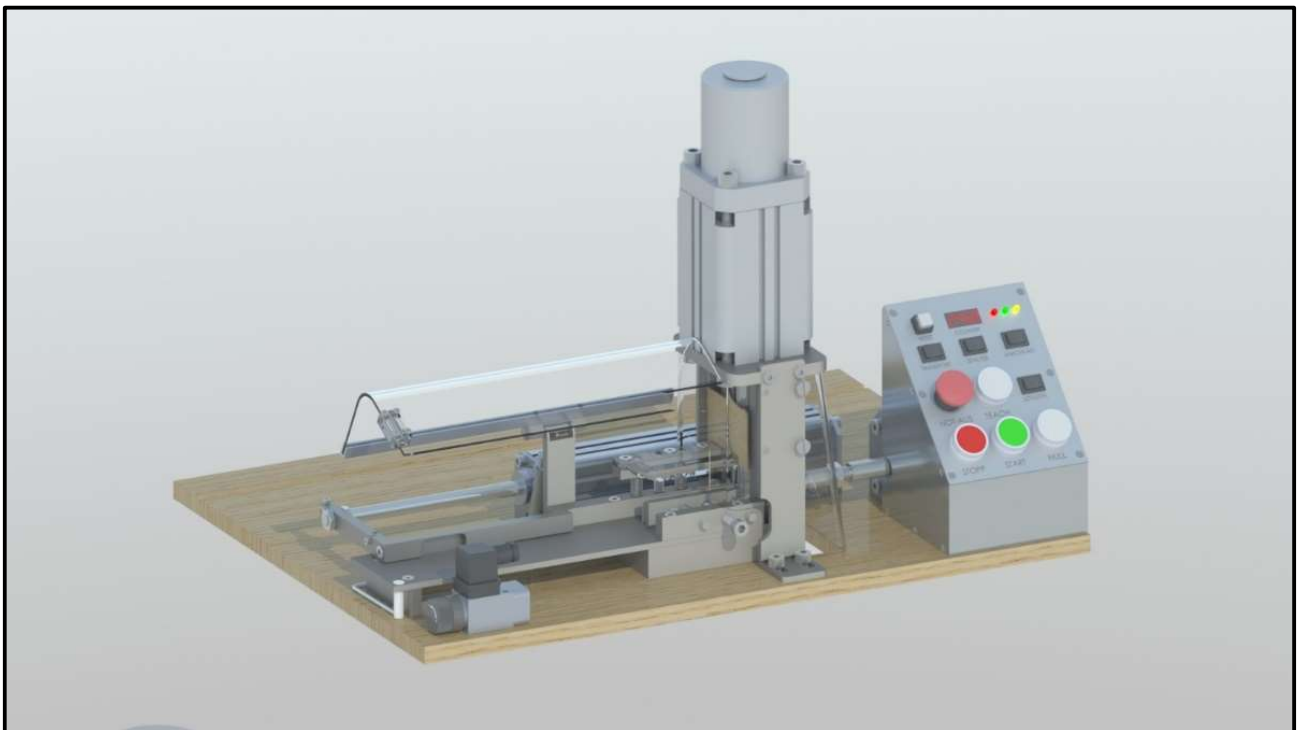


Projektarbeit

Pneumatik Schindelspalter



Autor:

Sönke Prösch

Maschinentechnik 4.Semester

Technische Akademie Nord

Betreuer:

Dr.-Ing. Hendrik Glaser

Abgabetermin: 16.05.2025

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Vorwort.....	III
Selbstständigkeitserklärung	IV
Abstract.....	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	VIII
1 Projektbeschreibung.....	1
1.1 Entstehung des Projektes.....	1
1.2 Aufgabenstellung des Projektes	1
1.3 Ausgangssituation	2
1.4 Anforderungen an die Maschine.....	2
2 Marktanalyse.....	3
2.1 Puppenhausminiaturen aus aller Welt	3
2.2 Heimwerkercenter	3
2.3 Fazit.....	4
3 Nutzwertanalyse.....	5
4 Empirische Studie	6
4.1 Zeiterfassung.....	6
4.2 Spaltkraft F Guillotine	7
4.3 Spaltkraft F Kranwaage.....	10
4.4 Spaltkraft F Berechnung.....	11
5 Konstruktiver Entwurf	13
5.1 Der Grundablauf	13
5.2 Baugruppen	14
5.3 Baugruppe Transport.....	15

5.4	Baugruppe Tisch.....	16
5.5	Baugruppe Schutzhaube	17
5.6	Baugruppe Spalter.....	18
5.6.1	Spalter	18
5.6.2	Spaltmesser	19
5.7	Baugruppe Dickenanschlag.....	20
5.8	Baugruppe Steuerung	21
5.8.1	Schaltpult.....	21
5.8.2	Raspberry Pi.....	22
5.8.3	IO Pi-Plus Board.....	23
5.8.4	16 Kanal Relaiskarte	24
5.8.5	7 Segmentanzeige	24
5.8.6	Elektrik und Elektronik.....	25
5.8.7	Pneumatik	26
5.8.8	Software	28
6	Kostenaufstellung.....	30
7	Risikobeurteilung.....	32
7.1	Risikobeurteilung EN ISO 12100	32
7.2	Grenzen der Maschine festlegen.....	33
7.3	Gefährdungen einschätzen	34
7.4	Gefährdung identifizieren	35
8	Fazit	36
9	Ausblick.....	37
10	Quellenverzeichnis.....	IX
11	Anhang.....	X

Vorwort

Diese Projektarbeit wird im Rahmen der Ausbildung zum staatlich geprüften Techniker an der Technischen Akademie Nord angefertigt und ist Bestandteil der Abschlussprüfung. Bei der Durchführung der Projektarbeit finden die neu erworbenen Kenntnisse Anwendung.

Zur besseren Verständlichkeit sind im Anhang Seiten der Größe DIN A3 zum Aufklappen eingefügt.

Ich möchte mich bei meinem Dozenten Herrn Dr. Ing. Glaser bedanken, der die Betreuung der Projektarbeit übernahm und mir im Laufe dieser mit hilfreichen Tipps zur Seite stand.

Selbstständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe und dass alle Stellen, die wortgleich oder sinngemäß anderen Werken entnommen sind, durch Angabe der Quellen kenntlich gemacht sind.

Ort und Datum

Unterschrift (Sönke Prösch)

Abstract

Diese Projektarbeit widmet sich der Konstruktion eines pneumatischen Schindelsplatters zur Produktion von kleinen Holzschindeln aus Lärchenholz. Wegen der geringen Abmaße von maximal $30 \times 25 \times 4$ mm kommen diese Schindeln auf Vogelhäusern zum Einsatz, aber auch Hobbybastler schätzen diese Schindeln. Zu Beginn der Arbeit wird ein Auszug einer Marktanalyse durchgeführt, um zu sehen, ob es solche Schindeln schon am Markt gibt und in welchem Preissegment sie sich bewegen. Danach werden die Anforderungen an die Maschine benannt. Es folgen zwei empirische Studien, mit deren Daten die Baugruppen konstruktiv entwickelt wurden. Im Anschluss wird die Steuerung mit den Bereichen Pneumatik, Elektronik und Software beschrieben. Danach folgt eine Kostenaufstellung und eine Risikobewertung wird analysiert. Am Ende der Arbeit folgt ein Fazit und ein Ausblick mit Möglichkeiten, dieses System zu verbessern. Aufgrund des Rahmens dieser Projektarbeit kann auf die Softwareprogrammierung nur bedingt eingegangen werden.

This project work is dedicated to the construction of a pneumatic shingle splitter for the production of small wooden shingles made from larch wood. Due to the small dimensions of a maximum of $30 \times 25 \times 4$ mm, these shingles are used on birdhouses, but hobbyists also appreciate these shingles. At the beginning of the work, an excerpt of a market analysis is carried out to see whether such shingles already exist on the market and in which price segment they are positioned. Afterwards, the requirements for the machine are specified. This is followed by two empirical studies, whose data were used for the constructive development of the assemblies. Subsequently, the control system is described, covering the areas of pneumatics, electronics, and software. This is followed by a cost breakdown and a risk assessment is analyzed. At the end of the work, a conclusion and an outlook with possibilities to improve this system follow. Due to the scope of this project work, the software programming can only be addressed to a limited extent.

Abkürzungsverzeichnis

$a = \text{Beschleunigung in } \frac{m}{s^2} \left(\frac{\text{Meter}}{\text{Sekunde}^2} \right)$

$s = \text{Strecke in m (Meter)}$

$v = \text{Geschwindigkeit in } \frac{m}{s} \left(\frac{\text{Meter}}{\text{Sekunde}} \right)$

$p = \text{Impuls in } \frac{kg * m}{s} \left(\frac{\text{Kilogramm * Meter}}{\text{Sekunde}} \right)$

$t = \text{Zeit in s (Sekunde)}$

$F = \text{Kraft in N (Newton)}$

$m = \text{Masse in kg (Kilogramm)}$

$VDC = \text{Volt Direct Current (Gleichstrom)}$

$d_K = \text{Kolbendurchmesser}$

$d_{KS} = \text{Kolbenstange Durchmesser}$

$p_{DL} = \text{Druckluft in bar}$

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: eigene Darstellung Vogelhaus	1
Abbildung 2: www.miniaturenworld.com	3
Abbildung 3: heimwerkercenter.de.....	3
Abbildung 4: eigene Darstellung Stecheisen	7
Abbildung 5: eigene Darstellung Guillotine	7
Abbildung 6: eigene Darstellung Rohmaterial.....	8
Abbildung 7: eigene Darstellung Frames.....	9
Abbildung 8: eigene Darstellung empirische Studie 2.....	10
Abbildung 9: eigene Darstellung Schliffbild 1.....	11
Abbildung 10: eigene Darstellung Schliffbild 2.....	11
Abbildung 11: eigene Darstellung Grundablauf.....	13
Abbildung 12: eigene Darstellung Transport.....	15
Abbildung 13: eigene Darstellung Fördertisch	16
Abbildung 14: eigene Darstellung Schutzhaube	17
Abbildung 15: eigene Darstellung Spalter.....	18
Abbildung 16: eigene Darstellung Spaltnmesser	19
Abbildung 17: eigene Darstellung Dickenanschlag.....	20
Abbildung 18: eigene Darstellung Schaltpult	21
Abbildung 19: eigene Darstellung Raspberry Pi	22
Abbildung 20: eigene Darstellung IO Pi-Plus.....	23
Abbildung 21: eigene Darstellung 16 Kanal Relaiskarte	24
Abbildung 22: eigene Darstellung 7 Segmentanzeige	24
Abbildung 23: eigene Darstellung Zustandsdiagramm	26
Abbildung 24: Risiko Beurteilung Quelle WEKA	32
Abbildung 25: Darstellung zur Risikoeinschätzung Quelle: CENELEC-LEITFADEN 32	34
Abbildung 26: eigene Darstellung Skizze.....	37
Abbildung 27: eigene Darstellung GPIO-Pins und MCP23017	LXVIII
Abbildung 28: Schaltplan erstellt mit Photoshop.....	LXIX
Abbildung 29: Stromlaufplan erstellt mit Photoshop	LXX
Abbildung 30: Pneumatikplan erstellt mit FluidSim 6	LXXI

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nutzwertanalyse	5
Tabelle 2: eigene Darstellung empirische Studie 1	8
Tabelle 3: eigene Darstellung Kosten	30
Tabelle 4: eigene Darstellung Grenzen der Maschine	33
Tabelle 5: eigene Darstellung Gefährdung.....	35

1 Projektbeschreibung

1.1 Entstehung des Projektes

Bei dem Bau von Vogelhausdächern wird in den meisten Fällen Dachpappe zum Schutz vor den Witterungseinflüssen eingesetzt. Dieser Schutz ist optisch nicht immer ansprechend. Eine alte Dachdeckerkunst besteht darin, das Dach mit Schindeln, die aus natürlichem Holz bestehen, einzudecken. Das genannte Dach ist optisch ansprechender. In der Abbildung 1 sind ca. 500 Schindeln verbaut. Bei der Herstellung einer



Abbildung 1: eigene Darstellung Vogelhaus

solchen Schindel ist das Ausgangsmaterial sehr wichtig. Lärchenholz ist witterungsbeständiger als andere Nadelhölzer. Es reichen schon wenige Zentimeter eines Holzabschnittes, welches frei von Ästen sein muss. Von diesem Abschnitt lassen sich mit relativ wenig Kraft 2-3 mm starke Schindeln mit einem Stecheisen und einem Hammer abspalten. Die Herstellung dieser Schindeln ist mit einem hohen Zeitaufwand verbunden und geht zwangsläufig mit einer ergonomisch ungünstigen Haltung einher. An dieser Stelle liegt es nahe, den beschriebenen Vorgang zu automatisieren.

1.2 Aufgabenstellung des Projektes

In der Projektarbeit wird ein automatischer Schindelspalter konstruiert. Wichtig hierbei ist es, dass die Schindeln gespalten und nicht geschnitten werden. Bei den gespaltenen Schindeln bleiben die Fasern intakt. Dadurch wird verhindert, dass die Gerbsäure austreten kann, und dies sorgt für eine längere Haltbarkeit. Intakte Fasern verhindern zudem das Eindringen von Wasser und sorgen dafür, dass das Wasser von der Oberfläche abperlen kann. Eine geschnittene Faser saugt das Wasser durch die Kapillarwirkung in sich auf. Die Folgen wären dann Schimmelbildung und Pilze.

Die Maschine soll folgende Arbeitsschritte automatisch ausführen: Nachdem das Rohmaterial eingelegt wurde, soll sie den Arbeitsbereich mit einer Schutzhaube verschließen und selbstständig den Transport übernehmen. Der Transport arbeitet eng mit dem Dickenanschlag zusammen und reguliert die Stärke der Schindeln. Nach dem Abspalten der Schindel soll diese mittels Schwerkraft durch eine Öffnung aus der Maschine herausfallen. Hier kann nach Bedarf eine Rutsche oder dergleichen angebracht werden. Zudem ist auf die Ausmaße der Maschine zu achten.

1.3 Ausgangssituation

Die Konstruktion fand unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Bearbeitungsmaschinen und Materialien statt. Zur Verfügung standen eine CNC-Bearbeitungsmaschine und eine manuelle Drehbank, sowie diverse andere Handwerkzeuge. Zur zeichnerischen Konstruktion kam das CAD-Programm Solidworks zum Einsatz. Aus einem früheren Projekt wurden erlernte Kenntnisse für die Steuerung über einen Raspberry PI genutzt. Damit die Maschine in einem finanziellen Rahmen bleibt, wurde zum Teil auf Materialien zurückgegriffen, die vorhanden waren. Aus diesem Grund wurde die Maschine um die vorhandenen Zylinder entwickelt.

1.4 Anforderungen an die Maschine

Die Auslegung der Maschine ist auf das Maximum von $40 \times 25 \times 4$ mm Schindeln ausgelegt. Bedienelemente sollen leicht zugänglich sein. Ein reibungsloser Ablauf muss mit den vorhandenen Mitteln realisiert werden. Der Bearbeitungsraum wird so gestaltet, dass während der Bearbeitung nicht in die Maschine gegriffen werden kann. Die Schindeln sollen eine gleichbleibende Stärke beibehalten. Tragende Teile müssen den Kräften standhalten. Bis auf das Einlegen des Rohmaterials soll die Maschine die Schindeln automatisch abarbeiten.

2 Marktanalyse

2.1 Puppenhausminiaturen aus aller Welt

Der Onlinehandel Puppenhausminiaturen aus aller Welt hat ein breites Portfolio für Modellbauer.¹

Material: Holz mit sichtbarer Maserung

Maße: Stärke: 0,1cm, Breite: 1,8cm, Länge: 3cm

Eigenschaften: naturbelassen, können mit Lasur, Beize oder Farbe bestrichen werden



Abbildung 2: www.miniaturenworld.com

Kosten: 7,13€ pro 100 Stück

2.2 Heimwerkercenter

Der Onlinehandel heimwerkercenter.de richtet sich an Heimwerker, der unter anderem diese Schindeln anbietet.²

Material: Fichtenholz

Maße: Stärke: 0,3cm, Breite: 2,3cm, Länge: 4cm

Eigenschaften: handgeschlagen

Kosten: 13,99€ pro 100 Stück



Abbildung 3: heimwerkercenter.de

¹<https://www.miniaturenworld.com/dachschindeln-bauteile-puppenstube-krippenbau-modellbau-miniaturen-neuhei-2024>.

²<https://www.heimwerkercenter.de/deko-modellbau/krippen-modellbau/100-stueck-dachschindel-handgeschlagen-naturfarben-4x2-3x0-3cm-krippen/a-6024>.

2.3 Fazit

In einer kleinen Recherche wurden nur wenige Anbieter, die ähnliche Schindeln produzieren, gefunden. Die ersten beschriebenen Schindeln machen den Eindruck, dass sie eher für den Modellbau im Innenbereich geeignet sind. Die Holzart ist nicht näher beschrieben, jedoch ist die Stärke der Schindeln nicht sehr stark. Die zweiten beschriebenen Schindeln sind mit den Abmessungen eher für den Außenbereich geeignet, jedoch ist das Ausgangsmaterial Fichtenholz, welches unbehandelt nicht den Witterungsverhältnissen standhalten würde. Des Weiteren ist der Preis für 100 Stück in einem höheren Segment angesiedelt. Ein Vogelhausdach, wie am Anfang der Arbeit beschrieben, würde mit 500 Schindeln 69,95 € kosten. Auf die Oberflächenbeschaffenheit kann nicht näher eingegangen werden, da die Schindeln nur auf dem Bild zu betrachten sind. Lediglich aus den zweiten Schindeln lässt sich schließen, dass die Oberfläche gespalten ist, da sie handgeschlagen ist.

3 Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse stellt eine Entscheidungshilfe dar. Es werden verschiedene Kriterien herangezogen und ihrer Relevanz nach gewichtet. In dieser Analyse werden verschiedene Gewichtungen simuliert, um aufzuzeigen, dass das Endergebnis stark von den Prioritäten der Personen abhängt, die eine Nutzwertanalyse durchführen. Es gibt zum Beispiel Personen, denen die Gesundheit wichtiger ist als die Kosten für so eine Maschine. Daher wurden drei Gruppen simuliert, bei denen diese Prioritäten ausschlaggebend sind. Die Gruppen sind Qualität, Kosten und Gesundheit.

Zur Bewertung stehen sich manuelle Herstellung und maschinelle Herstellung gegenüber. Die Bewertung der Alternativen erfolgt auf einer Skala von 1 bis 10, wobei 1 einen sehr geringen und 10 einen sehr hohen Nutzen darstellt. Am Beispiel des Kriteriums Herstellungskosten wird deutlich, wie diese Skala zur Anwendung kommt: Die manuelle Fertigung erhält die Höchstbewertung von 10, da die benötigten Werkzeuge Hammer und Stecheisen lediglich Anschaffungskosten von etwa 50 € verursachen. Die maschinelle Fertigung hingegen erfordert eine Investition von etwa. 5000 €, welches zu einer Bewertung von 1 führt.

Der Tabelle 1 können die Ergebnisse entnommen werden. Das Ergebnis zeigt auf, dass die maschinelle Fertigung mit 788 Punkten eine klare Empfehlung zum Bau der Maschine in der Gruppe Gesundheit aufweist. Die beiden anderen Gruppen haben zwar auch etwa 16 % mehr Punkte im Mittel, trotzdem sollten die Werte aber kritisch betrachtet werden, da die Kostendifferenz immerhin bei 4950 € liegt.

Tabelle 1: Nutzwertanalyse

Kriterium	Gewichtung			Handarbeit	Punkte			Maschine	Punkte		
	Quali.	Kost.	Gesu.		Quali.	Kost.	Gesu.		Quali.	Kost.	Gesu.
	Kosten Herstellung	20%	35%		8%	10	350		200	80	1
Qualität der Schindeln	30%	10%	17%	4	40	120	68	5	150	50	85
Anzahl Schindeln	12%	30%	5%	2	60	24	10	9	108	270	45
Körperliche Belastung	8%	8%	15%	2	16	16	30	10	80	80	150
Ergonomie	8%	5%	25%	1	5	8	25	10	80	50	250
Sicherheit	7%	5%	20%	2	10	14	40	8	56	40	160
Maßtreue	15%	7%	10%	3	21	45	30	9	135	63	90
Ergebnis:	100%	100%	100%		502	427	283		629	588	788

4 Empirische Studie

4.1 Zeiterfassung

Zur Datenerhebung der Zeit wurden mehrere Serien manuell hergestellt. Die gefertigten Abschnitte hatten eine Breite von etwa 2,3 cm und eine Länge von 4 cm. Als Werkzeuge kamen ein 600 g schwerer Zimmererhammer der Marke Picard sowie ein Stecheisen mit einer Klingenbreite von 28 mm zum Einsatz.

Das Werkstück wurde mit den Fingern der linken Hand fixiert, wobei der kleine Finger bis zum Mittelfinger zur Stabilisierung des Werkstücks diente, während Zeigefinger und Daumen zur Zentrierung des Stecheisens verwendet wurden. Durch einen leichten Schlag mit dem in der rechten Hand geführten Hammer wurden einzelne Schindeln vom Werkstück abgespalten.

Nach der Herstellung der ersten 40 Schindeln ergab die Stoppuhr eine Bearbeitungszeit von 2 Minuten und 15 Sekunden. Diese Arbeitsweise erwies sich als ergonomisch ungünstig. Bereits nach kurzer Zeit zeigte sich eine Verkrampfung der linken Hand. Es wurden zwei weitere Serien gefertigt, die ein ähnliches Ergebnis zeigten: Die Bearbeitungszeit für etwa 40 Schindeln lag dabei jedes Mal um die 2 Minuten.

Die Kontrolle der Schindelstärke erfolgte ausschließlich visuell. Eine Analyse zeigt, dass ein hoher Anteil der produzierten Schindeln Ausschuss war. Das Maß für diese Schindeln sollte 3–3,6 mm betragen. Dies sei aber nur am Rande erwähnt, da es bei dieser Studie nur um die Zeiterfassung ging.

4.2 Spaltkraft F Guillotine

In dieser Studie geht es darum, die Kraft zu ermitteln, die nötig ist, um eine Schindel vom Holzstück abzuspalten. Das Werkzeug in Abbildung 4 hat einen An-schliff von 18° und wird Stecheisen genannt. In einem einfachen, sehr kurzen Test wurde ein Holzstreifen auf eine handelsübliche Personenwaage gelegt. Auf

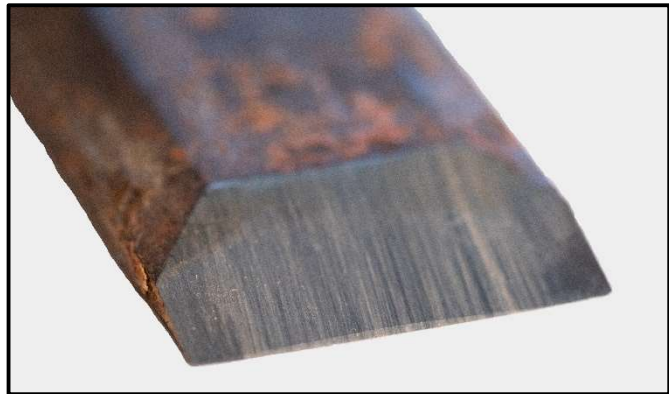


Abbildung 4: eigene Darstellung Stecheisen

das Stecheisen, das sich in einer Position von 3 mm zum Rand hin befand, wurde eine Kraft aufgebracht, bis sich eine Schindel abgespalten hat. Nach zweimaligem Durchführen hat die Waage einen Wert von ca. 36 Kilogramm angezeigt. Mit der Gewichtskraft von ca. 36 Kilogramm lässt sich errechnen, dass eine Kraft von 353 N benötigt wird.

$$F = 36\text{kg} * 9,81 \frac{\text{kg} * \text{m}}{\text{s}^2} = 353 \text{ N}$$

Um genauere Ergebnisse zu bekommen, wurde eine Guillotine (Abbildung 5) gebaut. Das Stecheisen wurde auf ein Brett montiert, welches zwischen zwei Führungsschienen aus verschiedenen Höhen auf den Holzstreifen hinuntergleiten kann.

Technische Daten

der Guillotine:

Fallhöhe: max. 80cm

Fallgewicht: 0,911kg

Stecheisen: 28mm

Scheidenkeil: 18°

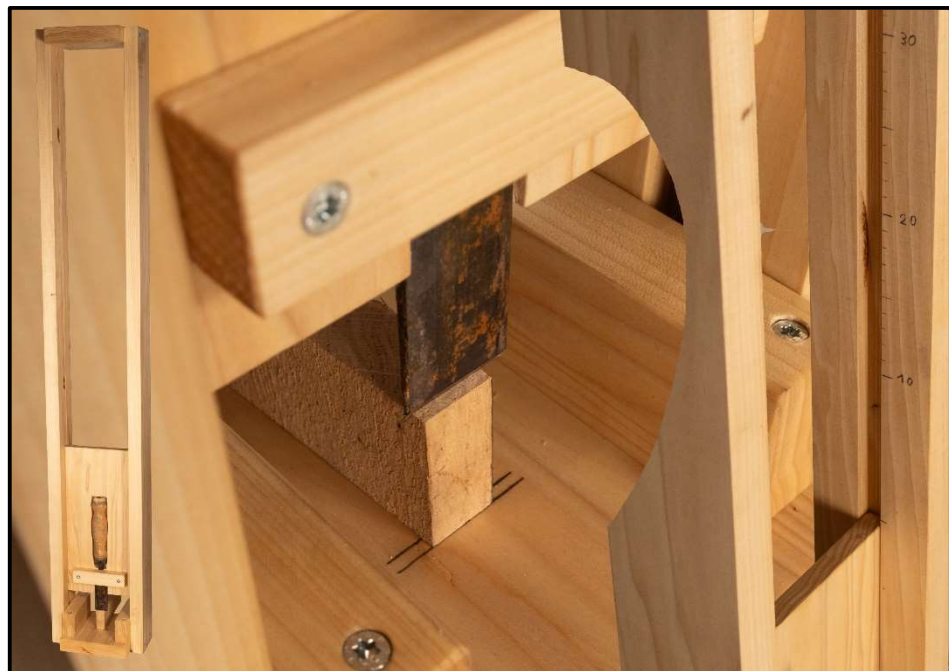


Abbildung 5: eigene Darstellung Guillotine

Das Holzstück aus Lärchenholz (Abbildung 6) hat die Abmaße von 23,5 × 40 mm bei einer Länge von 160 mm. Im Folgenden wird es Rohmaterial genannt. Wie in Abbildung 5 zu sehen ist, wurde das Rohmaterial an die Markierung gelegt und das Stecheisen auf eine Höhe von 30 cm gebracht. Angetrieben von der Erdanziehungskraft mit 9,81 Metern pro Sekunde, bewegt sich das Gestell mit dem darauf befestigten Stecheisen auf das Rohmaterial hinab. Im Ergebnis wurde eine Schindel sauber abgespalten. In der Tabelle 2 wurden die Ergebnisse von mehreren Serien zur Auswertung eingetragen. In der Tabelle stehen die Zahlenwerte für die Eindringtiefe der Schneide in mm. Das X bedeutet, dass ein Spaltvorgang erfolgreich durchgeführt wurde.

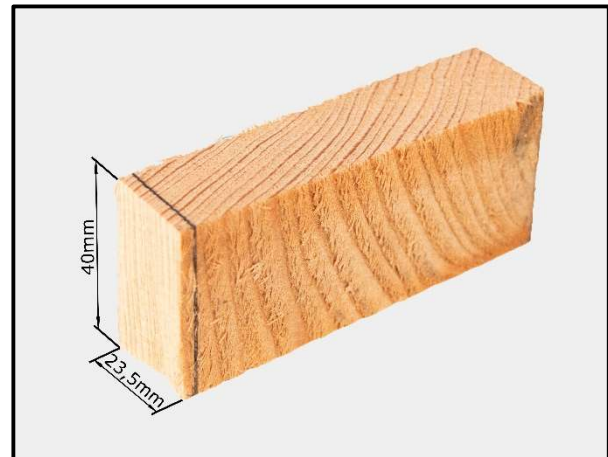


Abbildung 6: eigene Darstellung Rohmaterial

Im Ergebnis wurde eine Schindel sauber abgespalten. In der Tabelle 2 wurden die Ergebnisse von mehreren Serien zur Auswertung eingetragen. In der Tabelle stehen die Zahlenwerte für die Eindringtiefe der Schneide in mm. Das X bedeutet, dass ein Spaltvorgang erfolgreich durchgeführt wurde.

Tabelle 2: eigene Darstellung empirische Studie 1

	Versuch Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fallhöhe 10 cm	2	3	3,5	2,5	2	1,5	1	3,5	1	2
15 cm	3	8	3	2	4	3	3,5	4,5	2	5
20 cm	X	6	10	X	12	X	X	X	9	X
25 cm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30 cm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Zahlenwerte sind die Eindringtiefe der Schneide in mm. X = Spaltung										

Die Auswertung hat ergeben, dass ab einer Fallhöhe von 25 cm die Schindel sauber vom Rohmaterial abgespalten worden ist. Für die Berechnung ist der Wert von 30 cm zum Einsatz gekommen. Bei dieser Berechnung wurde die Reibung an den Führungsschienen außer Acht gelassen, weil die Führungen sehr leichtgängig sind.

Berechnung der Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{2 * a * s} = \sqrt{2 * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,3m} = 2,42 \frac{m}{s}$$

Berechnung Impuls

$$p = m * v = 0,911kg * 2,42 \frac{m}{s} = 2,2 \frac{kg * m}{s}$$

Für die Kraftberechnung ist es erforderlich, die Zeitspanne des Auftreffens der Schneide zu ermitteln. Mit Filmmaterial, welches 100 Bilder in der Sekunde aufgenommen hat, war es möglich, einzelne Bilder zu exportieren. Zwei dieser Bilder sind in der Abbildung 7 zusammengefügt. Der Abbildung kann entnommen werden, dass sich die Schneide in der Zeit von 0,42 Sekunden ca. 1 mm weit in das Rohmaterial eingearbeitet hat. Die Annahme, 0,42 Sekunden für 1 mm, wird damit begründet, dass das Filmmaterial 24 Bilder pro Sekunde ausgibt. Daraus resultiert die Berechnung

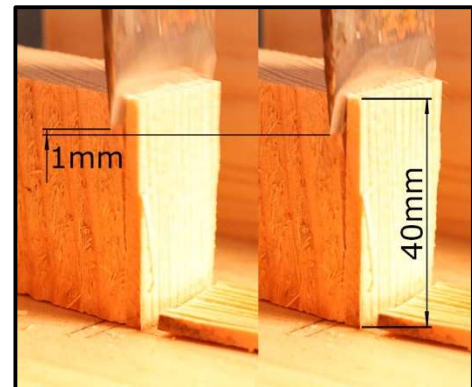


Abbildung 7: eigene Darstellung Frames

$$Frame_{zeit} = \frac{1s}{24 Frames} = 0,42 s$$

Für den Impuls wird eine Strecke von 0,01 mm zugrunde gelegt, so wird der Faktor mit 100 beschrieben. Das Filmmaterial erlaubt zwei Bilder in einem Abstand von 0,42 Sekunden. In dieser Zeit ist der Weg der Schneide um 1 mm vorangeschritten. Um die Strecke von 0,01 mm darzustellen, muss die Strecke von 1 mm mit 100 dividiert werden, ebenso auch die Zeit.

$$s = \frac{1mm}{100} = 0,01$$

$$t = \frac{0,42 s}{100} = 0,0042 s$$

Berechnung Kraft in Newton:

$$F = \frac{p}{t} = \frac{2,2kg * m}{0,0042s * s} = 523 \frac{kg * m}{s^2} = 523N$$

Zusammengesetzte Formel:

$$F = \frac{0,911 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,3} * 100}{0,42} \frac{kg * m * m * s * s}{s * s * s} = 526,23N$$

4.3 Spaltkraft F Kranwaage

In einer zweiten Studie wurde der Fokus darauf gelegt, die Schindeln langsam abzuspalten. In dem neuen Modell wird die Kraft über einen Hebelarm, der mittig zwischen zwei Säulen gelagert ist, aufgebracht. Darunter befindet sich eine Wippe. Auf der einen Seite liegt diese auf dem oberen Ende des Stecheisens auf und die andere Seite überträgt die Kraft zum Hebelarm. Der Kraftfluss wird von einer Kranwaage geschlossen. Wichtig ist bei der Konstruktion, dass die Hebelarme der Wippe gleich lang sind. Durch Druck auf den Hebelarm wird an der Kranwaage die Gewichtskraft gemessen, die über die Wippe auf das Stecheisen einwirkt. Auch diese Studie

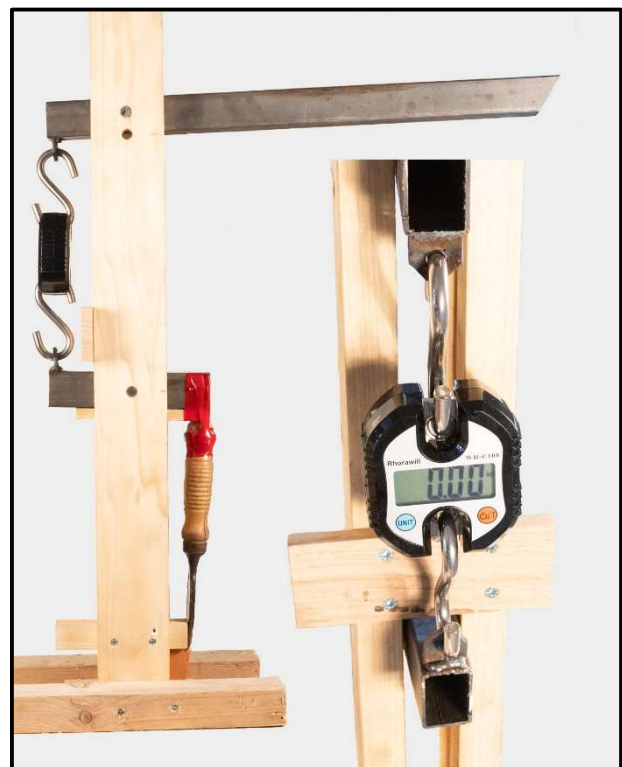


Abbildung 8: eigene Darstellung empirische Studie 2

wird ohne Reibungen berechnet. Zum einen, da hier nur Stahl auf Stahl reibt, und zum anderen wird sich später herausstellen, dass die Reibung zu diesem Zeitpunkt keine Relevanz hat. Bei dieser Methode sind Werte zwischen 15 Kilogramm und 46,5 Kilogramm entstanden, wobei der Bereich von 20–39 Kilogramm am häufigsten vertreten war. Drei Werte fanden sich im unteren Bereich der 40 Kilogramm wieder und ein Wert mit 46,5 Kilogramm im oberen Bereich. Daraus kann abgeleitet werden, dass eine Gewichtskraft von 45 Kilogramm bzw. 441 N benötigt wird.

$$F = 45kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 441,45 N$$

Allein wegen dem einen Ausreißer von 46,5 Kilogramm, ist es zwingend notwendig eine größere Kraft anzusetzen.

4.4 Spaltkraft F Berechnung

Es wird noch eine rein rechnerische Methode zu Rate gezogen. Bei der Berechnung wird die Kraft herangezogen, die nötig ist, einen Quadratmillimeter Lärchenholz unter 90° Zug von den Fasern abzutrennen. Dieser Wert wird mit

$$F = 0,4 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

angegeben³.

$$F = \frac{\text{Höhe} * \text{Breite} * \text{Zugfestigkeit}}{1} = \frac{23,5 * 40 * 0,4 \frac{\text{mm} * \text{mm} * N}{\text{mm}^2}}{1} = 376 N$$

Auf Abbildung 9 ist die Oberflächenlinie kenntlich gemacht und stellt dar, dass die Fläche aus der ersten Rechnung dieser Seite nicht ganz stimmen kann, denn diese wellige Form ist die Ursache dafür, dass beim Abspalten immer andere Kräftewerte entstehen.

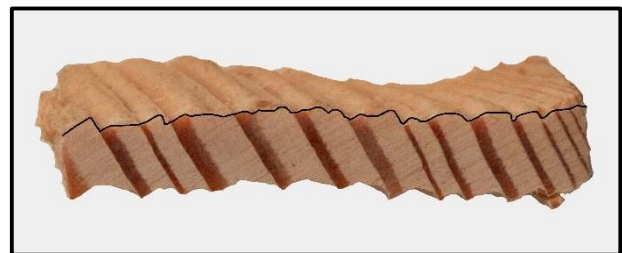


Abbildung 9: eigene Darstellung Schliffbild 1

Die Länge dieser Linie ist ausschlaggebend für die benötigte Kraft. Bei dem abgebildeten Schliffbild ist eine Länge von 26 mm gemessen worden. Dieses bedeutet, dass sich die Fläche um ca. 10 % vergrößert hat.

$$F = \frac{\text{Höhe} * \text{Breite} * \text{Zugfestigkeit}}{1} = \frac{26 * 40 * 0,4 \frac{\text{mm} * \text{mm} * N}{\text{mm}^2}}{1} = 416 N$$

Auf der Abbildung 10 ist dargestellt, dass beim Spalten die ersten Fasern geschnitten werden, bevor es zu einer Abspaltung kommt.



Abbildung 10: eigene Darstellung Schliffbild 2

³ Krings, Wolfgang: Kleine Baustatik Grundlagen der Statik und Berechnung von Bauteilen, 17 Auflage, Springer Verlag 2015, S.203.

Jetzt kommen drei Werte zusammen, die nicht weit auseinanderliegen. 526 N, 441 N und 416 N.

Aus Datenblatt ADVU-63-80-P-A-S2 Seite XIII geht hervor, dass der Zylinder zum Spalten mit 6 bar Luftdruck eine Kraft von 1750 N erzeugt. Dieses ist auch der Grund dafür, dass die Reibung keine Anwendung gefunden hat. Würde die benötigte Kraft zum Spalten mit 600 N festgelegt werden, gibt es noch eine Reserve, die fast dreimal so hoch ist wie die 600 N.

5 Konstruktiver Entwurf

5.1 Der Grundablauf

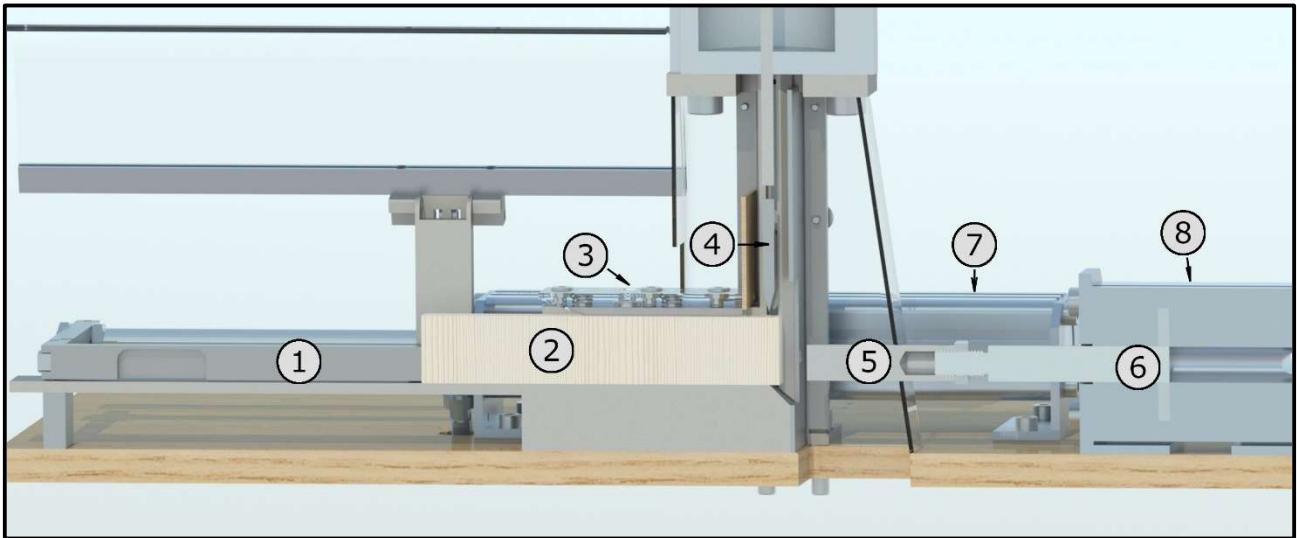


Abbildung 11: eigene Darstellung Grundablauf

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| ① Transportschieber | ② Rohmaterial |
| ③ Niederhalter | ④ Spaltmesser |
| ⑤ Dickenanschlag | ⑥ Kolbenstange |
| ⑦ Pneumatikzylinder Transport | ⑧ Pneumatikzylinder Anschlag |

Der Arbeitszyklus der Maschine beginnt auf der linken Seite mit dem Transportschieber (Pos. 1), der das Rohmaterial (Pos. 2) in Richtung der Schneideeinheit befördert. Zwischen dem Rohmaterial und dem Niederhalter verbleibt ein definierter Spalt, um eine reibungsarme Bewegung zu gewährleisten.

Sobald das Ende des Rohmaterials die Schneidposition erreicht, wird das Spaltmesser (Pos. 4) aktiviert und trennt die Schindel vom Werkstück ab.

Die gewünschte Schindelstärke wird über den einstellbaren Dickenanschlag (Pos. 5) festgelegt, welcher durch einen Pneumatikzylinder (Pos. 8) angetrieben und über eine Kolbenstange (Pos. 6) positioniert wird.

Dieser Ablauf beschreibt die grundlegende Funktionsweise der Maschine während eines Arbeitszyklus.

5.2 Baugruppen

Das Gesamtsystem ist in sechs funktionale Baugruppen unterteilt:

Transport: Diese Einheit ist für den kontinuierlichen Vorschub des Rohmaterials zuständig.

Tisch: Auf dieser Baugruppe wird das Rohmaterial geführt und entlang seiner Bearbeitungsrichtung transportiert.

Schutzhaube: Die Schutzhaube ist oberhalb des Tisches montiert. Sie gewährleistet den sicheren Betrieb des Systems und schützt den Bediener vor mechanischen Gefahren.

Spalter: Diese Einheit übernimmt die Trennung der Schindeln vom Rohmaterial.

Dickenanschlag: Der Dickenanschlag dient der präzisen Festlegung der Materialstärke der herzustellenden Schindeln.

Steuerung: Als zentrale Steuereinheit koordiniert sie sämtliche Abläufe und stellt sicher, dass alle Prozesse synchron und sicher ablaufen.

5.3 Baugruppe Transport

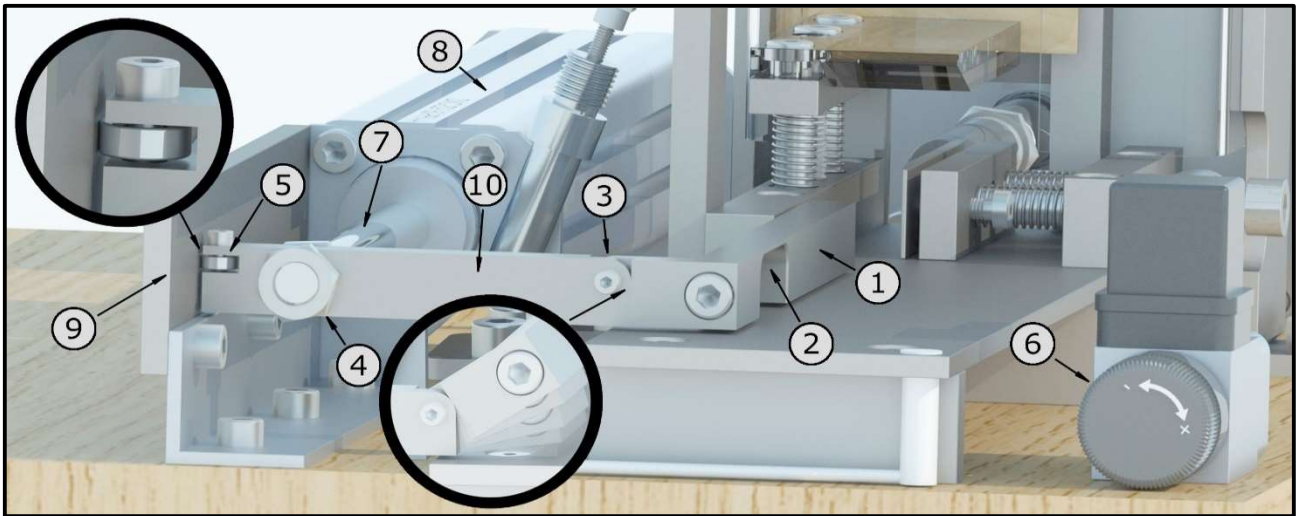


Abbildung 12: eigene Darstellung Transport

- | | | |
|---------------------|---------------------|-------------------|
| ① Transportschieber | ② Griffmulde | ③ Scharnier |
| ④ Kontermutter | ⑤ Kugellager | ⑥ Druckschalter |
| ⑦ Kolbenstange | ⑧ Pneumatikzylinder | ⑨ Führungsschiene |
| ⑩ Querträger | | |

Die Kolbenstange (Pos. 7) wird durch den Pneumatikzylinder⁴ (Pos. 8) angetrieben und überträgt ihre Bewegung über den Querträger (Pos. 10) auf den Transportschieber (Pos. 1). Am Ende der Kolbenstange (Pos. 7) befinden sich zwei Kontermuttern (Pos. 4) zur einmaligen Positionierung des Transportschiebers. Der Transportschieber ist zur manuellen Bedienung mit einer Griffmulde (Pos. 2) versehen. Ein Scharnier (Pos. 3) ermöglicht das Anheben des Transportschiebers, um neues Rohmaterial nachzulegen. Das Rohmaterial wird entlang des festen Tischanschlags bis zum Dickenanschlag befördert. Durch den Kontakt des Rohmaterials mit dem Dickenanschlag steigt der pneumatische Druck an. Der voreingestellte Druckschalter (Pos. 6) registriert die Druckerhöhung und deaktiviert den Pneumatikzylinder. Aufgrund der U-förmigen Konstruktion des Antriebs verläuft die Kraftübertragung der Kolbenstange nicht geradlinig. Aus den daraus resultierenden Querkräften ist zur Kompensation ein Kugellager (Pos. 5) integriert, welches die Kräfte an die Führungsschiene (Pos. 9) ableitet.

⁴ Anhang Seite XV Datenblatt: DNC-32-160-PPV-A

5.4 Baugruppe Tisch

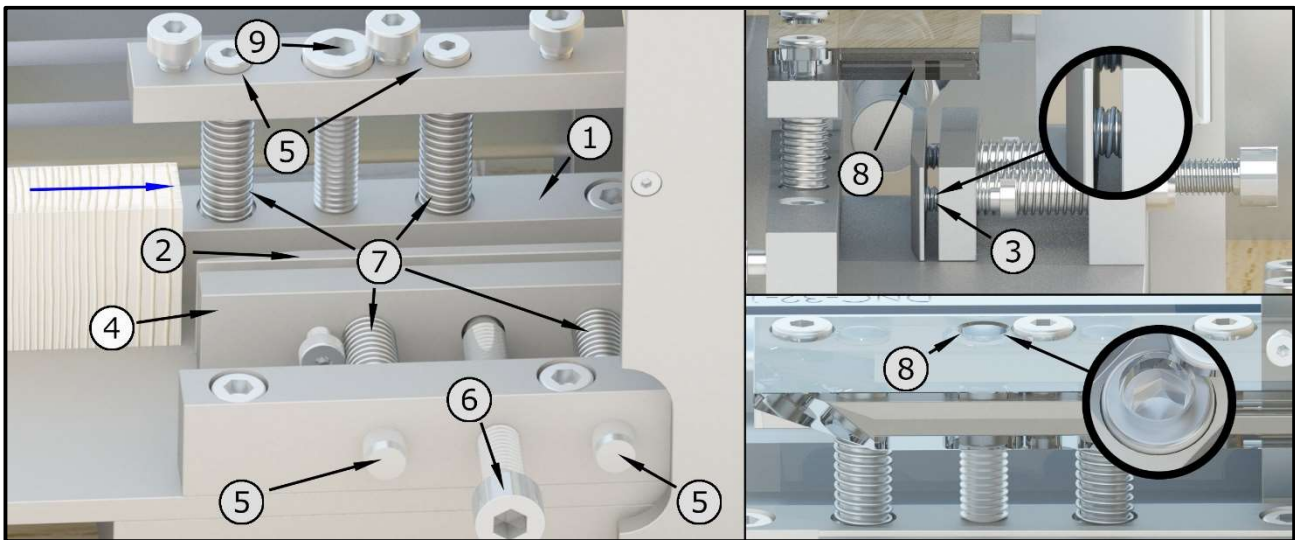


Abbildung 13: eigene Darstellung Fördertisch

- | | | |
|--------------------|------------------|---------------------|
| ① Tischanschlag | ② Gleitschuh | ③ Druckfeder |
| ④ Gleitschuhhalter | ⑤ Führungsstifte | ⑥ Justierschraube 1 |
| ⑦ Druckfedern | ⑧ Niederhalter | ⑨ Justierschraube 2 |

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde in Abbildung 13 auf der linken Seite die Darstellung des Niederhalters (Pos. 8) weggelassen. Das Rohmaterial wird durch den Transportschieber entlang des Tischanschlags (Pos. 1) geführt. Dabei übt der Gleitschuh (Pos. 2) einen Anpressdruck von etwa 2 Newton auf das Material aus. Dieser Druck wird durch zwei Druckfedern (Pos. 3) erzeugt, die zwischen dem Gleitschuh und dem Gleitschuhhalter (Pos. 4) angeordnet sind.

Der Gleitschuhhalter ist auf Führungsstiften (Pos. 5) gelagert und lässt sich über die Justierschraube 1 (Pos. 6) an die Breite des Rohmaterials anpassen. Zusätzlich sind alle Führungsstifte mit Druckfedern (Pos. 7) ausgestattet, die eine Kraft von etwa 20 N aufbringen. Diese Konstruktion verhindert eine unbeabsichtigte Verstellung der Justierschrauben durch äußere Einflüsse, wie Vibrationen oder Erschütterungen. Zudem stellt sie sicher, dass der Niederhalter (Pos. 8) in seiner oberen Endposition verbleibt.

Die Feinjustierung des Niederhalters erfolgt über die Justierschraube 2 (Pos. 9), wobei ein definierter Abstand von ca. 0,5 mm zwischen Niederhalter und Rohmaterial eingehalten wird.

5.5 Baugruppe Schutzhaube

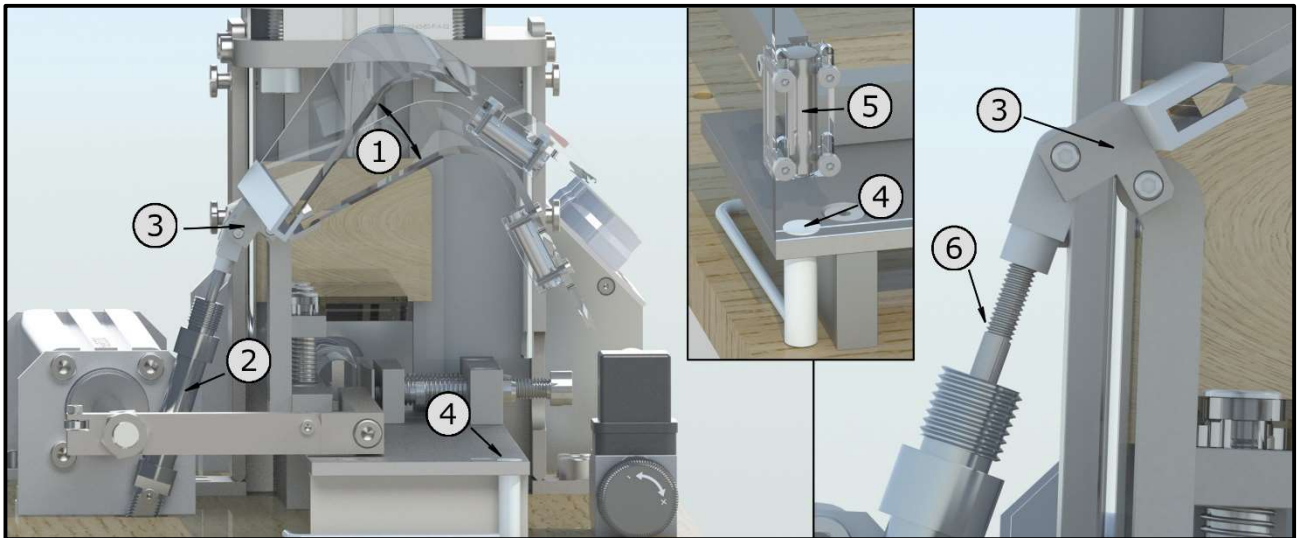


Abbildung 14: eigene Darstellung Schutzhaube

- | | | | |
|---|-------------|---|-------------------|
| ① | Schutzhaube | ② | Pneumatikzylinder |
| ③ | Scharnier | ④ | Reedkontakt |
| ⑤ | Magnet | ⑥ | Kolbenstange |

Die Schutzhaube (Pos. 1) wird durch einen Pneumatikzylinder⁵ (Pos. 2) angetrieben. Der Zylinder ist über eine Passschraube in der unteren Befestigungsbohrung beweglich gelagert und kann somit den Bewegungen am Scharnier (Pos. 3) folgen.

Über das Gewinde an der Kolbenstange (Pos. 6) lässt sich die Position der Schutzhaube so einstellen, dass diese im geschlossenen Zustand spaltfrei abschließt.

Zur Überwachung der Endlage dient ein kontaktlos arbeitender Reedkontakt (Pos. 4), der durch einen integrierten Magneten (Pos. 5) in der Schutzhaube aktiviert wird. Dieser Kontakt bildet ein sicherheitsrelevantes Element innerhalb des Systems, da der Spaltvorgang nur dann gestartet werden kann, wenn die Schutzhaube vollständig geschlossen ist.

Die Öffnungs- und Schließgeschwindigkeit der Schutzhaube wird mittels zweier Drosselventile am Drucklufteinlass und -auslass feinjustiert.

⁵ Anhang Seite XVI Datenblatt: DSNU-10-15-P-A

5.6 Baugruppe Spalter

5.6.1 Spalter

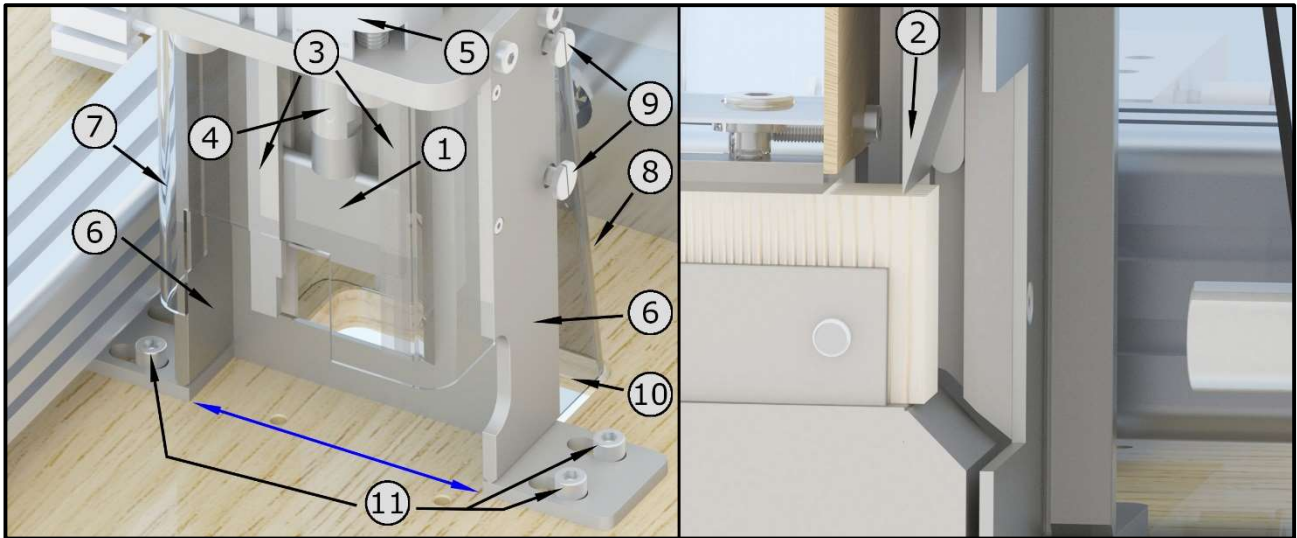


Abbildung 15: eigene Darstellung Spalter

- | | | |
|-------------------|---------------------|--------------------|
| ① Spaltmesser | ② Schliff 18° | ③ Führungsschienen |
| ④ Kolbenstange | ⑤ Pneumatikzylinder | ⑥ Säulen |
| ⑦ vorderer Schutz | ⑧ hinterer Schutz | ⑨ Rändelschrauben |
| ⑩ Öffnung | ⑪ Schrauben | |

Mit dem Spaltmesser (Pos. 1) wird die Schindel vom Rohmaterial abgetrennt und bewegt sich vertikal innerhalb der beiden Führungsschienen (Pos. 3). Um ein Verdrehen des Spaltmessers um die eigene Achse der Kolbenstange (Pos. 4) zu verhindern, wird es präzise in den Führungen gehalten. Der Pneumatikzylinder⁶ (Pos. 5) ist auf zwei Säulen (Pos. 6) montiert. An diesen Säulen ist der vordere Plexiglasschutz (Pos. 7) fest verschraubt, während der hintere Plexiglasschutz (Pos. 8) mittels Rändelschrauben (Pos. 9) befestigt ist. Letzterer lässt sich im Störfall schnell und werkzeuglos entfernen. Die durch den Spaltvorgang entstehenden Schindeln fallen durch eine Öffnung (Pos. 10) nach unten. Dies verhindert eine Ansammlung der Schindeln im Arbeitsbereich, was den kontinuierlichen Ablauf des Spaltprozesses sicherstellt. Da mit der Anlage Schindeln unterschiedlicher Breite gefertigt werden sollen, lässt sich der gesamte Maschinenturm über die Schrauben (Pos. 11) seitlich verstellen. Dadurch kann die Kolbenstange exakt mittig über dem Rohmaterial ausgerichtet werden.

⁶ Anhang Seite XIII Datenblatt: ADVU-63-80-P-A-S2

5.6.2 Spaltmesser

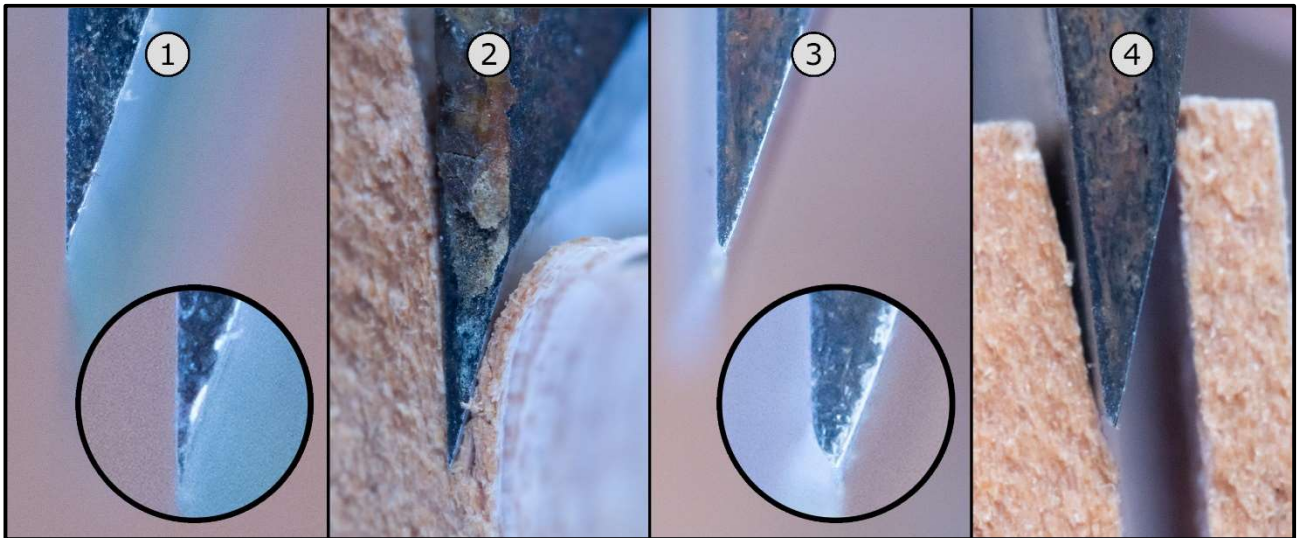


Abbildung 16: eigene Darstellung Spaltmesser

Hier geht es vor allem um die Geometrie der Schneide. In Bild 1 ist die Schneide auf 18° angeschliffen. Die dabei entstehenden Flächen verlaufen bei dieser Geometrie spitz zusammen. Dieser Anschlag ist zwar besonders scharf, hat aber unter anderem den Nachteil, dass die Schneide sehr anfällig ist und zum anderen, wie in Bild 2 zu sehen ist, würde die Schneide die Schindel schneiden und nicht wie gewünscht abspalten. In Bild 3 hat die Schneide einen kleinen Radius bekommen. Jetzt ist die Schneide in der Lage, in das Holz einzudringen, aber der Radius verhindert, dass weitere Fasern durchtrennt werden. Die Schneide kann dann wie in Bild 4 an den Fasern entlanggleiten, die Keilwirkung der Schneide bleibt erhalten und hebt die Schindel dann sauber ab. Der Radius bewirkt auch, dass das Rohmaterial wieder leicht zurückgeschoben wird. Um dem Rohmaterial den Raum zu bieten, den es braucht, wurde bei dem Transport darauf geachtet, dass der Transportschieber um 10 mm zurückverfährt. Würde das Rohmaterial fest an dem Transportschieber anliegen, wäre die Schneide gezwungen, nach vorne auszuweichen. Dieses würde dann dazu führen, dass das Spaltmesser in der Führung eine große Reibung aufbaut.

5.7 Baugruppe Dickenanschlag

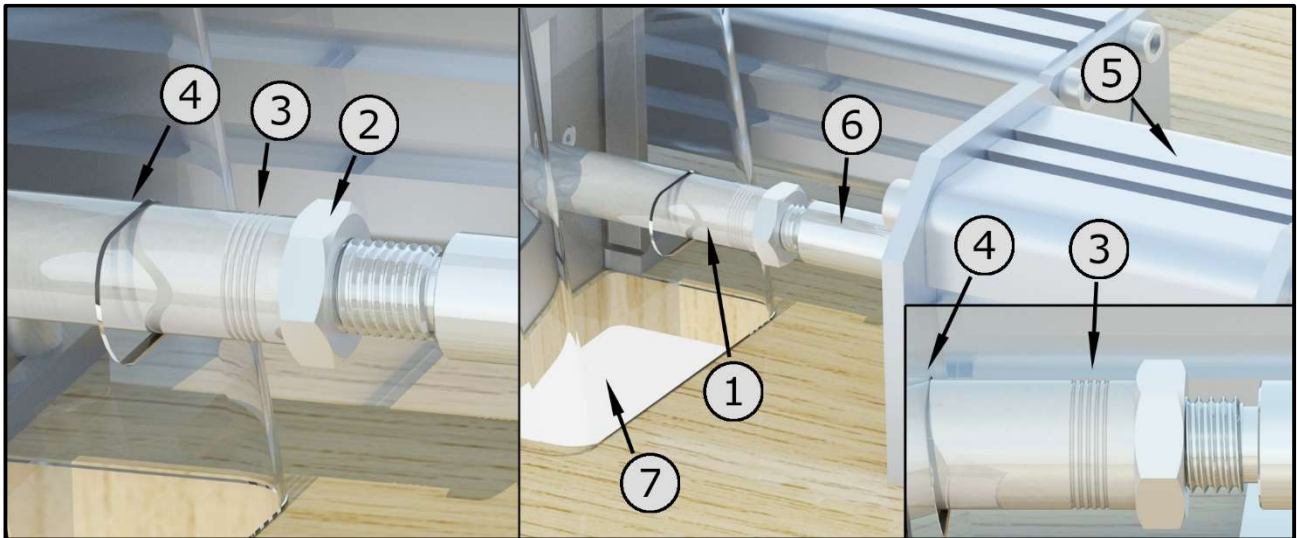


Abbildung 17: eigene Darstellung Dickenanschlag

- | | | |
|-------------------|----------------|----------------|
| ① Dickenanschlag | ② Kontermutter | ③ Skala |
| ④ Plexiglasschutz | ⑤ Zylinder | ⑥ Kolbenstange |
| ⑦ Öffnung | | |

Der Dickenanschlag (Pos. 1) dient zur Begrenzung des Transports des Rohmaterials. Er wird durch den zugehörigen Pneumatikzylinder⁷ in die vordere Endlage gefahren. Die Einstellung der Schindelstärke erfolgt ausschließlich über das Gewinde an der Kolbenstange (Pos. 6). Nach erfolgter Justierung wird der Dickenanschlag mittels einer Kontermutter (Pos. 2) fixiert. Eine Skala (Pos. 3), deren Rillen im Abstand von jeweils 1 mm eingestochen sind, dient zur visuellen Kontrolle der Einstellung. Während des Justiervorgangs befindet sich diese Skala in unmittelbarer Nähe zum Plexiglasschutz (Pos. 4), was das Ablesen erleichtert. Der Pneumatikzylinder des Dickenanschlags wurde mit einem Kolbendurchmesser von 50 mm ausgelegt, um den im Betrieb entstehenden Kräften zuverlässig standzuhalten. Er ist damit so dimensioniert, dass er dem Druck des gegenüberliegenden Transportzylinders (Kolbendurchmesser 32 mm) widerstehen kann. Da der Dickenanschlagzylinder über eine etwa 2,4-fach größere Kolbenfläche verfügt als der Transportzylinder, kann er auch eine entsprechend höhere Gegenkraft erzeugen. Dies gewährleistet eine zuverlässige Positionierung des Rohmaterials.

⁷ Anhang Seite XIV Datenblatt: ADVU-50-50-A-P-A

5.8 Baugruppe Steuerung

5.8.1 Schaltpult

Über das Schaltpult wird das System eingerichtet und gesteuert. Mittig oben bildet das digitale Display die Anzahl der Schindeln ab. Der Reset-Taster setzt das Zählwerk auf null zurück. Die Leuchtdioden signalisieren mit rot, dass sich die Maschine im Stillstand befindet. Grün deutet auf den Betrieb hin und gelb steht für den Teachmodus, der mit der Teach-Taste aktiviert wird. In diesem Modus werden alle Einstellungen überprüft, in dem sich die Aktoren nur langsam bewegen. So kann zum Beispiel das Spaltmesser heruntergefahren werden, um zu überprüfen, wo es die Schindel abspalten würde. Zum Verfahren der einzelnen Komponenten dienen die vier Wipptaster mit den Beschriftungen Transport, Spalter, Anschlag und Schutzhaube.

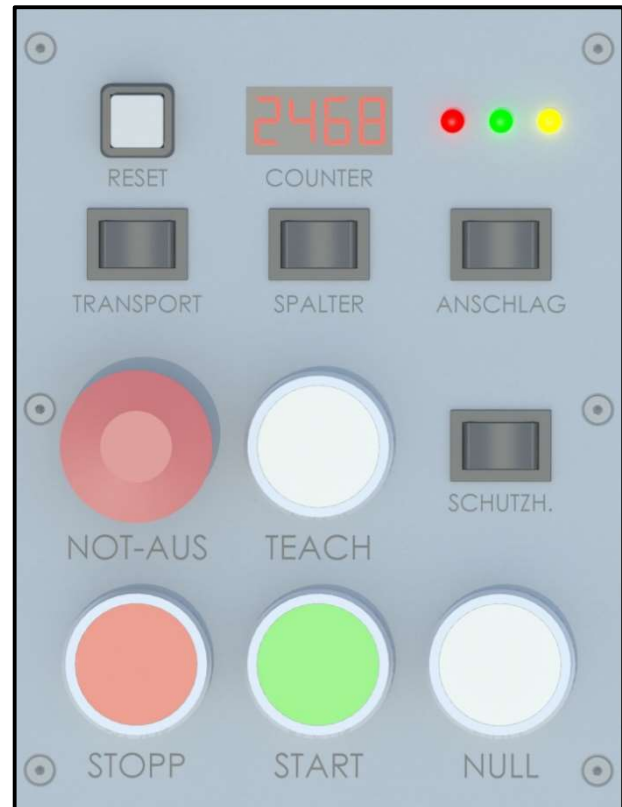


Abbildung 18: eigene Darstellung Schaltpult

Für die Sicherheit ist ein Not-Aus-Schalter verbaut. Die Taster „Start“ und „Stopp“, dienen zum Starten und Stoppen der Maschine. Der Nulltaster fährt die Maschine in ihre Ausgangslage zurück. Diese Funktion kommt zum Einsatz, wenn eine kleine Störung vorliegen sollte. Zum Beispiel kann es nach Betätigung der Stopp-Taste nötig sein, die Maschine in ihren Ursprung zu versetzen.

5.8.2 Raspberry Pi

„Der Raspberry Pi ist ein Minicomputer in der Größe eines Smartphones. (Einige Modelle sind sogar noch kleiner.) Eben so klein ist auch der Preis, der je nach Modell nur ca.40 € beträgt.

Seinen großen Erfolg verdankt der Raspberry Pi einer winzigen Steckerleiste für allgemeine Ein- und Ausgabezwecke. In der Fachsprache heißt sie *General Purpose Input/Output* (GPIO). Elektronikbastler können an diese Steckerleiste Messinstrumente und andere Geräte anschließen bzw. darüber steuern.

Dadurch ermöglicht der Raspberry Pi eine riesige Palette von Anwendungen: von der selbst gebauten Feinstaub-Messstation über die Steuerungsanlage für die Solaranlage, von >>intelligenten<< Spielzeug-Robotern bis hin zur Heimautomation. Der Raspberry Pi ist in Museen präsent, wo er technische Exponate kindertauglich macht, und er wird in Schulen und Universitäten eingesetzt, um Studenten kostengünstig in die Welt des Embedded Computings einzuführen.“⁸

- ① GPIO-Pins
- ② Display-Port
- ③ SD-Karte
- ④ Power 5V
- ⑤ HDMI
- ⑥ Kamera-Port
- ⑦ Audio-Out
- ⑧ LAN-Port
- ⑨ 4 x USB 2.0

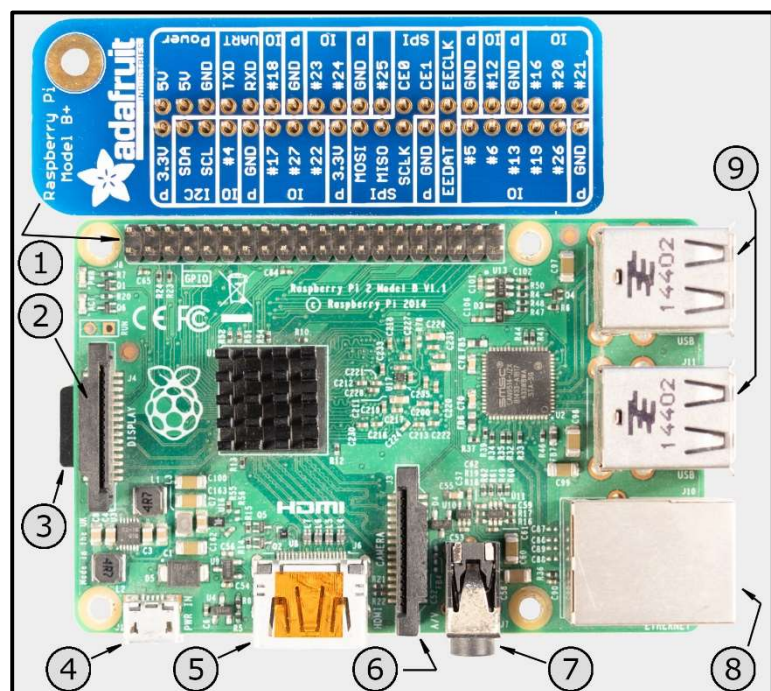


Abbildung 19: eigene Darstellung Raspberry Pi

⁸ Kofler, Kühnast, Scherbeck, 2022 S.17

5.8.3 IO Pi-Plus Board

„Ein beliebter Baustein mit I²C-Protokoll ist der MCP23017. Dabei handelt es sich um einen Porterweiterungsbaustein. Sie haben mit dem MCP23017 die Möglichkeit, dem Raspberry Pi bis zu 16 zusätzliche Ein- und Ausgänge hinzuzufügen. Sie opfern lediglich den SCL- und SDA-Anschluss des Raspberry Pi, um den Baustein mit dem Bus zu verbinden.“⁹

In diesem Projekt wird der Raspberry Pi mittels der Buchsenleiste, die sich unterhalb des IO Pi-Plus-Board in Abbildung 20, mit der GPIO-Stiftleiste des Raspberry Pi verbunden. Auf dem Board befinden sich zwei MCP23017-Bausteine und bilden die Porterweiterung zu den GPIO-Pins. Durch diese beiden Bausteine wird erreicht, dass nur über zwei Pins des Raspberry Pi weitere 32 Ein- und Ausgänge zur Verfügung stehen. Im Anhang auf der Seite LXVIII kann entnommen werden, dass lediglich die Pins SDA und SCL für die Kommunikation mit dem MCP23017-Baustein benötigt werden.

- ① GPIO-Pins
- ② Ein- Ausgänge
- ③ Extern 5V GND
- ④ Ein- Ausgänge
- ⑤ Adressierung A0-A2

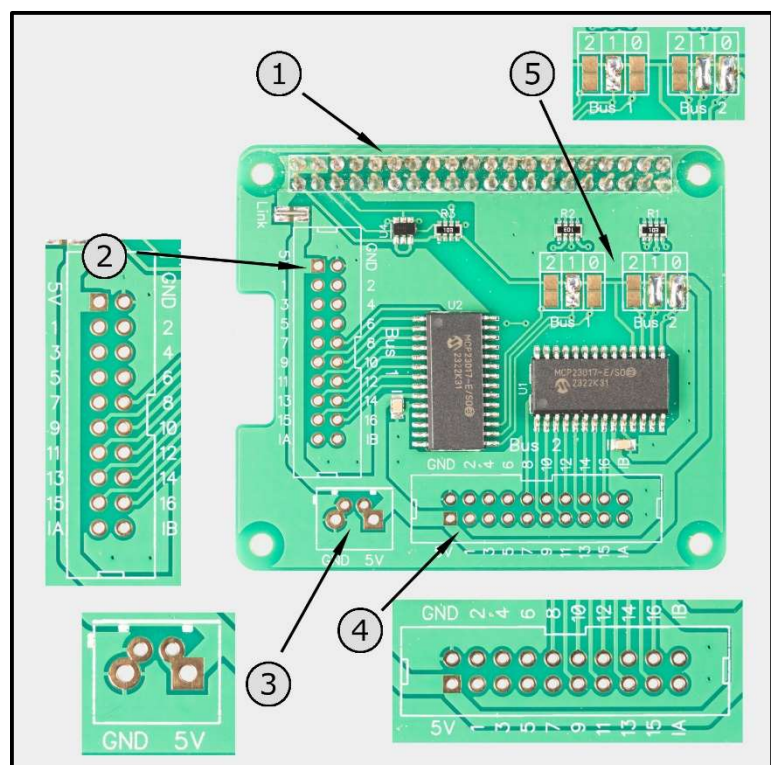


Abbildung 20: eigene Darstellung IO Pi-Plus

⁹ Kofler, Kühnast, Scherbeck (2015): S.477

5.8.4 16 Kanal Relaiskarte

Die in Abbildung 21 dargestellte 16-Kanal-Relaiskarte wird mit den übrigen GPIO-Pins des Raspberry Pi verbunden und dient der Steuerung der verbauten Pneumatikventile. Die elektrische Verdrahtung ist ersichtlich im Anhang Seite LXIX.



Abbildung 21: eigene Darstellung 16 Kanal Relaiskarte

5.8.5 7 Segmentanzeige

In der Abbildung 22 ist eine 7-Segmentanzeige zu sehen, die mit TM1637 bezeichnet wird. Diese stellt den Counter in dem System dar und benötigt zwei von den noch freien GPIO-Pins. Der Counter gibt Auskunft darüber, wie oft eine Schindel abgespalten wurde.



Abbildung 22: eigene Darstellung 7 Segmentanzeige

5.8.6 Elektrik und Elektronik

Für den Betrieb der Maschine wird ein Hausanschluss mit 230 V Wechselstrom 50 Hz benötigt. Die benötigten 24 VDC für die Pneumatik und die 5 VDC für den Raspberry Pi werden über das Mean Well Schaltnetzteil (Datenblatt Seite XX) bereitgestellt. Im Anhang (Seite LXX) befindet sich der Stromlaufplan. Hier ist anzumerken, dass Relais mit der Bezeichnung x.0 und x.1 vorhanden sind. Die Relais mit der Endung x.0 stehen für die Relais in der Pneumatik und die Relais mit x.1 stehen für die Relais, die vom Raspberry Pi angesprochen werden. Aus Zeitgründen wurde auf eine Verwendung von Optokopplern bei der Ansteuerung der Relais verzichtet, die dann die x.0 Relais ersetzen würden. Deshalb schaltet das x.0 Relais das Relais x.1. Der Stromlaufplan verdeutlicht, dass der Not-Aus-Schalter über einen Öffnerkontakt die 24 V für pneumatische Bauteile freigibt. Weiter ist dieser Plan so entwickelt, dass allein die Steuerung der Zylinder für den normalen Betrieb von dem Raspberry Pi übernommen wird. Nach einem Druck auf den Taster „Teach“ wird nur das Relais K9.0 angesprochen. Hinter K9.0 verbirgt sich, dass die Wipptaster T7 bis T14 mittels des Schließerkontakts freigeschaltet werden. Gleichzeitig unterbricht der Öffnerkontakt des Relais K9.0 die Stromzufuhr zu den 5/2 Wegeventilen 2V2, 3V2 und 4V2. Dem Plan ist weiterhin zu entnehmen, dass an einigen Strompfaden eine hexadezimale Adresse angegeben ist. Diese werden später bei der Programmierung benötigt und sind den Pins eindeutig zugewiesen. Eine bessere Veranschaulichung ist im Anhang auf Seite LXIX ersichtlich. Diesem Schaltplan kann entnommen werden, welchem Pin welche Aufgabe zugewiesen wird.

5.8.7 Pneumatik

In der Abbildung 23 ist das Zustandsdiagramm ersichtlich, welches den Ablauf der Zylinder und den berührungslosen Kontakten darstellt. Der Antrieb dieser Maschine wird durch eine aufbereitete Druckluftversorgung von 6 bar sichergestellt, die extern angeschlossen wird. Der Pneumatikplan wird im Anhang auf Seite LXXI dargestellt. In diesem Projekt werden nur Ventile genutzt, die durch ein Relais angesprochen werden. Dieses bedeutet, dass eine Spannung anliegen muss, um das Ventil anzusteuern. Der Vorteil bei dem 5/3-Wegeventil ist, dass dieses Ventil in seine

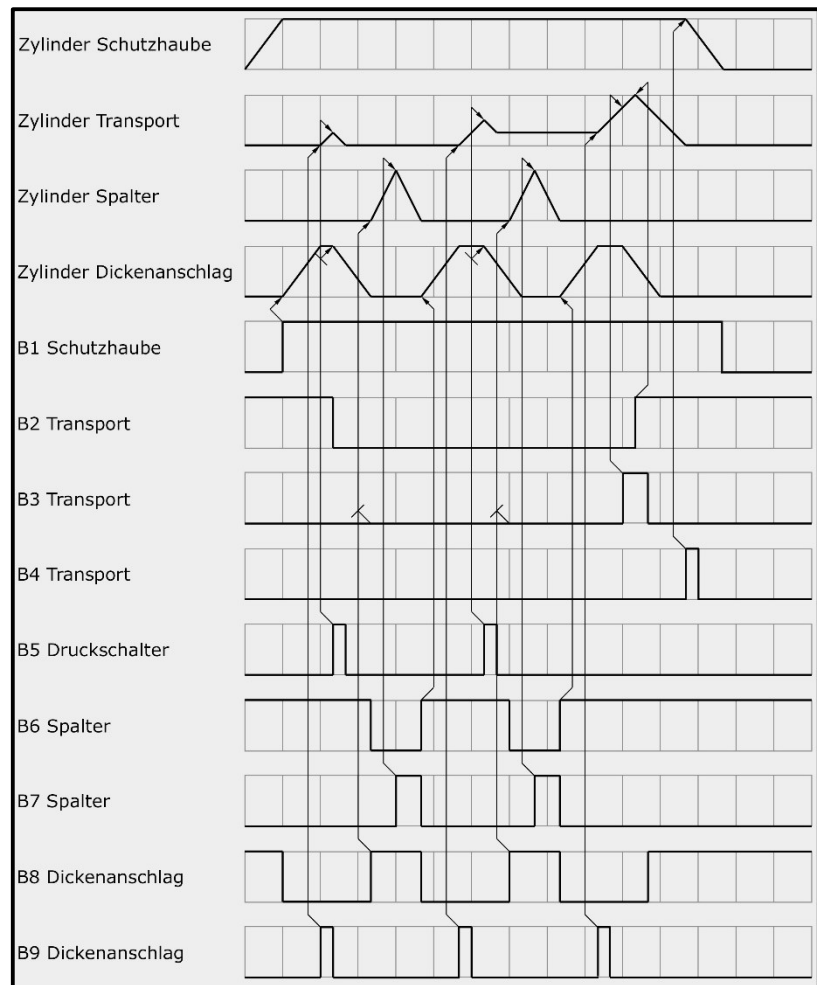


Abbildung 23: eigene Darstellung Zustandsdiagramm

Grundstellung zurückfällt, wenn keine Spannung anliegt. In dem System gibt es zwei Modi, in denen die Zylinder arbeiten. Zum einen im normalen Betrieb, bei dem die Kolben mit einer definierten Geschwindigkeit arbeiten, und zum anderen im Teachmodus, bei dem alle Kolben mit einer stark gedrosselten Geschwindigkeit arbeiten. Für diese gedrosselte Geschwindigkeit sind 5/2-Wegeventile eingesetzt. Es werden drei Ventile dieser Bauart verwendet (Datenblatt Seite XIX). Diese drei Ventile werden gemeinsam angesteuert. Direkt hinter dem Ventil sind zwei Drosselventile verbaut. Je nach Stellung des Ventils wird der Luftdruck unterschiedlich gedrosselt. Unter Spannungszufuhr ist die Drosselung so eingestellt, dass der normale Betrieb gewährleistet ist. Fällt die Spannung ab, ist die Drosselung so stark reduziert, dass alle Kolben nur sehr langsam verfahren können. Dieses dient der Sicherheit. Durch Auslösen des Not-Aus-Schalters wird die gesamte Spannung entzogen. Sollte aus unvorhersehbaren Gründen noch ein Kolben in Bewegung sein, wird dieser durch die Drosselung zusätzlich gebremst. Die Ansteuerung der Zylinder erfolgt über mehrere 5/3-Wegeventile (Datenblatt Seite XVIII). Anhand der Funktion des Dickenanschlags wird das

recht einfache Prinzip des Pneumatikplans (Seite LXXI) erläutert. Das 5/3-Wegeventil hat auf beiden Seiten eine Ansteuerung mittels Relais. Die Ansteuerungsseite K7.0 bewirkt ein Ausfahren des Kolbens, bis der berührungslose Kontakt B9 aktiviert wird. Der Kontakt sagt aus, dass sich der Kolben in der vorderen Endlage befindet. Der Raspberry Pi erkennt diese Stellungen und kann mit einem Programm die Steuerung des Systems übernehmen. Das Relais K8.0 lässt den Kolben wieder in seine hintere Endlage verfahren. Dieses Prinzip ist für jeden Zylinder gleich, außer bei dem Transportzylinder. Hier finden noch die berührungslosen Kontakte B3 und B5 Anwendung. Der Kontakt B5 ist für den Transport verantwortlich. Dieser legt fest, wann der Zylinder stoppen soll. Der Kontakt B3 sagt lediglich aus, dass der Rest des Rohmaterials nur noch eine bestimmte Länge hat und der Transportschieber dieses zu kurze Rohmaterial aus der Maschine herausschiebt und der Zyklus von vorne beginnen kann.

Der Kolben vom Transportzylinder hat einen Durchmesser von 32 mm, das entspricht einer Fläche von 804 mm². Von dieser Fläche muss noch die Querschnittsfläche der Kolbenstange abgezogen werden. Dem Datenblatt im Anhang Seite XV kann entnommen werden, dass der Betriebsdruck für den Transportzylinder von 0,6–12 bar ausgelegt ist.

Berechnung, mit welcher Kraft der Kolben bei 0,6bar arbeitet:

d_K Kolbendurchmesser = 32mm, d_{KS} Kolbenstange = 12mm, p_{DL} Druckluft = 0,6 bar

$$p_{DL} = 0,6 \text{ bar} = 0,06 \frac{N}{mm^2}, \quad F = \text{Kolbenkraft}$$

$$F = \left(\frac{\pi * d_K^2}{4} - \frac{\pi * d_{KS}^2}{4} \right) * \frac{N}{mm^2} = \left(\frac{\pi * (32mm)^2}{4} - \frac{\pi * (12mm)^2}{4} \right) * \frac{0,06 N}{mm^2} = 41,5 N$$

Das entspricht einer Gewichtskraft von $\frac{41,5N * kg}{9,81 N} = 4,23 kg$.

Der pneumatische Kreislauf für die Schutzhaube kommt mit zwei Drosselrückschlagventilen aus. Das Öffnen der Schutzhaube wird von dem Raspberry Pi durch eine Zeitvorgabe geregelt. Für das Schließen ist der berührungslose Kontakt B1 verantwortlich.

5.8.8 Software

In diesem Abschnitt wird der Raspberry Pi durch Raspi abgekürzt. Die Logik für die Steuerung wird über ein Script (Programm) in der Programmiersprache Python 3.0 auf dem Raspberry Pi realisiert. Aus Zeitgründen wird nur auf die Struktur eines Scriptes eingegangen. Im Anhang ab Seite LXVI ist eine Anschauung ersichtlich. Am Anfang eines Scriptes werden einige Bibliotheken durch den Befehl "*import*" für die angefügten Komponenten aufgerufen. Die Zeile "*import tm1637*" gibt dem Raspi die Informationen, die der Raspi benötigt, um mit der Komponente zu agieren. Das ist zu vergleichen, wie ein Treiber bei einem Personal Computer. Komfortabel ist es, wenn die einzelnen Adressen in eine Funktion geschrieben werden, dieses wird mit "*def*" eingeleitet. An dieser Stelle ist es von Vorteil den Funktionen eindeutige Namen zu geben, wie "*SpaAus*" ,was Spalter Ausfahren bedeutet. In der nächsten Zeile, die eingerückt sein muss, fangen die Befehle zur Aktion an. So bedeutet "*GPIO.output (16, GPIO.HIGH)*" ,dass das Relais mit der BCM Adresse 16 auf Null gezogen wird und das Relais keinen Strom bekommt. Diese Absicherung stellt sicher, dass das gegenüberliegende Relais K6.0 von dem 5/3 Wegeventil stromlos gemacht wird, um dann das Relais K5.0 anzusteuern. Das Ansteuern des Relais 5.0 wird mit dem Befehl "*GPIO.output (18, GPIO.LOW)*" ausgeführt. Mit der Zeile "*while True:*" wird eine Endlosschleife gestartet, was bedeutet, dass alle Zeilen ab diesem Zeitpunkt ununterbrochen durchlaufen werden, bis ein Abbruch von außerhalb erfolgt.

Bei diesem Projekt stehen in diesen Zeilen der Endlosschleife die logischen Befehle zur Steuerung der Zylinder. In dieser Schleife stehen nur "*if*" Anweisungen, die eine Bedingung erfüllen müssen. Ist eine solche Bedingung erfüllt, werden die zuvor festgelegten Funktionen ausgeführt. Das kann verglichen werden mit dem Lichtschalter in einem Kühlschrank. Ist die Tür geschlossen wird der Kontakt für das Licht unterbrochen und beim Öffnen der Tür schließt dieser Kontakt. In Python würde das so aussehen.

if Türgeschlossen == ja:

LichtAus()

if Türgeschlossen == nein:

LichtAn()

Mit der Zeile:

EingangA = bus.read_byte_data (0x21,0x12)

werden die Eingänge des MCP23017-Chips ausgelesen. "*EingangB*" stellt eine Variable dar, in der Informationen gespeichert werden. Bei jedem Durchlauf dieser Zeile wird ein neuer Wert in die Variable geschrieben. Dieser Wert wird dann in einem Script von einer "*if*" Bedingung abgefragt. Die Zeile lautet dann

if EingangB & 16 == 16:

In den nächsten Zeilen werden dann Kommandos geschrieben die unter den Funktionen beschrieben sind.

6 Kostenaufstellung

Tabelle 3: eigene Darstellung Kosten

Anbauteile PSS				
Posten	Bezeichnung	Stück	Einzel Preis	Gesamt Preis
Zylinder Spalter	ADVU-63-80-PA-S2	1	521,11 €	521,11 €
Zylinder Dickenanschlag	ADVU-50-50-A-P-A	1	331,84 €	331,84 €
Zylinder Transport	DNC-32-160-PPV-A	1	154,40 €	154,40 €
Zylinder Schutzhaube	DSNU-10-15-P-A	1	49,50 €	49,50 €
Drosselrückschlagventil	DRVE 18 C	2	14,34 €	28,68 €
Abluftdrosselventil	GRE-1/8	6	19,79 €	118,74 €
5/3 Wegeventil	VUUG-L10-P53E-T-M5-1P3	4	119,48 €	477,92 €
5/2 Wegeventil	CPE14-M1BH-5L-1/8	3	156,13 €	468,39 €
Pneumatik Kleinteile	Steckanschluss, Kabel etc.	1	50,00 €	50,00 €
Mechanisch Kleinteile	Schrauben etc.	1	20,00 €	20,00 €
Lohnkosten	In Stunden	32	75,00 €	2.400,00 €
Stahl/Aluminium Halbzeuge		1	155,26 €	155,26 €
Raspberry Pi		1	40,00 €	40,00 €
IO Pi Plus		1	17,50 €	17,50 €
16 Relaiskarte		1	12,80 €	12,80 €
TM 1637		1	3,56 €	3,56 €
Elektronik Kleinteile		1	15,00 €	15,00 €
Schalter Taster		1	44,56 €	44,56 €
Mean Well Netzteil		1	22,13 €	22,13 €
Gesamtpreis				4.931,39 €

Der Tabelle 3 können die Preise einiger wichtiger Bauteile entnommen werden. Zu erwähnen ist, dass die pneumatischen Zylinder vorgegeben waren, aber nicht optimal für dieses System ausgelegt sind. Es können günstigere, zweckdienlichere Zylinder verwendet werden. So kann zum Beispiel der Transportzylinder, der keine großen Massen bewegen muss, durch einen Festo DNSU-12-160-P-AA ausgetauscht werden, der dann bei 0,6 bar noch eine Masse von 0,5 kg bewegen kann. Die Kosten sinken bei dem Zylinder dann von 154,40 € auf 55,54 €. Ein weiterer Zylinder, der heraussticht, ist der Dickenanschlagzylinder. Vom Prinzip würde es reichen, wenn dieser Zylinder einen Mikrotaster vor und zurück bewegt, um den Anschlagpunkt zu bestimmen. Das bedeutet, dass dieser Zylinder keiner Krafteinwirkung ausgesetzt ist und gegen einen viel kleineren ersetzt werden kann, wie zum Beispiel den Festo DSNU-12-50-P-A, der mit geringen 53,45 € aufruft, im Gegensatz zu den 331,84 € für den verwendeten Zylinder. Auch bei dem Zylinder zum Spalten ist Sparpotenzial vorhanden, das sich mit einer Differenz von 198,32 € bemerkbar macht, wenn der Festo

ISO 15552-Zylinder verwendet wird. Der ADVU-63-80-PA-S2 hat aber den Vorteil, dass er eine beidseitige Kolbenstange besitzt und so ein zusätzliches Gewicht angebracht werden könnte, falls es beim Spalten Probleme gibt. Nur diese drei Zylinder ergeben eine Kostenersparnis von ca. 675 €. Es sollte auch nicht außer Acht gelassen werden, dass die Lohnkosten unter dem Aspekt der Einzelfertigung entstanden sind. Mit einer modernen CNC-Maschine, die mit CAM-CAD arbeiten kann und ein Nullpunktspannsystem vorweisen kann, würden sich die Kosten drastisch senken. An diesem Punkt kann nur abgeschätzt werden, wie sich der Preis verändert. Der Bereich von 60–70 % Zeitersparnis scheint realistisch zu sein und würde bedeuten, dass sich die Kosten für die Fertigung um 1680 € reduzieren würden. Alles in allem sinken dann die Kosten auf 2576,39 €.

7 Risikobeurteilung

7.1 Risikobeurteilung EN ISO 12100

Das Schaubild Abbildung 24 zeigt die logischen Schritte die bei einer Risikobeurteilung zu berücksichtigen sind.¹⁰

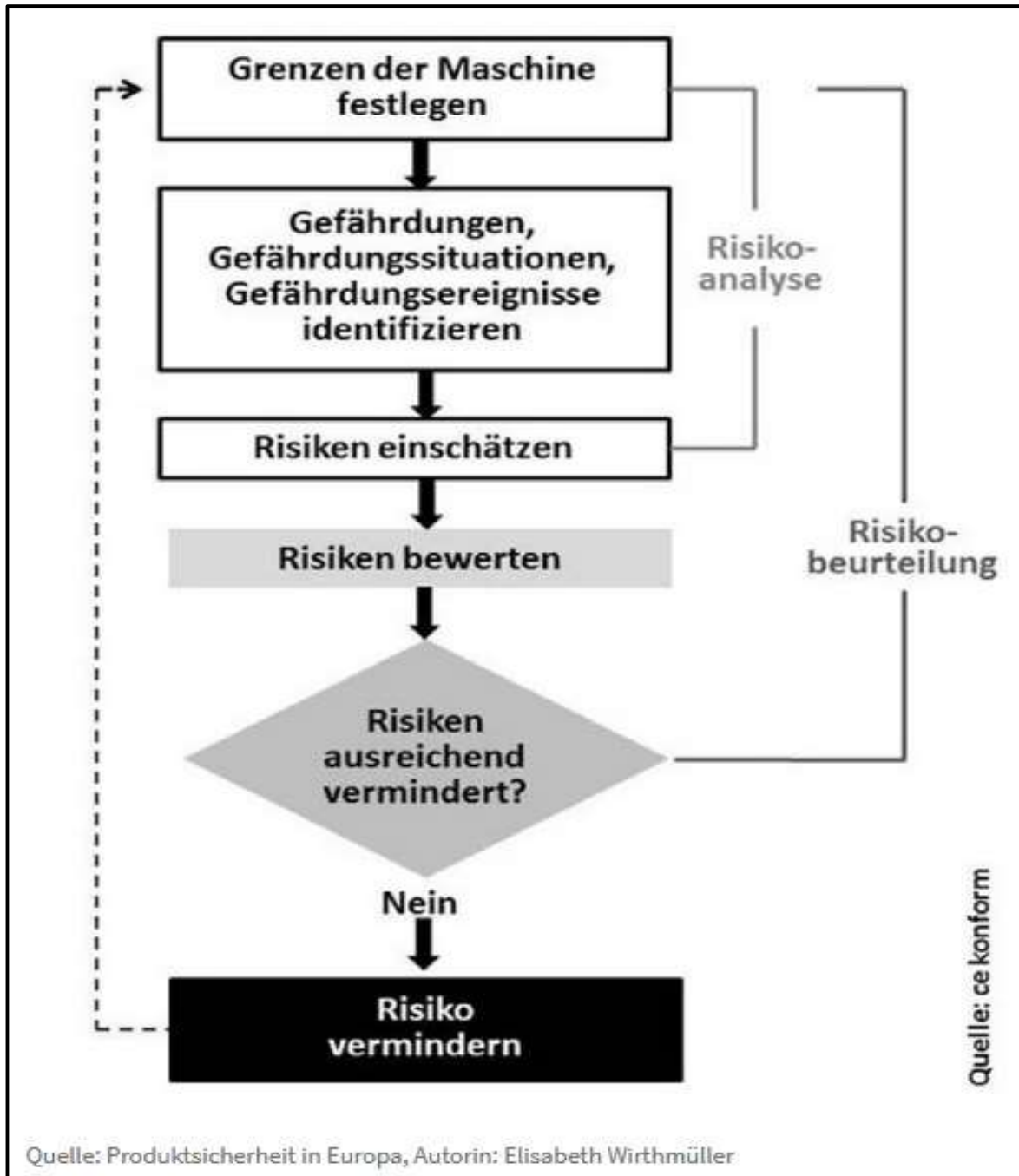


Abbildung 24: Risiko Beurteilung Quelle WEKA

¹⁰ vgl. WEKA: „Die Risikobeurteilung nach EN ISO 12100:2011-03“, abrufbar unter: <https://www.weka-manager-ce.de/risikoanalyse/risikobeurteilung-en-iso-12100-schritt-fuer-schritt-bewertung-risiken-maschine/>, letzter Zugriff: 24.04.2025

7.2 Grenzen der Maschine festlegen

Tabelle 4: eigene Darstellung Grenzen der Maschine

a. Verwendungsgrenzen	
bestimmungsmäßige Verwendung:	abspalten von Schindeln von einem Holzstück für Vogelhäuser
vorhersehbare Fehlanwendung:	Bedienung durch eine Person im privaten Bereich, keine Industrie; bei Beschädigung jeglicher Art, darf die Maschine erst nach Überprüfung durch Fachpersonal benutzt werden
bedienen der Maschine:	ohne Ausbildung, nach lesen und verstehen der Betriebsanleitung
Reparatur der Maschine:	nur durch autorisiertes Fachpersonal
b. räumliche Grenzen	
Bewegungsbereich:	Die Maschine muss auf einem festen Untergrund stehen.
räumliche Anforderungen:	Regen geschützt
menschliche Interaktion:	bedienen des Schaltpults nach lesen und verstehen der Betriebsanleitung
c. zeitliche Grenzen	
Verwendungsdauer:	nicht beschränkt
Instandhaltungsintervalle:	nach eigenem Ermessen
d. energetische Grenzen	
Stromversorgung:	230 VAC 50 Hz
e. stoffliche Grenzen	
Rohmaterial:	Lärchenholz ohne Äste oder andere Verwüchse

7.3 Gefährdungen einschätzen

Anhand der Abbildung 25 wurde die Risikoeinschätzung¹¹ vorgenommen.

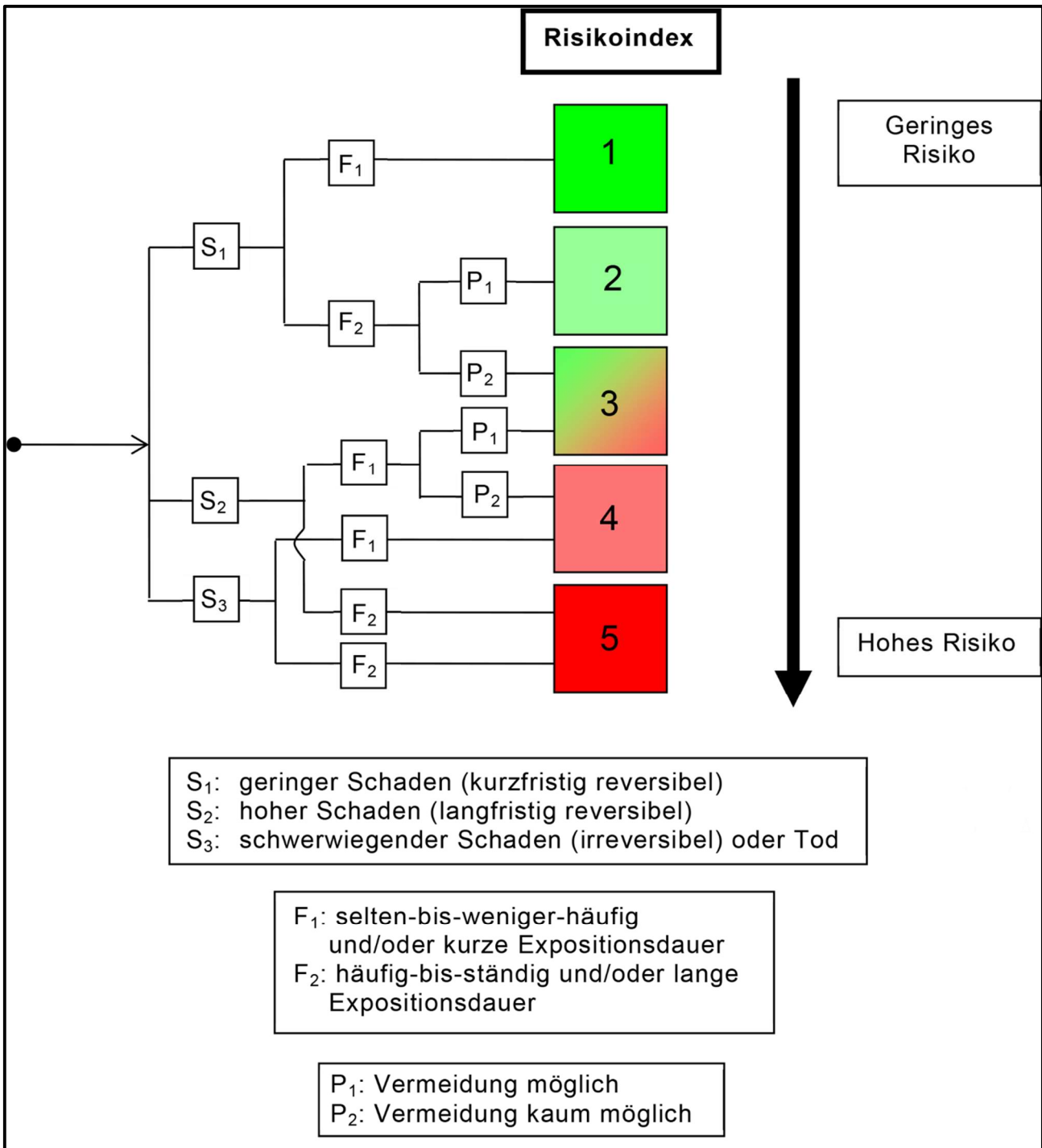


Abbildung 25: Darstellung zur Risikoeinschätzung Quelle: CENELEC-LEITFADEN 32

¹¹ Europäisches Komitee für elektronische Normung: CENELEC-LEITFADEN 32, 1.Auflage, Brüssel: 2014, S.20

7.4 Gefährdung identifizieren

Tabelle 5: eigene Darstellung Gefährdung

Pos.	Kategorie	Beschreibung der Gefährdung	Risiko- einschätzung	Maßnahmen zur Risikominderung
1	Transport	Gefährdung durch unsachgemäßen Transport der Maschine	S=S ₁ F=F ₁ P=P ₁ RI=1	Gesamtgewicht der Maschine angeben
2	Betrieb	Einklemmen der Finger beim Schließen der Schutzhaube	S=S ₁ F=F ₁ P=P ₁ RI=1	1. Hinweis in der Betriebsanleitung über Einklemmgefahr 2. Farblicher Rand an der Schutzhaube
3	Betrieb	Verletzung der Hand / Finger, bei unsachgemäßer Benutzung, wenn sich Material verklemmt hat	S=S ₁ F=F ₁ P=P ₁ RI=1	Hinweis in der Betriebsanleitung
4	Betrieb	Gefährdung durch unsachgemäßes Material	S=S ₁ F=F ₁ P=P ₁ RI=1	1. Hinweis in der Betriebsanleitung über Materialien 2. Schablone verwenden
5	Betrieb	Gefährdung durch lösen des Druckluftanschlusses	S=S ₁ F=F ₁ P=P ₁ RI=1	1. Hinweis in der Betriebsanleitung vor Betrieb alle Verbindungen überprüfen 2. Verwendung von Sicherheits-Schwenk-Kupplungen
6	Betrieb	Elektrische Gefährdung	S=S ₁ F=F ₁ P=P ₁ RI=1	Elektrik nach DIN EN 30204-1
7	Betrieb	Gefährdung durch Lärm	S=S ₁ F=F ₂ P=P ₁ RI=2	Hinweis in der Betriebsanleitung über geeigneten Gehörschutz

8 Fazit

Das Ziel dieser Projektarbeit widmete sich der Konstruktion eines pneumatischen Schindelspalters. Ein grober Plan und die Ausmaße der Maschine wurden gedanklich umgesetzt. Mit dem CAD-Programm Solidworks wurden die Zylinder maßgetreu gezeichnet und auf der Grundplatte positioniert. Anschließend sind die mechanischen Bauteile um die Zylinder herum gewachsen. SolidWorks ist an dieser Stelle sehr empfehlenswert, da sich Änderungen an der Konstruktion schnell bewerkstelligen lassen. Gleiches gilt für das Programm FluidSim, welches sich einfach und zielführend bedienen lässt. Schwieriger gestaltet sich die Suche nach einem Programm für die elektronischen Zeichnungen, die schon viele vorgefertigte elektronische Bausteine enthalten, aber eben nicht alle, die von dem Projekt benötigten Bausteine. Was dann im Umkehrschluss viel Zeit vergeudet. An diesem Punkt wurde auf Photoshop Elements zurückgegriffen. Es war sehr interessant, ein Projekt schriftlich festzuhalten. Aufgrund des Zeitrahmens war es nicht möglich, die einzelnen Komponenten zu fertigen, um ein eindeutiges Ergebnis zu bekommen. Mit den vorhandenen Komponenten ist die Maschine in einem sehr hohen Preissegment. Ausschlaggebend dafür ist der Neupreis der vorhandenen Zylinder. Zweckdienlichere Zylinder würden den Preis um einiges senken, wie in der Kostenaufstellung beschrieben.

9 Ausblick

Im Laufe der Zeit entstanden weitere Ideen zur Verbesserung des Systems. So ist schon aus der Sicht der Bedienbarkeit von großem Vorteil, dass die Maschine längere Zeit alleine tätig sein kann. Eine Lösung ist, die Maschine mit einem Magazin für die Rohlinge auszustatten. Denn das Zeitintervall von ca. einer Minute stellt einen schlechten Zeitrahmen für den Bediener dar. Die Zeit ist zu kurz, um anderen Tätigkeiten nachzugehen, aber wiederum zu lang, um die Konzentration aufrechtzuerhalten. Wie schon im Kapitel Kostenaufstellung erwähnt, ist durch simple Veränderung der Konstruktion noch ein großes Potenzial, die Kosten für die Herstellung der Maschine zu senken. Zu diesem Zweck ist es allerdings erforderlich, den ersten Prototypen herzustellen. In diesem Projekt wurde nur die Holzart Lärche betrachtet. Hier kann geprüft werden, ob sich nicht noch weitere Holzarten dazugesellen können.

Eine weitere Variante ist es mit der Konstruktion, einen anderen Ansatz zu verfolgen, wie auf der Abbildung 26 zu erkennen ist. Die Einheit f drückt mit der Feder den Rohling oben gegen einen Anschlag. Bauteil D schert die Schindeln über das feste Bauteil a ab. Bauteil e gleitet an dem festen Bauteil b entlang und wird durch das Bauteil c nach oben gehoben, um der Schindel freien Raum zu geben.

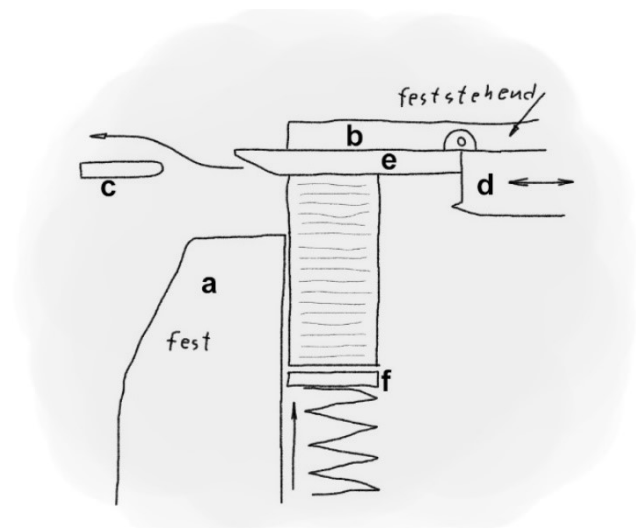


Abbildung 26: eigene Darstellung Skizze

Diese neue Konstruktion könnte in ein Preissegment fallen, in dem es sich lohnt, dem Bau einer solchen Maschine nachzugehen.

10 Quellenverzeichnis

- KG, W. M. (24. 04 2025). *WEKA*. Von <https://www.weka-manager-ce.de/risikoanalyse/risikobeurteilung-en-iso-12100-schritt-fuer-schritt-bewertung-risiken-maschine/> abgerufen
- Kofler Michael, K. C. (2015). *Raspberry Pi Das umfassende Handbuch*. Galileo Press.
- Kofler, M., Kühnast, C., & Scherbeck, C. (2022). *Raspberry Pi Das umfassende Handbuch* (Bd. 7. Auflage). Bonn: Rheinwerk Verlag.
- Krenz, J. (15. 03 2025). *heimwerkercenter.de*. Abgerufen am 15. 03 2025 von <https://www.heimwerkercenter.de/deko-modellbau/krippen-modellbau/100-stueck-dachschindel-handgeschlagen-naturfarben-4x2-3x0-3cm-krippen/a-6024>
- Krings, W. (2015). *Kleine Baustatik Grundlagen der Statik und Berechnung von Bauteilen* (Bd. 17. Auflage). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Normung, E. K. (2014). *CENELEC-LEITFADEN 32*. Brüssel.
- Raabe, R. (08. 03 2025). *Puppenhausminiaturen aus aller Welt*. Abgerufen am 22. 04 2025 von https://www.miniaturenworld.com/dachschindeln-bauteile-puppenstube-krippenbau-modellbau-miniaturen-neuhei-2023_2

11 Anhang

Datenblatt: ADVU-63-80-P-A-S2.....	XIII
Datenblatt: ADVU-50-50-A-P-A.....	XIV
Datenblatt: DNC-32-160-PPV-A.....	XV
Datenblatt: DSNU-10-15-P-A.....	XVI
Datenblatt: Druckschalter Serie PDS/HDS	XVII
Datenblatt: 5/3 Wegeventil VUVG-L10-P53E-T-M5-1P3-1.....	XVIII
Datenblatt: 5/2 Wegeventil CPE14-M1BH-5L-1/8	XIX
Datenblatt: Mean Well RD-65B Schaltnetzteil 68 W	XX
Zeichnung: 2025-PSS-01-GP-001 Grundplatte	XXI
Zeichnung: 2025-PSS-01-DA-001 Dickenanschlag Halter Zylinder	XXII
Zeichnung: 2025-PSS-01-DA-002 Dickenanschlag	XXIII
Zeichnung: 2025-PSS-01-TR-001 Transport Halter Zylinder	XXIV
Zeichnung: 2025-PSS-01-TR-002 Transport Querträger	XXV
Zeichnung: 2025-PSS-01-TR-003 Transport Querträger Scharnier	XXVI
Zeichnung: 2025-PSS-01-TR-004 Transport Schieber	XXVII
Zeichnung: 2025-PSS-01-TR-005 Transport Führungsschne	XXVIII
Zeichnung: 2025-PSS-01-TR-006 Transport Halter Führungsschne	XXIX
Zeichnung: 2025-PSS-01-TR-007 Transport Abdeckung.....	XXX
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-001 Fördertisch Auflager	XXXI
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-002 Fördertisch Längsanschlag	XXXII
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-003 Fördertisch Höhenanschlag	XXXIII
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-004 Fördertisch Fingerschutz.....	XXXIV
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-005 Fördertisch Grundplatte.....	XXXV
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-006 Fördertisch Gleitschuhspanner	XXXVI
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-007 Fördertisch Halter Gleitschuh.....	XXXVII
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-008 Fördertisch Gleitschuh	XXXVIII
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-009 Fördertisch Justierschraube	XXXIX

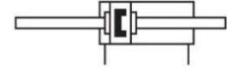
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-010 Fördertisch Niederhalter	XL
Zeichnung: 2025-PSS-01-FT-011 Fördertisch Stütze	XLI
Zeichnung: 2025-PSS-01-SH-001 Schutzhaube Abdeckung	XLII
Zeichnung: 2025-PSS-01-SH-002 Schutzhaube Gelenk	XLIII
Zeichnung: 2025-PSS-01-SH-003 Schutzhaube Halter	XLIV
Zeichnung: 2025-PSS-01-SH-004 Schutzhaube Glasleiste	XLV
Zeichnung: 2025-PSS-01-SH-005 Schutzhaube Gabelkopf	XLVI
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-001 Spalter Fußplatte	XLVII
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-002 Spalter Tragständer vorne	XLVIII
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-003 Spalter Tragständer hinten	XLIX
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-004 Spalter Halter Zylinder	L
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-005 Spalter Zylinderabdeckung	LI
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-006 Spalter Ablufthaube	LII
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-007 Spalter Führung Li	LIII
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-008 Spalter Führung Re	LIV
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-009 Spalter Formblech	LV
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-010 Spalter Spaltraumschutz hinten	LVI
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-011 Spalter Spaltraumschutz vorne	LVII
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-012 Spalter Spaltnmesser	LVIII
Zeichnung: 2025-PSS-01-SP-013 Spalter Fuß Tragständer Schweißen	LIX
Zeichnung: 2025-PSS-01-SC-001 Schaltpult Halter unten	LX
Zeichnung: 2025-PSS-01-SC-002 Schaltpult Halter oben	LXI
Zeichnung: 2025-PSS-01-SC-003 Schaltpult Verkleidung vorne	LXII
Zeichnung: 2025-PSS-01-SC-004 Schaltpult Verkleidung Li	LXIII
Zeichnung: 2025-PSS-01-SC-005 Schaltpult Verkleidung Re	LXIV
Zeichnung: 2025-PSS-01-SC-006 Schaltpult Grundplatte	LXV
Python Script Seite 1	LXVI

Python Script Seite 2	LXVII
GPIO MCP23017	LXVIII
Schaltplan erstellt mit Photoshop.....	LXIX
Stromlaufplan erstellt mit Photoshop	LXX
Pneumatikplan erstellt mit Fluidsim 6	LXXI

Kompaktzylinder ADVU-63- -P-A-S2

Teilenummer: 156017

FESTO



 [Allgemeine Einsatzbedingungen](#)

Datenblatt

Gesamtdatenblatt - Die einzelnen Werte hängen von Ihrer Konfiguration ab.

Merkmal	Wert
Hub	1 mm ... 300 mm
Kolben-Ø	63 mm
Dämpfung	elastische Dämpfungsringe/-platten beidseitig
Einbaulage	beliebig
Funktionsweise	doppeltwirkend
Kolbenstangenende	Innengewinde
Konstruktiver Aufbau	Kolben Kolbenstange
Positionserkennung	für Näherungsschalter
Symbol	00991219
Varianten	Durchgehende Kolbenstange
Betriebsdruck	0.08 MPa ... 1 MPa
Betriebsdruck	0.8 bar ... 10 bar
Betriebsdruck	11.6 psi ... 145 psi
Betriebsmedium	Druckluft nach ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Hinweis zum Betriebs-/Steuermedium	Geölter Betrieb möglich (im weiteren Betrieb erforderlich)
Korrosionsbeständigkeitsklasse KBK	2 - mäßige Korrosionsbeanspruchung
LABS-Konformität	VDMA24364-B1/B2-L
Umgebungstemperatur	-20 °C ... 80 °C
Aufprallenergie in den Endlagen	0.7 J
Theoretische Kraft bei 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), Rücklauf	1750 N
Theoretische Kraft bei 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), Vorlauf	1750 N
Befestigungsart	wahlweise: mit Durchgangsbohrung mit Zubehör
Pneumatischer Anschluss	G1/8
Werkstoff Bundschrauben	Stahl verzinkt
Werkstoff Deckel	Aluminium-Knetlegierung
Werkstoff Dynamische Dichtungen	NBR TPE-U(PU)
Werkstoff Kolbenstange	hochlegierter Stahl
Werkstoff Zylinderrohr	Aluminium-Knetlegierung

Kompaktzylinder ADVU-50-50-A-P-A

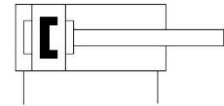
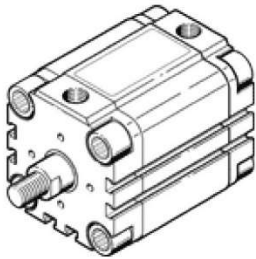
Teilenummer: 156642

Classic - nicht für Neukonstruktionen verwenden

für Positionserkennung. Kolbenstangenende mit Außengewinde.

Moderne Alternativen finden Sie durch Eingabe der ersten vier Stellen des Typencodes in das Suchfeld.

FESTO

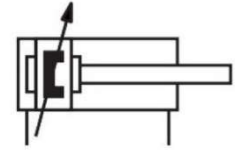


Datenblatt

Merkmal	Wert
Hub	50 mm
Kolben-Durchmesser	50 mm
Dämpfung	P: elastische Dämpfungsringe/-platten beidseitig
Einbaulage	beliebig
Funktionsweise	doppeltwirkend
Kolbenstangenende	Außengewinde
Konstruktiver Aufbau	Kolben Kolbenstange
Positionserkennung	für Näherungsschalter
Varianten	einseitige Kolbenstange
Betriebsdruck	0,8 ... 10 bar
Betriebsmedium	Druckluft nach ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Hinweis zum Betriebs- und Steuermedium	Geölter Betrieb möglich (im weiteren Betrieb erforderlich)
Korrosionsbeständigkeitsklasse KBK	2 - mäßige Korrosionsbeanspruchung
Umgebungstemperatur	-20 ... 80 °C
Aufprallenergie in den Endlagen	0,64 J
Theoretische Kraft bei 6 bar, Rücklauf	1.057 N
Theoretische Kraft bei 6 bar, Vorlauf	1.178 N
Bewegte Masse bei 0 mm Hub	112 g
Gewichtszuschlag pro 10 mm Hub	72 g
Grundgewicht bei 0 mm Hub	560 g
Zuschlag bewegte Masse pro 10 mm Hub	16 g
Befestigungsart	mit Durchgangsbohrung mit Zubehör wahlweise:
Pneumatischer Anschluss	G1/8
Werkstoff Bundschraube	Stahl verzinkt
Werkstoff Deckel	Aluminium-Knetlegierung
Werkstoff Dynamische Dichtungen	NBR TPE-U(PU)
Werkstoff Kolbenstange	hochlegierter Stahl
Werkstoff Zylinderrohr	Aluminium-Knetlegierung

Normzylinder DNC-32-160-PPV-A

Teilenummer: 163311

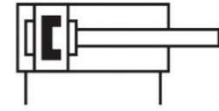

 Allgemeine Einsatzbedingungen

Datenblatt

Merkmal	Wert
Hub	160 mm
Kolben-Ø	32 mm
Kolbenstangengewinde	M10x1,25
Dämpfung	pneumatische Dämpfung beidseitig einstellbar
Einbaulage	beliebig
Entspricht Norm	ISO 15552
Kolbenstangenende	Außengewinde
Konstruktiver Aufbau	Kolben Kolbenstange Profilrohr
Positionserkennung	für Näherungsschalter
Symbol	00991235
Varianten	einseitige Kolbenstange
Betriebsdruck	0.06 MPa ... 1.2 MPa
Betriebsdruck	0.6 bar ... 12 bar
Funktionsweise	doppeltwirkend
Betriebsmedium	Druckluft nach ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Hinweis zum Betriebs-/Steuermedium	Geölter Betrieb möglich (im weiteren Betrieb erforderlich)
Korrosionsbeständigkeitsklasse KBK	2 - mäßige Korrosionsbeanspruchung
LABS-Konformität	VDMA24364-B1/B2-L
Umgebungstemperatur	-20 °C ... 80 °C
Aufprallenergie in den Endlagen	0.1 J
Dämpfungslänge	20 mm
Theoretische Kraft bei 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), Rücklauf	415 N
Theoretische Kraft bei 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), Vorlauf	483 N
Bewegte Masse bei 0 mm Hub	162 g
Zuschlag bewegte Masse pro 10 mm Hub	9 g
Grundgewicht bei 0 mm Hub	517 g
Gewichtszuschlag pro 10 mm Hub	30 g
Befestigungsart	mit Innengewinde mit Zubehör
Pneumatischer Anschluss	G1/8
Werkstoff-Hinweis	RoHS konform
Werkstoff Deckel	Aluminium-Druckguss beschichtet
Werkstoff Dichtungen	TPE-U(PU)
Merkmal	Wert
Werkstoff Kolbenstange	hochlegierter Stahl
Werkstoff Zylinderrohr	Aluminium-Knetlegierung gleiteloxiert

Normzylinder DSNU-10-15-P-A

Teilenummer: 1908251



Datenblatt

Merkmal	Wert
Hub	15 mm
Kolben-Ø	10 mm
Kolbenstangengewinde	M4
Dämpfung	elastische Dämpfungsringe/-platten beidseitig
Einbaulage	beliebig
Entspricht Norm	CETOP RP 52 P ISO 6432
Kolbenstangenende	Außengewinde
Konstruktiver Aufbau	Kolben Kolbenstange Zylinderrohr
Positionserkennung	für Näherungsschalter
Varianten	einseitige Kolbenstange
Betriebsdruck	0.15 MPa...1 MPa 1.5 bar...10 bar
Funktionsweise	doppeltwirkend
Betriebsmedium	Druckluft nach ISO 8573-1:2010[7:4:4]
Hinweis zum Betriebs-/Steuermedium	Geölter Betrieb möglich (im weiteren Betrieb erforderlich)
Korrosionsbeständigkeitsklasse KBK	2 - mäßige Korrosionsbeanspruchung
LABS-Konformität	VDMA24364-B1/B2-L
Reinraumklasse	Klasse 6 nach ISO 14644-1
Umgebungstemperatur	-20 °C...80 °C
Aufprallenergie in den Endlagen	0.05 J
Theoretische Kraft bei 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), Rücklauf	39.6 N
Theoretische Kraft bei 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), Vorlauf	47.1 N
Bewegte Masse bei 0 mm Hub	8.5 g
Zuschlag bewegte Masse pro 10 mm Hub	1 g
Grundgewicht bei 0 mm Hub	37.3 g
Gewichtszuschlag pro 10 mm Hub	2.7 g
Befestigungsart	mit Zubehör
Pneumatischer Anschluss	M5
Werkstoff-Hinweis	RoHS konform

Druckschalter Serie PDS/HDS

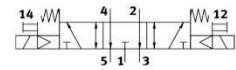


Bauart	Membrandruckschalter bzw. Kolbendruckschalter mit Wechselkontakt
Anschluss	Typ PDS: G1/4" Innengewinde Typ HDS: G1/4" Außengewinde drehbar
Werkstoffe	Körper Zinkdruckguss, Membrane bzw. Kolbendichtung NBR
Einsatzbereich	Druckluft, Hydrauliköl, Wasser
Schaltpunkteinstellung	Die Einstellung des Schaltpunktes kann nach Lösen einer seitlichen Madenschraube mit dem Handrad gemacht werden.
Rückschaltdifferenz	Typ PDS: 0,1bar + 5...10% x Schaltpunkt Typ HDS: 5bar + 5...10% x Schaltpunkt
Mediumtemperatur	-20...+80°C
Umgebungstemperatur	-20...+80°C
elektrischer Anschluss	Gerätesteckdose nach EN175301-803-Form A
Schutzart	IP65 nach EN 60529 bei ordnungsgemäß montierter Gerätesteckdose (Schutz gegen Staubeintritt und Strahlwasser)
Schaltspiele	1Million Schaltspiele
maximale Schalthäufigkeit	1Hz
Befestigung	über Gewindeanschluss bzw. über 2 Durchgangsbohrungen im Gehäuse
Einbaulage	beliebig
Lieferumfang	Druckschalter inklusive Gerätesteckdose nach EN175301-803-Form A
Sonderausführung	mit Elektroanschluss M12x1(IP67), Leuchtgerätesteckdose, silikonfrei

Einstellbereich [bar]	Überdrucksicherheit [bar]	Druckübertragung	Gewicht [kg]	Typ
0,2-2	60	Membrane	0,31	PDS-1-002-M-2-1
0,5-8	60	Membrane	0,31	PDS-1-008-M-2-1
1-16	60	Membrane	0,31	PDS-1-016-M-2-1
10-80	350	Kolben	0,34	HDS-1-080-K-7-1
10-120	350	Kolben	0,34	HDS-1-120-K-7-1
20-200	350	Kolben	0,34	HDS-1-200-K-7-1
20-250	350	Kolben	0,34	HDS-1-250-K-7-1
30-320	350	Kolben	0,34	HDS-1-320-K-7-1

Magnetventil VUVG-L10-P53E-T-M5-1P3

Teilenummer: 566460

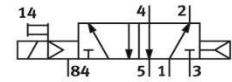

 Allgemeine Einsatzbedingungen

Datenblatt

Merkmal	Wert
Ventilfunktion	5/3 entlüftet
Betätigungsart	elektrisch
Ventilgröße	10 mm
Normalnennndurchfluss (normalisiert nach DIN 1343)	210 l/min
Pneumatischer Arbeitsanschluss	M5
Betriebsspannung	24V DC
Betriebsdruck	0.3 MPa ... 0.8 MPa
Betriebsdruck	3 bar ... 8 bar
Konstruktiver Aufbau	Kolben-Schieber
Rückstellart	mechanische Feder
Zulassung	RCM Mark c UL us - Recognized (OL)
Schutzart	IP40 IP65 mit Steckdose
Nennweite	3.2 mm
Abluftfunktion	drosselbar
Dichtprinzip	weich
Einbaulage	beliebig
Handhilfsbetätigung	rastend tastend verdeckt
Steuerart	vorgesteuert
Steuerluftversorgung	intern
Symbol	00992894
Überdeckung	unbestimmte Überdeckung
Steuerdruck	0.3 MPa ... 0.8 MPa
Steuerdruck	3 bar ... 8 bar
Vakuumtauglichkeit	nein
Schaltzeit aus	30 ms
Schaltzeit ein	11 ms
Schaltzeit um	14 ms
Einschaltdauer	100%
Max. positiver Prüfimpuls bei 0 Signal	700 µs
Max. negativer Prüfimpuls bei 1 Signal	900 µs
Spulenkennwerte	24 V DC: 1,0 W 24 V DC: Niederstromphase 0,3 W, Hochstromphase 1,0 W

Magnetventil CPE14-M1BH-5L-1/8

Teilenummer: 196941


 Allgemeine Einsatzbedingungen

Datenblatt

Merkmal	Wert
Ventilfunktion	5/2 monostabil
Betätigungsart	elektrisch
Baubreite	14 mm
Normalnenndurchfluss (normalisiert nach DIN 1343)	800 l/min
Pneumatischer Arbeitsanschluss	G1/8
Betriebsspannung	24V DC
Betriebsdruck	0.3 MPa ... 0.8 MPa
Betriebsdruck	3 bar ... 8 bar
Konstruktiver Aufbau	Kolben-Schieber
Rückstellart	pneumatische Feder
Zulassung	c UL us - Recognized (OL)
Maritime Klassifizierung	siehe Zertifikat
Zertifikat ausstellende Stelle	DNV-TAA000032X UL MH19482
Schutzart	IP65 mit Steckdose nach IEC 60529
Nennweite	6 mm
Abluftfunktion	drosselbar
Dichtprinzip	weich
Einbaulage	beliebig
Handhilfsbetätigung	mit Zubehör rastend tastend
Steuerart	vorgesteuert
Steuerluftversorgung	intern
Strömungsrichtung	nicht reversibel
Symbol	00991023
Ventilplatz-Kennzeichnung	Schildträger
Überdeckung	positive Überdeckung
Schaltzeit aus	32 ms
Schaltzeit ein	24 ms
Einschaltdauer	100% in Verbindung mit Haltestromabsenkung
Max. positiver Prüfimpuls bei 0 Signal	1200 µs
Max. negativer Prüfimpuls bei 1 Signal	900 µs
Spulenkennwerte	24 V DC: 1,28 W
Zulässige Spannungsschwankungen	-15 % / +10 %
Betriebsmedium	Druckluft nach ISO 8573-1:2010 [7:4:4]



65W Dual Output Switching Power Supply

RD-65 series



- Features :
 - Universal AC input / Full range
 - Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
 - Cooling by free air convection
 - LED indicator for power on
 - 100% full load burn-in test
 - All using 105°C long life electrolytic capacitors
 - Withstand 300VAC surge input for 5 second
 - High operating temperature up to 70°C
 - Withstand 5G vibration test
 - High efficiency, long life and high reliability
 - 3 years warranty



■ GTIN CODE

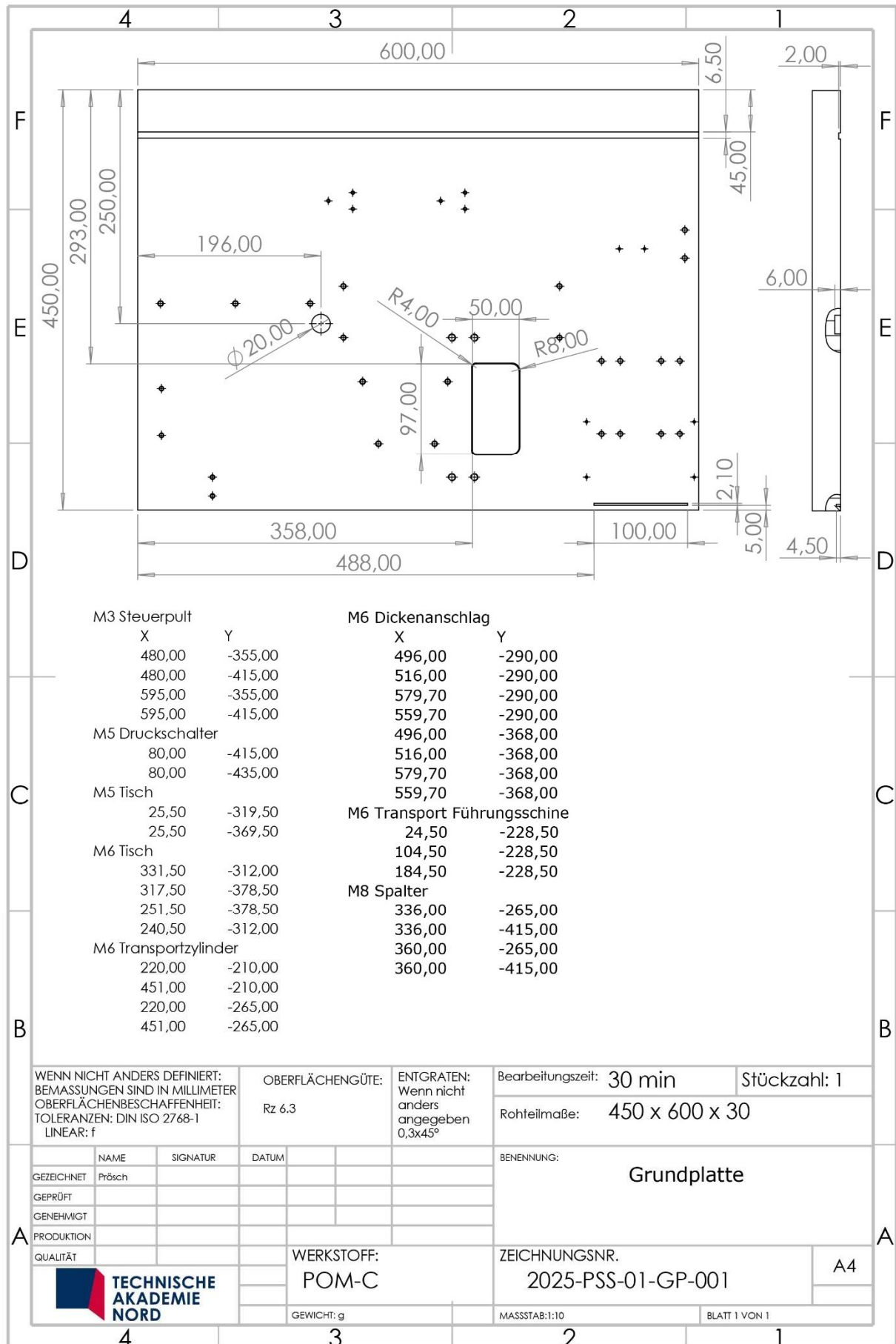
MW Search: <https://www.meanwell.com/serviceGTIN.aspx>



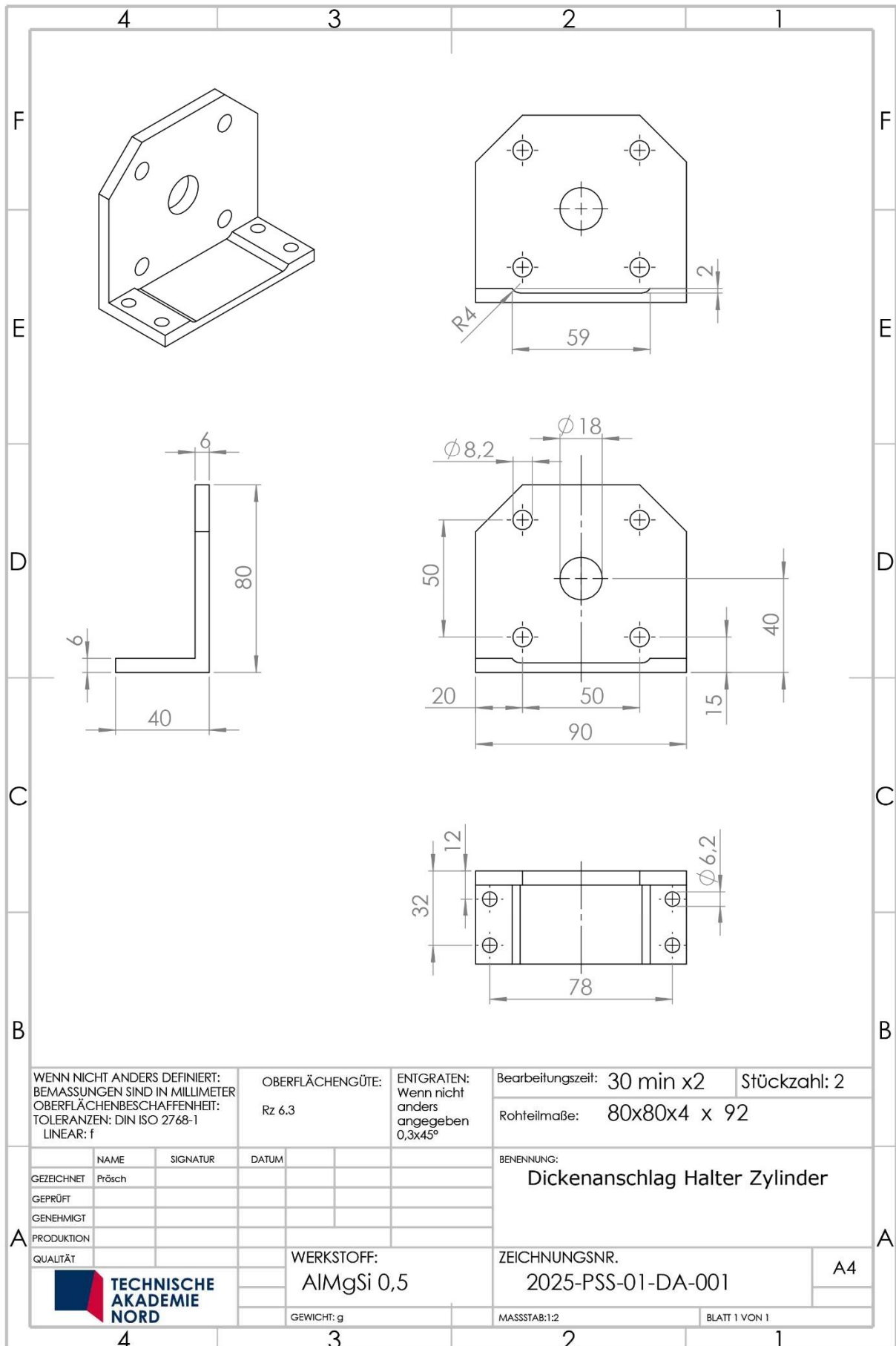
SPECIFICATION

MODEL		RD-65A		RD-65B	
OUTPUT	OUTPUT NUMBER	CH1	CH2	CH1	CH2
	DC VOLTAGE	5V	12V	5V	24V
	RATED CURRENT	6A	3A	4A	2A
	CURRENT RANGE <small>Note.6</small>	0 ~ 8A	0 ~ 4A	0 ~ 8A	0 ~ 3A
	RATED POWER <small>Note.6</small>	66W		68W	
	RIPPLE & NOISE (max.) <small>Note.2</small>	80mVp-p	120mVp-p	80mVp-p	150mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	CH1: 4.75 ~ 5.5V		CH1: 4.75 ~ 5.5V	
	VOLTAGE TOLERANCE <small>Note.3</small>	±2.0%	±6.0%	±2.0%	+4,-8%
	LINE REGULATION <small>Note.4</small>	±0.5%	±1.5%	±0.5%	±2.0%
	LOAD REGULATION <small>Note.5</small>	±0.5%	±3.0%	±0.5%	±6.0%
SETUP, RISE TIME	500ms, 20ms/230VAC		1200ms, 30ms/115VAC at full load		
HOLD UP TIME (Typ.)	60ms/230VAC	14ms/115VAC at full load			
INPUT	VOLTAGE RANGE	88 ~ 264VAC	125 ~ 373VDC (Withstand 300VAC surge for 5sec. Without damage)		
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz			
	EFFICIENCY(Typ.)	78%		77%	
	AC CURRENT (Typ.)	2A/115VAC	1.2A/230VAC		
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 50A/230VAC			
LEAKAGE CURRENT	<2mA / 240VAC				
PROTECTION	OVERLOAD	110 ~ 150% rated output power Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed			
	OVER VOLTAGE	CH1: 5.75 ~ 6.75V Protection type : Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed			
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-25 ~ +70°C (Refer to "Derating Curve")			
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing			
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH			
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 50°C) on +5V output			
VIBRATION	10 ~ 500Hz, 5G 10min./1cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes				
SAFETY & EMC <small>(Note 7)</small>	SAFETY STANDARDS	UL62368-1, TUV BS EN/EN62368-1, EAC TP TC 004 approved			
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0.5KVAC			
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH			
	EMC EMISSION	Compliance to BS EN/EN55032 (CISPR32) Class B, BS EN/EN61000-3-2, -3, EAC TP TC 020			
EMC IMMUNITY	Compliance to BS EN/EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, BS EN/EN55035, BS EN/EN61000-6-2 (BS EN/EN50082-2), heavy industry level, EAC TP TC 020				
OTHERS	MTBF	2940.2K hrs min. Telcordia SR-332 (Bellcore) ; 541.0K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)			
	DIMENSION	129*98*38mm (L*W*H)			
	PACKING	0.44Kg; 30pcs/14.2Kg/0.72CUFT			
NOTE	1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation, when multi-channel output, it is recommended that CH1 load > 10%. 4. Line regulation is measured from low line to high line at rated load. 5. Load regulation is measured from 20% to 100% rated load, and other output at 60% rated load. 6. Each output can work within current range. But total output power can't exceed rated output power. 7. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. All the EMC tests are been executed by mounting the unit on a 360mm*360mm metal plate with 1mm of thickness. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on http://www.meanwell.com) 8. The ambient temperature derating of 3.5°C/1000m with fanless models and of 5°C/1000m with fan models for operating altitude higher than 2000m(6500ft). ※ Product Liability Disclaimer : For detailed information, please refer to https://www.meanwell.com/serviceDisclaimer.aspx				

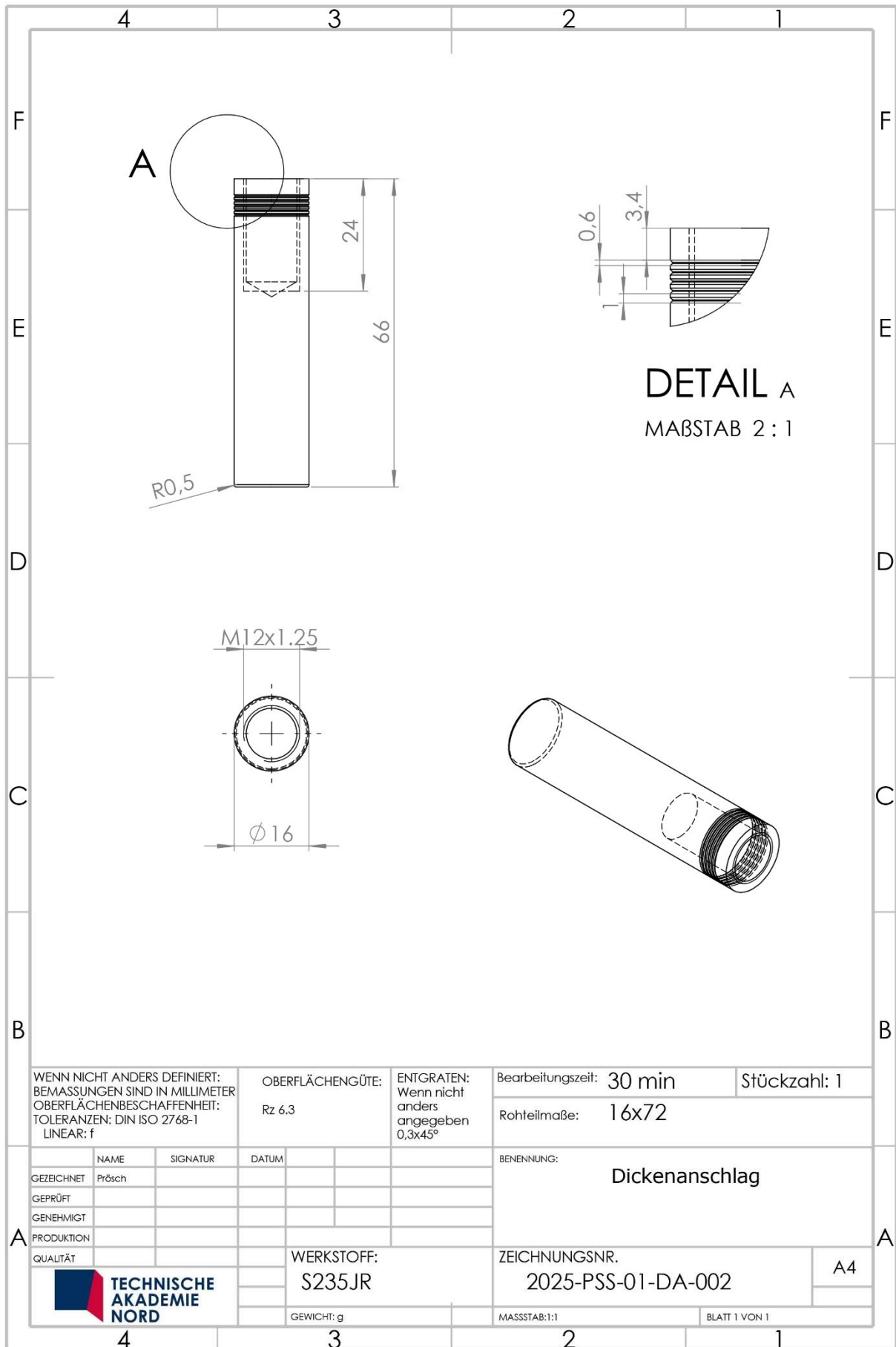
File Name:RD-65-SPEC 2022-09-20



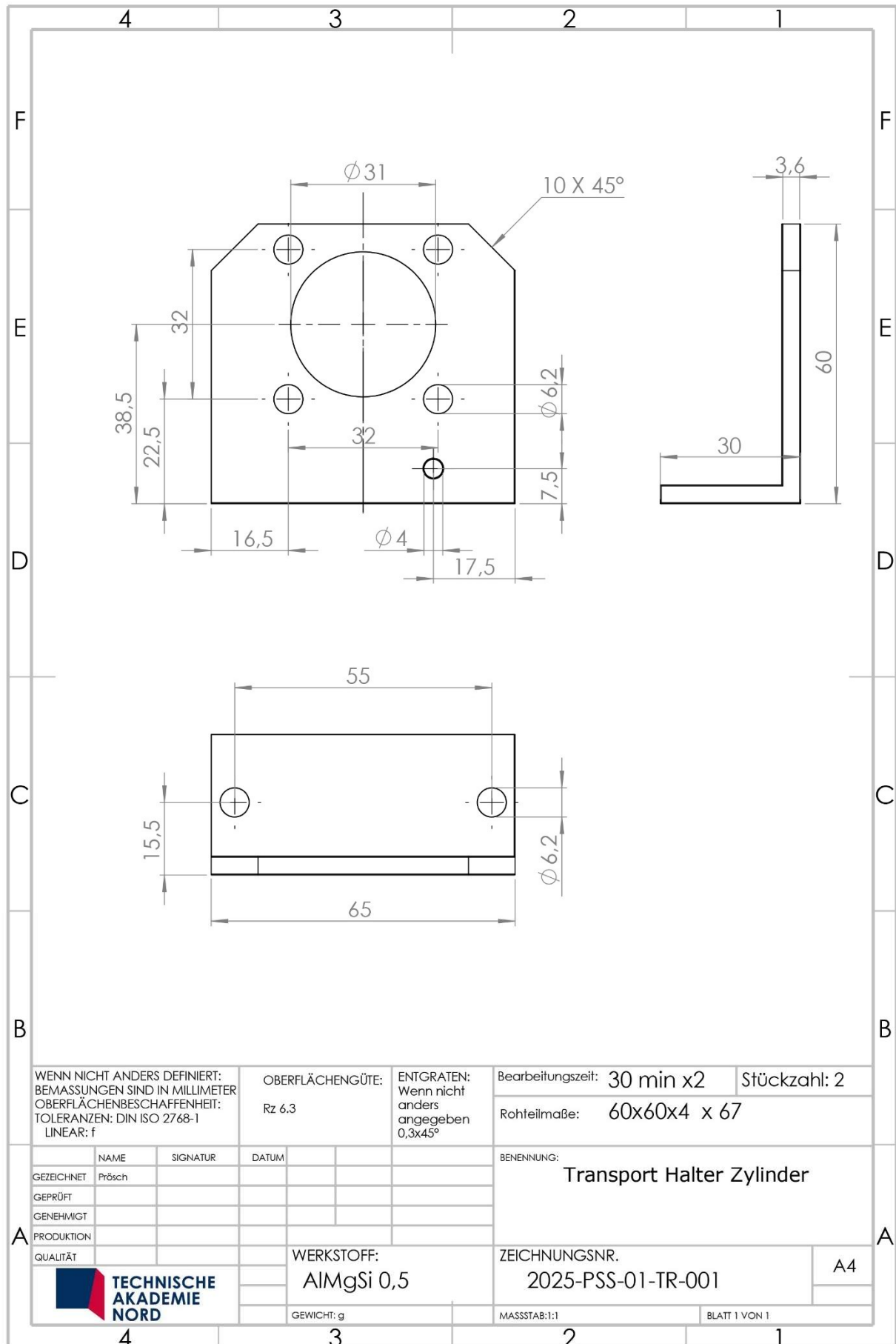
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



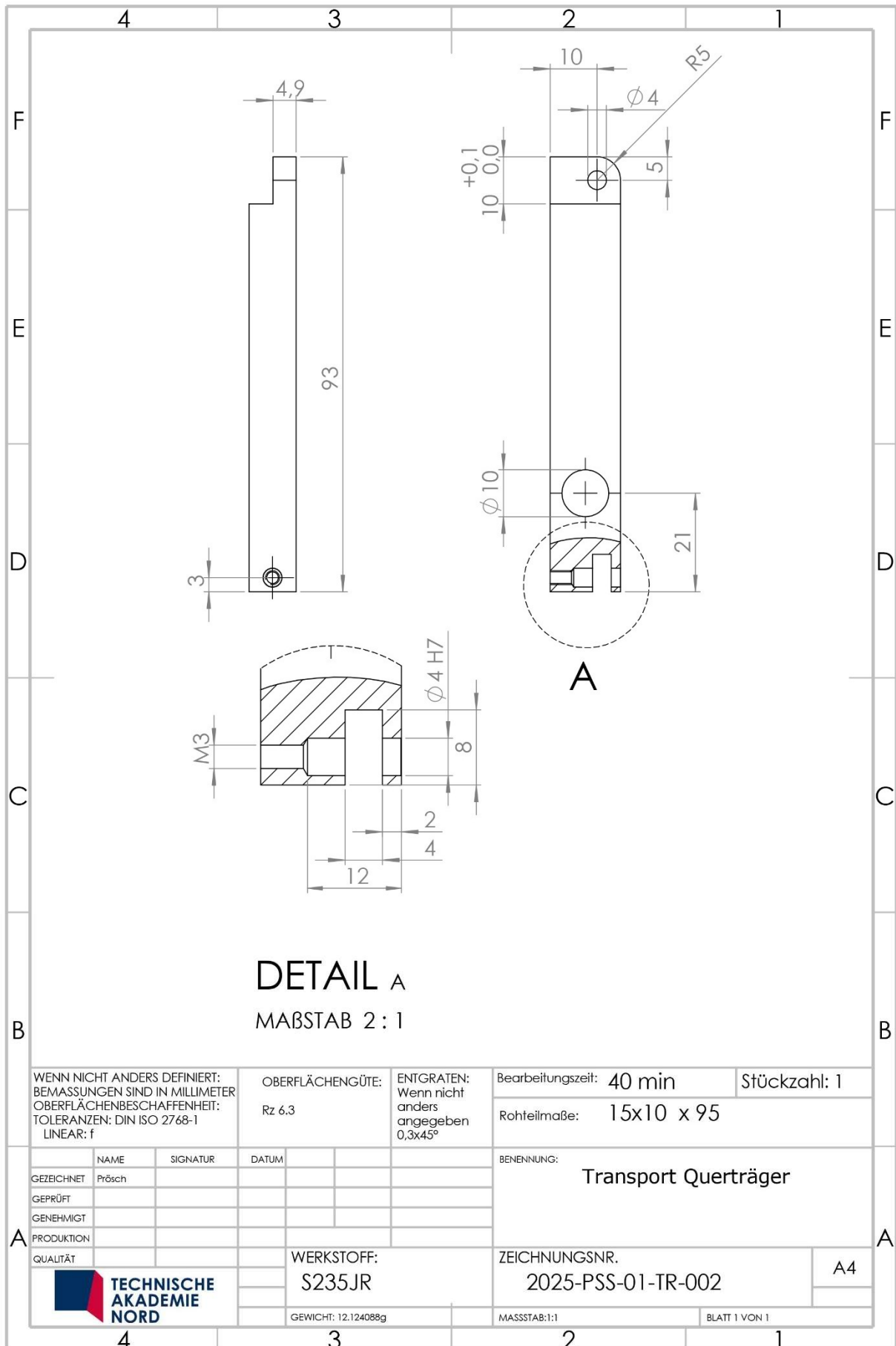
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



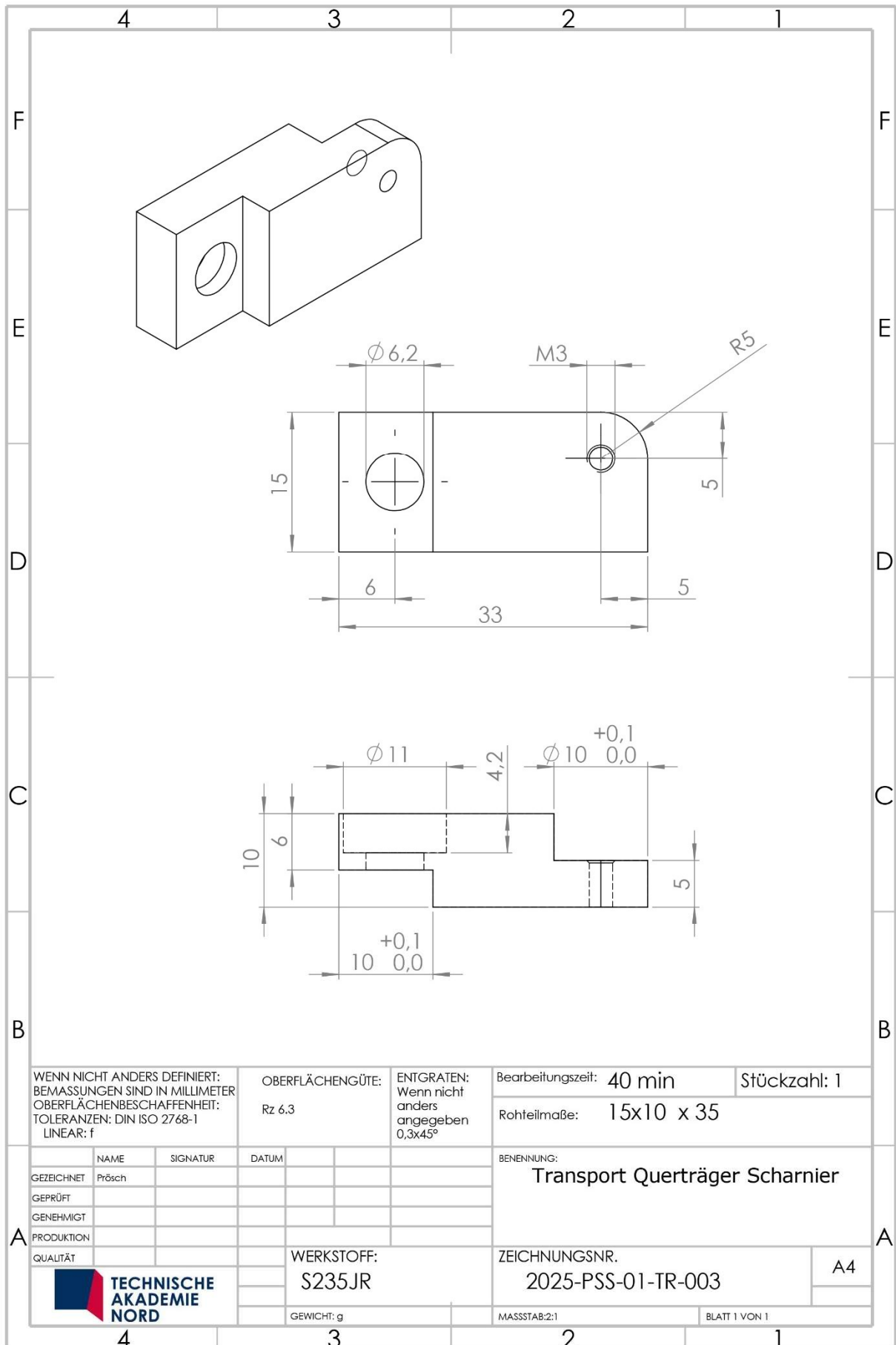
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



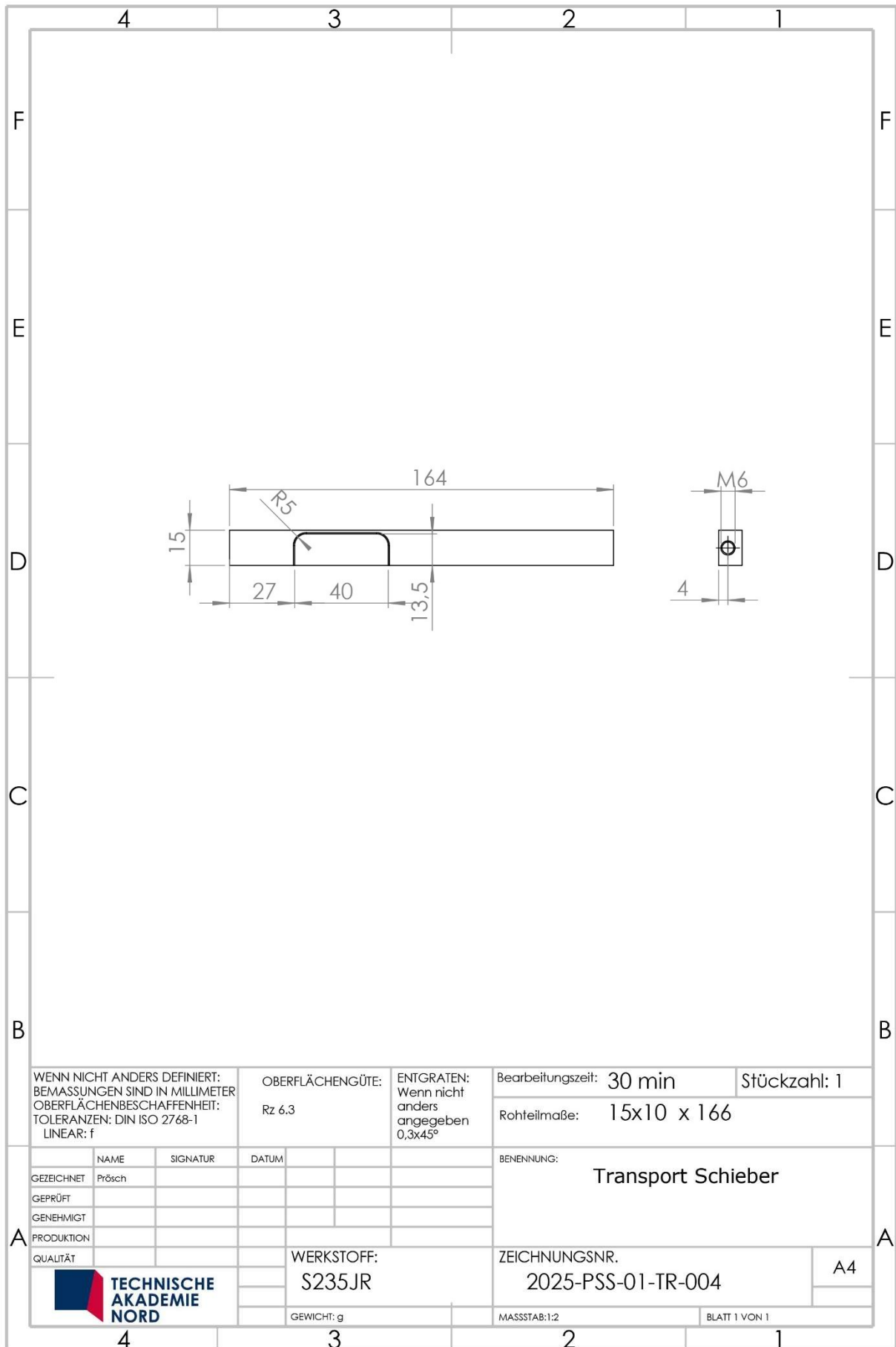
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



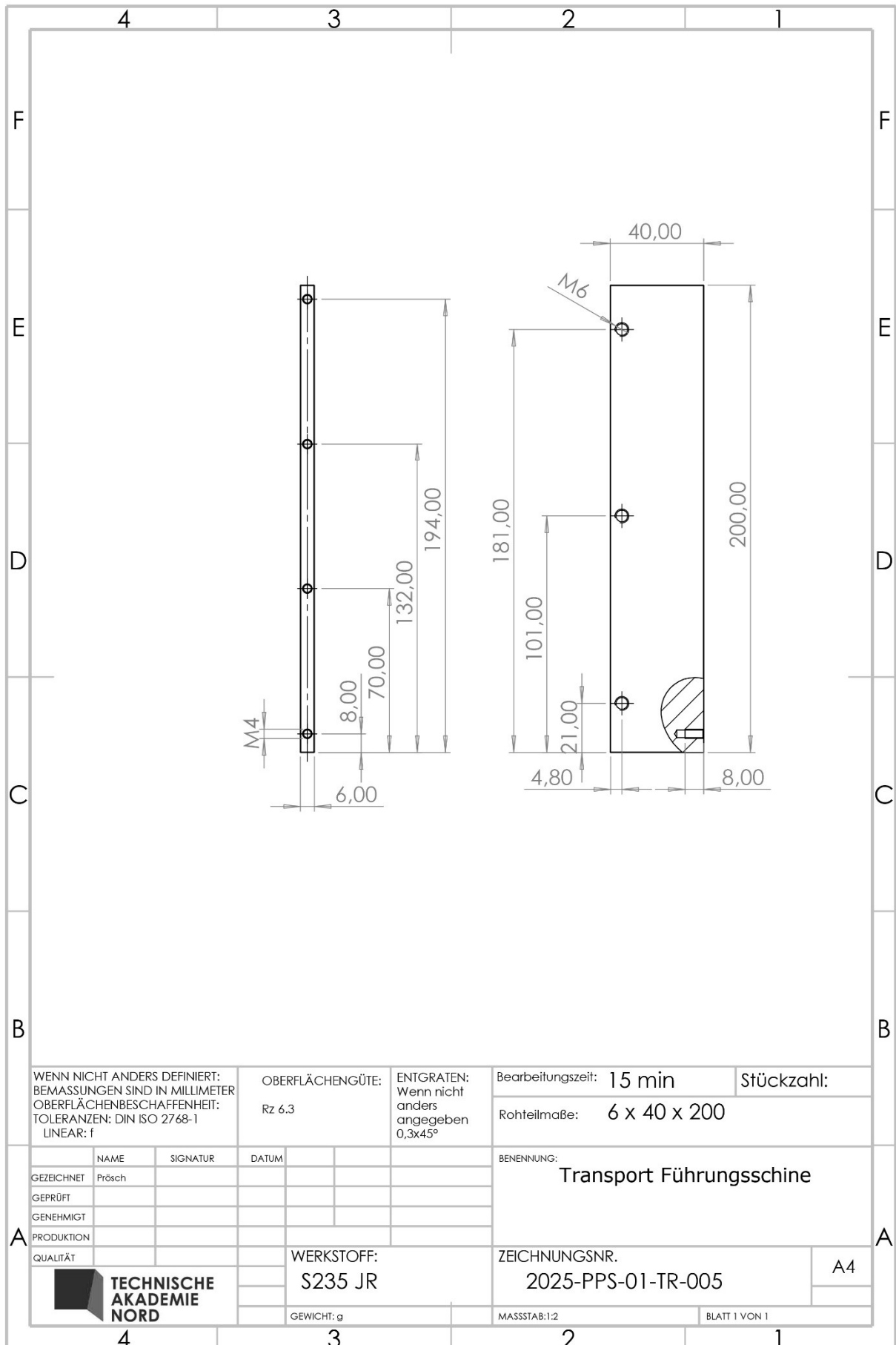
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



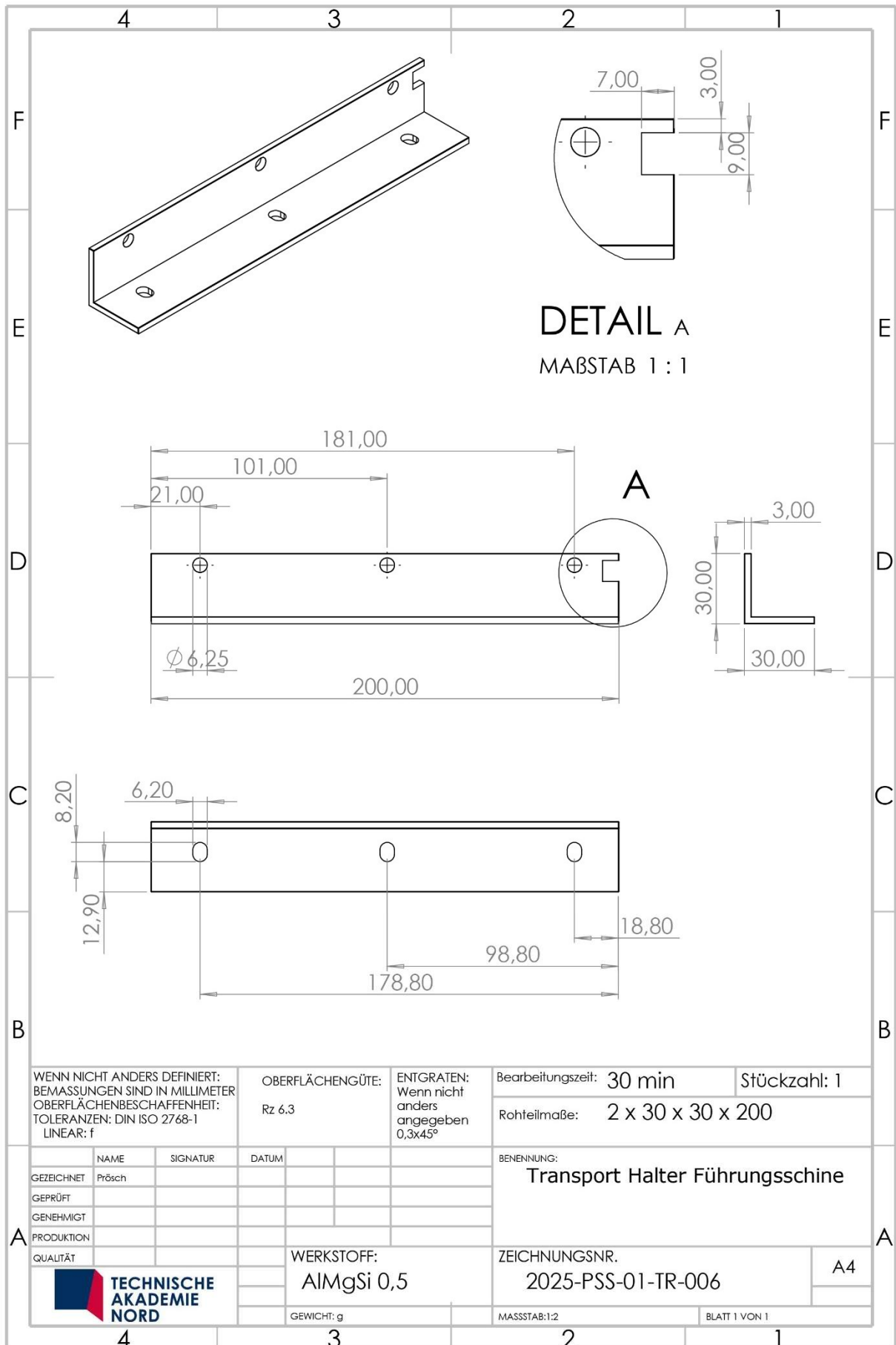
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



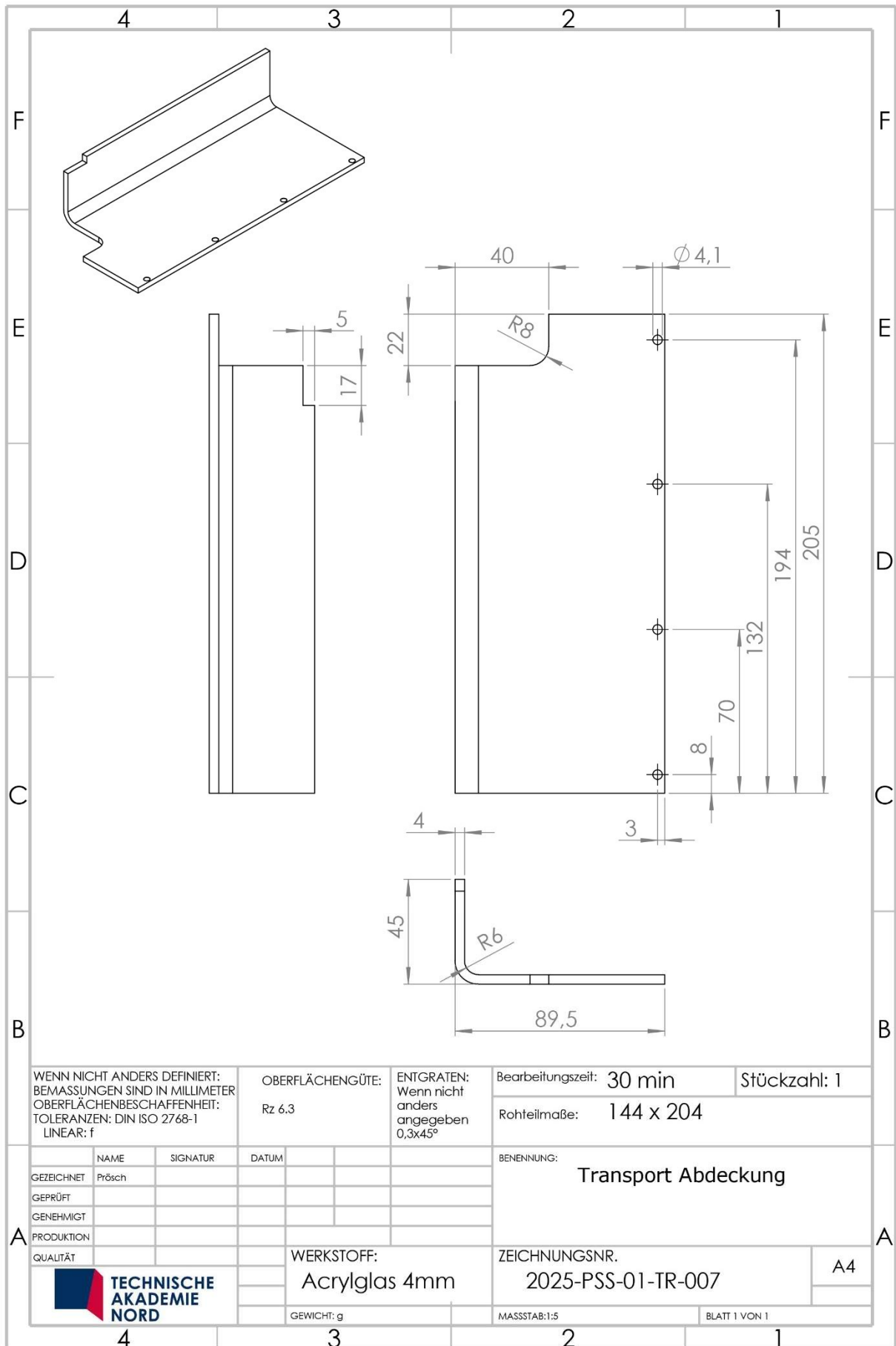
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



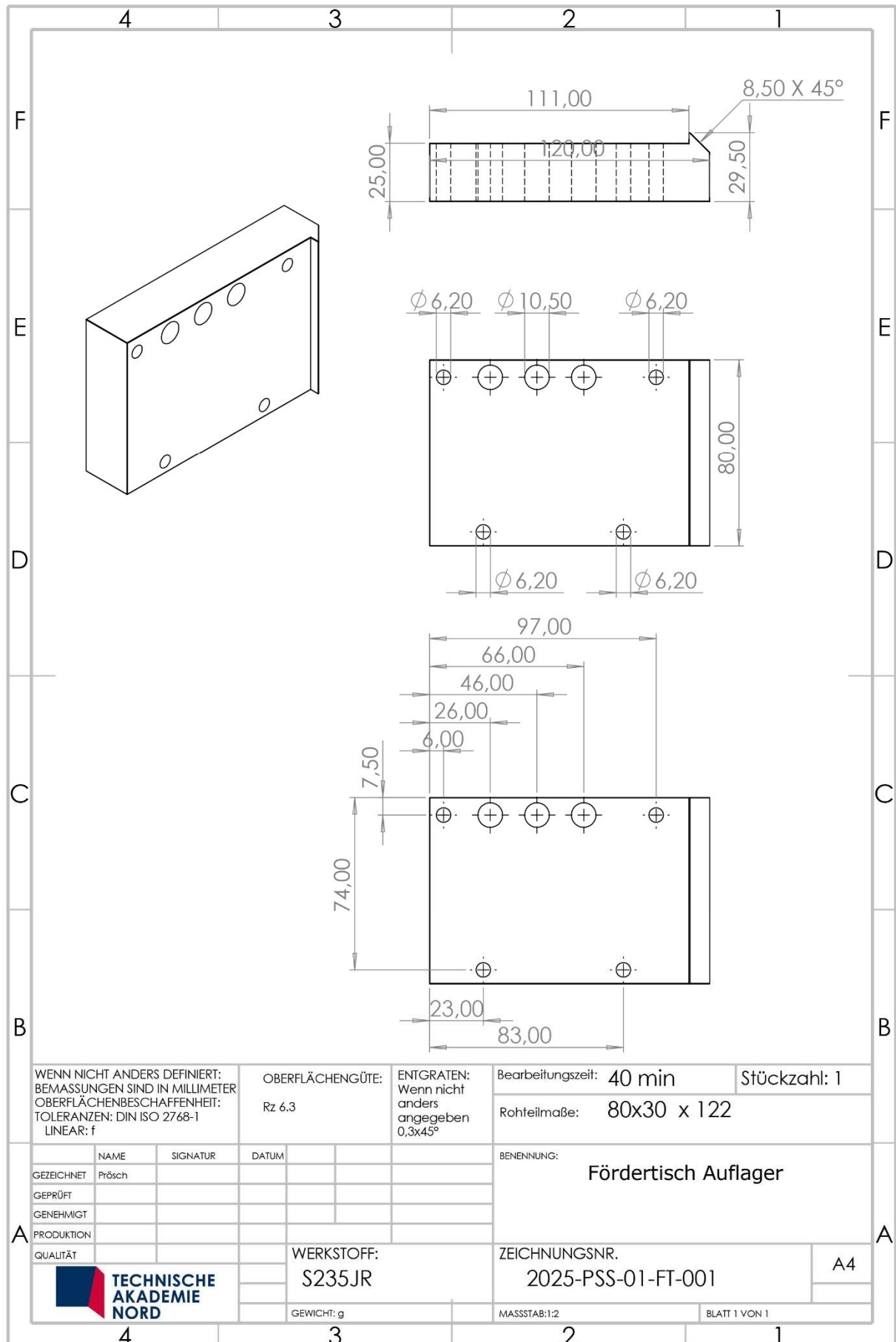
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



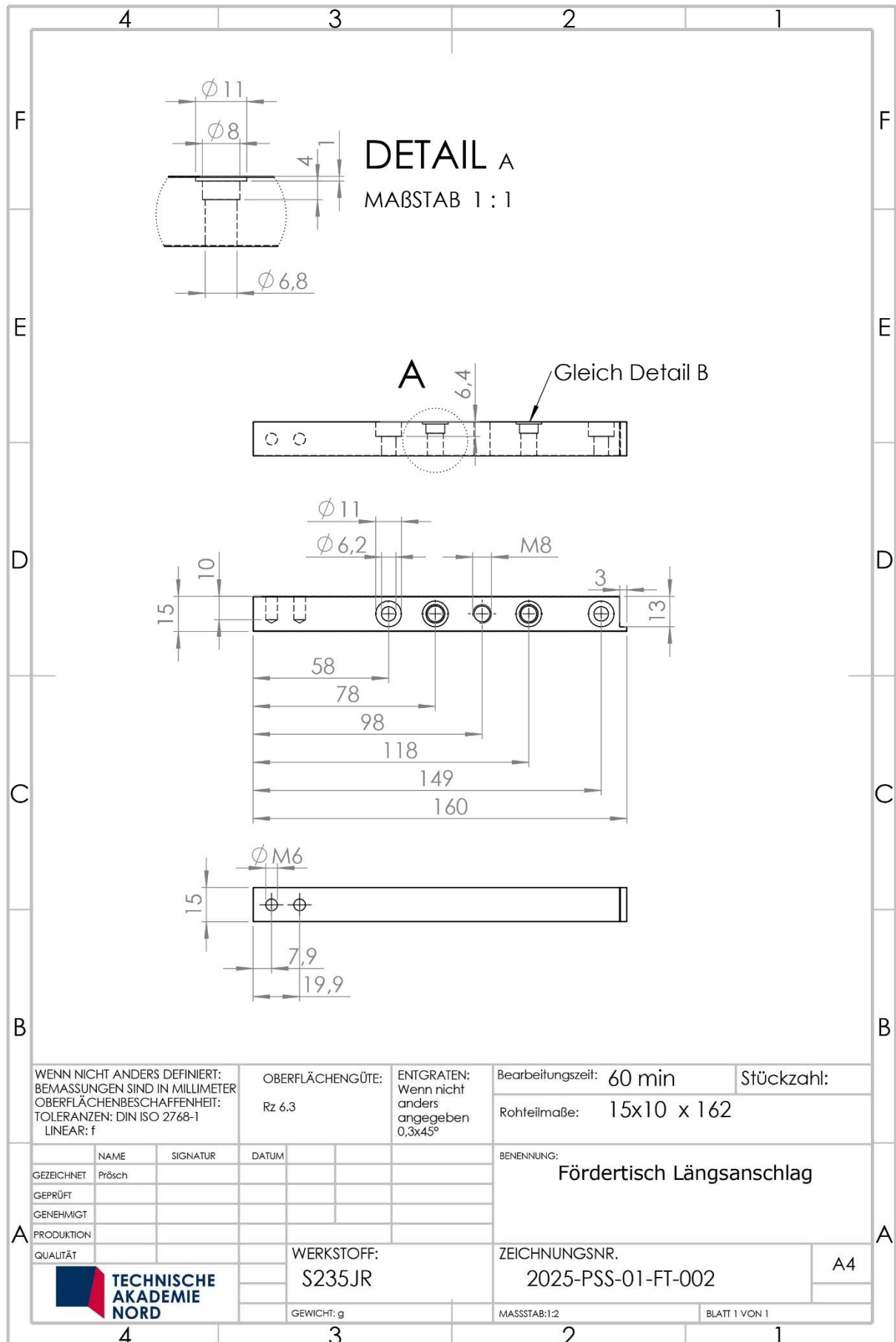
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



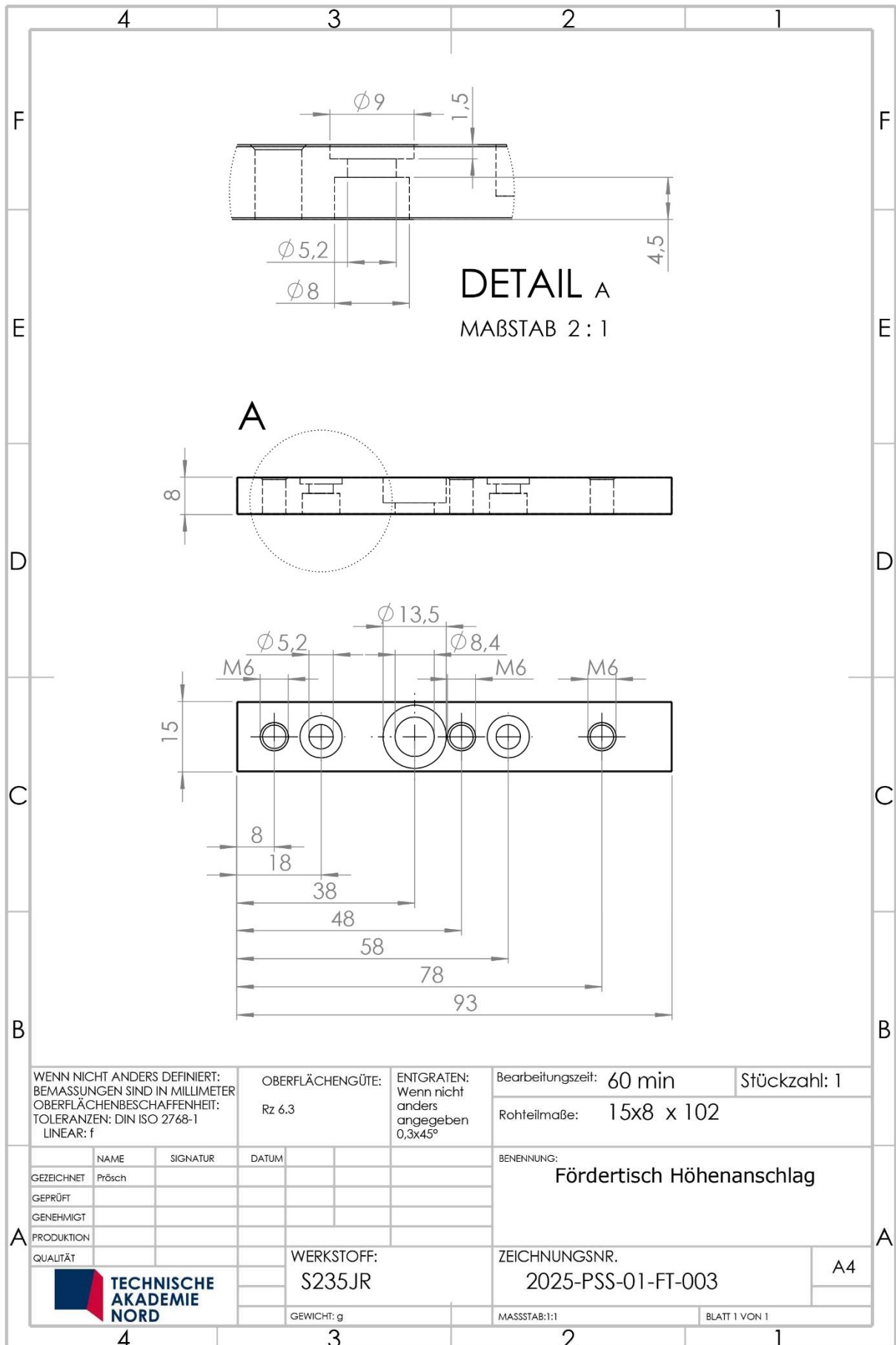
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



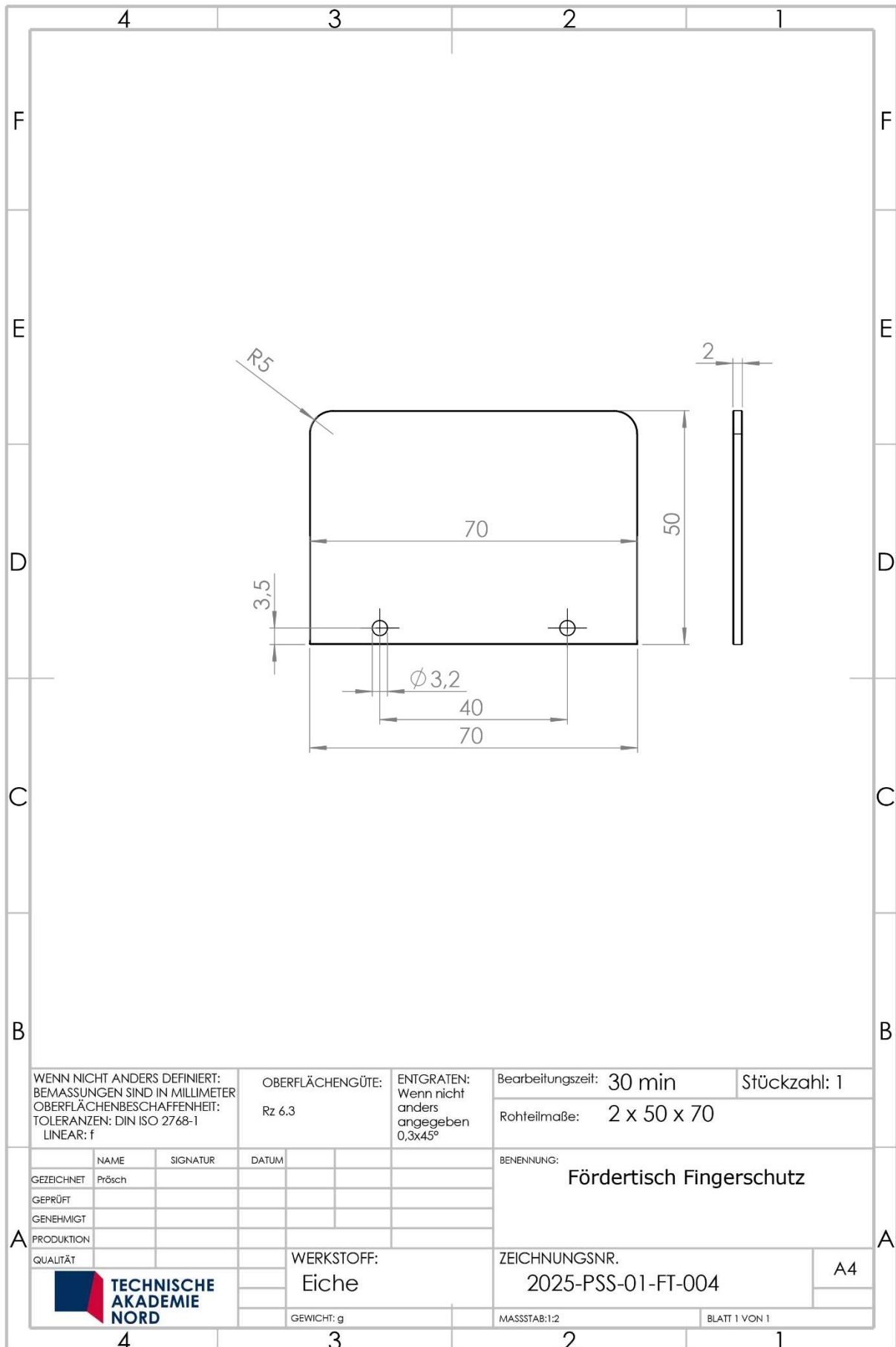
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



WENN NICHT ANDERS DEFINIERT:
BEMASSUNGEN SIND IN MILLIMETER
OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT:
TOLERANZEN: DIN ISO 2768-1
LINEAR: f

OBERFLÄCHENGÜTE:
Rz 6,3

ENTGRATEN:
Wenn nicht
anders
angegeben
0,3x45°

Bearbeitungszeit: 30 min

Stückzahl: 1

Rohteilmaße: 2 x 50 x 70

	NAME	SIGNATUR	DATUM		
GEZEICHNET	Prösch				
GEPRÜFT					
GENEHMIGT					
PRODUKTION					
QUALITÄT					

BENENNUNG:

Fördertisch Fingerschutz



WERKSTOFF:
Eiche

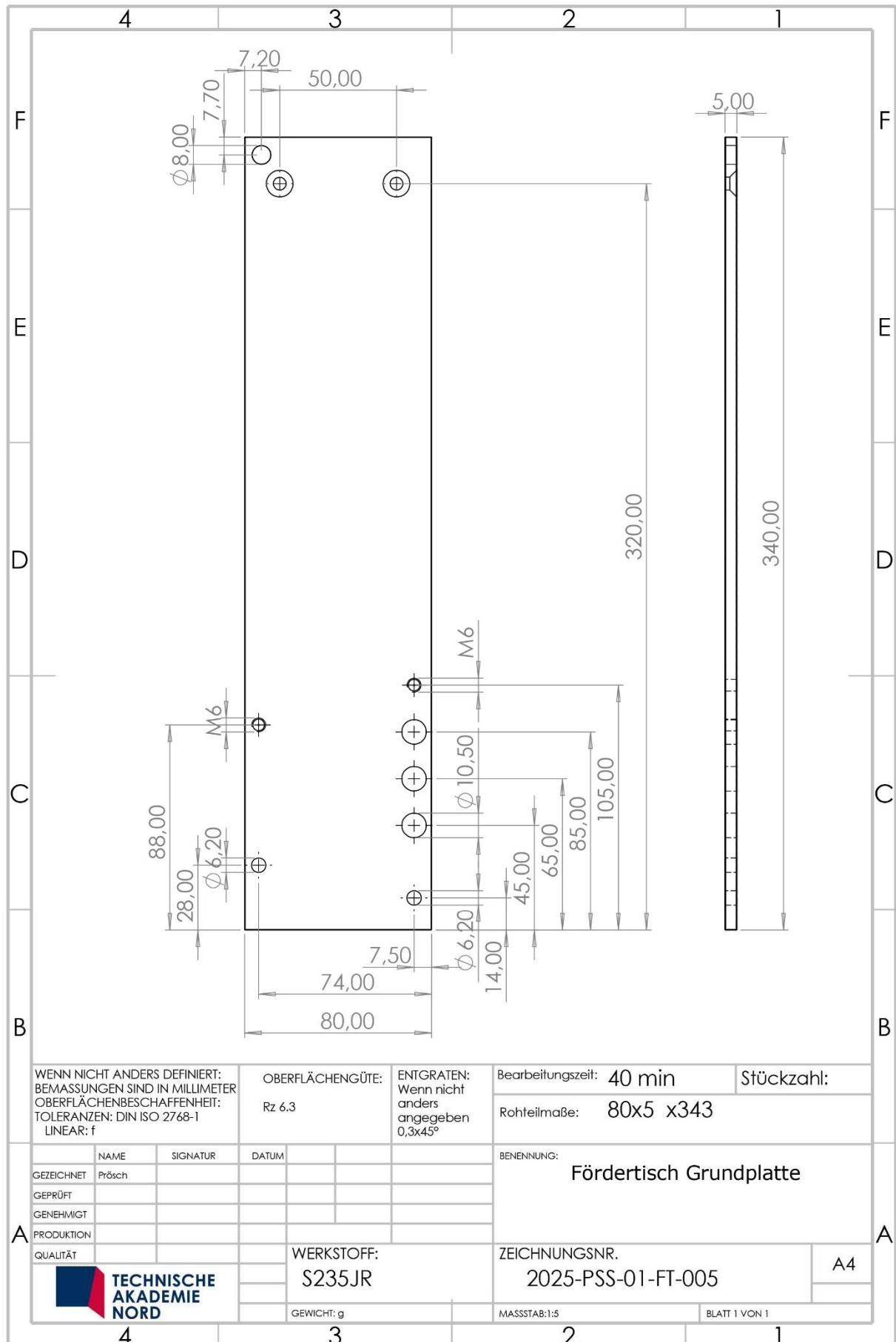
ZEICHNUNGSNR.
2025-PSS-01-FT-004

A4

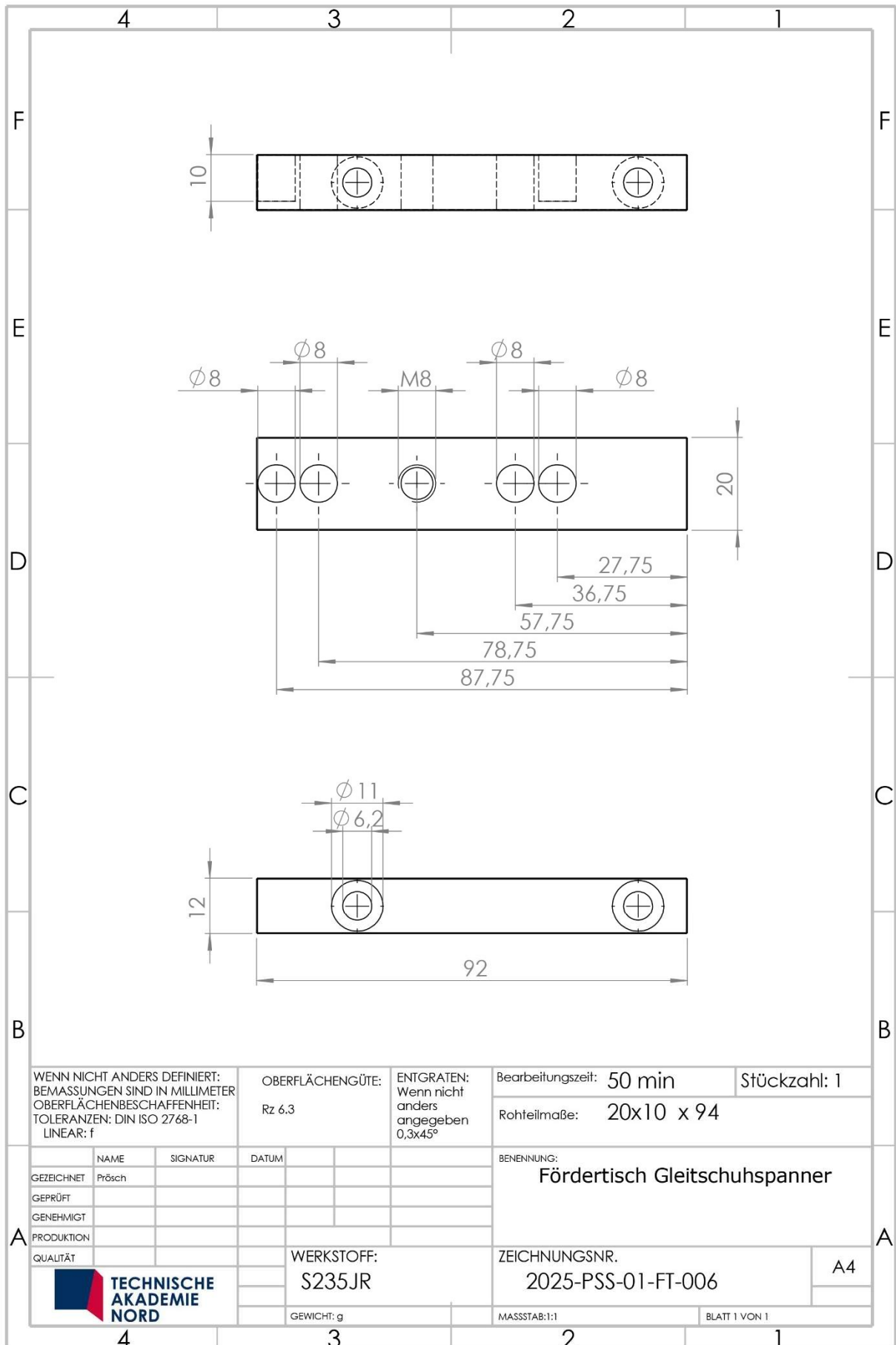
GEWICHT: g

MASSSTAB: 1:2

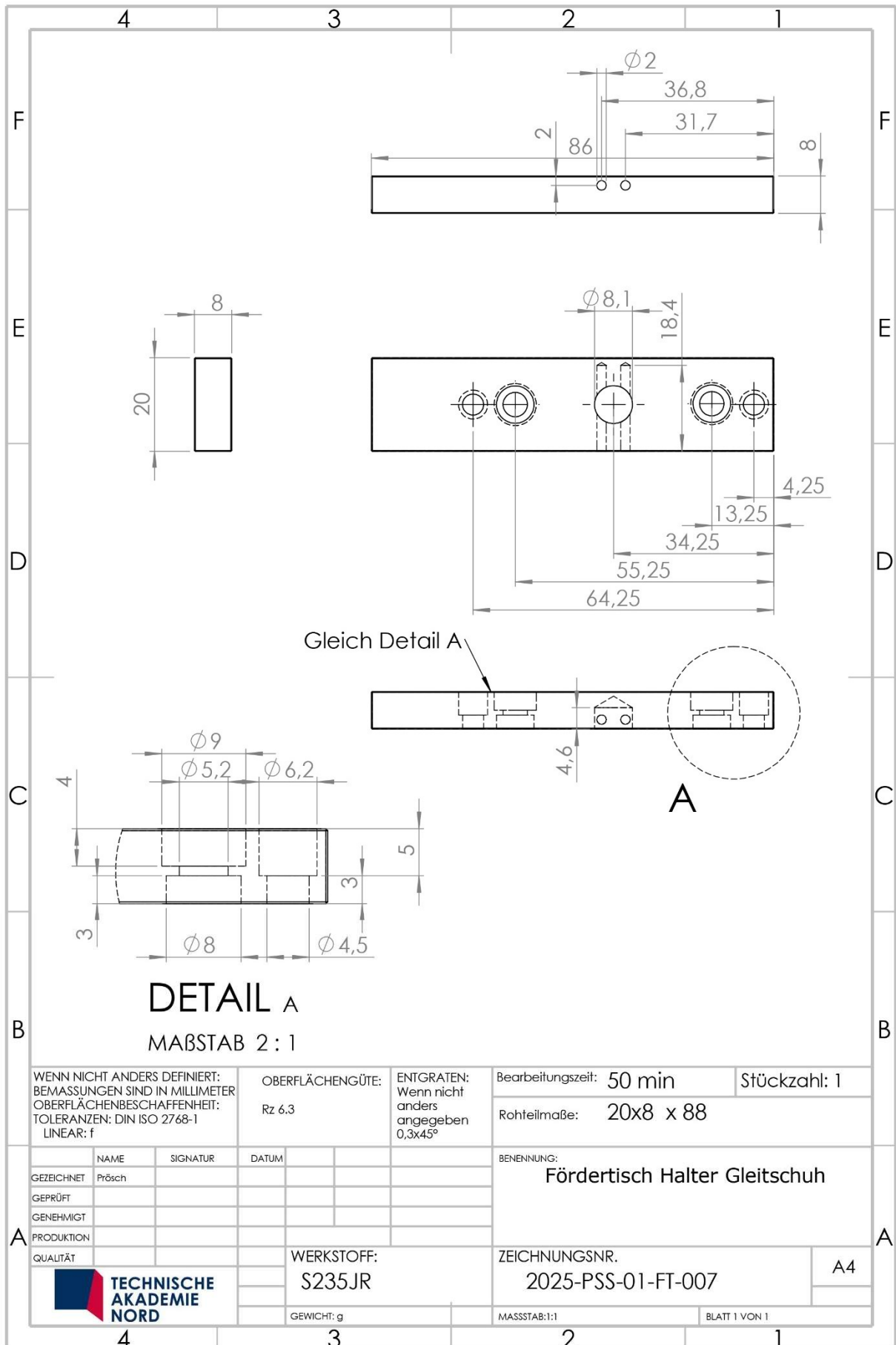
BLATT 1 VON 1



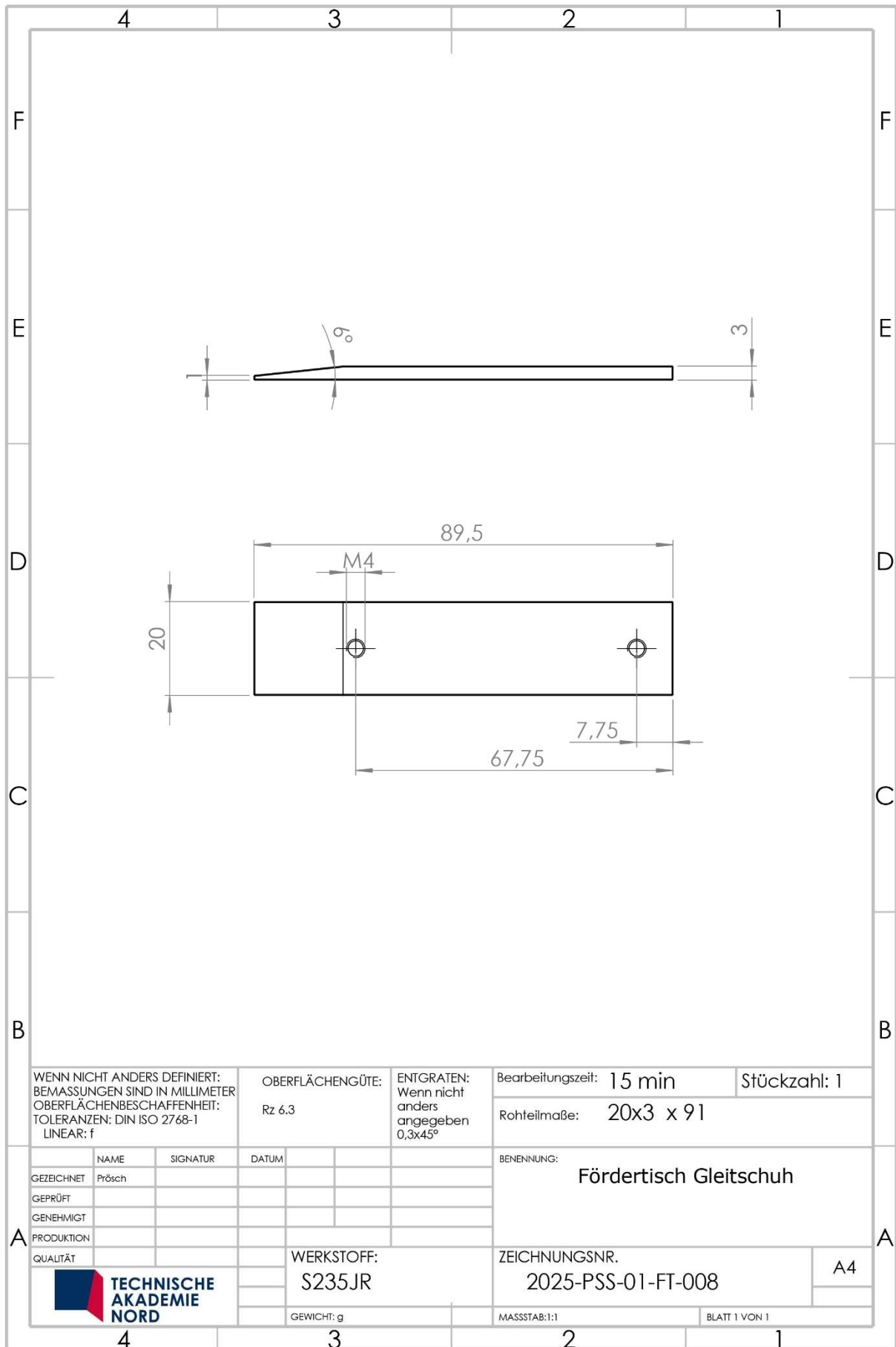
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



WENN NICHT ANDERS DEFINIERT:
BEMASSUNGEN SIND IN MILLIMETER
OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT:
TOLERANZEN: DIN ISO 2768-1
LINEAR: f

OBERFLÄCHENGÜTE:
Rz 6,3

ENTGRATEN:
Wenn nicht
anders
angegeben
0,3x45°

Bearbeitungszeit: 15 min

Stückzahl: 1

Rohteilmaße: 20x3 x 91

	NAME	SIGNATUR	DATUM		
GEZEICHNET	Prösch				
GEPRÜFT					
GENEHMIGT					
PRODUKTION					
QUALITÄT					

BENENNUNG:
Fördertisch Gleitschuh



WERKSTOFF:
S235JR

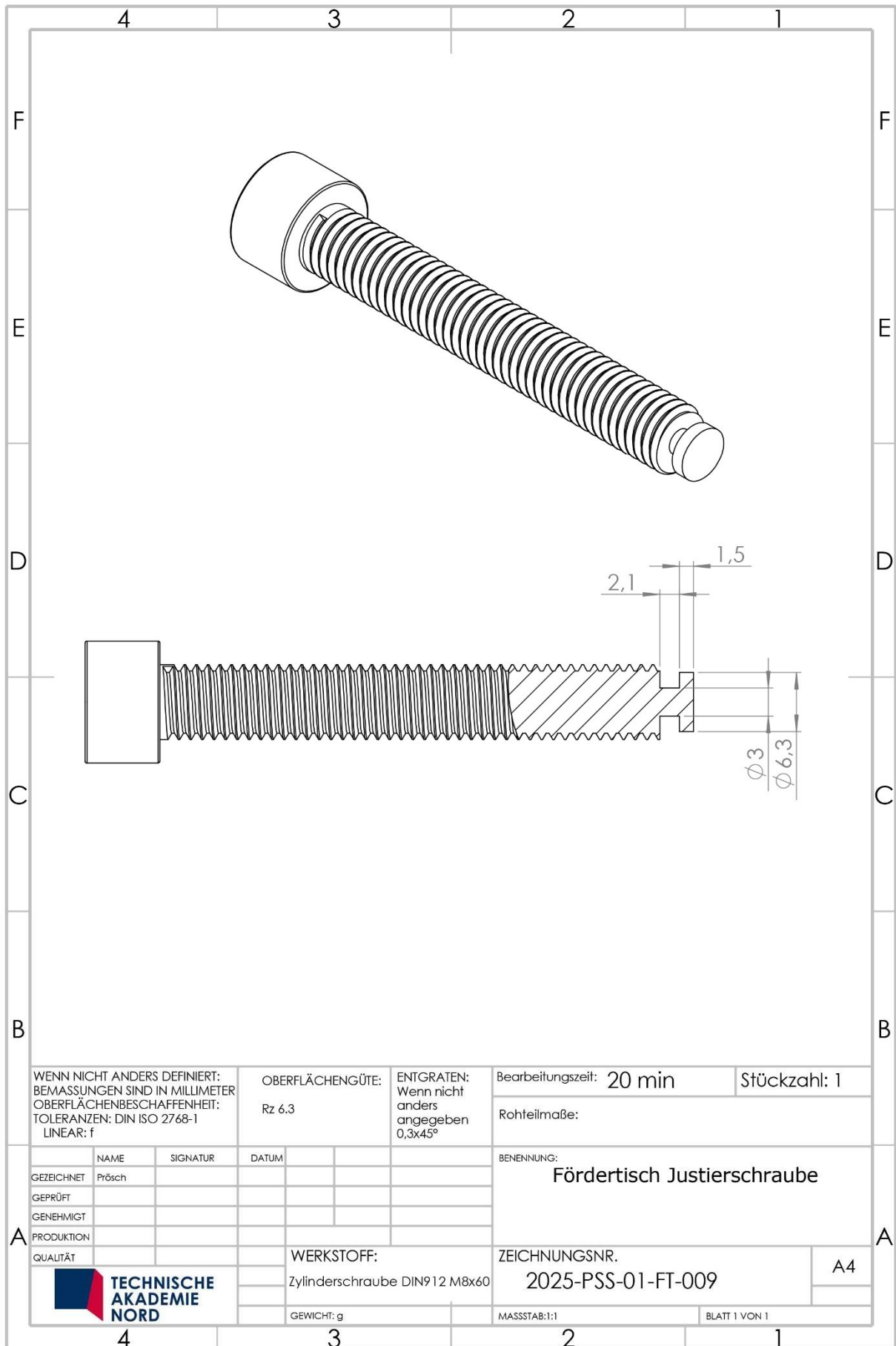
ZEICHNUNGSNR.
2025-PSS-01-FT-008

A4

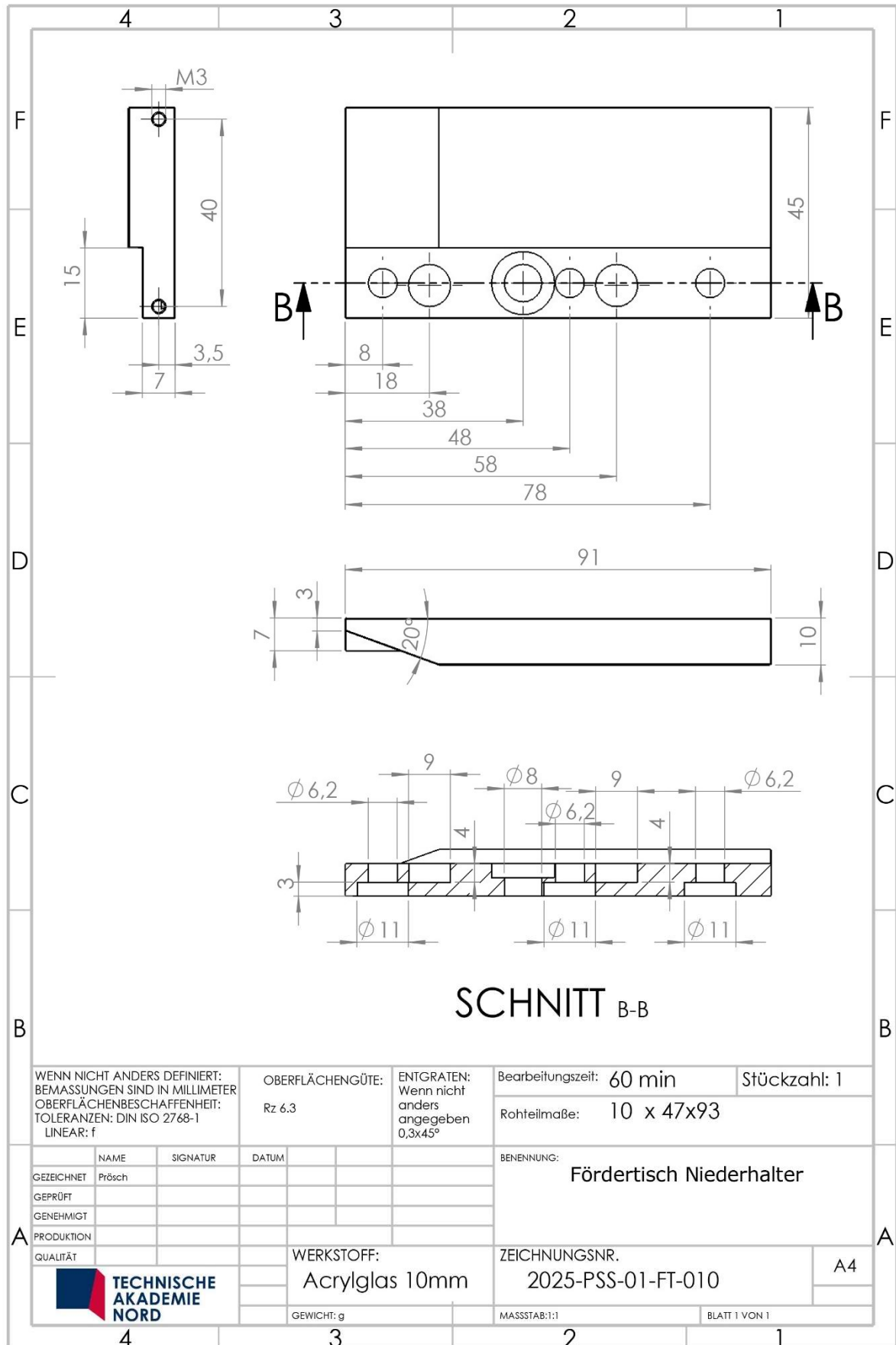
GEWICHT: g

MASSSTAB: 1:1

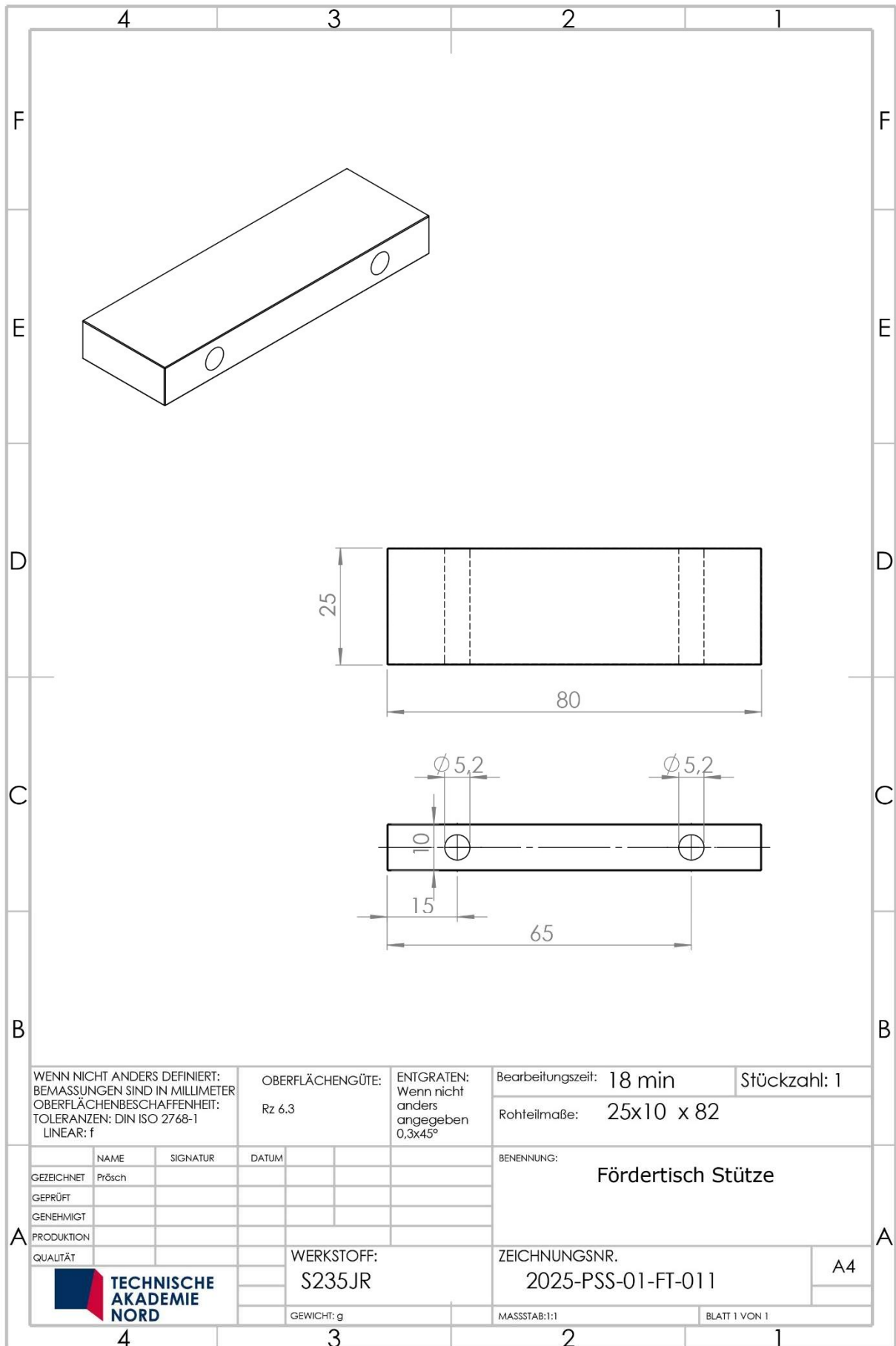
BLATT 1 VON 1



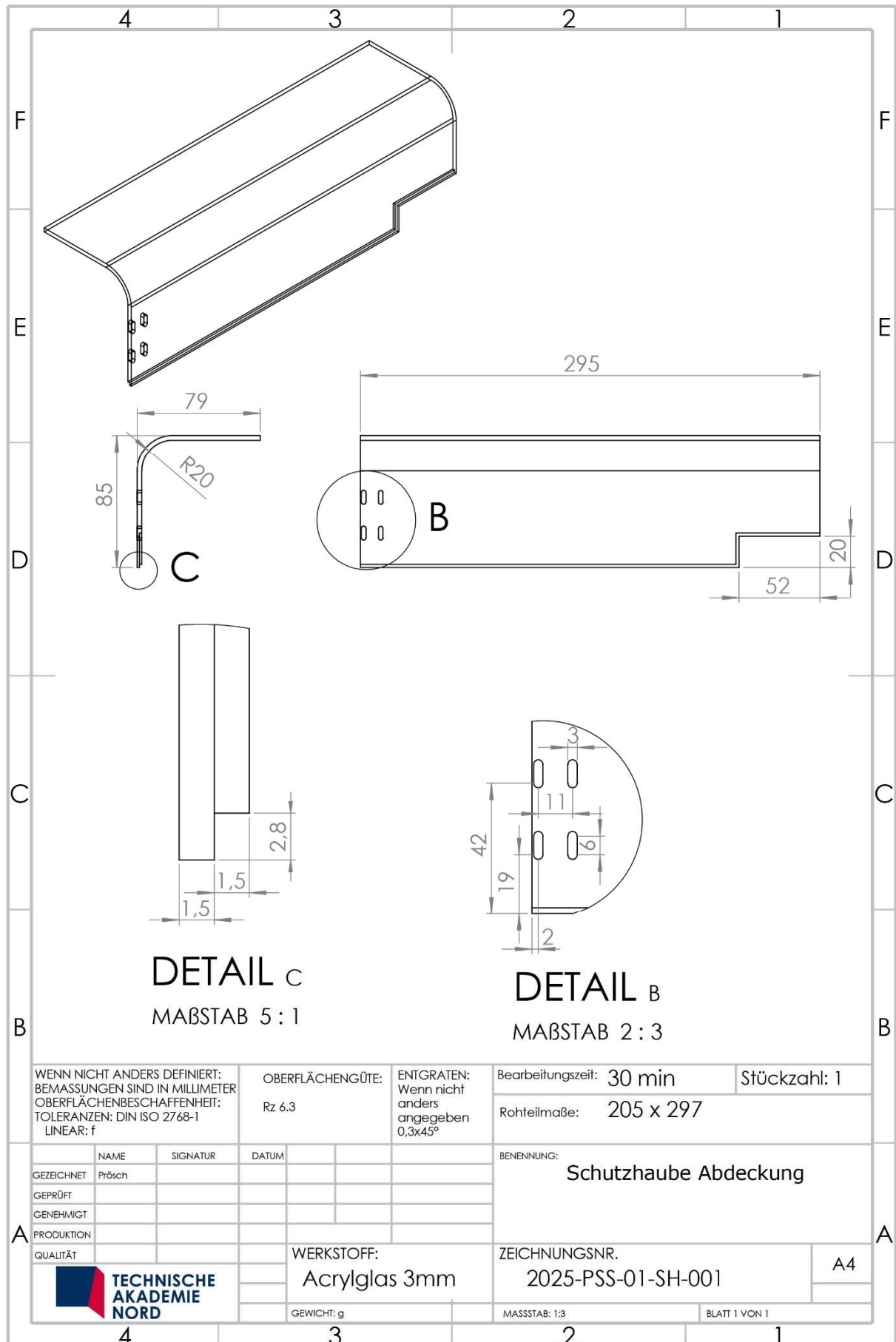
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



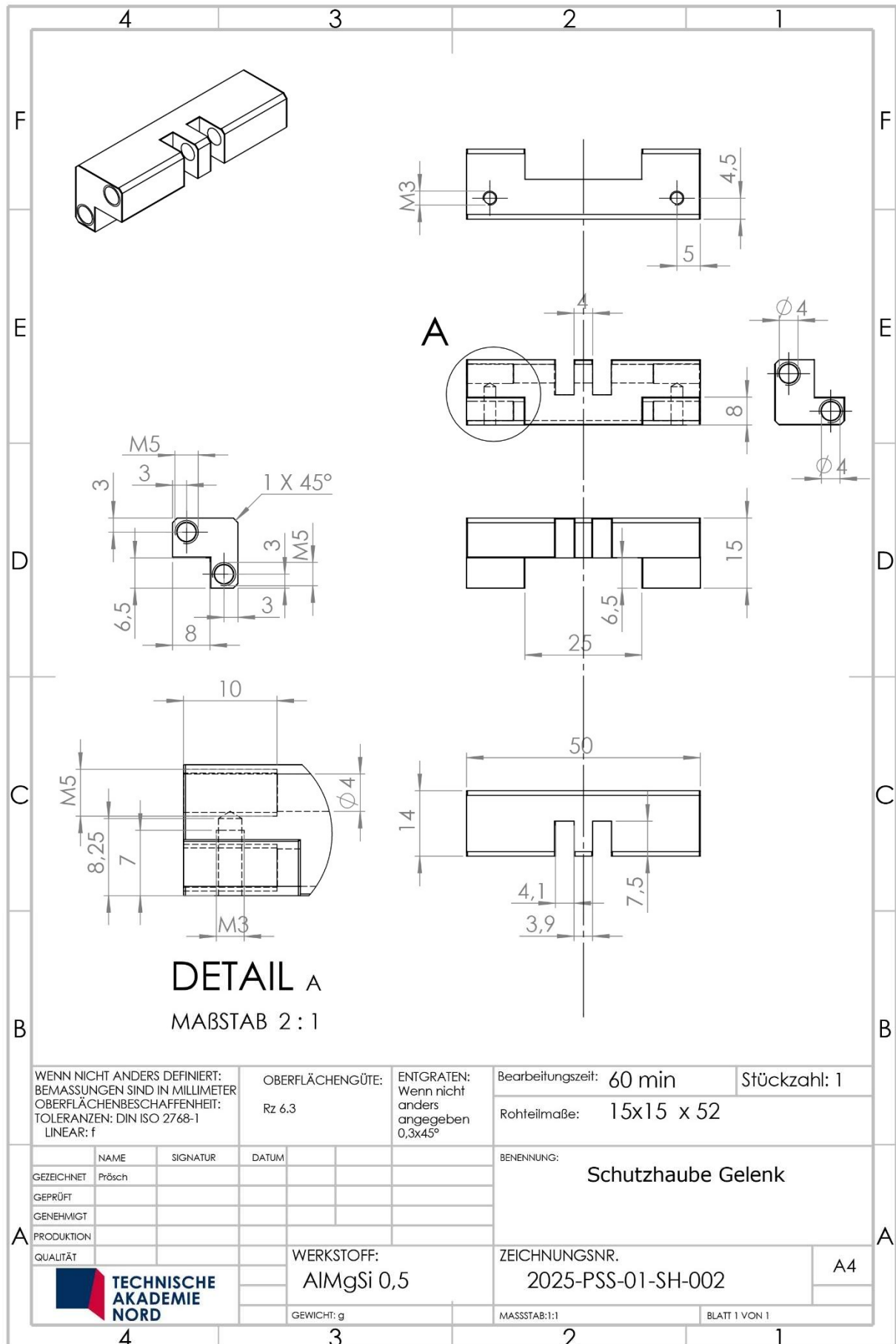
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



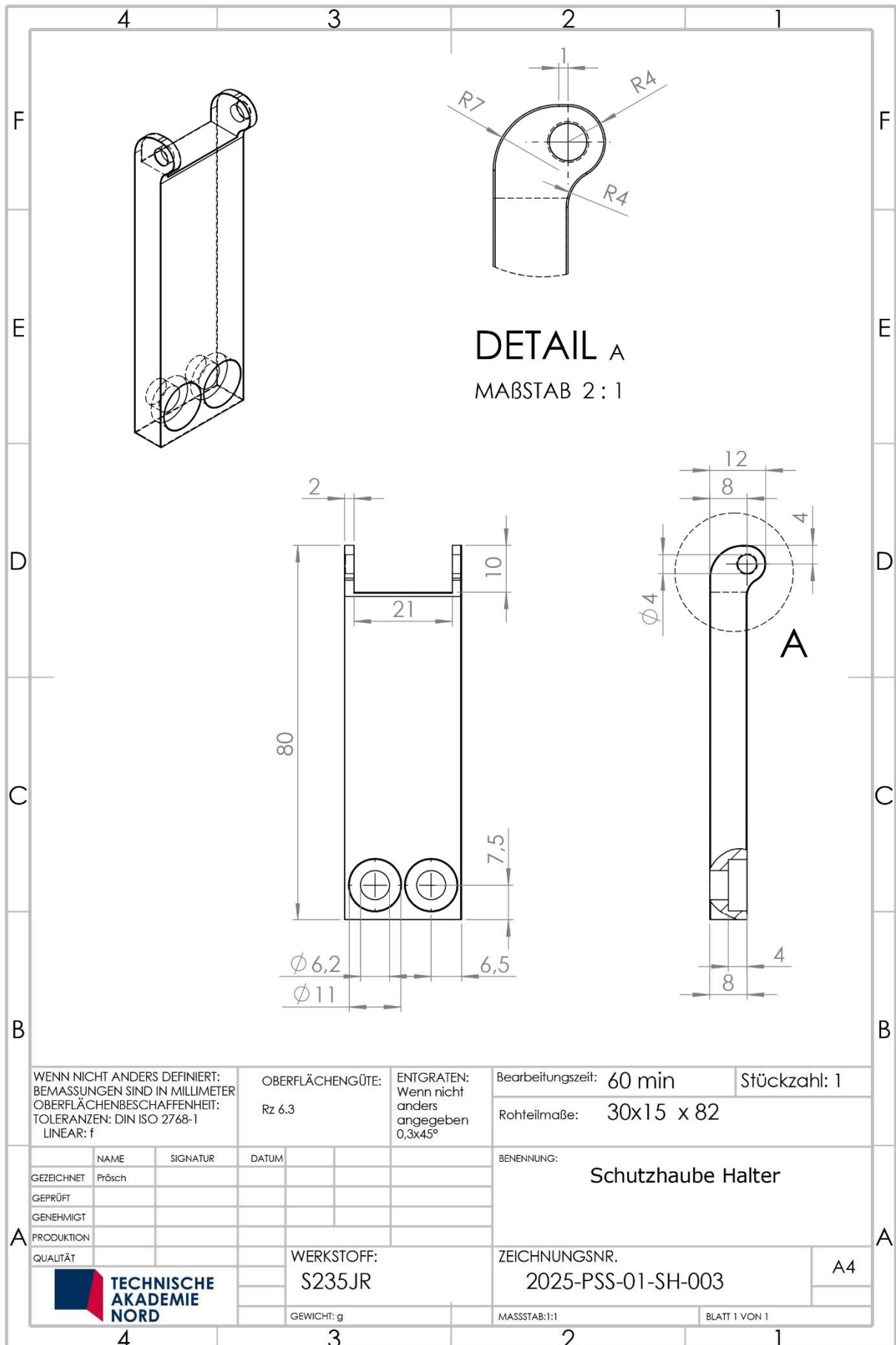
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



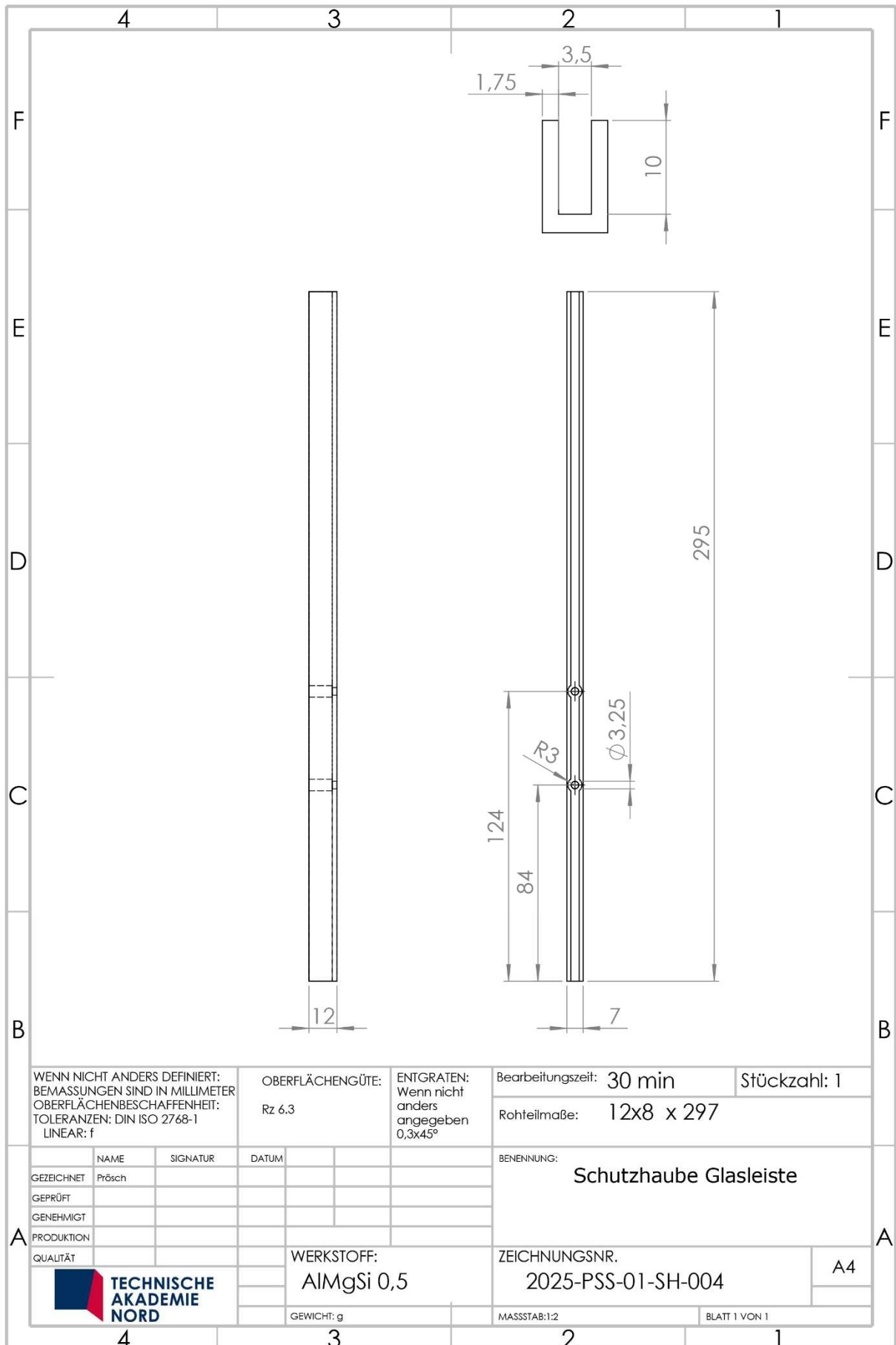
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



WENN NICHT ANDERS DEFINIERT:
BEMASSUNGEN SIND IN MILLIMETER
OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT:
TOLERANZEN: DIN ISO 2768-1
LINEAR: f

OBERFLÄCHENGÜTE:
Rz 6,3

ENTGRATEN:
Wenn nicht
anders
angegeben
0,3x45°

Bearbeitungszeit: 30 min
Stückzahl: 1
Rohteilmaße: 12x8 x 297

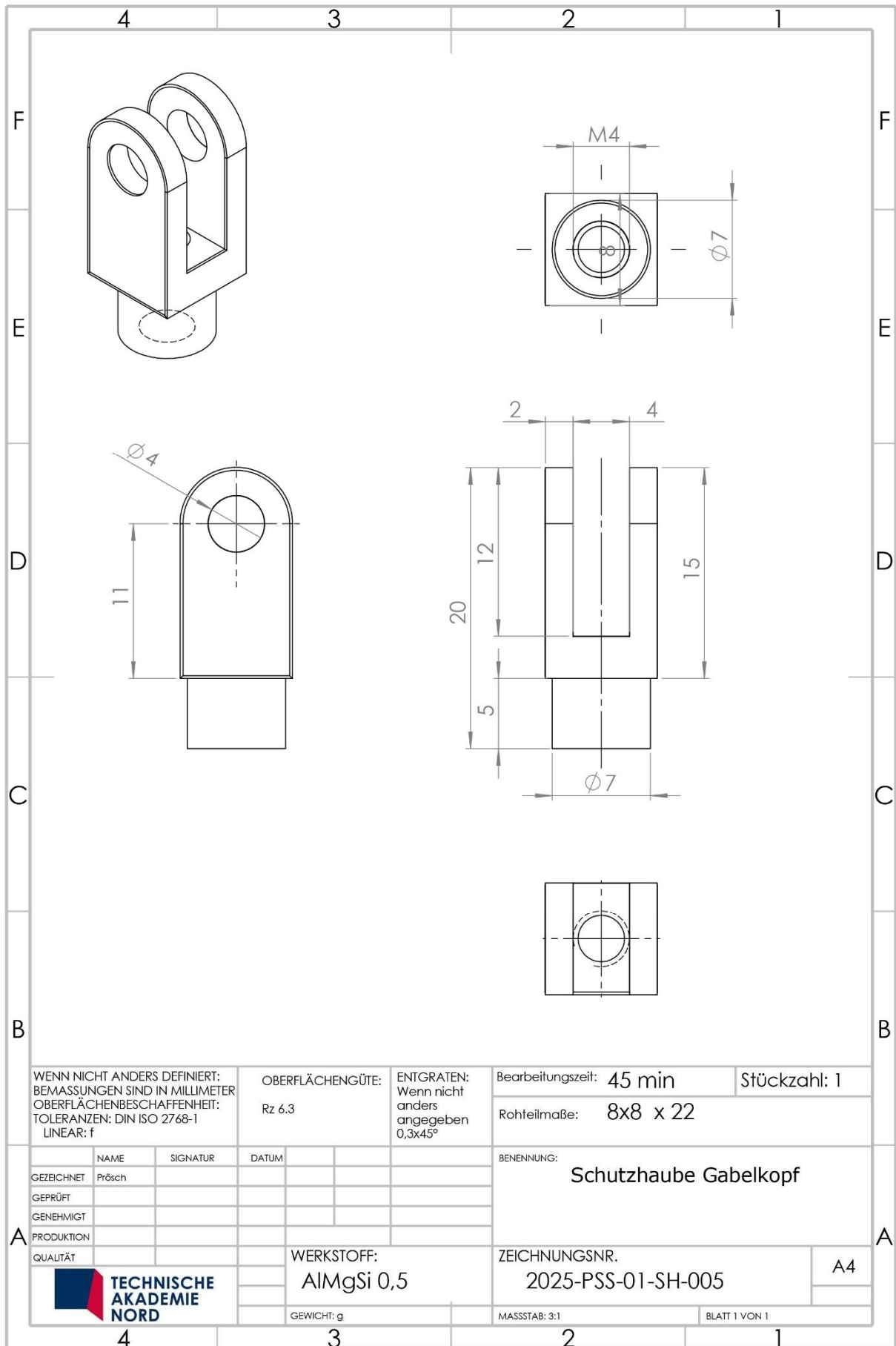
	NAME	SIGNATUR	DATUM
GEZEICHNET	Prösch		
GEPRÜFT			
GENEHMIGT			
PRODUKTION			
QUALITÄT			

BENENNUNG:
Schutzhaube Glasleiste

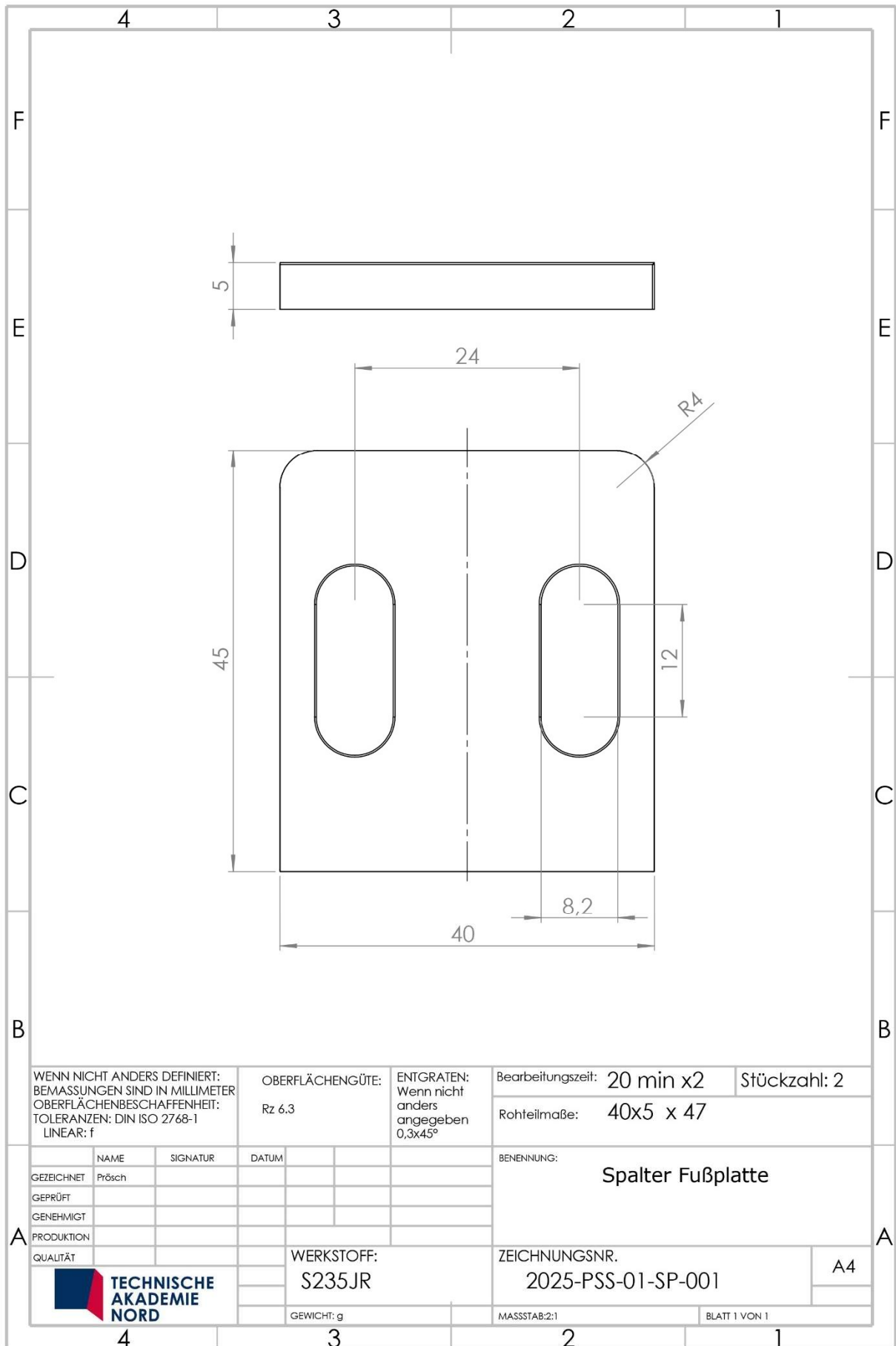
WERKSTOFF:
AlMgSi 0,5

ZEICHNUNGSNR.
2025-PSS-01-SH-004

A4



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



WENN NICHT ANDERS DEFINIERT:
BEMASSUNGEN SIND IN MILLIMETER
OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT:
TOLERANZEN: DIN ISO 2768-1
LINEAR: f

OBERFLÄCHENGÜTE:
Rz 6,3

ENTGRATEN:
Wenn nicht
anders
angegeben
0,3x45°

Bearbeitungszeit: 20 min x2

Stückzahl: 2

Rohteilmaße: 40x5 x 47

	NAME	SIGNATUR	DATUM		
GEZEICHNET	Prösch				
GEPRÜFT					
GENEHMIGT					
PRODUKTION					
QUALITÄT					

BENENNUNG:
Spalter Fußplatte



WERKSTOFF:
S235JR

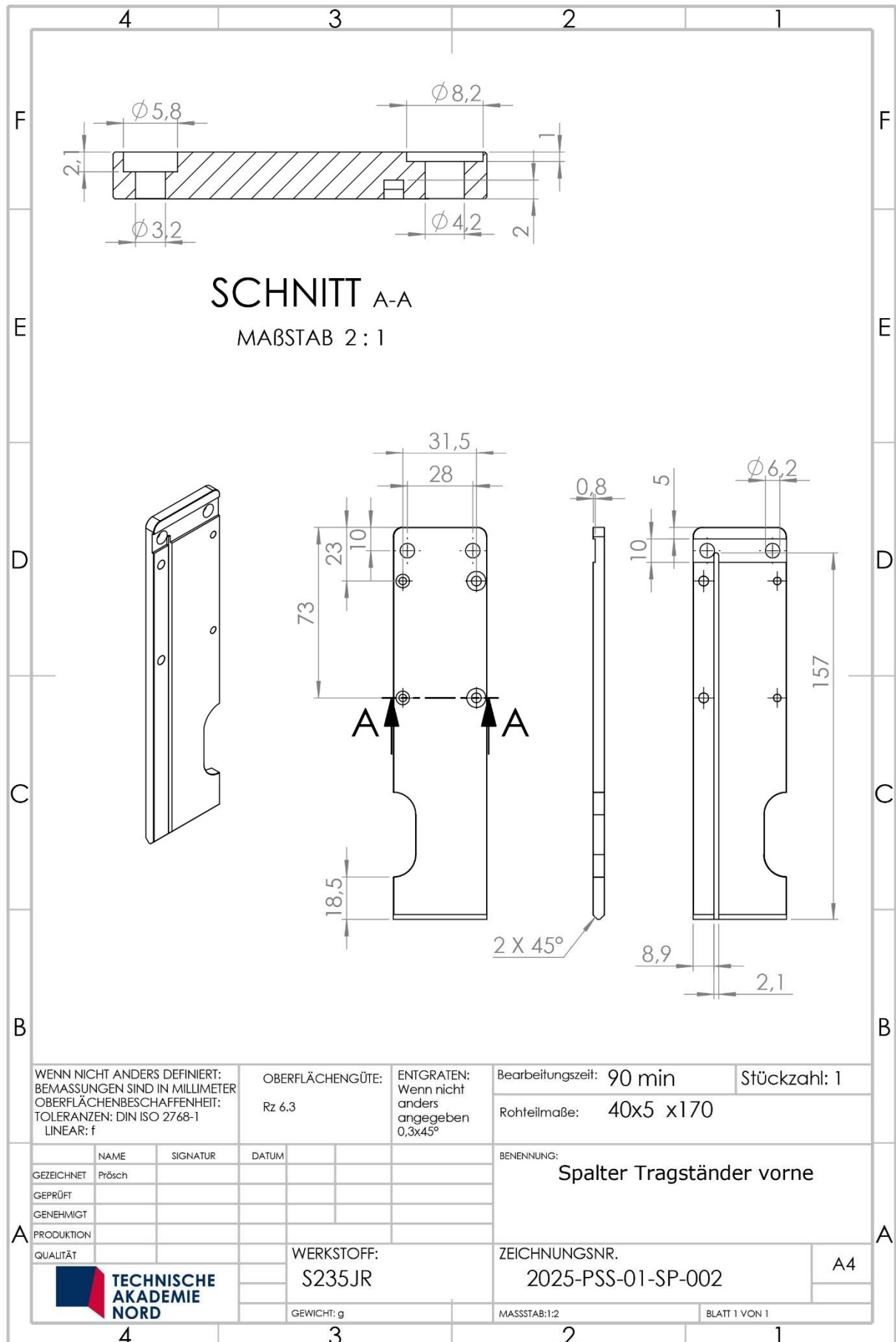
ZEICHNUNGSNR.
2025-PSS-01-SP-001

A4

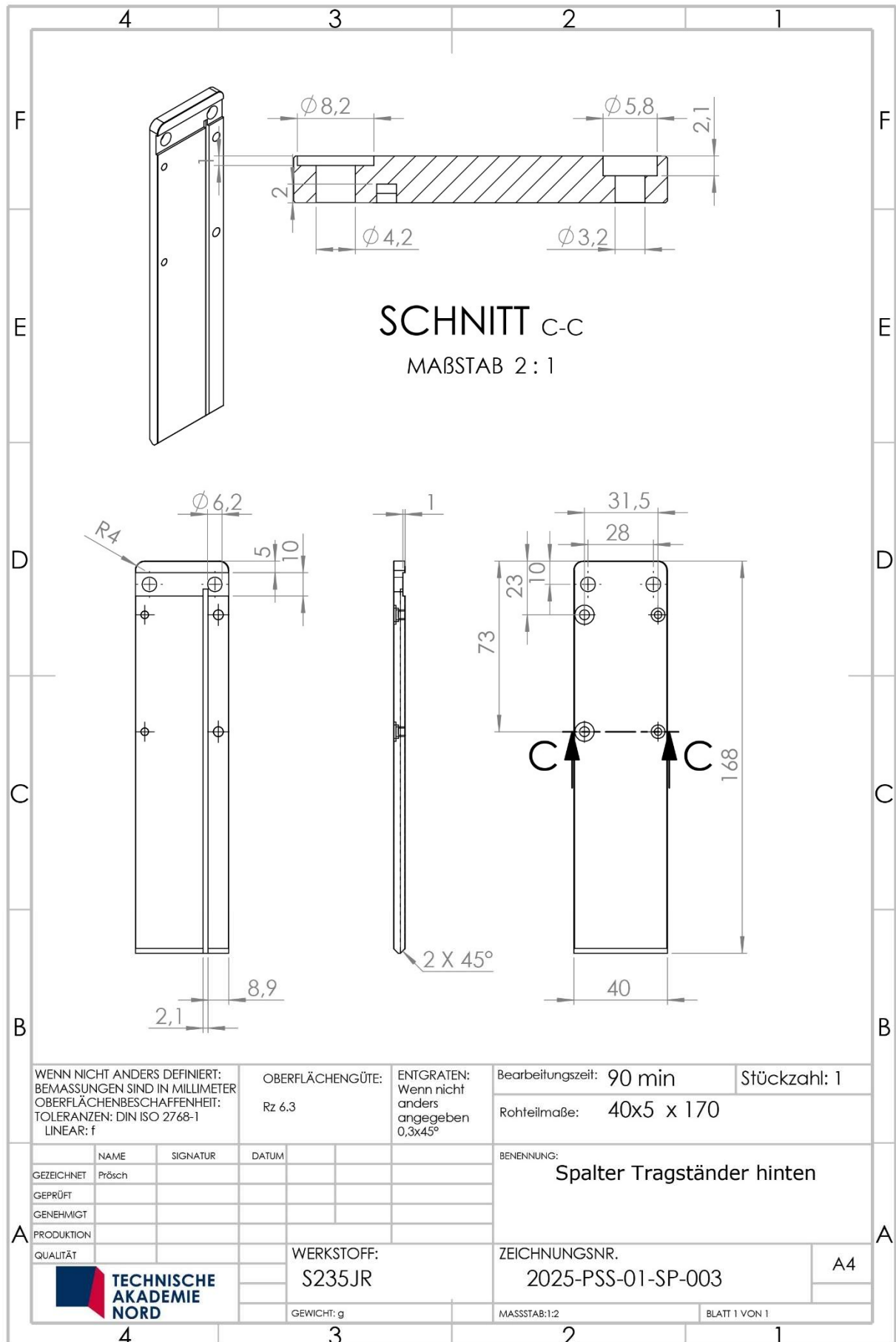
GEWICHT: g

MASSSTAB:2:1

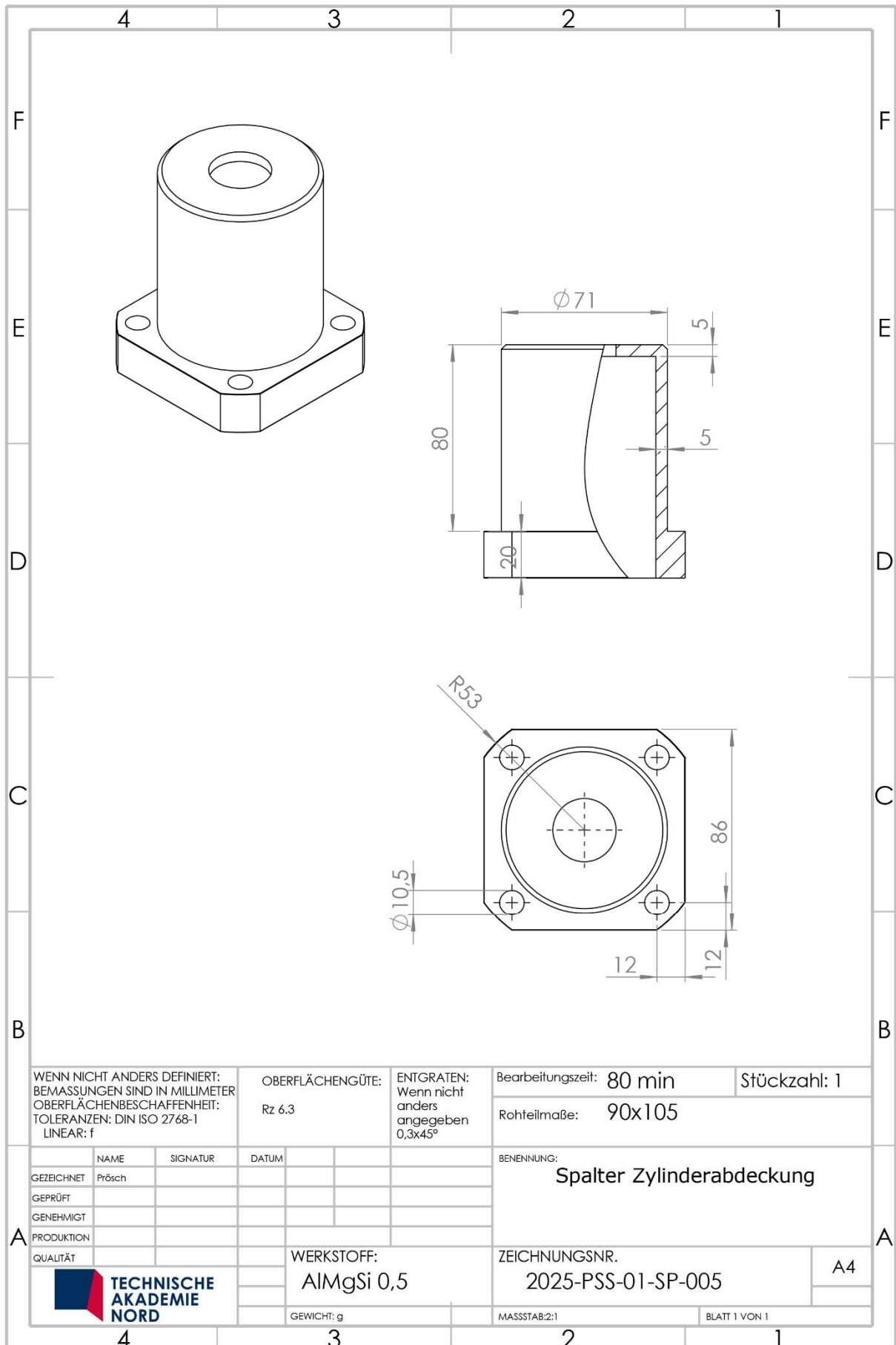
BLATT 1 VON 1



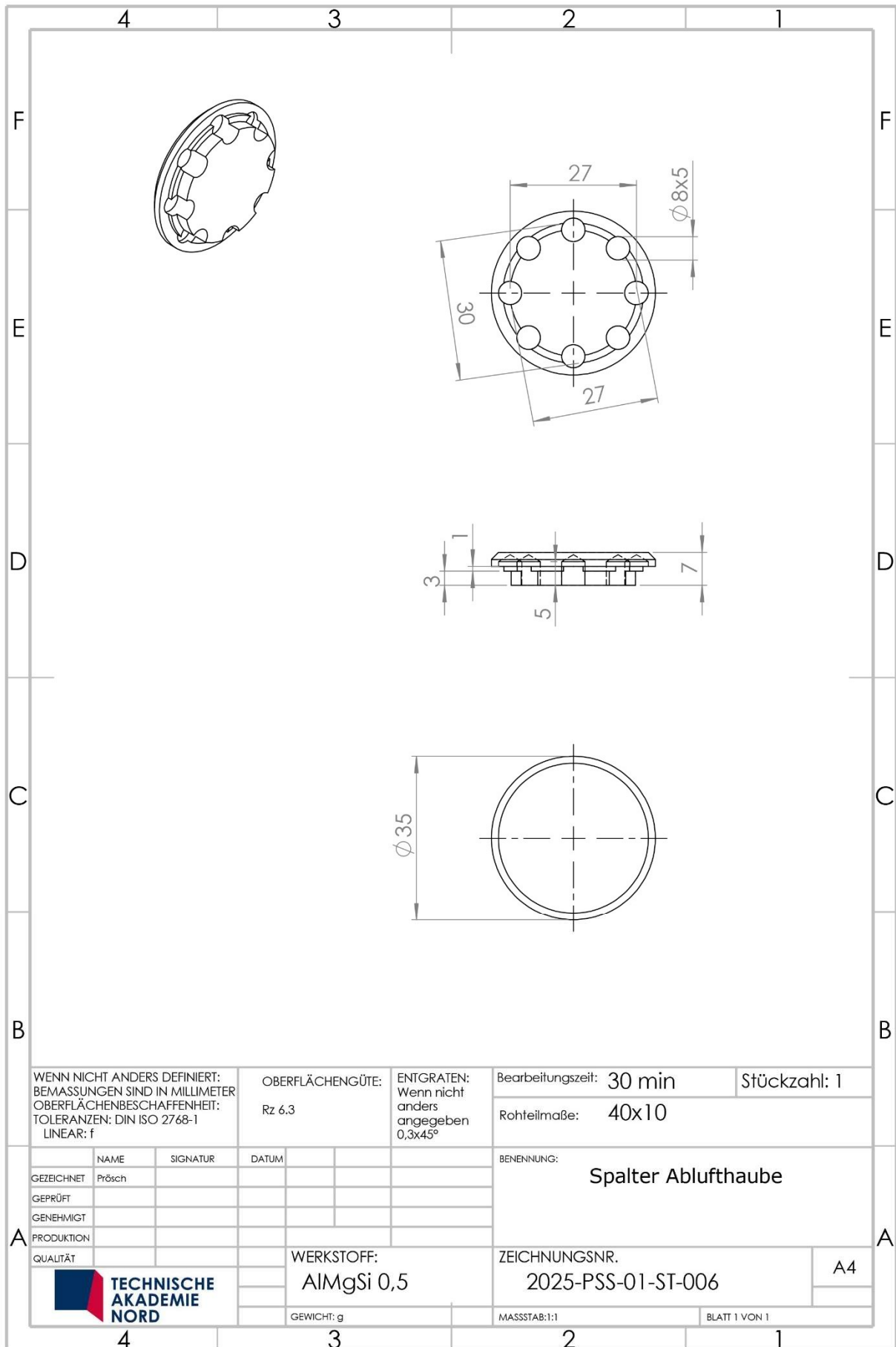
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



WENN NICHT ANDERS DEFINIERT:
BEMASSUNGEN SIND IN MILLIMETER
OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT:
TOLERANZEN: DIN ISO 2768-1
LINEAR: f

OBERFLÄCHENGÜTE:
Rz 6,3

ENTGRATEN:
Wenn nicht
anders
angegeben
0,3x45°

Bearbeitungszeit: 30 min

Stückzahl: 1

Rohteilmaße: 40x10

	NAME	SIGNATUR	DATUM
GEZEICHNET	Prösch		
GEPRÜFT			
GENEHMIGT			
PRODUKTION			
QUALITÄT			

BENENNUNG:
Spalter Ablufthaube

WERKSTOFF:

AlMgSi 0,5

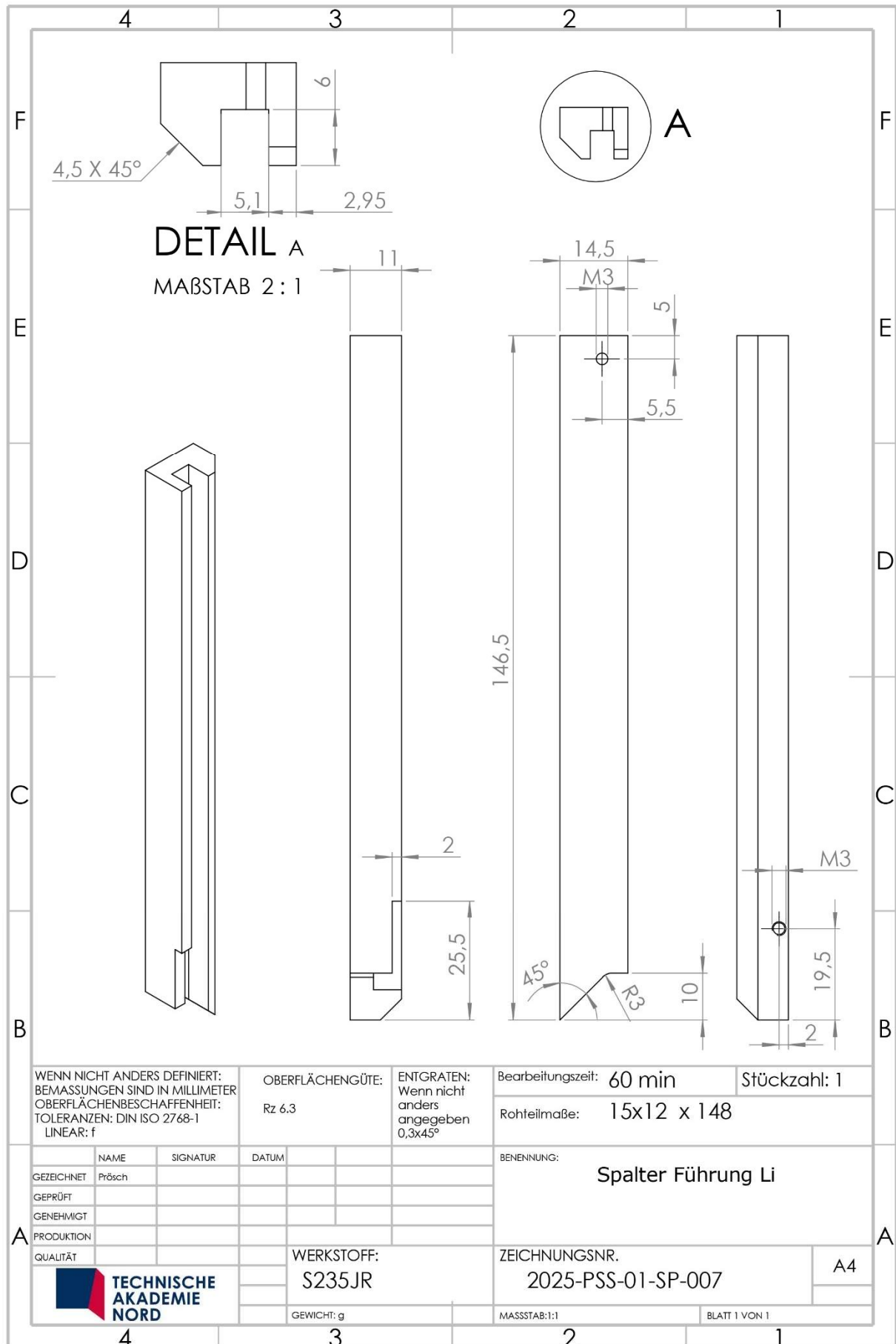
ZEICHNUNGSNR.
2025-PSS-01-ST-006

A4

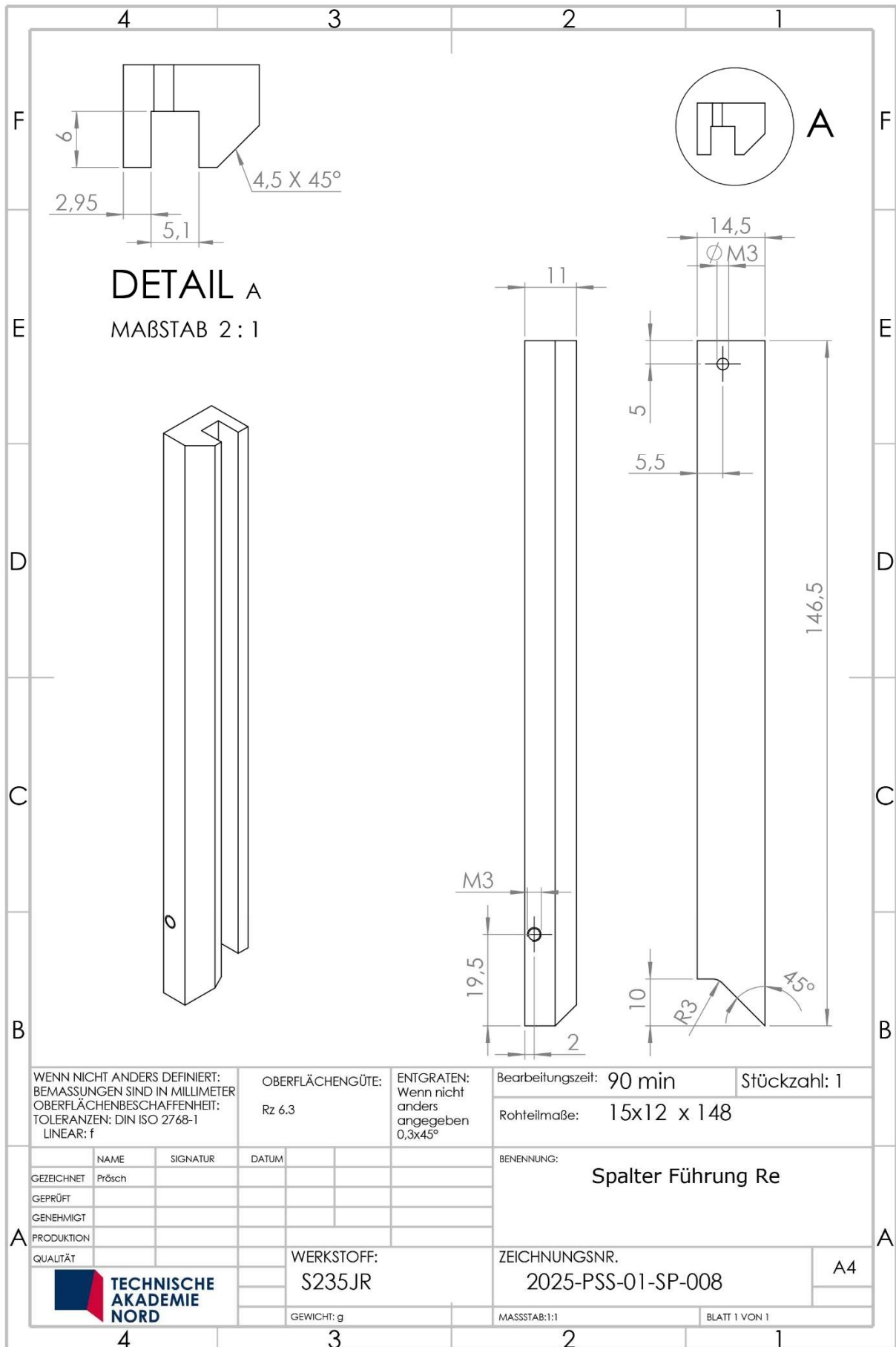
GEWICHT: g

MASSSTAB: 1:1

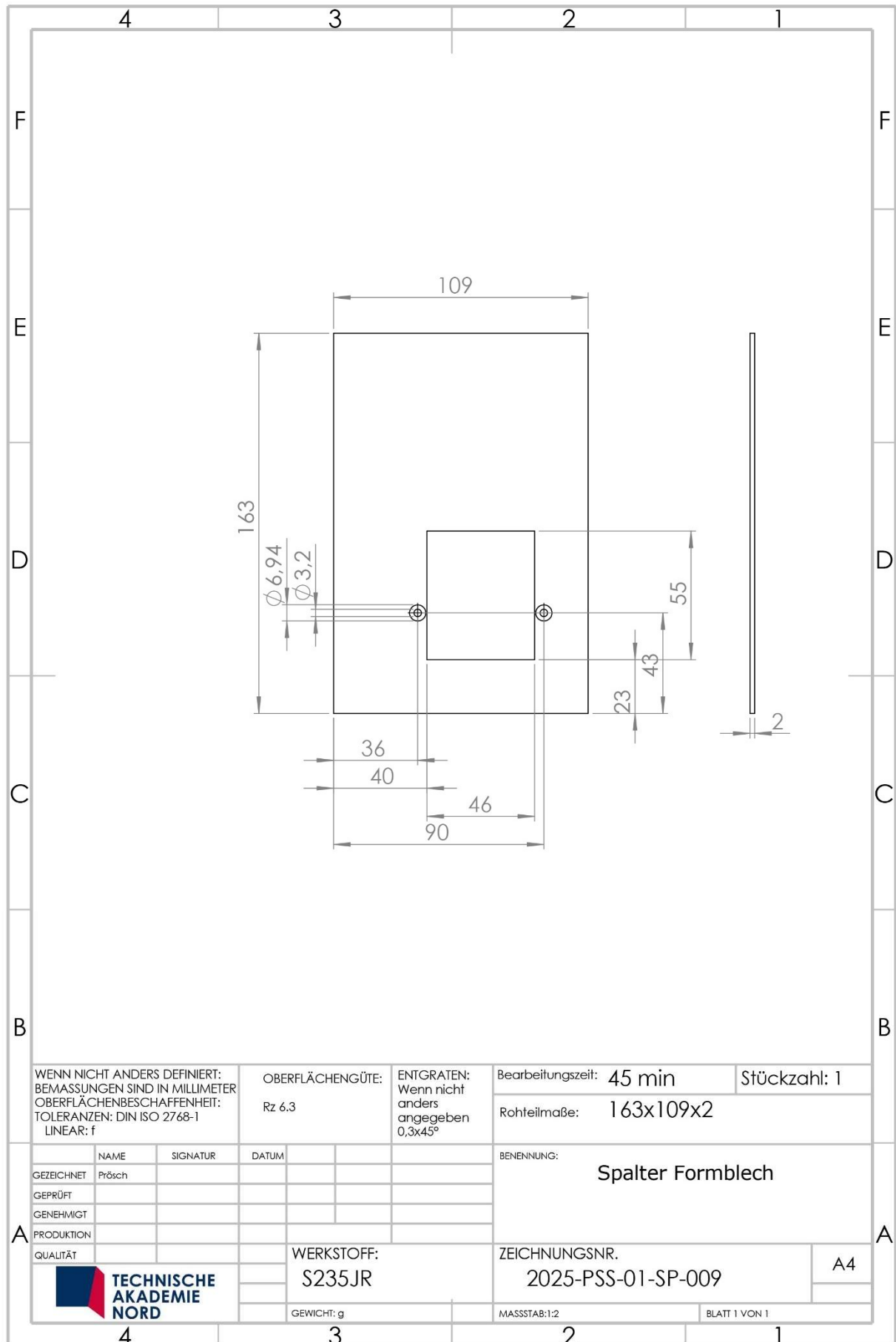
BLATT 1 VON 1



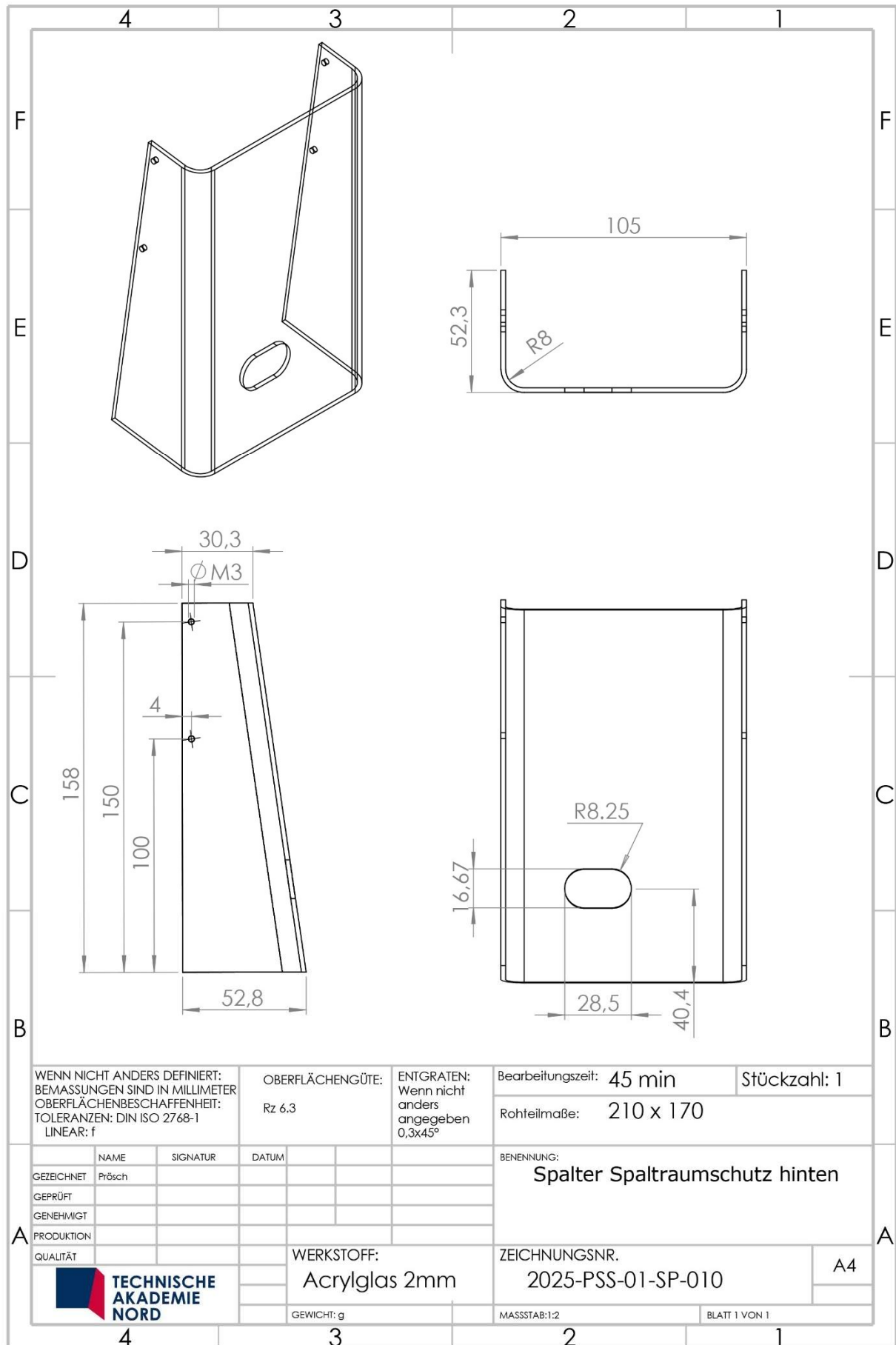
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



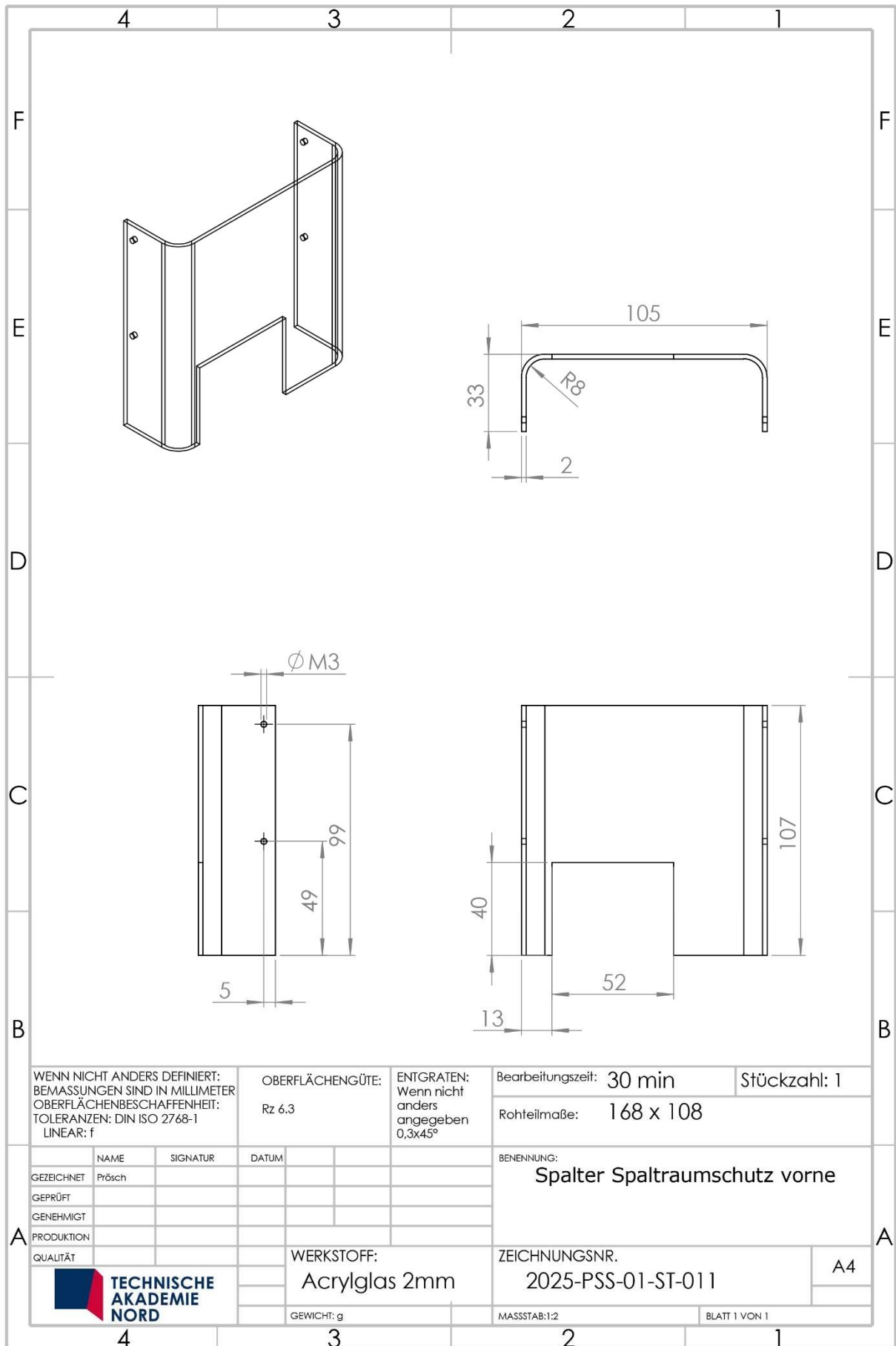
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



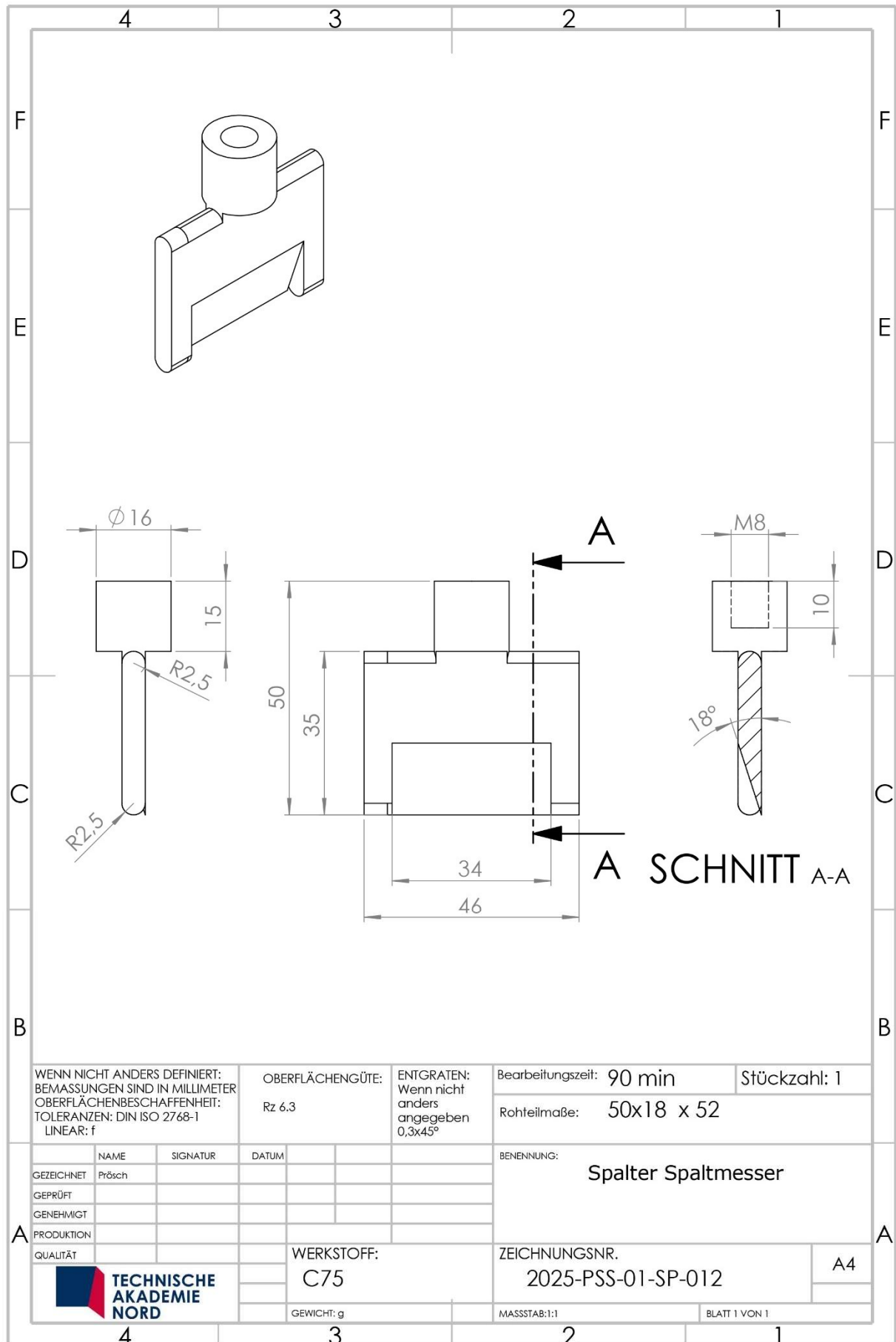
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



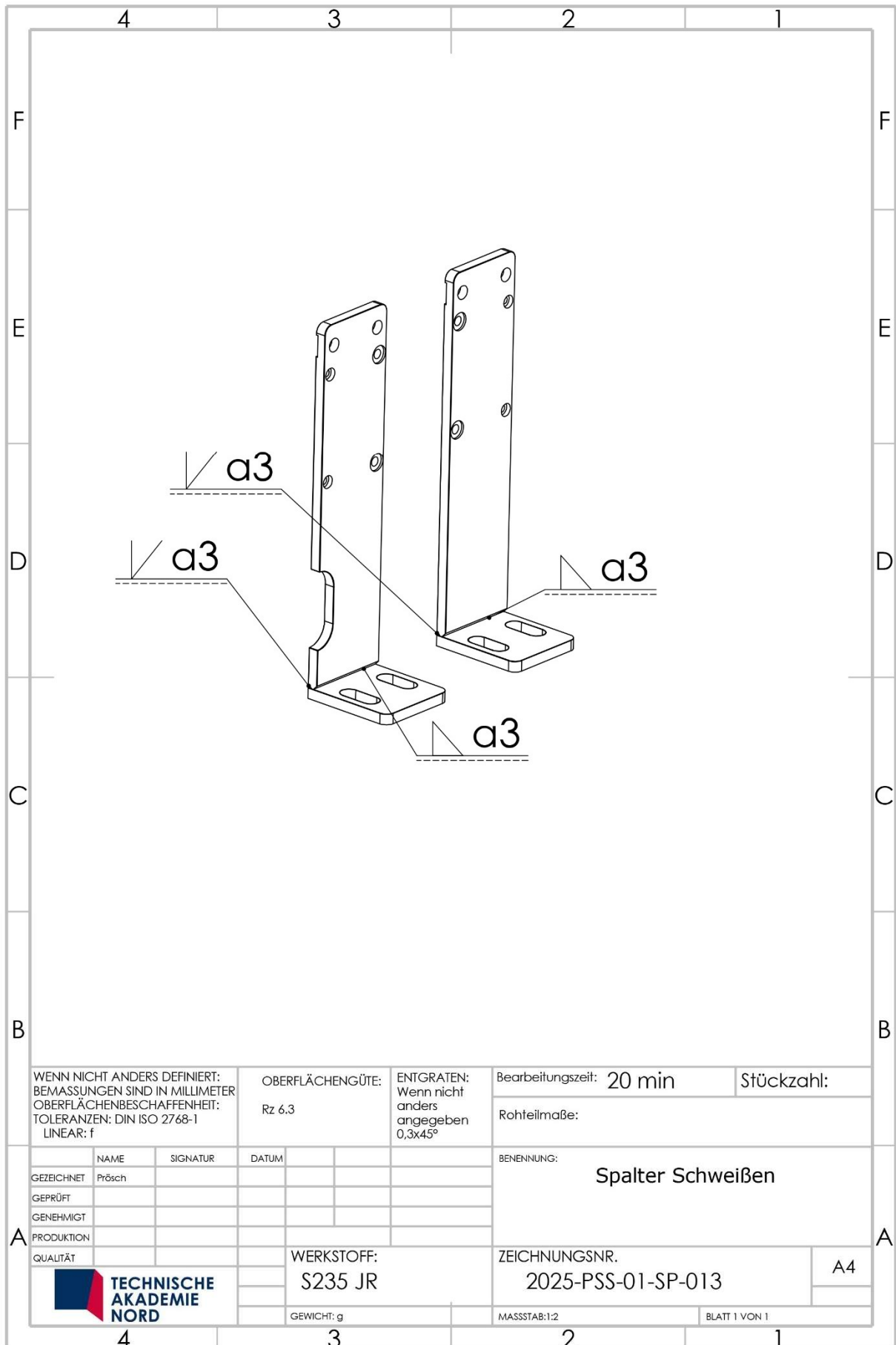
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



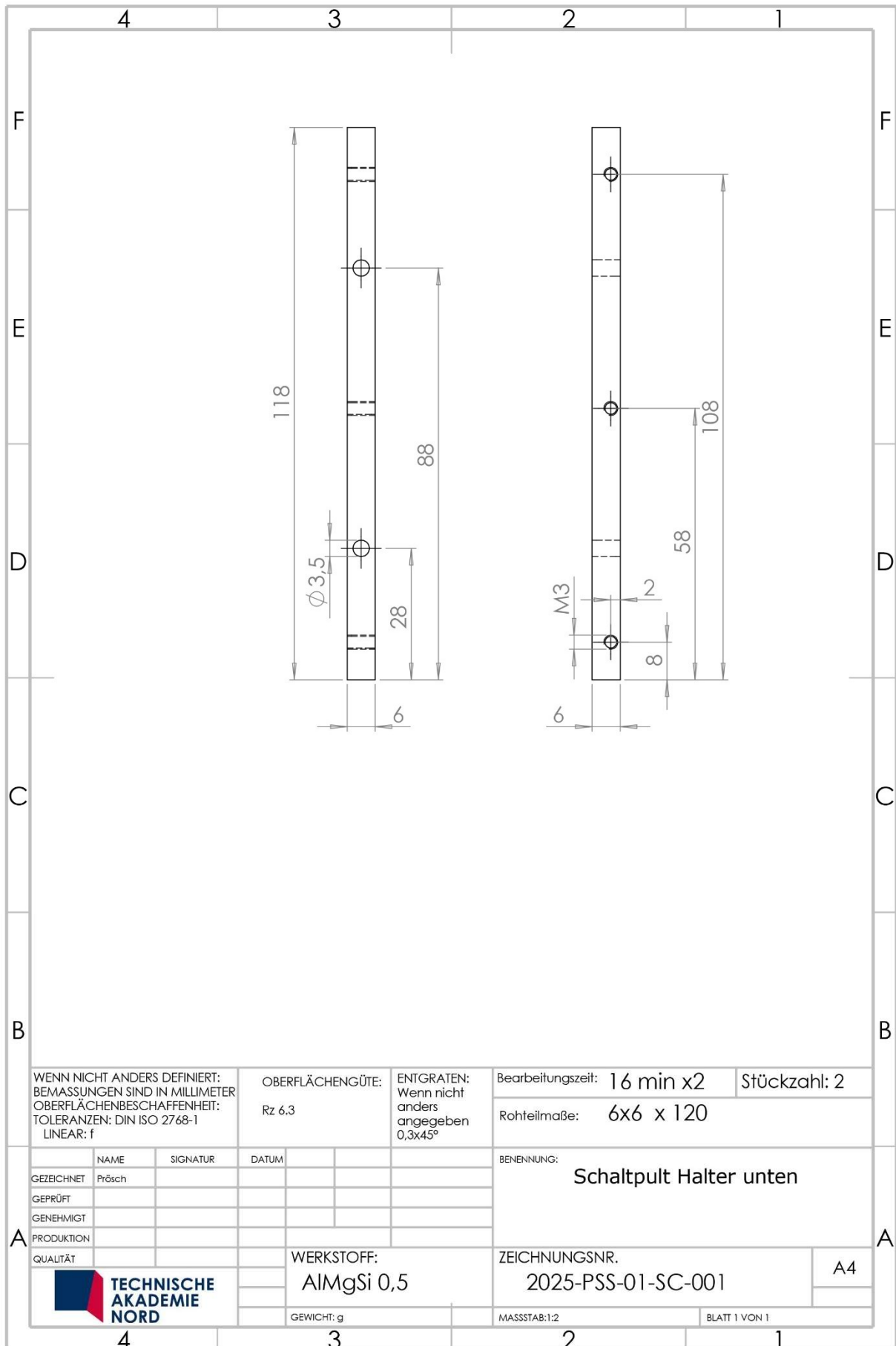
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



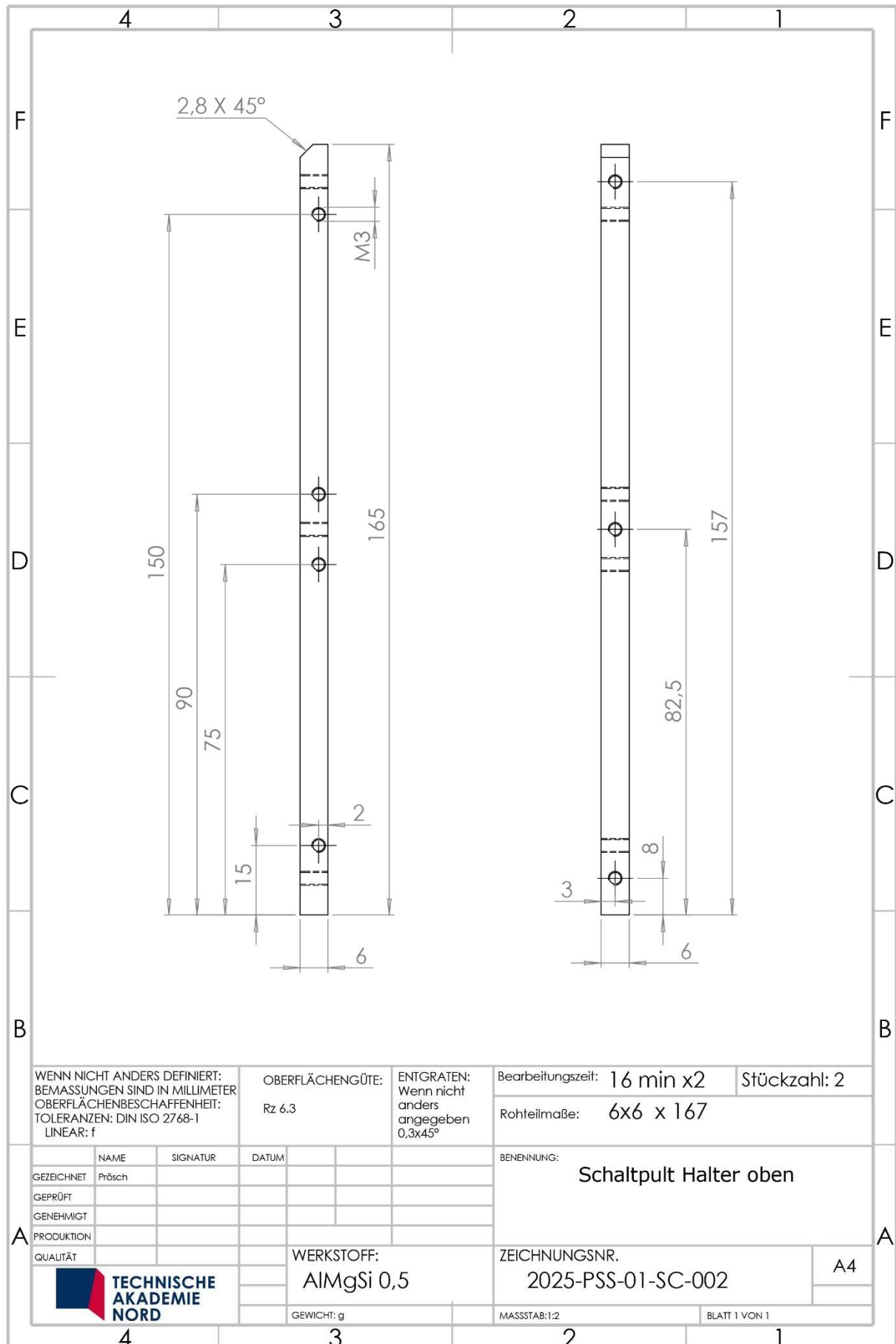
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



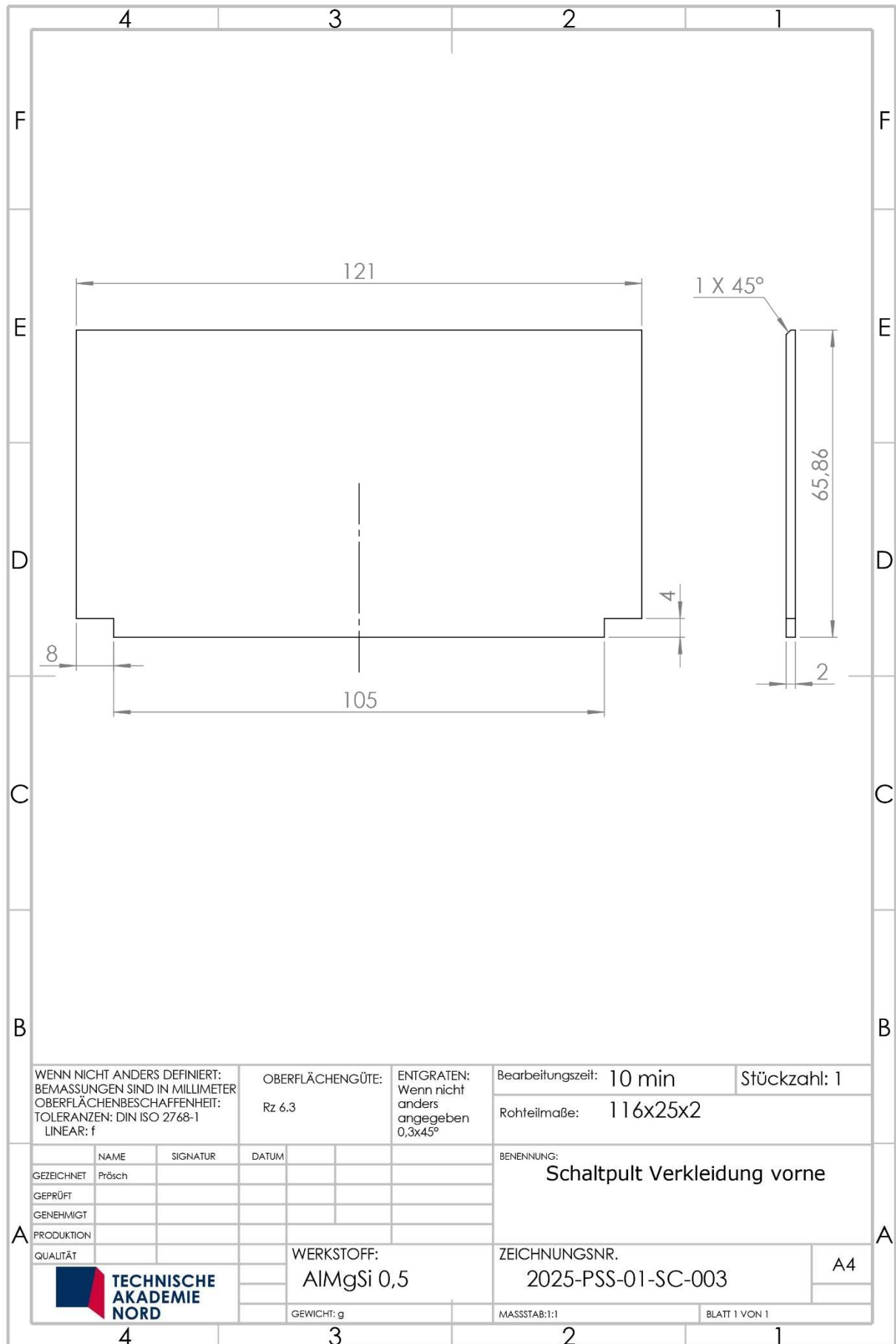
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



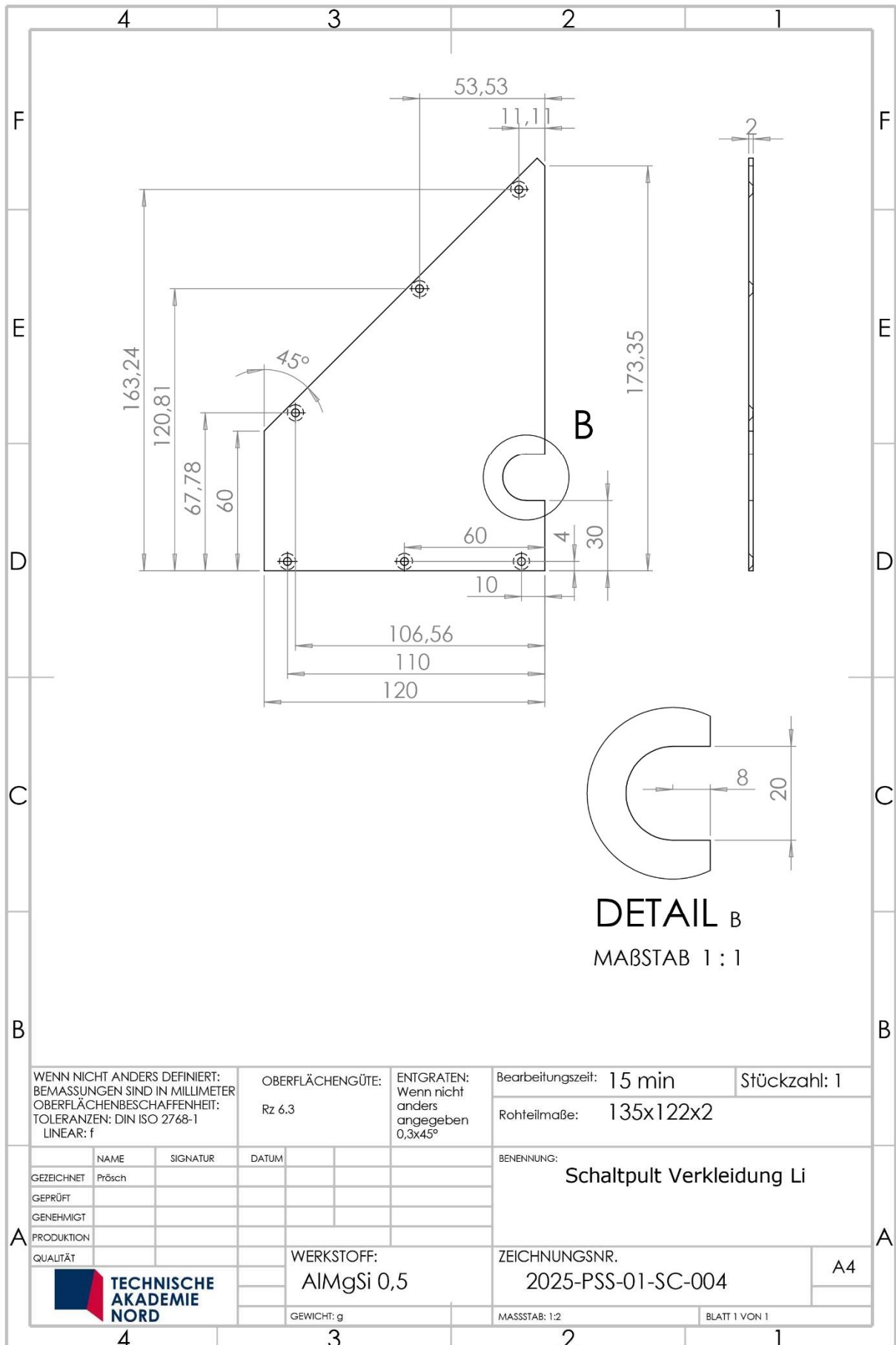
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



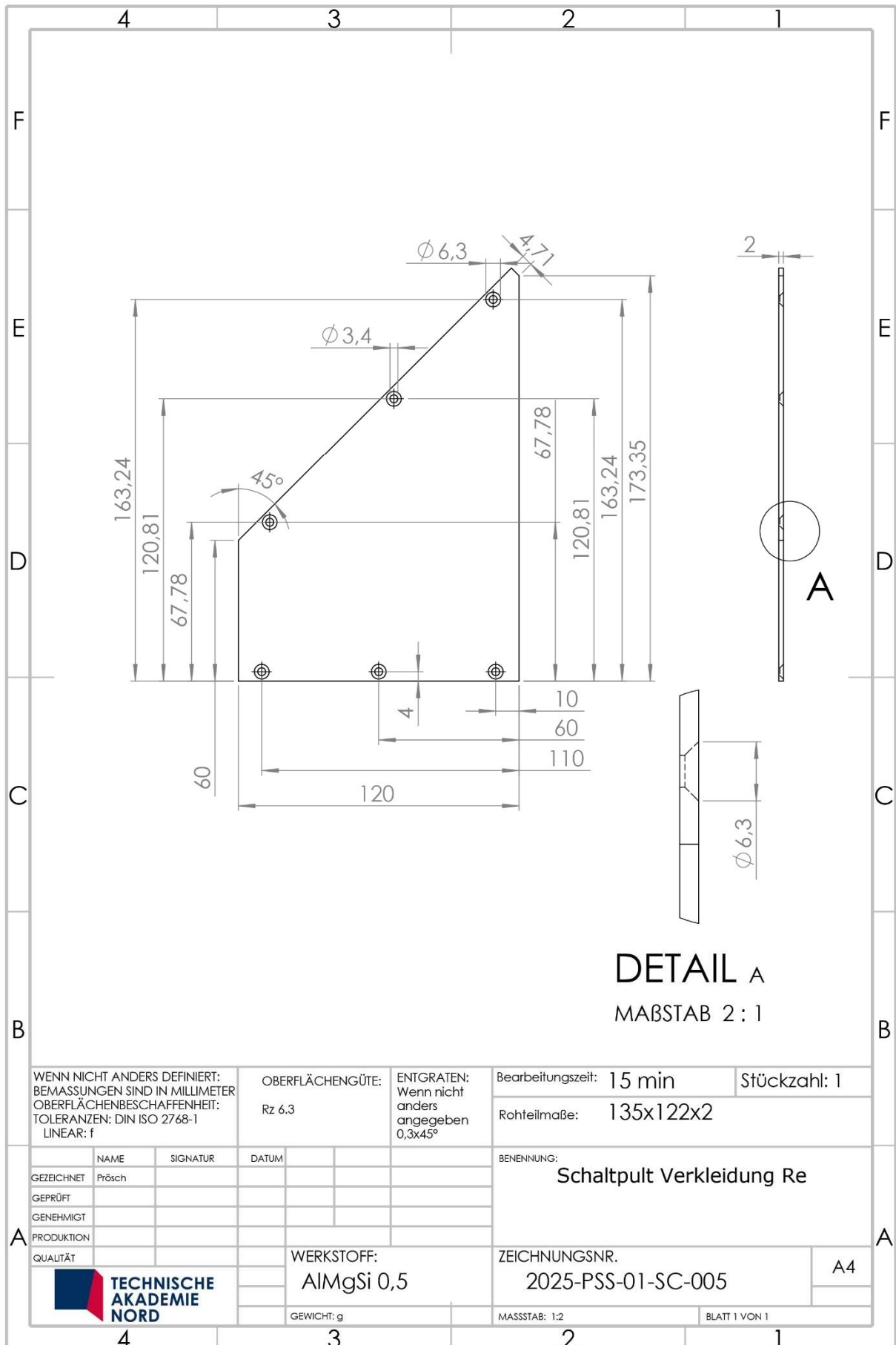
SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.



WENN NICHT ANDERS DEFINIERT:
BEMASSUNGEN SIND IN MILLIMETER
OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT:
TOLERANZEN: DIN ISO 2768-1
LINEAR: f

OBERFLÄCHENGÜTE:
Rz 6,3

ENTGRATEN:
Wenn nicht
anders
angegeben
0,3x45°

Bearbeitungszeit: 15 min

Stückzahl: 1

Rohteilmaße: 135x122x2

	NAME	SIGNATUR	DATUM
GEZEICHNET	Prösch		
GEPRÜFT			
GENEHMIGT			
PRODUKTION			
QUALITÄT			

BENENNUNG:
Schaltpult Verkleidung Re

WERKSTOFF:
AlMgSi 0,5

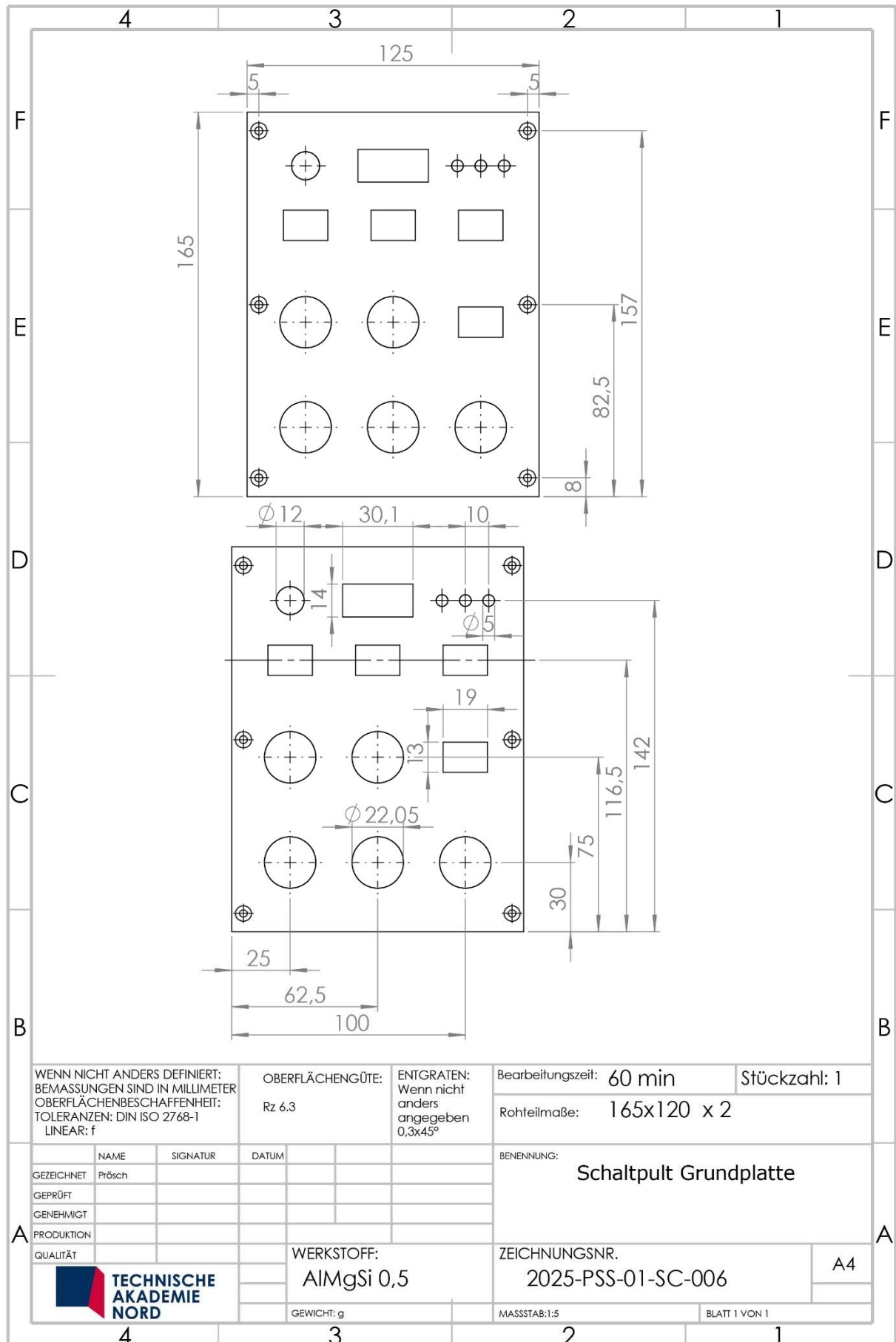
ZEICHNUNGSNR.
2025-PSS-01-SC-005

A4

GEWICHT: g

MASSSTAB: 1:2

BLATT 1 VON 1



SOLIDWORKS Lehrprodukt. Nur für Lehrzwecke.


```

1 import tm1637                               # Bibliothek für den TM 1637
2 import RPI.GPIO as GPIO                     # Aufrufen der GPIO Pins
3 import time                                  # Aufrufen des Zeitmoduls
4 import smbus                                 # Bibliothek MCP23017
5
6 while True:
7
8 def SpaAus():                                # Aufruf einer Funktion
9     GPIO.output (16, GPIO.HIGH)             # Relais K6.0 Stromlos
10    GPIO.output (18, GPIO.LOW)              # Relais K5.0 Strom ein
11
12 while True:                                  # Endlosschleife
13
14    EingangA = bus.read_byte_data(0x21, 0x12)
15    if EingangB & 16==16:                    # Bedingung oder Verzweigung
16        Code                                # Ab hier Code zum Ausführen
17
18        # Beispielscript
19
20    Transport = 1                             # 1 = Bewegung 0 = Stopp
21    Start = 0                                 # 0 = kein Start 1 = Start gedrückt
22
23 def TraVor():
24    GPIO.output (20, GPIO.HIGH)              # K4.0 stromlos
25    GPIO.output (19, GPIO.LOW)              # K3.0 Strom
26
27 def TraSto():
28    GPIO.output (20, GPIO.LOW)               # K4.0 Strom
29    GPIO.output (19, GPIO.HIGH)             # K3.0 stromlos
30    time.sleep(0.3)                          # Verweildauer 0,3 Sek.
31    GPIO.output (20, GPIO.HIGH)             # K4.0 stromlos
32    Transport = 0
33
34 def TraZur():
35    GPIO.output (19, GPIO.HIGH)              # K3.0 stromlos
36    GPIO.output (20, GPIO.LOW)              # K4.0 Strom
37
38 def DicVor():
39    GPIO.output (12, GPIO.HIGH)              # K8.0 stromlos
40    GPIO.output (23, GPIO.LOW)              # K7.0 Strom
41
42 def DicZur():
43    GPIO.output (23, GPIO.HIGH)              # K7.0 stromlos
44    GPIO.output (12, GPIO.LOW)              # K8.0 Strom
45
46 def SpaVor():
47    GPIO.output (16, GPIO,HIGH)              # K6.0 stromlos
48    GPIO.output (18, GPIO.LOW)              # K5.0 Strom
49
50 def SpaZur():
51    GPIO.output (18, GPIO.HIGH)              # K5.0 stromlos
52    GPIO.output (16, GPIO.LOW)              # K6.0 Strom
53
54
55
56
57
58
59
60

```

```
61
62 while True:
63     EingangA = bus.read_byte_data(0x21, 0x12) # einlesen der Kontakte
64     EingangB = bus.read_byte_data(0x21, 0x13) # einlesen der Kontakte
65     if Start == 1:
66         if EingangB & 64 == 64:           # Kontakt B2
67             TraVor()                       # Transport vorfahren.
68             Start = 0                       # Start auf 0 setzen.
69
70         if EingangB & 16 == 16:           # Kontakt B3
71             TraZur()                       # Transport zurückfahren
72             Start = 0                       # Variable Start auf 0 setzen.
73
74         if EingangB & 4 == 4:             # Kontakt B4
75             if Start == 1:                 # Abfrage ob Start aktiv ist.
76                 TraZur()                   # Transport zurückfahren.
77
78         if EingangB & 1 == 1:             # Kontakt B5
79             TraSto()                       # Transport stoppen.
80
81         if EingangA & 64 == 64:           # Kontakt B6
82             if Transport == 0:             # Transport Zustand abfragen.
83                 if EingangA & 4 == 4:     # Kontakt B8
84                     SpaVor()              # Spalter ausfahren.
85
86         if EingangA & 16 == 16:           # Kontakt B7
87             SpaZur()                       # Spalter einfahren
88             Transport = 1                  # Transport Zustand setzen
89
90         if EingangA & 1 == 1:             # Kontakt B9
91             if Transport == 0:             # Transport Zustand abfragen.
92                 TraZur()                   # Transport zurückfahren.
93
94
95
96
97
98
99
100
```

GPIO MCP23017

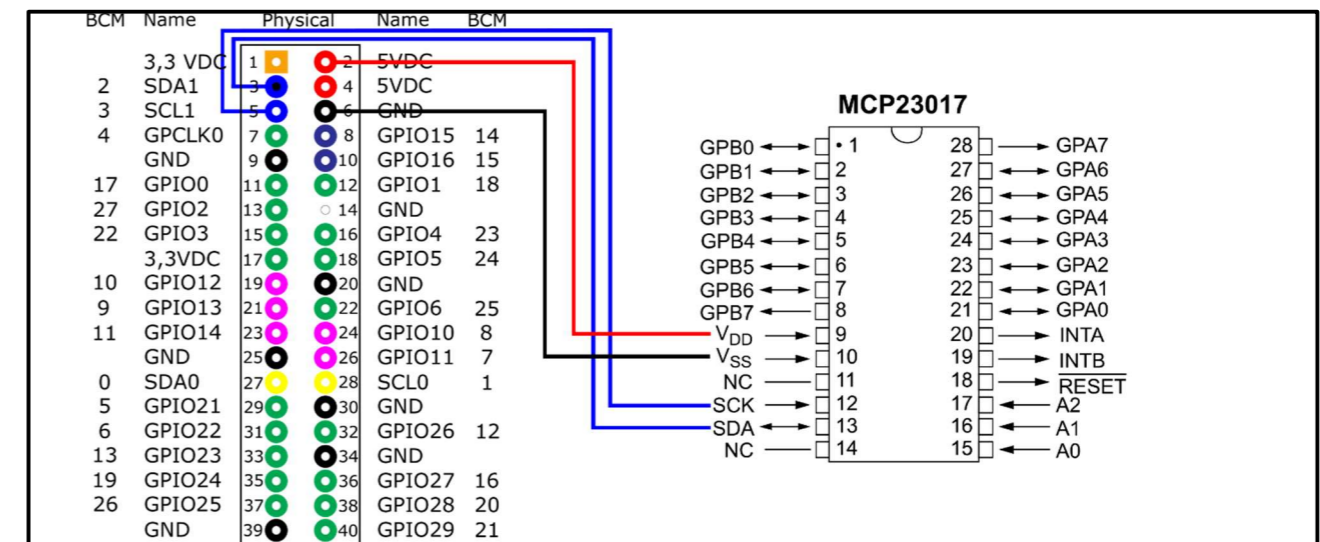


Abbildung 27: eigene Darstellung GPIO-Pins und MCP23017

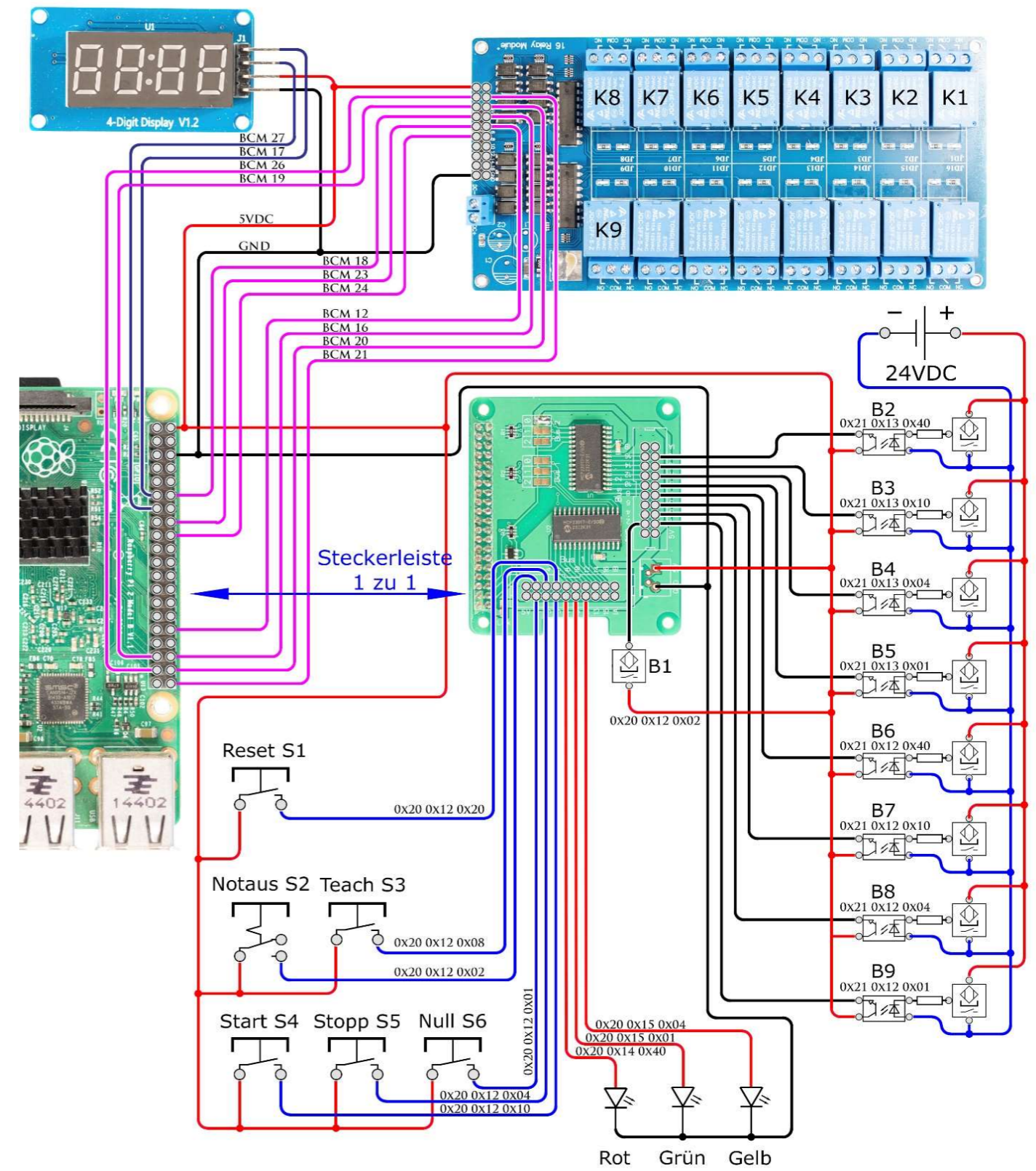


Abbildung 28: Schaltplan erstellt mit Photoshop

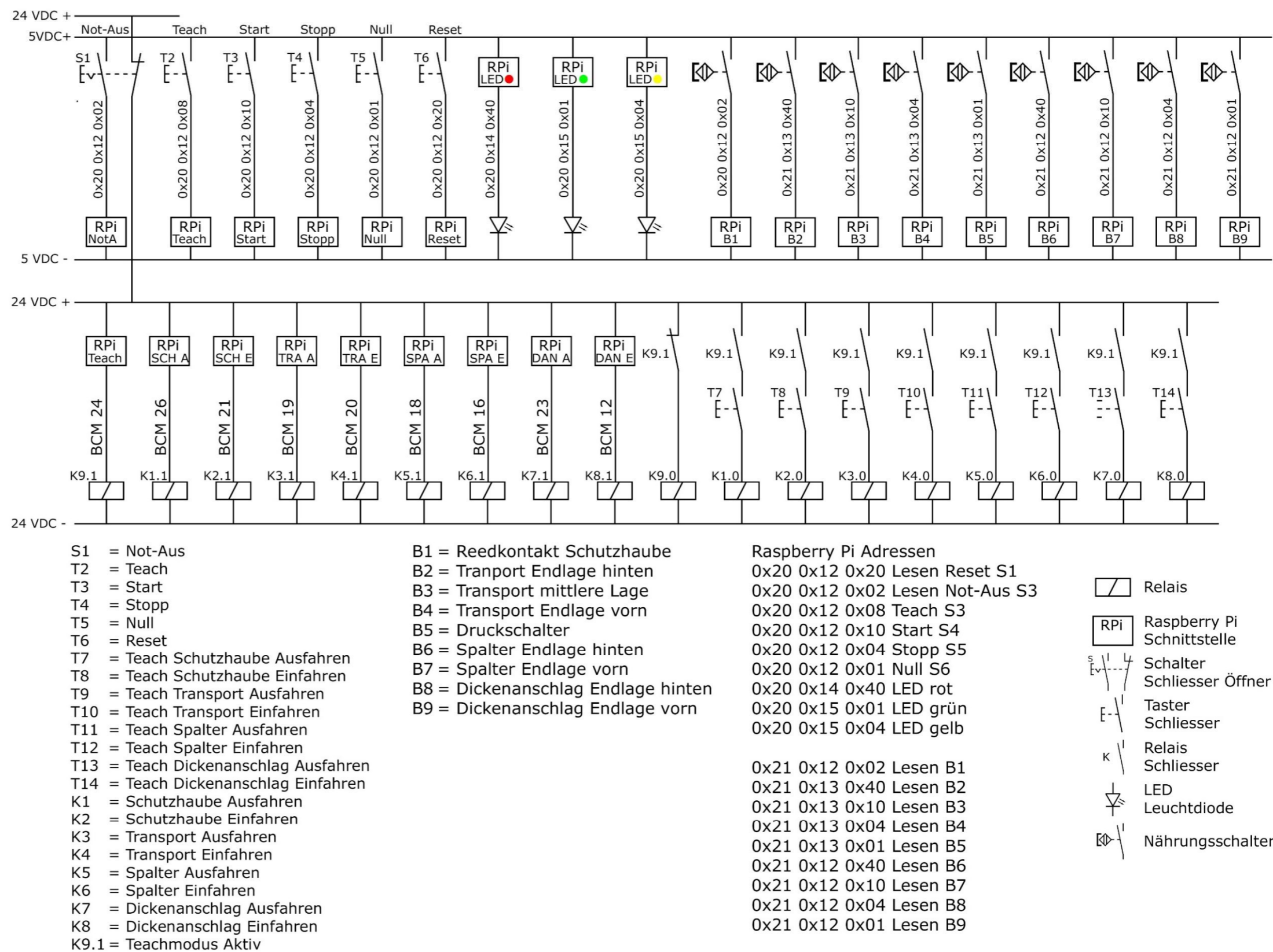


Abbildung 29: Stromlaufplan erstellt mit Photoshop

K1.0 Schutzhaube schliessen
K2.0 Schutzhaube öffnen
B1 Reedkontakt

K3.0 Transportschieber zurück
K4.0 Transportschieber vor
K9.0 Teachmodus aus
B2 Vordere Endlage
B3 Sicherheitsabstand
B4 Hintere Endlage
B5 Druckschalter Sensor

K5.0 Spaltmesser herabfahren
K6.0 Spaltmesser herauffahren
K9.0 Teachmodus aus
B6 Obere Endlage
B7 Untere Endlage

K7.0 Dickenanschlag ausfahren
K8.0 Dickenanschlag einfahren
K9.0 Teachmodus aus
B8 Hintere Endlage
B9 Vordere Endlage

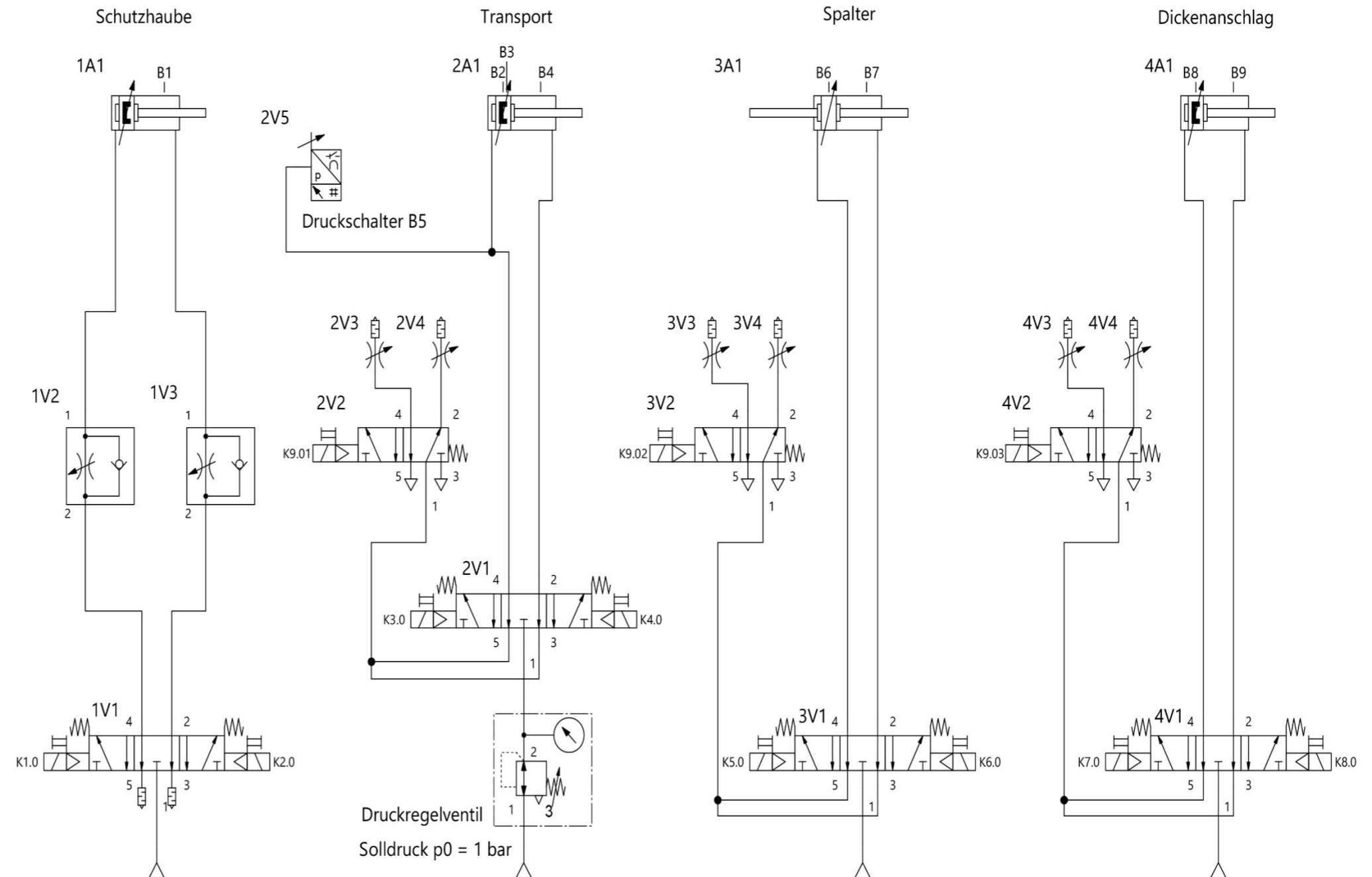


Abbildung 30: Pneumatikplan erstellt mit FluidSim 6