661	29661	29661
25	2,00 Seite/Dok	4,00 Seite/Dok	3,00 Seite/Dok	1450	2900	2175
26	4,00 Seite/Dok	6,00 Seite/Dok	5,00 Seite/Dok	240	360	300
27	4,00 Seite/Dok	6,00 Seite/Dok	5,00 Seite/Dok	240	360	300
28	1,00 Seite/Dok	2,00 Seite/Dok	1,50 Seite/Dok	1500	3000	2250
29	1,00 Seite/Dok	2,00 Seite/Dok	1,50 Seite/Dok	1500	3000	2250

Maximalwert	29661	84000	51000
Minimalwert	0	40	30
Summe	116906	286996	193836

Maximalwert	60,00 BV/Jahr
Minimalwert	20,00 NU/BV
Summe	200,00 AT/BV

Maximalwert	60,00 BV/Jahr
Minimalwert	20,00 NU/BV
Summe	200,00 AT/BV

# Anhang A6: Ablauf mit der elektronischen Unterschrift

