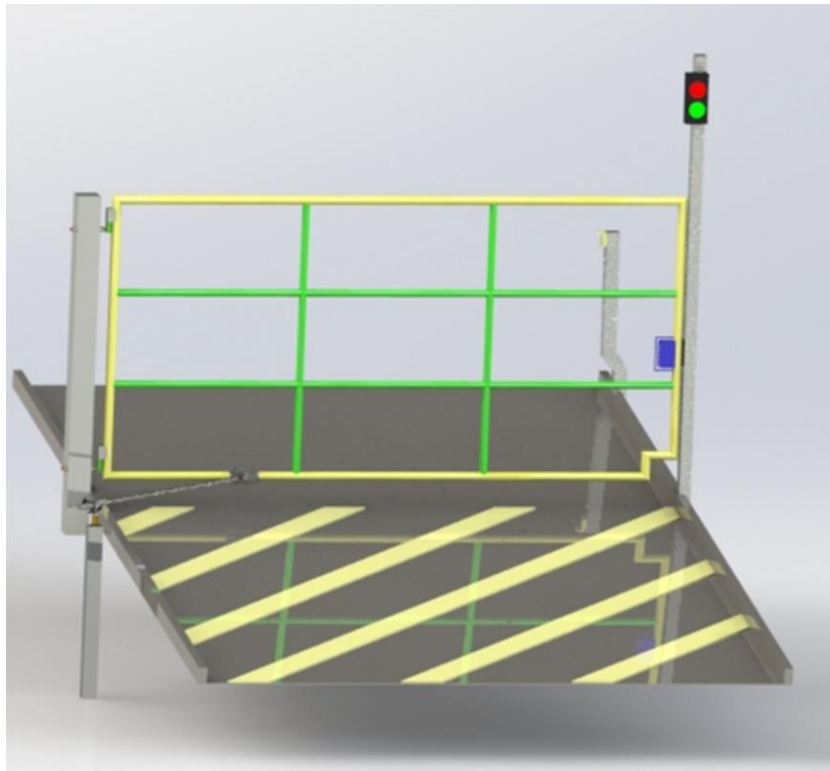


Nachmotorisieren eines Schwenktors



AUTOR

Benjamin Djuric
+41 79 128 93 14
Benjamin.Djuric@sbb.ch

KLASSE:

L-TMA-17-Mo-b

SEMESTER:

6. Semester
2017 - 2020

Vertiefungsrichtung:

Maschinenbau

Experte:

Dominic Schüpbach,

Ausgabedatum:

17.08.2020

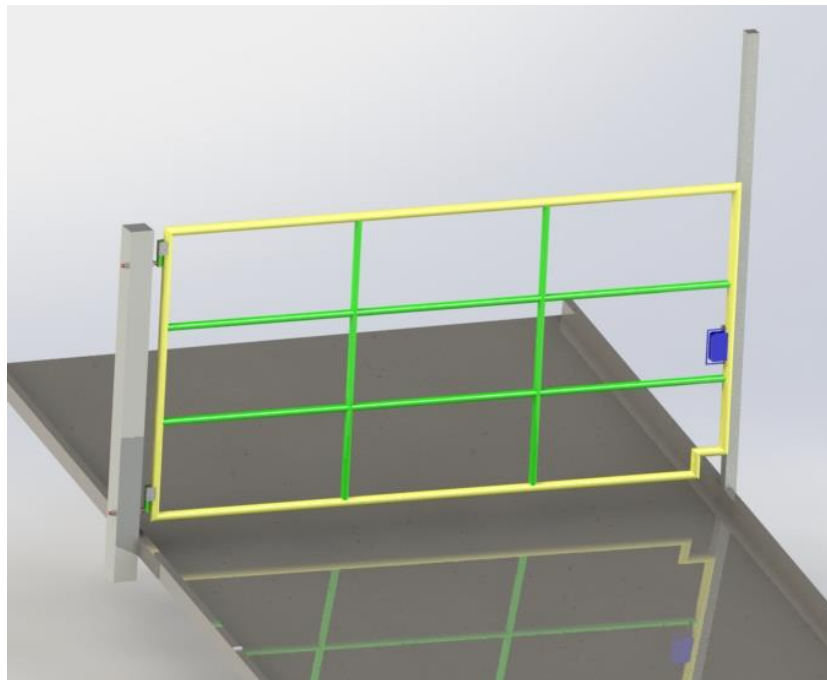
Abgabedatum:

12.10.2020

Management Summary

Ausgangslage

Um das Firmengelände von öffentlichen Verkehrsflächen abzugrenzen, wird ein Einfahrtstor verwendet, welches manuell auf- und abgeschlossen werden kann. Der aktuelle Prozess sieht vor, dass das Einfahrtstor durch einen Schlüssel auf- und abgeschlossen wird. Dieser Schlüssel steht jedoch nicht jedem Mitarbeitenden zur Verfügung, was die reibungslose Ein- und Ausfahrt logistisch merklich erschwert. Zusätzlich müssen die einzelnen Mitarbeitenden bei jeder Ein- und Ausfahrt aus ihrem Fahrzeug aussteigen, um das Tor auf- bzw. zuzumachen.



Zielsetzung

- Die Einhaltung aller gesetzlichen Vorschriften
- Der Schutz der vorgegebenen Oberfläche.
- Ein Notöffnungssystem im Falle eines Defekts, Stromverlust oder Blaulichteinsatz

Kernprobleme

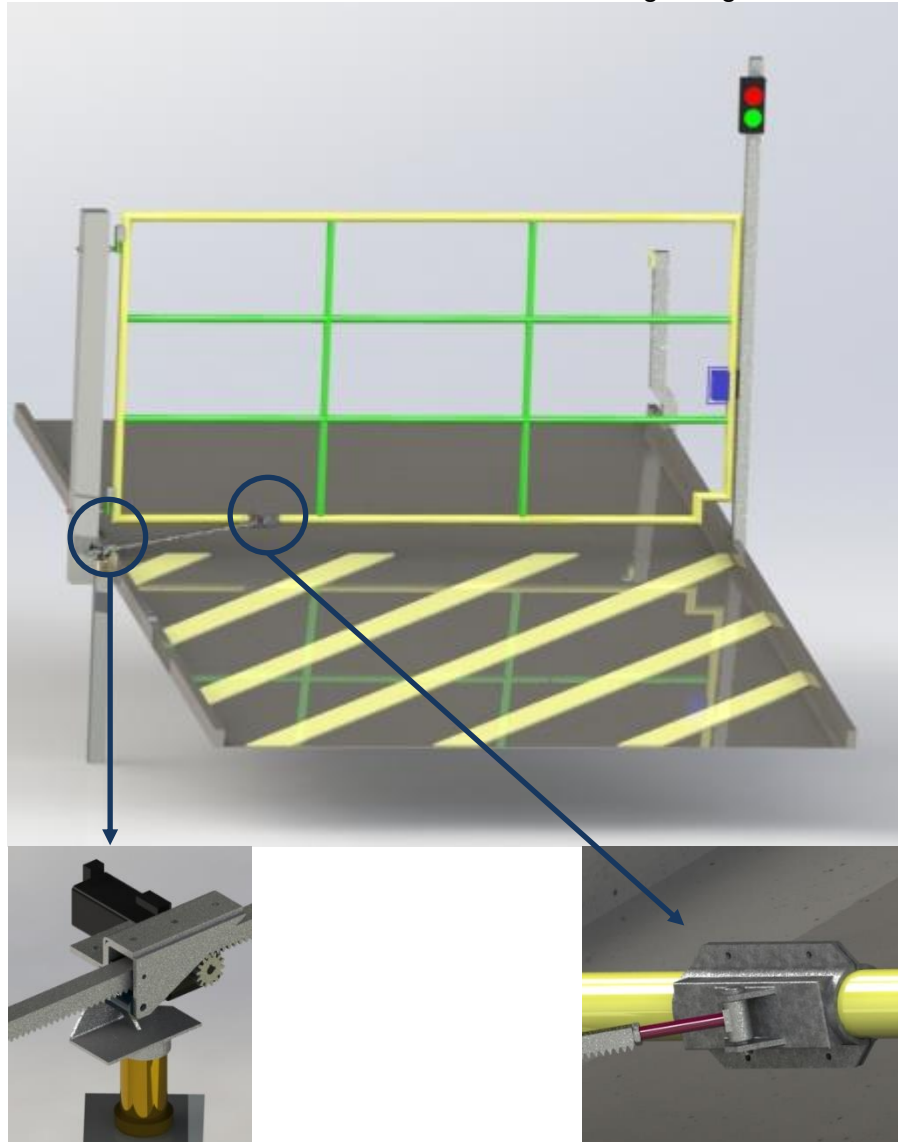
- Energiezufuhr des Antriebes
- Platzmangel an den Seiten der Einfahrt
- Auslegung der mechanischen Teile (Zahnrad, Riemen, Wellen)
- Rotierende Bewegung ins Translatorische übersetzen

Methodik

- Nach Konstruktionsprozess (VDI-Richtlinie 2221 und 2222)

Lösung und Ergebnisse

Die Lösung umfasst eine Eigenentwicklung, welche durch einen Badge-Scanner, das Tor auf- und abschliesst. Dazu werden Bodenmarkierungen und ein Lichtsignal, die sichere Benutzung des neuen Systems gewährleisten. Mit dem neuen System werden das Auf- und Abschiessen des Firmengeländes geregelter, dabei entstehen weniger Fälle in denen Personen ohne Bewilligung das Gelände betreten. Zusätzlich muss der Mitarbeiter nicht mehr aus seinem Fahrzeug aussteigen und das Tor abschliessen. Dabei werden offene Einfahrten komplett eliminiert und das Gefühl der Arbeitssicherheit wird gesteigert.



Die Öffnungsgeschwindigkeit beträgt fünf Sekunden, damit werden die Wartezeiten möglichst kurzgehalten. Das Material, welches verwendet wird, besteht aus Witterungsbeständigen Werkstoffen, welche gleichzeitig auch eine hohe Lebensdauer aufweisen. Mit der Eigenentwicklung kann das System flexibel eingestellt werden. Die Entwicklungskosten wurden dabei sehr tief gehalten.

Schlussfolgerung

Die Lösung, welche erarbeitet wurde, füllt alle defizitpunkte aus, welche ein Verbesserungspotenzial aufweisen. Dabei werden auch die Kosten sehr minimal gehalten. Es wird empfohlen das Projekt durchzuführen.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	1
1.1	Firma SBB AG	1
1.2	Vorstellung Diplomand	2
1.3	Personenverkehr	3
1.3.1	Flirt	3
1.3.2	Domino	3
1.3.3	Sicherheitskonzept SBB	3
2	Ausgangslage	4
2.1	Thema	4
2.2	Rahmenbedingungen	5
2.2.1	Student	5
2.2.2	Diplombegleiter bei der SBB AG	5
2.2.3	Arbeitsumfang	5
2.2.4	Schriftlicher Bericht	5
2.2.5	Bewertung und Benotung	5
2.3	Termine	5
2.3.1	Meilensteine	5
2.3.2	Verwertungsrecht der Projektarbeit	5
3	Planen und Klären	6
3.1	Projektplan	6
3.2	Aufgabenstellung	8
3.3	Abgrenzung	8
3.4	Kernprobleme	8
3.5	Abstraktion	8
3.5.1	Auswertung Abstraktion	8
3.5.2	Entscheidung	8
3.6	Ziele	9
3.6.1	Teilziele	9
3.6.2	Generelle Ziele	9
3.6.3	Technische Ziele	9
3.6.4	Persönliche Ziele	9
4	Infosammlung	10
4.1	Torsegment	10
4.1.1	Berechnung der Masse	11
4.2	Brandschutzmassnahmen	12
4.3	Material	13
4.3.1	Oberfläche	14
4.4	Einfahrtstor Pfosten	15

4.5	Richtlinien	16
4.5.1	Tor	16
4.5.2	Antrieb	16
4.6	Sicherheitsvorschriften	16
4.7	Arbeitszeiten	17
4.7.1	Schichtplan Serviceanlage Luzern	18
4.8	Marktanalyse	19
4.9	Auswertung Infosammlung	19
4.10	Anforderungsliste	20
5	Konzept	22
5.1	Black Box	22
5.2	Beschreibung der Black Box	22
5.2.1.1	Informationen	22
5.2.1.2	Stoff	23
5.2.1.3	Energie	23
5.2.1.4	Wirkungen	23
5.2.2	Schliessen des Flügeltors	23
5.3	Gesamtfunktion	24
5.3.1	Funktionsstruktur	24
5.3.2	Absicherung des Gefahrenbereichs	25
5.3.3	Schliess- und Öffnungsmechanik	26
5.3.3.1	Beispiel vom Rundlauf	26
5.3.3.2	Beispiel des Oberflächenschutzes	27
5.3.4	Steuerung und Regelung der Bewegungssequenz	28
5.3.5	Einhalten der Sicherheitsvorschriften	29
5.3.6	Öffnungssystem	30
5.4	Lösungsfindung	31
5.4.1	Umfrage	31
5.4.1.1	1. Frage	31
5.4.1.2	2. Frage	32
5.4.1.3	3. Frage	33
5.4.1.4	4. Frage	34
5.4.1.5	5. Frage	35
5.4.1.6	6. Frage	36
5.4.1.7	7. Frage	37
5.4.2	Auswertung Umfrage	38
5.4.3	Randdaten	38
5.5	Prinzip-Skizze	39
5.6	Auflistung der Teilfunktionen	40
5.6.1	Informationen zu den Teilfunktionen	40

5.7	Morphologischer Kasten	41
5.8	Bewertung der Teilfunktionen	42
5.9	Auswertung des Morphologischen Kasten	44
5.10	Lösungskonzepte	45
5.10.1	Lösungskonzept 1	45
5.10.2	Lösungskonzept 2	46
5.10.3	Lösungskonzept 3	47
5.10.4	Lösungskonzept 4	48
5.10.5		49
5.10.6	Konzept 1	49
5.10.6.1	Vorteile.....	49
5.10.6.2	Nachteile.....	49
5.10.7	Konzept 2	49
5.10.7.1	Vorteile.....	49
5.10.7.2	Nachteile.....	49
5.10.8	Konzept 3	50
5.10.8.1	Vorteile.....	50
5.10.8.2	Nachteile.....	50
5.10.9	Konzept 4	50
5.10.9.1	Vorteile.....	50
5.10.9.2	Nachteile.....	50
5.11	Entscheidung.....	51
5.11.1	Randdaten.....	51
6	Weiterentwicklung nach Konzeptentscheid	51
6.1.1	Auslegung der Teilfunktion 1	51
6.1.2	Drehpunktbestimmung.....	51
6.1.3	Nötiger Festigkeitsnachweis	52
6.1.3.1	Lagerkräfte am Tragzapfen.....	52
6.1.3.2	Benötigtes Quermoment.....	54
6.1.3.3	Benötigte Kraft am Verbindungspunkt	54
6.1.3.4	Auslegung des Verbindungspunkt	55
6.1.3.5	Auslegung der Zugstange.....	56
6.1.4	Konstruktionen der Teilfunktion 1.....	56
6.1.4.1	Auslegung des Antriebs und dessen Halterung	63
6.2	Auslegung der Teilfunktion 2	71
6.2.1	Partnerfirma.....	71
6.2.2	Anforderungen Securiton	72
6.2.3	Lageplan Service-Anlage.....	72
6.2.4	Anforderungsliste Securiton.....	73
6.2.5	CAD Zeichnungen	74

6.2.6	Öffnungssystem von innen	75
6.3	Auslegung der Teilfunktion 3	76
6.3.1	Sensorik	76
6.3.2	Flussdiagramm	77
6.4	Auslegung der Teilfunktion 4	78
6.4.1	Brandschutz	78
6.4.2	Risikoanalyse	79
6.4.3	Sichere Bedienung	80
6.5	Auslegung der Teilfunktion 5	82
7	Schlussanalyse	83
7.1	Schlussprodukt im CAD	83
7.2	Kostenschätzung	85
7.3	Auswertungen der Zeile	86
7.3.1	Technische Ziele	86
7.3.2	Kernprobleme	86
7.4	Anforderungen	87
7.5	Weiteres Vorgehen	88
7.6	Selbstreflexion	89
7.7	Danksagung	89
8	Selbstständigkeitserklärung	90
9	Anhang	91
9.1	Quelle	91
9.2	Internet	91
9.3	Literatur	92
9.4	Software	92

Abkürzungsverzeichnis

Allg.	Allgemein
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heisst
evtl.	eventuell
SBB	Schweizerische Bundesbahn
gem.	gemäss
resp.	respektive
u.a.	unter anderem
u.v.m.	und vieles mehr
z.B.	zum Beispiel
DA	Diplomarbeit
AG	Aktiengesellschaft
SA	Service Anlage
Geg	Gegeben
Ges	Gesucht
N	Newton
Mm	Millimeter
M	Meter
m	Masse
v	Geschwindigkeit
V	Volt
TF	Teilfunktionen
ZUKO	Zutrittskontrollsystem

Glossar

Wort	Erklärung
Pleitegeier	Das Logo welches von der SBB Verwendet wird.
Regio Express	Ist ein Regionaler Express Zug, welche keine Schnellstrecken fährt
Flirt	Zug typ welcher aus vier bis sechs verschiedene Fixagen besteht.
Service Anlage	Eine Wartungswerkstatt
Rundlauf	In der Mechanik ob es Schwingungen beim Rotieren gibt.

1 Vorwort

Die Diplomarbeit (DA) ist ein Bestandteil einer sechs Semester langen Weiterbildung zum Maschinenbau Techniker HF. Hier muss der Student die erlernten Fähigkeiten während des Studiums anwenden und ausführen. Die DA basiert auf den beruflichen Werdegang oder einer Kooperation mit einer Firma. Damit sollen die Kernkompetenzen wie die Analyse von Problemsituationen, die Auswahl der Lösungsstrategie, die Planung und Anwendung, aufgebaut werden. Einer der grössten Schwierigkeiten ist die Verknüpfung der Theorie und mit der Praxis, welche aus diesen Teilbereichen bestehen: Physik, Mechanik, Festigkeitslehre, Antriebs-, Steuerungstechnik und Konstruktions- und Maschinenelemente. Der Lösungsansatz ist der Beitrag des Verfassers zum Fachgebiet seiner beruflichen Tätigkeit. Die Berechnungen basieren auf den Kenntnissen, die in den letzten sechs Semester erlernt wurden.

1.1 Firma SBB AG

Als Mitarbeiter bei der Firma SBB AG in der Instandhaltung, wird ein Projekt in der Infrastruktur bearbeitet welches von der Firma selbst zu Verfügung gestellt wurde. Die Firma SBB AG ist im Personentransport spezialisiert und besitzen über 50 verschiedenen Schienenfahrzeuge. Mit der wachsenden Mitarbeiter- und Bevölkerungszahl der Schweiz, werden immer mehr Infrastruktur- und Platzoptimierungsprojekte durchgeführt.



Symbolbild 1: Der Pleitegeier der Firma SBB

1.2 Vorstellung Diplomand

- Benjamin Djuric
- Kreuzbuchrain 12
- 6006 Luzern
- Benjamin.Djuric@gmx.ch



Mein Name ist Benjamin Djuric, ich bin gelernter Fahrzeugschlosser EFZ seit dem Jahr 2016. Meine Ausbildung durfte ich bei der Firma Geser Fahrzeugbau in Rothenburg abschliessen. Direkt nach meiner Berufslehre entschied ich mich für eine Weiterbildung zum Maschinenbautechniker HF bei der schweizerischen Fachschule TEKO in Luzern, um meine Kenntnisse zur Erstellung von Konstruktionen und allen anderen relevanten Bereichen zu verbessern und auszubauen. Des Weiteren will ich die Beziehung zwischen Praxis und Theorie kennenlernen und die Verbindung dazwischen zu verstehen. Um weitere Erfahrungen im Bereich Automation und Steuerungstechnik zu erhalten, wechselte ich zur Firma SBB AG im Dezember 2019.

Ausbildung

10/2017 – 10/2020	i. A. Dipl. Techniker HF Maschinenbau, TEKO Luzern
10/2016 – 04/2017	Motfahrer, Schweizer Armee Rekrutenschule VTRS 47-3/16
08/2012 – 07/2016	Lehre als Fahrzeugschlosser EFZ, Geser Fahrzeugbau AG, Rothenburg
08/2009 – 07/2012	Realschule, Emmen und Luzern
08/2003 – 07/2009	Primarschule, Meierhöfli Emmenbrücke

Berufserfahrungen

12/2019 – heute	Mitarbeiter Instandhaltung, SBB AG, Luzern
7/2017 – 12/2019	Fahrzeugschlosser, Galliker Transport AG, Dagmersellen
09/2016 – 10/2016	Mitarbeiter Blechbearbeitung, Ruag AG, Emmen

1.3 Personenverkehr

Die SBB ist bekannt für ihre Schienenfahrzeuge und den damit verbundenen Personen- und Güterverkehr. Grundsätzlich ist die SBB in drei Hauptsektoren unterteilt: Personen- und Güterverkehr und die Infrastruktur von Serviceanlagen, Industriewerken etc.

1.3.1 Flirt

Der Fahrzeugtyp Flirt (Auch RABe521-528 genannt) ist einer der an den meistvertretenen Schienenfahrzeugen der SBB. Dieser wird als «RegioExpress» eingesetzt und verbindet verschiedenste Ortschaften der Schweiz.



Symbolbild 2: Flirt der RegioExpress der Schweiz

1.3.2 Domino

Der Domino (auch Re460) ist eine Fahrzeugkombination aus Motor-, Steuer- und einem oder zwei Zwischenwagen. Der Motorwagen ist als RBDe560 bekannt und ist der Antriebsteil vom Fahrzeug. Man erkennt den Antriebsteil am Stromabnehmer. Der Steuerwagen wird als ABt/Bt und der Zwischenwagen als INOVA bezeichnet. Der Domino ist, abgesehen von den Zwischenwagen, einer der ältesten Fahrzeugtypen, welche noch ökonomisch Personen transportieren. Der Domino wird wie der Flirt als «RegioExpress» eingesetzt.



Symbolbild 3: Domino der Erste RegioExpress

1.3.3 Sicherheitskonzept SBB

Da die SBB einen Grossen Wert auf die Sicherheit vom Personenverkehr legt wollen Sie das auch auf die Infrastruktur transferieren, dabei soll diese Diplomarbeit eine Hilfestellung darstellen, um es zu erfüllen in der Service Anlage Luzern.

2 Ausgangslage

2.1 Thema

Um das Firmengelände von öffentlichen Verkehrsflächen abzugrenzen, wird ein Einfahrtstor verwendet, welches manuell auf- und abgeschlossen werden kann. Der aktuelle Prozess sieht vor, dass das Einfahrtstor durch einen Schlüssel auf- und abgeschlossen wird. Dieser Schlüssel steht jedoch nicht jedem Mitarbeitenden zur Verfügung, was die reibungslose Ein- und Ausfahrt logistisch merklich erschwert. Zusätzlich müssen die einzelnen Mitarbeitenden bei jeder Ein- und Ausfahrt aus ihrem Fahrzeug aussteigen, um das Tor auf- bzw. zuzumachen.

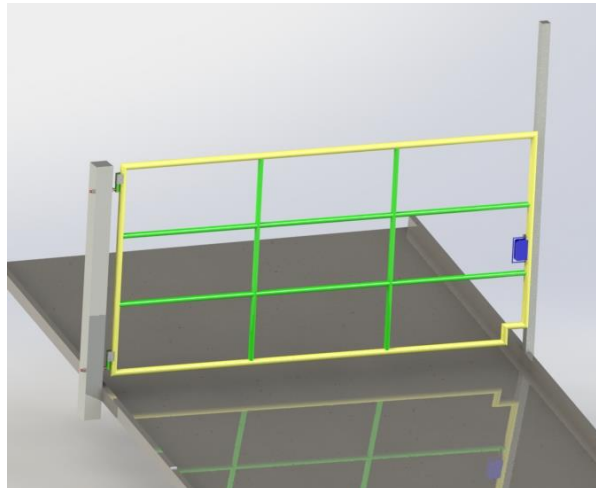


Abbildung 1: Isometrische Perspektive CAD



Abbildung 2: Foto der Einfahrt

2.2 Rahmenbedingungen

2.2.1 Student

Diese Diplomarbeit wird durch Benjamin Djuric durchgeführt.

2.2.2 Diplombegleiter bei der SBB AG

- Produktionsleiter: Lukas Nanzer, Dipl. Elektrotechniker HF
- Teamleiter: Mathias Kohler, Dipl. Unternehmensprozess HF

2.2.3 Arbeitsumfang

Durch Beschaffung von Informationen und durch Kreativität sind prinzipiell Lösungen zu skizzieren und zu beschreiben. Die erarbeitete Lösung aus der Sicht des Diplomanden soll möglichst eingehalten werden.

2.2.4 Schriftlicher Bericht

Die Diplomarbeit umfasst einen schriftlichen Bericht und je nach Aufgabenstellung einen zeichnerisch konstruktiven Teil und/ oder experimentellen Teil. Der Lösungsweg muss anhand des Berichts, verständlich, logisch und nachvollziehbar sein.

2.2.5 Bewertung und Benotung

- Die schriftliche Dokumentation der Diplomarbeit
- Der Logische Aufbau der Arbeit
- Nachvollziehbarkeit der Berechnungen und der Lösungswege
- Präsentation der Diplomarbeit
- Der Schwierigkeitsgrad der Diplomarbeit nach Eigengefühl des Experten

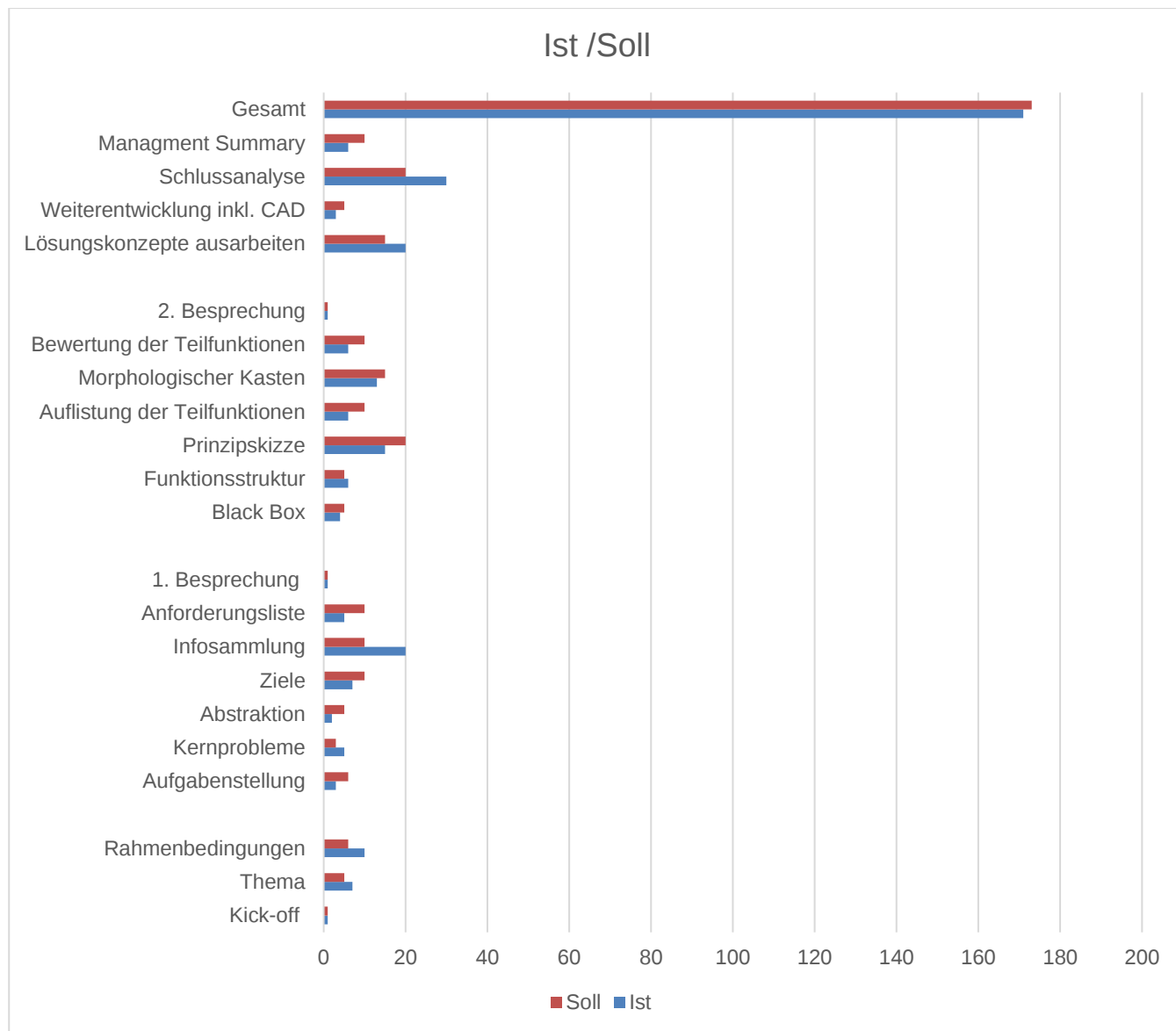
2.3 Termine

2.3.1 Meilensteine

- Themeneingabe: **08. Juni 2020**
- Projektstart: **17. August 2020**
- Erste Besprechung: **31. August 2020**
- Zweite Besprechung: **30. September 2020**
- Fertigstellung Projekt: **12. Oktober 2020**
- Präsentation: **Kalenderwoche 44**
- **Wichtig:** Das Projekt wird in der Projektplanung in weitere Terminabschnitte unterteilt.

2.3.2 Verwertungsrecht der Projektarbeit

Die Arbeit ist für folgende Verwendungen vorgesehen: Ausstellung, Anerkennungsverfahren und Rekurs Beweis.



Planung 3: Diagramm Ist/Soll

Ausgangslage		Ist	Soll
	Kick-off	1	1
	Thema	7	5
	Rahmenbedin	10	6
Planen und Klären			
	Aufgabenstel	3	6
	Kernprobleme	5	3
	Abstraktion	2	5
	Ziele	7	10
	Infosammlung	20	10
	Anforderungs	5	10
	1. Besprechu	1	1
Konzipieren			
	Black Box	4	5
	Funktionsstru	6	5
	Prinzipiskizze	15	20
	Auflistung de	6	10
	Morphologisc	13	15
	Bewertung de	6	10
	2. Besprechu	1	1
Entwerfen			
	Lösungskonz	20	15
	Weiterentwic	3	5
	Schlussanaly	30	20
	Managment S	6	10
	Gesamt	171	173

Planung 2: Zahlen Ist/Soll

3.2 Aufgabenstellung

Der bestehende Prozess des Auf- und Abschliessens der Einfahrt ist zurzeit sehr umständlich. Ausserdem besteht eine erhöhte Gefahr, dass das Abschliessen vergessen wird, was den Zutritt für Unbefugte vereinfacht. Zusätzlich existiert das logistische Problem, dass nicht alle Mitarbeitenden einen Schlüssel zum Auf- und Abschliessen des Tores besitzen, was dazu führt, dass immer ein Mitarbeiter oder eine Mitarbeiterin mit einem Schlüssel anwesend sein muss. Somit muss ein Vorschlag entwickelt werden, welcher das Auf- und Abschliessen vereinfacht und dazu allen Mitarbeitenden die Möglichkeiten gibt, dies selber zu erledigen.

3.3 Abgrenzung

Diese Diplomarbeit beschränkt sich auf die Lösungsfindung und der Kostenkalkulation auf theoretischer Basis. Das Projekt beinhaltet:

- den elektromechanischen Antrieb inkl. der Öffnungsmechanik,
- Die Sensor- und Steuerungstechnik als Konzept (Flussdiagramm)
- die Kostenkalkulation der gesamten Diplomarbeit, um dies praktisch durchzuführen,
- eine Gefahrenanalyse des neuen Systems

Aufbauend auf dieser Diplomarbeit, die als Entscheidungsgrundlage dient, wird der Bau des Systems in einer späteren Phase durchgeführt.

3.4 Kernprobleme

- Energiezufuhr des Antriebes
- Platzmangel an den Seiten der Einfahrt
- Auslegung der mechanischen Teile (Zahnrad, Riemen, Wellen)
- Rotierende Bewegung ins Translatorische übersetzen

3.5 Abstraktion

- 1 Es ist eine mechanische Lösung inklusive Elektroantrieb zu konstruieren, welche per Funkfernbedienung sich öffnen und schliessen lässt.
- 2 Es ist ein elektromechanisches System zu konstruieren, welches aus der Ferne geöffnet und geschlossen werden kann.
- 3 Es ist ein System zu konstruieren, welches sich öffnen und schliessen lässt.

3.5.1 Auswertung Abstraktion

Formulierung 1

Bei dieser Abstraktion wird zu sehr auf die Lösung hinausgearbeitet. Diese Variante grenzt bereits zu stark ein.

Formulierung 2

Es wird ein System, welches aus einer Mechanik inkl. Antrieb besteht, dass sich aus der Ferne öffnen lässt. Durch diese Abstraktion sind verschiedene Lösungswege möglich, da es genug Spielraum bietet.

Formulierung 3

Bei dieser Abstraktion ist das System, welches sich öffnen und schliessen lässt nicht spezifisch genug.

3.5.2 Entscheidung

Formulierung 2 bietet einen guten Abstraktionsgrad, um verschiedene Lösungen zu finden.

3.6 Ziele

3.6.1 Teilziele

- Die Freigabe der Anforderungsliste
- Die Annahme des Vorschlags, welcher an die Firma SBB AG überbracht wird.
- Die erste und zweite Zwischenbesprechung

3.6.2 Generelle Ziele

- Den Terminplan einhalten
- Den Strukturablauf einhalten
- Die Umsetzung der erlernten Theorie der Höheren Fachschule

3.6.3 Technische Ziele

- Die Einhaltung aller gesetzlichen Vorschriften
- Der Schutz der vorgegebenen Oberfläche.
- Ein Notöffnungssystem im Falle eines Defekts, Stromverlust oder Blaulichteinsatz

3.6.4 Persönliche Ziele

- Anwendung der Konstruktions- und Arbeitsmethodik
- Selbständiges Auslegen und Integrieren von mechanischen Komponenten
- CAD Kenntnisse vertiefen.

4 Infosammlung

4.1 Torsegment

Das Einfahrtstor besteht aus einem «Flügeltor», welches sich um 90 Grad drehen lässt. Um einen Antrieb und die nötige Festigkeit der Konsole zu erreichen, muss in erster Linie das Gewicht des Segments bekannt sein. Leider sind keine Archivdaten zu diesem Einfahrtstor vorhanden, weswegen die Dimensionen vom stehenden Objekt übernommen wurden. Das Einfahrtstor besteht aus normalem Baustahl.

Pos.	Bezeichnung	Breite [mm]	Dicke. [mm]	Länge [mm]	Stück [-]
1	Rohr	Ø50	4	590	6
2	Rohr	Ø50	4	3760	2
3	Rohr	Ø60	5	3980	2
4	Rohr	Ø60	5	1990	2
5	Tragzapfen	Ø40	5	90	2
6	Maschenzaun	2870	2	3980	1
7	Verriegelung	220	50	145	1

Tabelle 1: Stückliste des Torsegments

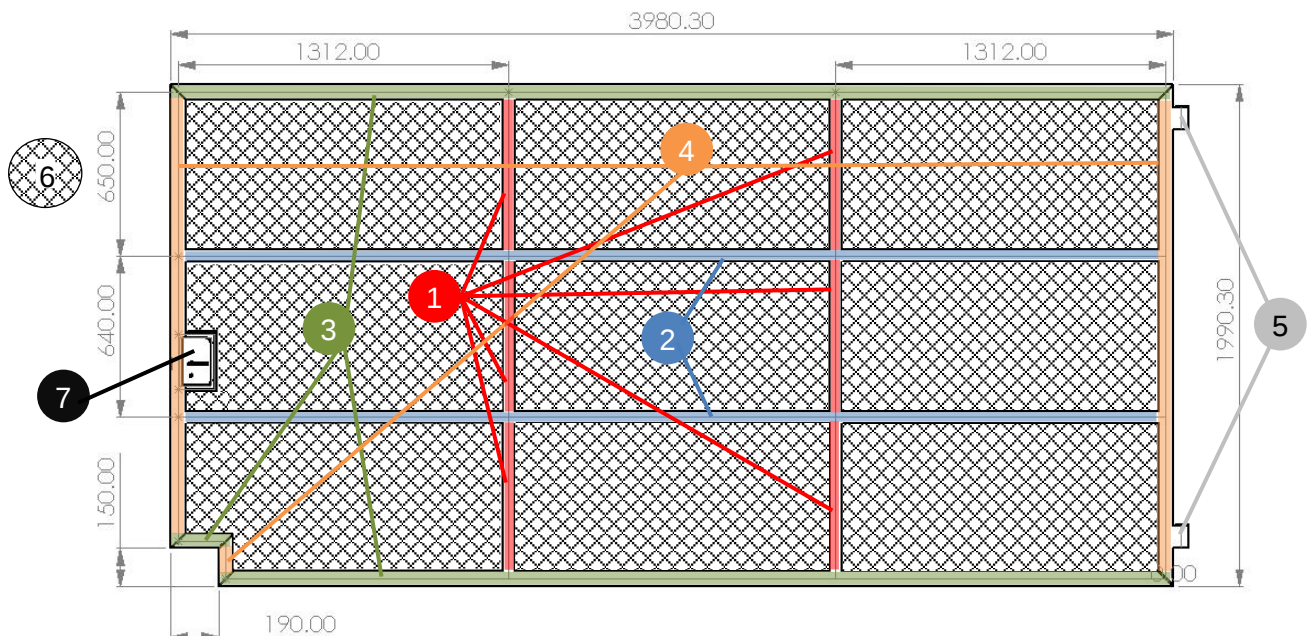


Abbildung 3: 2D Zeichnung

- Pos. 1 und 2 bestehen aus einem in Ø50x4mm Stahlrohr.
- Pos. 3 und 4 bestehen aus einem in Ø60x5mm Stahlrohr
- Pos 5 ist ein Tragzapfen, welcher Ø40x5mm gross ist.
- Pos. 6 ist ein Maschendrahtzaun mit Drahtdicke von Ø2mm
- Pos 7 ist eine mechanische Handverriegelung.

4.1.1 Berechnung der Masse

Die Dichte von Stahl wird als $\rho = 7.85 \text{ kg/dm}^3$ angenommen, die Quelle «Formeln und Tabellen». Um die Berechnungen übersichtlicher zu gestalten wird alles in Dezimeter gerechnet.

- In einem ersten Schritt wird die Fläche der Rohre berechnet, wozu die folgenden Formeln verwendet werden:

$$\text{Querschnittsfläche } A = \text{Stückzahl } n * ((\pi * \text{Radius } r_{\text{Aussen}}^2) - (\pi * \text{Radius } r_{\text{Innen}}^2))$$

Beispiel mit **Position 1**

$$6 * ((\pi * 0.25 \text{ dm}^2_{\text{Aussen}}) - (\pi * 0.21 \text{ dm}^2_{\text{Innen}})) = 0.347 \text{ dm}^2$$

Dieses Schema wird mit den weiteren drei Positionen durchgeführt.

Formel 1: Querschnittsflächen Berechnung

- In einem weiteren Schritt wird das Gewicht der Positionen 1,2,3,4 und 5 berechnet.

$$\text{Masse } M = \text{Querschnittsfläche } A * \text{Länge } l * \text{Dicht } \rho$$

Beispiel mit **Position 1**

$$0.347 \text{ dm}^2 * 5.9 \text{ dm} * 7.85 \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} = 16.1 \text{ Kilogramm}$$

Dieses Schema wird mit den weiteren drei Positionen durchgeführt.

Formel 2: Massen Berechnung

- Das Endresultat ist unterstrichen und blau markiert.

Pos	Fläche [dm ²]	Länge [dm]	Gewicht [Kg]
1	0.347	5.9	<u>16.1</u>
2	0.116	37.6	<u>34.1</u>
3	0.173	39.8	<u>54.0</u>
4	0.173	19.9	<u>27.0</u>
5	0.116	0.9	<u>1.2</u>

Berechnung 1: Gewicht der Rohre

Als nächstes muss das Gewicht vom Maschendrahtzaun berechnet werden. Dazu wird ein Katalog der [Firma KMS Systeme](#) (siehe 9.2) verwendet.

Höhe / cm	Rollenlänge / m	Gewicht / KG	Wicklung
Klasse B	80	25	19,0 kompakt

Abbildung 4: Tabellenausschnitt von KMS Systeme

- Das Gewicht des Maschendrahtzauns wird über ein Verhältnis gerechnet:

$$\text{Masse } M_{\text{Zaun}} = \frac{(\text{Höhe } h_{\text{Tor}} * \text{Breite } b_{\text{Tor}}) * \text{Masse } M_{\text{Katalog}}}{(\text{Höhe } h_{\text{Katalog}} * \text{Breite } b_{\text{Katalog}})}$$

Die Berechnung sieht wie folgt aus.

$$\frac{(19.9 \text{ dm} * 39.8 \text{ dm}) * 19 \text{ Kg}}{(8 \text{ dm} * 250 \text{ dm})} = 7.53 \text{ Kilogramm}$$

Formel 3: Zaunmasse Berechnen

Der Maschendrahtzaun, welcher am Tor angemacht ist, hat ein Gewicht von 7.53 Kilogramm.

Die mechanische Handverriegelung (Pos. 7) wird auf ca. 5 Kilogramm geschätzt, da es aufgrund von fehlenden Zeichnungen und Daten nicht genau berechnet werden kann.

- Jetzt müssen alle Gewichte zusammengerechnet werden.

Gesamtgewicht des Tors $M_{\text{Tor}} = \sum M_{\text{Pos1...7}}$
Die Berechnung sieht wie folgt aus $16.1\text{Kg} + 34.1\text{Kg} + 54\text{Kg} + 27\text{Kg} + 1.2\text{Kg} + 7.53\text{Kg} + 5\text{Kg} = 144.93 \cong 150 \text{ KG}$

Formel 4: Gesamtgewicht Berechnen

Das Gesamtgewicht vom Torsegment beträgt ungefähr 150 Kilogramm.

4.2 Brandschutzmassnahmen

Das Einfahrtstor ist der einzige Zugang zum Firmengelände, daher muss dieser in einem Notfall, für Fahrzeuge der Feuerwehr, geöffnet werden können, um als Rettungsweg verwendet werden zu können. Die Quelle zu diesen Informationen kommen von der [Feuerwehr Koordination Schweiz](#) (siehe 9.2)

Die jetzige Lösung ist ein versenkter Zylinder, welcher einen Notfallschlüssel als Inhalt besitzt (siehe Abbildung 5), womit sich die Feuerwehr Zugang zum Firmengelände verschaffen könnte.

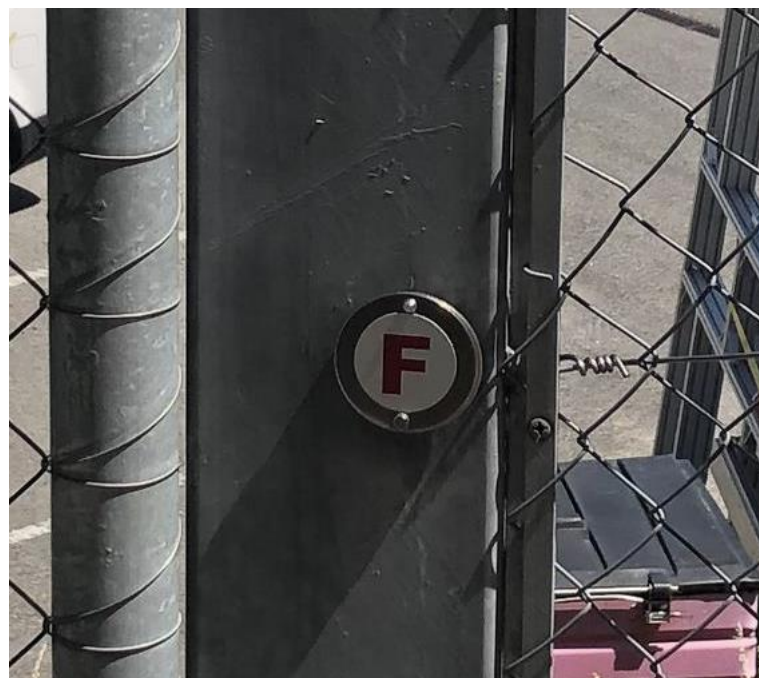
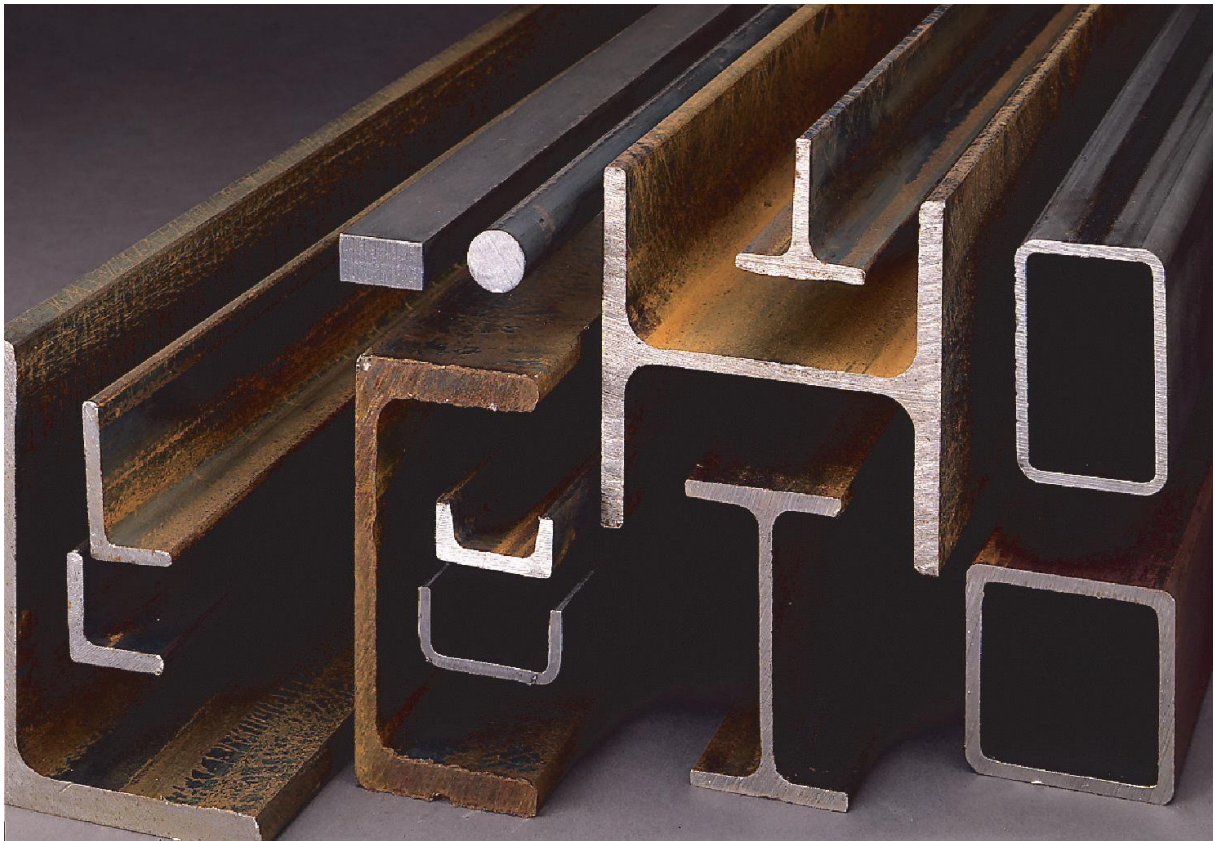


Abbildung 5: Notfall Schlüssel

4.3 Material

Aufgrund der fehlenden Archivdateien wird eine Annahme getroffen, welche Art von Stahl verwendet wurde. Das meistverwendete Material bei solchen Einfahrtstoren ist S235JR (Werkstoffnummer: 1.0038).



Symbolbild 4: Diverse Stahlprofile

- Die Werkstoffeigenschaften vom S235JR

Eigenschaft	Beschreibung
S	Das S steht für «structural steel». Übersetzt heisst dies: Bau-stahl.
235	235 ist die Mindeststreckgrenze (in N/mm ²).
JR	Wird als Gütegruppe bezeichnet.
Schweisbar	Diese Art von Stahl kann man schweissen.
Dichte	Die Dichte ist 7.85 kg/dm ³ .
Schmelzpunkt	Der Schmelzpunkt liegt bei 1250°C.
Ausdehnungskoeffizient	Der Ausdehnungskoeffizient beträgt $12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.
Oxidation	Wenn Stahl unbehandelt bleibt, rostet dieser.

Tabelle 2: Eigenschaften Stahl

4.3.1 Oberfläche

Die Oberfläche der gesamten Konstruktion wurde aufgrund von Oxidationen feuerverzinkt. Feuerverzinken ist ein Verfahren, welches einen metallischen Zinküberzug auf der Oberfläche des Stahlprofils bindet. Dieser schützt den Stahl vor der Oxidation und dem daraus resultierenden Rost. Die Oberfläche nach dem Feuerverzinken sieht fleckhaft aus (Symbolbild 5).



Symbolbild 5: Feuerverzinkte Oberfläche

- Eigenschaften der Feuerverzinkung/Zink

Eigenschaften	Beschreibung
Hohe mechanische Belastbarkeit	Feuerverzinkte Oberflächen haben hohe mechanische Belastbarkeit und einen guten Kantenschutz.
Korrosionsschutz	Die äussere «Haut» vom Material ist korrosionsfest. Das Zink geht auch ins Innere des Materials, jedoch ist es nicht zu 100% korrosionsfest.
Thermische- und chemische Beständigkeit	Zink ist gegen die meisten chemischen Substanzen resistent. Dabei sind die feuerverzinkten Oberflächen gegen Temperaturen bis zu, im atmosphärischen Bereich, 200°C resistent.
Lebensdauer	Feuerverzinkte Oberflächen haben eine Lebensdauer von über zehn Jahren.
Dichte Zink	Die Dichte ist 7.14kg/dm ³ .
Schmelzpunkt Zink	Der Schmelzpunkt liegt bei 420°C
Ausdehnungskoeffizient Zink	Dieser beträgt $30.2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

Tabelle 3: Eigenschaften Zink

4.4 Einfahrtstor Pfofen

An der rechten und linken Seite (rot markierten Bereiche in der Abbildung 6) des Torsegments stehen zwei Pfofen, welche als Befestigung oder Begrenzung der Schwenkweite dienen.

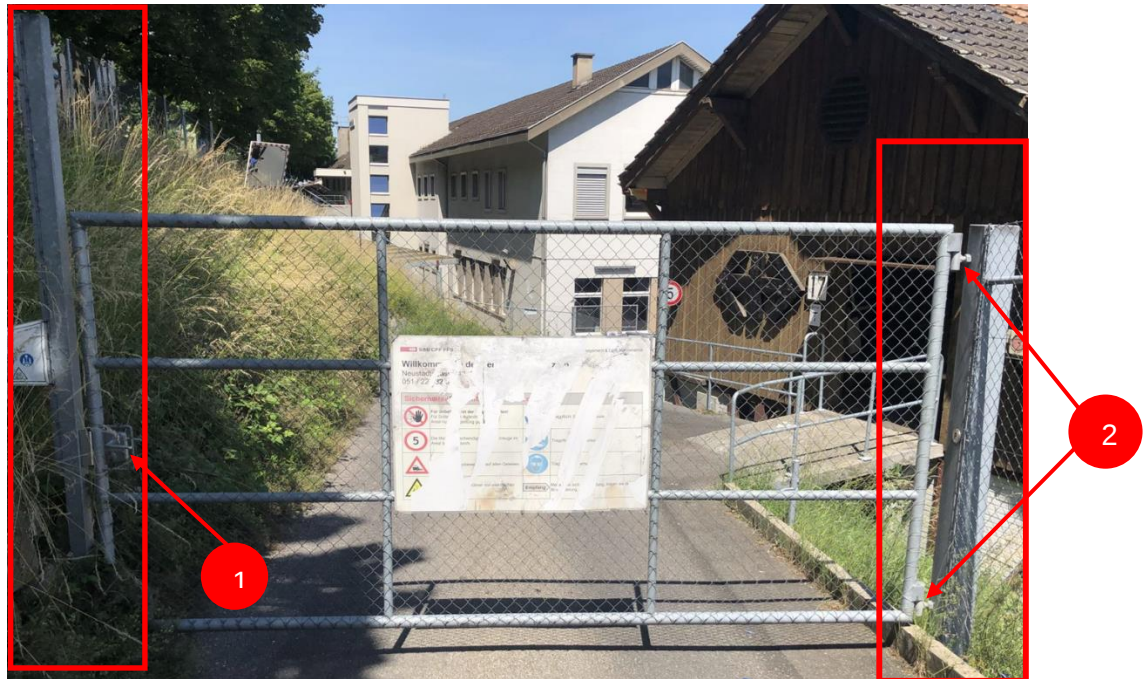


Abbildung 6: Einfahrt

Position	Verwendung
1	Dies ist die Handverriegelung. Sie wird als Verriegelung verwendet und als Schwenkweitebegrenzer. Zusätzlich kann dort per Schlüssel auf- und abgeschlossen werden.
2	Zwei Dornen, welche für die Tragzapfen als Rotationspunkt verwendet werden.

Tabelle 4: Positionsbeschreibung Anbauteile Pfofen

Detailansicht der Position 2 Das Tragzapfen hat eine Länge von 90 mm und einen Durchmesser von 30mm.	
Detailansicht der Position 1 Dies ist ein herkömmlicher Verschluss, wie er beispielsweise bei einem Zauntor verwendet wird.	

Tabelle 5: Detail beschrieb der Positionen 1 und 2

4.5 Richtlinien

4.5.1 Tor

Das Tor muss gemäss dem [Bundesgesetz über die Produktesicherheit \(PrSG\)](#) in Verkehr gebracht werden, wenn dies, bei normaler oder bei vernünftigerweise verwendet wird.

4.5.2 Antrieb

Der Antrieb muss gemäss den [Maschinenrichtlinien](#) (EG-Richtlinie Nr.2006/42/EG) aufgeführt werden. Tore, für die der Bundesrat keine grundlegenden Sicherheitsvorschriften festgelegt hat, müssen nach dem aktuellen Wissensstand der Technik hergestellt werden.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Abbildung 7: Schweizerische Eidgenossenschaft

4.6 Sicherheitsvorschriften

Das Fahrzeug, welches an das Einfahrtstor anfährt, muss einen gewissen Abstand einhalten, um nicht im Schwenkbereich zu stehen und somit sich der Gefahr auszusetzen, vom Schwenktor getroffen zu werden.

- Die gelb markierte Fläche stellt den Gefahrenbereich dar.
- Der grosse Pfeil stellt die Einfahrtsrichtung dar
- Die zwei blauen Balken zeigen das Torsegment im geöffneten und geschlossenen Zyklus
- Die schraffierte Fläche zeigt den Schwenkbereich an, welcher beim Öffnen und Schliessen zurückgelegt wird.

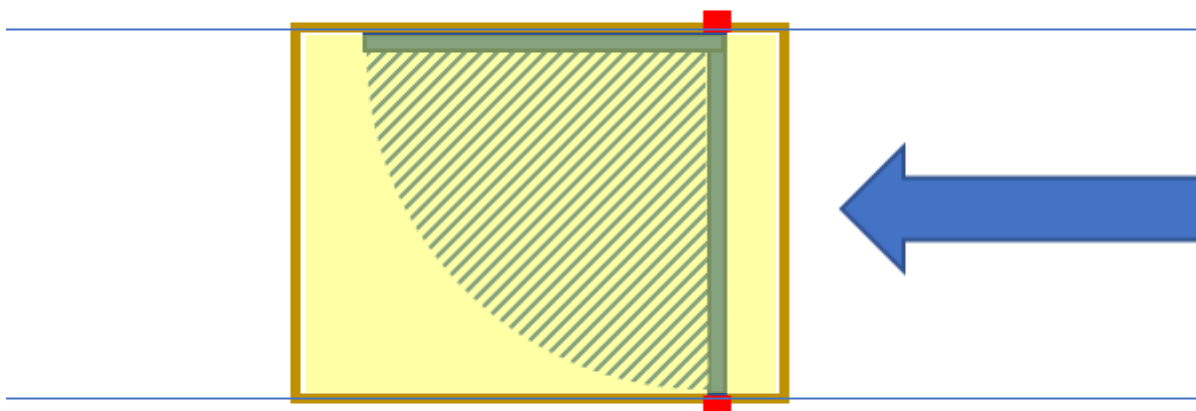


Abbildung 8: Einfahrt vereinfacht

4.7 Arbeitszeiten

Das Firmengelände wird am Tag und in der Nacht verwendet. Tagsüber sind mehr Personen anwesend, wohingegen in der Nacht und am Wochenende drei bis vier Personen anwesend sind (siehe Tabelle 6).

- Die nachfolgenden Darstellungen zeigen die Anwesenheit in Mitarbeiterzahlen an.

Schichtdienste & Arbeitszeiten 2020

100	Mo – Fr	07.30 – 12.15 / 12.45 – 16.15
100s	Sa & So	07.00 – 12.00 / 12.30 – 16.30
160	Mo – Fr	20.00 – 04.00

Abbildung 9: Schichtzeiten

	Montag		Dienstag		Mittwoch		Donnerstag		Freitag		Samstag		Sonntag	
Zyklus	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Mitarbeiter	24	4	24	4	24	4	24	4	24	4	5	4	5	4
Insgesamt	28		28		28		28		28		28		28	

Tabelle 6: Rohdaten der Mitarbeiter Anzahl

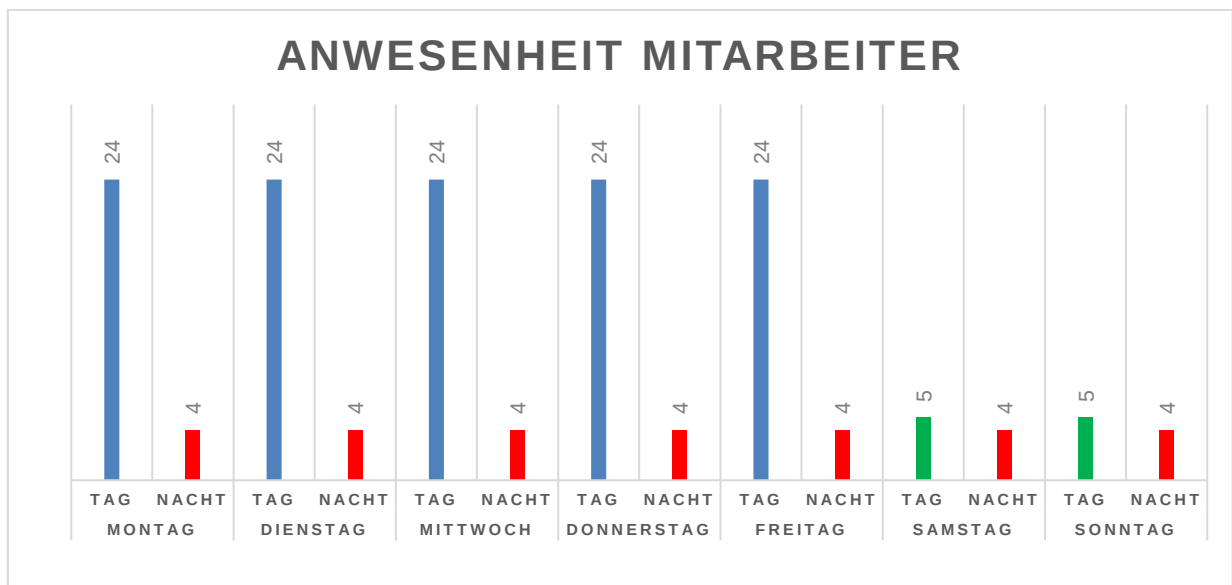


Diagramm 1: Diagrammdarstellung Mitarbeiter

Die Datenanalyse wurde mithilfe des Schichtplans der Service Anlage Luzern erstellt.

4.7.1 Schichtplan Serviceanlage Luzern

Auf der nächsten Abbildung 11 wird eine Teilabbildung des Schichtplans aufgezeigt. Namen wurden aus Datenschutzgründen ausgeblendet.

Schichtdienste & Arbeitszeiten 2020

100	Mo – Fr	07.30 – 12.15 / 12.45 – 16.15
100s	Sa & So	07.00 – 12.00 / 12.30 – 16.30
160	Mo – Fr	20.00 – 04.00

Abbildung 10: Schichtzeiten

EINTEILUNG Serviceanlage Luzern

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Don	Fre	Sam	Son	Mon	Die	Mit	Don	Fre	Sam	Son	Mon	Die	Mit	Don	Fre	Sam	Son	Mon	Die	Mit	Don	Fre	Sam	Son	Mon	Die	Mit	Don	Fre	Sam
102	100	F+	F-	F	F	F	F	F	F+	-	100	WB	100	100	100	+	-	100	100	100	100	100	-	-	100	100	100	100	WB	+
WB	WB	+	-	101	101	101	101	101	+	-	101	102	101	101	101	+	-	101	101	101	101	101	+	-	101	101	101	101	102	+
103	103	F+	F-	F	F	F	F	---	+	-	103	HO	103	103	103	+	-	103	HO	103	103	103	+	-	103	HO	103	103	103	+
F	F	+	-	-	105	105	105	105	+	-	102	WB	+	-	102	105	105	F	F	F	F	F	F+	F-	F	F	F	F	WB	F+
165	165	KSN	-	+	105	105	105	105	+	-	F	F	+	-	F	F+	F-	F	F	F	F	F	F+	-	165	165	165	165	165	KSN
165	165	KSN	-	+	105	105	105	+	F+	F-	F	F	F	F	F	105	105	105	105	105	105	105	-	-	165	165	165	165	165	KSN
165	165	KSN	-	-	105	105	105	F	F+	F-	F	F	F	F	F	105	105	105	105	105	105	105	+	-	165	165	165	165	165	KSN
165	165	KSN	-	-	FeP	105	FeP	105	F+	F-	F	F	F	F	F	F+	105	105	WB	105	105	105	+	-	165	165	165	165	165	KSN
F	F	F+	-	105	105	-	-	105	105	105	105	105	105	105	-	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	+	105	105	105	105	+
WB	WB	+	-	ND3	ND3	+	-	105	105	105	105	WB	105	105	+	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	+	105	105	105	105	+
105	105	+	-	105	105	+	-	105	105	105	105	105	105	105	+	+	-	105	105	105	105	105	+	-	+	105	105	105	105	+
WB	WB	+	-	105	105	+	-	WB	105	105	105	WB	105	105	-	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	+	105	105	105	105	F+
105	105	+	-	105	105	+	-	105	105	105	105	105	105	105	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	+	105	105	105	105	105	+
105	105	105	105	105	105	+	-	+	+	-	105	WB	WB	WB	WB	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	+	WB	WB	WB	WB	+
+	102	105	105	102	102	102	102	102	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	-	105	102	102	105	+	-	105	105	+	-	WB	105
F	F	F+	105	105	105	105	105	WB	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	-	WB	105	105	105	+	-	105	105	+	+	105	105
-	105	F+	F-	F	F	F	F	F	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	-	105	105	105	105	+	-	105	105	+	+	105	105
WB	WB	105	105	105	105	F	F	F	+	-	105	105	WB	WB	WB	+	-	+	105	105	105	105	+	-	105	105	+	-	105	105
-	105	105	105	105	105	105	105	105	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	+	WB	105	105	105	+	-	105	105	+	-	105	105
F	F	F+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	+	WB	102	102	105	+	-	102	102	+	-	102	105	105	102	102	102	102	WB	+
WB	WB	+	-	165	165	165	KSN	WB	-	-	+	105	105	105	+++	F+	F-	WB	F	F	F	F	F+	105	105	105	105	105	105	+
F	-	+	-	105	105	105	165	165	KSN	-	+	105	105	105	WB	105	105	105	105	+	-	-	+	-	105	105	105	105	105	+
105	-	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	+	105	105	105	105	+	-	105	105	+	-	105	105	105	105	105	105	105	105	+
105	-	F+	F-	F	F	F	F	F	F+	F-	F	F	F	F	F	F+	-	105	WB	+	-	105	105	105	105	105	105	105	105	+
105	-	+	-	165	165	165	165	165	KSN	-	-	105	105	F	F	F+	F-	F	WB	+	-	105	105	105	105	105	105	105	105	+
105	105	+	-	105	105	105	105	105	+	-	105	105	105	105	105	+	-	SCH	SCH	105	105	105	+	-	SCH	SCH	105	105	105	+
105	105	+	-	105	105	105	105	105	+	-	105	105	105	105	105	+	-	105	SCH	105	105	105	+	-	105	SCH	105	105	105	+
105	105	+	-	+	105	105	105	105	+	-	+	105	105	105	105	+	-	+	105	105	105	105	+	-	+	105	105	105	105	+

Abbildung 11: Schichtplan Oktober

4.8 Marktanalyse

Internetrecherchen haben ergeben, dass es Hersteller gibt, welche sich auf Nachmotorisierungen von Flügeltoren spezialisiert haben. Die im Internet aufgeführten Beispiele haben verschiedene Arten von Antrieben, welche für jede spezielle Situation angepasst sind.

Beispiel Firma Hörmann

Quelle: https://cdn.hoermann-cloud.de/fileadmin/country/kataloge/pdf/Garagen-Einfahrtstoriantriebe_85945_DE.pdf?v=1569924483



Abbildung 12: Torantrieb RotaMatic



Abbildung 13: Torantrieb VersaMatic

Als weitere Beispiele gibt es auch

- Güller Bausysteme: <http://www.queller.ch/>
- AS Torantriebe: <https://www.as-torantriebe.de>
- Conrad: <https://www.conrad.ch>

4.9 Auswertung Infosammlung

Die Analysen und Informationssammlungen verschaffen mir den nötigen Überblick über die Anforderung und Kernprobleme des Nachmotorisieren des Flügeltors.

Für das Flügeltor, mit einer Spannweite von ca. vier Meter, wird ein Antrieb gesucht, welcher das 150 Kilogramm Torsegment schwenken kann und dabei auch beim Schliess- und Öffnungszyklus den Schutz des wartenden Fahrzeuges gewährleistet. Leider sind die im Markt vorhandenen Lösungen unpassend, weil diese für kleinere Tore ausgelegt sind.

4.10 Anforderungsliste

 SBB CFF FFS			Anforderungsliste	Diplomarbeit Benjamin Djuric		
Schweizerische Fachschule TEKO			Nach Motorisieren eines Schwenk Tores	F = Festanforderung W = Wunsch M = Mindestforderung P = Prinzip		
Nr.	Erfüllung	Prozess	Beschreibung	Mindest - Erfüllung	Ideal - Er- füllung	Einheit
<u>Technische Anforderungen</u>						
1		F	Öffnen - Per Fernbedienung	3	150	Meter
2		M	Dimension - Torsegment höhe	2010	1990	Millimeter
3		M	Dimension - Torsegment breite	3980	3980	Millimeter
4		M	Dimension - Torsegment tiefe	150	60	Millimeter
5		F	Material	verzinkt	CNS	
6		M	Sensoren - Öffnen bei Durchbrechen der Lichtschranke			Volt
7		M	Endschalter - Eingrenzung des Schwenkbereichs auf	90	90	Grad (Winkel)
8		M	Betriebstemperatur	-10 bis 30	-30 bis 40	Celsius
9		F	Geschwindigkeit - Auf und Zu	15	10	Sekunden
10		W	Gewicht - Torsegment	160	150	Kilo- gramm
11		F	Lagerung	Tragzap- fen	Tragzap- fen	
12		M	Stromaufnahme Antrieb	1	15	Ampere
13		M	Stromaufnahme gesamt	1	20	Ampere
14		F	Überlastungsschutz	CMC	CMC	Ampere
15		M	Versorgung der Steuerung	230	24	Volt
<u>Technologien</u>						
16		P	Schweissverfahren der Schweiss- nähte	MIG	WIG	
17		P	Herstellung der Konsole	gefräst	gebogen	
18		M	Verwendung von Normteilen	> 50	> 90	Prozent
19		P	Programmiersprache C++			
<u>Produktbeziehung</u>						
20		P	"Notöffner" Sicherheitsschalter			
21		P	Einfache Bedienbarkeit	Intuitiv	Aufkleber	
22		P	Öffnungsvorgang	Drehlicht	Ampel	
23		P	Haltanzeige	LED	Ampel	

24		P	Montageanleitung	Online	Broschüre	
25		P	Sprache	Deutsch	Sprachen des Vertriebslands Fernbedienung	
26		F	Sicherheitspass	Patch		
27		P	Vorschriften einhalten nach den Maschinenrichtlinien	Internet	Broschüre	
28		M	Garantie	12	36	Monate

Tabelle 7: Anforderungsliste

F = Festforderung: (Muss unbedingt erfüllt werden, andernfalls ist das Produkt für die gestellte Aufgabe untauglich.)	M = Mindestforderung: (Dürfen nach der günstigen Seite hin unterschritten oder überschritten werden.)	W = Wunsch: (Sollten nach Möglichkeit berücksichtigt werden. Ev. mit Zugeständnis, dass ein begrenzter Mehraufwand zulässig ist.)
P = Prinzip (Es muss nach diesem Prinzip ausgeführt werden, ansonsten ist es nicht zulässig)		

Tabelle 8: Abkürzungen zu Anforderungsliste

Alle in der Anforderungsliste erhaltenen Forderungen sind vom Auftraggeber und vom Auftragnehmer gelesen und verstanden worden. Allfällige Änderungen während des Projekts, welche eine Änderung der Forderungen zur Folge haben, werden schriftlich in der Anforderungsliste festgehalten.

Freigabe der Anforderungsliste:

Diplombegleiter TEKÖ:

Dominic Schüpbach

Unterschrift



Diplomand:

Benjamin Djuric

Unterschrift



5 Konzept

5.1 Black Box

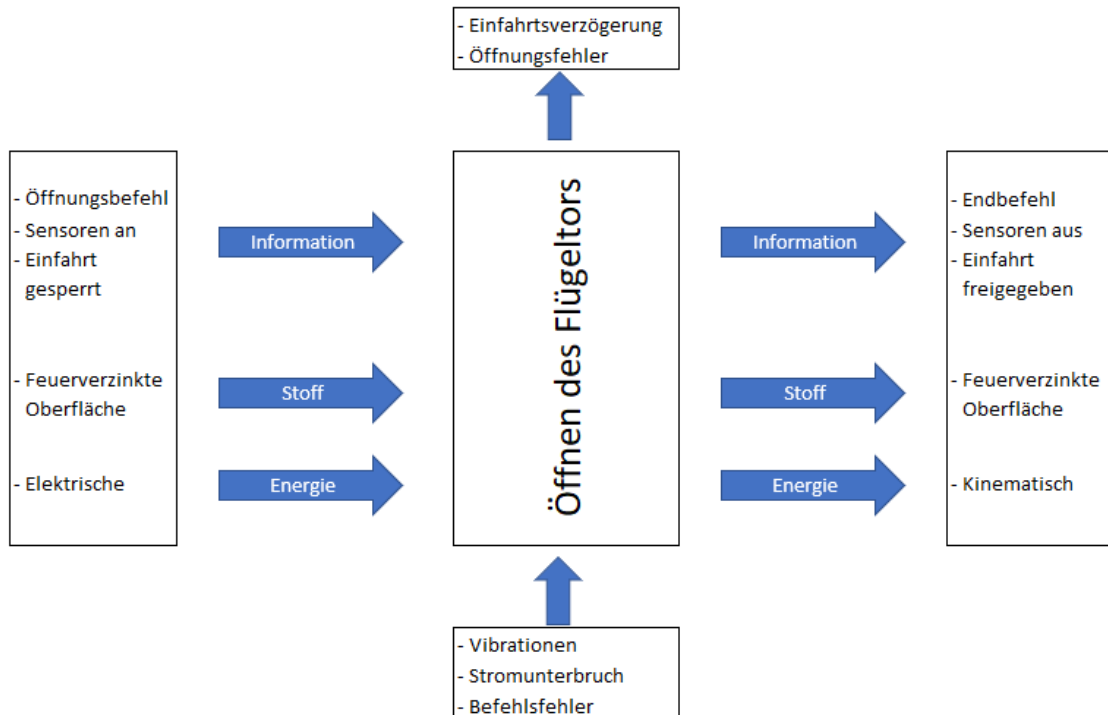


Abbildung 14: Black Box

5.2 Beschreibung der Black Box

Die Black Box hilft, den Unterschied zwischen ein- und ausgehenden Funktionen aufzuzeigen, ohne dass die Wirkweise des ganzen Systems erklärt wird. Dabei soll es auch die Umgebungsauswirkungen nach aussen und innen demonstrieren.

5.2.1.1 Informationen

Eingehend	Ausgehend
Öffnungsbefehl Die ankommende Person gibt den Öffnungsbefehl, damit die Einfahrt passierbar wird.	Endbefehl Das Flügeltor soll bis zum Maximum geöffnet werden und dort stoppen.
Sensoren an Während des Öffnungsprozesses muss die Sicherheit gewährleistet sein, welche den Gefahrenbereich (siehe Abbildung 8) neutralisiert.	Sensoren aus Nach der Komplettierung der Öffnung, dabei muss er in der Endposition sein, kann der Gefahrenbereich wieder freigegeben werden.
Einfahrt gesperrt Zu Beginn ist die Einfahrt gesperrt, dabei muss ein Bewilligungsscheck durchgeführt werden.	Einfahrt freigegeben Nach der Komplettierung ist die Einfahrt frei für die Person, welche dies begonnen hat.

Tabelle 9: Information Black Box

5.2.1.2 Stoff

Eingehend	Ausgehend
Feuerverzinkte Oberfläche Zu Beginn des Prozesses ist die Oberfläche feuerverzinkt.	Feuerverzinkte Oberfläche Nach Abschluss der Funktion ist die Oberfläche immer noch feuerverzinkt.

Tabelle 10: Stoff Black Box

5.2.1.3 Energie

Eingehend	Ausgehend
Elektrische Energie Zu Beginn wird elektrische Energie verwendet.	Kinematische Energie Dabei wird die elektrische Energie in kinematische Energie umgewandelt, um eine Bewegung vom Flügeltor auszuführen.

Tabelle 11: Energie Black Box

5.2.1.4 Wirkungen

Nach Innen	Nach Aussen
Vibrationen Das System hat während der Öffnungsphase Vibrationen	Öffnungsfehler Dabei können Öffnungsfehler entstehen, welche zu Schäden führen können.
Stromunterbruch Die sporadische Stromversorgung kann zum Unterbruch des Öffnungsprozess führen.	Einfahrtsverzögerung Durch diese zwei Einflüsse von innen können die äusserlichen Einflüsse zu Verzögerung der Öffnungssequenz führen.
Befehlsfehler Der Befehl kann durch verschiedenen Einflüsse von aussen gestört werden, was zum Unterbruch der Öffnungszeiten führen kann.	

Tabelle 12: Wirkungen Black Box

5.2.2 Schliessen des Flügeltors

Die Schliesssequenz wird, wie die Öffnungssequenz von den gleichen Einflüssen und Funktionen beeinträchtigt.

5.3 Gesamtfunktion

Die Gesamtfunktion, welche in der Black Box verwendet wurde, wird nun in Teil- und Nebenfunktionen aufgeteilt.

5.3.1 Funktionsstruktur

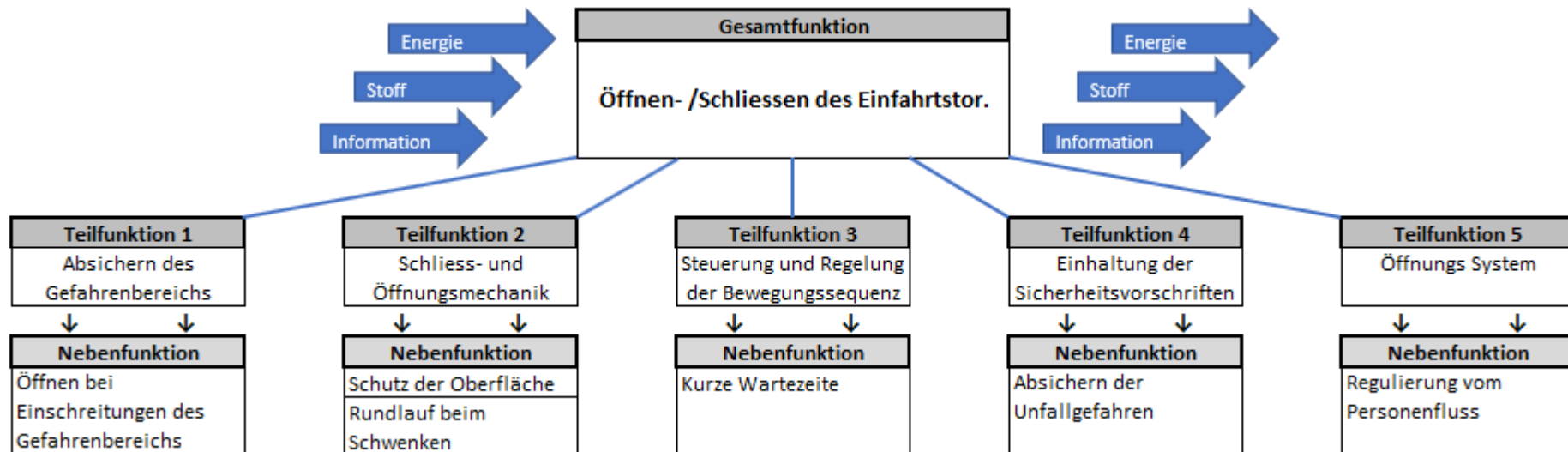


Abbildung 15: Funktionsstruktur

5.3.2 Absicherung des Gefahrenbereichs

Die Teilfunktion 1 bezieht sich auf das Absichern des Gefahrenbereichs zu jeder Zeit. Diesbezüglich muss auch beim Schliesszyklus das System so reagieren, dass das einzudringende Fahrzeug nicht zu Schaden kommt und zusätzlich soll die Einfahrt auch freigegeben werden. Dementsprechend muss dieser Bereich per Sensoren oder Druckschaltern abgesichert werden.

- **Beispielsweise**

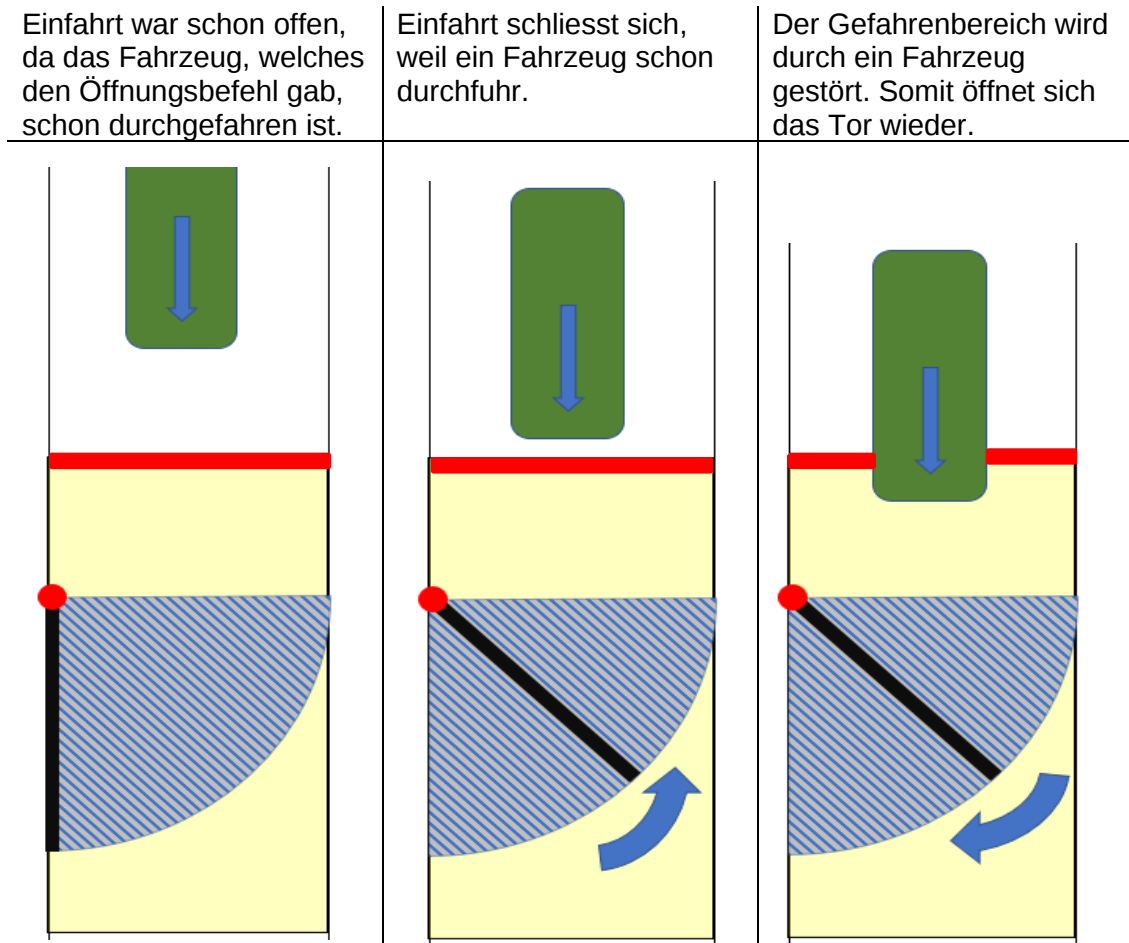
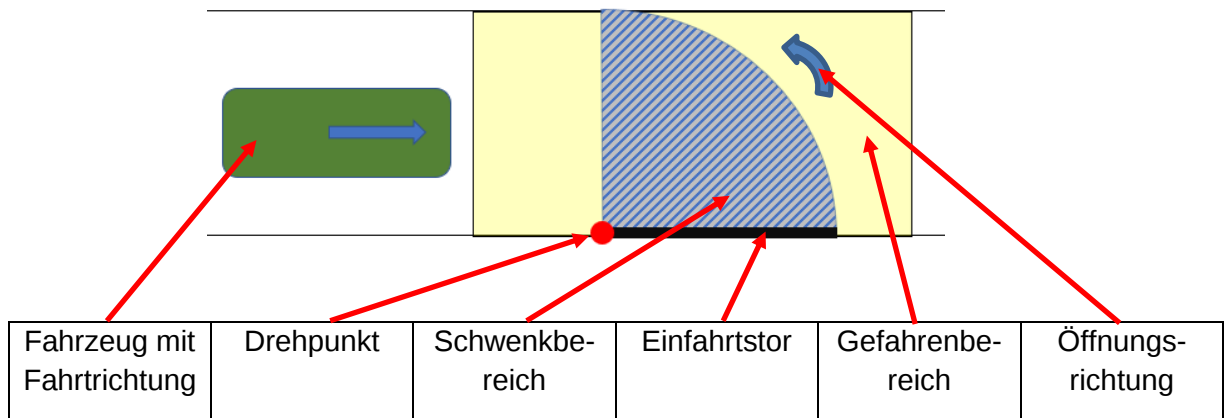


Abbildung 16: Beispiel der Teilfunktion 1

Abbildung 17: Beschreibung des Beispiels von Teilfunktion 1



5.3.3 Schliess- und Öffnungsmechanik

Die Teilfunktion 2 behandelt primär um das Öffnen und Schliessen des Torsegments. Dabei muss auch auf den Rundlauf geachtet werden, somit können die Wirkungen nach innen gehemmt werden, konkret gesagt, gibt es weniger Schläge und Vibrationen auf die Gesamtfunktion da es nicht in einem Schlag abbrumt. Bezüglich der Oberfläche vom bestehenden Pfosten (siehe 4.4), muss die Mechanik so ausgelegt sein, dass diese geschützt wird, weil es eine feuerverzinkte Oberfläche ist und diese, nach den gesammelten Infos (siehe Kap. 4.3.1), kaum das Innere des Materials vor Oxidationen schützt.

5.3.3.1 Beispiel vom Rundlauf

In dieser Phase wird der Kolben mit beispielsweise, 3 Meter pro Minute angetrieben.

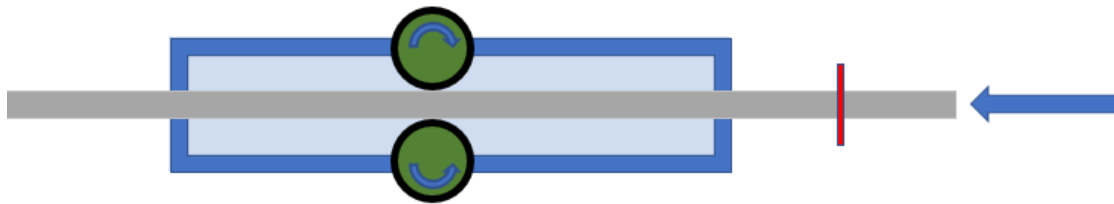


Abbildung 18: Beispiel Teilfunktion 2 normal

Kurz vor dem Schluss muss der Antrieb verlangsamt werden, beispielsweise auf 0.5 Meter pro Minute und mit einer degressiven der Verzögerung.

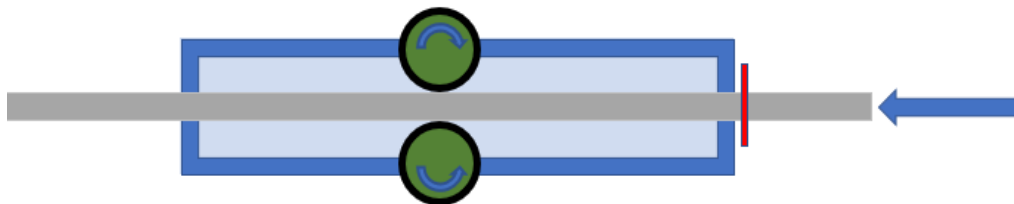


Abbildung 19: Beispiel Teilfunktion 2 verzögerung

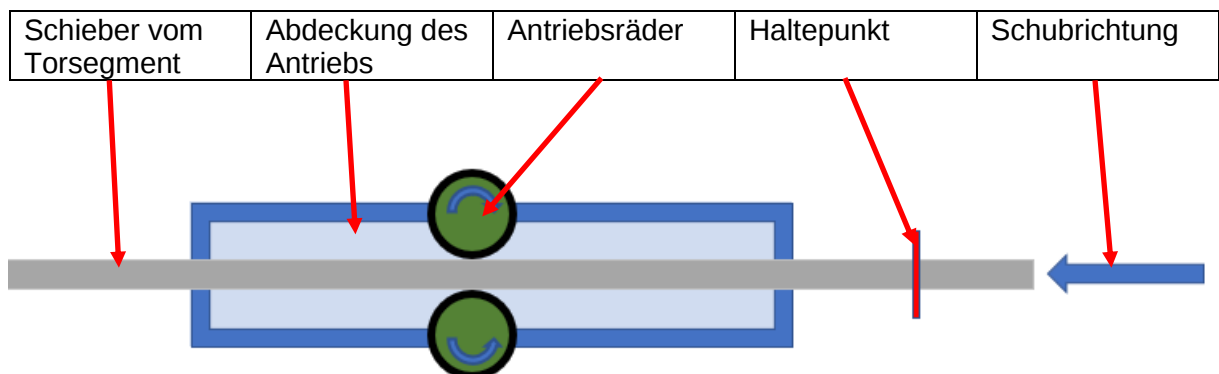


Abbildung 20: Beschreibung des Beispiels der Teilfunktion 2

5.3.3.2 Beispiel des Oberflächenschutzes

Zum Schutz der bereits vorhandenen Oberfläche können verschiedene Befestigungsarten, wie z.B. klemmen oder kleben, um den Haltepfosten der Einfahrt verwendet werden. Andere Befestigungstechniken wie das Bohren oder Schweissen eignen sich weniger, weil sie die Oberfläche beschädigen können.

- **Beispiel Klemmen**

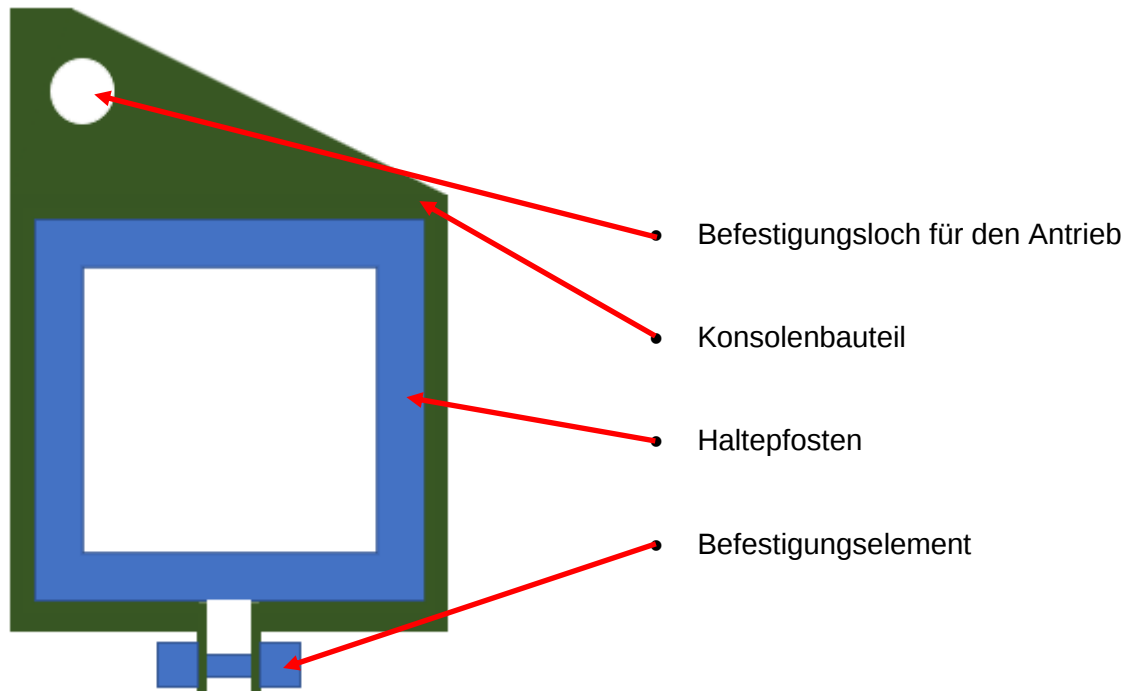


Abbildung 21: Beispiel und Erklärung der Teilfunktion 2

- **Beispiel Kleben**

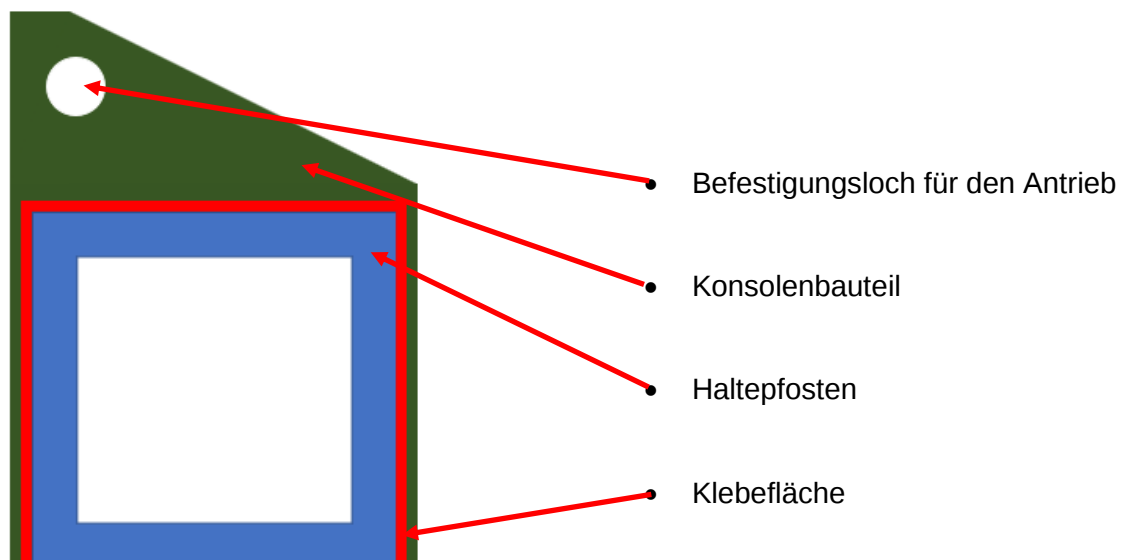


Abbildung 22: Beispiel und Erklärung von der Teilfunktion 2

5.3.4 Steuerung und Regelung der Bewegungssequenz

Die Teilfunktion 3 behandelt die Schaltzentrale der Gesamtfunktion, wobei hier die verschiedenen Sensoren und Steuerungsbefehle angesteuert und geregelt werden. Eine Nebenfunktion definiert möglichst geringe Wartezeiten.

- Beispielsweise

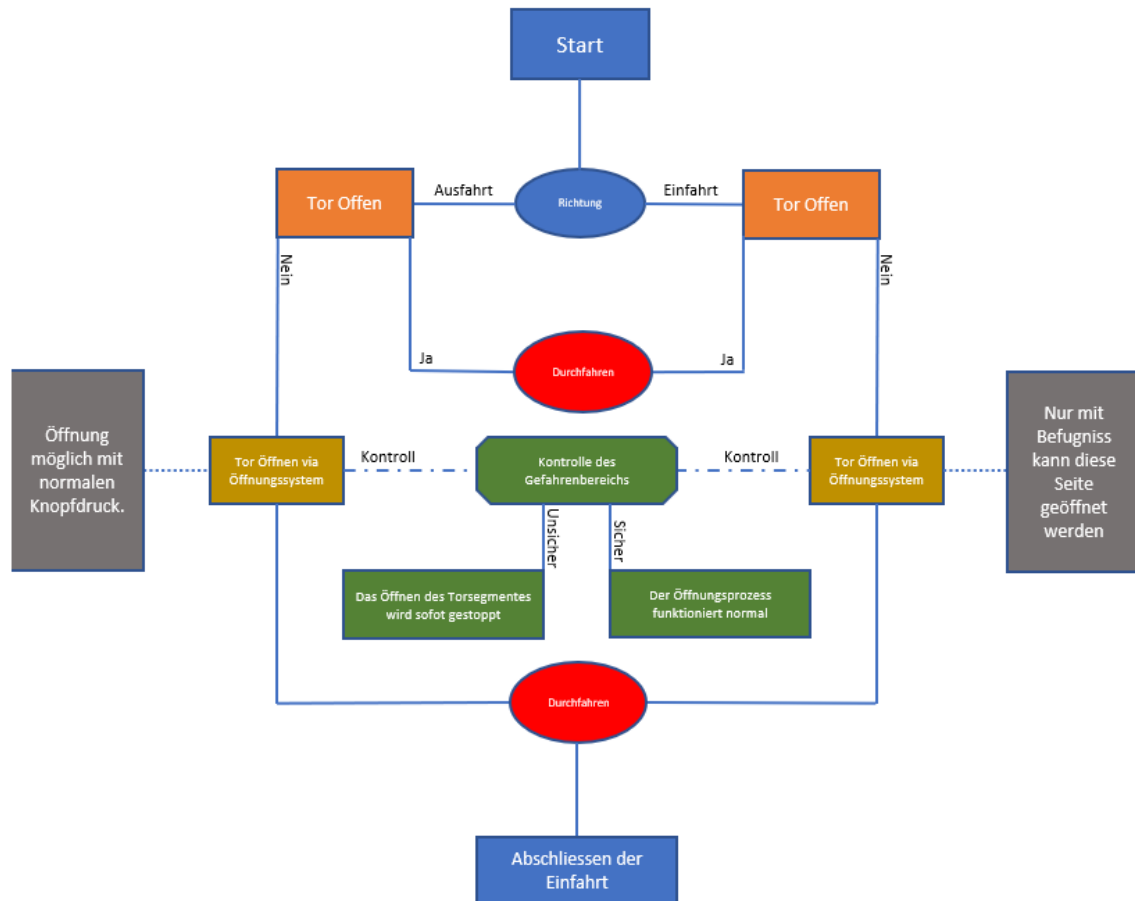


Abbildung 23: Steuerungslogik

	Standortbestimmungen und Hinweise
	Auszuführende Arbeiten
	Sensortechnik und die nötigen Sicherheitsaspekt
	Hinweis auf die Verwendungsart der Funktion
	Vom Benutzer abzuschliessende Tätigkeit
	Zwischenschritt, welchen der Benutzer durchführen muss.

Tabelle 13: Beschreibung des Beispiels der Teilfunktion 3

5.3.5 Einhalten der Sicherheitsvorschriften

Die Teilfunktion 4, bezieht sich auf den gesetzlichen Aspekt der Einfahrt und die damit verbundenen Vorschriften. Dabei bezieht man sich auch auf die gesammelten Informationen der Infosammlung (siehe 4.5 und 4.2).

- **Beispielsweise**

Die Gefahrenstellen eines Flügeltors.

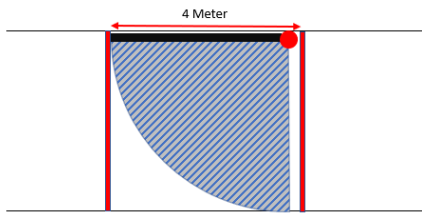
• Öffnungsrichtung In der Öffnungsrichtung muss genügend platz gelassen werden, damit es nicht zu Beschädigungen am wartenden Fahrzeug kommt.	
• Stromausfall Bei einem Stromausfall muss das System auf einen «Not lauf» umschalten. Konkret kann man es anschliessend per Handkraft antreiben.	
• Einklemmen am Drehpunkt Weiterhin kann es zu Einklemmungen einer Hand oder Person beim Schliessen/Öffnen des Systems kommen.	

Tabelle 14: Beispiel und Beschreibung der Teilfunktion 4

5.3.6 Öffnungssystem

Die Teilfunktion 5 ist ein Öffnungssystem, welches als Nebenfunktion nur Personen in das Firmengelände einfahren lässt, die dazu autorisiert sind. Damit wird auch der Schutz vom Firmengelände erhöht.

- **Beispielsweise**

Laut der Marktanalyse (siehe 4.8), werden Funkfernbedienungen viel verwendet.

	Hier könnte man vier Verschiedene Funktionen programmieren, welche für das Tor verwendet werden. Beispiel: • Öffnen für 15 Minuten • Schliessen • Öffnen für 1 Stunde • Sequenz beenden Noch speziell zu erwähnen ist, dass auch ein Empfänger beim Tor platziert sein muss.
--	--

Tabelle 15: Beschreibung der Teilfunktion 5

5.4 Lösungsfindung

Zur Lösungsfindung wurden die Mitarbeitenden der SBB-Serviceanlage in Luzern befragt. Ihnen wurden die verschiedenen Lösungskonzepte präsentiert und sie mussten diese nach ihrer eigenen Präferenz einordnen. In der durchgeführten Umfrage wurde auch die aktuell eingesetzte Lösung thematisiert.

5.4.1 Umfrage

Die Umfrage wurde mit dem Onlinetool: <https://www.surveymonkey.com/de/> erstellt.

Link zur Umfrage [Hier](#).

Diese Umfrage wurde von 26 Teilnehmerinnen/ er ausgefüllt.

5.4.1.1 1. Frage

Die Befragten konnten zwischen drei Auswahlmöglichkeiten die am zutreffendste Antwort ankreuzen. Dazu wurde noch spezifisch zwischen Tages-, Nacht- und Wochenendbetrieb unterschieden. Das Ziel ist es, die Benutzung der Einfahrt aufzuzeigen.

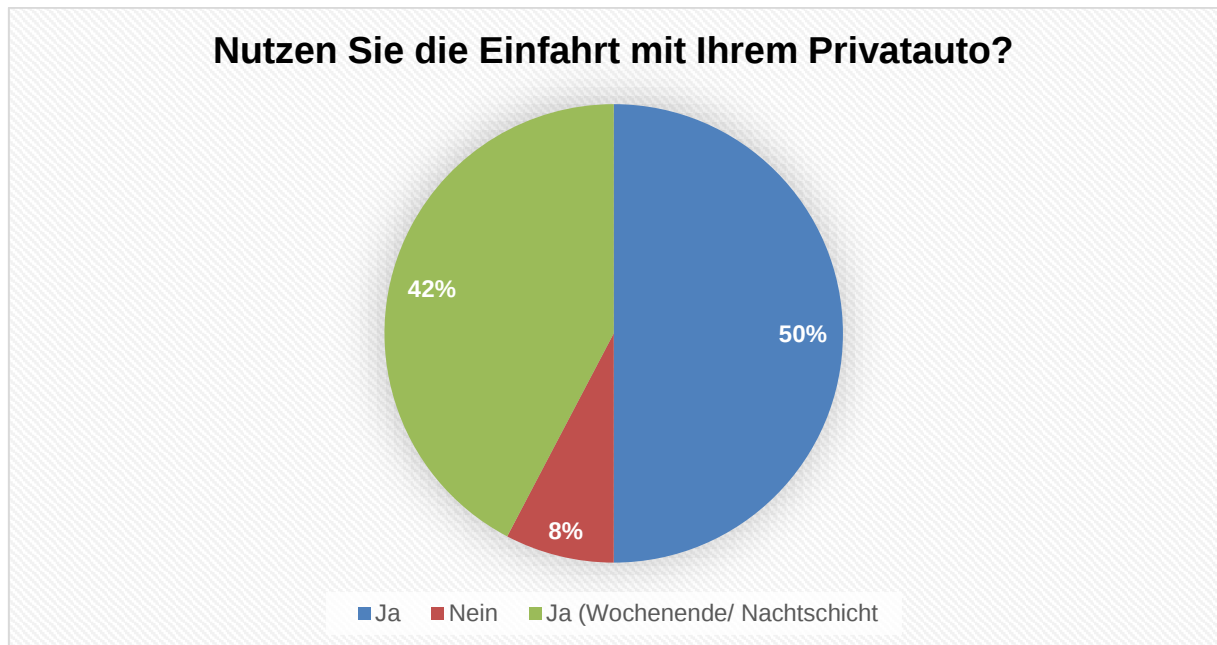


Diagramm 1: Ergebnis der Frage 1

Antwort Möglichkeiten	Personen
Ja	13
Nein	2
Ja (Nachtschicht oder Wochenende)	11

Tabelle 16: Antworten der Frage 1

Auswertung

Die Auswertung der Frage 1 zeigt auf, dass sehr viele Mitarbeiter mit ihrem Privatfahrzeug arbeiten kommen. Somit kann man daraus ziehen, dass die Einfahrt sehr viel benutzt wird. Am meisten am Wochenende oder in der Nachtschicht.

5.4.1.2 2. Frage

Die Befragten konnten zwischen drei Auswahlmöglichkeiten die am zutreffendste Antwort ankreuzen. Dazu wurde spezifisch zwischen Tages-, Nacht- und Wochenendbetrieb unterschieden. Die Frage soll die Zugänglichkeit für jeden Mitarbeiter ins Firmengelände aufzeigen.

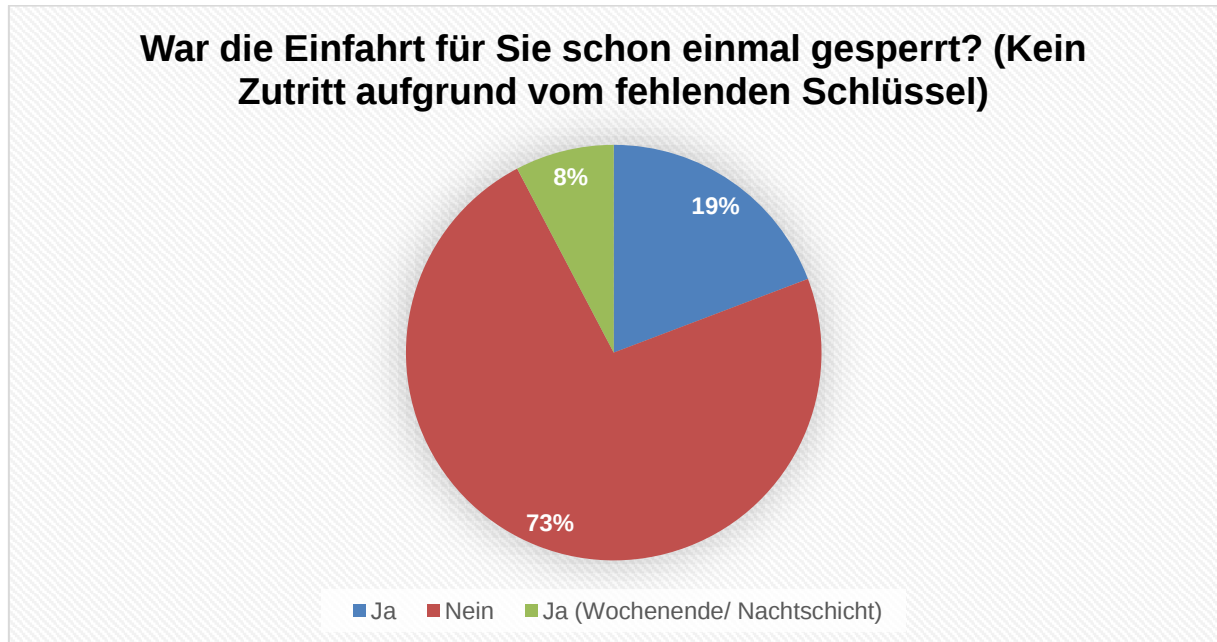


Diagramm 2: Ergebnis 2 der Umfrage

Antwort Möglichkeiten	Personen
Ja	5
Nein	19
Ja (Nachtschicht oder Wochenende)	2

Tabelle 17: Antworten der Frage 2

Auswertung

Viele Mitarbeitende war bisher der Zutritt zum Firmengelände problemlos möglich. Jedoch kam es bei einigen Mitarbeitenden auch schon vor, dass sie nicht auf Firmengelände fahren konnten, weil sie keinen Schlüssel besitzen.

5.4.1.3 3. Frage

Die Befragten konnten zwischen drei Auswahlmöglichkeiten die am zutreffendste Antwort ankreuzen. Dazu wurde spezifisch zwischen Tages-, Nacht- und Wochenendbetrieb unterschieden.

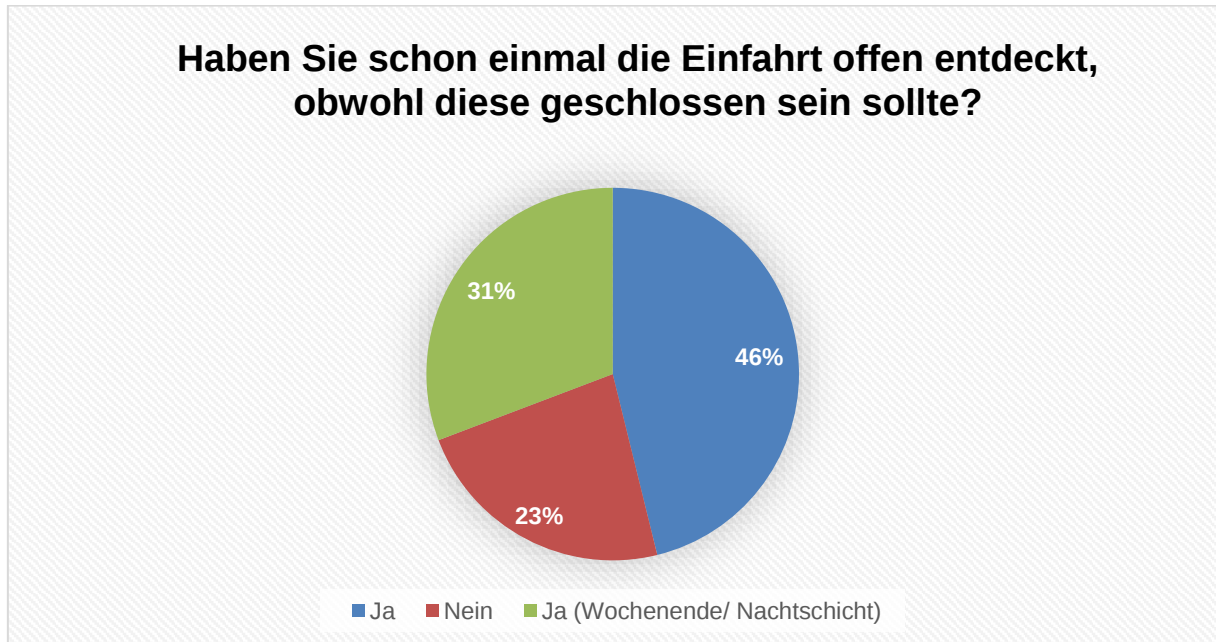


Diagramm 3: Ergebnis 3 der Umfrage

Antwort Möglichkeiten	Personen
Ja	12
Nein	6
Ja (Nachtschicht oder Wochenende)	8

Tabelle 18: Antworten der Frage 3

Auswertung

Die Auswertung der Frage 3 zeigt auf, dass die Einfahrt nicht regelmässig abgeschlossen wird. Konkret steht die Einfahrt 21.5 Tage in einem Monat (bei einer Verlustrate von 77% über 30 Tagen inklusive Wochenend- und Nachtschicht) offen.

5.4.1.4 4. Frage

Die Befragten konnten zwischen zwei Auswahlmöglichkeiten die zutreffendste Antwort ankreuzen. Wenn «Ja» ausgewählt wurde, musste in einem separaten Textfeld die Uhrzeit und der Wochentag eingetragen werden. Die Frage zeigt die auf, wie oft ein Mitarbeiter Kontakt mit einer Personen hat, die keine Bewilligung besitzt.

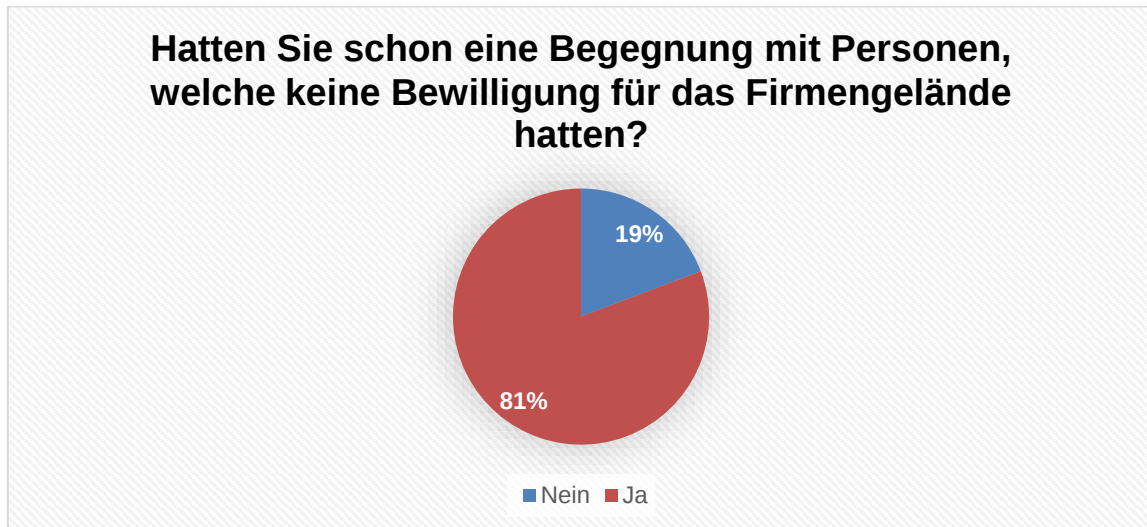


Diagramm 4: Ergebnis 4 der Umfrage

Antwort Möglichkeiten		Personen	
Ja		21	
Nein		5	
Hier sind noch spezifische Antworten der Befragten.			
Ja, im Nachtdienst im allgemeinen und am Wochenende (Samstag vormittag und nachmittag)	Kam am Tag und Nacht vor . (Fotografen, Frau die ihren Hund suchte auf dem Areal usw.)	Ab und wann in der Nacht,oder Wochenende.Betrunkene/unter Drogenstehende Personen.	Immer wieder sind Leute auf dem Areal die da nichts verloren haben
Nachmittags wo wir am Arbeiten waren.	Am Wochenende früher Abend,Familie mit Kindern.	Samstag, 12:00 / Mittwoch 14:00 Uhr	Am Abend,wo ich Nachtschicht gearbeitet habe .
In der Nachtschicht, 11.09.2009	Tagsüber / Nacht / Wochenende	Unter der Woche, nachmittags	Samstag Feierabend 16:45Uhr
An einem Samstagmorgen	Wochenende Vormittags.	Freitag, morgen früh	15:00Uhr, Dienstag
Vorallem Nachts	02:00 Montag	zu jeder Uhrzeit	
		Wochenende	

Tabelle 19: Antworten der Frage 4

Auswertung

Die Auswertung der Frage 4 zeigt auf, dass Begegnungen mit Personen ohne Bewilligung keine Seltenheiten sind. Dies erhöht die Diebstahlrate auf dem Firmengelände, weil beispielsweise in der Nachtschicht oder am Wochenende (Infosammlung 4.7) wenige Mitarbeiter arbeiten.

5.4.1.5 5. Frage

Die Befragten konnten zwischen zwei Auswahlmöglichkeiten die zutreffendste Antwort ankreuzen. Dies soll das Verhalten der Personen (ohne Bewilligung) aufzeigen, welche in das Firmengelände einfahren möchten.

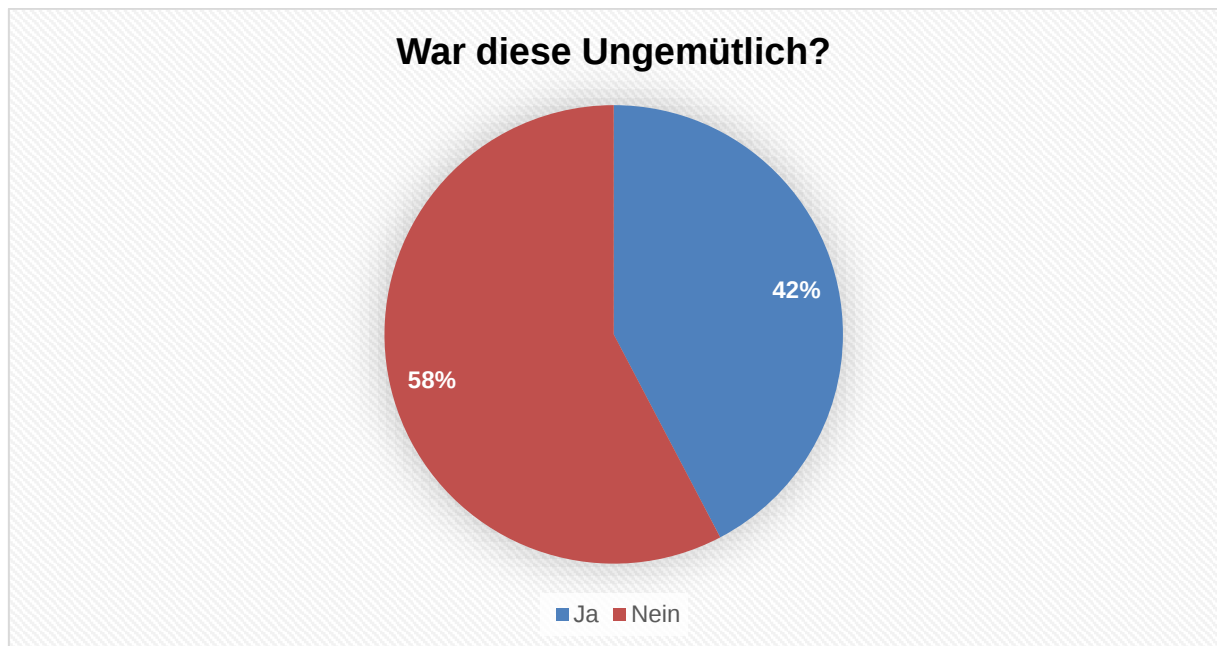


Diagramm 5: Ergebnis 5 der Umfrage

Antwort Möglichkeiten	Personen
Ja	11
Nein	15

Tabelle 20: Antworten der Frage 5

Auswertung

Die Auswertung der Frage 5 zeigt auf, dass die Personen, welche keine Bewilligung haben, zum Teil sehr ungemütlich sind. Dies könnte beispielsweise sein, weil sie unter Drogen stehen, alkoholisiert sind oder ein aggressives Verhalten aufzeigen.

5.4.1.6 6. Frage

Bei dieser Frage mussten die Befragten jeweils bewerten, ob die drei Unterfragen für sie wichtig, neutral oder unwichtig sind.

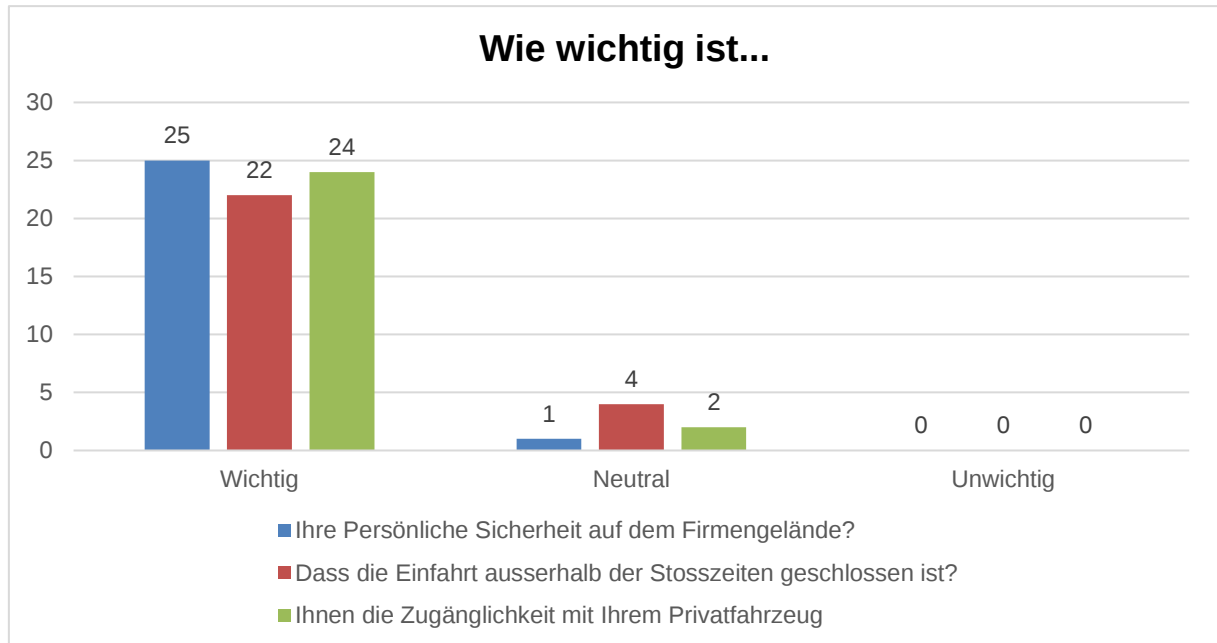


Diagramm 6: Ergebnis 6 der Umfrage

Auswertung

Die Auswertung der Frage 6 zeigt auf, dass die drei gestellten Unterfragen von der Mehrheit als wichtig erachtet werden.

5.4.1.7 7. Frage

Bei dieser Frage wurde den Befragten vier verschiedene Konzepte vorgestellt, welche sie nach Ansprechbarkeit und Überzeugungskraft bewerten sollten. Die Antworten basieren auf einem Punktesystem. Die maximale Punktzahl ist 4, umso höher die Punktzahl des Konzepts, desto mehr überzeugt es die Befragten.

- Vorstellung der Konzepte**

Bezeichnung	Funktionsweise
Kamera	Die Nummernschilder des einfahrenden Fahrzeug werden von einer Kamera gescannt und anschliessend überprüft, ob der Zugang gewährt wird.
Funkfernbedienung	Die Einfahrt kann per Funkfernbedienung geöffnet/geschlossen werden.
SBB-Bagde	Die Person, welche aufs Firmengelände möchte, muss ihren Personalausweis (SBB-Badge) an einen Scanner halten, welches die Bewilligung überprüft.
Mobiltelefon	Die Person, welche ins Gelände will, muss auf eine Telefonnummer Anrufen/ SMS senden welches zum Öffnen der Einfahrt führt.

Tabelle 21: Konzeptvorstellung der Frage 7

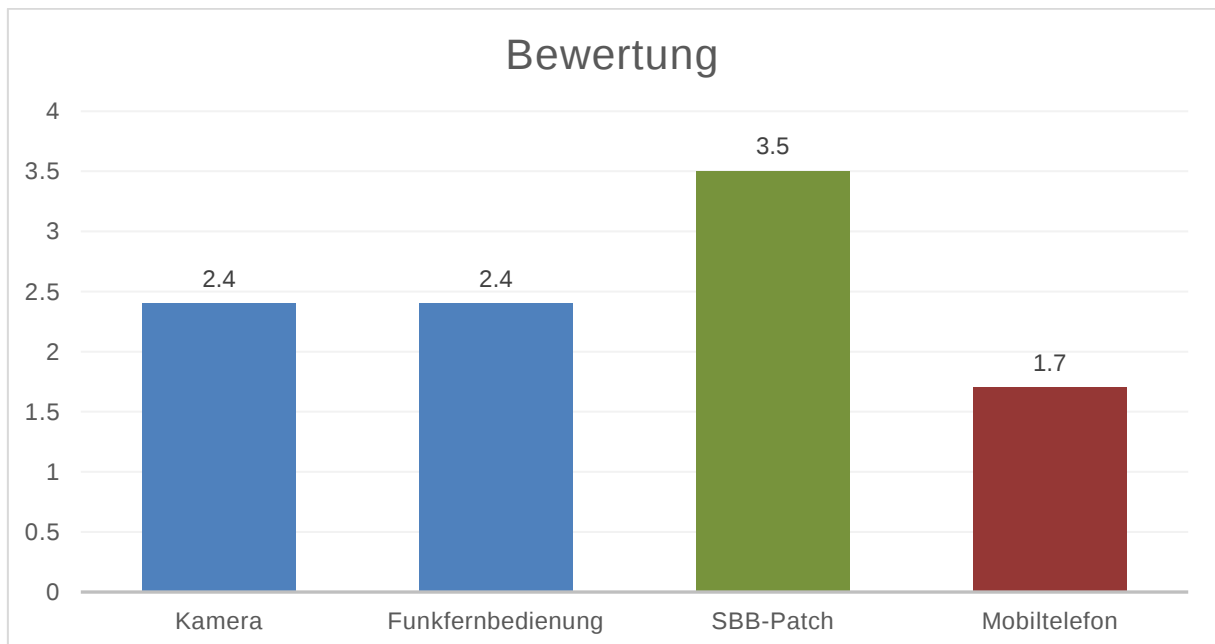


Diagramm 7: Ergebnis 7 der Umfrage

Auswertung

Die Auswertung der Frage 7 zeigt auf, dass das Konzept mit dem SBB-Badge die meisten Personen anspricht, wohingegen das Konzept mit dem Mobiltelefon die geringsten Zustimmungen erhielt.

5.4.2 Auswertung Umfrage

Die Umfrage hat aufgezeigt, dass die Einfahrt sehr viel durch die Befragten verwendet wird. Bezüglich der Verfügbarkeit der Einfahrt, ist diese meistens gewährleistet (siehe **2. Frage**), auch wenn nicht jeder im Besitz eines Schlüssels ist. Jedoch kann dies auch im Zusammenhang mit der **3. Frage** sein, weil die Einfahrt selten bis gar nie abgeschlossen wird, was zur Folge hat, dass Personen dieses Gelände betreten können, welche keine Bewilligung haben (siehe **4. Frage**). Ausserdem kann dies zu Komplikationen führen, weil die Mitarbeiter mit fremden Personen zu tun haben könnten, die potenziell unter Drogen-/ Alkoholeinfluss stehen (siehe **5. Frage**) und so die persönliche Sicherheit der Mitarbeitenden verletzen könnte. Die persönliche (Arbeits-)Sicherheit hat den höchsten Stellenwert bei den befragten Mitarbeitenden (siehe **6. Frage**).

Das Konzept der **7. Frage** wird nach Möglichkeiten der Diplomarbeit verwendet und in die Bewertung der Teilfunktionen fallen.

5.4.3 Randdaten

Umfrage erstellt durch:
Beginn der Umfrage:
Ende der Umfrage:
Auswertung durch:
Teilnehmer:
Firma der Befragten:

Benjamin Djuric
Dienstag 08.09.2020
Sonntag 13.09.2020
Benjamin Djuric
26 Personen
SBB AG
Service Anlage Luzern
Neustadtstrasse 43
6003 Luzern

5.5 Prinzip-Skizze

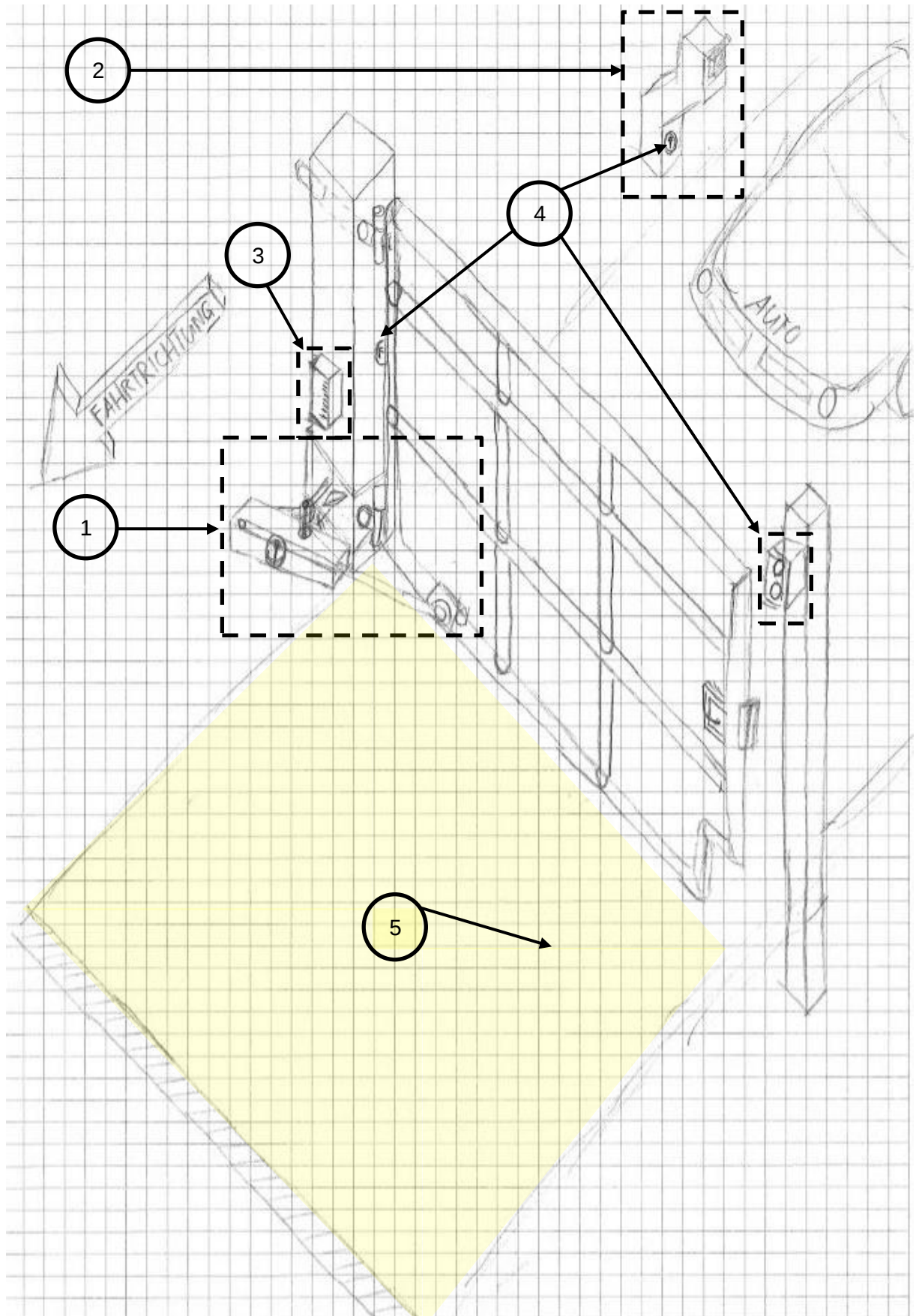


Abbildung 24: Prinzip-Skizze

5.6 Auflistung der Teilfunktionen

Teilfunktion Nr.	Bezeichnung:
1	Schliess- und Öffnungsmechanik
2	Öffnungssystem
3	Steuerung und Regelung der Bewegungssequenz
4	Einhaltung der Sicherheitsvorschriften
5	Absicherung des Gefahrenbereichs

Tabelle 22: Auflistung der Teilfunktionen

5.6.1 Informationen zu den Teilfunktionen

Um einen genaueren Morphologischen Kasten zu erstellen, werden manche Teilfunktionen in Nebenfunktionen umgewandelt. Beispielsweise wurde die Teilfunktion Schliess- und Öffnungsmechanik in Antrieb und Konsolenhalterung für den Antrieb umgewandelt.

Teilfunktionen welche umgewandelt werden:

- **Schliess- Öffnungsmechanik**
 - **Antrieb**
 - **Konsolen Befestigungsart**
- **Einhalten der Sicherheitsvorschriften**
 - **Maschinenrichtlinien**
 - **Brandschutzmassnahmen**

Mit diesen Informationen und den anderen Teilfunktionen, kann der Morphologische Kasten durchgeführt werden.

5.7 Morphologischer Kasten

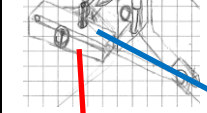
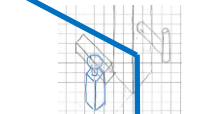
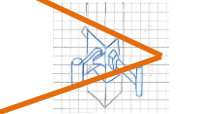
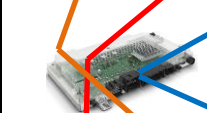
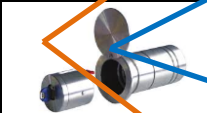
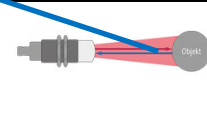
1 2 3 4	Teilfunktion 1-1 Antrieb der Schliess- und Öffnungsmechanik			
	Eigenentwicklung	Fremdentwicklung		
	Variante 1.11	Variante 1.12	Variante 1.13	Variante 1.14
	Pkt. Max. 27	Pkt. Max. 23	Pkt. Max.	Pkt. Max.
				
	Teilfunktion 1-2 Konsole Halterung der Schliess- und Öffnungsmechanik			
	Kleben	Klemmen	Seperater Pfosten	Verwendung des Bolzen
	Variante 1.21	Variante 1.22	Variante 1.23	Variante 1.24
	Pkt. Max. 26	Pkt. Max. 28	Pkt. Max. 32	Pkt. Max. 21
				
	Teilfunktion 2 Öffnungssystem			
	Kamera	Funkfernbedienung	SBB-Patch	Anrufen/ SMS
	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4
	Pkt. Max. 30	Pkt. Max. 21	Pkt. Max. 36	Pkt. Max. 25
				
	Teilfunktion 3 Steuerung und Regelung der Bewegungssequenz			
	Steuergerät	Datenbank		
	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 3.4
	Pkt. Max. 27	Pkt. Max. 23	Pkt. Max.	Pkt. Max.
				
	Teilfunktion 4-1 Maschinenrichtlinien zur Einhaltung der Sicherheitsvorschriften			
	Ampel	Bodenmarkierungen	Ampel und Bodenmark.	Drehlicht
	Variante 4.11	Variante 4.12	Variante 4.13	Variante 4.14
	Pkt. Max. 32	Pkt. Max. 24	Pkt. Max. 37	Pkt. Max. 33
				
	Teilfunktion 4-2 Brandschutzmassnahmen zur Einhaltung der Sicherheitsvorschriften			
	Zylinder mit Schlüssel	Notknopf		
	Variante 4.21	Variante 4.22	Variante 4.23	Variante 4.24
	Pkt. Max. 30	Pkt. Max. 26	Pkt. Max.	Pkt. Max.
				
	Teilfunktion 5 Absicherung des Gefahrenbereichs			
	Bewegungsmelder	Sensor (Lichtschranke)	Kamera	Sensor (Radar)
	Variante 5.1	Variante 5.2	Variante 5.3	Variante 5.4
	Pkt. Max. 27	Pkt. Max. 28	Pkt. Max. 27	Pkt. Max. 35
				

Tabelle 23: Morphologischer Kasten

5.8 Bewertung der Teilfunktionen

Teilfunktion 1-1		Bewertung der Varianten							
		V1.11		V1.12					
Antrieb	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Kosten	1	2	2	3	3				
Stabilität	3	3	9	2	6				
Anpassung	3	4	12	2	6				
Montage	2	2	4	4	8				
Summe		27		23					
GW = Gewichtungsfaktor / V = Variante / Pkt. = Punkte / GP = Gewichtungsfaktor x Punkte Punktwertskala: 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar									

Teilfunktion 1-2		Bewertung der Varianten							
		V1.21		V1.22		V1.23		V1.24	
Konsolenhalter	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Montage	2	4	8	2	4	2	4	2	4
Korrosionsschutz	3	2	6	4	12	4	12	3	9
Kosten	1	3	3	3	6	2	4	2	2
Stabilität	3	3	9	2	6	4	12	2	6
Summe		26		28		32		21	
GW = Gewichtungsfaktor / V = Variante / Pkt. = Punkte / GP = Gewichtungsfaktor x Punkte									
Punktwertskala: 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar									

Teilfunktion 2		Bewertung der Varianten							
		V2.1		V2.2		V2.3		V2.4	
Öffnungssystem	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Sicherheit	4	3	12	1	4	3	12	2	8
Zugänglichkeit	3	4	12	3	9	2	8	3	9
Kosten	2	1	2	3	6	4	8	2	4
Umfrage	2	2	4	1	2	4	8	2	4
Summe		30		21		36		25	
GW = Gewichtungsfaktor / V = Variante / Pkt. = Punkte / GP = Gewichtungsfaktor x Punkte									
Punktwertskala: 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar									

Teilfunktion 3		Bewertung der Varianten							
		V3.1		V3.2		V3.3		V3.4	
Steuern/ Regeln	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Komplexität	3	3	9	2	6				
Kosten	2	2	4	3	6				
Wartung	4	3	12	2	8				
Lebensdauer	1	2	2	3	3				
Summe		27		23					
GW = Gewichtungsfaktor / V = Variante / Pkt. = Punkte / GP = Gewichtungsfaktor x Punkte									
Punktwertskala: 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar									

Teilfunktion 4-1		Bewertung der Varianten							
		V4.11		V4.12		V4.13		V4.14	
Maschinenrichtlinien	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Sicherheit	4	3	12	2	8	3	12	4	16
Kosten	1	2	2	4	4	1	1	3	3
Plausibilität	2	3	6	2	4	4	8	1	2
Wahrnehmung	4	3	12	2	8	4	16	3	12
Summe		32		24		37		33	
GW = Gewichtungsfaktor / V = Variante / Pkt. = Punkte / GP = Gewichtungsfaktor x Punkte									
Punktwertskala: 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar									

Teilfunktion 4-2		Bewertung der Varianten							
		V4.21		V4.22		V1.3		V1.4	
Brandschutz	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Plausibilität	4	4	16	3	12				
Kosten	1	2	2	2	2				
Zeitaufwand zum Öffnen	3	3	12	4	12				
Summe		30		26					

GW = Gewichtungsfaktor / **V** = Variante / **Pkt.** = Punkte / **GP** = Gewichtungsfaktor x Punkte

Punktwertskala: 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Teilfunktion 5		Bewertung der Varianten							
		V5.1		V5.2		V5.3		V5.4	
Gefahrenbereich	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Witterungsbeständig	3	3	9	2	6	3	9	4	12
Reaktion	4	2	8	3	12	3	12	4	16
Kosten	2	3	6	4	8	2	4	2	4
Lebensdauer	1	4	4	2	2	2	2	3	3
Summe		27		28		27		35	
GW = Gewichtungsfaktor / V = Variante / Pkt. = Punkte / GP = Gewichtungsfaktor x Punkte									
Punktwertskala: 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar									

5.9 Auswertung des Morphologischen Kasten

Bewertung der Konzepte							
Konzept 1		Konzept 2		Konzept 3		Konzept 4	
Variante	Punktzahl	Variante	Punktzahl	Variante	Punktzahl	Variante	Punktzahl
1.11	27	1.11	27	1.12	23	1.12	23
1.23	32	1.21	26	1.22	28	1.24	21
2.3	36	2.2	21	2.1	30	2.1	30
3.1	27	3.1	27	3.2	23	3.1	27
4.13	37	4.11	32	4.14	33	4.12	24
4.21	30	4.22	26	4.22	26	4.21	30
5.4	35	5.1	27	5.3	27	5.2	28
Summe	224	Summe	186	Summe	190	Summe	183

Tabelle 24: Bewertung der Konzepte

Nach Punktzahl wird **Konzept 1** (224 Punkte) bevorzugt. Die Variante A überzeugt mit den Varianten 4.13 / 5.4 und den vorgegebenen Gewichtungspunkten.

5.10 Lösungskonzepte

5.10.1 Lösungskonzept 1

Varianten: 1.11+1.23+2.3+3.1+4.13+4.21+5.4

- Der Antrieb ist eine Eigenentwicklung.
- Der Antrieb wird auf einem separaten Pfosten montiert.
- Das Öffnungssystem wird über einen Bagde-Scanner betrieben.
- Die Steuerung wird über ein Steuergerät durchgeführt.
- Die Sicherheitsmassnahmen werden über eine Ampel und Bodenmarkierungen gewährleistet.
- Brandschutzmassnahmen werden durch einen Zylinder gewährleistet, welcher einen Schlüssel als Inventar besitzt.
- Die Absicherung des Gefahrenbereichs wird durch Radarsensoren gewährleistet.

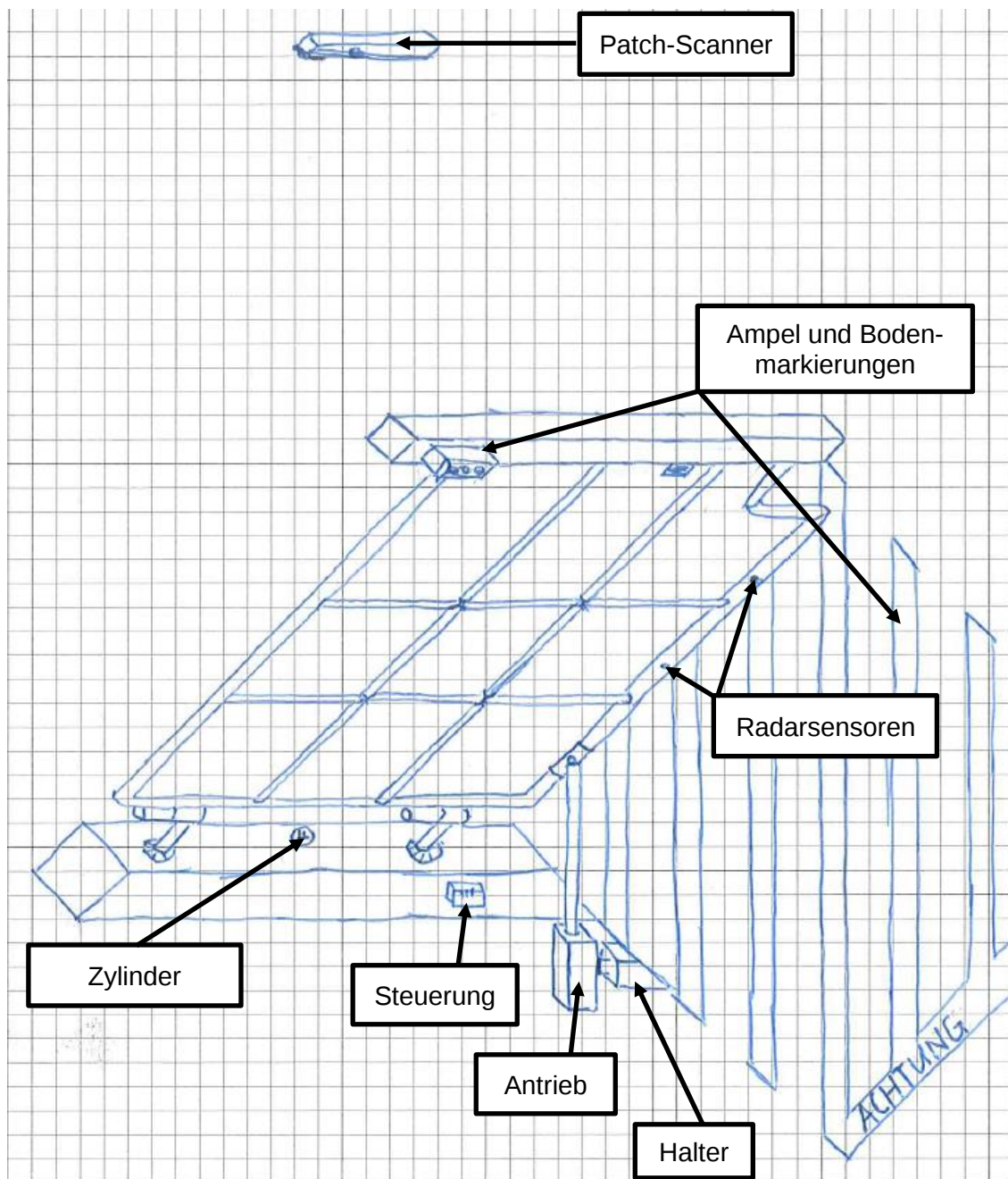


Abbildung 25: Lösungskonzept 1

5.10.2 Lösungskonzept 2

Varianten: 1.11+1.21+2.2+3.1+4.11+4.22+5.1

- Der Antrieb ist eine Eigenentwicklung.
- Die Befestigungskonsolle wird durch Klemmen am Haltepfosten angemacht.
- Das Öffnungssystem wird durch eine Funkfernbedienung und einen Receiver gewährleistet.
- Die Steuerung wird über ein Steuergerät gesteuert.
- Die Sicherheitsmassnahmen werden durch eine Ampel gewährleistet.
- Brandschutzmassnahmen werden durch einen Notfallknopf gewährleistet, welches innerhalb einer Plexiglas-Konsole ist.
- Das Absichern des Gefahrenbereichs wird durch einen Bewegungssensor gewährleistet.

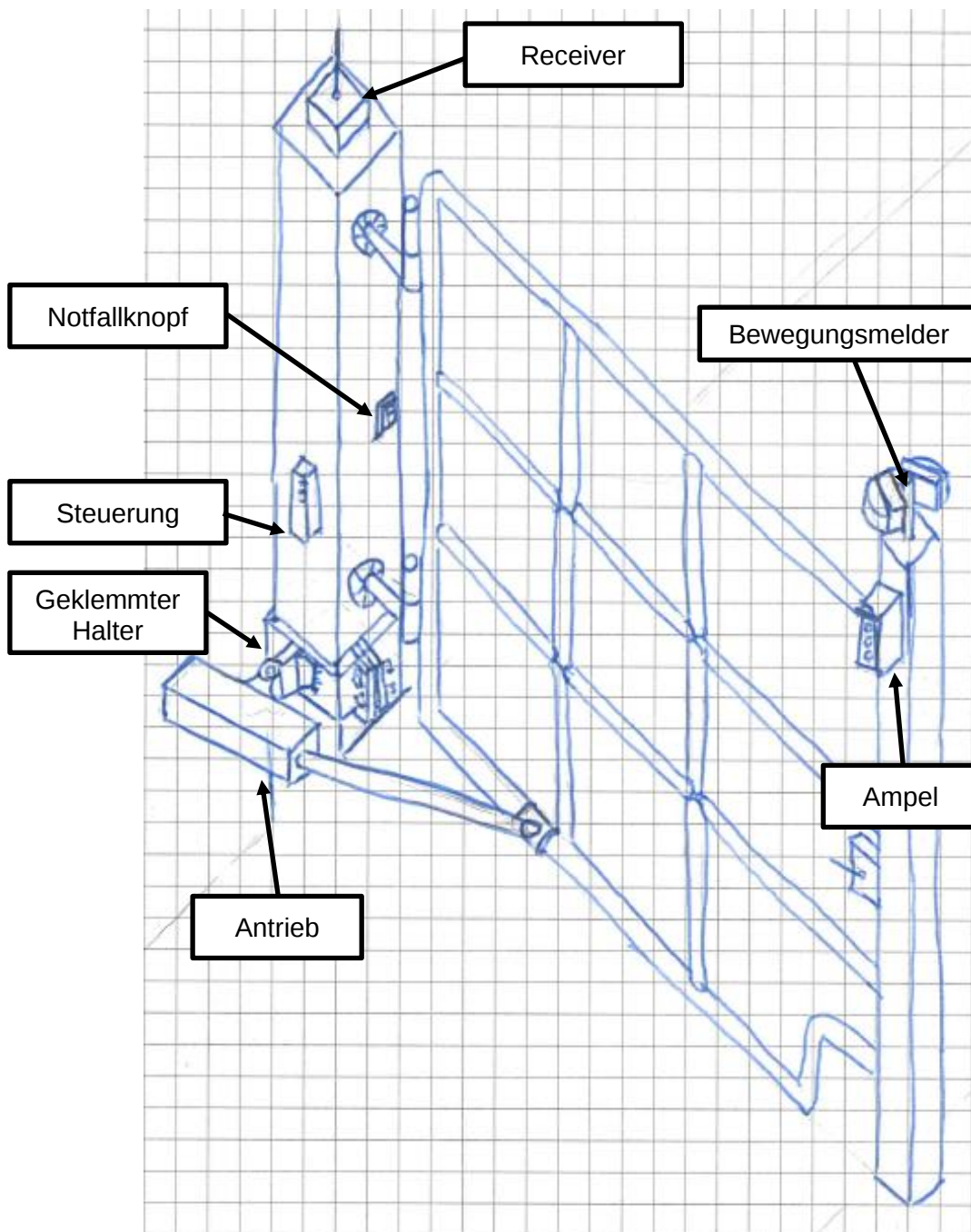


Abbildung 26: Lösungskonzept 2

5.10.3 Lösungskonzept 3

Varianten: 1.12+1.22+2.1+3.2+4.14+4.22+5.3

- Der Antrieb ist eine Fremdentwicklung (beispielsweise VersaMatic).
- Die Konsolenhalterung wird an den Pfosten geklebt.
- Das Öffnungssystem wird durch eine Kamera, welche bspw. die Nr.-Schilder der Fahrzeuge scannt, betrieben.
- Die Steuerung wird durch eine Datenbank gewährleistet, welche die eingespeisten Daten ausführt.
- Die Sicherheitsmassnahmen werden durch ein Drehlicht gewährleistet.
- Die Brandschutzmassnahmen werden durch einen Notfallknopf gewährleistet.
- Das Absichern des Gefahrenbereichs wird durch eine Kamera gewährleistet.

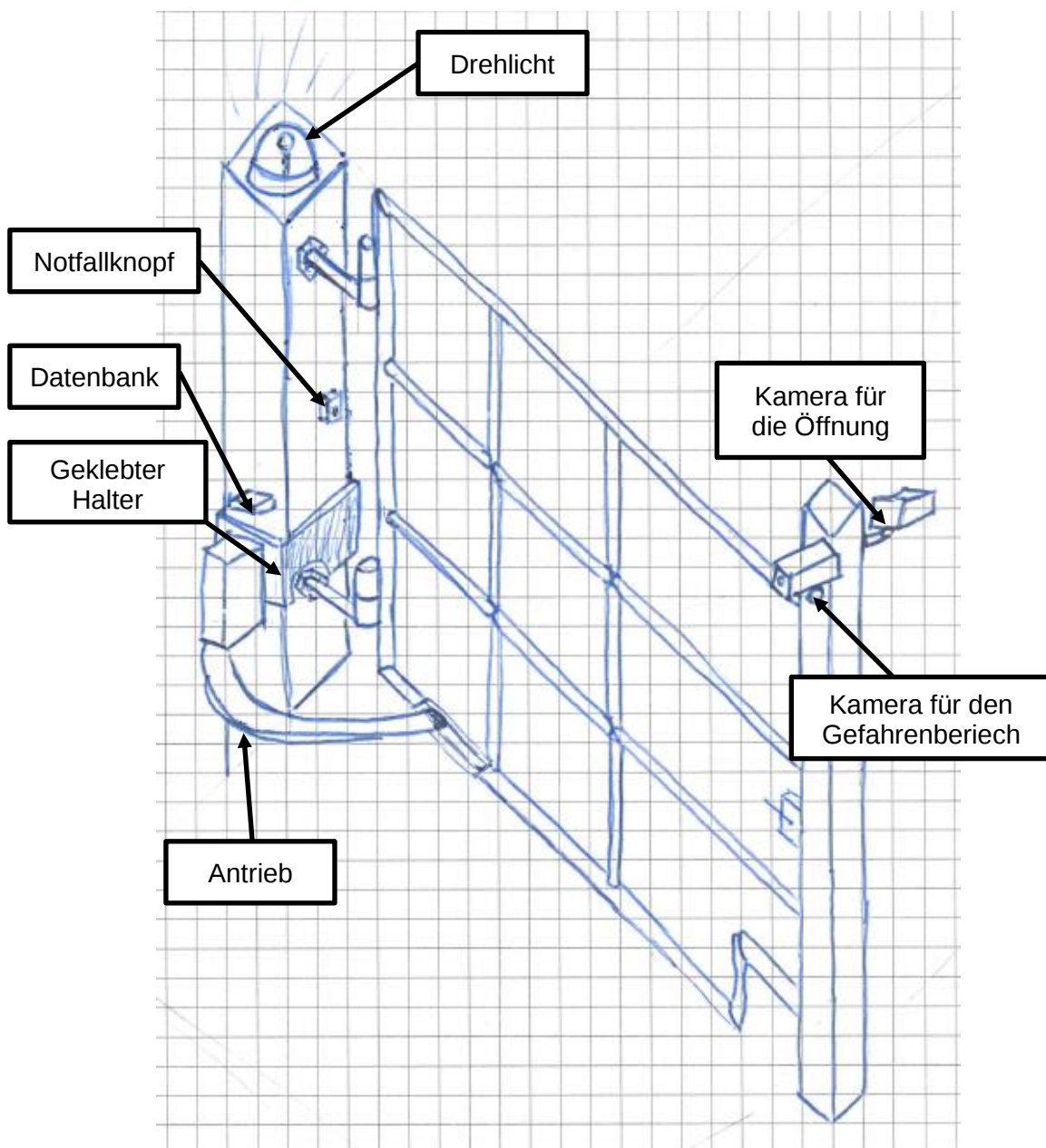


Abbildung 27: Lösungskonzept 3

5.10.4 Lösungskonzept 4

Varianten: 1.12+1.24+2.1+3.1+4.12+4.21+5.2

- Der Antrieb ist eine Fremdentwicklung.
- Die Halterung für den Antrieb wird durch Benutzung der vorhandenen Schraube angemacht.
- Das Öffnungssystem erfolgt durch eine Kamera (wie bei Konzept 3).
- Die Steuerung wird über ein Steuergerät durchgeführt.
- Die Sicherheitsmassnahmen werden durch Bodenmarkierungen gewährleistet.
- Brandschutzmassnahmen erfolgen, wie bei Konzept 1, durch einen Zylinder.
- Die Absicherung des Gefahrenbereichs werden durch Lichtschrankensensoren gewährleistet.

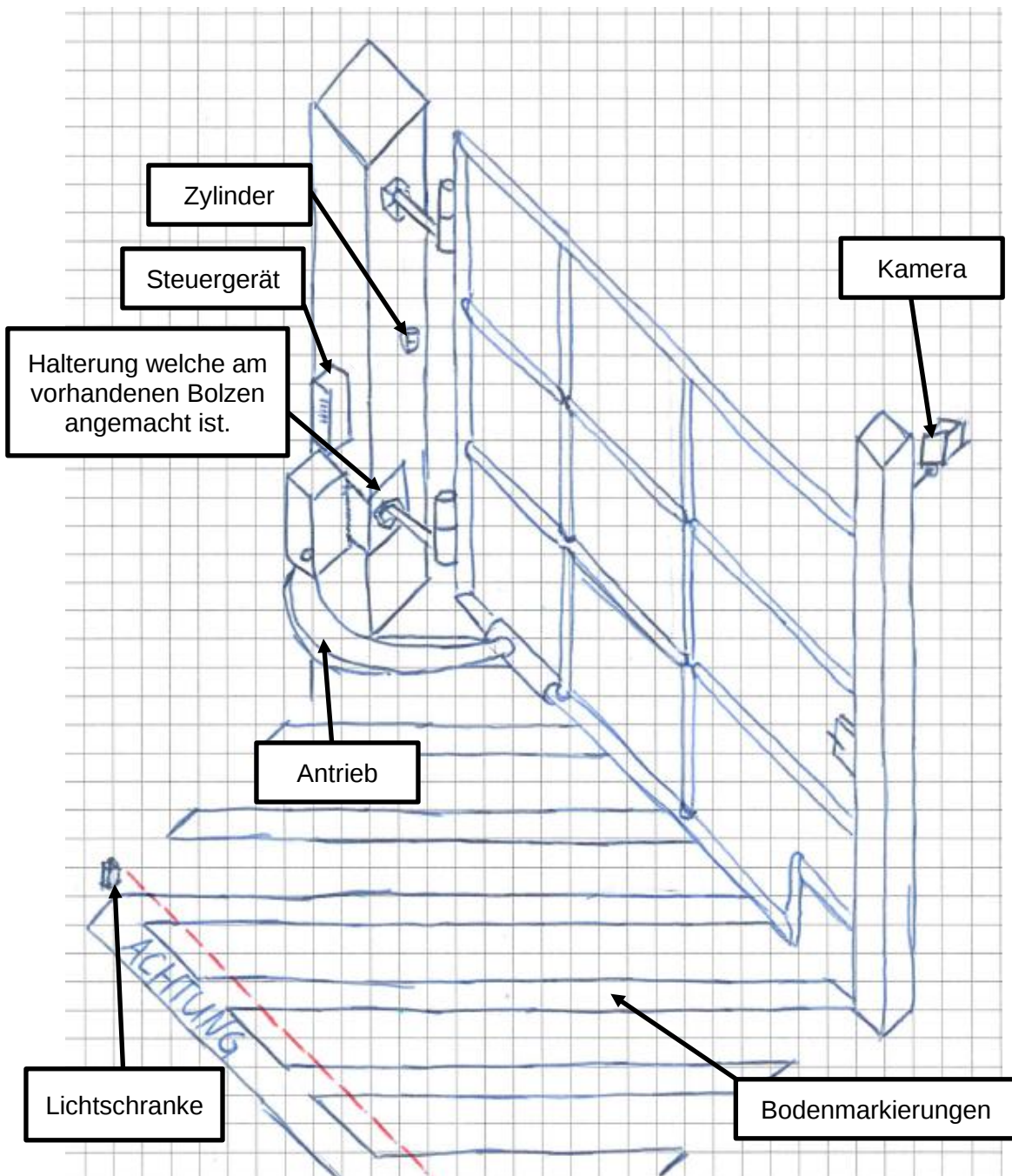


Abbildung 28: Lösungskonzept 4

5.10.5**5.10.6 Konzept 1****5.10.6.1 Vorteile**

- Anpassbarer Antrieb, welcher effektiv verwendet werden kann.
- Die Montage am separaten Pfosten erreicht den maximale Korrosionsschutz der bereits vorhandenen Komponenten, dazu kann der Positionspunkt vom Antrieb variieren.
- Beim Öffnungssystem ist der Vorteil, dass bereits jeder Mitarbeiter einen SBB-Badge besitzt.
- Die Sicherheitsvorschriften sind relativ simpel und intuitiv zu verstehen.
- Es ist bereits ein Zylinder vorhanden, welcher benutzt werden kann.
- Sehr witterungsbeständig Komponenten.

5.10.6.2 Nachteile

- Der Antrieb ist nicht praktisch erprobt, da es eine Eigenentwicklung ist.
- Teure Gesamtkomponente
- Bei diesem Öffnungssystem muss der Mitarbeiter in einer gewissen Position sein, um das Tor zu öffnen.
- Es wird sehr viel Platz benötigt, weil ein neuer Pfosten platziert werden muss.
- Die Bodenmarkierungen können im Winter mit Schnee bedeckt sein.

5.10.7 Konzept 2**5.10.7.1 Vorteile**

- Anpassbarer Antrieb, welcher effektiv verwendet werden kann.
- Es ist eine platzsparende Variante.
- Einfache Öffnungsbedienung, weil es aus jeder Position benutzbar ist.
- Schnelles Öffnen in einem Notfall/ Brand auf dem Gelände

5.10.7.2 Nachteile

- Oxidationsprobleme, weil beim Anziehen der Halterung tiefe Spuren auf der vorgegebenen Oberfläche entstehen können. Dabei ist auch die Kontaktkorrosion erhöht.
- Der Antrieb ist nicht praktisch erprobt, weil es eine Eigenentwicklung ist.
- Die Eingrenzung vom Gefahrenbereich ist nicht intuitiv ersichtlich (braucht eine Schulung).

5.10.8 Konzept 3

5.10.8.1 Vorteile

- Erprobter Antrieb, welcher öfters schon verwendet wurde (Fremdentwicklung bspw. VersaMatic von der Firma Hörmann).
- Schutz vor Kontaktkorrosion, weil die Kleboberfläche eine Distanzschicht bildet.
- Platzsparende Variante
- Bereits programmierte Funktionen, wie zum Beispiel das Öffnen und Schliessen, welche vom Hersteller bereitgestellt werden.
- Einfache Öffnungsbedienung, welche, ausser anzuhalten, keine Interaktion vom Mitarbeiter benötigt.

5.10.8.2 Nachteile

- Der Antrieb ist nicht variabel platzierbar, weil es vom Hersteller gewisse Vorschriften gibt.
- Die Komponente sind relativ schlecht witterungsbeständig, besonders kann es vorkommen, dass das Öffnungssystem bei starkem Schneefall keine genaue Aufnahme vom Nr.-Schild des Mitarbeiters machen kann.
- Die aufgeklebte Konsole kann durch die verschiedenen Wetterbedingungen abfallen.
- Sehr teure Komponente wie Kameras, VersaMatic.

5.10.9 Konzept 4

5.10.9.1 Vorteile

- Erprobter Antrieb, welcher öfters schon verwendet wurde.
- Bereits vorhandene Befestigungsart (Tragzapfen).
- Intuitive Sicherheitsvorschriften mit den Bodenmarkierungen.
- Bereits programmierte Funktionen, wie zum Beispiel das Öffnen und Schliessen, welche vom Hersteller bereitgestellt werden.
- Einfache Öffnungsbedienung, welche, ausser anzuhalten, keine Interaktion vom Mitarbeiter benötigt.
- Schnell reagierende Sensoren, welche den Gefahrenbereich absichern.
- Günstiger als andere Konzepte.
- Es ist bereits ein Zylinder vorhanden, welcher verwendet werden kann.

5.10.9.2 Nachteile

- Der Antrieb ist nicht variabel platzierbar, da es vom Hersteller gewisse Vorschriften gibt.
- Es kann mit der Zeit ein Wippen des Antriebshalter entstehen, weil es nur auf einem Befestigungspunkt angebracht ist und dabei eine höhere Gefahr der Kontaktkorrosion und der Schäden an dem Haltepfosten entstehen.
- Bei erhöhtem Schneefall könnte die Bodenmarkierung nicht mehr intuitiv erkennbar sein.

5.11 Entscheidung

Nach der Datenanalyse der Bewertungen und des Marktes und der Mitarbeiterumfrage wird das

Lösungskonzept 1 als Konzeptlösung auserwählt. Der Antrieb wird dabei eine Eigenentwicklung werden und muss im nächsten Kapitel konzipiert werden.

5.11.1 Randdaten

Entscheidung des Konzeptes:
Konzeptbewerter:
Hilfsbewerter:

22.09.20
Benjamin Djuric
Mitarbeiter de SA Luzern

6 Weiterentwicklung nach Konzeptentscheid

6.1.1 Auslegung der Teilfunktion 1

Die Auslegung der Teilfunktion 1 wird in folgende Kapitel unterteilt.

1. Drehpunktbestimmung, um den neuen separaten Pfosten zu platzieren.
2. Festigkeitsberechnungen inkl. CAD Zeichnungen
3. Festigkeitsberechnungen vom Antrieb und Halter
4. Konstruktion des Antriebs und der Halterung

6.1.2 Drehpunktbestimmung

Der Drehpunkt führt mit einem Meter Abstand vom Drehzapfen zum Haltepfosten.

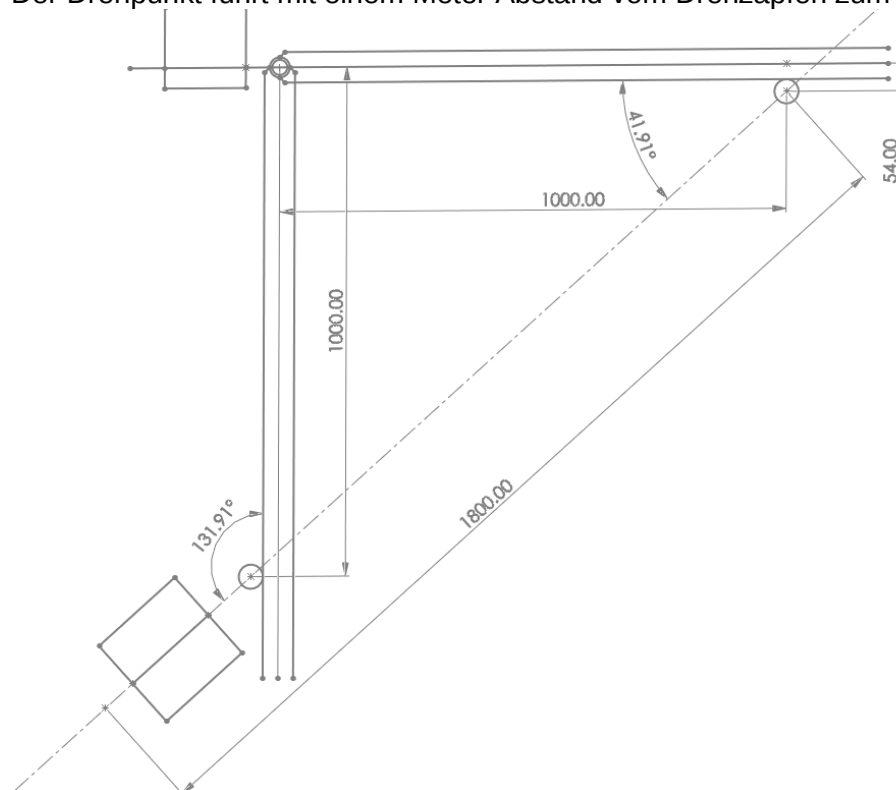


Abbildung 29: Drehpunktbestimmung

6.1.3 Nötiger Festigkeitsnachweis

Um die benötigte Kraft vom Antrieb zu berechnen wird das folgende Berechnungsschema verwendet.

1. Lagerkräfte am Tragzapfen
2. Benötigtes Quermoment am Tragzapfen
3. Benötigte Kraft am Verbindungspunkt zwischen Antrieb und Torsegment
4. Auslegung vom Verbindungspunkt
5. Auslegung der Zugstange

Nach diesen Schritten wird ein erster Konstruktionsschritt durchgeführt, um die weiteren Punkte zu berechnen.

6. Auslegung des Haltepfostens und Antrieb.
7. Benötigtes Drehmoment für den Antrieb

σ_{zul} wird mit einer Sicherheit von Faktor 0.6 gerechnet. $235 * 0.6 = 140 N/mm^2$

6.1.3.1 Lagerkräfte am Tragzapfen

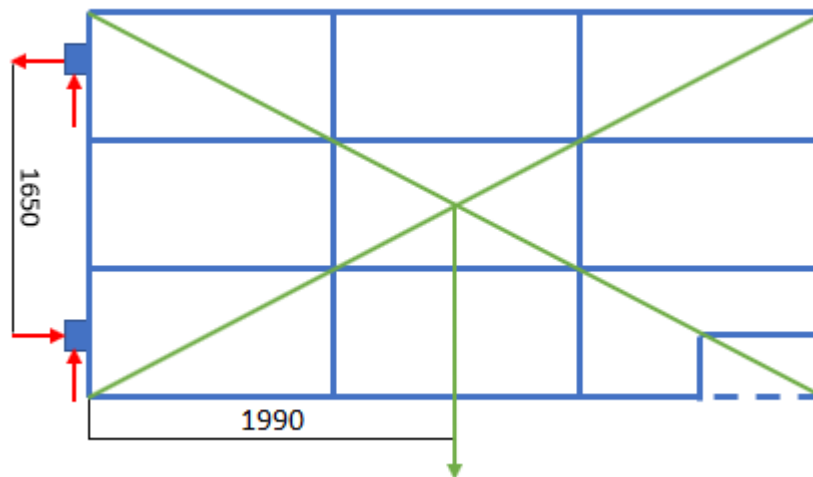


Abbildung 30: Lageplan Schwerpunkt 150 Kilogramm

Die Rote Pfeile sind Reaktionskräfte. Diese müssen mithilfe dieser drei Sätze erfüllt werden.

$$\sum F_{ix} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots + F_{ix} = 0$$

$$\sum F_{iy} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots + F_{iy} = 0$$

$$\sum M_{i(D)} = M_{1(D)} + M_{2(D)} + M_{3(D)} + \dots + M_{i(D)} = 0$$

Formel 5: Gleichgewichtsbedingungen

Freilegen der Kräfte.

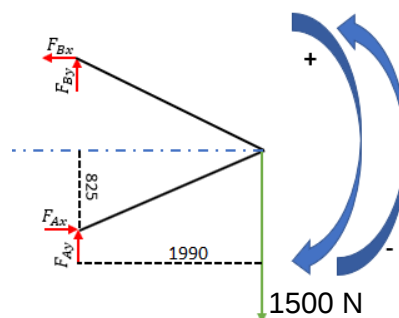


Abbildung 31: Freilegen der Kräfte

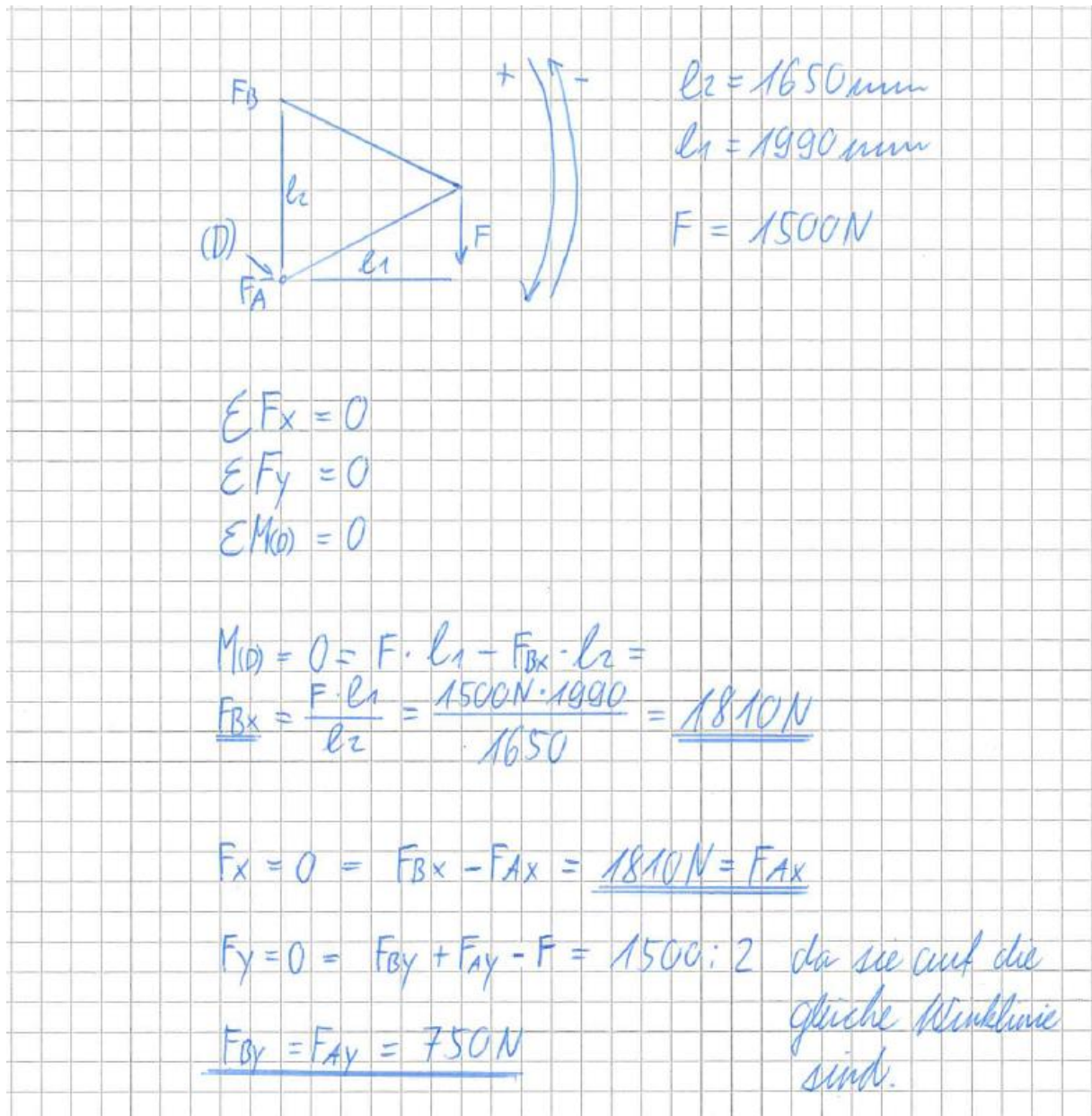


Abbildung 32: Berechnung Lagerkräfte

Somit ergeben die Lagerkräfte in X- und Y- Richtung

$$\begin{aligned}
 F_{Bx} &= \mathbf{1810 \text{ N}} \\
 F_{Ax} &= \mathbf{1810 \text{ N}} \\
 F_{By} &= \mathbf{750 \text{ N}} \\
 F_{Ay} &= \mathbf{750 \text{ N}}
 \end{aligned}$$

F_{By} und F_{Ay} sind auf der gleichen Wirklinie, dabei geht man von einer perfekten Auslastung der Drehzapfen in Y- Richtung aus.

6.1.3.2 Benötigtes Quermoment

Querlager (Tragzapfen)

mittlere Flächenpressung:

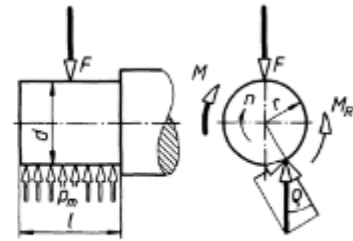
$$p_m = \frac{F}{dl}$$

Mit Zapfenreibungszahl μ , Zapfenradius r wird das Reibungsmoment:

$$M_R = F r \mu$$

Mit Winkelgeschwindigkeit $\omega = 2 \pi n$ oder mit Drehzahl n wird die Reibungsleistung:

$$P_R = M_R \omega = 2 F r \mu \pi n$$



Formel 6: Tragzapfen Quermoment

Um das nötige Drehmoment für den Antrieb zu berechnen, wird zuerst das nötige Drehmoment an den Tragzapfen berechnet. Dabei wird die blau markierte Formel verwendet und die Kräfte in X-Richtung der Lagerrechnung werden zu F.

Geg.:

$$F_{Bx} = 1810N ; F_{Ax} = 1810N ; \mu = 0.4 ; r = 0.015m$$

Ges.:

M = Das Gesamtmoment in Nm.

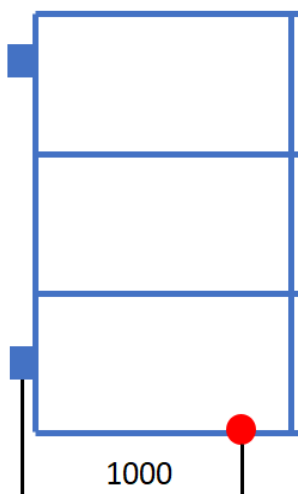
$M_{Gesamt} = F_{Bx} * \mu * r + F_{Ax} * \mu * r$	
• Rechnung	$1810N * 0.4 * 0.015m + 1810 * 0.4 * 0.015m = 21.72Nm$

Formel 7: Quermoment

Die Reibungszahl wurde als sehr schlecht eingestuft, da die Tragzapfen Rost beinhalten. Dabei ist man auf der sicheren Seite, dabei werden die Bedingungen als Perfekt angesehen.

6.1.3.3 Benötigte Kraft am Verbindungspunkt

Um den Antrieb zu Auslegen, wird die Kraft benötigt, welche in die Translatorische Richtung wirkt.



Geg.:

$$M = 21.72Nm ; L = 1m$$

Ges.:

F = Am Roten punkt

$F_{Rp} = \frac{M}{L}$	
• Rechnung	$\frac{21.72Nm}{1m} = 21.72 \text{ Newton}$

Formel 8: Kraftberechnung am Verbindungspunkt

Die benötigte Minimalkraft ist 22 Newton, was umgerechnet 2 Kilogramm bei einer linear konstanten, ruckelfreien Bewegung und perfekten Bedingungen der Atmosphäre entspricht. Aus diesem Grund wird dies auf **50 Newton** aufgerundet.

6.1.3.4 Auslegung des Verbindungspunkt

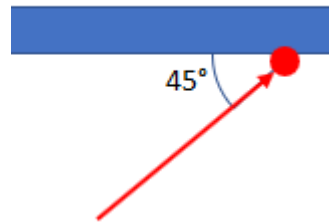


Abbildung 33: Lageplan Verbindungspunkt

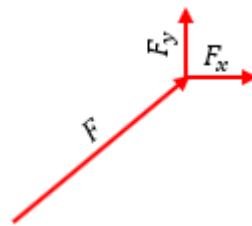


Abbildung 34: Kräfteplan Verbindungspunkt

Geg.:

$F = 50\text{Newton}$

Ges.:

$F_x = \text{in Newton}$; $F_y = \text{in Newton}$

$F_x = F * \cos(\alpha)$ $F_y = F * \sin(\alpha)$	
Rechnungen	$50N * \cos(42^\circ) = 36N$ $50N * \sin(42^\circ) = 36N$

Formel 9: Auslegung Verbindungspunkt

Nun können die erforderlichen Querschnitte in X- und Y- Richtung berechnet werden.

$A_{erf} = \frac{F_{max}}{\sigma_{zul}}$	
Rechnung	$\frac{36N * mm^2}{140N} = 0.26mm^2$
Der Erforderlicher Querschnitt wird in beiden Richtungen benötigt.	

Formel 10: Erforderlicher Querschnitt Verbindungspunkt

Die Berechnungen zeigen kaum Querschnitte auf, was auf eine Minimalbelastung aufweist, welches auf die Komponente wirkt.

6.1.3.5 Auslegung der Zugstange

erforderlicher
Querschnitt A_{erf}

$$A_{\text{erf}} = \frac{F_{\text{max}}}{\sigma_{\text{zul}}}$$

Bei Querschnittsänderungen gehört zum kleineren Querschnitt die größere Spannung und umgekehrt.

Formel 11: Erforderlicher Querschnitt

Geg.:

$$F_{\text{max}} = 50 \text{ N} ; \sigma_{\text{zul}} = 141 \text{ N/mm}^2$$

Ges.:

$$A_{\text{erf}} = \text{in mm}^2$$

$$\frac{50 \text{ N} * \text{mm}^2}{140 \text{ N}} = 0.36 \text{ mm}^2$$

Mit diesem Wert kann, die Zugstange nun konzipiert werden, dabei darf dieser Wert von 0.36 mm^2 nicht unterschritten werden!

6.1.4 Konstruktionen der Teilfunktion 1

Bei dieser Auslegung muss die Zeit, welche benötigt wird, um einen Schliess- oder Öffnungszyklus auszuführen, festgelegt werden. Des Weiteren muss auch die Antriebsart (Zahnstange, Stossstange oder ähnlich) festgelegt werden, wobei auch der Verbindungspunkt wichtig ist.

- Verbindungspunkt zwischen Antrieb und Torsegment.

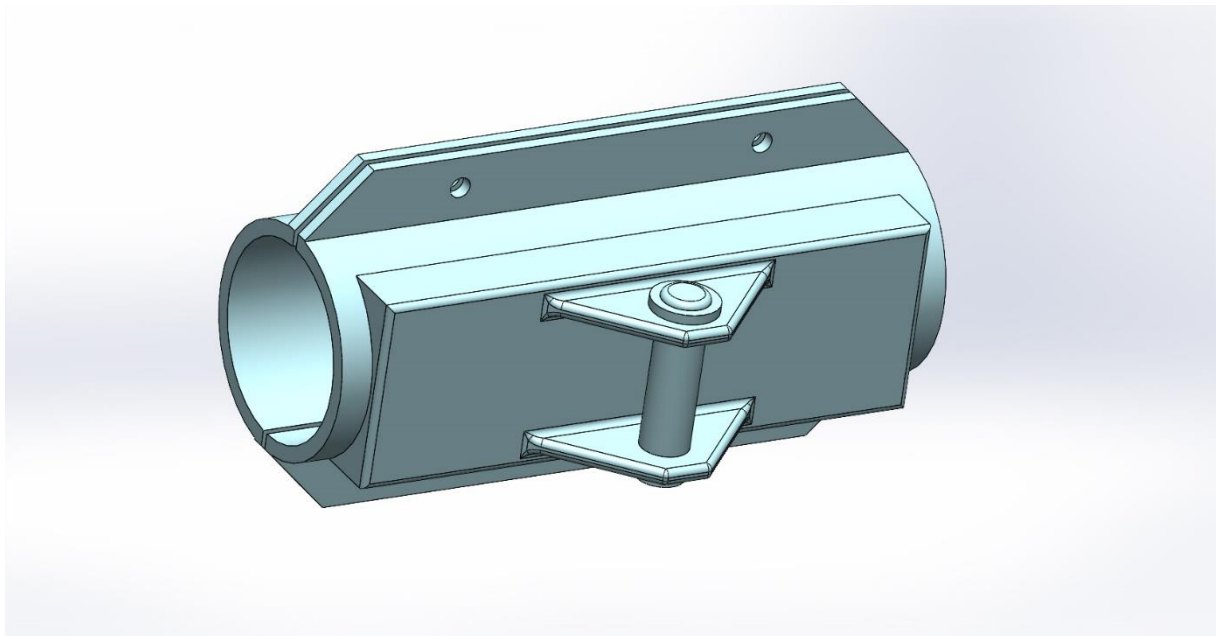


Abbildung 35: Verbindungspunkt CAD

- Wird an das Rohr geklemmt.
- Hat ein Zapfen welcher als Drehpunkt verwendet wird.

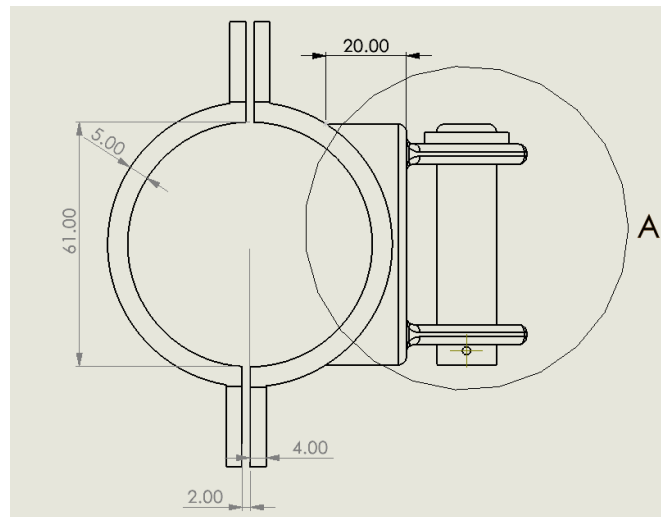


Abbildung 36: 2D Zeichnung Verbindungspunkt

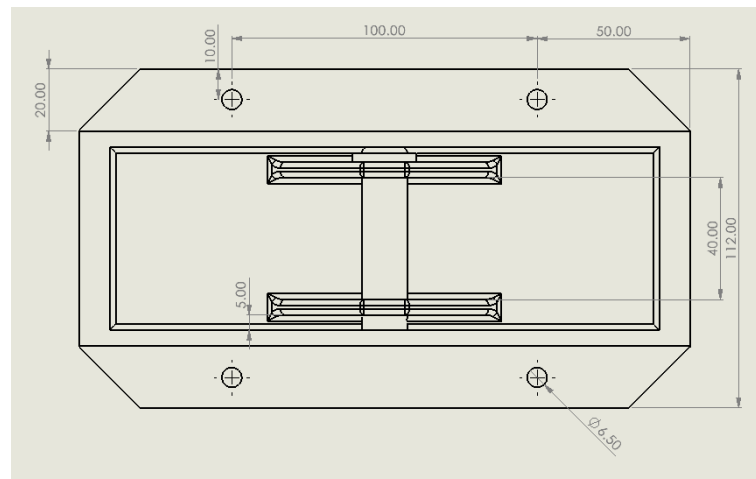


Abbildung 37: 2D Zeichnung Verbindungspunkt

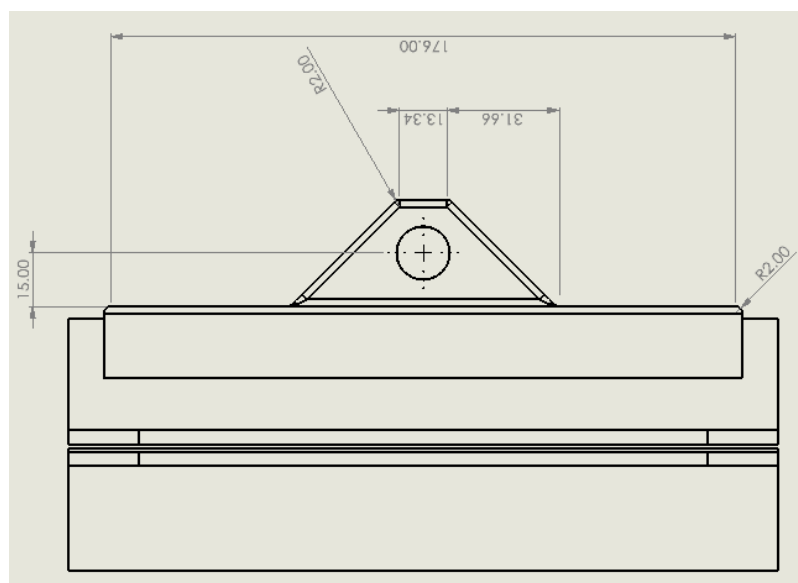


Abbildung 38: 2D Zeichnung Verbindungspunkt

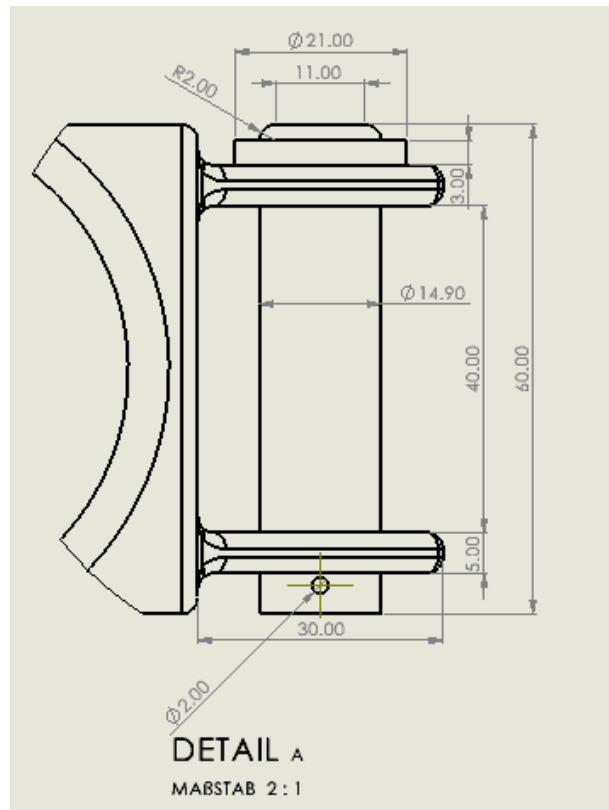


Abbildung 39: 2D Zeichnung Verbindungspunkt

Die 2D Zeichnungen zeigen das gesamte Produkt auf.

- Einzelteilzeichnungen und nötige Berechnungen.

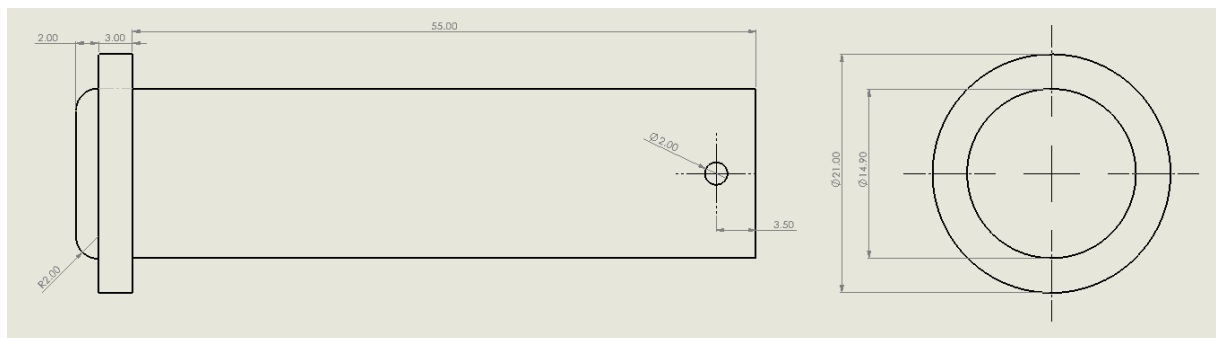


Abbildung 40: Einzelteil Bolzen

Der Bolzen besteht aus E355 Stahl, dieser eignet sich als Quersapfen.

$$F_{Vor} < F_{Maximal} = \sigma_{zul} * A_{Vor}$$

- Berechnung

Die Fläche wird mit dem Durchmesser 14.9mm errechnet

$$213 \frac{N}{mm^2} * 175 mm^2 = 37140 N > 50 N$$

Formel 12: Maximalen zulässige Kraft

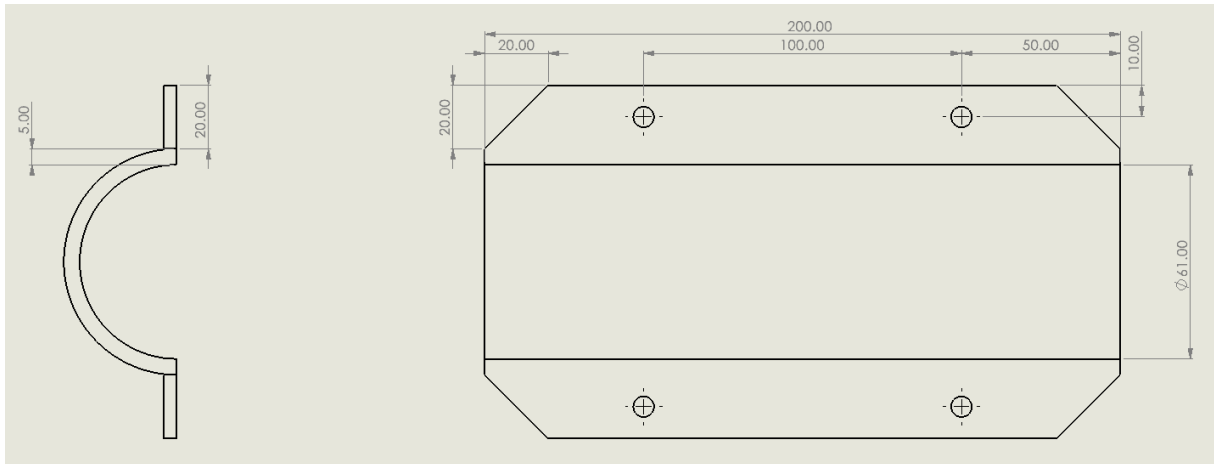


Abbildung 41: Einzelteil Klemmstück

Die Halter bestehen aus normalen S235 und wird jeweils mit vier M6 Schrauben festgeklemmt, dabei entsteht eine Klemmsitzverbindung.

Flächenpressung p
ebener Flächen

$$p = \frac{\text{Normalkraft } F_N}{\text{Berührungsfläche } A}$$

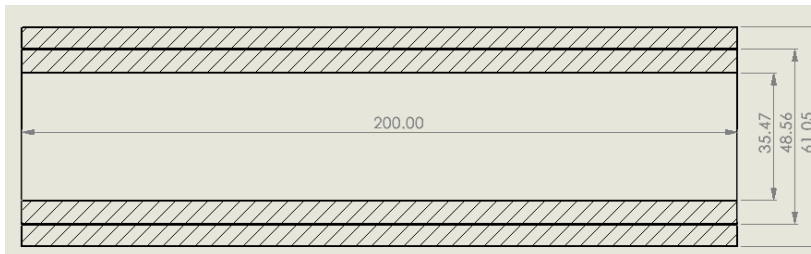
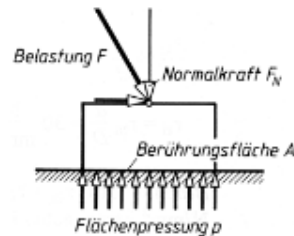


Abbildung 42: Darstellung der Pressungsfläche

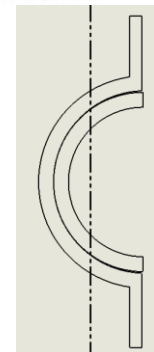


Abbildung 43: Schnitt der Kontaktflächen & Frontansicht

Gegeben:

$F = 50 \text{ N}$ (Formel 8)

A = ist in der Abbildung 43: Schnitt der Kontaktflächen & Frontansicht ersichtlich

$$p_{zul} = \frac{\sigma_{zul}}{2.5} = 94 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{zul} > p_{N\ddot{o}tig} = \frac{F_{Vor}}{A_{Vor}}$$

- Rechnung

$$\frac{50 \text{ N}}{49 \times 200} = 0.0051 \text{ N/mm}^2 < 94 \text{ N/mm}^2$$

➔ Dies zeigt eine sehr kleine Flächenpressung auf, welche benötigt wird.

Formel 13: Flächenpressung

Da es nicht ein hohes Drehmoment benötigt (an den Schrauben), um die benötigte Flächenpressung zu erreichen, werden keine weiteren Berechnungen benötigt. Die vier M6 Schrauben (Festigkeitsklasse 10.9) werden mit 15Nm angezogen (Erfahrungswert).

2

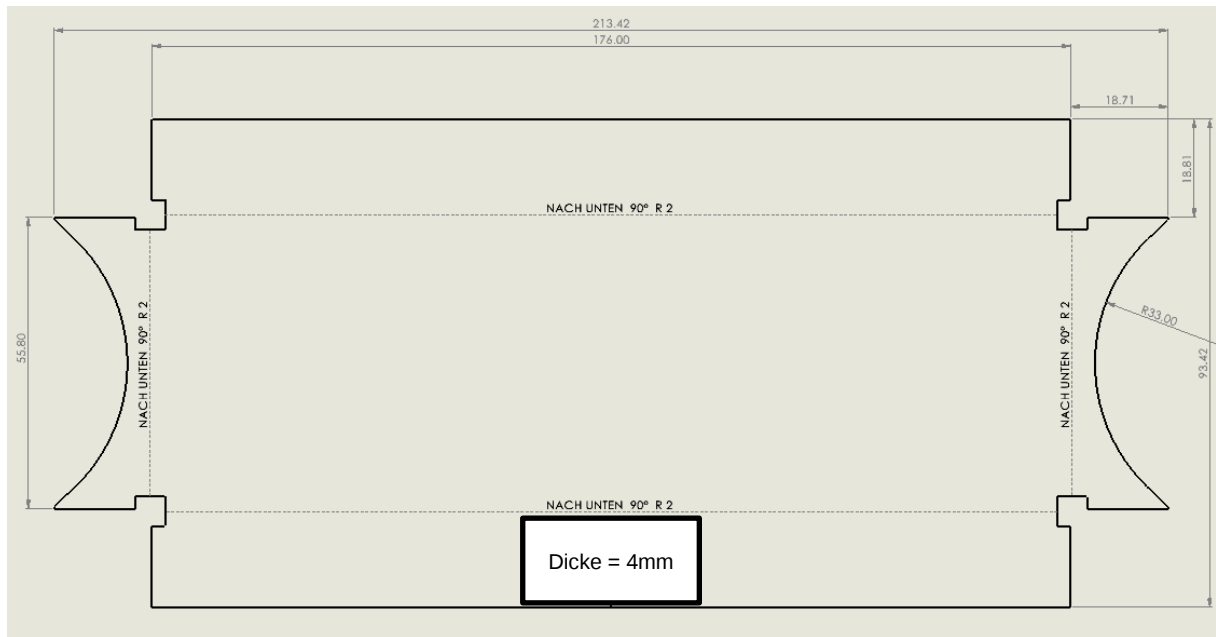


Abbildung 44: Abwicklung

Das Blech wird an den Ecken verschweisst und es besteht aus normalen Baustahl (S235). Hier muss nichts nachgerechnet werden, da das CAD selbstständig die Biegekanten berechnet.

Schweissverfahren:

EN ISO 4063: Prozess 135

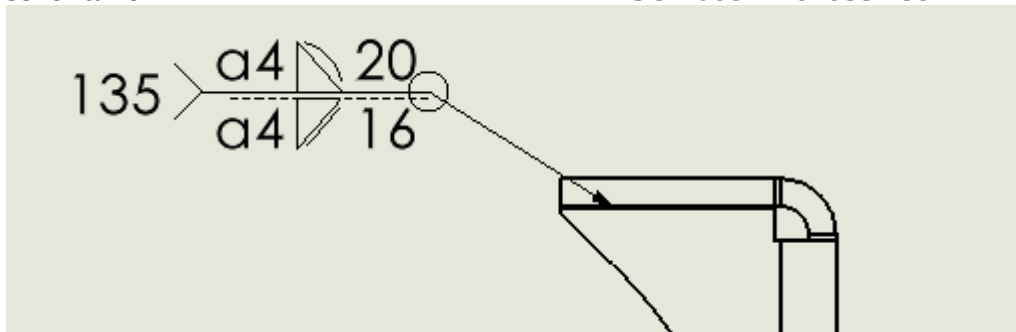


Abbildung 45: Schweissnahtbezeichnung

Die Schweissnähte müssen, komplett rundherum ab geschweisst werden. Auf die Konsole werden noch die Befestigung Winkel angeschweisst, welche den Querzapfen halten.

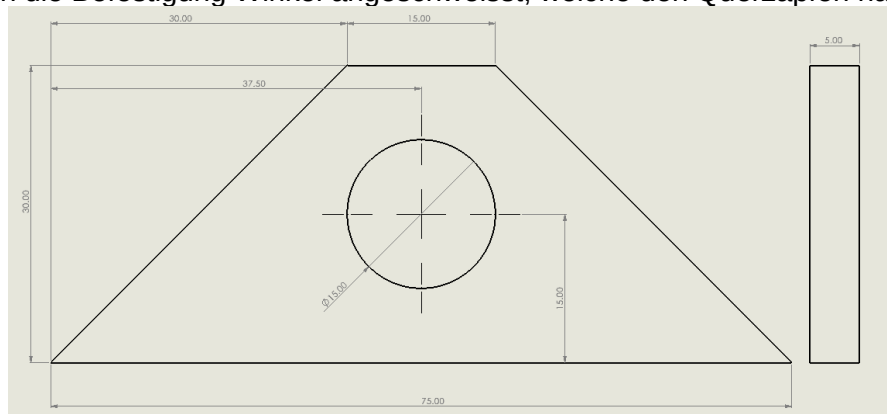


Abbildung 46: Befestigungswinkel

- Festigkeitsnachweis des Befestigungsnachweis

Geg.:

F = 50 N (Formel 8: Kraftberechnung am Verbindungspunkt)

A = 150 mm² mithilfe der Abbildung 47

$$\sigma_{Zul} > \sigma_{vor} = \frac{F_{vor}}{A_{vor}}$$

- Rechnung

$$\frac{50N}{2(15 \cdot 5)mm} = 0.66667N/mm^2 < 140N/mm^2$$

Formel 14: Festigkeitsnachweis Befestigungswinkel

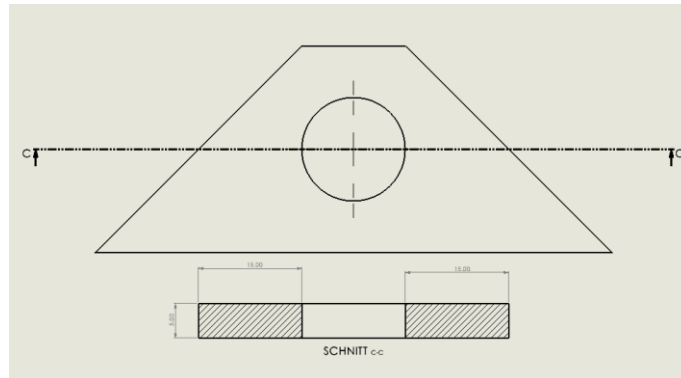


Abbildung 47: Querschnittsfläche Befestigungswinkel

Schweisstellen des Verbindungspunktes, dabei müssen alle Schweissnähte Kerben los verschweisst werden und Einzelteile werden ignoriert.

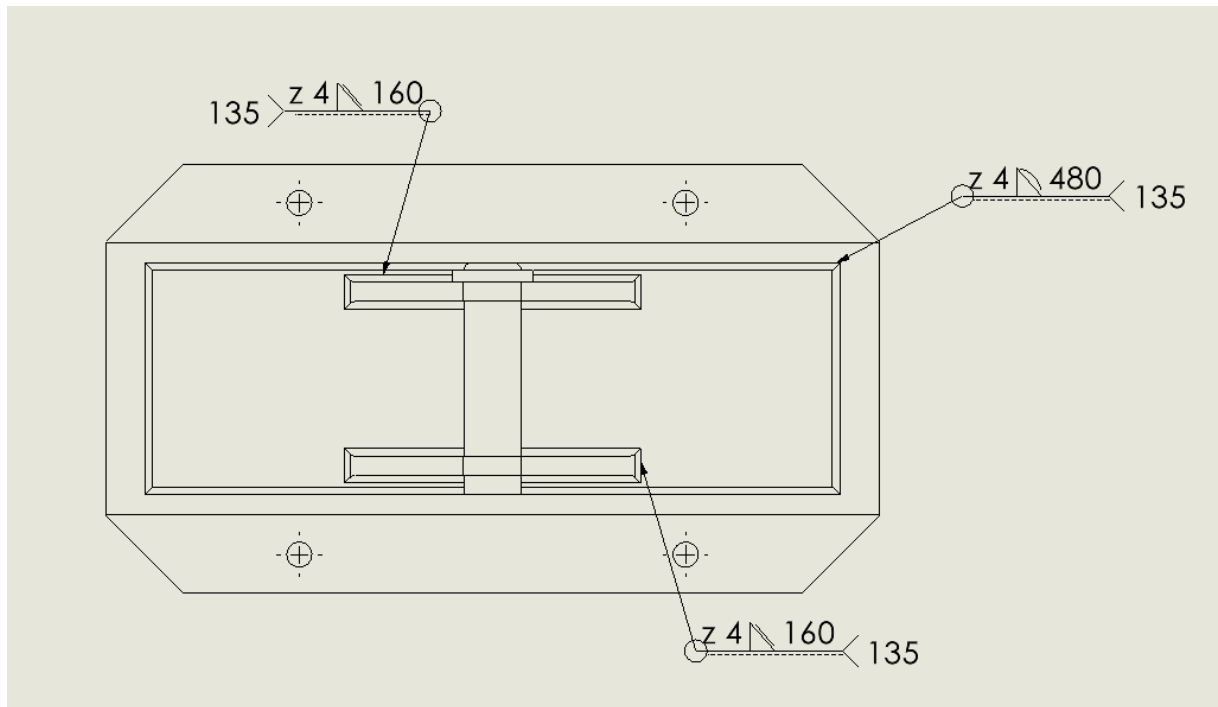


Abbildung 48: Schweissungen

- Zugstange

Die Zug- und Druckstange ist für die Bewegung des Torsegments zuständig.

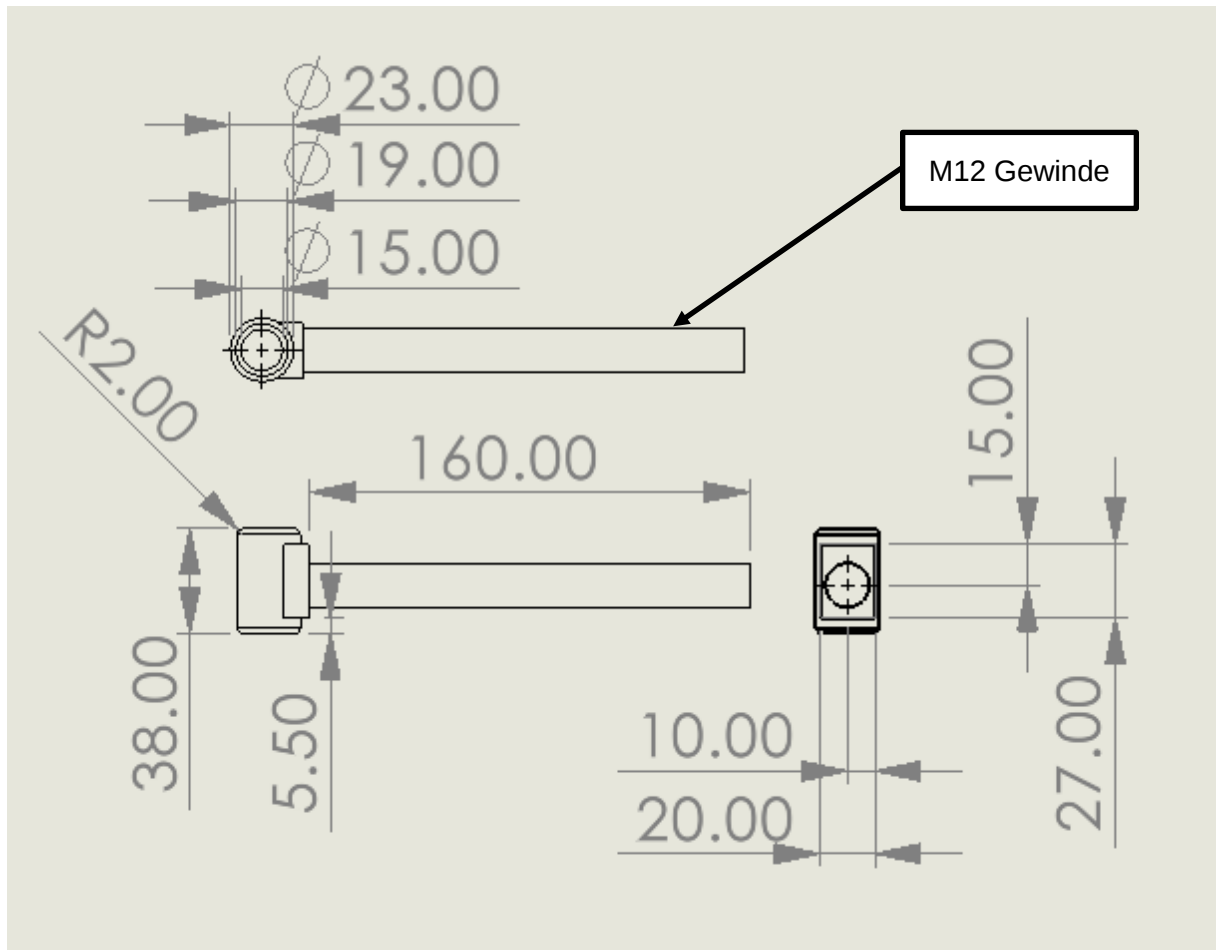


Abbildung 49: Verbindungsstück

Die Verbindung zwischen den Verbindungspunkt und der Zug- und Druckstange wird mit einem Querzapfen, welcher durch eine Stahlhülse durchgesteckt wird, des Weiteren wird eine Gewindestange implementiert, damit die Distanz per Kontermutter eingestellt werden kann.

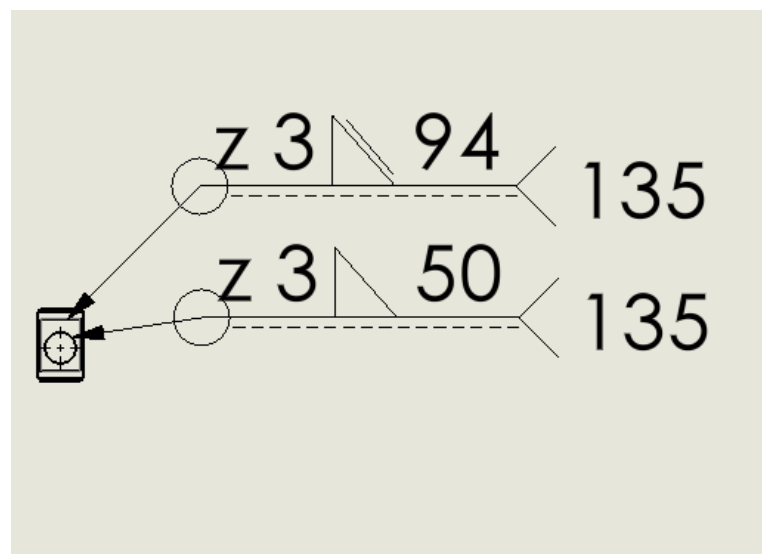


Abbildung 50: Schweissnaht Bezeichnungen

Die Stange besteht aus einer Zahnstange mit der Modulgrösse von 2mm. Die gesamte Länge beträgt 1600mm und eine Breite von 20mm und höhe von 27mm.

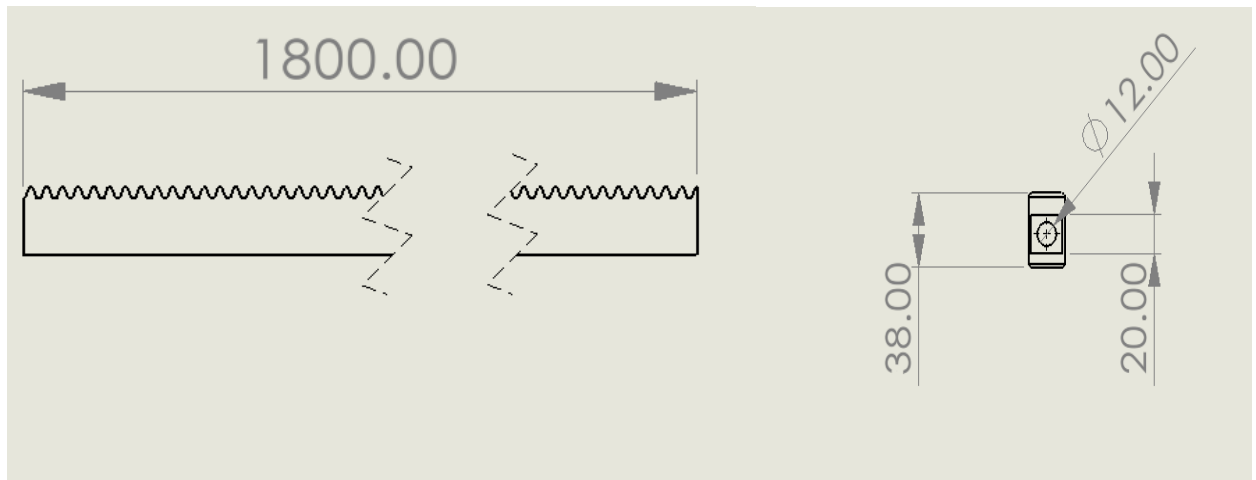


Abbildung 51: Zahnstange

Festigkeitsnachweis der Zugstange

Gegeben:

$$A = 250\text{mm}^2$$

$$F = 50\text{ N}$$

$\sigma_{Zul} > \sigma_{vor} = \frac{F_{vor}}{A_{vor}}$	
• Rechnung	$\frac{50\text{N}}{250\text{mm}^2} = \frac{0.2\text{N}}{\text{mm}^2} < \frac{140\text{N}}{\text{mm}^2}$

Formel 15: Festigkeitsnachweis Zahnstange

Dies zeigt auf, dass die schwächste Stelle die Zug- und Druckkräfte aufnehmen kann.

6.1.4.1 Auslegung des Antriebs und dessen Halterung

Die Halterung des Antriebs muss beweglich sein, somit kann man Beispielsweise mit einem Radiallager dies gewährleistet werden. Des Weiteren muss die benötigte Öffnungszeit festgelegt werden.

- Geschwindigkeit beim Öffnen (aus der **Anforderungsliste**)

Geg.:

S = 1.5 Meter ; t = 5s, 7s, 10s ; a(t) = 1s Beschleunigung, 1s Verzögerung

Ges.:

v(t) = in Sekunden ; a(v) = in m/s²

Die Berechnungen werden mithilfe der Solve-Funktion des Taschenrechners (TI-nspire CX).

$\text{Solve}\left(\frac{a(t) * v}{2} + v * t_{3,5,8} * \frac{a(t) * v}{2} = s\right), v$	
Bei einer Öffnungszeit von 5s	$v(3) = \frac{m}{4 * t}$
Bei einer Öffnungszeit von 7s	$v(5) = \frac{m}{6 * t}$
Bei einer Öffnungszeit von 10s	$v(8) = \frac{m}{9 * t}$
➔ Jetzt wird dies in einem Excel übertragen, um es besser darzustellen.	

Formel 16: Geschwindigkeitsberechnung

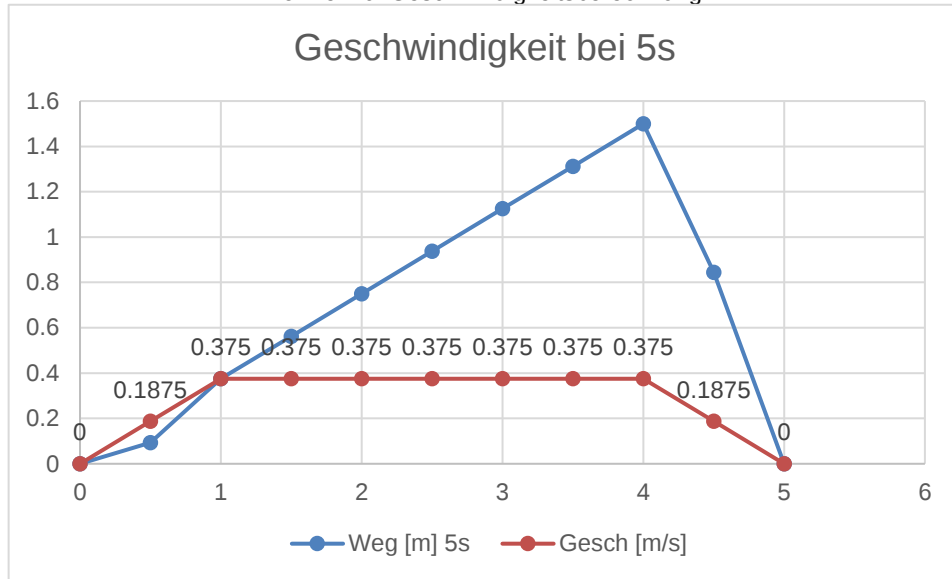


Diagramm 8: Geschwindigkeit bei 5s

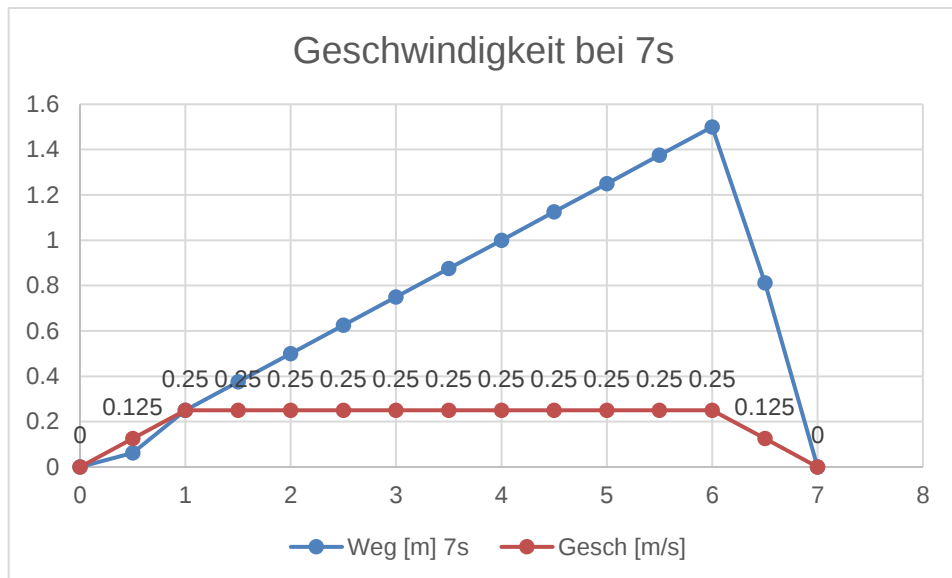


Diagramm 9: Geschwindigkeit bei 7

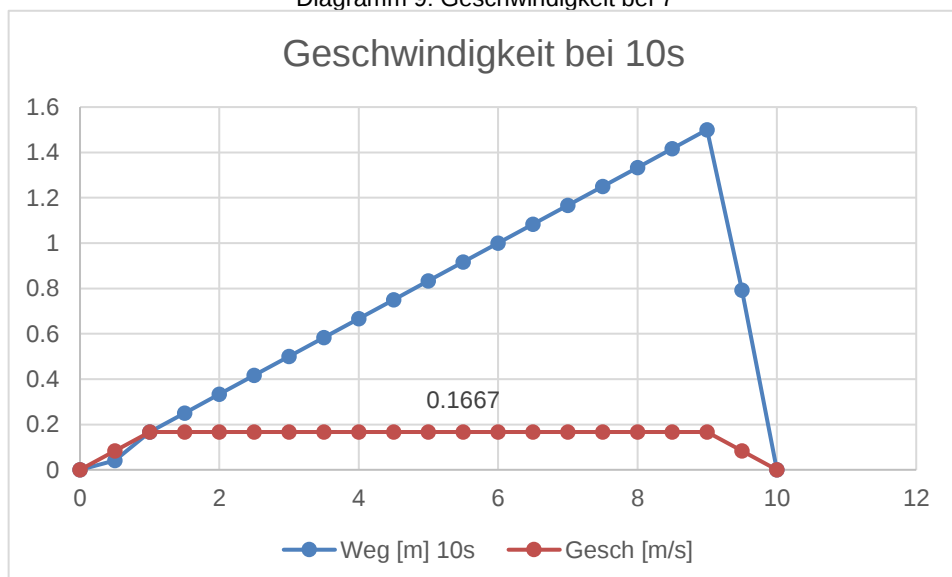


Diagramm 10: Geschwindigkeit bei 10s

- Die Konstante Mechanische Leistung.

$P_n = F * v$		
Rechnungen		
Öffnungszeit 5s	$50N * \frac{0.375m}{s}$	$= 18.75W$
Öffnungszeit 7s	$50N * \frac{0.1667m}{s}$	$= 12.5W$
Öffnungszeit 10s	$50N * \frac{0.1111m}{s}$	$= 8.333W$

Formel 17: Benötigte Leistung

Um das Moment vom Zahnrad am Teilkreis zu berechnen, wird die nötige Umdrehungen pro Sekunden benötigt. Der Wirkungsgrad wird vernachlässigt, da es kaum einen Unterschied macht. Der Radius vom Zahnrad ist 14mm.

- Umdrehungen pro Sekunde

$n = \frac{L}{2 * r * \pi * t}$		
Rechnungen		
Bei 5s	$\frac{1500mm}{2*14mm*\pi*5s}$	$= 3.41^{-1}$
Bei 7s	$\frac{1500mm}{2*14mm*\pi*7s}$	$= 2.43^{-2}$
Bei 10s	$\frac{1500mm}{2*14mm*\pi*10s}$	$= 1.71^{-1}$

Formel 18: Umdrehungen pro Minute

Geg.:

$D_{Tk} = 28mm$; $P_{5,7,10}$ = siehe Rechnung ; $L_{zahnstange} = 1500mm$

Ges.:

M_T = in Nm

$M_T = 9.55 * 10^6 * \left(\frac{P_{inKw}}{n_{ProMin}} \right)$		
Rechnung		
Bei 5s	$9.55 * 10^6 * \frac{18.75*10^{-3}}{3.41*60}$	$= 875Nmm$
Bei 7s	$9.55 * 10^6 * \frac{12.5*10^{-3}}{2.43*60}$	$= 820Nmm$
Bei 10s	$9.55 * 10^6 * \frac{8.333*10^{-3}}{1.71*60}$	$= 776Nmm$

Formel 19: Drehmoment vom Zahnrad am Teilkreis

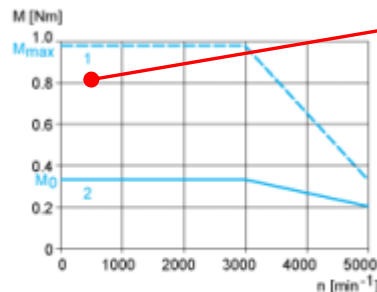
Mit diesen benötigten Drehmomenten kann der Elektromotor ausgewählt werden. Dabei sucht man jetzt einen Elektromotor, welcher den höchst Benötigten Drehmoment erfüllt. In diesem Fall muss der Antrieb, beim Zahnrad Teilkreisdurchmesser 0.875Nm erfüllen.

- **Auswahl des Antriebs**

Mit den Berechneten Werten, kann der Motor ausgewählt werden, dabei fiel die Wahl auf den Motor BCH2MB0133CA5C der Firma Schneider Electric. Dieser Servomotor eignet sich perfekt für die Aufgabe. Dieser besitzt einen präzisen Drehzahlregler und funktioniert in beide Richtungen.

Link zum Antrieb: [Hier](#)

Servomotor mit Servoantrieb LXM28AU01M



• Drehmoment welches benötigt wird

Zahlenwerte;

- Drehmoment = 0,875Nm
- Umdrehungen = 204,6^{1/min}

1: Spitzendrehmoment
2: Dauerdrehmoment

Abbildung 52: Drehmomententabelle Motor

Mit dem Ausgewählten Motor, kann die Halterung konstruiert werden inkl. Der Pfosten, welcher neu platziert wird.

- Halterung des Motors und Befestigung zum Pfosten.

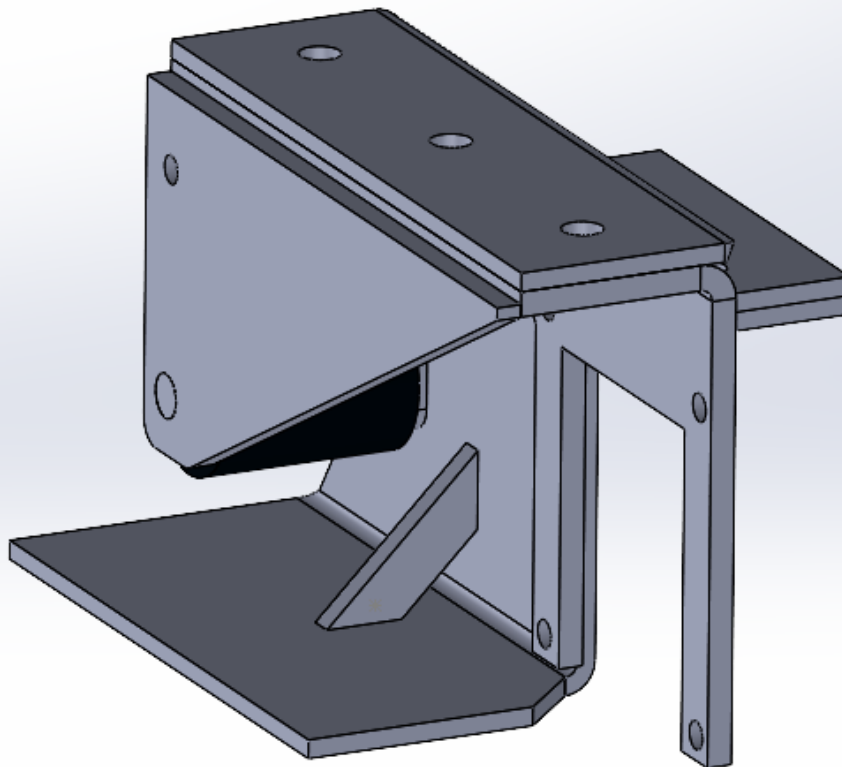


Abbildung 53: 3D CAD Zeichnung Halterung

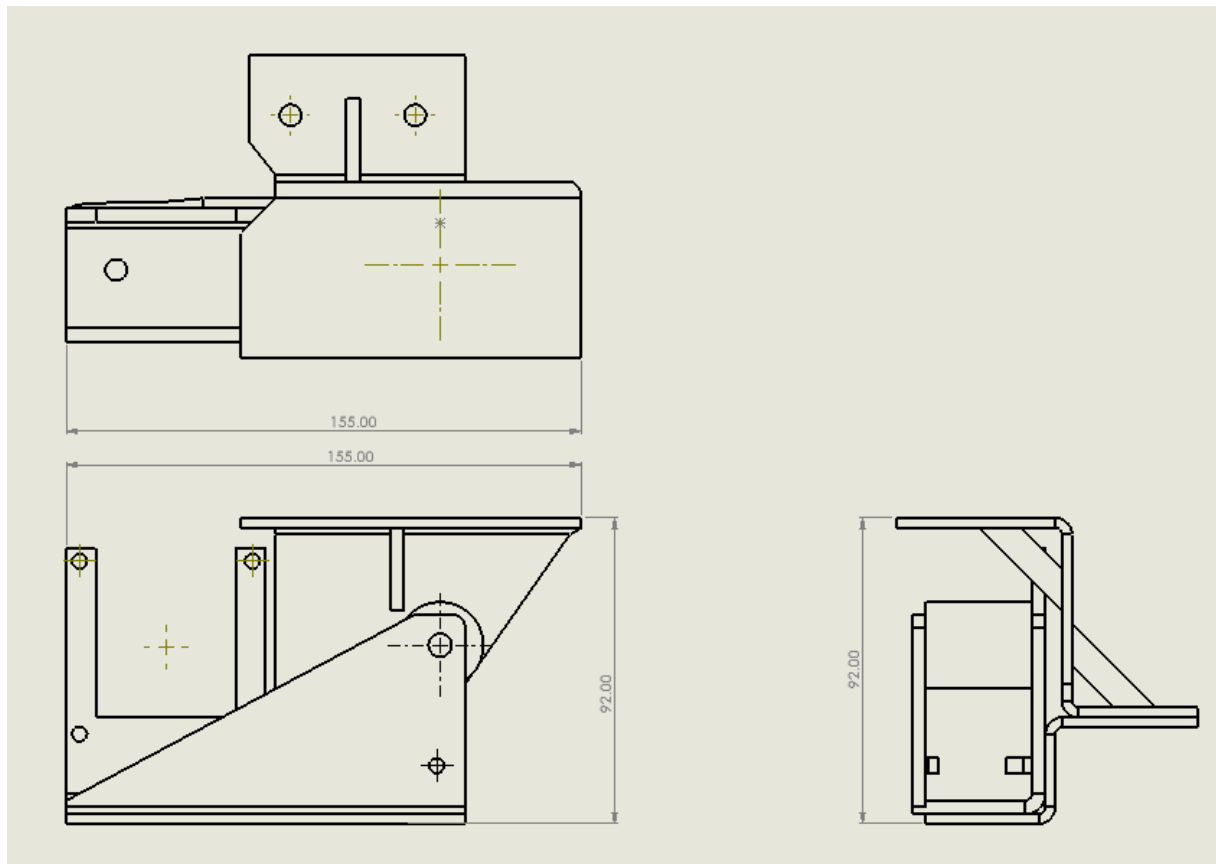


Abbildung 54: 2D Zeichnungen Halter

Die wirkenden Kräfte auf den Halter des Motors sind so gering, dass es nicht nötig ist Festigkeitsberechnungen durchzuführen. Des Weiteren wird noch über die ganze Halterung eine Abdeckung kommen, das Material muss möglichst korrosionsfest sein. Die Hauptbestandteile bestehen aus drei Abkantblechen.

- Zahnrad

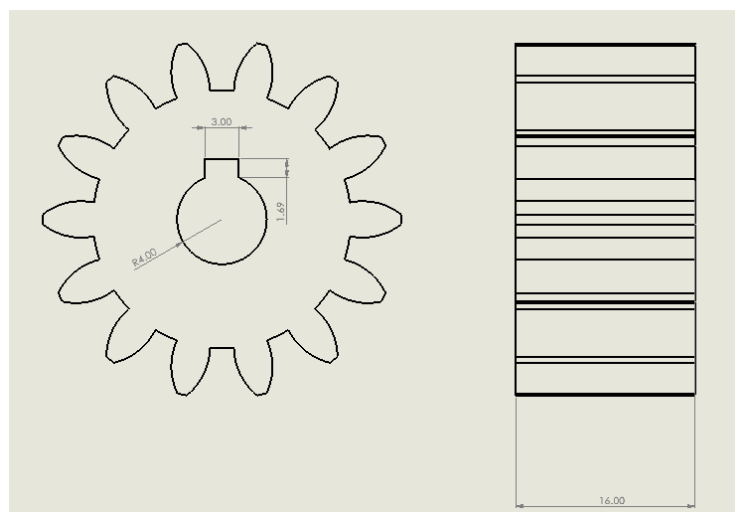


Tabelle 25: Abkantblech Motorenhalter

- Peripherien am Halter

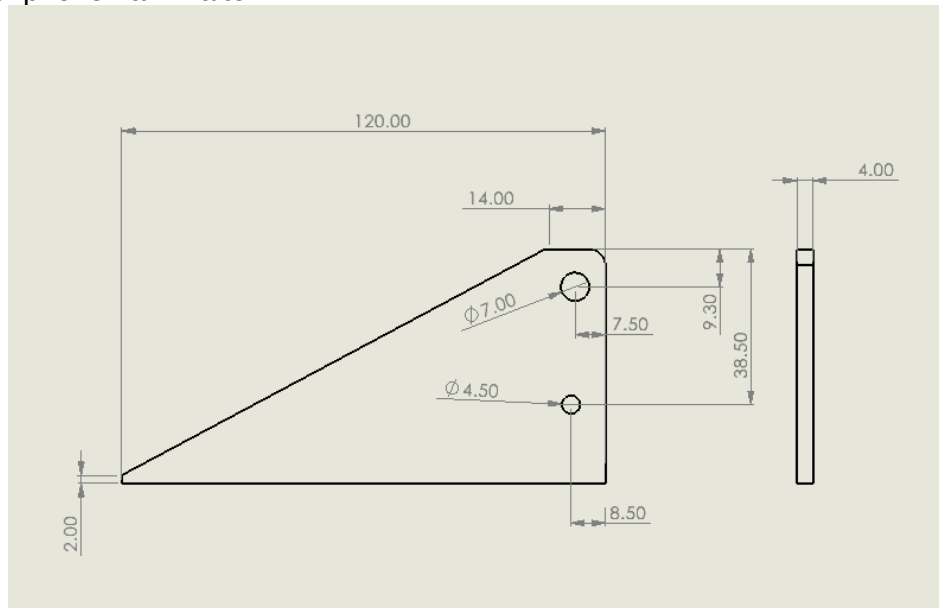
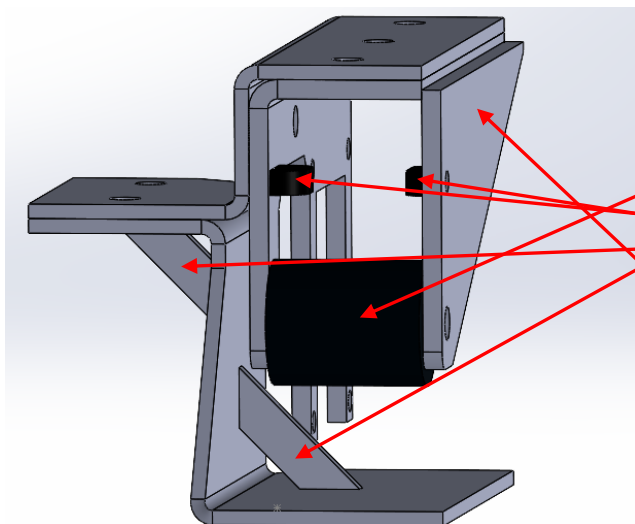


Abbildung 55: Halter



Dieser wird an den dritten Abkantblech angeschweisst.

Leerlaufrolle
Zentrierer der Zahnstange
Spickel auch geschweisst.
Halter welcher Angeschweisst wird

Die Position der Schweiss Spickel wird per 2D Zeichnungen angegeben.

Spickel Dimensionen sind 25mm x 25mm und der ausschnitt ist 12.5mm x 12.5mm.

Abbildung 56: Peripherien Halter

	Die rote Linie ist aufgerundet 35mm.
	Die rote Linie ist 31.75mm.

Tabelle 26: Dimensionen Spickel Platzierung

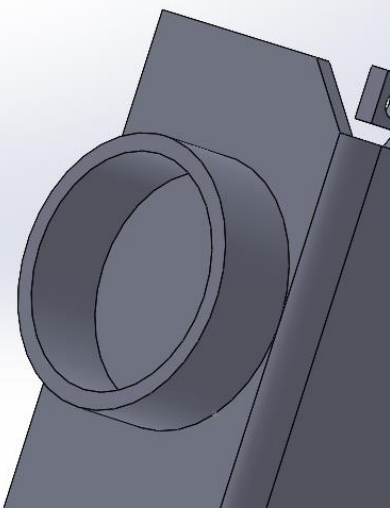
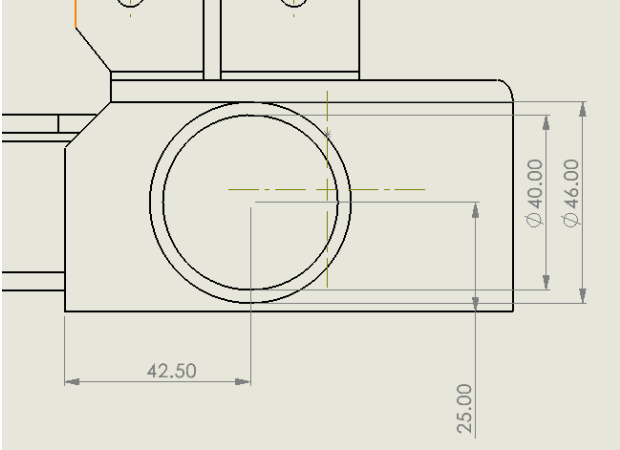
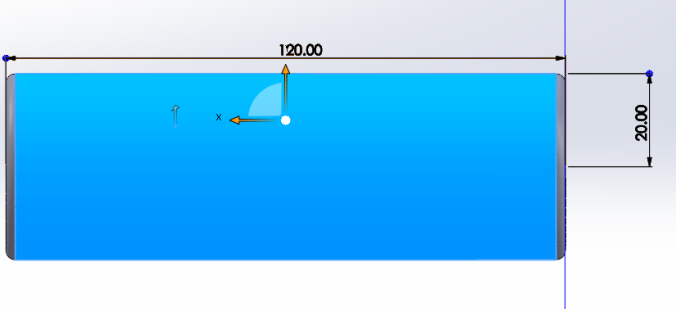
	Auf den Unterteil vom abkantblech, wird ein Kreisring angeschweisst. Dieser wird als Zentrierung benötigt, danach wird der Zapfen, welcher die Bewegungsbefestigung vom Antriebshalter und Pfosten ist.
	
	Zapfen, welcher als Rotationszapfen verwendet wird.

Tabelle 27: Rotationszapfen

Das Material, welches verwendet werden muss, ist normaler Chromnickelstahl, da es Korrosionsfest ist. Des Weiteren werden nun alle Zeichnungen in eine Baugruppe zusammengeführt.

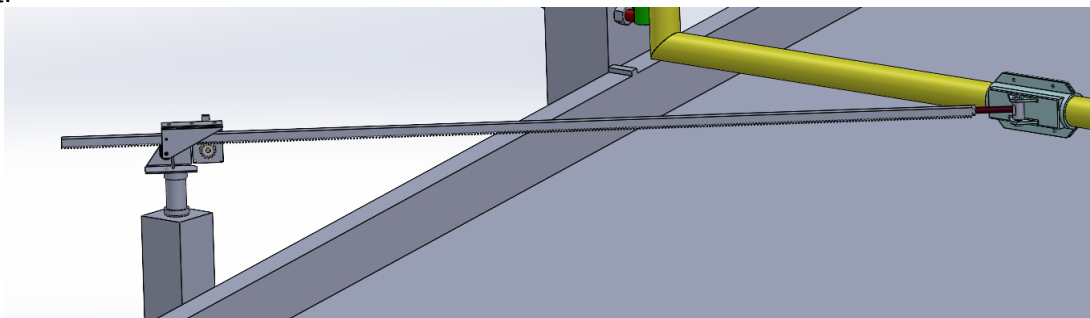


Abbildung 57: Teilfunktion 1 Baugruppe

6.2 Auslegung der Teilfunktion 2

Das Auslegen der Teilfunktion 2, wird von einer anderen Firma durchgeführt, da es auf dem Firmengelände schon ein Sicherheitssystem gibt, welches die Eingänge ins Bürogebäude und in der Service Anlage absichert, diese verfügen auch über Intervention Systeme, welche im Notfall praxiserprobt sind.

6.2.1 Partnerfirma

Die Partnerfirma welche das ZUKO (Zutritt Kontrolle)-System eingebaut hat, ist die Firma Securiton AG in Basel. Weiterhin habe ich noch mit dem Fachleiter Gebäudesicherheit Rolf Gspurning Rolf Kontakt aufgenommen. Er hat mir empfohlen Kontakt mit dem Herren Antonio Bova aufzunehmen und die Möglichkeit das ZUKO System in der Diplomarbeit zu implementieren.

Herren Antonio Bova, wurde per Mail ein Anhang gesendet, welches folgende Daten beinhaltet:

- **Lageplan Service-Anlage**

Beim Lageplan der Service Anlage, sollen die nötigen Kabellängen und die nächste Centrale des ZUKO Systems verbildlicht werden.

- **Anforderungen Securiton AG**

Die Anforderungsliste, welche auch im Anhang war, dient als Leitbild, was die Firma Securiton AG alles erfüllen muss bevor Sie mit einem Gegenvorschlag kommen.

- **Ansprechpartner**

Die Ansprechpartner für diese Teilfunktion sollen eine unkomplizierte Kommunikation zwischen SBB, Securiton und dem Diplomanden gewährleisten.

Securiton AG:

Antonio Bova
Techniker ZUKO

SBB AG:

Rolf Gspurning
Leiter Gebäudesicherheit

- **CAD Zeichnungen**

Mit den CAD Zeichnungen wird eine erste Version des möglichen Patch-scanners inklusive Pfosten aufzeigen, dieser kann, wenn benötigt, noch immer angepasst werden.

- **Öffnungssystem von innen nach aussen**

Das Öffnungssystem von innen nach aussen, wird durch einen Pfosten mit einem Knopf gewährt, welcher das Tor öffnet.

- **Randdaten**

Mail gesendet:

1.10.2020

Antwort:

noch offen

6.2.2 Anforderungen Securiton

Die Anforderungsliste inkl. Verschiedene Zeichnungen welche an die Firma Securiton gesendet wurde, um die potenzielle Benutzung Ihres ZUKO Systems abzuklären.

6.2.3 Lageplan Service-Anlage

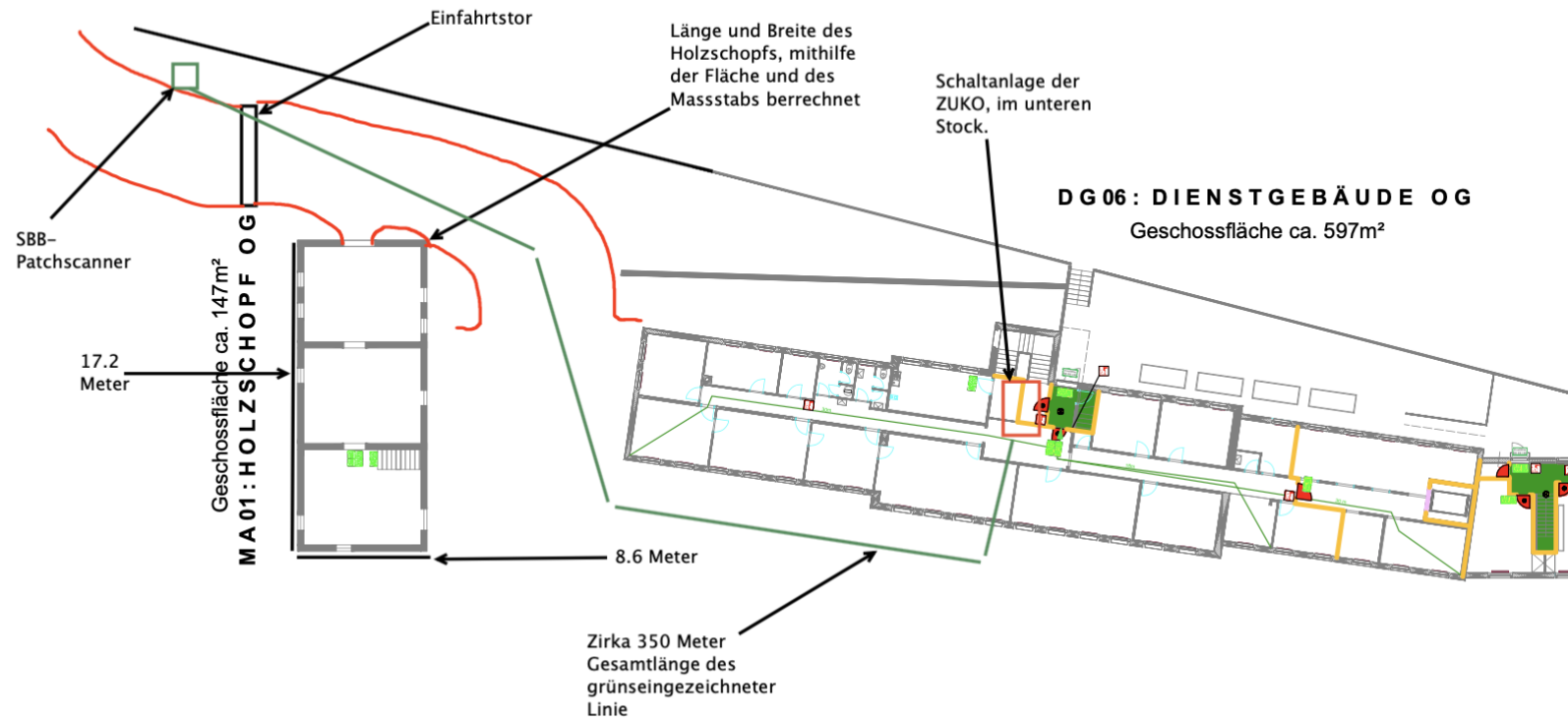


Abbildung 58: Lageplan für Securiton

6.2.4 Anforderungsliste Securiton

Diese Anforderungen müssen nach Möglichkeiten erfüllt werden.

			Anforderungsliste	Diplomarbeit Benjamin Djuric		
Schweizerische Fachschule TEKO			ZUKO für Einfahrtstor	F = Festanforderung W = Wunsch M = Mindestforderung P = Prinzip		
Nr.	Erfüllung	Prozess	Beschreibung	Mindest - Erfüllung	Ideal - Erfüllung	Einheit
			<u>Anforderungen</u>			
1	Möglich?	F	Das Tor muss währen den Wochentagen Mo- bis Fr- offen sein von 07:00 bis 17:45, ausserhalb der Stosszeiten muss das ZUKO aktiviert werden	07:00 - 17:45	07:00 - 17:45	Uhrzeit
2	Möglich?	P	Öffnung von Innen - innen nach aussen muss das Tor öffnen ohne Sicherheitskontrolle (SBB-Patch)			
3	Möglich?	P	Kabelführung - Möglichst einfach			
4	Möglich?	P	Intervention - Per Schlüsseldrehen, welches das ZUKO deaktiviert und das Tor öffnet			
5	Möglich?	F	Sensoren - nach dem Öffnungszyklus wieder aktivieren der Sensoren	Rollhebel sensor	Lichtschränke	Volt

Abbildung 59: Anforderungen Securiton

F = Festforderung: (Muss unbedingt erfüllt werden, andernfalls ist das Produkt für die gestellte Aufgabe untauglich.)	M = Mindestforderung: (Dürfen nach der günstigen Seite hin unterschritten oder überschritten werden.)	W = Wunsch: (Sollten nach Möglichkeit berücksichtigt werden. Ev. mit Zugeständnis, dass ein begrenzter Mehraufwand zulässig ist.)
P = Prinzip (Es muss nach diesem Prinzip ausgeführt werden, ansonsten ist es nicht zulässig)		

Tabelle 28: Erklärungen der Variablen

6.2.5 CAD Zeichnungen

Die CAD- Zeichnungen, welche das Verständnis zwischen der Firma Securiton und den Diplomanden gewährleisten. Alle Komponente können noch angepasst werden.

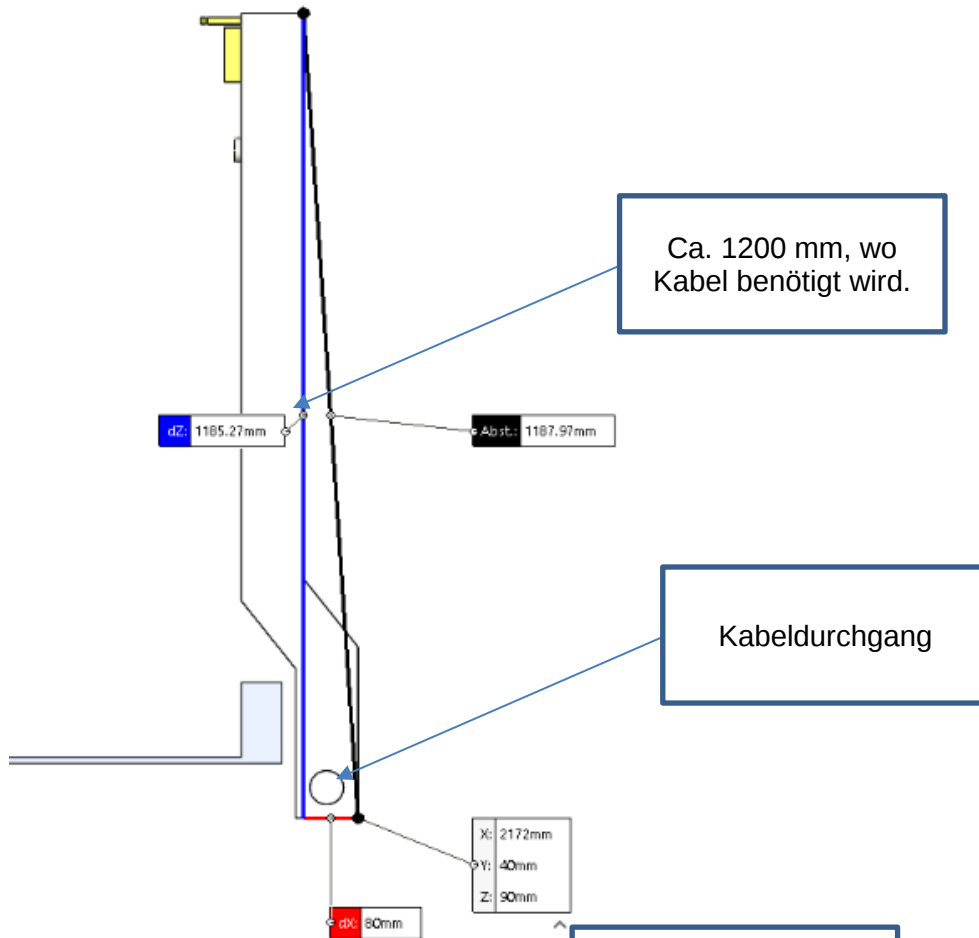


Abbildung 60: 2D Ansicht Scanner Pfosten

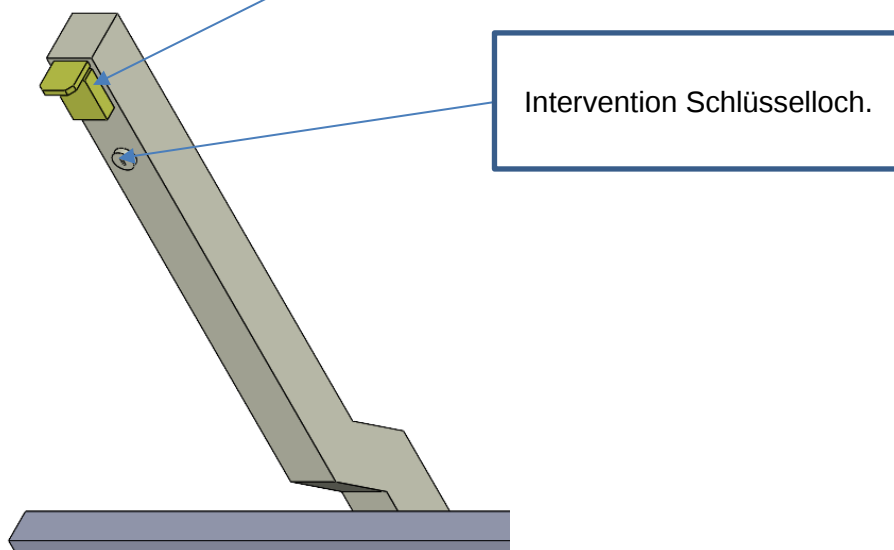


Abbildung 61: Scanner Pfosten

6.2.6 Öffnungssystem von innen

Damit auch Personen, welche Bauarbeiten oder ähnliches, rauskommen aus dem Firmengelände. Wird ein Pfosten mit einem Knopf (ähnlich wie Scanner Pfosten) bereitgestellt.

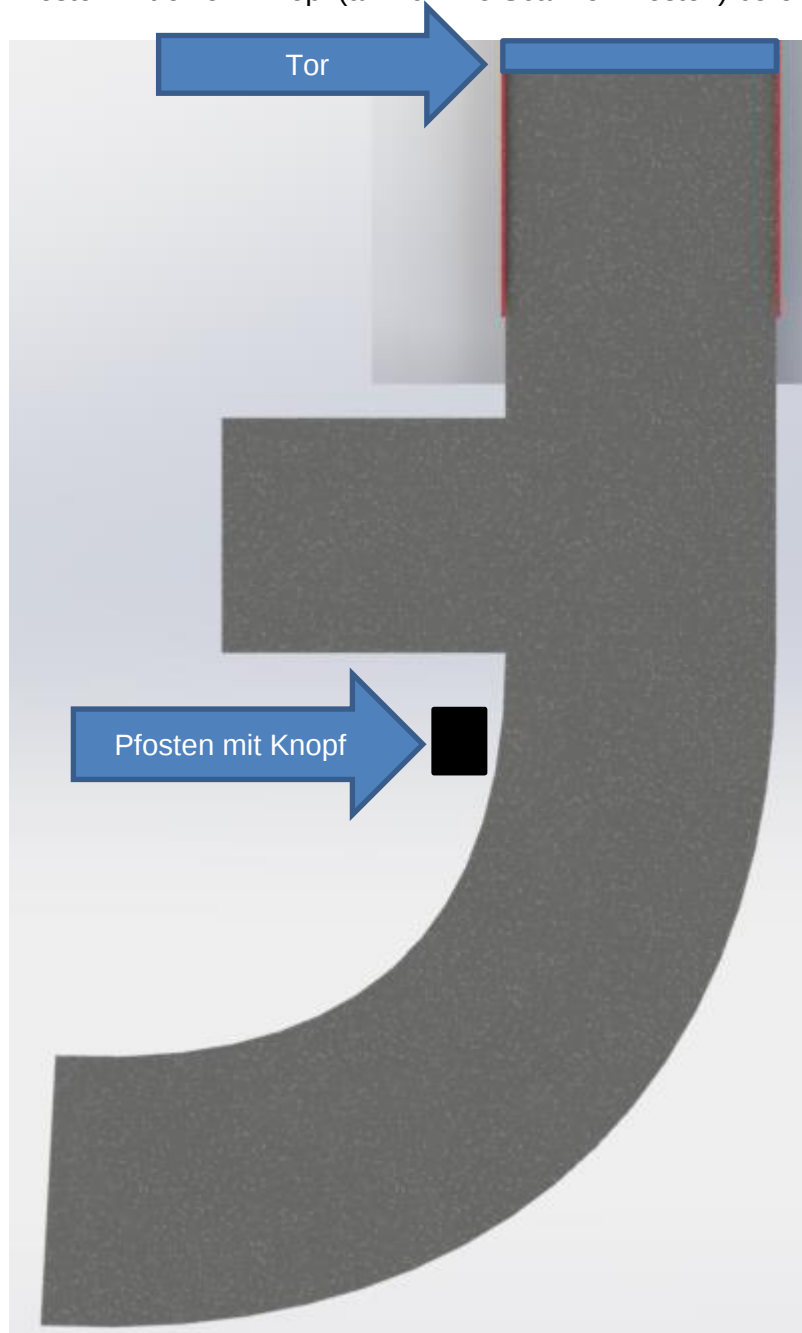


Abbildung 62: Pfostenplatzierung

Bevor dies gemacht wird, muss zuerst eine Möglichkeitsabfrage durchgeführt werden mit der Securiton AG.

6.3 Auslegung der Teilfunktion 3

Die Implementierung der Steuerungstechnik wird nach dem Prototypenbau durchgeführt. In diesem Kapitel werden die Anforderungen per Flussdiagramm dargestellt. Dabei soll das in der nächsten Phase von einem Steuerungstechniker durchgeführt werden. Nach Abklärungen ist es möglich das Personen der Firma SBB AG dies machen könnten.

6.3.1 Sensorik

An folgenden stellen werden Sensoren verwendet

1. Eingrenzen des
2. Schwenkbereichs

Zum Eingrenzen des Schwenkbereichs, werden Rollhebelschalter verwendet, welche nach dem Prototypbau platziert werden.



Abbildung 63: Rollhebelschalter

Die Funktionsweise vom Schalter geht folgendermassen:
Durch Drücken des Hebels wird das Signal verändert.

6.3.2 Flussdiagramm

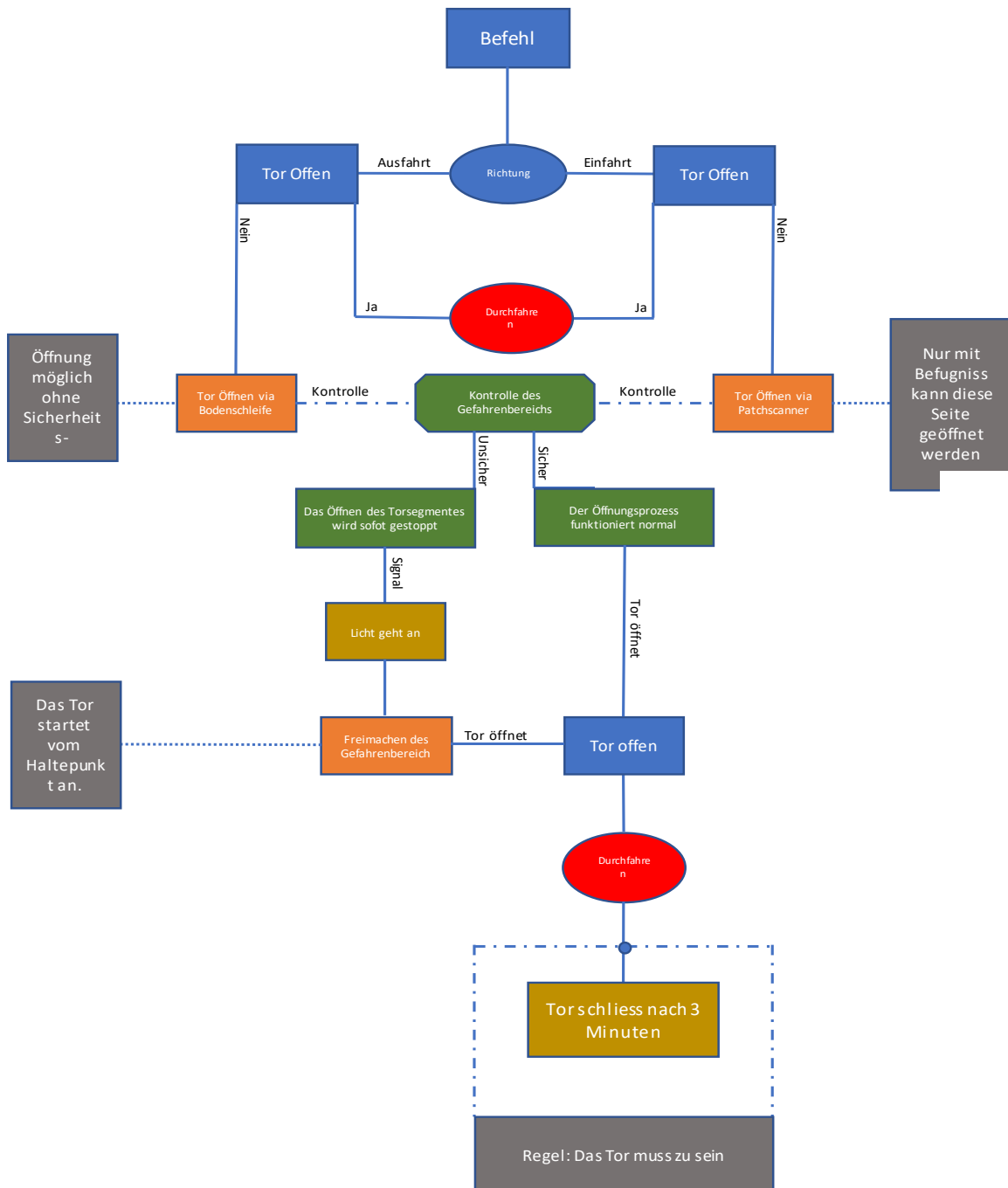


Diagramm 11: Flussdiagramm

	Sind Standortbestimmungen und Hinweise.
	Diese Arbeit wird durch das System ausgeführt.
	Sind die Sensortechnik und der nötige Sicherheitsaspekt.
	Sind ein Hinweis auf die Verwendungsart der Funktion.
	Ist die Abschliessende Arbeit, welche der Benutzer tun soll.
	Ist ein Zwischenschritt, welcher der Benutzer durchführen muss.

Tabelle 29: Legende zu Diagramm 11

6.4 Auslegung der Teilfunktion 4

Die Auslegung der Teilfunktion 4 wird folgendermassen in 2 Unterkategorien unterteilt.

1. Brandschutz

Bei Notfällen muss die Feuerwehr ins Firmengelände gelangen.

2. Risikoanalyse

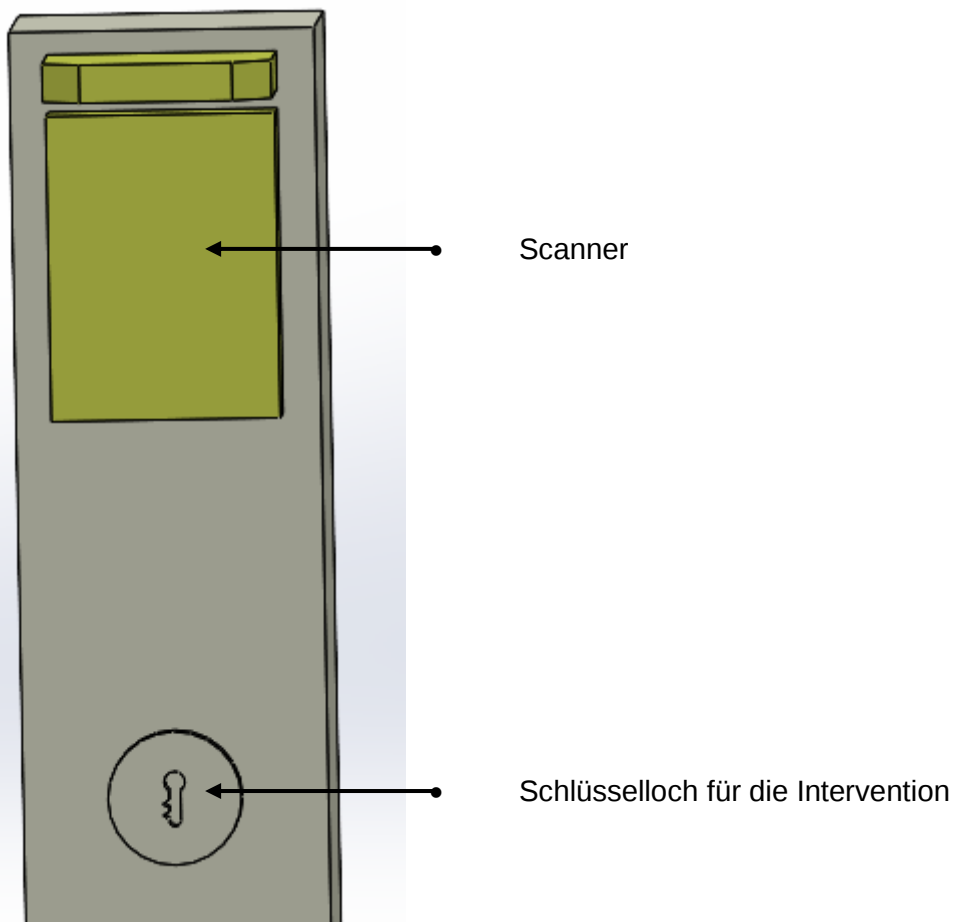
Die Risikoanalyse geht um das Tor allgemein.

3. Sichere Bedienung

Die Sicherheitsmassnahmen müssen intuitiv und verständlich sein.

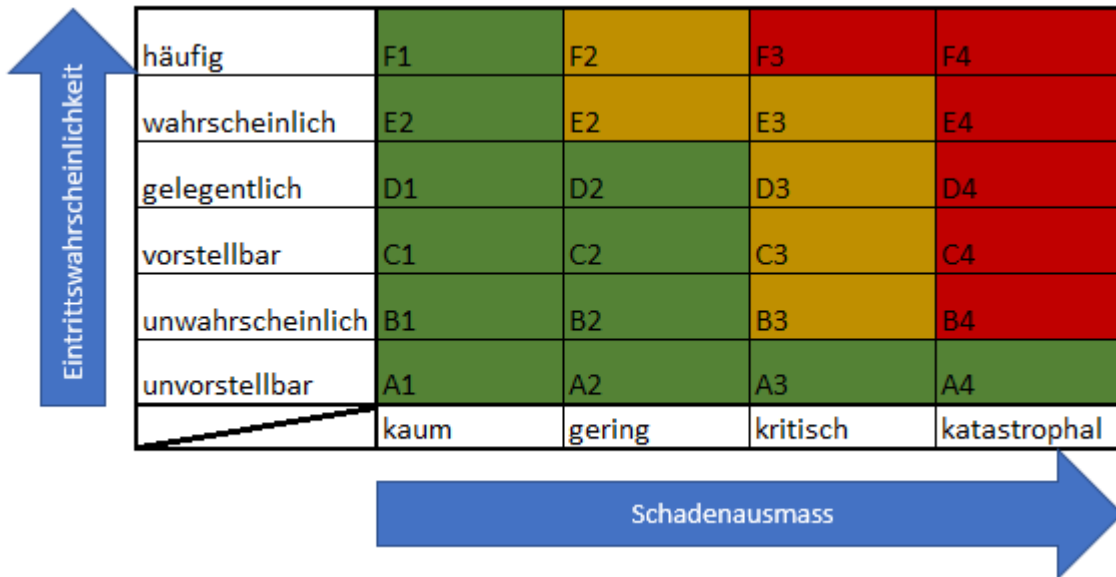
6.4.1 Brandschutz

Nach Internet-Recherchen und dem gesammelten Daten (Infosammlung 4.2 Feuerwehr Koordination Schweiz), muss ein Zylinder verbaut sein, welcher einen Schlüssel im Inventar hat, um überall Einlass im Gebäude komplex zu besitzen. Bei der jetzigen Situation ist ein Zylinder schon vorhanden, mit einem Schlüssel. Beim Scanner-Pfosten wird ein Schlüsselloch implementiert. Beim Drehen dieses Schlüsseloch, wird ein Öffnungsbefehl gegeben, somit wird die Einfahrt frei. Die Feuerwehr wird Ihren Zutritt haben. Die Position des Pfostens ist ca. 2.5 Meter vom Zylinder entfernt.



6.4.2 Risikoanalyse

Die Risikoanalyse soll helfen Gefahrenbereiche zu erkennen und zu dezimieren.



häufig	F1	F2	F3	F4
wahrscheinlich	E2	E2	E3	E4
gelegentlich	D1	D2	D3	D4
vorstellbar	C1	C2	C3	C4
unwahrscheinlich	B1	B2	B3	B4
unvorstellbar	A1	A2	A3	A4
	kaum	gering	kritisch	katastrophal

Tabelle 30: Legende Risikoanalyse

Funktion	Beschreibung	Risikostufe	Massnahme
Öffnungszyklus	System erkennt Patch nicht	D2	keine Massnahme
	Stromausfall	A4	keine Massnahme
	Teilabbruch der Mechanik	D3	Mechanik mit höheren Sicherheit rechnen
	Sensoren erkennen Fahrzeug/ Mensch nicht im Gefahrenbereich	C3	Wöchentliche Reinigung der Sensoren
	Einklinken des Fingers bei der Mechanik	B4	Abdeckblech montieren und Piktogramm aufkleben
Infrastruktur	Vandalismus am Scanner	C3	Hinweis auf ein Gerichtliches Verfahren
	Vandalismus am Segment	B4	Hinweis auf ein Gerichtliches Verfahren
	Vandalismus an Interventionstaste	B4	Hinweis auf ein Gerichtliches Verfahren

Tabelle 31: Risikoanalyse

6.4.3 Sichere Bedienung

Um eine sichere Bedienung zu gewährleisten, müssen Markierungen und Lichtsignale angebracht werden.

- **Ampel**

Die Ampel braucht nur zwei Signale. Bei Rot muss der Bediener warten bis das Signal auf Grün geht. Dies wird nur von innen benötigt.

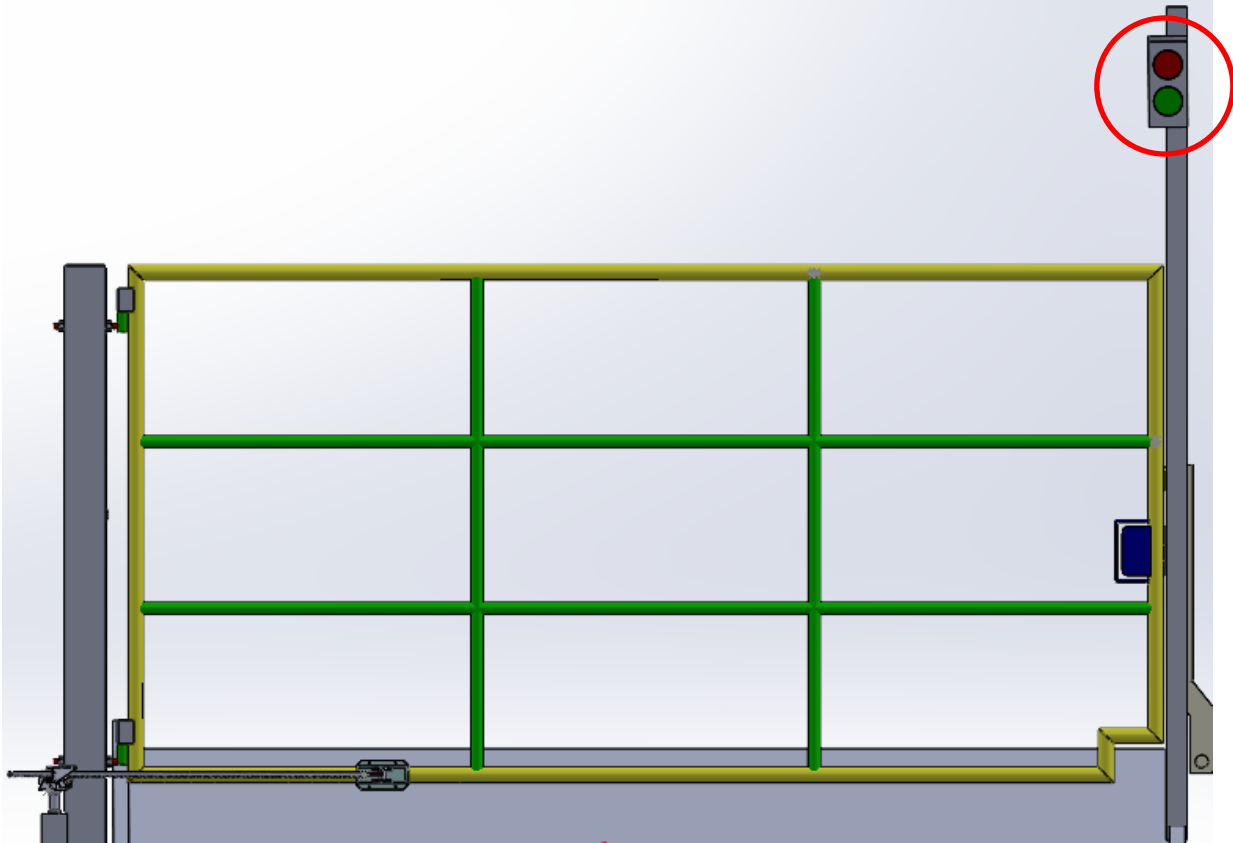


Abbildung 64: Ampel

- **Bodenmarkierungen**

Die Bodenmarkierungen sollen die Gefahr vom Schwenkbereich aufzeigen. Diese Markierungen müssen Weiss sein. Die benötigte Farbe muss Strassentauglich sein. Es werden ca. 3.65m^2 gelbe Farbe benötigt.

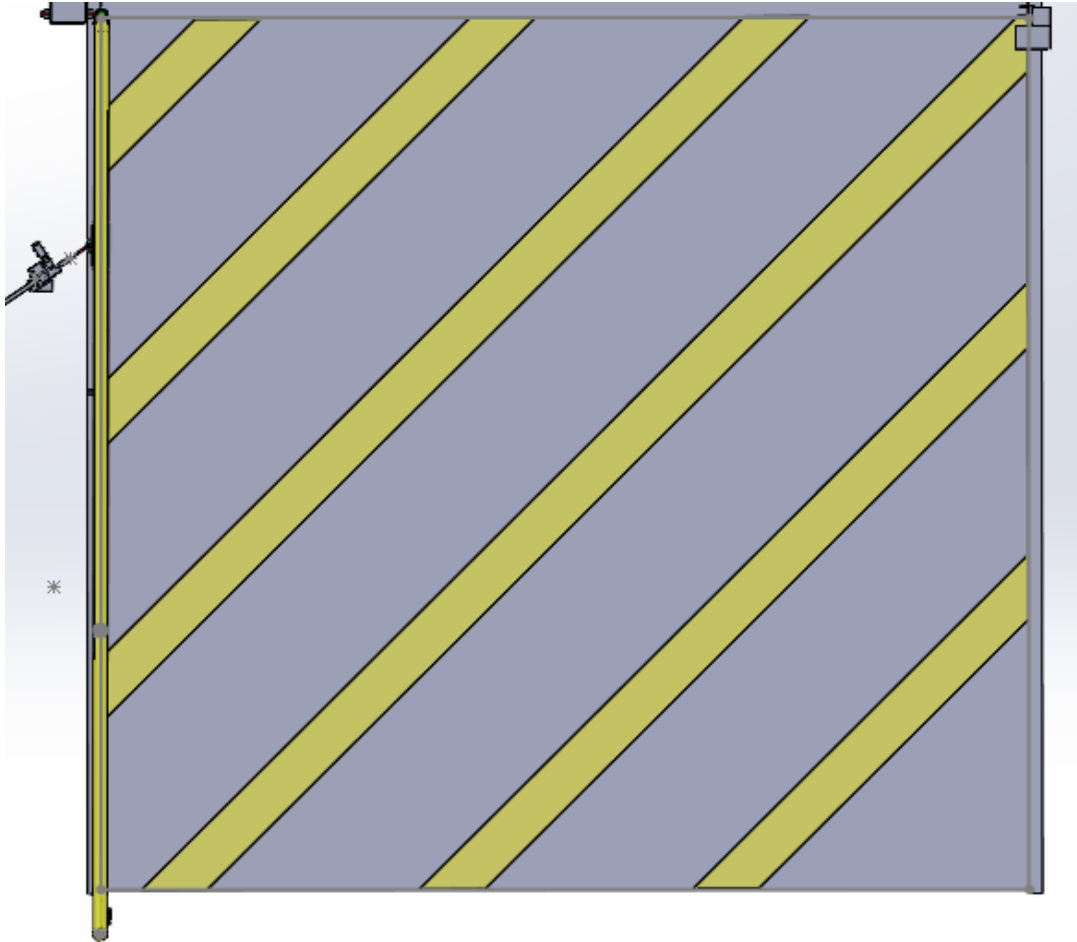


Abbildung 65: Bodenmarkierungen Qualitativ

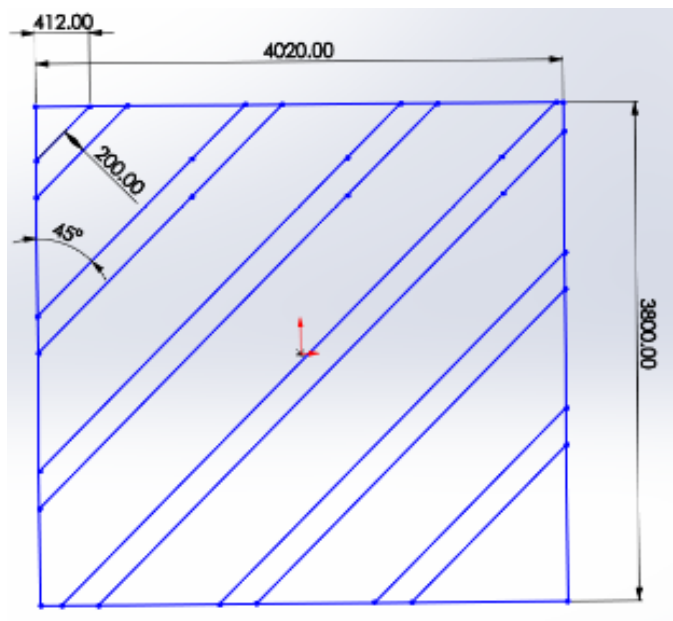


Abbildung 66: Bodenmarkierungen mit den Dimensionen.

6.5 Auslegung der Teilfunktion 5

In diesem Kapitel wird die Auslegung vom Absichern des Gefahrenbereichs durchgeführt. Dabei werden Radarsensoren verwendet. Es werden zwei pro Frontseite am Torsegment montiert. Diese sollen den Gefahrenbereich während dem Öffnen und Schliessen absichern, damit keine Schäden an Menschen und Fahrzeug geschehen.

- Funktionsweise Radarsensoren

Die Radarsensoren senden eine Magnetwelle, welche die Distanz dazwischen misst, diese kann eingestellt werden. In unserem Fall wird diese auf 250mm gesetzt.

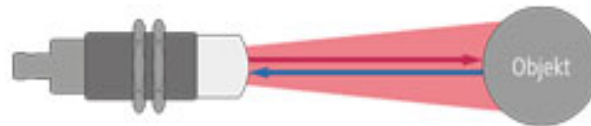


Abbildung 67: Radarsensor



Abbildung 68: Platzierung der Radarsensoren.

In Abbildung 67, werden die Positionen von den Radarsensoren angegeben, diese werden auf beiden Seiten benötigt.

Fall	Was Passiert
Reinfahren: Beim Reinfahren ins Firmengelände sind nur die Radarsensoren aktiv, welche auf der gegenüberliegenden Seite sind. Diese prüfen ob ein Objekt im Gefahrenbereich sind. Falls etwas im Weg ist, Stoppt der Prozess sofort bis kein Objekt mehr im Weg ist.	Aktiv
Rausfahren: Beim Rausfahren vom Firmengelände sind nur die Radarsensoren Richtung Ausgang aktiv. Falls etwas im Weg ist, Stoppt der Prozess sofort bis kein Objekt mehr im Weg ist.	Aktiv

Tabelle 32: Radarsensoren Prinzip

7 Schlussanalyse

7.1 Schlussprodukt im CAD

Das Schlussprodukt wurde im Tool SolidWorks gezeichnet. Das Resultat wurde mit allen Peripherien gezeichnet.

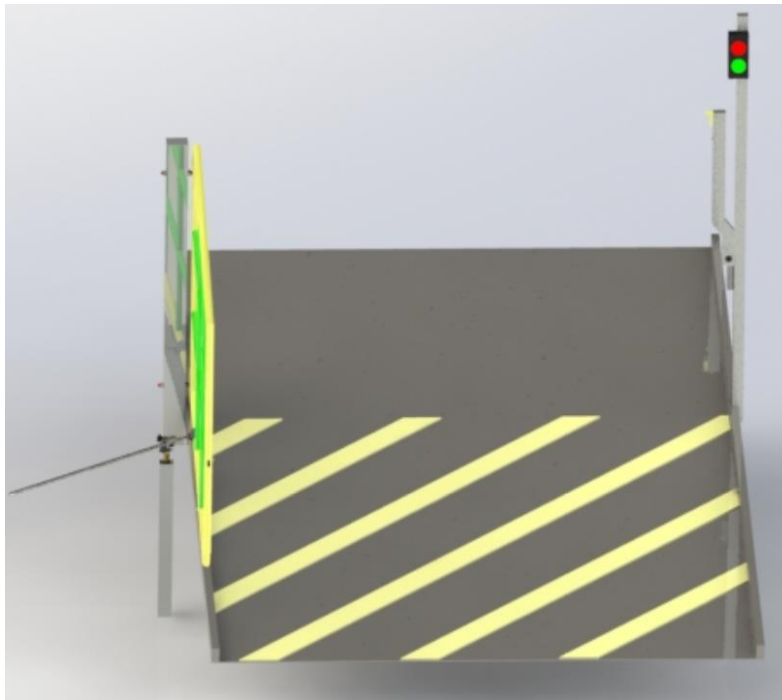


Abbildung 69: Tor offen

Auf der Abbildung 68 ist das Gesamtkonzept ersichtlich. Die Position des Tors ist in offen.

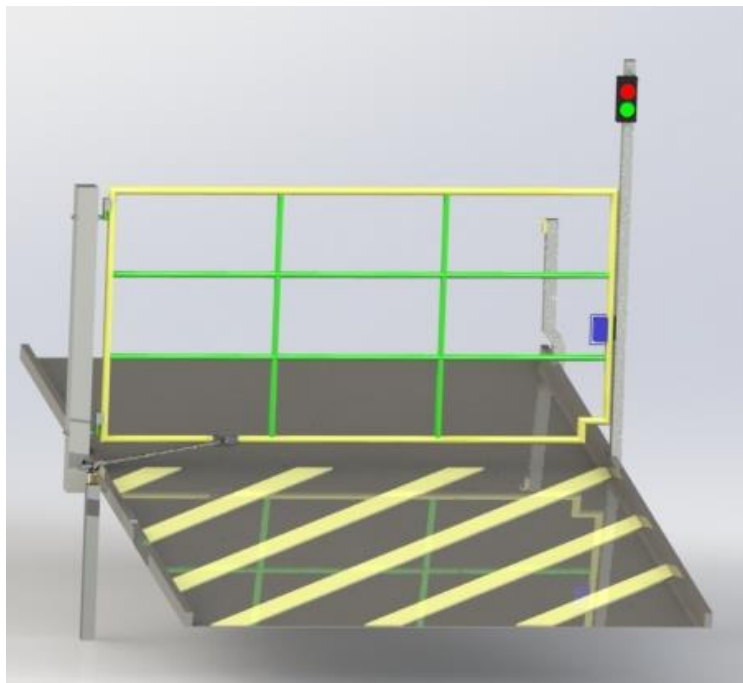


Abbildung 70: Tor Zu

Auf der Abbildung 69 ist das Gesamtkonzept ersichtlich. Die Position ist geschlossen.

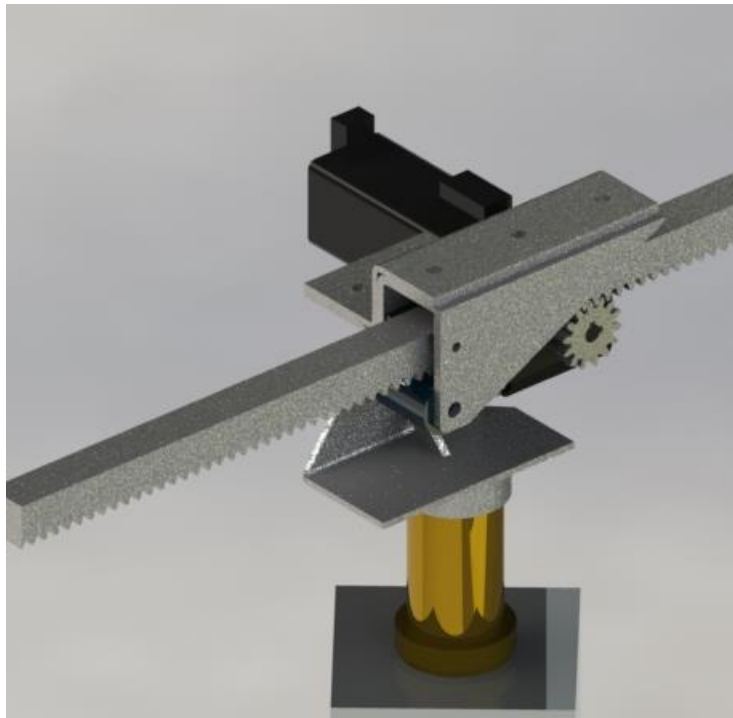


Abbildung 71: Antrieb komplett

Bei der Abbildung 70, ist das Gleitlager, Blechkonstruktion, Leerlaufgrad, Motor und das Leerlaufgrad.

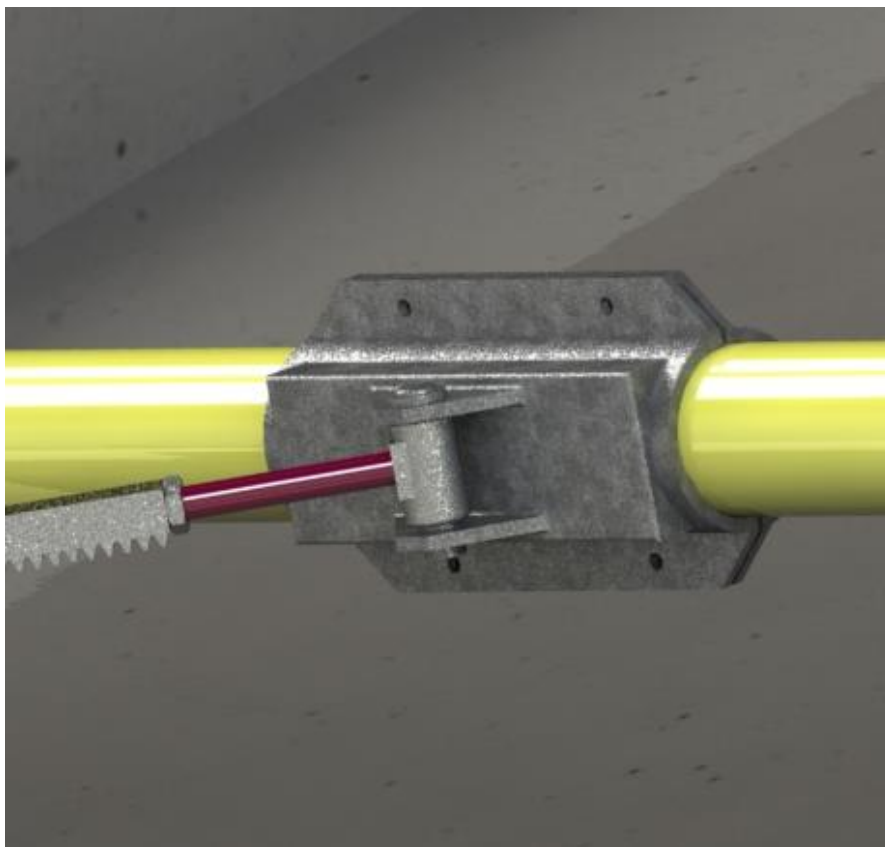


Abbildung 72: Verbindungspunkt

Der Verbindungspunkt, welcher die Translatorische Bewegungen in Rotationen umsetzt.

7.2 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung beinhaltet alle mechanischen und dazugehörenden elektrischen Teile. Die Preise wurde durch Abklärungen mit Internetrecherche und Annahmen geschätzt.

Kostenschätzung

In CHF

Mechanische spezielle Teile

Material Verbindungspunkt	120
Material Zahnstange	80
Zapfen für Gleitlager 2x	100
Schrauben	50
Blech	150
Vierkant Rohr (Neuer Pfosten)	200
Zwischentotal	700

Normteile (Kaufteile)

Zahnstange	120
Ritzel für Antrieb	50
Gleitlager 2x	30
Ampel	100
Motor	420
Sensoren	160
Zwischentotal	880

Verbrauchsmaterial

Farbe	100
Kabel	150
Zwischentotal	250

Partnerfirma

Securiton AG (geschätzt)	1000
SBB AG (Programmieren)	200
Zwischentotal	1200

Prototyp Kosten

Gesamt	3030
---------------	-------------

Da es ein Vorschlag an die Firma SBB ist, werden die Kosten nicht in die Anforderungsliste kommen, sonder als ein geschätzter Beitrag mit dem Vorschlag (Diplomarbeit) übergeben.

7.3 Auswertungen der Zeile

7.3.1 Technische Ziele

- Die Einhaltung aller gesetzlichen Vorschriften
- ➔ Die Eigenentwicklung erfüllt alle gesetzlichen Vorschriften. Es entspricht dem neusten Stand der Technik und erfüllt alle von der SUVA gegebenen Empfehlungen.
- Der Schutz der vorgegebenen Oberfläche.
- ➔ Mit dem neu gesetzten Pfosten, wird dieses Technische Ziel im maximalen erfüllt, beim Verbindungspunkt (zwischen Torsegment und Zahnstange) wird mit Feuerverzinktem Blech gearbeitet. Diese Schützen, beim Festziehen, gegenseitig, da es dasselbe Material ist.
- Ein Notöffnungssystem im Falle eines Defekts, Stromverlust oder Blaulichteinsatz
- ➔ In Falle eines Defekts oder Stromverlusts, wird die Regel, welche das Tor in der geschlossen Position hält, deaktiviert. In diesem Fall kann dieser per Handkraft gedrückt werden, da der Motor keinen Widerstand leisten kann, wenn dieser kein Strom hat.

7.3.2 Kernprobleme

- Energiezufuhr des Antriebes
- ➔ Die Energiezufuhr wird in Kombination mit der Firma Securiton AG durchgeführt. Alle Stromverbraucher funktionieren mit 220V, somit ist kein Wandler oder Relais von Nöten
- Platzmangel an der Seite der Einfahrt
- ➔ Der Platzmangel an der Seite konnte dank der Eigenentwicklung gut umgegangen.
- Auslegung der mechanischen Teile (Zahnrad, Riemen, Wellen)
- ➔ Die Ausgelegten Teile wurden praktisch nachgeprüft und mithilfe des Vieraugenprinzips kontrolliert.
- ➔ Die mechanischen Teile wurden alle ins CAD übertragen und in 2D Zeichnungen übertragen mitsamt Schweissnahtbezeichnungen und Positionen zum Bohren.
- Rotierende Bewegung ins Translatorische übersetzten.
- ➔ Die umzusetzenden Bewegungen sind sehr klein ($>1\text{Nm}$) und konnten einfacherweise in die translatorische Bewegung umgesetzt werden. Diese wird mithilfe einer Zahnstange und eines Ritzels. Das Ritzel besteht aus einem zwei Modul Zahnrad, welches 16mm Breit ist und aus 14 Zähne bestehen.
- ➔ Der Öffnungsprozess braucht ca fünf Sekunden, die Umdrehungen des Zahnrads pro Sekunde ist bei ca. 3.4 Umdrehungen pro Sekunde.

7.4 Anforderungen

 SBB CFF FFS		Anforderungsliste		Diplomarbeit Benjamin Djuric		
Schweizerische Fachschule TEKO		Nachmotorisieren eines Schwenktors		F = Festanforderung W = Wunsch M = Mindestforderung P = Prinzip		
Nr.	Erfüllung	Prozess	Beschreibung	Mindest - Erfüllung	Ideal - Erfüllung	Einheit
<u>Technische Anforderungen</u>						
1	✓	F	Öffnen - Per Fernbedienung	3	150	Meter
2	✓	M	Dimension - Torsegmenthöhe	2010	1990	Millimeter
3	✓	M	Dimension - Torsegmentbreite	3980	3980	Millimeter
4	✓	M	Dimension - Torsegmenttiefe	150	60	Millimeter
5	✓	F	Material	verzinkt	CNS	
6	✓	M	Sensoren - Öffnen bei Durchbrechen der Lichtschranke			Volt
7	✓	M	Endschalter - Eingrenzung des Schwenkbereichs auf	90	90	Grad (Winkel)
8	✓	M	Betriebstemperatur	-10 bis 30	-30 bis 40	Celsius
9	✓	F	Geschwindigkeit - Auf und Zu	10	5	Sekunden
10	✓	W	Gewicht - Torsegment	160	150	Kilogramm
11	✓	F	Lagerung	Tragzapfen	Tragzapfen	
12	P	M	Stromaufnahme Antrieb	1	15	Ampere
13	P	M	Stromaufnahme gesamt	1	20	Ampere
14	P	F	Überlastungsschutz	CMC	CMC	Ampere
15	P	M	Versorgung der Steuerung	230	24	Volt
<u>Technologien</u>						
16	✓	P	Schweissverfahren der Schweissnähte	MIG	WIG	
17	✓	P	Herstellung der Konsole	gefräst	gebogen	
18	✓	M	Verwendung von Normteilen	> 50	> 90	Prozent
19	P	P	Programmiersprache C++			
<u>Produktbeziehung</u>						
20	✓	P	"Notöffner" Sicherheitsschalter			
21	✓	P	Einfache Bedienbarkeit	Intuitiv	Aufkleber	
22	✓	P	Öffnungsvorgang	Drehlicht	Ampel	
23	✓	P	Haltanzeige	LED	Ampel	

24	S	P	Montageanleitung	Online	Broschüre	
25	P	P	Sprache	Deutsch	Sprachen des Vertriebslands	
26		F	Sicherheitspass	Patch	Fernbedienung	
27	✓	P	Vorschriften einhalten nach den Maschinenrichtlinien	Internet	Broschüre	
28	S	M	Garantie	12	36	Monate

✓ = erfüllt (Anforderungen, welche zu 100% erfüllt sind).	P = Prototyp (Anforderungen, welche bei Versuchen mit den Prototypen geltend werden)	S = Serie (Anforderungen, welche erst in der Serienausführung geltend werden)
---	--	---

Durch das Bauen des Nachmotorisierungs Kits, werden die fehlenden Qualitativten und dem neusten stand der Technik Anforderungen der Mitarbeiter gerecht. Einige Punkte werden erst nach der Prototypen-Phase und in der Serienherstellung geltend. Die Geometrieangaben, müssen unbedingt in Rücksprache mit dem Diplomand durchgeführt werden.

7.5 Weiteres Vorgehen

Aus Zeitlichen Gründen wurde noch kein Programm geschrieben, welche das ganze Torsystem Steuer. Diese Aufgabe muss unbedingt zusammen mit der Securiton AG durchgeführt werden, da das ZUKO System schon eigene Steuerungen beinhaltet, dabei kann ein Grosster Teil des Steuerungsprogramm ignoriert werden.

- Material Bestellung der verschiedenen Teilfunktion und Start des Prototypenbau.
- Software Program schreiben, mithilfe des Flussdiagramms, welcher als roter Faden dient. Dabei muss auch eine Steuerplatte hergestellt werden.
- Absprache nochmals mit der Securiton AG, was alles möglich ist mit Ihrem ZUKO System und den benötigten Kosten.
- Schreiben der Bedienungs- und Wartungsanleitung, wie zum Beispiel, dass die Zahnstang einmal im Jahr mit Fett eingestrichen wird, dieses Fett kann normales Wälzlagerfett sein, da es keine Grossenwirkende Kraft ist.
- Setzen der Sicherung, im Falle eines Kurzschlusses, dass der Verbrauche (Motor) geschützt ist.
- Eine Mechanische Verigelung, welche das Tor in der Geschlossenstellung mechanisch Absichert.

Nach Fertigstellung der Angegeben Punkte, kann das Nachmotorisieren Kit, nach bestandenen Prototypen Anforderungen, an das Tor montiert und verwendet werden. Die fehlenden Punkte, welche noch zu erledigen sind, werden nach Entscheidung der SBB AG weiterverfolgt oder abgeschlossen, da die Service Anlage noch vorläufig bis 2030 im Betrieb ist.

7.6 Selbstreflexion

Das Durchführen dieses Projektes benötigt viel Disziplin und Ausdauer.

Erst nach der Informationsphase wurde mir klar, wie gross dieses Projekt wird und somit musste ich es dementsprechend abgrenzen. Dabei müssten für ein funktionstüchtige Nachmotorisierung eines Schwenktors mehrere interne Stellen mitwirken. Ich habe die Herausforderung angenommen und mit viel Engagement die bestmögliche Lösung Schritt für Schritt aufgestellt, damit es verständlich für Personen ist, die nicht vom Fach sind. Dabei war die Semesterarbeit ein guter Wegeweiser zur Durchführung der Diplomarbeit.

Mit dem methodischen Konstruktionsprozess (nach VDI- Richtlinie 2221 und 2222) erkannte ich die Kernprobleme des Projekts einfacher. Durch den morphologischen Kasten stellte ich fest, welche Konzeptvarianten sich verwirklichen lassen, trotz subjektiver Betrachtungsweise. Bei der Auslegung der mechanischen Teile, wurde schnell festgestellt, dass es kaum an die Grenze des Materials kommt und relativ viele Berechnungen nicht nötig waren, jedoch als Festigkeitsnachweis benötigt werden. Die Grösste Herausforderung war es die ganzen Konzepte im CAD zu zeichnen, da ich keine Ausbildung zum Konstrukteur hatte. Mit einem Kurzem Selbststudium im Bereich, Konstruieren mit SolidWorks, konnte ich mein Wissen vertiefen und erweitern. Am Ende dieser Diplomarbeit angelangt, blicke ich auf eine lehrreiche und intensive Zeit zurück, welche mich mit Stolz und Freude erfüllt.

7.7 Danksagung

Danke an:

- Herren Lukas Nanzer für die Beratung während der Diplomarbeit
- Herren Mathias Kohler für die Hilfestellung bezüglich Brandschutzmassnahmen
- Herren Novica Filipovic für die Ideenfindung und Beratung
- Herren Rolf Gspurning Rolf für die Beratung und Hilfestellung bezüglich des ZUKO Systems und der Gebäudesicherheit.
- Herren Antonio Bova für die Beratung des ZUKO Systems der Firma Securiton AG
- Herren Manojlo Mitrovic für die Logik- und Rechtschreibkorrektur
- Herren Dejan Petrovic für die Kontrolle der Formatierung
- Frau Suzana Drljic für die Logikkorrektur
- Herren Tobias Wicki für d
- Den 26 Teilnehmer, welche die Umfrage zu «Sicherheit und Zugang Firmengelände» ausgefüllt haben.

8 Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche kenntlich gemacht. Mir ist bewusst, dass Verstösse gegen die Grundsätze der Selbstständigkeit als Täuschung betrachtet und entsprechend der Prüfungsordnung geahndet werden.

Die Diplomarbeit darf nur mit Genehmigung des Verfassers an Dritte weitergegeben werden.

Djuric Benjamin



Ort,
Luzern,

Datum
12-10-2020

9 Anhang

9.1 Quelle

Die angegebenen Internetquellen wurden über www.google.ch und www.sbb.ch gesucht und wurden in der Zeit zwischen KW38-42 aufgerufen

9.2 Internet

- **Zahnstange und Ritzel**

<https://www.zahnriemen24.de/a/41193-zahnstangen-gehaertet?nennlaenge=2000&modul=2&quantity=1>

- **Sensoren**

https://www.eibmarkt.com/ch/products/Pepperl-Fuchs-Fabrik-Radar-Bewegungsmelder-RaDec-M.html?utm_source=Portalexport&utm_medium=CPC&utm_term=Produktaktion&utm_campaign=GoogleShopping_CH&userLocale=CH&gclid=Cj0KCQjw2or8BRCNARIsAC_ppyaS3FrkdPtlaTNIJ66_GrOmJgnwzRRk7obYxrFQnwQWQ4f4eK1MZEcaAhr-EALw_wcB

- **Motor**

https://ch.rs-online.com/web/p/servomotoren/1110818?cm_mmc=CH-PPC-DS3A--bing--3_CH_DE_Servomotoren_Schneider+Electric_Exact--Schneider+Electric+-Servomotoren+-+1110818--bch2mb0133ca5c&matchtype=e&kwid=71400037741375:aud-808074742:loc-175&msclkid=479127f0c5641ab2c696788fc9ee8f2&gclid=CNbyxquEpewCFVPjGwodFSYG1w&gclidsrc=ds

- **Boden Farbe**

https://www.safetymarking.ch/traffic-paint-strassenmarkierungsfarbe--5752277.html?gclid=Cj0KCQjw2or8BRCNARIsAC_ppyYeIrC0OR3ZkU34cuLuWWEC8K

- **Endschalter**

https://www.distrelec.ch/de/endschalter-verstellbarer-rollenhebel-kunststoff-schliesser-oeffner-sprungkontakt-eaton-ls-11s-rla/p/30128474?channel=b2c&price_gs=42.2184&source=googleps&ext_cid=shgooagchde-na&gclid=Cj0KCQjw2or8BRCNARIsAC_ppyaVQbE-a-Oj6qE4KWgmFY2ZUs_KvxTFclH5BYLDY36LX10Us7uV8laAsakEALw_wcB

- **Stahl**
<https://www.d-a.ch/productlist.cfm?sprache=d&query=stahl>
- **ZUKO System**
<https://www.securiton.ch/ch-de/produkte/zutrittskontrolle/zutrittskontrolle-fuer-grosse-objekte/hardware.html>
- **Brandschutz**
https://www.gvzq.ch/files/FKS-Schweizer-Richtlinien-Feuerwehruzufahrten-Stellflaechen_1503_de_print.pdf
- **Maschinenrichtlinien**
<https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-11614.html>
- **Bundesgesetz Produktsicherheit**
<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20081129/index.html>

9.3 Literatur

- **Formeln und Tabellen für Maschinenbau für Studium und Praxis**
Alfred Böge
Wolfgang Böge Hrsg.
4. Auflage, Springer Verlag
- **Roloff/Matek Maschinenelemente, Normung, Berechnung, Gestaltung**
Herbert Wittel, Dieter Jannasch
Joachim Vossiek, Christian Spura
23. Auflage, Springer Verlag
- **Technische Mechanik, Statik, Reibung, Dynamik, Festigkeitslehre, Fluidmechanik**
Alfred Böge
Wolfgang Böge
32. Auflage, Springer Verlag
- **Technische Formelsammlung**
K + R. Gieck
33. Auflage, Hanser Verlag
- **Elektrische Antriebssysteme, Grundlagen, Komponente, Regelverfahren, Bewegungssteuerung**
Ulrich Riefenstahl
3. Auflage, Springer Verlag
- **TEKO Lehrmittel**
Eigenkreationen, zugestellt von Dozenten
- **Normen-Auszug 2010**
14. Auflage, (SNV) Schweizerische Normen-Vereinigung

9.4 Software

- CAD, **SolidWorks**, Dassault Systèmes
- **Micorsoft Office 365**, Word, Excel, Outlook
- **Ti-Nspire-CX** Taschenrechner
- **SnippingTool**, Microsoft

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stückliste des Torsegments.....	10
Tabelle 2: Eigenschaften Stahl.....	13
Tabelle 3: Eigenschaften Zink.....	14
Tabelle 4: Positionsbeschreibung Anbauteile Pfosten.....	15
Tabelle 5: Detail beschrieb der Positionen 1 und 2	15
Tabelle 6: Rohdaten der Mitarbeiter Anzahl	17
Tabelle 7: Anforderungsliste	21
Tabelle 8: Abkürzungen zu Anforderungsliste	21
Tabelle 9: Information Black Box.....	22
Tabelle 10: Stoff Black Box	23
Tabelle 11: Energie Black Box	23
Tabelle 12: Wirkungen Black Box	23
Tabelle 13: Beschreibung des Beispiels der Teilfunktion 3.....	28
Tabelle 14: Beispiel und Beschreibung der Teilfunktion 4	29
Tabelle 15: Beschreibung der Teilfunktion 5	30
Tabelle 16: Antworten der Frage 1.....	31
Tabelle 17: Antworten der Frage 2.....	32
Tabelle 18: Antworten der Frage 3.....	33
Tabelle 19: Antworten der Frage 4.....	34
Tabelle 20: Antworten der Frage 5.....	35
Tabelle 21: Konzeptvorstellung der Frage 7.....	37
Tabelle 22: Auflistung der Teilfunktionen	40
Tabelle 23: Morphologischer Kasten	41
Tabelle 24: Bewertung der Konzepte	44
Tabelle 25: Abkantblech Motorenhalter.....	68
Tabelle 26: Dimensionen Spickel Platzierung	69
Tabelle 27: Rotationszapfen	70
Tabelle 28: Erklärungen der Variablen.....	73
Tabelle 29: Legende zu Diagramm 11	77
Tabelle 30: Legende Risikoanalyse	79
Tabelle 31: Risikoanalyse	79
Tabelle 32: Radarsensoren Prinzip	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Isometrische Perspektive CAD	4
Abbildung 2: Foto des Einfahrt Tores	4
Abbildung 3: 2D Zeichnung	10
Abbildung 4: Tabellenausschnitt von KMS Systeme	11
Abbildung 5: Notfall Schlüssel.....	12
Abbildung 6: Schweizerische Eidgenossenschaft	16
Abbildung 7: Einfahrt vereinfacht	16
Abbildung 8: Schichtzeiten	17
Abbildung 9: Schichtzeiten	18
Abbildung 10: Schichtplan Oktober	18
Abbildung 11: Torantrieb RotaMatic	19
Abbildung 12: Torantrieb VersaMatic	19
Abbildung 13: Black Box	22
Abbildung 14: Funktionsstruktur.....	24
Abbildung 15: Beispiel der Teilfunktion 1	25
Abbildung 16: Beschreibung des Beispiels von Teilfunktion 1	25
Abbildung 17: Beispiel Teilfunktion 2.....	26
Abbildung 18: Beispiel Teilfunktion 2.....	26
Abbildung 19: Beschreibung des Beispiels der Teilfunktion 2	26
Abbildung 20: Beispiel und Erklärung der Teilfunktion 2.....	27
Abbildung 21: Beispiel und Erklärung von der Teilfunktion 2.....	27
Abbildung 22: Steuerungslogik.....	28
Abbildung 23: Prinzip-Skizze	39
Abbildung 24: Lösungskonzept 1	45
Abbildung 25: Lösungskonzept 2	46
Abbildung 26: Lösungskonzept 3	47
Abbildung 27: Lösungskonzept 4	48
Abbildung 28: Drehpunktbestimmung	51
Abbildung 29: Lageplan	52
Abbildung 30: Freilegen der Kräfte.....	52
Abbildung 31: Berechnung Lagerkräfte	53
Abbildung 32: Lageplan Verbindungspunkt.....	55
Abbildung 33: Kräfteplan Verbindungspunkt	55
Abbildung 34: Verbindungspunkt CAD	56
Abbildung 35: 2D Zeichnung Verbindungspunkt	57
Abbildung 36: 2D Zeichnung Verbindungspunkt	57
Abbildung 37: 2D Zeichnung Verbindungspunkt	57
Abbildung 38: 2D Zeichnung Verbindungspunkt	58
Abbildung 39: Einzelteil Bolzen	58
Abbildung 40: Einzelteil Klemmstück.....	59
Abbildung 41: Darstellung der Pressungsfläche	59
Abbildung 42: Schnitt der Kontaktflächen & Frontansicht	59
Abbildung 43: Abwicklung	60
Abbildung 44: Schweissnahtbezeichnung	60
Abbildung 45: Befestigungswinkel.....	60
Abbildung 46: Querschnittsfläche Befestigungswinkel	61
Abbildung 47: Schweissungen	61
Abbildung 48: Verbindungsstück.....	62
Abbildung 49: Schweissnaht Bezeichnungen.....	62
Abbildung 50: Zahnstange	63
Abbildung 51: Drehmomenttabelle Motor	66
Abbildung 52: 3D CAD Zeichnung Halterung	66
Abbildung 53: 2D Zeichnungen Halter.....	67
Abbildung 54: Halter	69
Abbildung 55: Peripherien Halter	69

Abbildung 56: Teilfunktion 1 Baugruppe.....	70
Abbildung 57: Lageplan für Securiton	72
Abbildung 58: Anforderungen Securiton.....	73
Abbildung 59: 2D Ansicht Scanner Pfosten.....	74
Abbildung 60: Scanner Pfosten.....	74
Abbildung 61: Pfostenplatzierung.....	75
Abbildung 62: Rollhebelschalter.....	76
Abbildung 63: Ampel.....	80
Abbildung 64: Bodenmarkierungen Qualitativ	81
Abbildung 65: Bodenmarkierungen mit den Dimensionen.	81
Abbildung 66: Radarsensor.....	82
Abbildung 67: Platzierung der Radarsensoren.	82
Abbildung 68: Tor offen.....	83
Abbildung 69: Tor Zu	83
Abbildung 70: Antrieb komplett	84
Abbildung 71: Verbindungspunkt	84

Diagramverzeichnis

Diagramm 1: Diagrammdarstellung Mitarbeiter	17
Diagramm 2: Ergebnis 2 der Umfrage.....	32
Diagramm 3: Ergebnis 3 der Umfrage.....	33
Diagramm 4: Ergebnis 4 der Umfrage.....	34
Diagramm 5: Ergebnis 5 der Umfrage.....	35
Diagramm 6: Ergebnis 6 der Umfrage.....	36
Diagramm 7: Ergebnis 7 der Umfrage.....	37
Diagramm 8: Geschwindigkeit bei 5s	64
Diagramm 9: Geschwindigkeit bei 7	64
Diagramm 10: Geschwindigkeit bei 10s	65
Diagramm 11: Flussdiagramm	77

Formelverzeichnis

Formel 1: Querschnittsflächen Berechnung	11
Formel 2: Massen Berechnung	11
Formel 3: Zaunmasse Berechnen	11
Formel 4: Gesamtgewicht Berechnen	12
Formel 5: Gleichgewichtsbedingungen	52
Formel 6: Tragzapfen Quermoment	54
Formel 7: Quermoment.....	54
Formel 8: Kraftberechnung am Verbindungspunkt	54
Formel 9: Auslegung Verbindungspunkt	55
Formel 10: Erforderlicher Querschnitt Verbindungspunkt.....	55
Formel 11: Erforderlicher Querschnitt	56
Formel 12: Maximalen zulässige Kraft	58
Formel 13: Flächenpressung	59
Formel 14: Festigkeitsnachweis Befestigungswinkel.....	61
Formel 15: Festigkeitsnachweis Zahnstange	63
Formel 16: Geschwindigkeitsberechnung	64
Formel 17: Benötigte Leistung	65
Formel 18: Umdrehungen pro Minute.....	65
Formel 19: Drehmoment vom Zahnrad am Teilkreis	65

Datenblätter Motor

Produktdatenblatt Technische Daten

BCH2MB0133CA5C

Servo Motor BCH, 40mm, 100 W, m Öldichtung,
m Passf., Anschlussltg.

Verfügbarkeit : Lieferbar



Hauptmerkmale

Kompatible Produktfamilie	Lexium 28
Produkt oder Komponententyp	Servo motor
Kurzbezeichnung des Geräts	BCH2

Zusatzmerkmale

Max. mechanische Drehzahl	5000 U/min
Nennhilfsspannung [UH,nom]	220 V
Ausgangsrelais	Einzelphase 3 Phasen
Dauerstrom im Stillstand	0,81 A
Dauermoment im Stillstand	0.32 Nm für LXM26D bei 0,9 A, 220 V, Einzelphase 0.32 Nm für LXM26D bei 0,9 A, 220 V, 3 Phasen 0.32 Nm für LXM28... bei 0,9 A, 220 V, Einzelphase 0.32 Nm für LXM28... bei 0,9 A, 220 V, 3 Phasen 0.32 Nm für LXM28... bei 1.8 A, 110 V, Einzelphase
Dauerleistung	100 W
Spitzenmoment im Stillstand	0.96 Nm für LXM26D bei 0,9 A, 220 V, Einzelphase 0.96 Nm für LXM26D bei 0,9 A, 220 V, 3 Phasen 0.96 Nm für LXM28... bei 0,9 A, 220 V, Einzelphase 0.96 Nm für LXM28... bei 0,9 A, 220 V, 3 Phasen 0.96 Nm für LXM28... bei 1.8 A, 110 V, Einzelphase
Nennleistung am Ausgang	100 W für LXM26D bei 0,9 A, 220 V, Einzelphase 100 W für LXM26D bei 0,9 A, 220 V, 3 Phasen 100 W für LXM28... bei 0,9 A, 220 V, Einzelphase 100 W für LXM28... bei 0,9 A, 220 V, 3 Phasen 100 W für LXM28... bei 1.8 A, 110 V, Einzelphase
Nenndrehmoment	0.32 Nm für LXM26D bei 0,9 A, 220 V, Einzelphase 0.32 Nm für LXM26D bei 0,9 A, 220 V, 3 Phasen 0.32 Nm für LXM28... bei 0,9 A, 220 V, Einzelphase 0.32 Nm für LXM28... bei 0,9 A, 220 V, 3 Phasen 0.32 Nm für LXM28... bei 1.8 A, 110 V, Einzelphase
Nenndrehzahl	3000 U/Min für LXM26D bei 0,9 A, 220 V, Einzelphase

	3000 U/Min für LXM26D bei 0,9 A, 220 V, 3 Phasen 3000 U/Min für LXM28... bei 0,9 A, 220 V, Einzelphase 3000 U/Min für LXM28... bei 0,9 A, 220 V, 3 Phasen 3000 U/Min für LXM28... bei 1,8 A, 110 V, Einzelphase
Maximaler Strom I _{rms}	2,65 A für LXM28... bei 0,1 kW, 220 V 2,65 A für LXM28... bei 0,1 kW, 110 V
Max. Dauerstrom	0,89 A
Produktkompatibilität	LXM26D Servoantrieb Motor bei 0,1 kW, 220 V, Einzelphase LXM26D Servoantrieb Motor bei 0,1 kW, 220 V, 3 Phasen LXM28... Servoantrieb Motor bei 0,1 kW, 220 V, Einzelphase LXM28... Servoantrieb Motor bei 0,1 kW, 220 V, 3 Phasen LXM28... Servoantrieb Motor bei 0,1 kW, 110 V, Einzelphase
Wellenende	Mit Passfeder
Wellendurchmesser	8 mm
Wellenlänge	25 mm
Breite Passfeder	3 mm
Art der Rückkopplung	20-Bit-Singleturn Absolut-Encoder
Haltebremse	Ohne
Montagehalterung	Asiatischer Standardflansch
Motorflanschgröße	40 mm
Elektrische Verbindung	Freie Adem
Drehmomentkonstante	0,4 N/A bei 20 °C
Gegen-EMK konstant	24 V/krpm bei 20 °C
Rotorträgheit	0,075 kg.cm ²
Statorwiderstand	23,4 Ohm bei 20 °C
Statorinduktivität	20,6 mH bei 20 °C
Stator elektrische Zeitkonstante	0,88 ms bei 20 °C
Maximale Radialkraft Fr	85 N 3000 U/min
Max. Axialkraft Fa	40 N
Bremszugkraft	4,35 W
Kühlungstyp	Lüftelos mit Konvektion
Länge	100 mm
Anzahl an Motorstufen	2
Zentrieren des Bunddurchmessers	30 mm
Zentrierbundtiefe	3 mm
Anzahl der Montagebohrungen	4
Durchmesser der Montagebohrungen	4,5 mm
Kreisdurchmesser der Montagebohrungen	46 mm
Distanzschalt Bundflansch	3 mm
Produktgewicht	0,56 kg

Montage

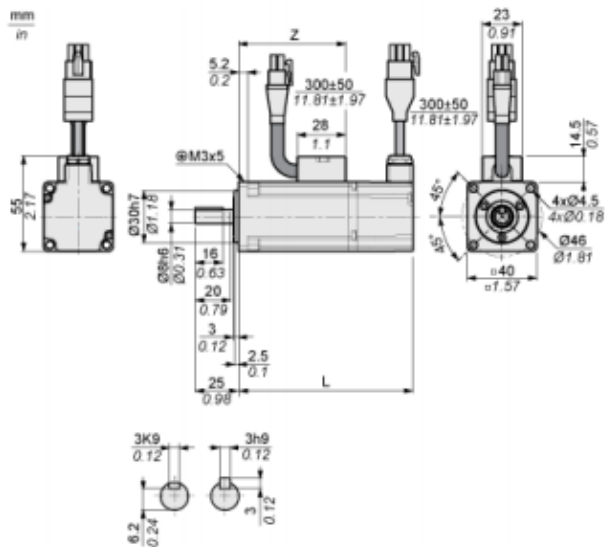
Schutzart (IP)	IP65 IM B5, IM V1 IP50 IM V3
Umgebungstemperatur bei Betrieb	-20-40 °C

Nachhaltigkeit

Grad der Umweltverträglichkeit	Green-Premium-Produkt
ROHS	Konform  Schneider-Electric-Konformitätserklärung
REACH	Produkt beinhaltet besorgniserregende Stoffe (SVHC) nicht über dem Schwellwert Produkt beinhaltet besorgniserregende Stoffe (SVHC) nicht über dem Schwellwert
Umgebungsbedingungen Produkt	Verfügbar
Entsorgungshinweise	Keine spezifischen Recyclingtätigkeiten erforderlich

Abmessungen

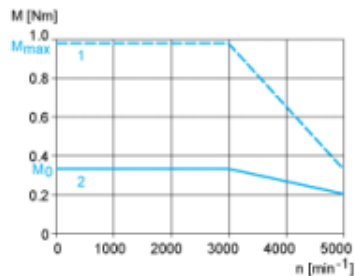
Abmessungen des Motors



	mm	Zoll
L (ohne Haltebremse)	100	3.94
L (mit Haltebremse)	130	5.12
Z	61,5	2.42

Drehmoment/Drehzahlkurven mit 230-V-Ein-/Dreiphasen-Versorgungsspannung

Servomotor mit Servoantrieb LXM28AU01M3X



- 1: Spitzendrehmoment
2: Dauerdrehmoment

Handskizzen

IST-Aufnahme

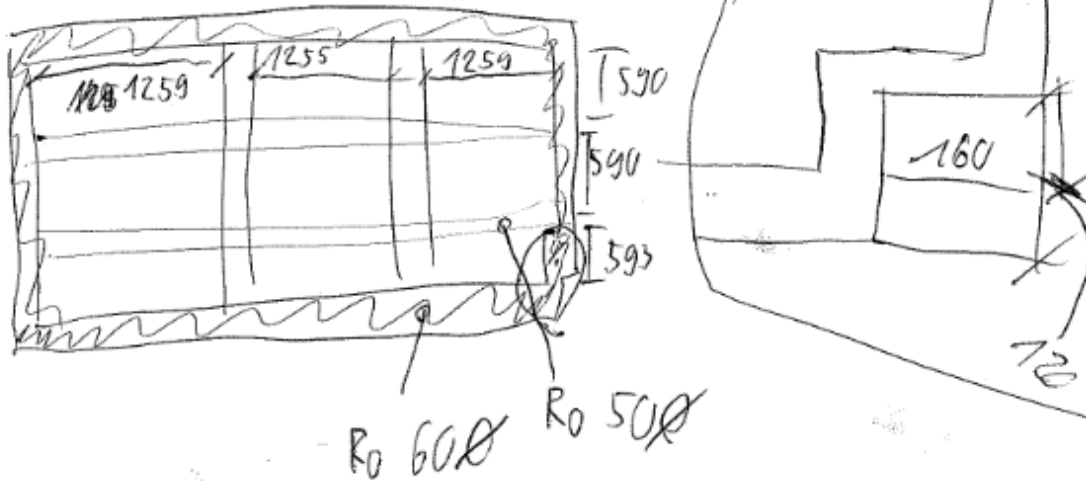
Jon. Djuric

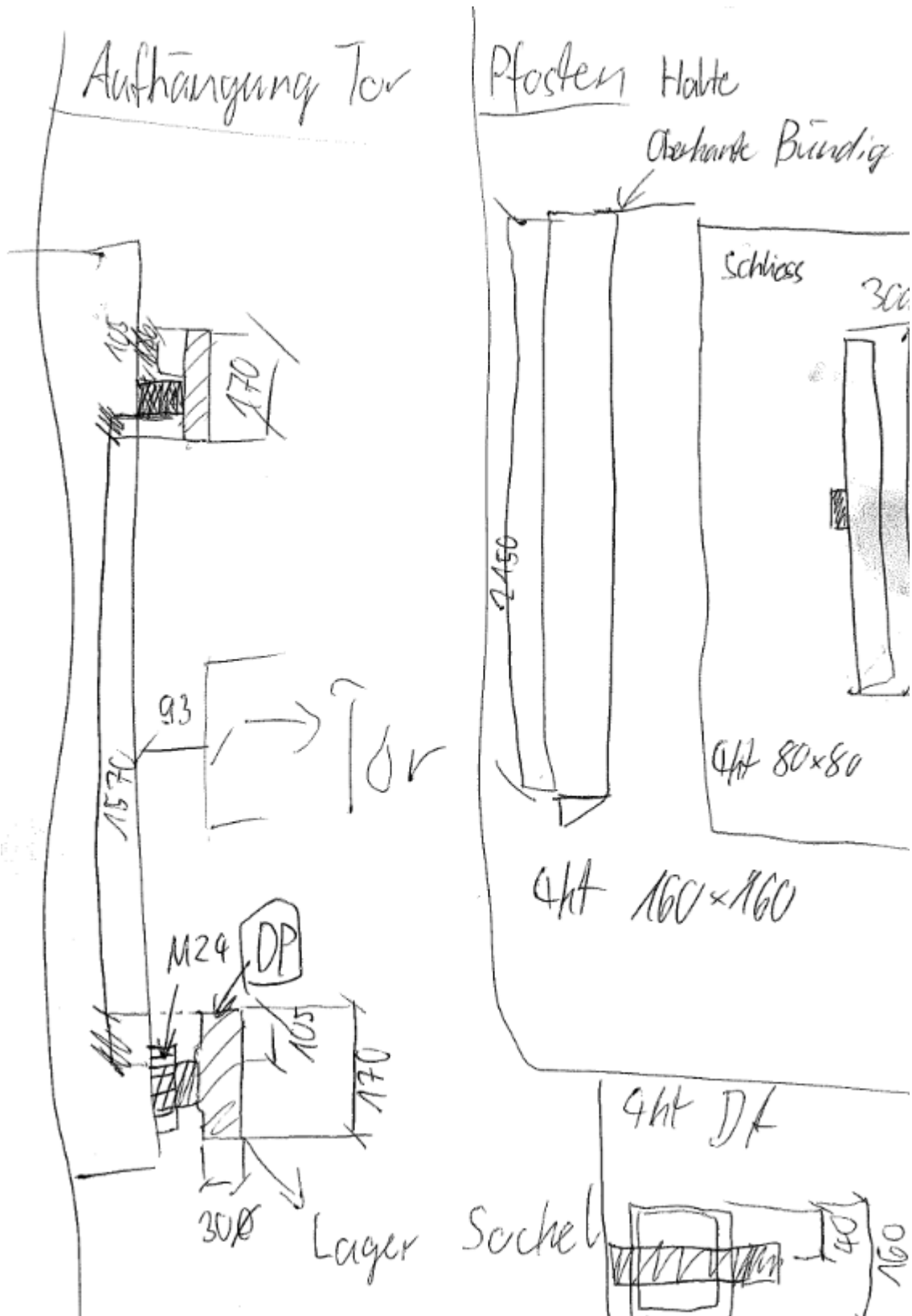
Tor Dim → Reim

B | 3980

H | 1990

T | 60





Konstruktionsmethodik

