



Entwicklung eines Prüfstandes zur Bewertung des Verschleißverhaltens thermisch gespritzter Oberflächen für die Anwendung in Faserschneckenpressen

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs

Studienrichtung: Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau

Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität
Fakultät für Maschinenbau

Betreuer:

DI Dr.tech. Dragan Djuric, Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik, TU Graz
DI Roland Kanzler, Andritz AG, Graz

Eingereicht bei:

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Enzinger

Oktober 2013

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich beim gesamten Team der Andritz AG, im Besonderen bei den Mitgliedern meiner Arbeitsgruppe, Herrn Dipl.-Ing Roland Kanzler sowie dem Team des QMS bedanken, die mir bei der Durchführung dieser Arbeit zu jeder Zeit in organisatorischer sowie technischer Hinsicht mit Rat und Tat zu Seite gestanden sind.

Ein Dank geht auch an Herrn Assoc.Prof.Dipl.-Ing.Dr.tech. Norbert Enzinger und Herrn Dipl.-Ing. Dr.tech. Dragan Djuric, sowie an das Laborpersonal am Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik, die mich von Seiten der Universität bei der Organisation und Durchführung der Arbeit unterstützt haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt vor allem auch jenen, die mich bis hier-her begleitet und unterstützt haben und diese Danksagung erst ermöglicht haben. Allen voran einen Dank an meine Mutter und meinen Vater. Sie haben es mir ermöglicht, meinen gewünschten Bildungsweg einzuschlagen und mich stets in meinen Entscheidungen unterstützt. Auch haben sie mich erst in die wirtschaftliche Lage versetzt meinen Weg gehen zu können.

Ein weiterer großer Dank geht an dieser Stelle auch an meine Frau Bernadette, die mir in der ganzen Zeit meines Studiums stets eine große Stütze war.

Johannes KnafI

Deutsche Fassung:

Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008

Genehmigung des Senates am 1.12.2008

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

(Unterschrift)

Statutory declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....

date

.....

(signature)

Kurzfassung

In Zeiten steigender Energiepreise kommt der Effizienz von Maschinen eine immer größere Bedeutung zu. Im Falle der Faserschneckenpresse wird die Differenz zwischen theoretisch notwendiger Drehzahl und der im Betrieb gemessenen Drehzahl an der Schneckenwelle als Effizienz bezeichnet. Die theoretische Drehzahl ist dabei von der Geometrie der Schneckenwelle und hier im Speziellen vom Volumen des letzten Ganges bestimmt.

Einen der größten Einflussfaktoren auf die Effizienz stellt die Co-Rotation des Zellstoffes mit der Schneckenwelle dar. Dabei haftet der Faserstoff am Grundkörper der Schneckenwelle an und wird somit nur noch zum Teil in axiale Richtung gefördert. Um der Co-Rotation entgegen-zu-wirken, werden in der Andritz AG Plattierungen mit einer thermisch gespritzten Oberfläche und einer definierten Rauheit eingesetzt.

Es galt nun im Zuge dieser Arbeit einen Prüfstandard zu entwickeln, mit dem sich verschiedene Beschichtungen in Bezug auf die Entwicklung ihrer Oberflächenrauheit untereinander vergleichen lassen. Dazu wurde ein Prüfstand inklusive dazugehörigem Prüfverfahren entwickelt. Ziel war es, die Entwicklung der Oberflächenrauheit über den Prüfzeitraum zu untersuchen.

Im Anschluss sind nach dem oben genannten Andritz AG Prüfstandard die vier im Moment in der Andritz AG im Einsatz befindlichen Beschichtungen geprüft und verglichen worden.

Abstract

In times of increasing energy prices, the efficiency of machines is becoming more and more important. In case of the fiber screw press, the difference between the theoretical necessary driving speed and the speed measured during operation of the screw press is called the efficiency. The theoretical driving speed is depending on the geometry of the screw shaft. Specially on the volume of the last flight.

One of the biggest factors influencing the efficiency of a fiber screw press is the co-rotation between the pulp and the screw shaft. The pulp adheres to the base body of the screw shaft and therefore it is not transported in axial direction only. To avoid this Andritz AG is using thermal sprayed coatings to provide a defined roughness.

The next step was to develop a standard test to compare different coatings in term of the development of their surface roughness during the test period. Therefore a test bench including required standard test method has been developed. The aim was to investigate the development of surface roughness over the test period.

After that the four different currently in Andritz AG used coatings were tested and compared.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	2
Eidesstattliche Erklärung	3
Statutory declaration	3
Kurzfassung	4
Abstract	5
Inhaltsverzeichnis	6
Abkürzungen, Formelzeichen, Indizes	9
1 Einleitung und Motivation	10
2 Literatur	12
2.1 Schneckenpressen.....	12
2.1.1 Einteilung der Schneckenmaschinen.....	12
2.1.2 Historischer Überblick.....	12
2.1.3 Entwicklung der Schneckenpresse	12
2.1.4 Einsatzgebiete von Schneckenmaschinen.....	16
2.1.5 Bedeutung der Schneckenpresse in der Papier- und Zellstoffindustrie	18
2.2 Grundlagen der thermischen Spritztechnik	21
2.2.1 Schichtenstehung und Haftung.....	23
2.2.2 Spritzverfahren im Überblick.....	24
2.2.2.1 Flammspritzen.....	24
2.2.2.2 Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF).....	24
2.2.2.3 Lichtbogenspritzen	25
2.2.2.4 Plasmaspritzen.....	26
3 Standardisierte Prüfverfahren	27
3.1 Dry Sand Rubber Wheel.....	27
3.2 Pin on Drum	28
3.3 Impeller-Tumbler	29
4 Prüfstand	31
4.1 Anforderungen.....	31
4.2 Funktionsprinzip	31
4.3 Konstruktion und Aufbau	32

4.3.1	Ausgangssituation	32
4.3.2	Umbau des Prüfstandes	34
4.3.2.1	Antrieb.....	35
4.3.2.2	Kraftaufnehmer	35
4.3.2.3	Elektrischer Hubzylinder	35
4.3.2.4	Walze	35
4.3.2.5	Führung des Probenhalters	37
4.3.2.6	Behälter mit Füllstandsensor	38
4.3.3	Umsetzung	39
4.3.4	Messdatenerfassung und Bedienung	40
4.3.4.1	Konfiguration	40
4.3.4.2	Hauptprogramm	44
4.3.4.3	Messdatenerfassung	45
4.3.4.4	Abbruchkriterien	46
5	Vorversuche zur Ermittlung der Prüfparameter	47
5.1	Bewertungskriterien.....	47
5.2	Versuchsdauer	47
5.3	Auswahl der Referenzbeschichtung	47
5.4	Herstellung der Probenstreifen	48
5.5	Begleitdokument.....	48
5.6	Vorbereitung des Versuches	49
5.7	Ablauf der Versuche	51
5.8	Auswertung der Probenstreifen	54
5.8.1	Messung der Rauheit	54
5.8.2	Herstellung der Querschliffe	55
5.8.3	Messtechnische Auswertung	56
5.9	Durchführung der Vorversuche.....	59
5.10	Festlegung der Standardprüfparameter	62
6	Ergebnisse	63
6.1	Beschichtung 1	63
6.2	Beschichtung 2.....	66
6.3	Beschichtung 3.....	69
6.4	Beschichtung 4.....	72
6.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	75

7	Diskussion der Ergebnisse.....	77
8	Zusammenfassung.....	80
9	Vorschläge – Ausblick	82
	Literaturverzeichnis	84
	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	86
	Anhang.....	88

Abkürzungen, Formelzeichen, Indizes

v_{RU}	m/s	Relativgeschwindigkeit in Umfangsrichtung
AAG		Andritz AG
ASTM		American Society for Testing
COD		Chemical Oxygen Demand
DIP		Deinked Pulp
DSRW		Dry-sand Rubber-Wheel Test
HVOF		Hochgeschwindigkeitsflammspritzen
POD		Pin-on-drum Test
SCP		Faserschneckenpresse

1 Einleitung und Motivation

Aufgrund der Co-Rotation des Zellstoffes in einer Schneckenpresse ergibt sich eine nicht unerhebliche Effizienzminderung derselben.

Unter Effizienzminderung wird in diesem Zusammenhang die notwendige Drehzahlerhöhung an der Schneckenwelle im Betrieb verstanden. Diese wird notwendig, da der Zellstoff am Grundkörper der Schneckenwelle anhaftet und aufgrund der daraus resultierenden Co-Rotation nicht mehr ausschließlich in axiale Richtung gefördert wird. Somit lässt sich das theoretische Austragsvolumen der Schneckenpresse, das über das Volumen des letzten Schneckenganges festgelegt ist, nicht mehr erreichen.

Um das Problem der Co-Rotation zu mindern wird bei der Schneckenwellenkonstruktion der Ansatz verfolgt, das Anhaften des Zellstoffes am Grundkörper infolge von Adhäsion mit Hilfe einer definierten Oberflächenrauheit zu verhindern. In diesem Zusammenhang wurden zu einem früheren Zeitpunkt Untersuchungen durchgeführt um die optimale Oberflächenbeschaffenheit zu ermitteln. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ergab eine optimale Rautiefe der Oberfläche von $Ra\ 5 - 8\ \mu m$. [1]

Die Realisierung dieser Oberflächenrauheit wird in der Praxis mit thermisch gespritzten Beschichtungen umgesetzt. Wie in Abbildung 1-1 gezeigt, erfolgt die Aufbringung auf den Grundkörper der Schneckenwelle durch das Aufschiessen beschichteter Bleche.



Abbildung 1-1: Schneckenwelle mit aufgebrauchten Beschichtungsblechen

Aufgabe und Ziel dieser Arbeit ist es, einen Prüfstand und ein Prüfverfahren zu entwickeln, mit dem sich das Verschleißverhalten von thermisch gespritzten Oberflächen untersuchen lässt. Im Speziellen ist die Entwicklung der Oberflächenrauheit über die Zeit von Interesse.

Des Weiteren sollten die vier Beschichtungen, die sich im Moment auf diesem Gebiet in der Andritz AG im Einsatz befinden, getestet und verglichen werden.

2 Literatur

2.1 Schneckenpressen

2.1.1 Einteilung der Schneckenmaschinen

Unter dem Begriff Schneckenmaschinen werden viele verschiedene Maschinentypen verstanden, welche sich nach ihren verfahrenstechnischen Anwendungen wie folgt ordnen bzw. einteilen lassen:

- Schneckenknetter
- Schneckenmischer
- Dosierschnecken
- Schneckenpressen
- Schneckenverdampfer
- Schneckenreaktoren

Durch das Merkmal der kontinuierlichen Arbeitsweise ist die Schneckenmaschine heute eines der wichtigsten Bestandteile der Verfahrenstechnik. [2]

2.1.2 Historischer Überblick

Schneckenmaschinen werden seit über 400 Jahren in vielen Bereichen, wie z.B. Bergbau, Landwirtschaft, Nahrungsmittelindustrie und chemischer Industrie, eingesetzt. Der ursprüngliche Einsatzzweck der Förderung wurde stetig weiterentwickelt. So kommen Schneckenmaschinen heute in einer Vielzahl von Verfahren zum Einsatz. Dazu zählen unter anderem Misch- und Homogenisierungsverfahren, Abpress- und Trocknungsverfahren sowie chemische Reaktionen in zähplastischen Phasen. [2]

2.1.3 Entwicklung der Schneckenpresse

Im Jahre 1881 entwickelten *Desgoffe* und *di Giorgio* eine Schneckenpresse mit gelochtem Gehäuse, welche in der Fett- und Ölindustrie als Mischschnecke eingesetzt wurde. Um das Jahr 1900 wurden dann vermehrt sogenannte Seiher-Schneckenpressen in der Ölindustrie eingesetzt. [2]

Die Firma V.D. Anderson Company entwickelte eine der ersten Schneckenpressen. Diese hatte einen Schneckendurchmesser von 152 mm und einen Durchsatz von ca. 150 kg

Ölsaat pro Stunde bei einer Drehzahl von 10 – 12 U/min. Dazu war eine Antriebsleistung von 8 PS (5,88 kW) nötig.

Mitte der 1930er Jahre veranlasste der rasche Ausbau der Zellstoffindustrie die chemische Industrie sich intensiver mit Schneckenpressen zu befassen, da der Bedarf an Abpressschnecken ständig zunahm. Bei der Abpressung bzw. Auslaugung von Alkalizellulose-Suspensionen traten jedoch schnell Probleme auf. Die bis dahin für die Entwässerung von Zellstoff verwendeten Schneckenpressen mit Lochseihern funktionierten aufgrund der anderen rheologischen Eigenschaften nicht mehr. Der Grund für die Probleme war das Mitdrehen des Zellulosebreis, da der glatte Außenzylinder des Lochseihers keinen axialen Widerstand bot. [2]

In weiterer Folge wurde der sogenannte "Stabseiher" entwickelt, der aufgrund seiner Konstruktion dem Mitdrehen des Zellulosebreis entgegenwirkt. Abbildung 2-1 zeigt einen Stabseiher aus dem Jahr 1935. Ähnliche Konstruktionen werden vereinzelt auch noch heute eingesetzt. [2]

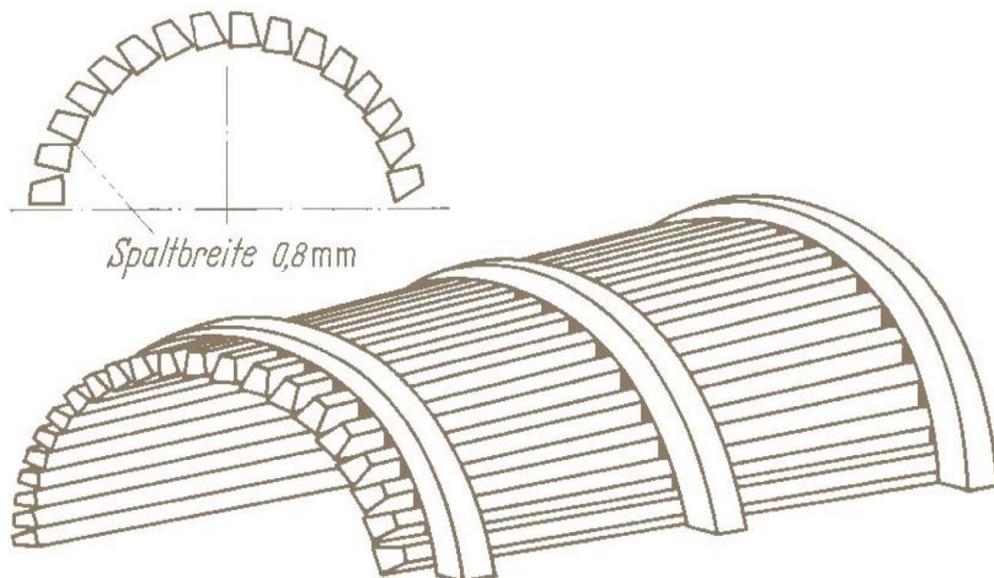


Abbildung 2-1: Stabseiher von 1935 [2]

Im Vergleich dazu zeigt die Abbildung 2-2 einen modernen zweiteiligen Siebkorb, wie er heute Stand der Technik ist und in Schneckenpressen eingesetzt wird.



Abbildung 2-2: Moderner Siebkorb, geteilte Ausführung (Stand 2011)

Aufgrund der Untersuchungen, die *W. Meskat* durchführte, konnten Zusammenhänge zwischen dem erforderlichen Druck in den Schneckengängen, dem Volumen der Schneckengänge und dem erreichbaren Trockengehalt hergestellt werden. Auf Basis dieser Zusammenhänge, theoretischer Überlegungen und systematisch durchgeführter Versuche-, entstanden die ersten verfahrensspezifischen Schneckenmaschinen. [2]

In den Jahren 1933 – 1937 baute die Firma Müller in Esslingen am Neckar auf Basis der von *Meskat* entwickelten Berechnungsmodelle verschiedene Größen von Schneckenpressen. Die größte Presse dieser Bauart mit der Bezeichnung OZ 200 hatte einen Schneckendurchmesser von 400 mm bei einer Tagesleistung von ca. 35 t Zellstoffsuspension, die auf eine Konsistenz von 30% entwässert wurde. [2]

Abbildung 2-3 zeigt eine nach den oben genannten Berechnungsgrundlagen von *Meskat* gebaute Schneckenpresse der Baureihe OZ 30 aus dem Jahre 1935.

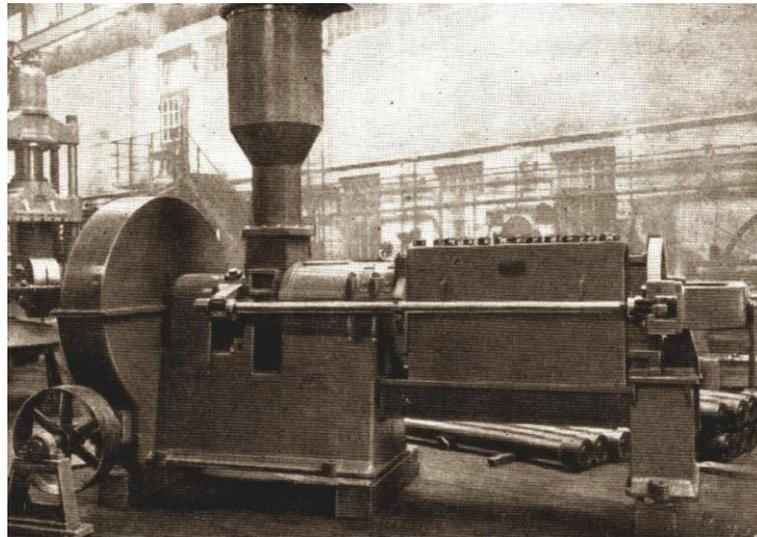


Abbildung 2-3: Einwellige Schneckenpresse OZ 30 für die Entlaugung von Alkalizellulose-Suspension (1935) [2]

Im Leverkusener Werk der Firma I. G. Farbenindustrie AG wurde 1937 unter der Leitung von *G. Hirschberg* die erste seiherlose Schneckenpresse zum Auspressen von Salzwasser aus synthetischem Gerbstoff entwickelt. Abbildung 2-4 zeigt eine Ausführung, bei der die Flüssigkeit rückwärts durch das Pressgut abgeschieden wird. [2]

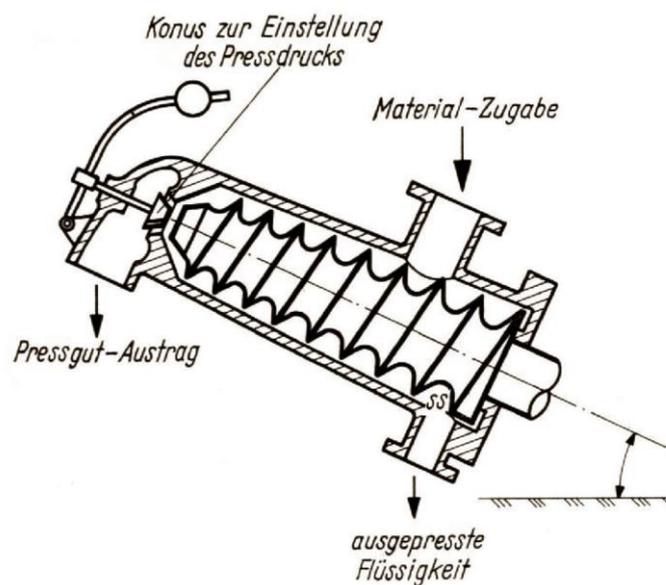


Abbildung 2-4: Einwellige seiherlose Abpressschnecke [2]

1943 wurde dann nach dem Patent von *Meskat* eine zweiwellige Schneckenpresse konstruiert und gebaut. Dabei rotieren zwei Schnecken gleichsinnig. Aufgrund der zum Ende hin abnehmenden Gangvolumina wird die Flüssigkeit ausgepresst. *Meskat* entwickelte 1950 zusammen mit *Pawlowski* ein Verfahren auf dem Prinzip von Bremsschnecken mit gegenläufigen Steigungen. Dabei wird Pressdruck auf das zu entwässernde Gut aufgebracht. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist die Zwangsführung des Pressgutes, welche eine kontinuierliche Förderung garantiert. [2]

2.1.4 Einsatzgebiete von Schneckenmaschinen

Das Anwendungsgebiet von Schneckenmaschinen in verfahrenstechnischen Anlagen erstreckt sich heute von Stoffvereinigungs-, über Stofftrennungs- bis hin zu Stoffumwandlungsverfahren. Dabei können mit der Schnecke als Maschinenelement flüssige, hochviskose sowie feste Stoffe gefördert werden. [2]

Nach dem heutigen Stand der Technik lassen sich sechs Verfahrensgruppen für den Einsatz von Schneckenmaschinen einteilen:

1. Fördern und Dosieren
2. Extrudieren
3. Stoffvereinigungsverfahren
4. Stofftrennverfahren
5. Stoffumwandlungsverfahren
6. Wärmeaustauschverfahren

Charakteristisch für den Maschinentypus der Schneckenmaschinen ist ihre kontinuierliche Arbeitsweise. Dadurch wird es auch möglich, mehrere Verfahrensschritte - wie z.B. Mischen, Dispergieren und Entgasen - in einem Arbeitsgang durchzuführen. Der dadurch entstehende wirtschaftliche Vorteil ist nicht außer Acht zu lassen. [2]

Die Schneckenpresse, welche für das Abpressen von Flüssigkeiten von besonderer Bedeutung ist, fällt dabei unter Punkt 4, welcher sich in 8 Untergruppen untergliedern lässt. Die Untergliederung der Stofftrennverfahren ist aus Tabelle 2-5 ersichtlich.

	Verfahren	Schneckenmaschine	Anwendungsgebiet
1	Abpressen von Flüssigkeit	Schneckenpresse	Nahrungsmittelindustrie, Chemische-, Kunststoff- und Kautschukindustrie Papier- und Zellstoffindustrie
2	Nassklassieren von Feststoffen	Schneckenklassierer	Bergbau, Stein-, Erd- und Mineralienindustrie
3	Trocknung von Schüttgütern	Schneckenverdampfer für Schüttgüter in fester Gesamtphase	Chemische Industrie
4	Trocknung von plastischen und viskoelastischen Massen	Schneckenverdampfer	Kunststoff- und Kautschukindustrie
5	Entgasung von flüchtigen Bestandteilen aus plastischen und viskoelastischen Massen	Schneckenverdampfer, Schneckenknetzer, Schneckenextruder	Kunststoffindustrie
6	Konzentrieren von Lösungen	Schneckenverdampfer	Kunststoff- und Kautschukindustrie
7	Durchführung von Phasenwechselfvorgängen in plastischen und teigigen Massen	Schneckenknetzer	Chemische Industrie
8	Aussieben von Feststoffen aus plastischen oder viskoelastischen Massen	Schneckenextruder, Schneckenknetzer	Kunststoff- und Kautschukindustrie

Tabelle 2-5: Einsatz von Schneckenpressen bei Stofftrennungsvorgängen [2]

2.1.5 Bedeutung der Schneckenpresse in der Papier- und Zellstoffindustrie

In der Papier- und Zellstofftechnik geht der Einsatz von Schneckenpressen bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts zurück. Damals wurden diese hauptsächlich zur Entfernung der Kochlauge aus dem Zellstoff eingesetzt. Ebenso wurden Schneckenpressen zur Entwässerung von chemisch vorbehandelten Hackschnitzeln verwendet. Aufgrund der schnellen Entwicklung von Anlagen nach dem Holzstoffverfahren stieg auch die Nachfrage und der Bedarf an Schneckenpressen enorm. Diese fanden vor allem im Bereich der Rejekteindickung Verwendung. Auch hier trat wieder das Problem der Co-Rotation des Faserstoffes auf, was den Durchsatz bzw. die Effizienz der Schneckenpresse begrenzte. [3]

Aufgrund der Vielseitigkeit der Schneckenpresse findet diese in vielen Prozessen der Papier- und Zellstoffindustrie Verwendung. In der nachfolgenden Tabelle 2-6 sind die Hauptaufgaben und Prozesse angeführt, in denen heutzutage in der Papierindustrie Schneckenpressen zum Einsatz kommen. [3]

Zellstoff-Prozess		hauptsächlicher Aufstellungsort	Hauptaufgabe	Nebeneffekte
mechanisch	Screenaccept	- Vorbleiche - Zwischenbleiche	- Konsistenzhöhung, um Chemikalien zu sparen - Chemikalien-Rückgewinnung	- Entfernung der verbrauchten Bleichflüssigkeit mit Verunreinigungen
	Screenrejekt	- vor Rejektrefiner	- Erhöhung der Konsistenz um die Zellstoffqualität zu erhöhen	
semi-chemisch	hohe Ausbeute	- zwischen Prozessschritt - vor Postrefiner	- Entfernung der Chemikalien und der gelösten Feststoffe	- Reduktion der COD-Fracht - Reduktion der Belastung für die 2. Refinerstufe - Entfernung der verbrauchten, verunreinigten Bleichflüssigkeit
	niedere Ausbeute	- vor Postrefiner	- Entfernung der Chemikalien und der gelösten Feststoffe	- Entfernung der verbrauchten, verunreinigten Bleichflüssigkeit - Reduktion der COD-Fracht
chemisch		- letzte Wäsche	- Entfernung der Schwarzlaugenreste	- Entfernung der verbrauchten, verunreinigten Bleichflüssigkeit - Reduktion der COD-Fracht
DIP		- vor Heiß-Dispergierung - vor Bleiche	- Steigerung der Konsistenz zur Reduktion des Wärmeverbrauchs und der Chemikalien	- Entfernung von Verunreinigungen aus dem Wasserkreislauf

Tabelle 2-6: *Hauptaufgaben von Schneckenpressen in der Papierindustrie [3]*

Seit 1950 stellt das Unternehmen Andritz AG Schneckenpressen für die Entwässerung von Papierfaserstoffen her und ist weltweit Marktführer auf diesem Segment. 2003 wurde die weltweit größte Schneckenpresse mit der Bezeichnung SCP 1910 erfolgreich in Betrieb genommen. Dabei handelt es sich um eine Presse mit einem Durchmesser von 1,9 m und einer Länge der Entwässerungszone von 10 m. Abhängig von der Zellstoffcharakteristik kann in dieser Maschine eine maximale Tagesproduktion von 1250 t verarbeitet werden. [4]

Das Unternehmen Andritz AG verzeichnete in den letzten 20 Jahren einen massiven Anstieg des Absatzes von Faserschneckenpressen. Zurückzuführen ist dies auf die Vorteile gegenüber anderen Entwässerungsmaschinen, im Speziellen auf die Vorteile gegenüber der Doppelsiebpresse. [4]

Einige Vorteile der Faserschneckenpresse gegenüber der Doppelsiebpresse bei gleicher Produktionsmenge sind nachfolgend angeführt:

- Geringerer Platzbedarf (kompakte Abmessungen)
- Geringere Wartungskosten
- Geringere Anschaffungskosten
- Keine Schwadenbildung

Bei einem Großteil der von Andritz AG verkauften Schneckenpressen handelt es sich um die Typen SCP 753-755, SCP 1005-1008 bzw. SCP 1407-1410. Abhängig von der Größe der Maschine lassen sich damit Tagesproduktionsmengen von 175 t bis 925 t realisieren. Die zu erreichende Produktionsmenge ist dabei auch noch vom Entwässerungsverhalten des zu verarbeitenden Stoffes abhängig. [4]

Nomenklatur und Typenbezeichnung der Andritz AG Faserschneckenpressen setzt sich wie folgt zusammen:

SCP	... screw press pulp
DD	... Durchmesser [dm]
L	... Entwässerungslänge [m]
Bauform Inlet	... L für low-consistency InletM für medium-consistency Inlet
Art des Antriebes	... M für mechanischer Antrieb ... H für hydraulischer Antrieb

2.2 Grundlagen der thermischen Spritztechnik

Die thermische Spritztechnik befasst sich mit Verfahren zum Beschichten von Bauteilen. Die Beschichtungen bestehen aus verschiedenen Werkstoffen und bieten Schutz vor Verschleiß und Korrosion. Des Weiteren können sie zur Wärmedämmung oder zum Erzielen elektrischer oder magnetischer Eigenschaften eingesetzt werden. [5]

Als Erfinder des Metallspritzverfahrens gilt Schoop, der 1912 in Zusammenarbeit mit Herkenrath mit Hilfe einer Spritzpistole eine haftende metallische Schicht herstellte. [5]

Die Verfahren des thermischen Spritzens lassen sich in Anlehnung an DIN EN 657 anhand der Wärmequelle wie in Abbildung 2-7 gezeigt einteilen. [5]

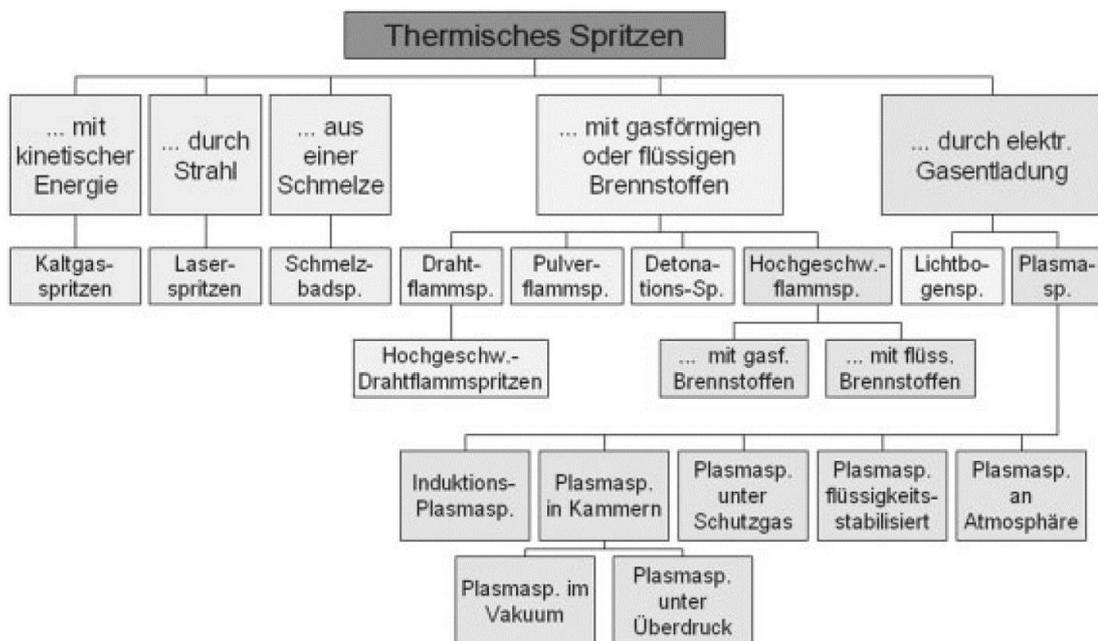


Abbildung 2-7: Einteilung der thermischen Spritzverfahren, angelehnt an DIN EN 657 [5]

Der Spritzwerkstoff wird entweder pulver-, draht- oder stabförmig einer energiereichen Wärmequelle zugeführt. Diese kann innerhalb oder außerhalb des Spritzgerätes sein. Dabei wird der Spritzwerkstoff an-, auf- oder abgeschmolzen bzw. lediglich gering plastifiziert. Durch einen Gasstrom werden die Partikel in Richtung des Substrates beschleunigt und lagern sich auf diesem schichtbildend ab (Abbildung 2-8). In der Regel unterliegt das zu beschichtende Bauteil nur einer geringen thermischen Belastung und wird nicht aufgeschmolzen. [5]

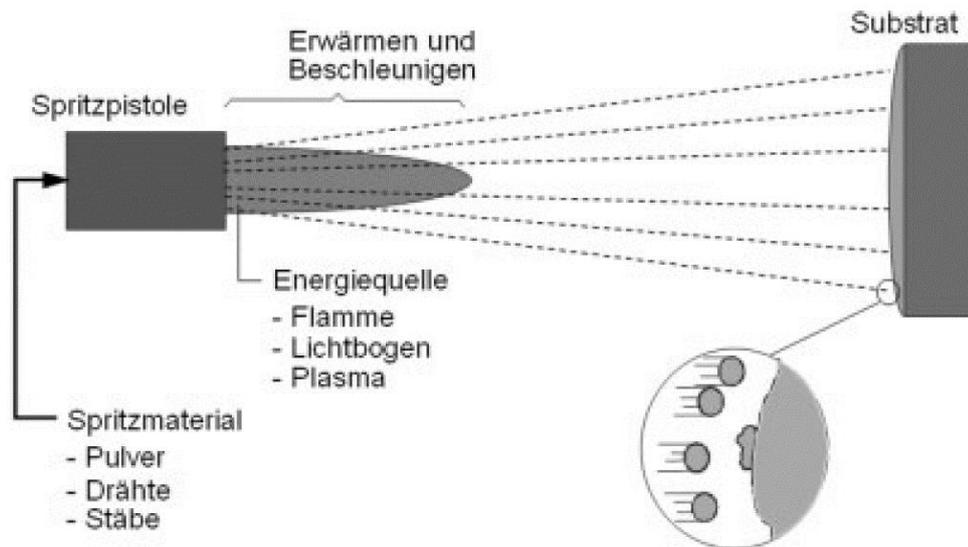


Abbildung 2-8: Prinzip des thermischen Spritzens [5]

Nachfolgend sind die wesentlichen Vorteile des thermischen Spritzens angeführt:

- Schichten aus nahezu allen Werkstoffen (Metall, Keramik, Cermets, Kunststoff) können aufgebracht werden.
- Nahezu alle Werkstoffe können beschichtet werden.
- Geringe thermische Belastung des Bauteils ist gegeben.
- Lokale Beschichtungen sind möglich.
- Verfahren sind vor Ort (Baustelle) anwendbar.
- Hohe Schichtdicken sind möglich (bis zu mehreren mm).

Die in der Industrie am weitesten verbreiteten Verfahren sind das Flammspritzen, das Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, das Lichtbogenspritzen und das Plasmaspritzen. [5]

2.2.1 Schichtenentstehung und Haftung

Spritzschichten bauen sich, wie in Abbildung 2-9 gezeigt, durch das Aufprallen von einzelnen Spritzpartikeln auf. Diese verformen sich beim Auftreffen auf die Substratoberfläche fladenförmig. Danach erstarren sie durch Wärmeabgabe an die Umgebung und das Substrat. [5]

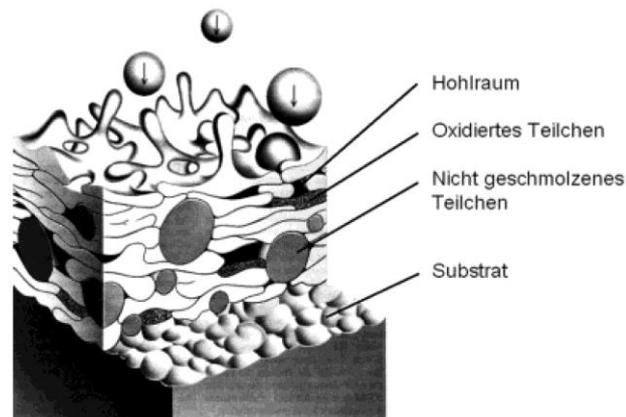


Abbildung 2-9: Entstehung einer thermisch gespritzten Schicht [5]

Meist weisen thermisch gespritzte Schichten eine laminare Schichtstruktur auf und sind - je nach Spritzverfahren und eingesetztem Spritzwerkstoff - mehr oder weniger porös, mikrorissig, heterogen und anisotrop. Des Weiteren enthalten sie nicht vollkommen geschmolzene oder vor dem Auftreffen auf das Bauteil wieder erkaltete sowie mit Umgebungsgasen reagierte Partikel.

Von besonderer Bedeutung ist die Oxidation an der Oberfläche der Spritzpartikel während ihrer Flugphase. Diese Oxide sind mitverantwortlich für die Lamellenbildung der Spritzschicht und können zu einer Erhöhung der Schichthärte sowie der Erhöhung der Verschleißbeständigkeit führen, können jedoch auch zu Rissbildung und Abplatzung der Schicht beitragen. [5]

Die Vorbereitung des Substrates vor dem Spritzen geschieht nach den Vorgaben aus DIN EN 13507 und besteht in der Regel aus drei Arbeitsschritten: [5]

1. Vorreinigen
2. Strahlen
3. Nachreinigen

Die wesentlichen Qualitätsmerkmale einer thermisch gespritzten Schicht sind zum einen ihre Haftzugfestigkeit und zum anderen ihre Kohäsion, d.h. die Anbindung der Schicht zum Bauteil und der Schichtzusammenhalt. [5]

2.2.2 Spritzverfahren im Überblick

2.2.2.1 Flammspritzen

Wie in Abbildung 2-10 wird beim Flammspritzen der Spritzwerkstoff von einer Brenngas-Sauerstoffflamme aufgeschmolzen. Als Brenngas dient vorwiegend Acetylen, Propan oder Wasserstoff. Die erreichten Temperaturen liegen hier bei 3160°C für die Acetylen-Sauerstoff-Flamme, 2850°C bei der Propan-Sauerstoff-Flamme und 2660°C bei der Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme. [5]

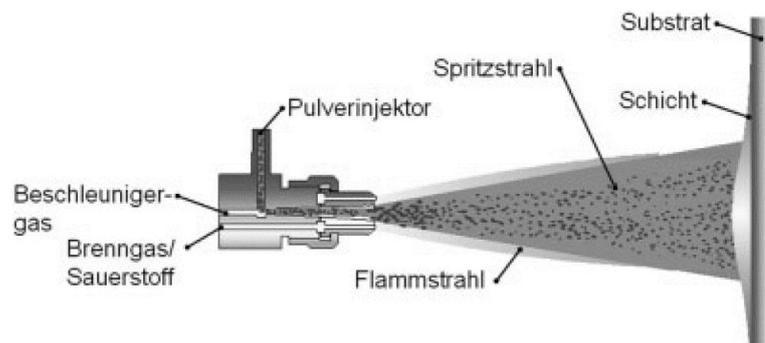


Abbildung 2-10: Prinzip – Flammspritzen [5]

Dabei bleibt das Substrat relativ kalt, da in der Regel bei Spritzabständen zwischen 100mm und 200mm der Flammenkegel das Werkstück nicht berührt. Zusätzliche Kühlung ermöglicht das Einstellen der Substrattemperatur zwischen Raumtemperatur und 250°C. Beim Flammspritzen werden die Spritzwerkstoffe entweder in Form von Massivdrähten, Fülldrähten, Schnüren, Stäben oder Pulver eingesetzt. [5]

2.2.2.2 Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF)

Beim Hochgeschwindigkeitsflammspritzen wird, im Unterschied zum konventionellen Flammspritzen, ein Brenner mit einer dem Düsensystem nachgeschalteten Expansionsdüse verwendet. Um höhere Prozessdrücke und somit höhere Geschwindigkeiten zu erreichen kommen, wie in Abbildung 2-11 gezeigt, auch flüssige Brennstoffe zum Einsatz. Somit lassen sich Geschwindigkeiten von über 2000 m/s erreichen. Dadurch ergeben sich gut haftende, dichte, harte und verschleißfeste Schichten.

Die größte praktische Bedeutung beim HVOF besitzen die sogenannten Hartmetallschichten (Cermets). Harte Phasen wie Carbide, Nitride oder Boride der Übergangsmetalle (z.B. Cr und W) werden dabei in eine weichere, zähe, metallische Matrix (z.B. Co, Ni, CoCr oder CrNi) eingebettet. [5]

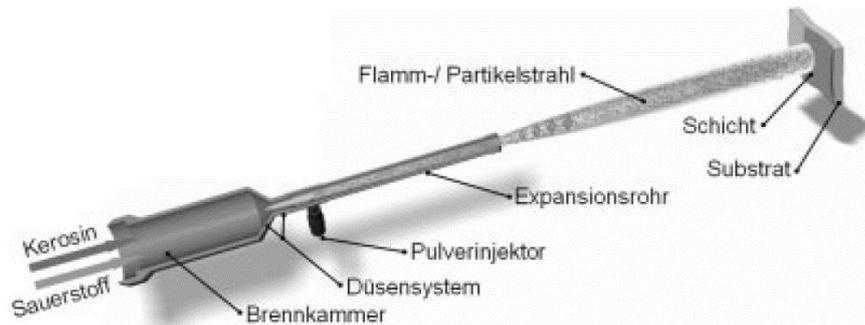


Abbildung 2-11: Prinzip – Hochgeschwindigkeitsflammspritzen [5]

Solche Anlagen decken ein Leistungsspektrum (reine Flammenleistung) von ca. 40 bis 250 kW ab. [5]

2.2.2.3 Lichtbogenspritzen

Abbildung 2-12 zeigt das Verfahren des Lichtbogenspritzens, bei dem zwei metallische stromführende Drähte gleicher oder unterschiedlicher Art in einem Lichtbogen abgeschmolzen werden. Die Drähte werden mit geregelter Vorschubgeschwindigkeit der Spritzpistole zugeführt. [5]

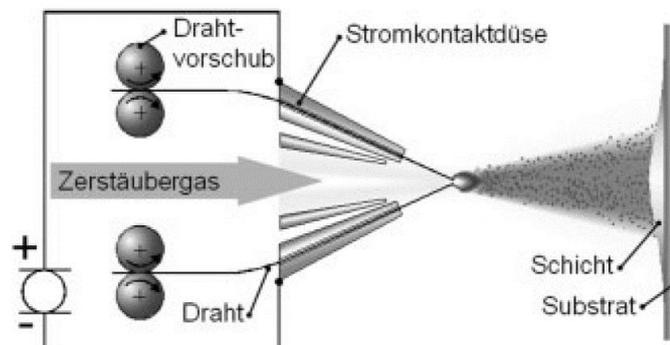


Abbildung 2-12: Prinzip – Lichtbogenspritzen [5]

Auch hochschmelzende Phasen, wie z.B. Keramikpartikel in Fülldrähten, lassen sich aufgrund der bis zu 6500°C im Lichtbogen vollständig aufschmelzen. Das Schmelzgut wird vom Zerstäubergas (i. d. R. Druckluft) zerstäubt und auf die zu beschichtende Oberfläche geschleudert. [5]

Einige Nachteile des Lichtbogenspritzens sind nachfolgend angeführt:

- Beschränkung auf elektrisch leitende Drähte,
- entstehende Spritzstäube,
- hohe ultraviolette und infrarote Strahlung.

Demgegenüber stellen sich die technischen Vorzüge des Verfahrens wie folgt dar:

- hohe Auftragsraten,
- Herstellmöglichkeit mehrerer Millimeter dicker Schichten,
- relativ einfache Handhabung,
- geringe Anlagenkosten,
- Verwendung nicht brennbarer Gase,
- wirtschaftlichstes Verfahren bezüglich der Energienutzung zum Aufschmelzen des Werkstoffes.

2.2.2.4 Plasmaspritzen

Im Plasmabrenner wird, wie in Abbildung 2-13 gezeigt, zwischen einer wassergekühlten, anodisch gepolten Kupferdüse und einer ebenfalls wassergekühlten Wolframkathode durch Hochspannungs- und Hochfrequenzzündung ein Lichtbogen erzeugt. [5]

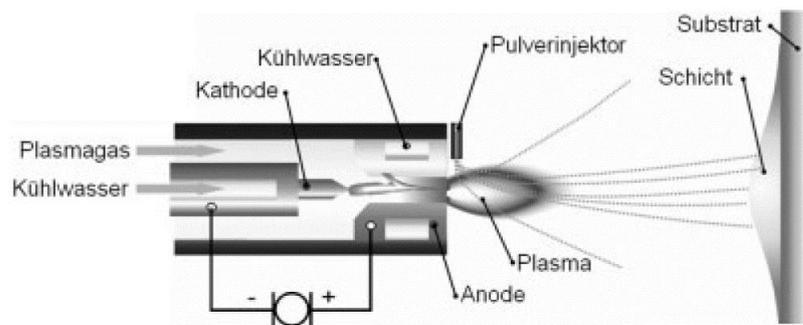


Abbildung 2-13: Prinzip – Plasmaspritzen [5]

Der 2 – 5 cm lange Plasmafreistrahle wird vom Arbeitsgas, üblicherweise Argon oder Sauerstoff, das im Lichtbogen in den Plasmazustand überführt wird, gebildet. Dabei werden Temperaturen von bis zu 15000 K erreicht. Mit Hilfe eines Trägergases (meist Argon) wird der pulverförmige Spritzzusatzwerkstoff, meist außerhalb der Düse, in den Plasmastrahl eingebracht.

Aufgrund seiner Vielseitigkeit hat das Plasmaspritzverfahren die größte Bedeutung erlangt. Die hohe Plasmatemperatur erlaubt ein Aufbringen nicht nur niederschmelzender, sondern auch hochschmelzender Werkstoffe, insbesondere Keramik. [5]

3 Standardisierte Prüfverfahren

Zu Beginn der Arbeit wurde zum Thema standardisierte Prüfverfahren eine Literaturrecherche durchgeführt. Ziel der Literaturrecherche war es, sich einen Überblick über die im Moment geläufigen Testverfahren auf dem Gebiet des Oberflächenverschleißes zu verschaffen. Im Anschluss sind die wichtigsten Verfahren kurz zusammengefasst und beschrieben. Dabei stellte sich heraus, dass sämtliche standardisierte Verfahren aufgrund ihrer relativ kurzen Prüfdauer nicht dazu geeignet sind, eine Aussage bezüglich der Oberflächenentwicklung über den Prüfzyklus zu treffen. Des Weiteren ist bei standardisierten Verfahren zum Teil die Oberflächenrauheit der Proben durch die Norm bzw. den Standard vorgegeben.

3.1 Dry Sand Rubber Wheel

Der seit 1980 nach ASTM standardisierte Dry Sand Rubber Wheel (DSRW) Test (G65-81) ist der am häufigsten verwendete Verschleißtest. Mit Hilfe dieses Tests kann die Beständigkeit gegen 3-Körper Abrasion bestimmt werden. Obwohl sich diese Art von Verschleiß für gewöhnlich sehr langsam entwickelt und somit Tests an neuen Materialien in der Praxis sehr lange dauern würden, kann bei diesem Test über den Gewichtsverlust der Probe eine schnelle Aussage bezüglich der Verschleißrate gemacht werden. [6]

Abbildung 3-1 zeigt den Aufbau des Tests nach ASTM (G65-81). Dabei wird eine Probe mit einem Gewicht gegen eine rotierende mit Gummi beschichtete Walze gedrückt. Um die 3-Körper Abrasion zu simulieren und den Test zu beschleunigen, wird genau spezifizierter Testsand zwischen Probe und Walze eingebracht. [7]

Der DSRW-Test wird über zwei Testparameter gesteuert. Zum einen ist das die Distanz, die über den Umdrehungszähler und eine genaue Anzahl von Umdrehungen festgelegt wird, und zum anderen ist es die Belastung der Probe, die über das aufgebrachte Gewicht geregelt wird. Zu Beginn des Tests wird die Probe gewogen und danach in die Vorrichtung eingespannt. Nachdem der Sand aus der Düse zu fließen beginnt, wird die Walze gestartet. Nun wird der Hebelarm mit der Probe gegen die Walze gedrückt, und sobald die Probe die Walze berührt, startet die Umdrehungszählung. Der Test stoppt automatisch nach der vorgegebenen Distanz. Im Anschluss wird die Probe gereinigt und ihr Gewicht erneut bestimmt. Aus dem Masseverlust wird dann mittels der bekannten Dichte der Probe der Volumenverlust berechnet und bewertet. [6]

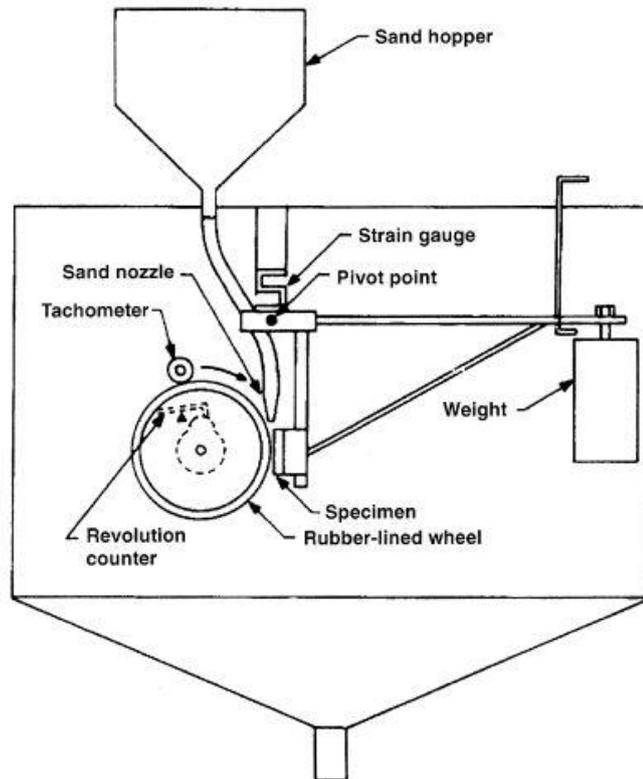


Abbildung 3-1: Schematische Darstellung des DSRW Verschleißtests nach ASTM (G65-81) [7]

3.2 Pin on Drum

Der Pin on Drum (POD)-Test untersucht die 2-Körper Abrasion. Dabei wird eine zylindrische Probe mit der Spitze über eine mit Schleifpapier versehene Trommel gezogen.

Abbildung 3-2 zeigt die entsprechende Prüfapparatur. Die Aufnahme in die der Teststab eingespannt wird, rotiert während sie sich langsam längs über die sich drehende zylindrische Trommel bewegt, die mit Schleifpapier überzogen ist. Dabei hat die Aufnahme drei Funktionen. Erstens wird mittels der Aufnahme Kraft auf die Probe aufgebracht, zweitens bewegt sie die Probe so über die Trommel, dass immer frisches Schleifpapier mit ihr in Kontakt steht und drittens wird mit ihrer Hilfe die Probe rotiert, sodass der Verschleiß an der Probe in alle Richtungen vergleichmäßig wird. Dabei treibt ein einzelner Motor die Trommel, den Linearantrieb und die Aufnahme an. Der Versuch stoppt nach einer vorgegebenen Anzahl an Trommelumdrehungen. Mittels des POD-Testes können Materialien unterschiedlichster Härte geprüft werden. [6]

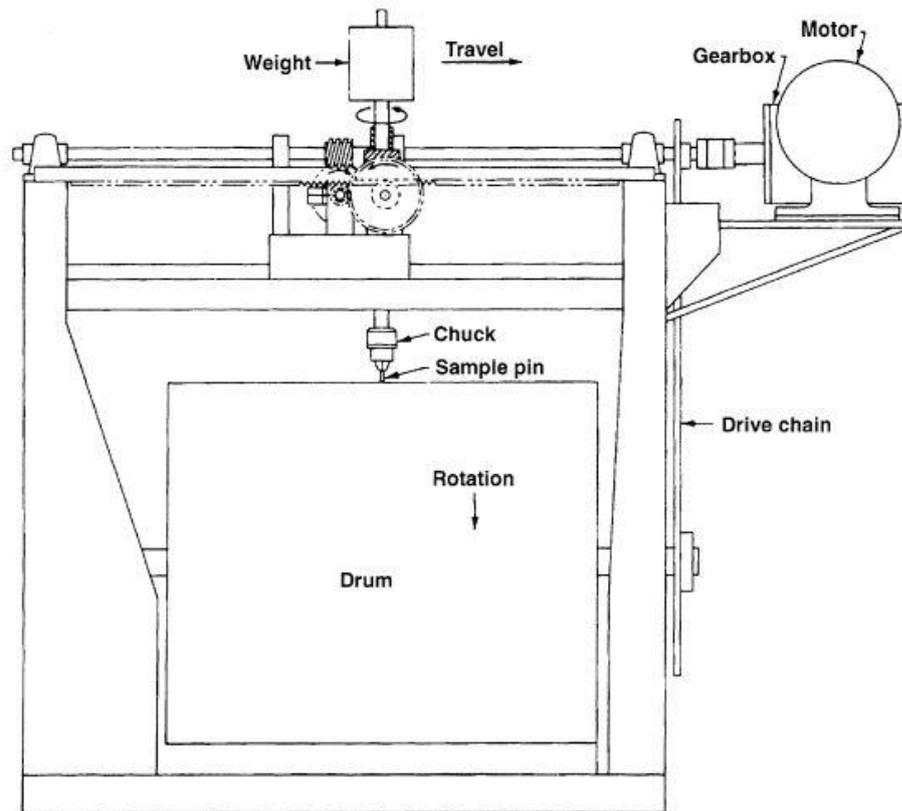


Abbildung 3-2: Schematische Darstellung des POD Verschleißtests [6]

3.3 Impeller-Tumbler

Der in Abbildung 3-3 schematisch dargestellte Impeller-Tumbler Test, verwendet einen rotierenden Probenhalter, der sich in einer ebenfalls rotierenden Trommel befindet. Bei diesem Test sind die Proben wie Paddel am Probenhalter angebracht. Der Probenhalter und die Trommel drehen sich in dieselbe Richtung, jedoch mit unterschiedlicher Drehzahl. Somit erzeugt das sich in der Trommel befindliche Granulat an der eintauchenden Seite der Proben Verschleiß, der über den Masseverlust an der Probe gemessen wird. [6]

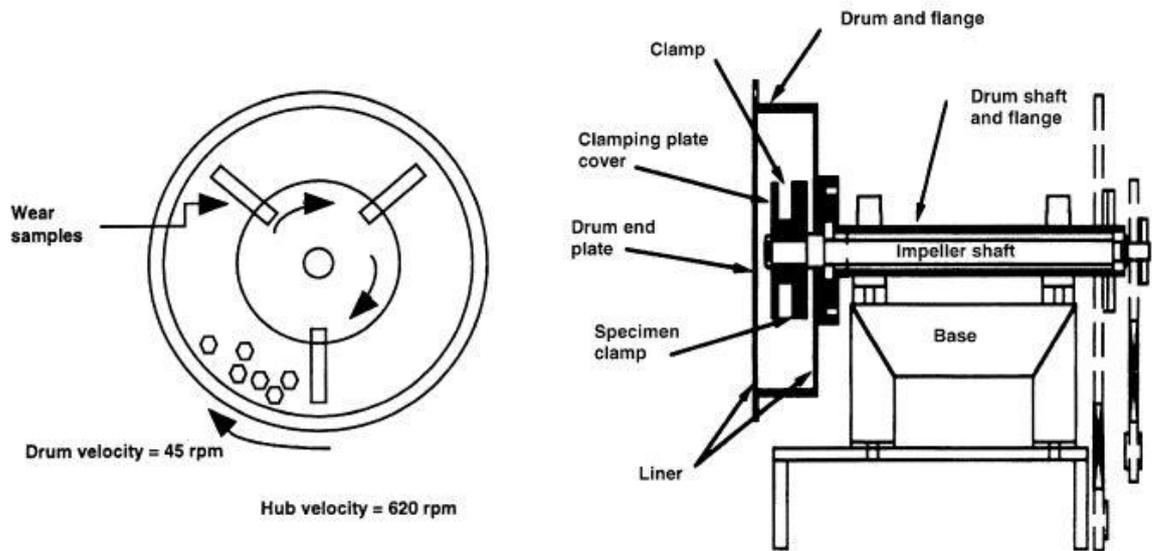


Abbildung 3-3: Schematische Darstellung des Impeller-Tumbler Verschleißtests [6]

4 Prüfstand

4.1 Anforderungen

Ziel dieser Arbeit war es, einen Prüfstand zu entwickeln, mit dem sich thermisch gespritzte Beschichtungen aller Art untersuchen lassen. Dabei wurde der Fokus auf die zeitliche Entwicklung der Oberflächenrauheit gelegt. Des Weiteren sollte der Prüfstand möglichst einfach zu bedienen sein und einen kontinuierlichen Prüfablauf ermöglichen.

4.2 Funktionsprinzip

Ausgehend von der in Kapitel 3 beschriebenen Literaturrecherche wurde ein Versuchsprinzip ähnlich dem DSRW-Test nach ASTM (G65-81) gewählt. Abbildung 4-1 zeigt schematisch den Aufbau des Versuches.

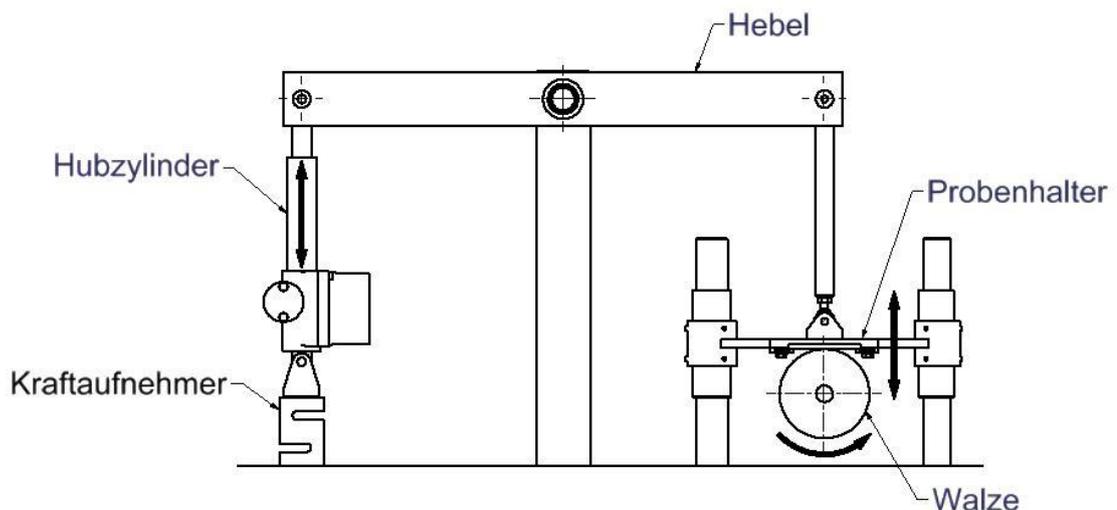


Abbildung 4-1: Versuchsprinzip des Verschleißprüfstandes

Wie beim DSRW-Test nach ASTM (G65-81) wird die Probe gegen eine rotierende Walze gedrückt. Dies geschieht mit Hilfe eines Hubzylinders, der den Probenhalter auf und ab bewegt und während des Versuchs die benötigte Kraft auf den Probenhalter aufbringt. Die Kraft wird dabei von einem Kraftaufnehmer, der direkt am Hubzylinder befestigt ist, gemessen und über einen Hebel auf den Probenhalter übertragen. Im Hubzylinder ist eine Wegmessung integriert, die aufgrund des Übersetzungsverhältnisses am Hebel von 1:1 dem Weg des Probenhalters entspricht.

4.3 Konstruktion und Aufbau

4.3.1 Ausgangssituation

Ausgangssituation bei der Konstruktion und Auslegung war ein Prüfstand, der im Jahre 2002 zur Untersuchung der Reibverhältnisse zwischen Sieb und Walze bei Siebbandpressen verwendet wurde.

Der Aufbau des Siebreibungsprüfstandes ist in Abbildung 4-2 zu sehen. Tabelle 4-3 gibt einen Überblick über die wichtigsten Komponenten.

Die genauen technischen Daten der wichtigsten Komponenten können den Herstellerdatenblättern im Anhang 2 bis Anhang 9 entnommen werden.

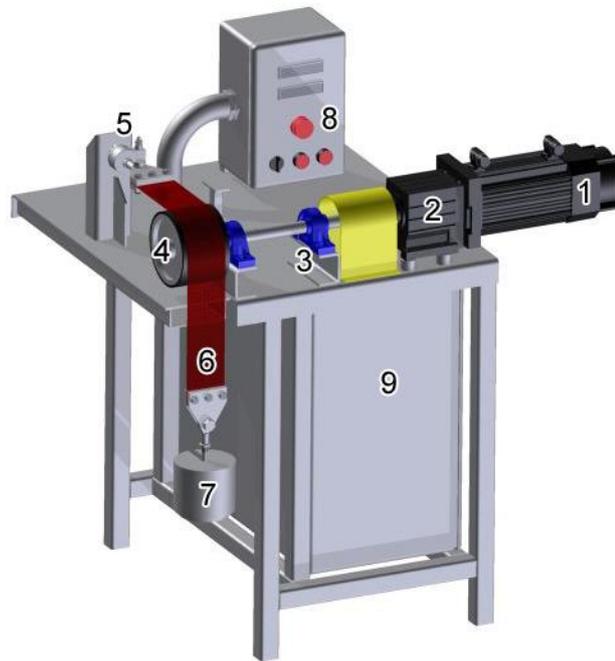


Abbildung 4-2: Aufbau des alten Siebreibungsprüfstandes

Position	Beschreibung
1	Bürstenloser Asynchron – Servomotor von LENZE mit angebautem Fremdlüfter und einer Nennleistung von 2,2 kW
2	Stirradgetriebe von LENZE mit einem Übersetzungsverhältnis $i=5,187$
3	Stehlager der Firma SKF Type: SY 25 WF
4	gummierte Reibwalze
5	Kraftaufnehmer der Firma Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH Typenreihe U2B, Messbereich bis 1 kN
6	Siebprobe
7	Belastungsgewicht
8	Kontrollpult mit Anzeigen für Kraft und Drehzahl
9	Gestell mit Schaltschrank

Tabelle 4-3: Beschreibung der wichtigsten Komponenten des Siebreibungsprüfstandes

4.3.2 Umbau des Prüfstandes

Eine Vorgabe seitens der ANDRITZ AG war, so viel wie möglich vom vorhandenen Prüfstand zu übernehmen, um die Kosten gering zu halten. Zwingend zu übernehmen waren dabei der Motor mit Getriebe, die Lagerung und das Gestell samt Schaltschrank.

Abbildung 4-4 zeigt den Prüfstand nach dem Umbau. Der Aufbau desselben wird in weiterer Folge genauer beschrieben.

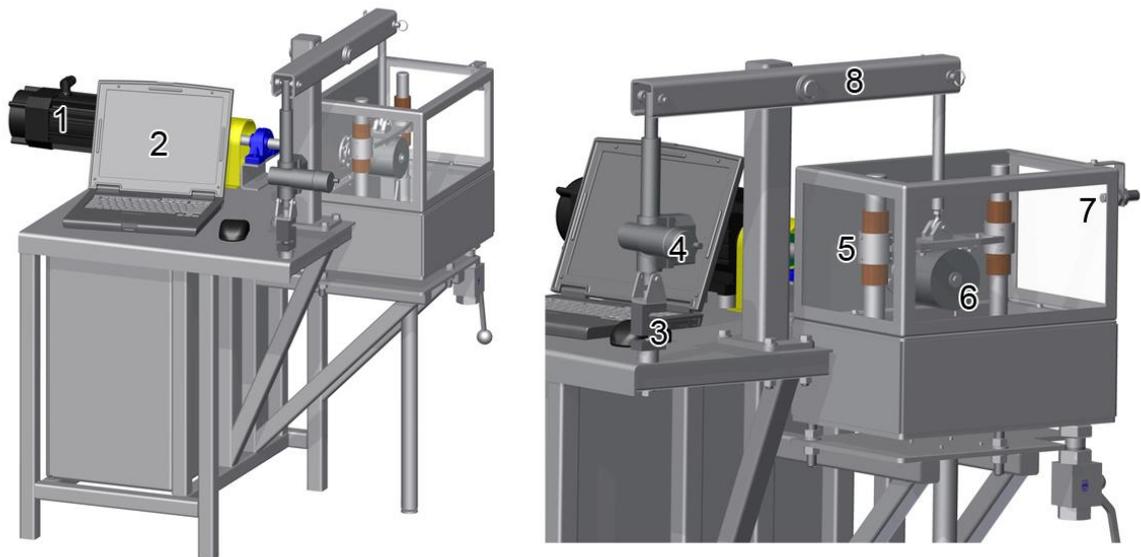


Abbildung 4-4: Prüfstand nach dem Umbau

Die Kraft, die die Proben gegen eine rotierende Walze (Position 6) drückt, wird von einem elektrischen Hubspindeltrieb (Position 4) erzeugt und über einen Hebel (Position 8) mit einer Übersetzung von 1:1 übertragen. Die erzeugte Kraft wird mit einem Zug-, Druck-Kraftaufnehmer gemessen. Die Proben befinden sich in einem Probenhalter (Position 5), der mit zwei Rundführungen geführt wird. Die Walze (Position 6) ist auf einer Welle montiert, die mit dem in Tabelle 4-3 angeführten Stehlager gelagert ist. Der Antrieb (Position 1) erfolgt über den, aus dem vorhandenen Prüfstand übernommenen bürstenlosen Asynchron-Servomotor. Die im Probenhalter eingespannten Proben werden gegen die rotierende Walze gepresst und so Verschleiß erzeugt. Um thermische Einflüsse auf den Versuch im Allgemeinen und auf die Beschichtung der Proben zu minimieren, wird der Versuch unter Flüssigkeit durchgeführt. Dazu wird der Behälter (Position 7) mit rund 55l Wasser gefüllt. Die Bedienung des Prüfstandes erfolgt über einen Laptop (Position 2).

Im Folgenden wird auf die wichtigsten Komponenten des neuen Prüfstandes näher eingegangen. Die genauen technischen Daten der zugekauften Komponenten können den Herstellerdatenblättern im Anhang 2 bis Anhang 9 entnommen werden.

4.3.2.1 Antrieb

Der Antrieb wurde zur Gänze aus dem bestehenden Prüfstand übernommen und besteht aus einem bürstenlosen Asynchron-Servomotor der Baureihe MDFKARS 071-22, 120 mit $P_N=2,2$ kW. Angeflanscht ist ein Stirnradgetriebe der Baureihe GST 04-2 mit einer Übersetzung von 1:5,187 des Unternehmens Lenze. Gesteuert wird der Motor von einem Servo-Antriebsregler Typ EVS 9324 - ES ebenfalls von Lenze.

4.3.2.2 Kraftaufnehmer

Zur Messung der Belastung an den Proben wurde ein Zug-/Druckkraftaufnehmer des Unternehmens tecsis, Baureihe F2270 gewählt. Dieser weist einen Meßbereich bis 1000N auf. Das Signal des Kraftaufnehmers wird mittels eines Universalmeßverstärkers vom Typ MA-UNI der BMC Messsysteme GmbH verstärkt, der aus dem bestehenden Prüfstand zur Verfügung stand.

4.3.2.3 Elektrischer Hubzylinder

Um Belastung auf die Proben aufzubringen wird ein elektrischer Hubzylinder CLA-RL1-C100-FC2-P0R5k-ROE-A1 von Linear-Mech mit einem 0,06kW 3-Phasen Drehstrommotor als Antrieb verwendet. Dieser besitzt eine Hublänge von 100mm und erzeugt eine maximale Last von 2000N. Der Drehstrommotor wird über einen Frequenzumrichter von OMRON Type VZA-40P2 gespeist. Diese Kombination erlaubt ein sehr genaues und feines Verstellen des Weges des Hubzylinders. Die Wegmessung erfolgt über ein im Hubspindeltrieb integrierte Drehpotentiometer.

4.3.2.4 Walze

Großes Augenmerk wurde auf die Auswahl der Walze gelegt. Als Ausgangspunkt diente dabei das in Abbildung 4-5 dargestellte typische Aufpolieren einer Schneckenwelle.



Abbildung 4-5: Aufpolierter Grundkörper einer Schneckenwelle

Zur Nachbildung dieses Effektes fiel die Wahl auf zwei Schleifmittel des Unternehmens LUKAS. Zum einen auf Schleiflamellenwalzen aus Schleifvlies und zum anderen auf Polierwalzen in verschiedenen Körnungen. Beide Walzenarten haben einen Nominaldurchmesser von 100mm bei einer Breite von ebenfalls 100mm. Den Unterschied zwischen den beiden Walzen zeigt Abbildung 4-6



Abbildung 4-6: Schleiflamellenwalze und Polierwalze im Neuzustand (\varnothing 100 mm)

Während der Inbetriebnahmephase zeigte sich jedoch schnell, dass sich für eine längere Prüfdauer nur die Polierwalze eignet. Wie in Abbildung 4-7 zu sehen, hatte diese aufgrund ihres anderen Aufbaus wesentlich geringeren Verschleiß und ließ somit mehr Spielraum bei der Festlegung der Versuchslaufzeit zu. Im Falle der Schleiflamellenwalze trat hingegen im Bereich der Proben sehr hoher Verschleiß am Schleifvlies auf. Vor allem an den außenliegenden Kanten schnitten sich die Proben regelrecht in die Walze.



Abbildung 4-7: Schleiflamellenwalze aus Schleifvlies und Polierwalze mit Verschleiß

Des Weiteren war ein Abziehen der Walze, das in Kapitel 5.6 beschrieben wird, nur bei der Polierwalze möglich.

4.3.2.5 Führung des Probenhalters

Um einen möglichst reibungsarmen Lauf des Probenhalters auf den Führungen zu gewährleisten und das Problem der Doppelpassung bei den zwei Rundführungen zu umgehen bzw. etwaige Ungenauigkeiten der Fertigung ausgleichen zu können, ist die Führung des Probenhalters wie in Abbildung 4-8 gezeigt ausgeführt.

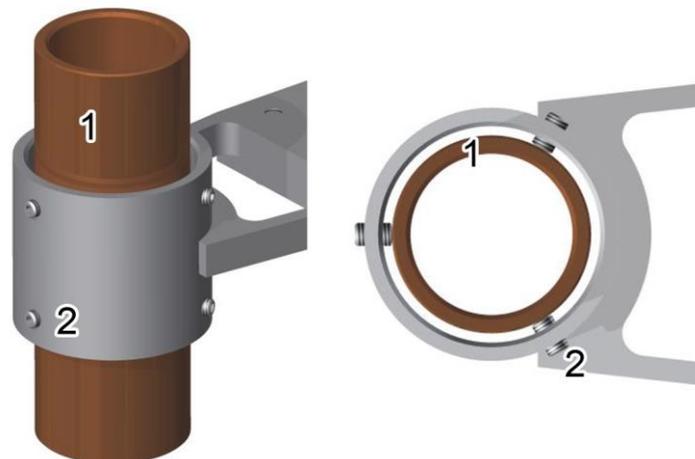


Abbildung 4-8: Führungshülsen mit Stellschrauben am Probenhalter

Die zwei Führungshülsen (Position 1) sind mit Hilfe von Wurmschrauben (Position 2) im Probenhalter positioniert. Über die Wurmschrauben lassen sich die Führungshülsen, die

zur Minimierung der Reibung aus Lagerbronze gefertigt sind, relativ zum Halter in alle Richtungen einstellen. Abbildung 4-9 zeigt, dass die linke Hülse auf Passung gefertigt wurde und so die Übertragung der auftretenden Kräfte gewährleistet, während die rechte Hülse mit deutlichem Übermaß gefertigt wurde.

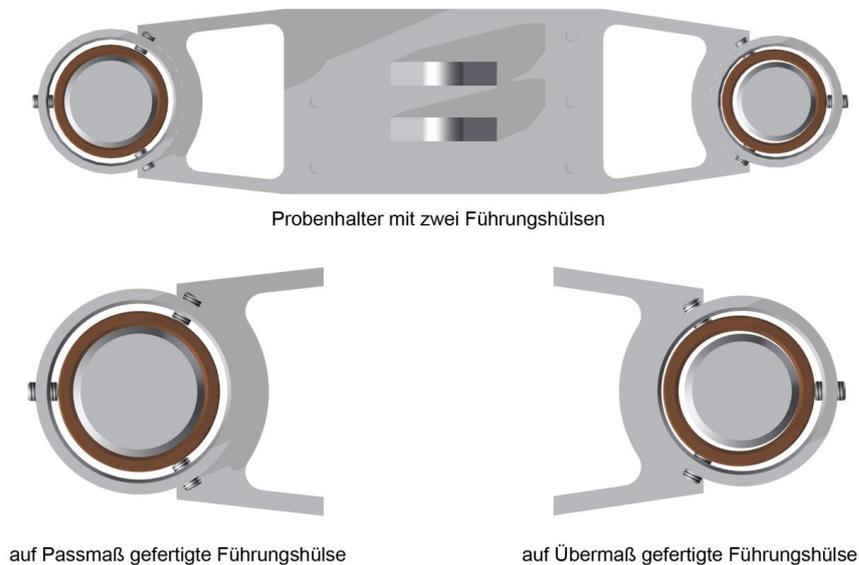


Abbildung 4-9: Probenhalter mit Rundführungen

Die mit Übermaß gefertigte Hülse ist konzentrisch zur Führung eingestellt. Dadurch lassen sich Ungenauigkeiten der Fertigung bezüglich der Parallelität und des Abstands der Führungen ausgleichen. Durch diesen Einstellmechanismus konnte ein nahezu reibungsfreier und spielfreier Lauf des Probenhalters auf den Führungen realisiert werden.

4.3.2.6 Behälter mit Füllstandsensor

Um die thermischen Einflüsse auf den Versuch so gering wie möglich zu halten wurde beschlossen, die Kontaktstelle zwischen Proben und Walze mittels Wasser zu kühlen. Dazu wurde ein Behälter konstruiert, der mit ca. 55l Wasser gefüllt wird. Somit sind die komplette Walze und der Probenhalter während des Versuches in der Flüssigkeit und die entstehende Wärme kann effektiv abgeführt werden. Der Boden des Behälters ist so ausgeführt, dass er gleichzeitig die Aufnahme für die Führungen bildet. Der obere Teil ist auf 3 Seiten, wie in Abbildung 4-4 zu sehen ist, aus Glas gefertigt. Dieses wurde mittels Silikon in einen Trägerrahmen eingeklebt. Auf der Rückseite des Behälters befindet sich die Durchführung der Antriebswelle, die mit Hilfe von zwei Wellendichtringen abgedichtet ist. Seitlich am Behälter ist zur Kontrolle des Füllstandes ein kapazitiver Sensor von BALLUFF vom Typ BCS angebracht.

4.3.3 Umsetzung

Basierend auf dem 3D CAD-Modell wurde ein kompletter Zeichnungssatz abgeleitet, der im Anschluss an Anhang 10 eingesehen werden kann. Anhang 10 enthält eine detaillierte Stückliste des Prüfstandes.

Die Fertigung der einzelnen Teile, die Anpassung der zu übernehmenden Teile des bestehenden Prüfstandes sowie die Montage wurden in der Lehrwerkstätte der ANDRITZ AG durchgeführt. Ebenso die elektrische Verkabelung und der Anschluss der Messelektronik.



Abbildung 4-10: Verschleißprüfstand der Andritz AG

Abbildung 4-10 zeigt einige Fotos des fertig montierten Prüfstandes wie er in weiterer Folge verwendet wurde.

4.3.4 Messdatenerfassung und Bedienung

Die Messdatenerfassung sowie die Steuerung des Prüfstands erfolgt über einen PC mit einem USB-6009 Gerät des Unternehmens National Instruments. Dieses verfügt über 8 Analogeingänge, 2 Analogausgänge, 12 digitale Ein-/Ausgänge und 1 Counter.

Die Software zur Steuerung und Datenerfassung sowie die Benutzeroberfläche wurden gemeinsam mit dem Unternehmen Kämmerer entwickelt. Die programmiertechnische Umsetzung wurde extern an Kämmerer vergeben und im Programm National Instruments Lab VIEW 2009 SP1 entwickelt. Nachfolgend ist die Benutzeroberfläche der Prüfstandsteuerung beschrieben.

4.3.4.1 Konfiguration

Nach dem Start der Software am PC gelangt man direkt in ein Konfigurationsmenü, welches aus drei Reitern besteht.

Abbildung 4-11 zeigt den ersten Reiter des Konfigurationsmenüs, unter dem allgemeine Einstellungen zum Versuch und der Messdatenerfassung vorgenommen werden können.

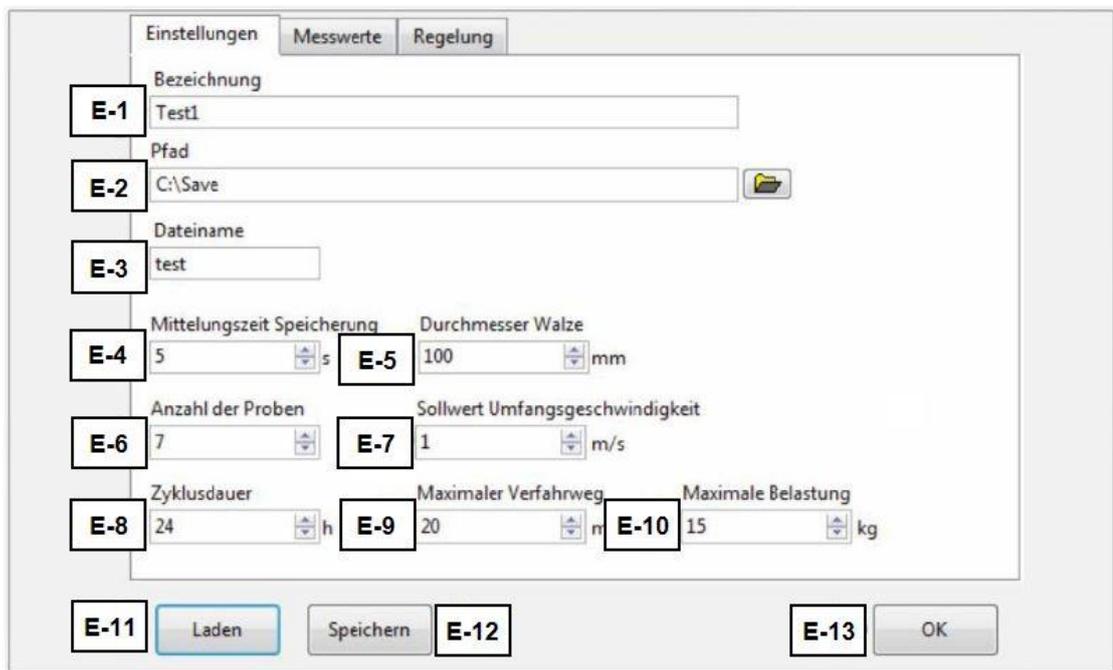


Abbildung 4-11: Reiter Einstellungen

In Tabelle 4-12 sind die einzelnen Eingabefelder der Einstellungen des Konfigurationsmenüs beschrieben.

Position		Beschreibung
E-1		Eingabe der Versuchsbezeichnung
E-2		Angabe des Verzeichnisses in das gespeichert werden soll
E-3		Prefix für die zu speichernden Dateien
E-4		Mittelungsdauer in Sekunden für Messwertaufzeichnung
E-5	[mm]	Durchmesser der Walze
E-6		Anzahl der im Probenhalter eingespannten Proben
E-7	[m/s]	Vorgabewert der Umfangsgeschwindigkeit der Walze
E-8	[h]	Dauer des Prüfzykluses
E-9	[mm]	maximaler Verfahrweg des Probenhalters während des Versuchs
E-10	[kg]	maximale Belastung des Probenhalters
E-11		vorhandene Konfigurationsdatei laden
E-12		Einstellungen in Konfigurationsdatei speichern
E-13		Konfiguration übernehmen und Hauptprogramm starten

Tabelle 4-12: Beschreibung der Eingabefelder im Reiter Einstellungen

Abbildung 4-13 zeigt den zweiten Reiter des Konfigurationsmenüs, in dem die Konfiguration der Messkanäle erfolgt.

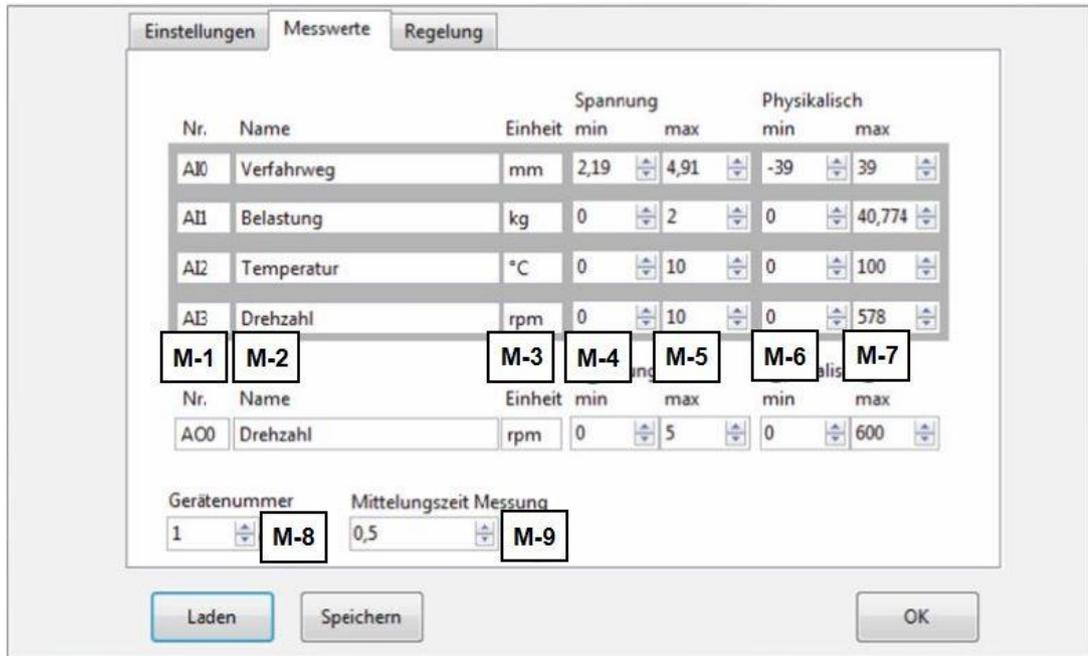


Abbildung 4-13: Reiter Messwerte

In der folgenden Tabelle 4-14 sind die einzelnen Eingabefelder beschrieben.

Position		Beschreibung
M-1		Kanalbezeichnung (nicht veränderbar)
M-2		Bezeichnung des Messwertes
M-3		Einheit des Messwertes
M-4	[V]	Minimalwert des Eingangsspannungssignals
M-5	[V]	Maximalwert des Eingangsspannungssignals
M-6		physikalischer Minimalwert
M-7		physikalischer Maximalwert
M-8		Gerätenummer des National Instruments USB-6009 im Measurement & Automation Explorer
M-9		Zeit über die die angezeigten Werte gemittelt werden

Tabelle 4-14: Beschreibung der Eingabefelder im Reiter Messwerte

Abbildung 4-15 zeigt den dritten Reiter des Konfigurationsmenüs zur Parametrisierung der Drehzahl- und Belastungsregelung.

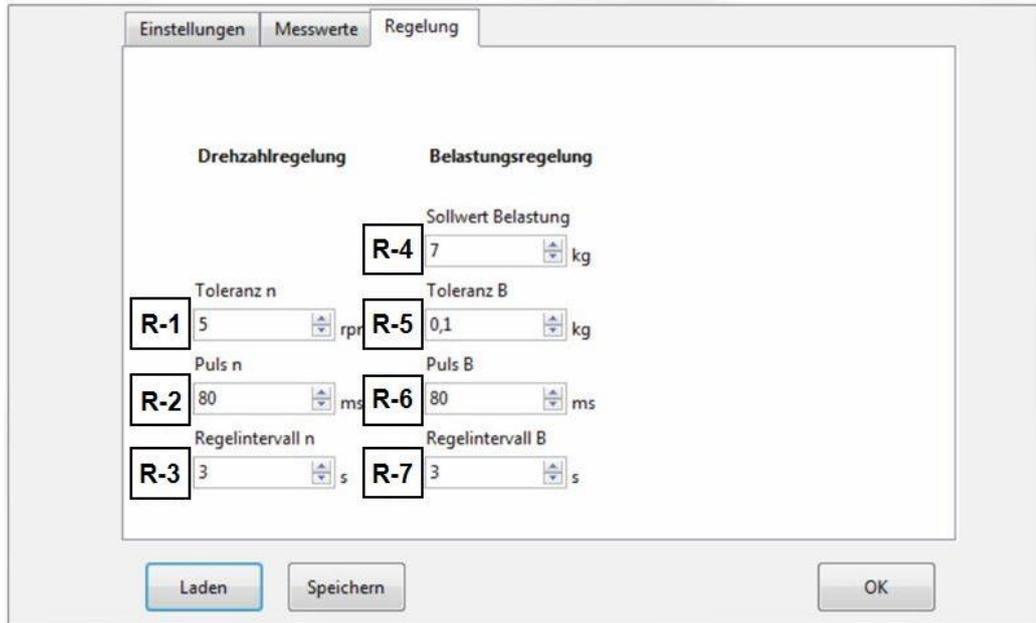


Abbildung 4-15: Reiter Regelung

Tabelle 4-16 enthält eine Beschreibung der einzelnen Eingabefelder.

Position		Beschreibung
R-1	[U/min]	Toleranzbereich für die Drehzahl
R-2	[ms]	Dauer eines Regelimpulses im Falle einer Abweichung der Drehzahl (Istwert - Sollwert) über die Toleranz
R-3	[s]	Intervall für die Überprüfung der Regelungsbedingung der Drehzahl
R-4	[kg]	Belastung des Probenhalters
R-5	[kg]	Toleranzbereich für die Belastung
R-6	[ms]	Dauer eines Regelimpulses im Falle einer Abweichung der Belastung (Istwert - Sollwert) über die Toleranz
R-7	[s]	Intervall für die Überprüfung der Regelungsbedingung der Belastung

Tabelle 4-16: Beschreibung der Eingabefelder im Reiter Regelung

Durch Drücken von „OK“ (Abbildung 4-11, Position E-13) werden die Konfigurationen übernommen und das Hauptprogramm wird gestartet.

4.3.4.2 Hauptprogramm

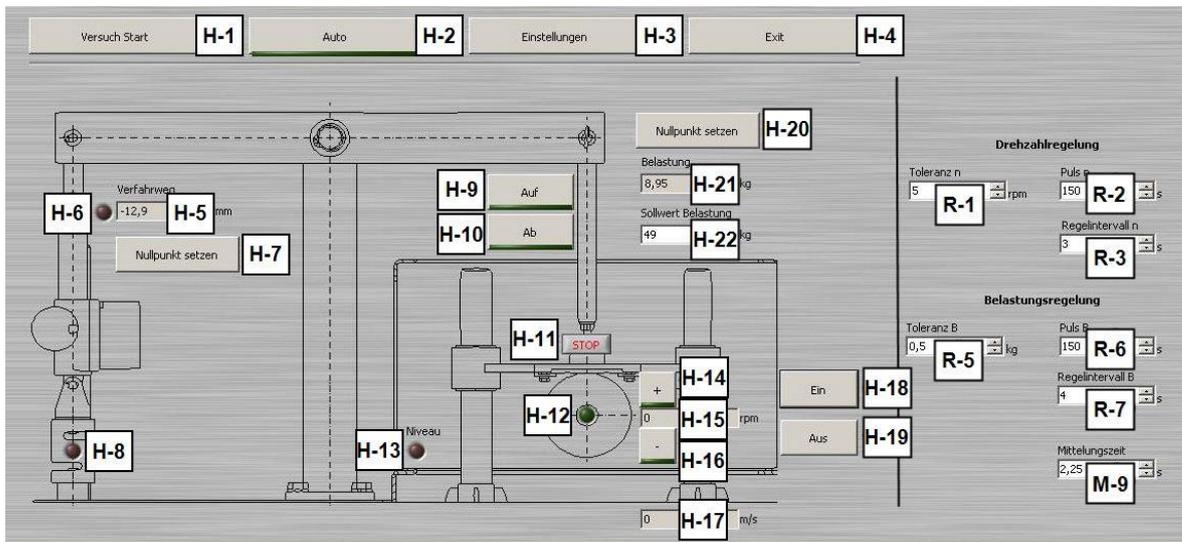


Abbildung 4-17: Benutzeroberfläche

Die Messung startet unmittelbar nach dem Öffnen des Hauptprogrammes. In Abbildung 4-17 ist die Benutzeroberfläche dargestellt. Der nachfolgenden Tabelle 4-18 können die Funktionen der einzelnen Tasten und Anzeigenfelder entnommen werden. Der Bereich rechts der Linie dient zur Regelung der Belastung und Drehzahl und kann mittels der Taste H-3 während des Versuches ein- und ausgeblendet werden. Die Funktionen der Tasten in diesem Bereich sind in Tabelle 4-14 bzw. Tabelle 4-16 beschrieben.

Position		Beschreibung
H-1		Start des automatischer Versuchsablauf mit den vorher eingestellten Parametern
H-2		Umschalten zwischen Automatik- und Handbetrieb
H-3		Ein- und Ausblenden der Reglereinstellungen
H-4		Verlassen des Programm
H-5	[mm]	Verfahrweg
H-6		Indikator: Maximaler Verfahrweg erreicht
H-7		Setzen der aktuelle Position als Nullwert
H-8		Indikator: Maximale Belastung erreicht
H-9		Anheben (solange der Taster gedrückt ist)
H-10		Absenken (solange der Taster gedrückt ist)
H-11		Abbrechen des automatisches Heben oder Senkens
H-12		Indikator: Motor läuft
H-13		Indikator: Minimaler Füllstand erreicht
H-14		Erhöhen der Drehzahl (solange der Taster gedrückt ist)
H-15		Senken der Drehzahl (solange der Taster gedrückt ist)
H-16	[U/min]	Drehzahl
H-17	[m/s]	Umfangsgeschwindigkeit
H-18		Einschalten des Antriebes
H-19		Ausschalten des Antriebes
H-20		Setzen der aktuelle Belastung als Nullwert
H-21	[kg]	Belastung
H-22	[kg]	Sollwert der Belastung

Tabelle 4-18: Beschreibung der Tasten und Anzeigefelder auf der Benutzeroberfläche

4.3.4.3 Messdatenerfassung

Nach Betätigen der Taste „Versuch Start“ im Hauptprogramm (Abbildung 4-17, Position 1) startet die Messdatenerfassung. Im vorher eingestellten Intervall werden nun die Messwerte Zeit, Verfahrenweg, Belastung und Drehzahl in einen Logfile im cvs-Format geschrieben. Die Benennung dieser Datei setzt sich aus dem Präfix (Abbildung 4-11, E-3), dem aktuellen Datum im Format YYMMDD, der Zyklusnummer und der Probennummer zusammen.

4.3.4.4 Abbruchkriterien

Es wurden drei Abbruchkriterien definiert, die dem Schutz des Prüfstandes dienen und eine spätere Wiederaufnahme des Versuches ermöglichen sollen. Beim Auftreten eines dieser Kriterien wird dieses im Logfile vermerkt und der Versuch wird unterbrochen. Dazu wird der Probenhalter von der Walze abgehoben und der Antrieb abgeschaltet.

Im Einzelnen handelt es sich bei den Abbruchkriterien um:

1. Maximaler Verfahrenweg

Der in der Konfiguration (Abbildung 4-11, Position E-9) eingestellte maximale Verfahrenweg des Probenhalters wird überschritten. Dadurch soll eine Beschädigung des Prüfstandes durch zu hohen Walzenverschleiß verhindert werden.

2. Maximale Belastung

Die in der Konfiguration (Abbildung 4-11, Position E-10) eingestellte maximale Belastung des Probenhalters wird überschritten. Eine Überbelastung der Prüfapparatur im Allgemeinen und des Kraftaufnehmers soll damit verhindert werden.

3. Minimaler Füllstand

Das Flüssigkeitsniveau im Behälter hat das Minimum unterschritten. Ein „Trockenlaufen“ des Versuches und somit eine thermische Beschädigung der Proben wird verhindert.

5 Vorversuche zur Ermittlung der Prüfparameter

5.1 Bewertungskriterien

Es wurden zwei Parameter zur Bewertung der Eignung der verschiedenen Beschichtungen festgelegt. Der wichtigste Parameter zur Beurteilung der Eignung war die Rautiefe. Zum einen weil dies ein Wert ist, der in Zukunft auch vor Ort zur Verifizierung gemessen werden kann, zum anderen da sich dieser Wert im Zuge einer anderen Arbeit [1] als entscheidend im Zusammenhang mit der Co-Rotation bzw. dem Anhaftverhalten des Zellstoffes herausgestellt hat. Der zweite Parameter, der ausgewertet wurde, ist die Entwicklung der Schichtdicke der Beschichtung als Maß der Verschleißbeständigkeit.

Des Weiteren wurden zwei Abbruchkriterien für den Versuch definiert, nämlich zum einen der vollständige Verschleiß der Beschichtung bis auf den Grundwerkstoff und zum anderen ein zu hoher Verschleiß der Walze. Bei einem Ausgangsdurchmesser der Walze zu Beginn des Versuches von ca. 100 mm wurde der maximal zulässige Verschleiß auf 10 mm im Radius der Walze festgelegt.

5.2 Versuchsdauer

Ausgehend von der Überlegung, einen Versuch innerhalb einer Woche durchführen und auswerten zu können, wurde die Versuchsdauer auf 60 Stunden festgelegt. Diese Prüfdauer hat zudem auch den Vorteil, den Einfluss von leichten Schwankungen in den Prüfparametern, z.B. der Drehzahl, auf den Versuch zu minimieren.

5.3 Auswahl der Referenzbeschichtung

Aufgrund des Abbruchkriteriums des vollständigen Verschleißes der Beschichtung wurde entschieden, die Prüfparameter mit der am wenigsten verschleißfest vermuteten, im Moment in der Andritz AG eingesetzten Beschichtung zu bestimmen. Somit sollte die Vergleichbarkeit über 60 Stunden gewährleistet werden und ein vorzeitiger Versuchsabbruch bei den anderen Beschichtungen verhindert werden. Die Wahl fiel auf den Spritzdraht des Unternehmens Sulzer mit der Bezeichnung Metco 8625. Dabei handelt es sich um einen Spritzdraht auf Nickelbasis mit einer Zusammensetzung von Ni₂₁Cr₉Mo₄(Nb+Ta). Dieser Spritzdraht wird mittels Lichtbogengespritzten aufgebracht. Ein weiterer Vorteil war, dass dieser Draht direkt im Haus gespritzt werden konnte.

5.4 Herstellung der Probenstreifen

Zur Herstellung der Probenstreifen wird ein 5 mm dickes Blech aus 1.4404 mit der zu prüfenden Beschichtung versehen. Um bei der Herstellung der einzelnen Probestreifen den Wärmeeintrag in die Beschichtung so gering wie möglich zu halten, werden die beschichteten Bleche im Anschluss mittels Wasserstrahlverfahren geschnitten. Abbildung 5-1 zeigt links die beschichtete Platte beim Wasserstrahlschneiden. Abbildung 5-1 zeigt rechts die beschichtete Platte beim Wasserstrahlschneiden.

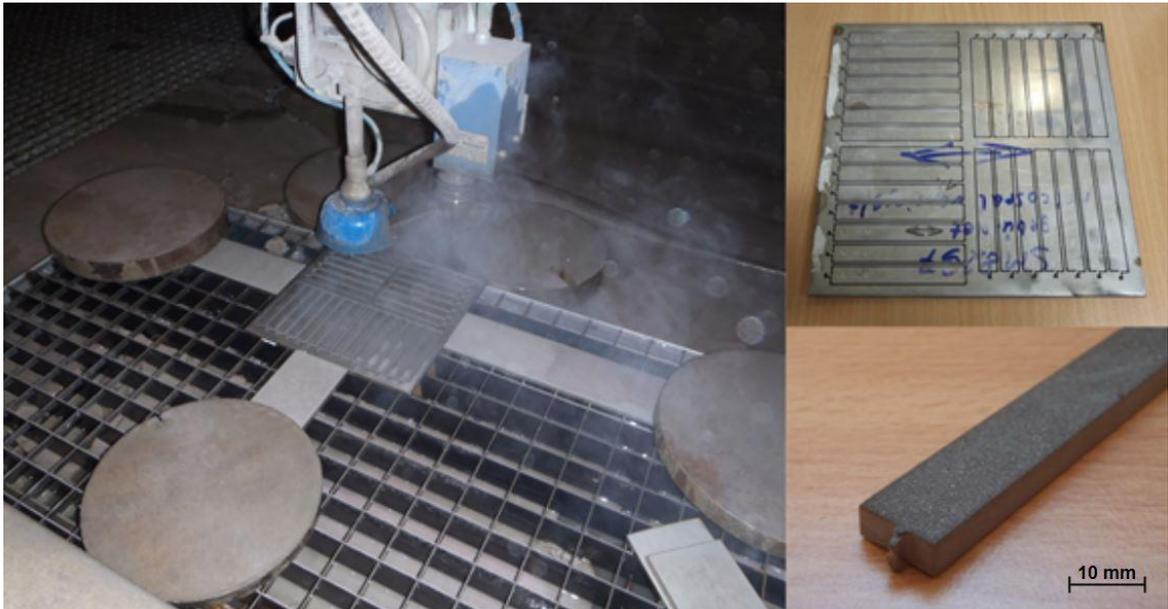


Abbildung 5-1: Wasserstrahlschneiden, Gravieren und Herausbrechen der Probenstreifen

Nach dem Wasserstrahlschneiden werden die Proben mit der entsprechenden Nummer graviert und herausgebrochen. Die in Abbildung 5-1 rechts unten zu sehende Bruchstelle wird danach verschliffen. Die Probe hat in ihrem fertig bearbeiteten Zustand eine Breite von 10 mm bei einer Länge von 70 mm. Die Breite von 10 mm wurde in Absprache mit dem zum Schneiden der Proben beauftragten Unternehmen festgelegt, da dieses beim Wasserstrahlschneiden von schmälere Streifen in der Vergangenheit Probleme mit der Ablösungen der Beschichtung hatte.

5.5 Begleitdokument

Begleitend zu den Versuchen wurde ein Protokoll entwickelt, das zur Dokumentation und Auswertung des Versuches und der Probenstreifen herangezogen wird. Die einzelnen Seiten des Begleitdokuments können dem Anhang 1 entnommen werden.

Die Seite 1 des Begleitdokuments beinhaltet Informationen zu den Versuchsparametern. Eingegeben werden die SET-Nummer, die Belastung, die Umfangsgeschwindigkeit, die verwendete Walze sowie das im Probenbehälter verwendete Medium.

Die SET-Nummer setzt sich dabei aus einem Buchstaben und einer Nummer zusammen, wobei der Buchstabe für die vor dem Wasserstrahlschneiden beschichtete Platte und die Nummer für das aus 7 Probestreifen bestehende Set nach dem Wasserstrahlschneiden steht.

Auf Seite 2 des Begleitdokuments werden Angaben zu den Proben gemacht. Vermerkt werden die Beschichtung, der Grundwerkstoff der Probe, die Beschichtungsrichtung sowie die Nachbehandlung der Beschichtung.

Bei der Nachbehandlung der Beschichtung wird auf das Spitzenbrechen und das Versiegeln eingegangen. Unter Spitzenbrechen versteht man das Überschleifen der beschichteten Platte mittels einer speziellen Kunststoffätherscheibe, mit der die scharfen Spitzen an der Oberfläche gebrochen werden. Die Rauheit der restlichen Oberfläche bleibt dabei so weit wie möglich erhalten. Die Versiegelung z.B. mittels Metco AP, einem Siegler des Unternehmens Sulzer, soll die Gleitfähigkeit der Beschichtung weiter erhöhen. Sie wurde bei allen getesteten Beschichtungen aufgebracht.

Auf Seite 3 und den folgenden Seiten des Begleitdokuments werden die Messwerte der einzelnen Proben vor und nach dem Versuch eingetragen. Die hier verwendeten Probennummern setzen sich aus der SET-Nummer und einer fortlaufenden Nummerierung zusammen, mit der die einzelnen Probestreifen eines Sets unterschieden werden können.

Dabei werden die Messwerte der einzelnen Proben vor dem Versuch auf der linken Seite in der Spalte Probenparameter eingetragen. Die Messwerte der Auswertung werden auf der rechten Seite in der Spalte Auswertung eingetragen.

5.6 Vorbereitung des Versuches

Vor Beginn eines jeden Versuches muss die Prüfwalze abgerichtet und eingefahren werden. Dies geschieht, um möglichst gleich bleibende Anfangsbedingungen für die einzelnen Versuche zu schaffen. Das Abziehen der Walze erfolgt in einer Drehmaschine. Dabei wird die Walze, wie in Abbildung 5-2 gezeigt, auf einen Dorn aufgespannt und anschließend mit einem Diamantwerkzeug abgezogen.

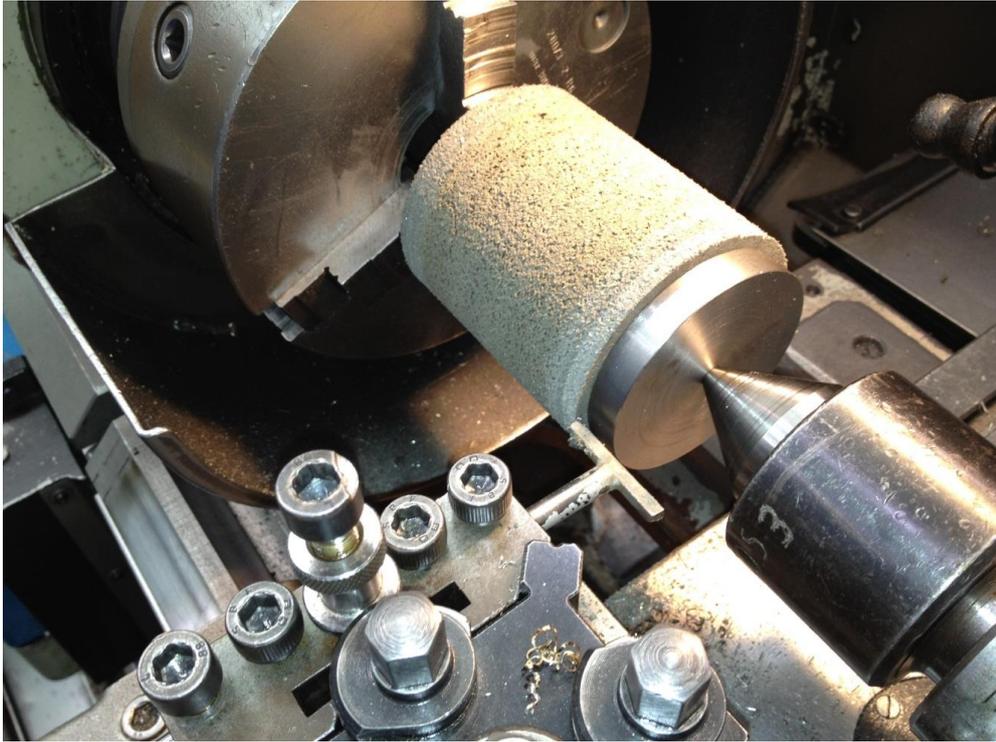


Abbildung 5-2: Abziehen der Walze mit Diamantwerkzeug vor dem Versuch

Anschließend wird die Walze im Prüfstand montiert und mit Hilfe der in Abbildung 5-3 gezeigten diamantbeschichteten Schärflplatte bei einer Belastung von 35 kg für 7 Minuten geglättet. Diese Kombination aus Belastung und Zeit stellte sich in der Inbetriebnahmephase als praktikabel heraus. Bei einer Belastung von 35 kg stellt sich nach ca. 7 Minuten eine gleichmäßige Oberfläche über die gesamte Walzenbreite ein.

Bei höheren Belastungen kam es zu Beginn der Glättung zu einer sehr hohen Schmutzbelastung des Wassers im Behälter, was zu Problemen mit den Führungen des Probenhalters führte.

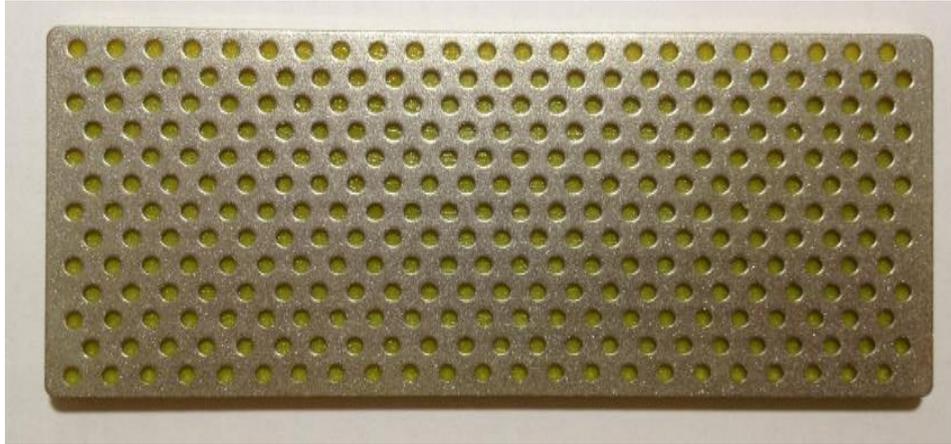


Abbildung 5-3: *diamantbeschichtete Schärflplatte*

Nach dem Glätten folgt ein 12 Stunden dauernder Einfahrzyklus der Walze bei einer Belastung von 49 kg. Dabei kommen 7 Probestreifen mit einer lichtbogengespritzten Beschichtung zum Einsatz, die in der Andritz AG mittels eines Metco 8297-Drahtes gespritzt wird. Gewählt wurde diese Beschichtung aufgrund ihrer guten Verschleißfestigkeit und der Herstellbarkeit in der Andritz AG. Die Belastung von 49 kg wurde zum Zeitpunkt der Festlegung des Einfahrzyklus frei gewählt.

5.7 Ablauf der Versuche

Zu Beginn der Versuche stellte sich die Frage nach einem geeigneten Versuchsablauf und einer praktikablen Versuchsdauer. Bezüglich der Versuchsdauer wurde seitens der Andritz AG entschieden diese so zu wählen, dass eine Beschichtung binnen einer Woche getestet und ausgewertet werden kann. Abbildung 5-4 zeigt ein angenommenes zu erwartendes Verhalten der Rauheit über die Zeit. Diese Entwicklung der Rauheit zeigte sich anschließend auch im Versuch

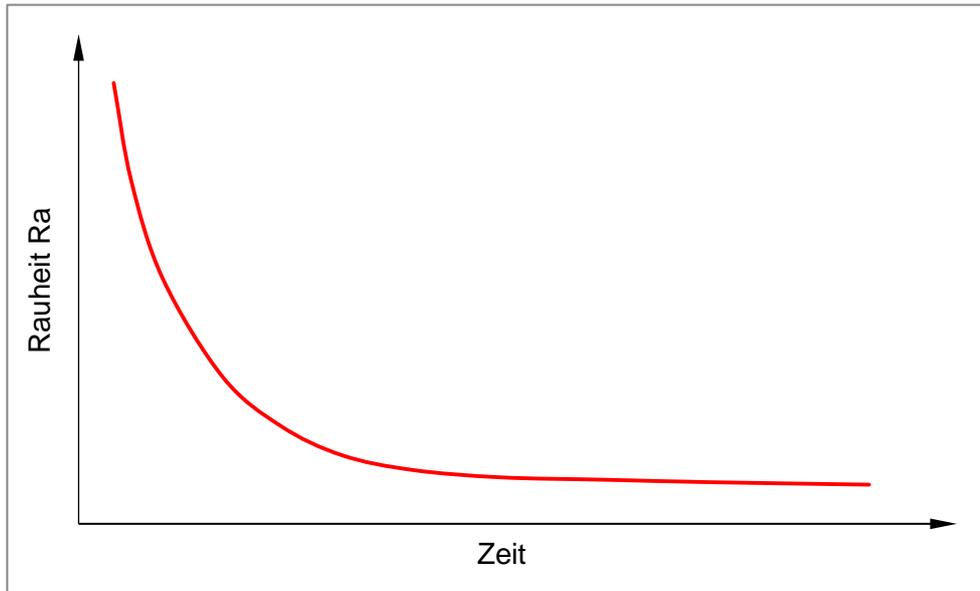


Abbildung 5-4: angenommene zu erwartende Entwicklung der Rauheit

Dieser zu Beginn stark abfallende Verlauf würde ein kürzeres Intervall innerhalb der ersten Stunden nahelegen. Der Platz im Probenhalter ist jedoch einerseits durch die Herstellung der Probenstreifen und andererseits durch die Breite der Walze bzw. des Probenhalters auf 7 Stück begrenzt. Von diesen können die äußersten zwei Probestreifen aufgrund des stark erhöhten Verschleißes an den Außenkanten nicht zur Auswertung herangezogen werden. Daraus resultierend wurde das Messintervall auf 12 Stunden festgelegt. Dies bietet auch die Möglichkeit, eine etwaige Entwicklung der Rauheit im flachen Bereich der Kurve, der nach etwa 12 Stunden erreicht wird, zu untersuchen. In Summe ergibt sich dadurch eine gesamte Prüfdauer von 60 Stunden.

Durch die Entnahme jeweils eines Probestreifens ergibt sich die Möglichkeit, den Versuch während der zerstörenden Auswertung des entnommenen Probestreifens weiterlaufen zu lassen.

Abbildung 5-5 zeigt die in den Probenhalter eingelegten Probenstreifen mit einer Breite von 10 mm und einer Länge von 70 mm.



Abbildung 5-5: Probenhalter mit eingelegten Probenstreifen
(Streifenbreite = 10 mm, Streifenlänge = 70 mm)

Um eine gleich bleibende Belastung der Proben während des gesamten Versuches zu erhalten, wird nach jeder Probenentnahme die Belastung um ein Siebtel reduziert. Dadurch kann der Versuch bei einem gleich bleibenden Liniendruck fortgesetzt werden. Zur Auswertung werden nur die inneren fünf Streifen herangezogen. Durch die Elastizität der Verschleißwalze kommt es an den äußeren Kanten der außen liegenden Proben zu erhöhtem Verschleiß, da sich die Proben in die Walze eindrücken. In Abbildung 5-6 ist der erhöhte Verschleiß an den äußeren Kanten zu sehen.



Abbildung 5-6: Erhöhter Verschleiß an den Außenkanten der Außenproben

Ziel war es, die Belastung und die Umfangsgeschwindigkeit so zu wählen, dass die Referenzbeschichtung nach 60 Stunden vollständig verschlissen ist, so wie es in Abbildung 5-6 am mittleren Probenstreifen zu sehen ist.

5.8 Auswertung der Probenstreifen

5.8.1 Messung der Rauheit

Zu Beginn und Ende eines jeden Versuches wird die Rauheit der einzelnen Proben ermittelt. Dies geschieht, wie in Abbildung 5-7 zu sehen, mit Hilfe eines portablen Rauheitsmessgerät des Unternehmens Mitutoyo Typ SJ-301 an den auf Seite 3 des Begleitdokumentes gekennzeichneten Stellen. Gemessen wird dabei der Ra-Wert.

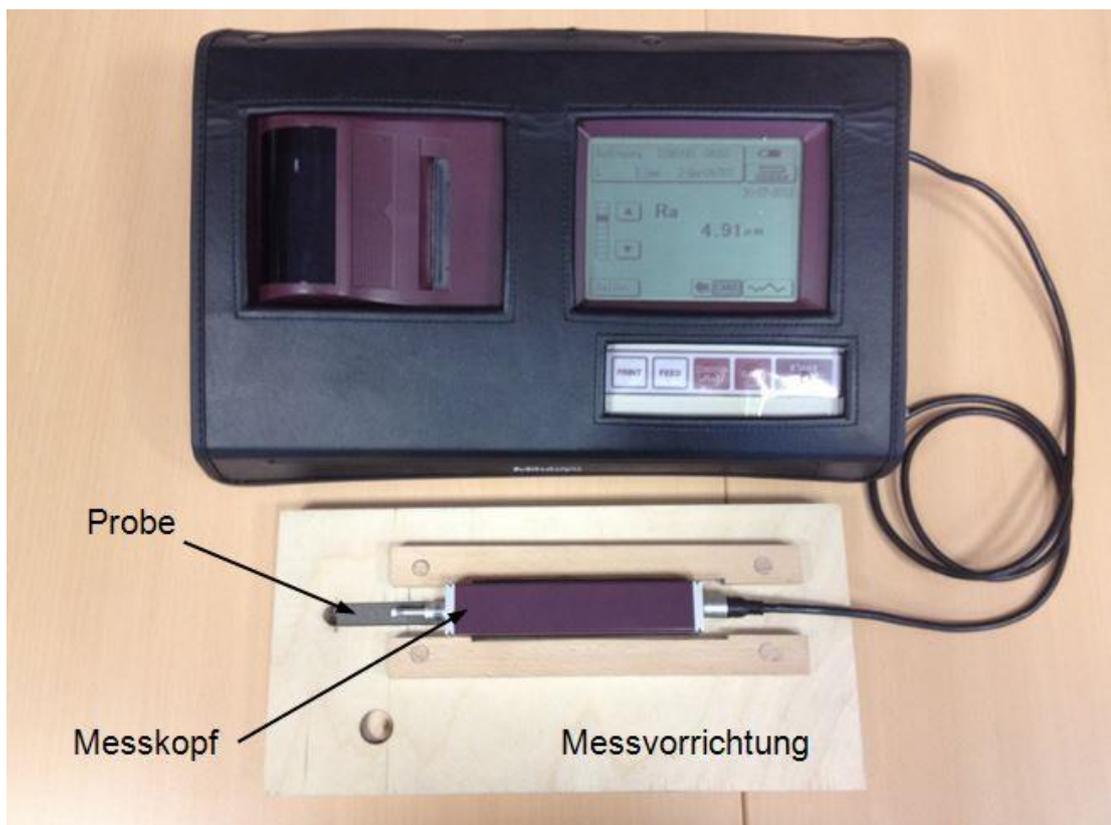


Abbildung 5-7: Rauheitsmessung einer Probe

Des Weiteren wird das Gewicht der Probe mittels einer Feinwaage bestimmt.

Um am Ende des Versuches die Schichtdicke zu bestimmen, werden Querschliffe angefertigt, deren Herstellung im Kapitel 5.8.2 beschrieben wird.

5.8.2 Herstellung der Querschliffe

Abbildung 5-8 zeigt die fünf auszuwertenden Probenstreifen nach dem Versuch.

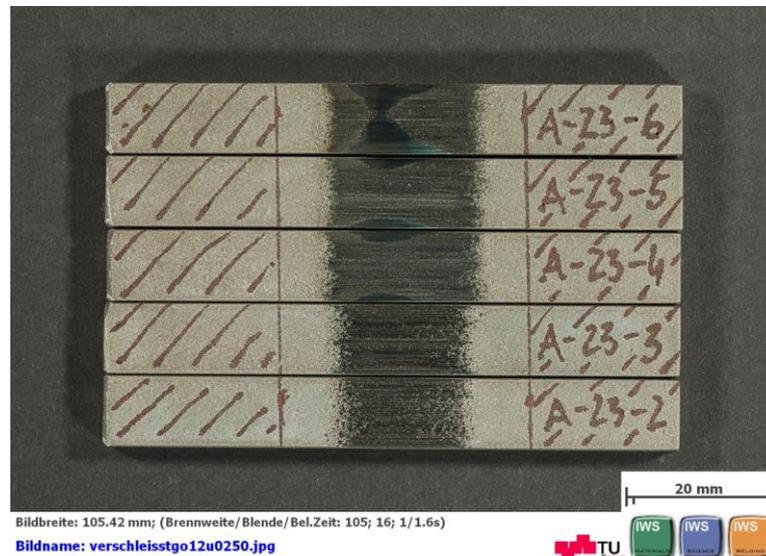


Abbildung 5-8: Probenstreifen nach dem Versuch

Für die Auswertung wird ein Bereich des Probenstreifens von 35mm um die Mittenlage ausgemessen und markiert. Die schraffierten Bereiche werden abgetrennt und nicht mehr benötigt. Der Ausschnitt in der Mitte wird im Anschluss mittels Heißeinbettverfahren eingebettet. Danach werden die Proben geschliffen und poliert. Abbildung 5-9 zeigt eine Probe nach dem Einbetten, Schleifen und Polieren.

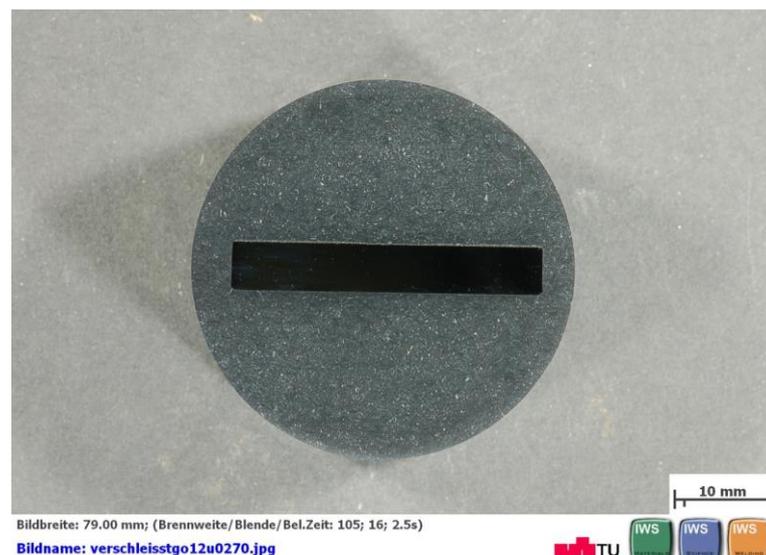


Abbildung 5-9: Eingebettete Probe nach dem Schleifen und Polieren

5.8.3 Messtechnische Auswertung

Um die Schichtdicke vor dem Versuch und die Restschichtdicke nach dem Versuch zu bestimmen, werden die Proben unter dem Lichtmikroskop fotografiert.

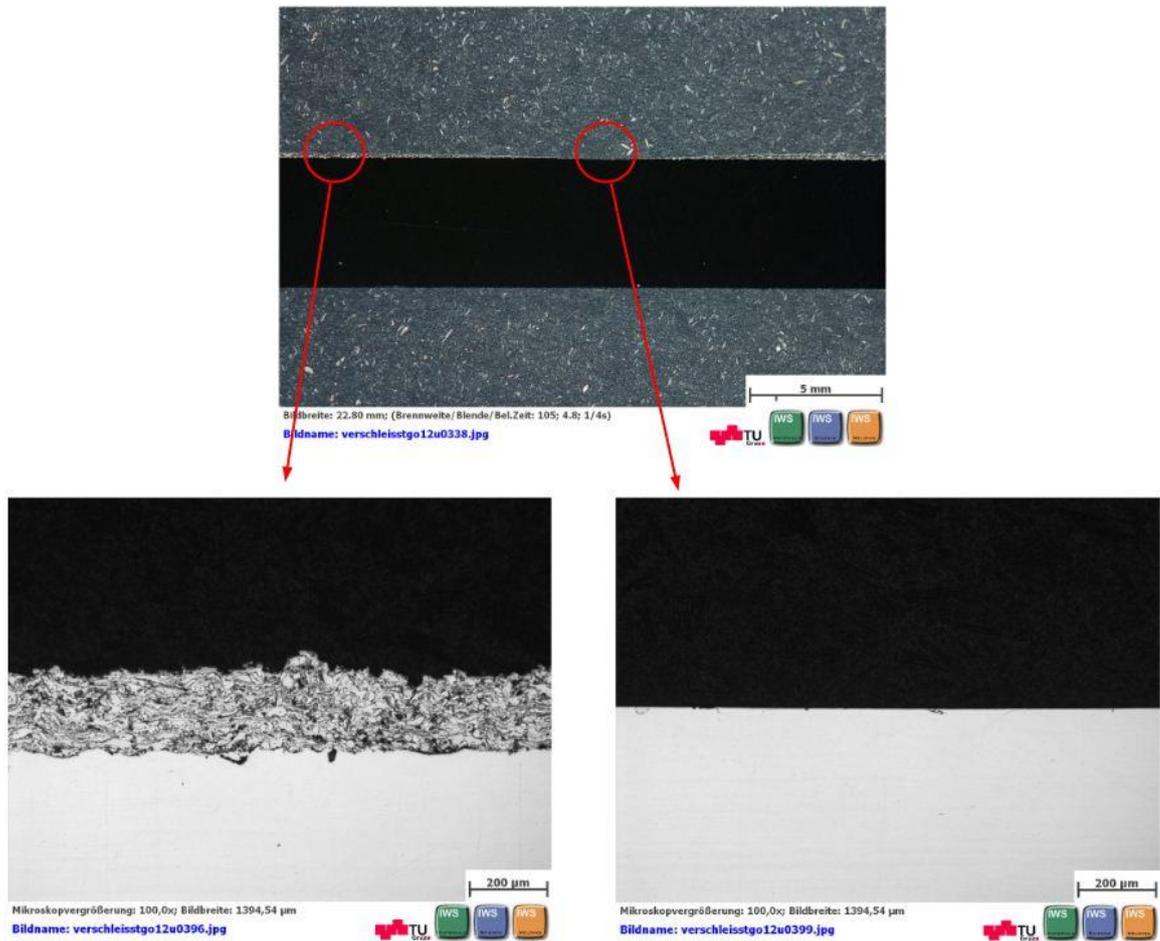


Abbildung 5-10: lichtmikroskopische Fotos zu Auswertung der Schichtdicke

Wie in Abbildung 5-10 zu sehen, werden pro Probe jeweils zwei Fotos angefertigt. Das erste zur Bestimmung der Schichtdicke vor dem Versuch (links) am Rand der Probe und das zweite an der Stelle der minimalen Schichtdicke mittig in der Probe. Dabei wird mit 100facher Vergrößerung fotografiert.

Im Anschluss werden die Fotos ausgewertet. Dabei wird so vorgegangen, wie es in Abbildung 5-11 gezeigt wird. Um die Rauheit des Grundwerkstoffes, die durch die Behandlung vor dem Beschichten entsteht, auszumitteln, wird mit zwei Linien jeweils der höchste und tiefste Punkt am Grundmaterial im Auswertebereich markiert. Eine dritte Linie markiert den höchsten Punkt der Beschichtung. Aus den zwei bemaßten Werten wird

dann ein gemittelter Wert errechnet, der im Fall der Abbildung 5-11 als Schichtdicke vor dem Versuch in die Auswertung übernommen wird.

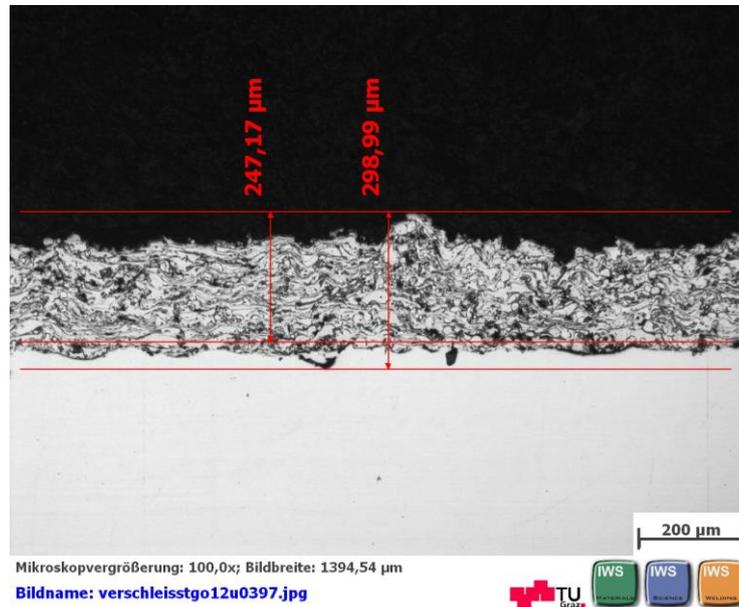


Abbildung 5-11: messtechnische Auswertung der Proben

Die Ermittlung der minimalen Schichtdicke erfolgt nach dem gleichen Muster, jedoch mit dem Unterschied, dass die dritte Linie hier den tiefsten Punkt der verschlissenen Beschichtung markiert.

Abbildung 5-12 zeigt die Auswertung der Rauheitsmessung vor dem Versuch. Gemessen wurde dabei an den in Anhang 1 gekennzeichneten Stellen der einzelnen Proben.

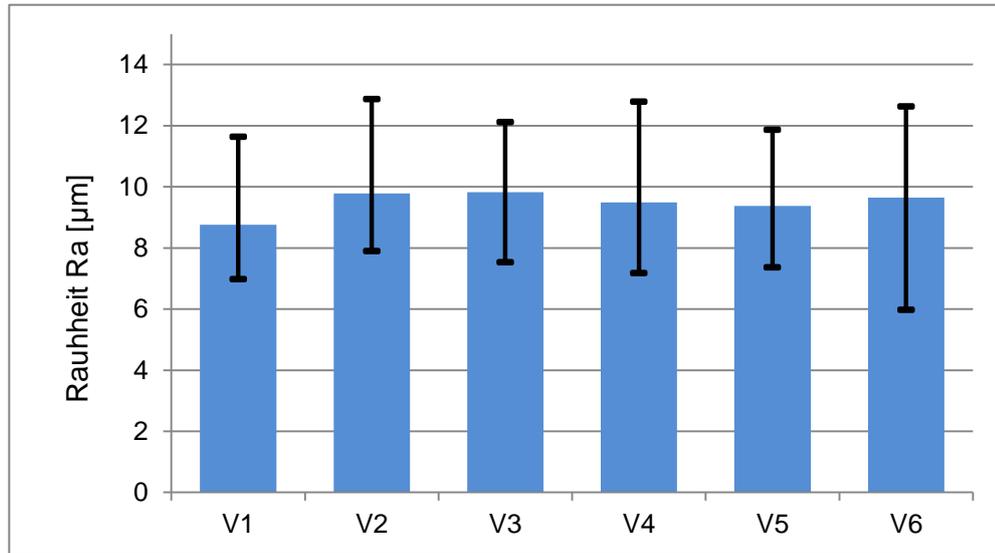


Abbildung 5-12: Auswertung der Rauheitsmessung vor den Versuchen V1 bis V6

Zu sehen sind der Mittelwert der Rauheit und die maximale Abweichung vom Mittelwert der Versuche V1 bis V6 mit der Referenzbeschichtung Metco 8625. In Summe wurden dabei in einem Bereich von ca. 50 x 70 mm der beschichteten Platte 30 Messwerte pro Versuch ermittelt. Dabei lag die maximale Abweichung vom Mittelwert bei 38%.

In Abbildung 5-13 wird die Auswertung der Schichtdicke gezeigt. Dabei wurde pro Probe jeweils an 2 Stellen, links und rechts des maximalen Verschleißes, in einem Bereich in dem kein Verschleiß mehr auftrat, die Schichtdicke bestimmt. Daraus ergeben sich 10 Messungen pro Versuch. Die maximale Abweichung vom Mittelwert lag bei 12%.

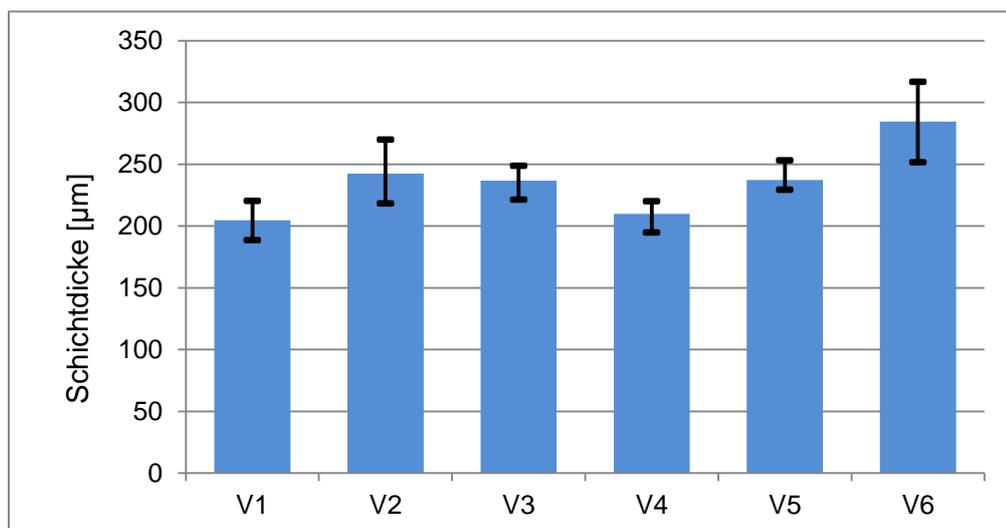


Abbildung 5-13: Auswertung der Schichtdicke im nicht verschlissenen Bereich

5.9 Durchführung der Vorversuche

Als Wert für die Umfangsgeschwindigkeit wurde die Relativgeschwindigkeit in Tangentialrichtung zwischen Stoff und Schneckenwelle in einer SCP1410 herangezogen. Die erforderliche errechnete Drehzahl bei der betrachteten Maschine für die vorgegebene Produktion betrug 10 U/min. Im Betrieb war für das Erreichen der vorgesehenen Produktionsmenge jedoch eine Drehzahl von 19 U/min erforderlich. Aus der Differenzdrehzahl von 9 U/min und einem Durchmesser von 1000 mm am Grundkörper ergibt sich eine Relativgeschwindigkeit in Umfangsrichtung von

$$v_{RU} = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{60} = 0,47 \text{ m/s} .$$

Ausgehend von diesem Wert und der Überlegung den Versuch zu beschleunigen, wurde die Umfangsgeschwindigkeit für die Versuche auf 1 m/s festgelegt.

Als Ausgangswert für die Belastung wurden Messwerte aus einer Messung an der Laborschneckenpresse der Andritz AG herangezogen. Im Zuge dieser Messung wurde ein Druck von 1 bar im Siebkorb gemessen. Dieser wurde auf die Probenfläche umgelegt. Bei einer angenommenen Länge des Verschleißbereiches von 8 mm und einer Gesamtbreite der Probenstreifen von 70 mm ergibt sich eine Fläche von 560 mm². Daraus ergibt sich bei einem Druck von 1 bar eine Kraft von 56 N zwischen Walze und Probe. Basierend darauf wurde die erste Messung mit einer Belastung von 6 kg durchgeführt. Abbildung 5-14 zeigt das Ergebnis dieser Messung.

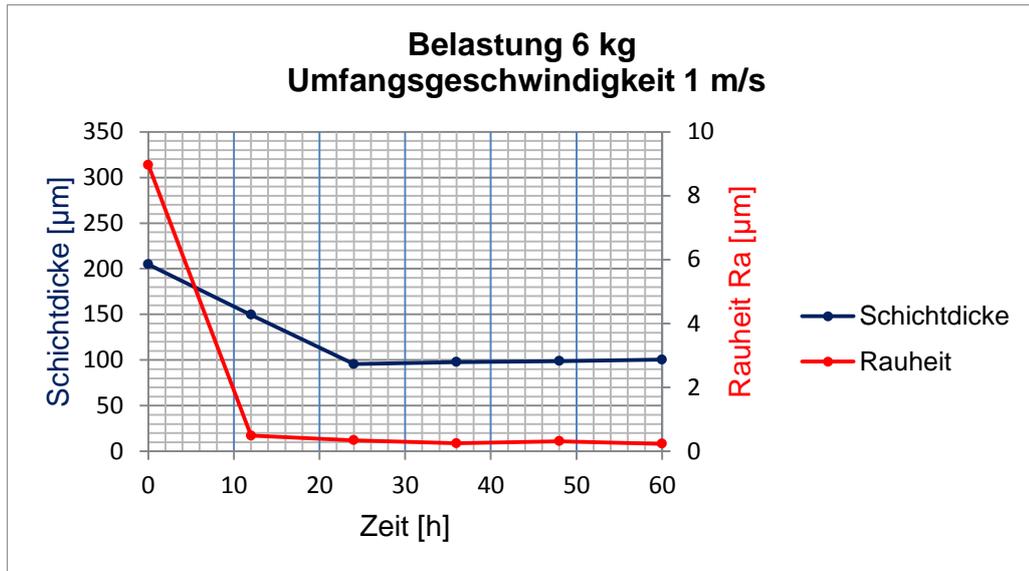


Abbildung 5-14: Messergebnisse bei 6 kg Belastung und 1 m/s Umfangsgeschwindigkeit

Die blaue Kurve zeigt die Entwicklung des Verschleißes und die rote Kurve die Entwicklung der Rauheit über die Zeit.

Zur Festlegung der Belastung des Standardversuches wurde in weiterer Folge die Belastung schrittweise erhöht, bis die Bedingung des vollkommenen Verschleißens der Beschichtung nach der Prüfdauer von 60 Stunden erfüllt war.

Abbildung 5-15 zeigt die Zusammenfassung der Vorversuche und den Zusammenhang von Verschleiß, Rauheit und Belastung über die Zeit. Dabei sind auf den Achsen die Schichtdicke, die Rauheit und die Zeit aufgetragen. Die Farben der Fläche entsprechen den in der Legende angegebenen Rauheiten.

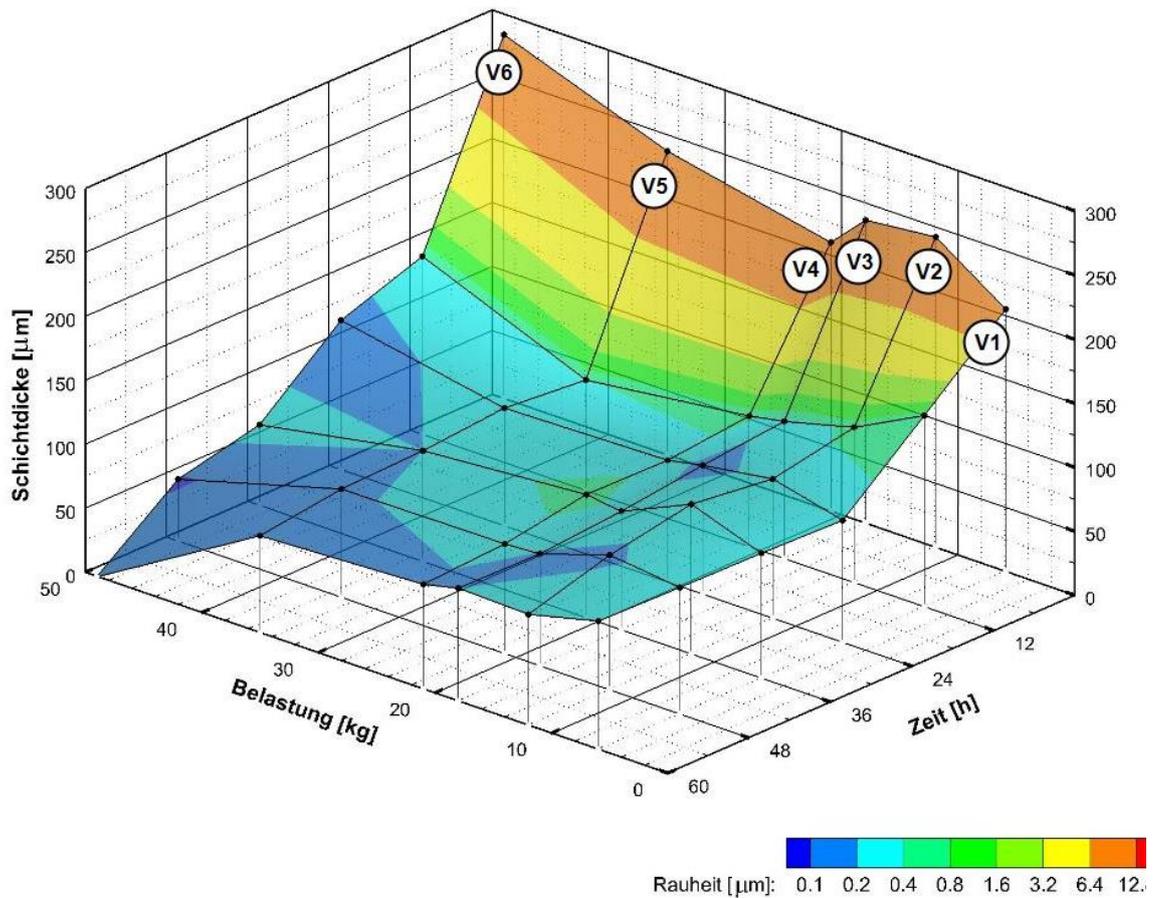


Abbildung 5-15: Zusammenfassung der Messergebnisse der Vorversuche

Dabei wurden nacheinander Versuche mit 6, 12, 18, 21, 35 und 49 kg durchgeführt.

Bei einer Belastung von 49 kg (V6 in Abbildung 5-15) wurde die Bedingung des vollkommenen Verschleißes erfüllt und es wurde 49 kg als Standardbelastung festgelegt.

Zu sehen ist in dieser Auswertung auch, dass zu Beginn der Versuche unabhängig von der Belastung die Schichtdicke und Rauheit stark abnimmt und es danach zu einer Stabilisierung kommt. Belastungen unter 35 kg haben in Bezug auf den Verlauf der Schichtdicke relativ wenig Einfluss auf das Ergebnis.

Aus Abbildung 5-15 ist auch ein Problem, das im Zuge der Vorversuche auftrat, gut zu erkennen. Dabei handelt es sich um eine stark schwankende Schichtdicke zu Beginn der Versuche. Diese Schwankung kann zum einen durch das handgeführte Beschichten der Bleche und zum anderen durch die Rauheit des Grundwerkstoffes erklärt werden. Die ungleiche Rauheit des Grundwerkstoffes kommt ebenfalls durch das handgeführte Verfahren beim Sandstrahlen vor dem Beschichten zu Stande. Diese Schwankung nahm,

wie in Kapitel 5.8.3 beschrieben, über das Auswerteverfahren ebenfalls Einfluss auf die Schichtdicke zu Beginn der Versuche.

Zuletzt wurde im Zuge der Vorversuche ein zweiter Versuch mit der Belastung von 49 kg durchgeführt, um die Wiederholbarkeit zu prüfen.

Abbildung 5-16 zeigt die Auswertung der beiden Versuche. Dabei wurde eine ausreichend gute Wiederholbarkeit des Versuches erzielt.

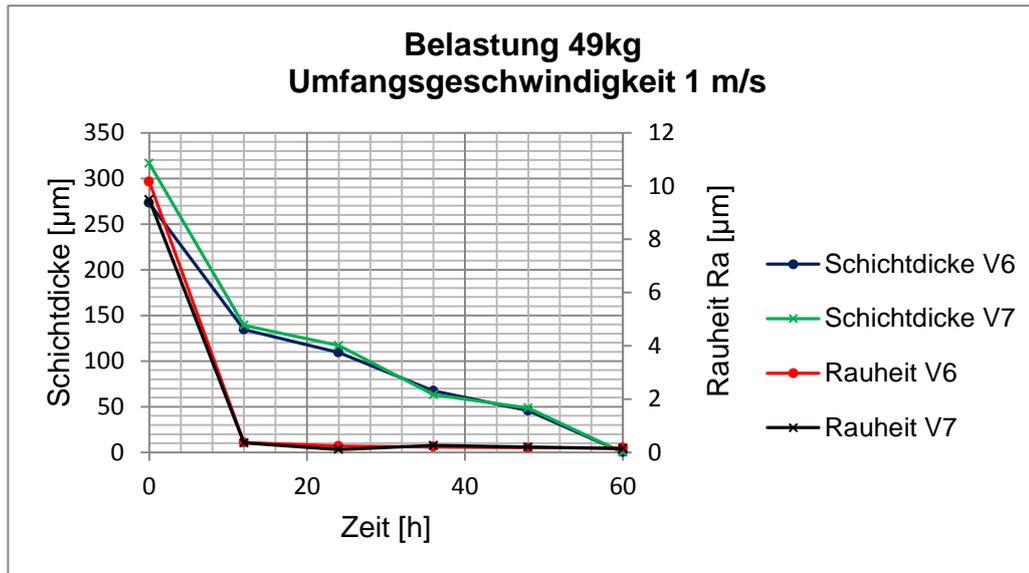


Abbildung 5-16: Wiederholbarkeit des Versuches

5.10 Festlegung der Standardprüfparameter

Aufgrund der Ergebnisse aus den Vorversuchen wurden für die folgenden Vergleichsversuche die Standardprüfparameter wie folgt festgelegt:

Für die Belastung wurde ein Wert von 49 kg und für die Umfangsgeschwindigkeit ein Wert von 1 m/s gewählt. In weiterer Folge wurden diese Parameter als Andritz AG Standard definiert. Alle weiteren Versuche wurden mit diesen Werten durchgeführt.

6 Ergebnisse

6.1 Beschichtung 1

Bei Beschichtung 1 handelt es sich um eine lichtbogengespritzte Beschichtung. Verwendet wird hierbei ein Spritzdraht des Unternehmens Sulzer. Die unternehmensinterne Bezeichnung lautet Metco 8625. Dabei handelt es sich um einen Massivdraht auf Nickelbasis mit einem Durchmesser von 1,6 mm.

Diese Beschichtung weist eine hohe Strukturintegrität und Dichte auf. Sie ist beständig gegen Oxidation und Heißgas-Korrosion. Der erhöhte Anteil an Chrom verbessert weiter die Korrosionsbeständigkeit bei hohen Temperaturen. [8]

Tabelle 6-1 zeigt die chemische Zusammensetzung des Spritzdrahtes.

Bezeichnung	Gewicht [%]			
	Ni	Cr	Mo	Nb+Ta
Metco 8625	Rest	21	9	4

Tabelle 6-1: Zusammensetzung Spritzdraht SULZER Metco 8625 [9]

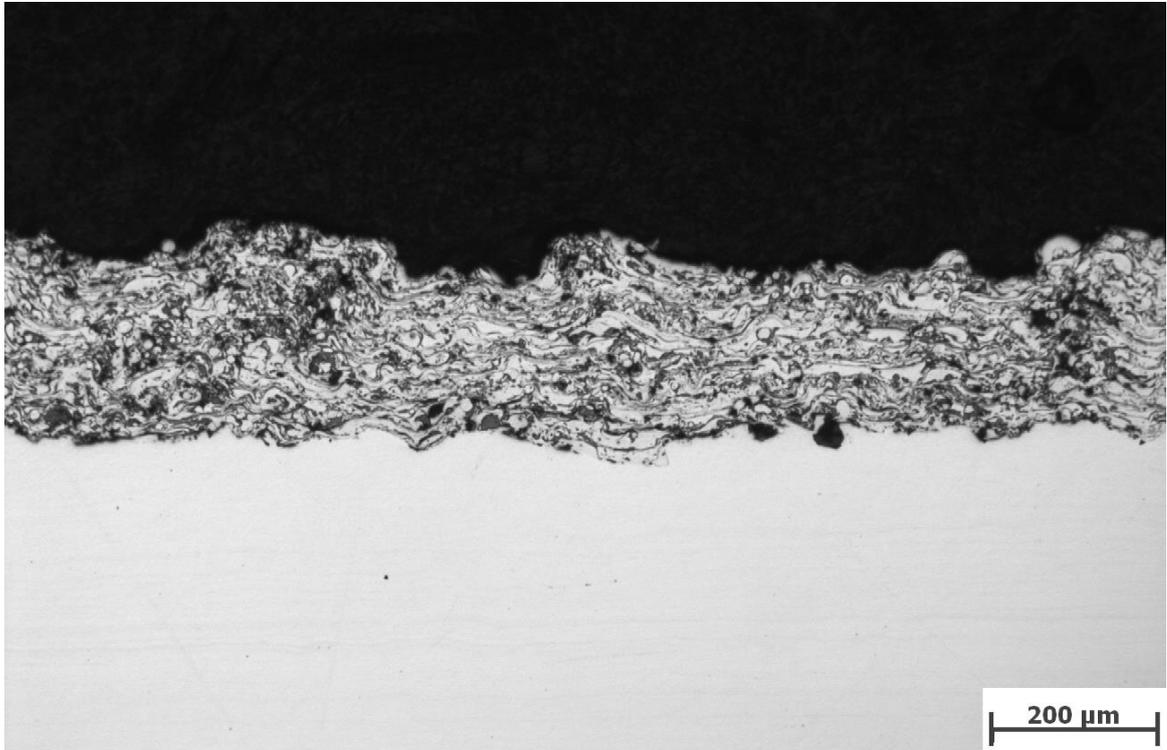
Typische Anwendungen für diese Beschichtung sind die Reparatur von Maschinenbauteilen, das Aufbringen als Haftschrift sowie das Aufbringen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit gegen Partikel-Erosion. [9]

Die Spritzparameter dieser Beschichtung können Tabelle 6-2 entnommen werden.

Vorwärmen	Gasversorgung		Energieversorgung		Spritzen	
Bauteiltemperatur [°C]	Gas	Druck [bar]	Strom [A]	Spannung [V]	Spritzabstand [mm]	Spritzgeschwindigkeit [m/min]
60 - 80	Luft	1,5-1,8	140-160	26-28	ca.100	30 - 60

Tabelle 6-2: Spritzparameter SULZER Metco 8625

Abbildung 6-3 zeigt einen Querschliff der mit ca. 200 µm Schichtdicke hergestellten Beschichtung. Diese wurde mittels handgeführtem Lichtbogenspritzens in der Andritz AG hergestellt. Die Kosten für die Herstellung dieser Beschichtung liegen inklusive Nachbearbeitung bei ca. 240 €/m² (Stand 15.10.2013).



Mikroskopvergrößerung: 100,0x; Bildbreite: 1394,54 µm

Bildname: verschleisstgo12u0386.jpg



Abbildung 6-3: Querschliff Beschichtung 1

Die Auswertung des Versuches zeigt Abbildung 6-4. Der starke Abfall der Rauheit in den ersten 12 Stunden kommt dabei durch das Abtragen der Spitzen der Beschichtung zu Stande. Auffällig war auch die hohe verfahrensbedingte Rauheit der Beschichtung zu Beginn des Versuches, die weit über den für den Einsatz geforderten Ra 5-8 μm lag. Dies bedeutet, dass eine solche Beschichtung nach dem Aufbringen unbedingt mechanisch nachbearbeitet werden muss, um die genauen Spezifikationen bezüglich der Rauheit zu gewährleisten.

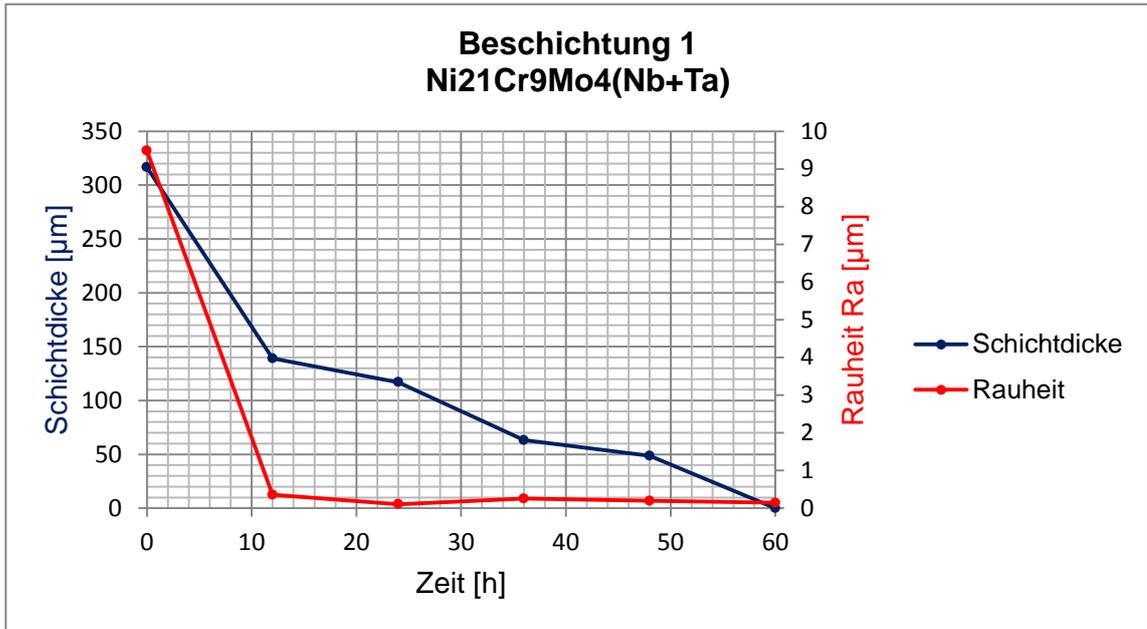


Abbildung 6-4: Auswertung Versuch Beschichtung 1

6.2 Beschichtung 2

Bei Beschichtung 2 handelt es sich um eine lichtbogengespritzte Beschichtung. Der verwendete Spritzdraht des Unternehmens Sulzer hat die unternehmensinterne Bezeichnung Metco 8297. Dabei handelt es sich um einen Fülldraht auf Eisenbasis mit einem Durchmesser von 1,6 mm.

Diese Beschichtung weist eine hohe Härte und eine teilweise amorphe Struktur auf. Das Wolframcarbid in der Beschichtung sorgt für eine Verbesserung der abrasiven Verschleißfestigkeit, während die amorphe Legierungsmatrix für eine gute Korrosionsbeständigkeit sorgt. [9]

Tabelle 6-5 zeigt die chemische Zusammensetzung des Spritzdrahtes.

Bezeichnung	Gewicht [%]						
	Fe	WC	Cr	TiC	Ni	B	Si
Metco 8297	Rest	26	13	6	6	2	1

Tabelle 6-5: Zusammensetzung Spritzdraht SULZER Metco 8297 [8]

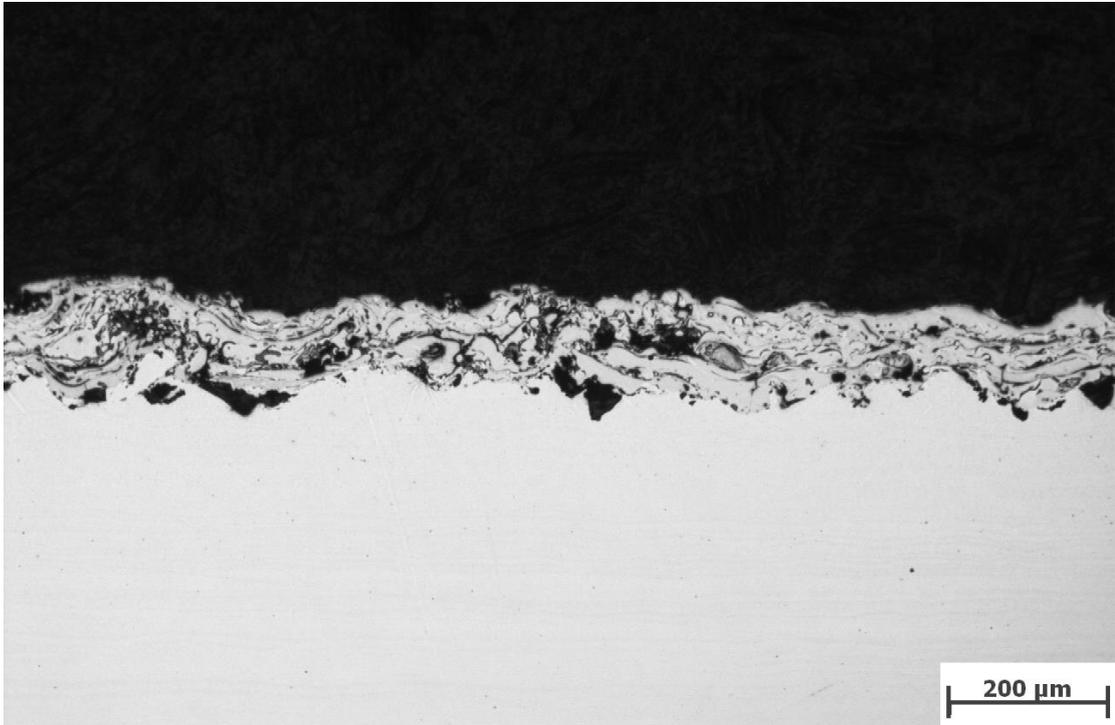
Die Beschichtung wird in der Schwerindustrie bei hohem Metall-Erde- und Metall-Metall-Gleitverschleiß eingesetzt. Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Beschichtung von Rotorblättern von Industrieventilatoren und Kesselrohren. [8]

Die Spritzparameter dieser Beschichtung können Tabelle 6-6 entnommen werden.

Vorwärmen	Gasversorgung		Energieversorgung		Spritzen	
Bauteiltemperatur [°C]	Gas	Druck [bar]	Strom [A]	Spannung [V]	Spritzabstand [mm]	Spritzgeschwindigkeit [m/min]
60 - 80	Luft	1,9-2,1	140-160	28-29	ca.100	30 - 60

Tabelle 6-6: Spritzparameter SULZER Metco 8297

In Abbildung 6-7 ist ein Querschliff durch eine ca. 200 µm dicke Beschichtung zu sehen, die in der Andritz AG mittels handgeführtem Lichtbogenspritzverfahren hergestellt wurde. Die Kosten für die Herstellung dieser Beschichtung liegen inklusive Nachbearbeitung bei ca. 220 €/m² (Stand 15.10.2013).



Mikroskopvergrößerung: 100,0x; Bildbreite: 1394,54 µm

Bildname: verschleisstgo12u0323.jpg



Abbildung 6-7: Querschliff Beschichtung 2

Abbildung 6-8 zeigt die Auswertung des Versuches. Zu sehen ist die wesentlich bessere Verschleißfestigkeit von Beschichtung 2 gegenüber Beschichtung 1. Des Weiteren konnte ein Erhalt der Rauheit festgestellt werden. Diese war mit etwas unter Ra 1 μm jedoch weit unter dem geforderten Wert von Ra 5-8 μm . Die Rauheit nach dem Beschichten war auch hier verfahrensbedingt an der oberen Grenze.

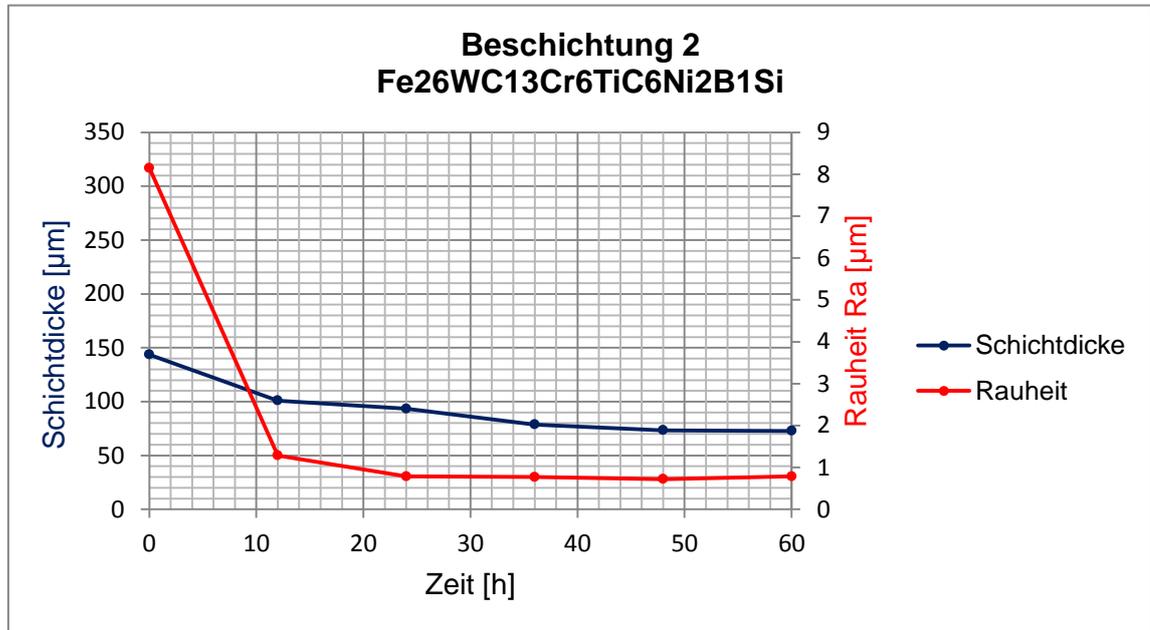


Abbildung 6-8: Auswertung Versuch Beschichtung 2

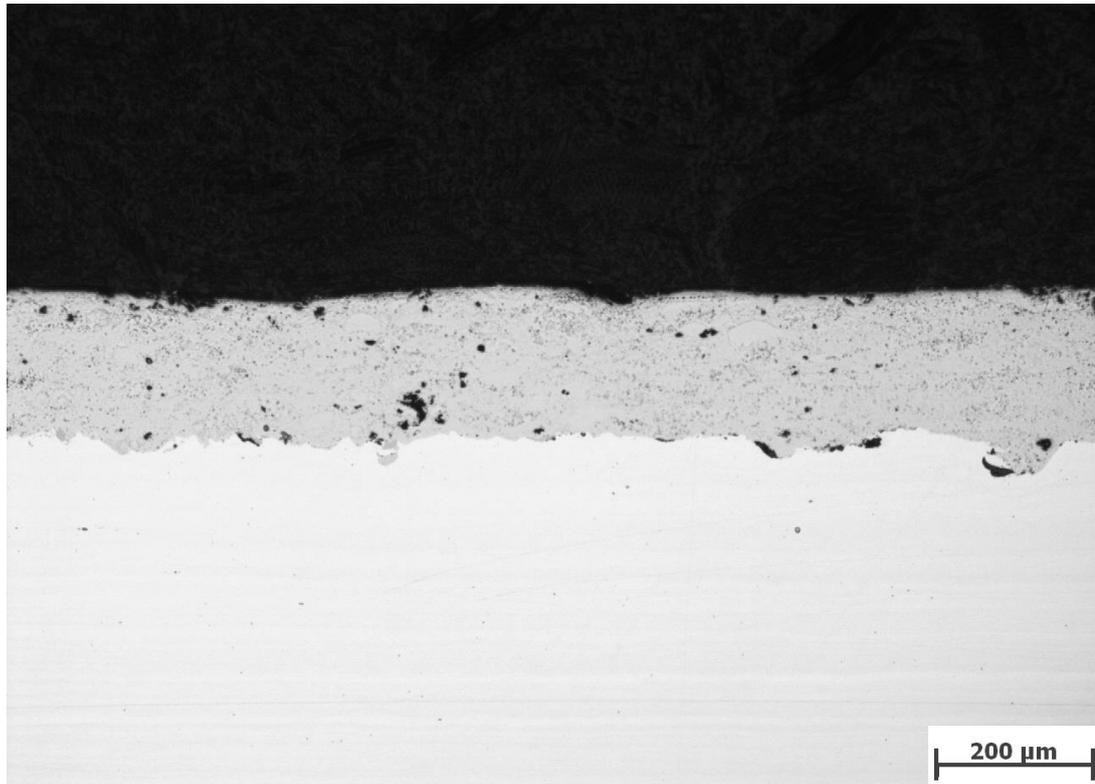
6.3 Beschichtung 3

Dabei handelt es sich um eine Beschichtung, die mittels Hochgeschwindigkeitsflammspritzen extern vom Unternehmen IMC Extrudertechnology GmbH hergestellt wird. Dabei wird die Beschichtung aus einem selbstfließenden Pulver auf Nickelbasis hergestellt. Die genaue Herstellerbezeichnung war aus Gründen der Geheimhaltung seitens des Unternehmens IMC Extrudertechnology GmbH nicht zu eruieren.

Zu den typischen Anwendungen dieser Art von Beschichtung gehören beispielsweise in der Öl-Industrie die Beschichtung von Pumpstangen, Bohrschlammumpen und Absperrventilen. In der Automotiveindustrie werden mit dieser Beschichtung unter anderem Ventilsitze, Bremsstrommeln, Kolbenringe und Schaltgabeln beschichtet. Weitere Anwendungen dieser Beschichtungen finden sich bei Schmiedewerkzeugen und Extrusionsdüsen. [10]

Die chemische Zusammensetzung des verwendeten Pulvers und die verwendeten Spritzparameter konnten aus Gründen der Geheimhaltung ebenfalls nicht eruiert werden. Es liegt hier die Vermutung nahe, dass ein speziell für das Unternehmen IMC Extrudertechnology GmbH hergestelltes Pulver verwendet wurde.

In Abbildung 6-9 ist ein Querschliff durch eine ca. 200 µm dicke Beschichtung zu sehen, die vollautomatisch mittel Hochgeschwindigkeitsflammspritzen vom Unternehmen IMC Extrudertechnology GmbH hergestellt und nachbearbeitet wird. Bei der Nachbearbeitung werden mittels eines Winkelschleifers und einer Spezialscheibe die Spitzen der Beschichtung gebrochen. Der Preis der Beschichtung bei einer Stärke von 200 µm liegt bei 420 €/m² (Stand 15.10.2013).



Mikroskopvergrößerung: 100,0x; Bildbreite: 1394,54 µm

Bildname: verschleisstgo12u0278.jpg



Abbildung 6-9: Querschliff Beschichtung 3

Die Auswertung des Versuches von Beschichtung 3 ist in Abbildung 6-10 zu sehen. Gegenüber Beschichtung 1 und 2 ist die sehr gute Verschleißbeständigkeit der Beschichtung 3 zu erkennen, die auf ihren verfahrensbedingten kompakten Schichtaufbau zurückzuführen ist. Auffällig ist ein sehr starker Effekt des Aufpolierens, der bei dieser Beschichtung besonders ausgeprägt zum Vorschein kommt. Die Beschichtung 3 war zu Beginn des Versuches von der Rauheit her am unteren Limit, was auf die mechanische Nachbearbeitung seitens des Lieferanten zurückzuführen ist.

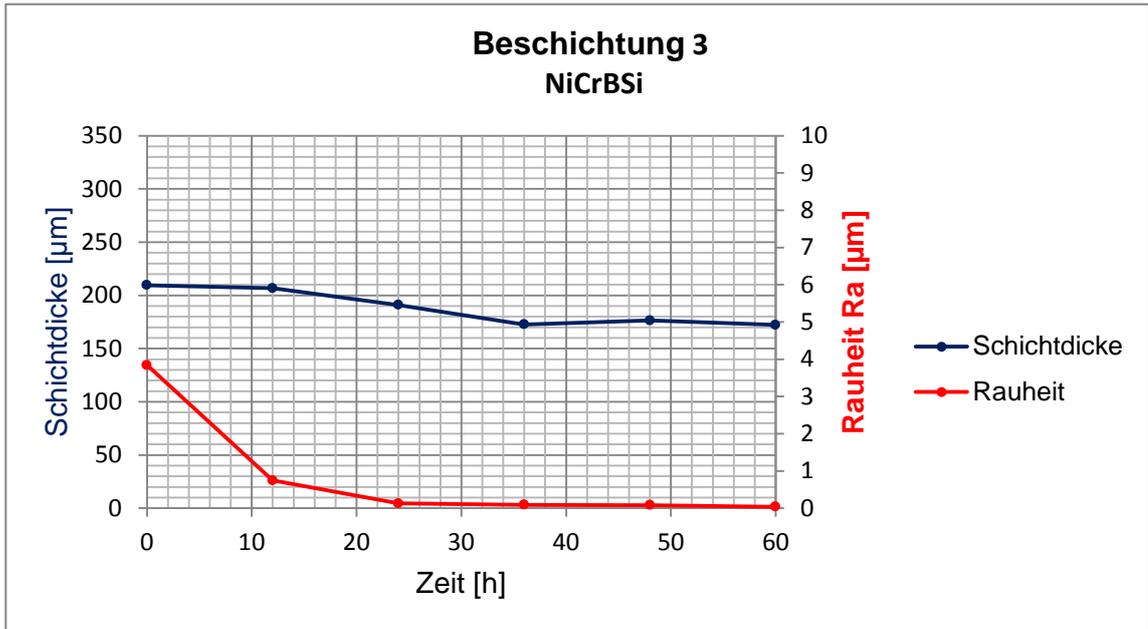


Abbildung 6-10: Auswertung Versuch Beschichtung 3

6.4 Beschichtung 4

Dabei handelt es sich um eine Beschichtung, die mittels Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, ebenso wie Beschichtung 3, extern vom Unternehmen IMC Extrudertechnology GmbH hergestellt wird.

Beim verwendeten Pulver handelt es sich um ein gesintertes das zu 85% aus Wolframcarbid als Hartphase und einer Kobalt-Chrom-Nickel - Matrix, die als Bindemittel für die Wolframcarbid-Partikel fungiert, besteht. Vorherrschend liegen die Partikel in diesem Pulver kugelförmig vor. [11]

Die genaue chemische Zusammensetzung des Pulvers der Woka 3600 Serie des Unternehmens Sulzer kann Tabelle 6-11 entnommen werden.

Bezeichnung	Gewicht [%]					
	W	Co	Cr	Ni	C (total)	Fe (max)
Woka 3600 Series	Rest	7,5-10,5	4,4-5,6	0,5-1,5	4,8-5,6	0,2

Tabelle 6-11: Zusammensetzung Pulver SULZER Woka 3600 Serie [11]

Einsatz findet diese Art von Beschichtung in Bereichen, in denen Korrosionsbeständigkeit und hohe Abriebfestigkeit erforderlich sind. Typische Anwendungen sind Rollen von Papiermaschinen, Förderbandrollen in der Bergbauindustrie, Pumpendichtungen, Kolbenringe bei Bohrschlamm-pumpen und Hydraulikkolben. Dabei ist die Korrosionsbeständigkeit vergleichbar mit galvanisch aufgetragenen Chromschichten. [11]

Wie bei Beschichtung 3 war es auch hier aus Gründen der Geheimhaltung seitens des Unternehmens IMC Extrudertechnology GmbH nicht möglich, die Spritzparameter zu eruieren.

In Abbildung 6-12 ist ein Querschliff durch eine ca. 200 µm dicke Beschichtung zu sehen, die vollautomatisch mittel Hochgeschwindigkeitsflammspritzen, ebenso wie Beschichtung 3, vom Unternehmen IMC Extrudertechnology GmbH hergestellt und nachbearbeitet wird. Auch hier werden bei der Nachbearbeitung mittels eines Winkelschleifers und einer Speziarscheibe die Spitzen der Beschichtung gebrochen. Der Preis der Beschichtung bei einer Stärke von 200 µm liegt bei 620 €/m² (Stand 15.10.2013).

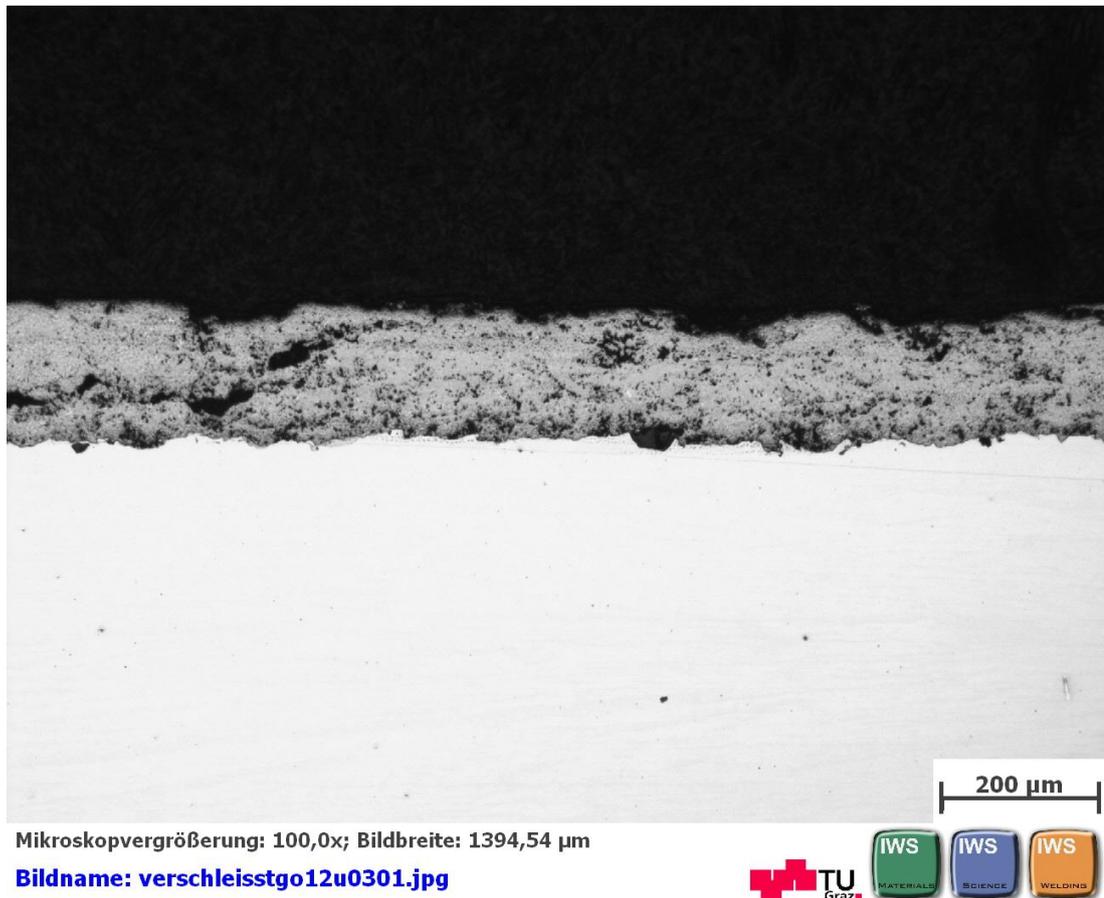


Abbildung 6-12: Querschliff Beschichtung 4

Wie in Abbildung 6-13 zu sehen ist, weist die Beschichtung 4 aufgrund ihres hohen Anteiles an Wolframcarbidge und des verfahrensbedingten kompakten Schichtaufbaus eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit auf. Als einzige der getesteten Beschichtungen wies die Beschichtung 4 eine Entwicklung der Oberfläche in Bezug auf ihre Rauheit auf, was sich in einem Anstieg der Rauheit zwischen Stunde 24 und 36 bemerkbar machte. Die erreichte Rauheit bleibt jedoch auch bei der Beschichtung 4 nie auf dem geforderten Niveau von Ra 5-8 μm . Auch bei dieser Beschichtung war die Rauheit zu Beginn der Versuche am unteren Limit, was ebenfalls auf die mechanische Nachbehandlung seitens des Lieferanten zurückzuführen ist.

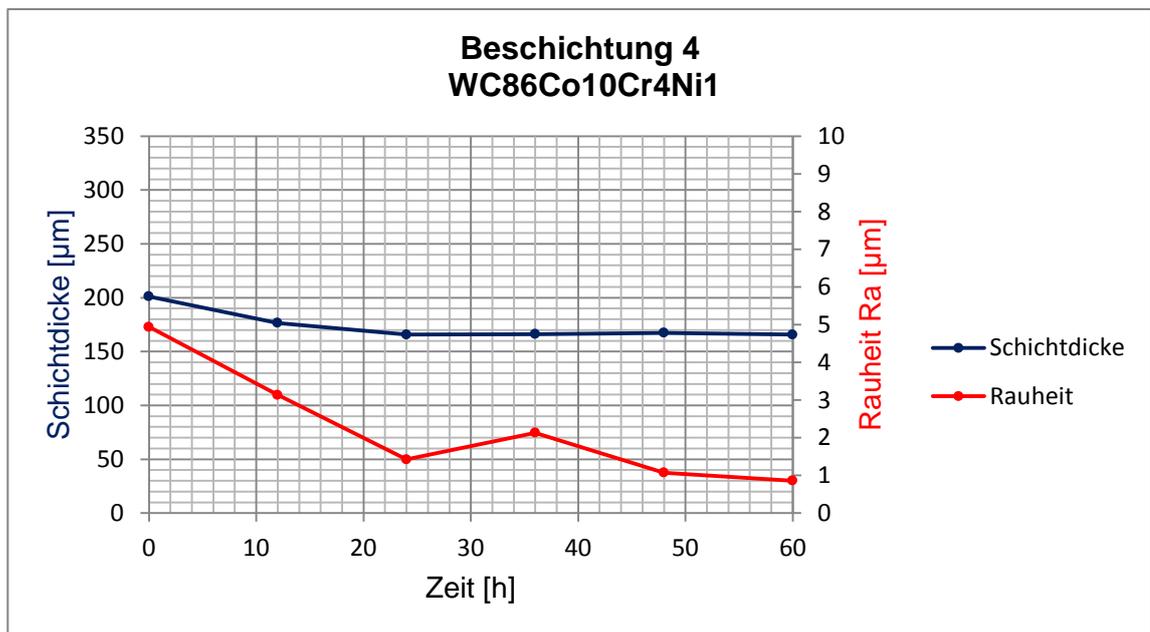


Abbildung 6-13: Auswertung Versuch Beschichtung 4

6.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Abbildung 6-14 zeigt die Entwicklung der Schichtdicken der einzelnen Beschichtungen über die Zeit. Dargestellt ist die Zusammenfassung der Ergebnisse aller vier Beschichtungen. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass Beschichtung 2 und Beschichtung 4 eine gute Verschleißfestigkeit aufweisen. In beiden Fällen zeichnet der hohe Anteil an Wolframcarbid in den Beschichtungen dafür verantwortlich. Auch Beschichtung 3 weist aufgrund ihres kompakten Schichtaufbaus eine gute Verschleißbeständigkeit auf.

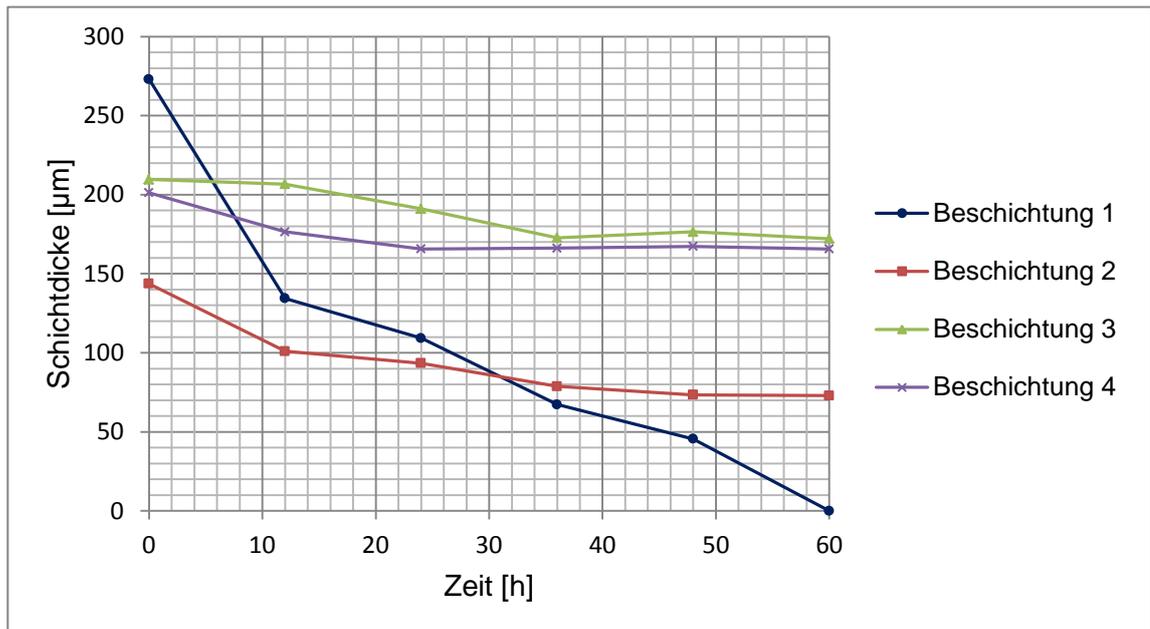


Abbildung 6-14: Entwicklung der Schichtdicken im Vergleich

Die Entwicklung der Rauheit der einzelnen Beschichtungen ist in Abbildung 6-15 dargestellt. Dabei fällt auf, dass Beschichtung 2 und Beschichtung 4 die einzigen sind, die nicht komplett aufpoliert werden. Dies ist auf den erhöhten Wolframcarbidgehalt zurückzuführen, der in diesen Beschichtungen enthalten ist. Überraschend schlecht schnitt bei der Entwicklung der Oberflächenrauheit Beschichtung 3 ab.

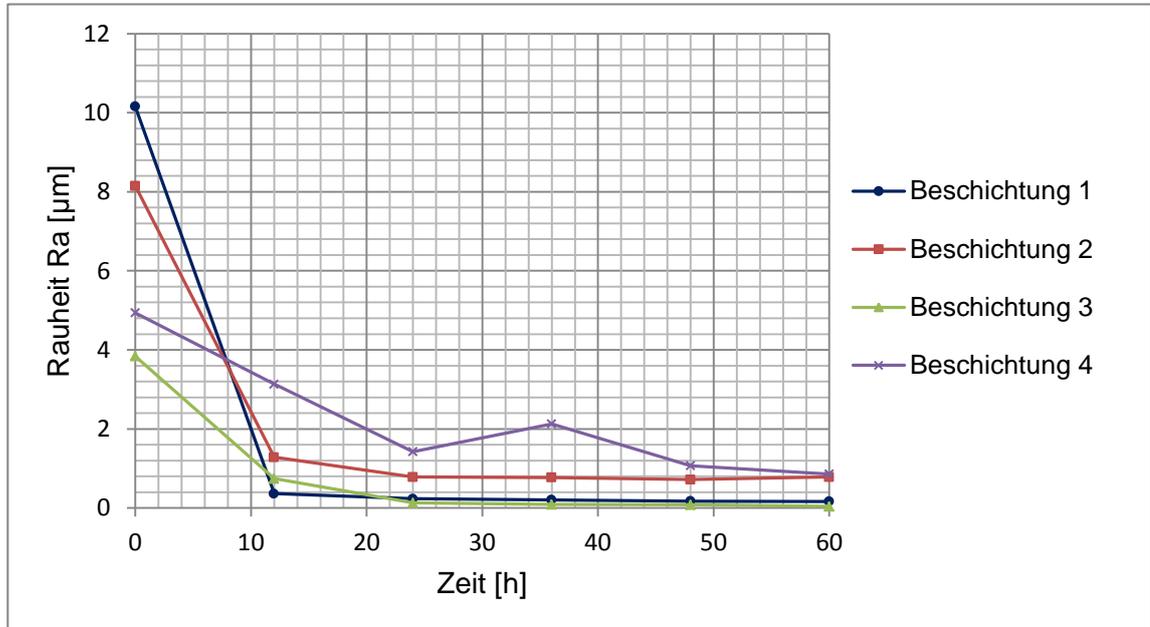


Abbildung 6-15: Entwicklung der Rauheit im Vergleich

7 Diskussion der Ergebnisse

Ziel war es, einen Vergleich zwischen den im Moment in den Faserschneckenpressen der Andritz AG zum Einsatz kommenden Beschichtungen anzustellen. Um diesen Vergleich durchführen zu können, wurden seitens der Andritz AG die folgenden vier Kriterien definiert.

1. Das erste Kriterium ist die Entwicklung der Rauheit, die aus technologischer Sicht das wichtigste Kriterium bei der Auswahl einer Beschichtung zum Einsatz in einer Faserschneckenpresse darstellt. Dieses Kriterium wird somit auch mit 40% am schwersten in der Nutzwertanalyse gewichtet, da die Rauheit der Oberfläche am Grundkörper der Schneckenwelle eine direkte Möglichkeit darstellt, die Effizienz der Schneckenpresse zu steigern, und zudem ohne Eingriff in die Konstruktion der übrigen Maschine umgesetzt werden kann.
2. Dem gegenüber steht als zweites Kriterium der Preis der Beschichtung, der aus wirtschaftlicher Sicht eine naturgemäß erhebliche Rolle spielt. Er wurde mit 15% gewichtet. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass es bei einer entsprechenden Steigerung der Effizienz unter Umständen sogar möglich ist, die Schneckenpresse kleiner zu dimensionieren, sodass trotz höherer Kosten für die Beschichtung eine Kosteneinsparung erzielt werden kann.
3. Als drittes Kriterium wird die Entwicklung der Schichtdicke der Beschichtung herangezogen. Die Entwicklung der Schichtdicke kann als ein Maß für die Einsatzdauer in der Schneckenpresse herangezogen werden. Dieses Kriterium wurde festgelegt, da ein Tausch der beschichteten Plattierungsbleche mit einem erheblichen Zeit- und damit auch finanziellen Aufwand verbunden ist. Dabei kann jedoch keine absolute Aussage über die Lebensdauer der Beschichtung getroffen werden. Dieses Kriterium wurde mit 30% in die Nutzwertanalyse aufgenommen.
4. Als letztes Kriterium wird die Herstellbarkeit definiert und ebenfalls mit 15% gewichtet. Die Herstellbarkeit wurde aufgenommen, da nicht alle Beschichtungen im Haus hergestellt werden können. Zudem werden hier die verfahrensbedingten Unterschiede bei einer möglichen nachträglichen Beschichtung der Schneckenwelle vor Ort mit in Betracht gezogen.

Um den Vergleich der geprüften Beschichtungen übersichtlich darzustellen, wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Das Ergebnis dieser Nutzwertanalyse zeigt Abbildung 7-1. Dabei werden pro Kriterium jeweils 1 bis 10 Punkte vergeben. Es wird dabei so

vorgegangen, dass 1 Punkt für nicht geeignet steht und 10 Punkte für sehr gut geeignet. Dabei führt keine Bewertung zu einem automatischen Ausscheiden.

Beschichtung Nr: Bezeichnung:		1 Metco 8625	2 Metco 8297	3 NiCrBSi	4 WCCoCrNi
	Gewichtung [%]				
Entwicklung der Rauheit	40	3	7	1	10
Preis der Beschichtung	15	9	10	5	1
Verschleißfestigkeit	30	1	7	10	10
Herstellung bei AAG	15	10	10	1	1
Ergebnis		4,4	7,9	4,3	7,3

Abbildung 7-1: Nutzwertanalyse

Auffällig ist das schlechte Abschneiden der Beschichtung 3, die sich derzeit in vielen Schneckenpressen, besonders am vorderen Teil der Schneckenwelle, im Einsatz befindet. Überraschend war hier der rasche Verlust der Rauheit und ein sehr starker Effekt des Aufpolierens.

Es stellte sich heraus, dass die Beschichtung 2 als einzige der lichtbogengespritzten Beschichtungen einen, wenn auch geringen, Erhalt der Rauheit aufwies. Der Erhalt der Rauheit liegt jedoch schon nach den ersten 12 Stunden des Versuches weit unter dem geforderten Wert von Ra 5-8 μm . Von den HVOF Beschichtungen war Beschichtung 4 diejenige, die einen gewissen Erhalt der Rauheit aufwies. Jedoch war auch hier die Rauheit schon nach 12 Stunden unter dem geforderten Niveau. Dabei ist das bessere Abschneiden dieser beiden Beschichtungen auf den erhöhten Gehalt an Wolframcarbide zurückzuführen.

Zudem wurde festgestellt, dass keine der getesteten Beschichtungen, weder die im Haus gefertigten, noch die zugelieferten, die laut Spezifikation geforderte Rauheit von Ra 5-8 μm zu Beginn der Versuche erfüllte. Dabei waren die zugelieferten Beschichtungen durchwegs zu glatt, während die im Haus selbst gespritzten Beschichtungen zu rau waren.

Die Versuche zeigten zudem auch, dass die HVOF gespritzten Beschichtungen eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit aufweisen.

Aus der Auswertung der Versuche kann geschlussfolgert werden, dass keine der getesteten Beschichtungen in der Lage ist, die geforderte Rauheit über einen längeren Zeitraum bzw. über die Versuchszeit von 60 Stunden zu halten. Da speziell im

Mitteldruckteil der Schneckenpresse das Aufpolieren ein Problem darstellt, wäre ein Ersatz von Beschichtung 3 durch Beschichtung 2 zu empfehlen, da diese weniger stark an Rauheit verliert und zudem in der Herstellung um einiges günstiger ist. Auch sollte mit dem Unternehmen IMC Extrudertechnology GmbH Rücksprache gehalten werden, um die Rauheit der von diesem Unternehmen gefertigten Beschichtungen bei Anlieferung mehr in Richtung der oberen Grenze von $Ra\ 8\ \mu m$ zu bringen. Dies sollte durch eine geringfügige Anpassung der Nachbearbeitung nach dem Beschichten möglich sein. Ebenfalls sollte der Versuch unternommen werden, die im Haus gefertigten Beschichtungen, im speziellen Beschichtung 2, über eine geänderte Nachbearbeitung von der Rauheit her in das geforderte Toleranzfenster zu bringen.

Bei verschleißkritischen Anwendungen, und hier speziell im Hochdruckbereich der Schneckenpresse, bietet der Einsatz von thermisch gespritzten Beschichtungen eine sehr gute Möglichkeit, die Lebensdauer der Schneckenwelle zu erhöhen und somit Standzeiten aufgrund reduzierter Reparaturarbeiten zu minimieren.

Bei Auslegung der Schneckenpresse bieten Bleche mit thermisch gespritzten Beschichtungen am Grundkörper der Schneckenwelle die Möglichkeit, mit einer genau definierten Rauheit kalkulieren zu können. Dies wiederum sorgt dafür, dass die dem Kunden zugesicherten Betriebsparameter zuverlässig eingehalten werden können. Die Versuche zeigen jedoch, dass diese Rauheit nur für eine relativ kurze Zeit gehalten werden kann.

8 Zusammenfassung

Im Fall der Faserschneckenpresse wird die Differenz zwischen theoretisch notwendiger Drehzahl und der im Betrieb gemessenen Drehzahl an der Schneckenwelle als Effizienz bezeichnet. Aufgrund der Co-Rotation des Zellstoffes in einer Faserschneckenpresse ergibt sich eine nicht unerhebliche Effizienzminderung der Schneckenpresse. Die theoretische Drehzahl wird dabei von der Geometrie der Schneckenwelle und hier im Speziellen vom Volumen des letzten Ganges bestimmt. Die Erhöhung der Drehzahl im Betrieb wird notwendig, da der Zellstoff aufgrund der Co-Rotation nicht mehr ausschließlich in axiale Richtung gefördert wird.

Um der Co-Rotation des Zellstoffes in der Faserschneckenpresse entgegen zu wirken, werden in der Andritz AG die Grundkörper der Schneckenwellen mittels Blechen, deren Oberfläche mit einer thermisch gespritzten Schicht mit einer definierten Rauheit versehen ist, plattiert. Die Rauheit der Beschichtung soll dabei das Anhaften des Zellstoffes verhindern und zudem über einen längeren Zeitraum erhalten bleiben.

Ziel dieser Arbeit war es, einen Prüfstand und ein Prüfverfahren zu entwickeln, mit dem sich das Verschleißverhalten von thermisch gespritzten Oberflächen untersuchen lässt. Im Speziellen war die Entwicklung der Oberflächenrauheit über die Zeit von Interesse.

Zu Beginn der Arbeit wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um einen Überblick über die im Moment geläufigen Testverfahren zu erhalten. Dabei stellte sich heraus, dass sämtliche standardisierte Verfahren aufgrund ihrer relativ kurzen Prüfdauer nicht dazu geeignet sind, eine Aussage über die Oberflächenentwicklung während des Prüfzyklus zu treffen. Da jedoch genau diese Entwicklung von Interesse ist, wurde beschlossen, ein eigenes Prüfverfahren samt dazugehörigem Prüfstand zu entwickeln.

Als Basis für die Konstruktion und Auslegung wurde ein bestehender Prüfstand zur Untersuchung der Reibverhältnisse zwischen Sieb und Walze bei Siebbandpressen herangezogen. Dieser wurde komplett überarbeitet und mit neuer Steuerung und neuem Mess-Equipment ausgerüstet.

Im Anschluss an die Inbetriebnahme des adaptierten Prüfstandes wurde eine Reihe von Vorversuchen durchgeführt. Zwei Parameter, die Rauheit und die Schichtdicke, wurden zur Bewertung der verschiedenen Beschichtungen festgelegt. Des Weiteren wurden zwei Abbruchkriterien für den Versuch definiert. Das Erste ist der vollständige Verschleiß der Beschichtung bis auf den Grundwerkstoffe, das Zweite ist ein Verschleiß der Prüfwalze.

Aufgrund der Ergebnisse aus den Vorversuchen wurden für die folgenden Vergleichsversuche die Standardprüfparameter festgelegt. Mit diesen Standardwerten wurden im Anschluss die vier im Moment in der Andritz AG im Bereich der Faserschneckenpressen eingesetzten Beschichtungen getestet.

Abschließend wurden die getesteten Beschichtungen anhand von vier vorher definierten Kriterien untereinander verglichen. Die Kriterien dabei waren: die Entwicklung der Rauheit über die Zeit, der Preis, die Verschleißfestigkeit und die Herstellbarkeit der Beschichtungen. Dabei wurden zwei wesentliche Dinge festgestellt. Zum einen waren die im Haus gespritzten Beschichtungen von ihrer Rauheit durchwegs zu rau, während die extern gefertigten Beschichtungen durchwegs zu glatt geliefert wurden. Zum anderen war keine der Beschichtungen in der Lage, die vorgegebene Rauheit von Ra 5-8 μm über den Versuchszeitraum von 60 Stunden zu halten.

Überraschend war im Zuge der Versuche das schlechte Abschneiden der NiCrBSi-Beschichtung, die im Moment in vielen Schneckenpressen der Andritz AG speziell im Nieder- und Mitteldruckteil eingesetzt wird. Diese Beschichtung wies speziell ein schlechtes Verhalten hinsichtlich des Aufpolierens auf und war nach kurzer Zeit extrem glatt, was ein Begünstigen der Co-Rotation des Zellstoffes in der Schneckenpresse, und somit eine Effizienzminderung, zur Folge hat. Die Ergebnisse der Versuche legen nahe, diese Beschichtung durch die im Haus gefertigte Metco 8297 zu ersetzen. Dabei muss darauf geachtet werden, die Beschichtung durch geeignete Nacharbeit in das geforderte Toleranzfenster der Rauheit von Ra 5-8 μm zu bringen.

Die Untersuchung der Schichtdicke über die Zeit, als Maß für die Verschleißfestigkeit der Beschichtungen, ergab, dass bei verschleißkritischen Anwendungen, und hier speziell im Hochdruckbereich der Schneckenpresse, der Einsatz von thermisch gespritzten Beschichtungen eine sehr gute Möglichkeit darstellt, die Lebensdauer der Schneckenwelle zu erhöhen. Somit können Standzeiten aufgrund von Reparaturarbeiten minimiert werden.

9 Vorschläge – Ausblick

Um eine genauere Aussage zum Thema Rauheitsentwicklung treffen zu können, müsste der zeitliche Abstand der Messpunkte weiter verringert werden. Dies wäre aber aufgrund der vorgegebenen Versuchsdauer und der begrenzten Anzahl an gleichzeitig zu prüfenden Proben nur mit einem massiven Mehraufwand zu bewerkstelligen.

Um den starken Abfall der Rauheit innerhalb der ersten 12 Stunden des Versuches genauer zu untersuchen, müssten Versuche gefahren werden, bei denen alle fünf Probenstreifen innerhalb der ersten 12 Stunden entnommen und ausgewertet werden. Diese verkürzte Prüfdauer würde auch die Möglichkeit bieten, den Einfluss der Prüfparameter auf das Ergebnis zu untersuchen.

Beschichtung 2 und Beschichtung 4 wiesen beide einen Erhalt der Rauheit über die Prüfdauer auf. Der Erhalt der Rauheit lag dabei jedoch auf einem zu niedrigen Niveau. Ein Ansatz, die Rauheit über die gesamte Prüfdauer anzuheben, wäre der Versuch, größere Wolframcarbid-Partikel in die Beschichtungen einzubringen. Eventuell würde ein Ausbrechen dieser größeren Partikel aus der Matrix die Rauheit auf das gewünschte Niveau heben.

Um eine noch prozessnähere Aussage zu erhalten, gäbe es die Möglichkeit, den Prüfstand so zu adaptieren, dass anstelle der Verschleißwalze eine Walze aus gepresstem Filz verwendet wird. Zusammen mit einer Suspension aus Zellstoff und Wasser könnte der Verschleiß in der Faserschneckenpresse noch genauer abgebildet werden. Zu bedenken ist jedoch, dass dies einen erheblichen Mehraufwand bedeuten würde, da beispielsweise die Parameter der Suspension Einfluss auf den Verschleiß nehmen würden. Des Weiteren ist anzunehmen, dass aufgrund des dabei erheblich geringer auftretenden Verschleißes die Prüfdauer massiv ansteigen würde.

Um die Auswertung zu verbessern und gleichmäßiger machen zu können, wäre es ratsam, die Proben einer einheitlichen und vor allem selbst durchgeführten Nachbehandlung nach dem Beschichten zu unterziehen, da die stark streuende Rauheit zu Beginn der Versuche zu einer gewissen Ungenauigkeit bzw. Unschärfe in der Auswertung der Versuche führte.

Da ein Vergleich der ausgewerteten Versuche mit im Betrieb befindlichen Schneckenpressen aufgrund der geringen Stillstandszeiten und des oftmals spärlichen Feedbacks der Kunden nur sehr schwer möglich ist, sollte angedacht werden, die

Schneckenwelle der Labormaschine zu beschichten. Dies würde die Möglichkeit bieten, wenn auch in kleinem Maßstab, die Versuchsergebnisse zu verifizieren.

Literaturverzeichnis

- [1] **Veronika, Riemer.** *SCP-MEPU Reibprüfstand*. Graz : Andritz AG, 2010.
- [2] **Herrmann, Heinz.** *Schneckenmaschinen in der Verfahrenstechnik*. Berlin : Springer-Verlag, 1972.
- [3] **T.H., Egenes.** *Studies on the continuous screw press dewatering process, as applied on low consistency papermaking pulps*. Trondheim : Universität von Trondheim, 1993. ISBN 8271195506.
- [4] **ANDITZ AG.** *Schneckenpressen – Präsentation*. Graz : s.n., 2009.
- [5] **Fr.-W. Bach, K. Möhwald, B. Drößler, L. Engl.** Technik und Potentiale des Versschleißschutzes mittels thermisch gespritzter Beschichtungen. [Hrsg.] WILEY-VCH Verlag GmbH. *Mat.-wiss. u. Werkstofftech.* 2005, No. 8.
- [6] **J.A. Hawk, R.D. Wilson, J.H. Tylczak, Ö.N. Dogan.** *Laboratory abrasive wear tests: investigation of test methods and alloy correlation*. USA : Elsevier Science S.A., 1999.
- [7] **ASTM, G65-04.** Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus. 2010.
- [8] http://www.sulzer.com/de/-/media/Documents/ProductsAndServices/Coating_Materials/Thermal_Spray/ProductInformation/Wires_Iron_Base/DSMTS_0068_0_WC_TiC_Fe_Amorphous_Wire.pdf. [Online]
[Zitat vom: 01. 10 2013.]
- [9] http://www.sulzer.com/de/-/media/Documents/ProductsAndServices/Coating_Materials/Thermal_Spray/ProductInformation/Wires_Nickel_Base/DSMTS_0052_4_NiCr_Wires.pdf. [Online]
[Zitat vom: 30. 09 2013.]
- [10] http://www.sulzer.com/de/-/media/Documents/ProductsAndServices/Coating_Materials/Thermal_Spray/ProductInformation/DSMTS_0026_2_Self_Fluxing.pdf. [Online]
[Zitat vom: 01. 10 2013.]
- [11] http://www.sulzer.com/de/-/media/Documents/ProductsAndServices/Coating_Materials/Thermal_Spray/ProductInformation/Tungsten_Carbide/DSMTS_0051_1_85WC9Co5Cr1NiAggSint.pdf. [Online]
[Zitat vom: 01. 10 2013.]
- [12] <http://www.ctiautomation.net/PDF/Lenze/Lenze-Helical-Gearboxes.pdf>. [Online]
[Zitat vom: 23. Juli 2012.]
- [13] http://web.lenze.com/lenze.com_en_active/images/Produktinformationen/Servoantriebe/Servo-Umrichter/Servo_Umrichter_9300/Katalog/deutsch/Katalog_Servo_Umrichter_9300_und_Servosystem_ECS.pdf;jsessionid=6707DAF3EB35FB63C81D582FCCBC3364. [Online]
[Zitat vom: 23. Juli 2012.]

- [14] <http://www.tecsis.de/filestore.aspx/ad933.pdf?pool=website&type=file&id=f85285c6-30b6-4c8c-87a3-034e2b6f1e33&lang=de&filetype=default>. [Online]
[Zitat vom: 23. Juli 2012.]
- [15] <http://www.bmcm.de/dld/um-ma-uni-8.0-de.pdf>. [Online]
[Zitat vom: 23. Juli 2012.]
- [16] http://www.linear-mech.com/pdfProdotti/CLA20_eng.pdf. [Online]
[Zitat vom: 23. Juli 2012.]
- [17] http://industrial.omron.at/de/products/catalogue/motion_and_drives/frequency_inverters/compact_solution/v1000/default.html. [Online]
[Zitat vom: 23. Juli 2012.]
- [18] http://www.balluff.com/media/DE_DE_367341.pdf. [Online]
[Zitat vom: 23. Juli 2012.]
- [19] <http://www.lenze.as/files/Produktkataloger%20Lenze/Servomotor%20MDXK%20katalog%20utdrag%20GB.pdf>. [Online]
[Zitat vom: 23. Juli 2012.]

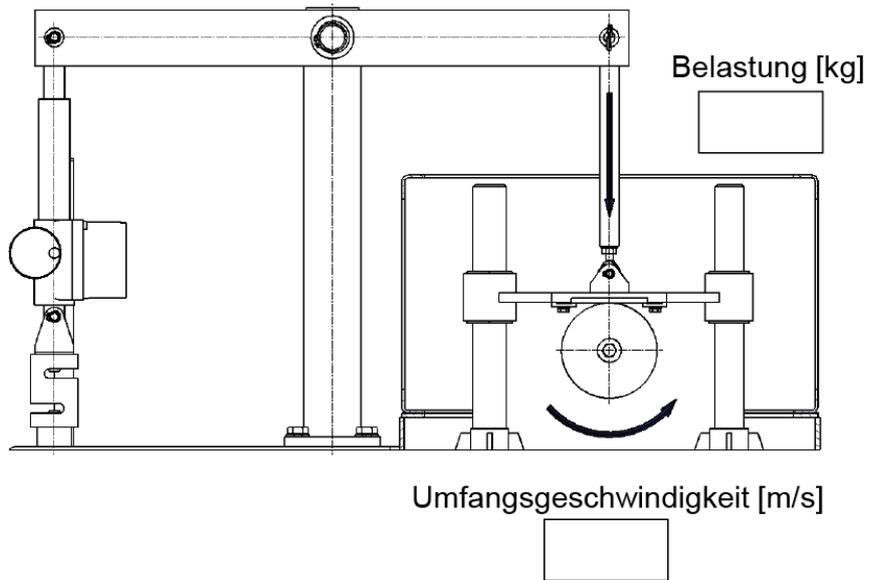
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1-1:	Schneckenwelle mit aufgebrauchten Beschichtungsblechen.....	10
Abbildung 2-1:	Stabseiher von 1935 [2]	13
Abbildung 2-2:	Moderner Siebkorb, geteilte Ausführung (Stand 2011)	14
Abbildung 2-3:	Einwellige Schneckenpresse OZ 30 für die Entlaugung von	15
Abbildung 2-4:	Einwellige seiherlose Abpressschnecke [2].....	15
Tabelle 2-5:	Einsatz von Schneckenpressen bei Stofftrennverfahren [2].....	17
Tabelle 2-6:	Hauptaufgaben von Schneckenpressen in der Papierindustrie [3].....	19
Abbildung 2-7:	Einteilung der thermischen Spritzverfahren, angelehnt an DIN EN 657 [5]	21
Abbildung 2-8:	Prinzip des thermischen Spritzens [5].....	22
Abbildung 2-9:	Entstehung einer thermisch gespritzten Schicht [5]	23
Abbildung 2-10:	Prinzip – Flammgespritzen [5]	24
Abbildung 2-11:	Prinzip – Hochgeschwindigkeitsflammspritzen [5].....	25
Abbildung 2-12:	Prinzip – Lichtbogenspritzen [5].....	25
Abbildung 2-13:	Prinzip – Plasmaspritzen [5].....	26
Abbildung 3-1:	Schematische Darstellung des DSRW Verschleißtests nach ASTM (G65-81) [7]	28
Abbildung 3-2:	Schematische Darstellung des POD Verschleißtests [6]	29
Abbildung 3-3:	Schematische Darstellung des Impeller-Tumbler Verschleißtests [6].....	30
Abbildung 4-1:	Versuchsprinzip des Verschleißprüfstandes.....	31
Abbildung 4-2:	Aufbau des alten Siebreibungsprüfstandes	33
Tabelle 4-3:	Beschreibung der wichtigsten Komponenten des Siebreibungsprüfstandes.....	33
Abbildung 4-4:	Prüfstand nach dem Umbau.....	34
Abbildung 4-5:	Aufpolierter Grundkörper einer Schneckenwelle.....	36
Abbildung 4-6:	Schleifflammenwalze und Polierwalze im Neuzustand (Ø 100 mm).....	36
Abbildung 4-7:	Schleifflammenwalze aus Schleifvlies und Polierwalze mit Verschleiß.....	37
Abbildung 4-8:	Führungshülsen mit Stellschrauben am Probenhalter	37
Abbildung 4-9:	Probenhalter mit Rundführungen	38
Abbildung 4-10:	Verschleißprüfstand der Andritz AG	39
Abbildung 4-11:	Reiter Einstellungen	40
Tabelle 4-12:	Beschreibung der Eingabefelder im Reiter Einstellungen.....	41
Abbildung 4-13:	Reiter Messwerte.....	42
Tabelle 4-14:	Beschreibung der Eingabefelder im Reiter Messwerte.....	42
Abbildung 4-15:	Reiter Regelung	43
Tabelle 4-16:	Beschreibung der Eingabefelder im Reiter Regelung.....	43
Abbildung 4-17:	Benutzeroberfläche.....	44
Tabelle 4-18:	Beschreibung der Tasten und Anzeigefelder auf der Benutzeroberfläche.....	45
Abbildung 5-1:	Wasserstrahlschneiden, Gravieren und Herausbrechen der Probenstreifen	48

Abbildung 5-2:	Abziehen der Walze mit Diamantwerkzeug vor dem Versuch	50
Abbildung 5-3:	diamantbeschichtete Schärflplatte.....	51
Abbildung 5-4:	angenommene zu erwartende Entwicklung der Rauheit	52
Abbildung 5-5:	Probenhalter mit eingelegten Probenstreifen.....	53
Abbildung 5-6:	Erhöhter Verschleiß an den Außenkanten der Außenproben	53
Abbildung 5-7:	Rauheitsmessung einer Probe.....	54
Abbildung 5-8:	Probenset nach dem Versuch	55
Abbildung 5-9:	Eingebettete Probe nach dem Schleifen und Polieren.....	55
Abbildung 5-10:	lichtmikroskopische Fotos zu Auswertung der Schichtdicke.....	56
Abbildung 5-11:	messtechnische Auswertung der Proben	57
Abbildung 5-12:	Auswertung der Rauheitsmessung vor den Versuchen V1 bis V6.....	58
Abbildung 5-13:	Auswertung der Schichtdicke im nicht verschlissenen Bereich.....	58
Abbildung 5-14:	Messergebnisse bei 6 kg Belastung und 1 m/s Umfangsgeschwindigkeit.....	60
Abbildung 5-15:	Zusammenfassung der Messergebnisse der Vorversuche	61
Abbildung 5-16:	Wiederholbarkeit des Versuches	62
Tabelle 6-1:	Zusammensetzung Spritzdraht SULZER Metco 8625 [9].....	63
Tabelle 6-2:	Spritzparameter SULZER Metco 8625	63
Abbildung 6-3:	Querschliff Beschichtung 1.....	64
Abbildung 6-4:	Auswertung Versuch Beschichtung 1.....	65
Tabelle 6-5:	Zusammensetzung Spritzdraht SULZER Metco 8297 [8].....	66
Tabelle 6-6:	Spritzparameter SULZER Metco 8297	66
Abbildung 6-7:	Querschliff Beschichtung 2.....	67
Abbildung 6-8:	Auswertung Versuch Beschichtung 2.....	68
Abbildung 6-9:	Querschliff Beschichtung 3.....	70
Abbildung 6-10:	Auswertung Versuch Beschichtung 3.....	71
Tabelle 6-11:	Zusammensetzung Pulver SULZER Woka 3600 Serie [11].....	72
Abbildung 6-12:	Querschliff Beschichtung 4.....	73
Abbildung 6-13:	Auswertung Versuch Beschichtung 4.....	74
Abbildung 6-14:	Entwicklung der Schichtdicken im Vergleich	75
Abbildung 6-15:	Entwicklung der Rauheit im Vergleich	76
Abbildung 7-1:	Nutzwertanalyse.....	78

Datenblätter zu SET Nummer

Versuchsparameter



Flüssigkeit im Probenbehälter

- keine
- Wasser
-

Walze

- SC 24 WMP
-

Anmerkungen

SET Parameter

SET Nummer

Beschichtungstyp

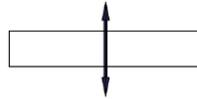
Grundwerkstoff

Beschichtungsrichtung

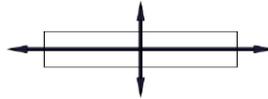
längs



quer



kreuzweise



Spitzen gebrochen

ja

nein

Versiegelung

ja

nein

Probenparameter

Auswertung

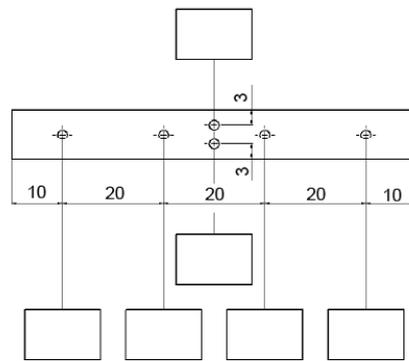
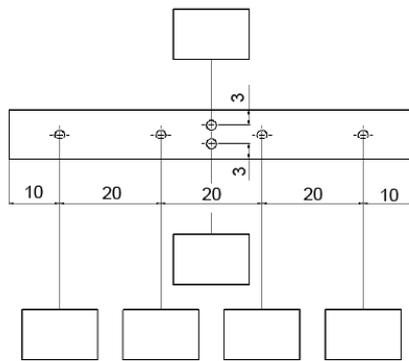
Datum

Probennummer

Laufzeit [h]

Rauheitsmessung Ra [μm]

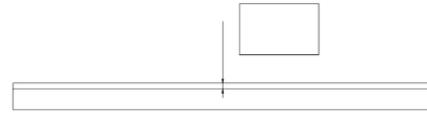
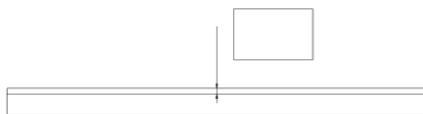
Rauheitsmessung Ra [μm]



Probengewicht [g]

Schichtdicke im Querschliff [μm]

min. Schichtdicke im Querschliff [μm]



Anmerkungen auf der Rückseite \longrightarrow

Probenparameter

Auswertung

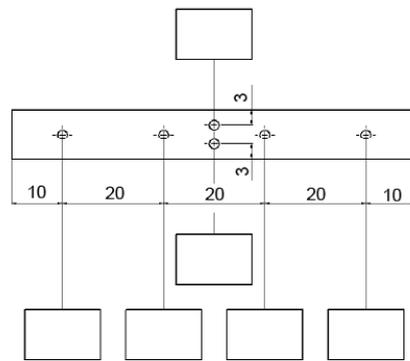
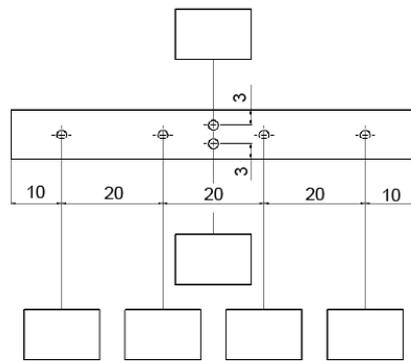
Datum

Probennummer

Laufzeit [h]

Rauheitsmessung Ra [μm]

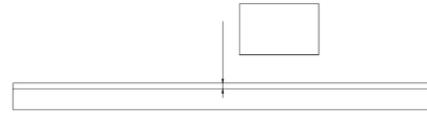
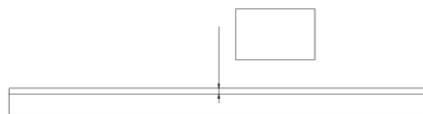
Rauheitsmessung Ra [μm]



Probengewicht [g]

Schichtdicke im Querschliff [μm]

min. Schichtdicke im Querschliff [μm]



Anmerkungen auf der Rückseite \longrightarrow

Probenparameter

Auswertung

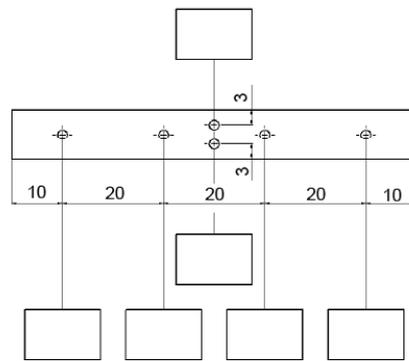
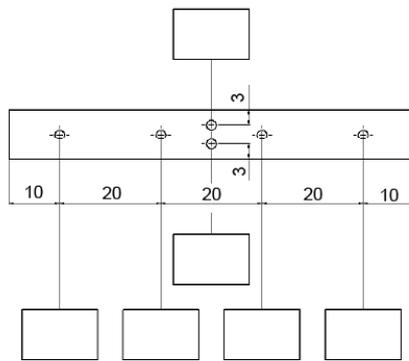
Datum

Probennummer

Laufzeit [h]

Rauheitsmessung Ra [μm]

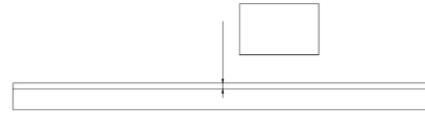
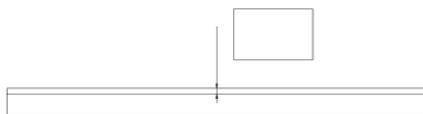
Rauheitsmessung Ra [μm]



Probengewicht [g]

Schichtdicke im Querschliff [μm]

min. Schichtdicke im Querschliff [μm]



Anmerkungen auf der Rückseite \longrightarrow

Probenparameter

Auswertung

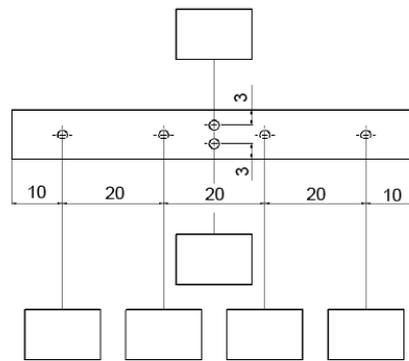
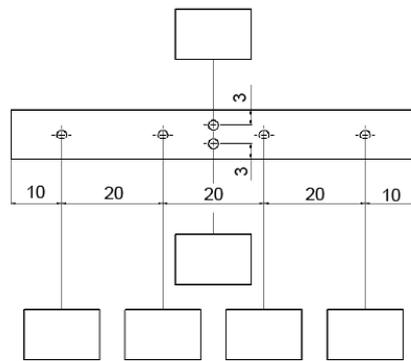
Datum

Probennummer

Laufzeit [h]

Rauheitsmessung Ra [μm]

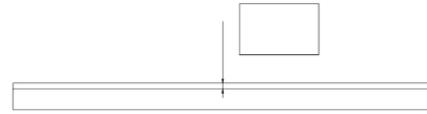
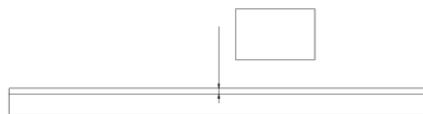
Rauheitsmessung Ra [μm]



Probengewicht [g]

Schichtdicke im Querschliff [μm]

min. Schichtdicke im Querschliff [μm]



Anmerkungen auf der Rückseite \longrightarrow

Probenparameter

Auswertung

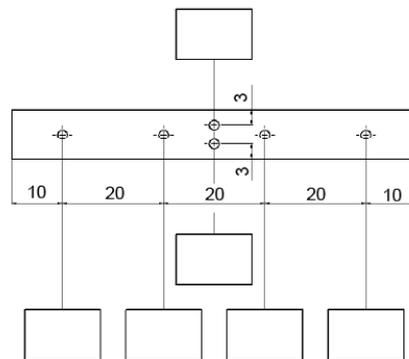
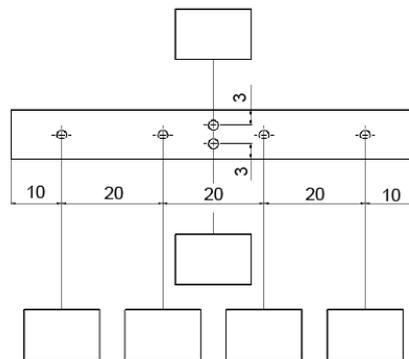
Datum

Probennummer

Laufzeit [h]

Rauheitsmessung Ra [μm]

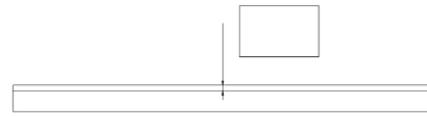
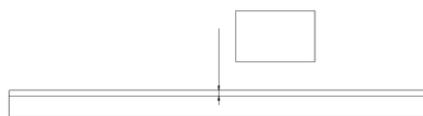
Rauheitsmessung Ra [μm]



Probengewicht [g]

Schichtdicke im Querschliff [μm]

min. Schichtdicke im Querschliff [μm]



Anmerkungen auf der Rückseite \longrightarrow



Servo-Umrichter 9300 Achsmodule

Bemessungsdaten Achsmodule

f Die Daten gelten für den Betrieb an 3/PE AC 400 V.
f Soweit nicht anders angegeben, beziehen sich die Daten auf die Werkseinstellung mit 8 kHz Schaltfrequenz.

→ Bemessungsdaten für Betrieb an 3/PE/AC 480 V
DS_GD_9300_0003
Downloaden unter www.lenze.de/dsc

					
Typ. Motorleistung (ASM, 4-polig)	P _N [kW]	0.37	0.75	1.5	3
Produktschlüssel		EVS9321-E □	EVS9322-E □	EVS9323-E □	EVS9324-E □
Netzspannungsbereich	U _{Netz} [V]	3/PE AC 320 V-0 % ... 528 V +0 %; 45 Hz-0 % ... 65 Hz +0 %			
Alternative DC-Einspeisung	U _{DC} [V]	DC 460-0 % ... 740 V+0 %			
Netzbemessungsstrom Mit Netzdrossel ¹⁾	I _{Netz} [A]	1.5	2.5	3.9	7
Ohne Netzdrossel ¹⁾	I _{Netz} [A]	2.1	3.5	5.5	-
Ausgangsbemessungsstrom 8 kHz	I _N [A]	1.5 / 1.05 ²⁾	2.5 / 1.75 ²⁾	3.9 / 2.7 ²⁾	7.0 / 4.9 ²⁾
16 kHz	I _N [A]	1.1 / 0.77 ²⁾	1.8 / 1.26 ²⁾	2.9 / 2.03 ²⁾	5.2 / 3.64 ²⁾
Max. Ausgangsstrom 8 kHz	I _{max} [A]	2.3	3.8	5.9	10.5
16 kHz	I _{max} [A]	1.65	2.7	4.35	7.8
Daten Bremschopper	P [kW]	11, abhängig vom externen Bremswiderstand			
Dauerbremsleistung	P _{BRmax} [kW]	25			
Spitzenbremsleistung					
Min. Bremswiderstand	R [Ohm]	27 ± 10%			
Verlustleistung	P _V [W]	100	110	140	200
Abmessungen					
Höhe	H [mm]			350	
Breite	B [mm]	78			97
Tiefe	T [mm]			250	
Tiefe „Cold Plate“	T [mm]			158	
Masse	m [kg]	4			5
Zulässige Länge der Motorleitung Geschirmt	l [m]	50			

¹⁾ Ohne Netzfilter

²⁾ Betriebsart Beschleunigungsantrieb: Die maximale Überstromdauer beträgt 10 s bei 50 s Grundlastdauer mit maximal 44% I_{Nx}.

→ Maßblätter Achsmodule
DS_MB_9300_0001
Downloaden unter www.lenze.de/dsc

→ Maßblätter Achsmodule „Cold Plate“
DS_MB_9300_0004
Downloaden unter www.lenze.de/dsc

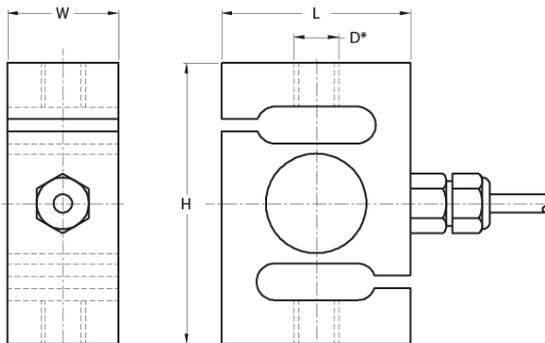


Technische Daten

Baureihe	F2270	Option
Nennkraft F_{nom}	100 / 200 / 500 / 1000 / 2000 / 3000 / 5000 kg	
Grenzkraft	200% F_{nom}	
Bruchkraft	> 300% F_{nom}	
zusammengesetzter Fehler	$\leq \pm 0,04\%$ v. EW.	$\leq \pm 0,02\%$ v.EW.
zulässige Schwingbreite	$\pm 70\%$ F_{nom} nach DIN 50100	
Kriechen, 30 min. bei F_{nom}	$\leq \pm 0,06\%$ v.EW.	$\leq \pm 0,016\%$ v.EW.
Nenntemperaturbereich	-10...+40°C	
Gebrauchstemperaturbereich	-40...+80°C	
Lagerungstemperatur	-40...+80°C	
Referenztemperatur	23 °C	
Temperatureinfluss		
- Kennwert	$\leq \pm 0,02\%$ v. EW. /10 K	$\leq \pm 0,010\%$ v. EW. /10 K
- Nullsignal	$\leq \pm 0,04\%$ v. EW. /10 K	$\leq \pm 0,011\%$ v. EW. /10 K
Schutzart (nach EN 60 529/ IEC 529)	IP 67	
Isolationswiderstand	> 2 GΩ	
Analogausgang		
- Ausgangssignal	2 mV/V	
- Brückenwiderstand	Eingang: 1.100 ± 50Ω Ausgang: 1.000 ± 2Ω	
- Kennwerttoleranz	$\leq \pm 0,1\%$ v. EW.	
- Nullsignal	$\leq \pm 5\%$ v.EW.	
- Hilfsenergie	5 ... 15 V	
- elektrischer Anschluss	Messkabel 6 m/4-Leiter	
Kapselung	Kunststoffverguss	
Kabellänge	6 m	
Material des Messkörpers	Edelstahl 17-4 PH (1.4548)	

v.EW. = vom Messbereichsentwert

Maßbilder



Elektrischer Anschluss	Anschlusskennung
Versorgung (-)	schwarz
Versorgung (+)	grün
Signal (+)	weiß
Signal (-)	rot
Schirmung	gelb

Messbereich (kg)	H	L	W	Gewinde D-M	UNF Gewinde D-U	UNF Gewinde D-H
100...500	76,2	49	30	M12 x 1,75	1/2-20	
1000	76,2	49	30	M16 x 2	1/2-20	5/8-18
2000	86,1	76,2	30	M16 x 2	5/8-18	
3000	88,7	88,7	40	M20 x 1,5	3/4-16	
5000	146	91,2	56,4	M24 x 2	1-12	

* 3 Gewinde-Versionen lieferbar: -M / -U / -H.
Abmessungen in mm.

Technische Änderungen vorbehalten.

AD933e

S. 2 / 2

1.1.2 Anwendungsbereiche

Die Einsatzbereiche des MA-UNI sind vielfältig. Direkt erfassbar sind die elektrischen Grundgrößen Spannung, Strom und Widerstand. Alle „mechanischen Größen“ können daraus abgeleitet werden.

Folgende Messverfahren werden vom MA-UNI angeboten:

- Spannung und Strom DC + AC
- Widerstandsmessung mit eingprägtem Strom
- Trägerfrequenzverfahren für induktive Aufnehmer
- DC-Generator für Widerstandsmessbrücken

Folgende Größen können mit einem geeigneten Sensor erfasst werden:

- Temperatur
- Weg, Winkel
- Druck, Kraft, Dehnung mit DMS (DC)
- Durchfluss, Schall
- Feuchte
- Helligkeit
- Beschleunigung, Geschwindigkeit

Zur reinen Signalanpassung leistet der Messverstärker wertvolle Hilfe als:

- Filter
- Vorverstärker
- Speisemodul für aktive Sensoren

1.1.3 Eckdaten

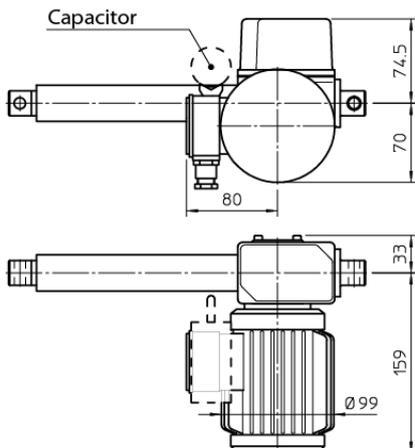
- galvanisch getrenntes 5B kompatibles Modul
- differenzieller Eingang
- 1000V DC/DC-Wandler und Optokoppler Isolationsspannung
- 240V AC-Eingangsschutz, kurzschlussfeste Ausgänge
- 6 Leitertechnik mit BMC Backplanes möglich (für DMS-Messungen)
- bis zu 10 Messbereiche
- 3 schaltbare Filtereckfrequenzen, 2 schaltbare Offsetbereiche
- Messklassengenauigkeit 0,1%



ACME SCREW LINEAR ACTUATOR

CLA 20

PERFORMANCES with AC 3-phase 50 Hz 230/400 V or 1-phase 50 Hz 230 V motor



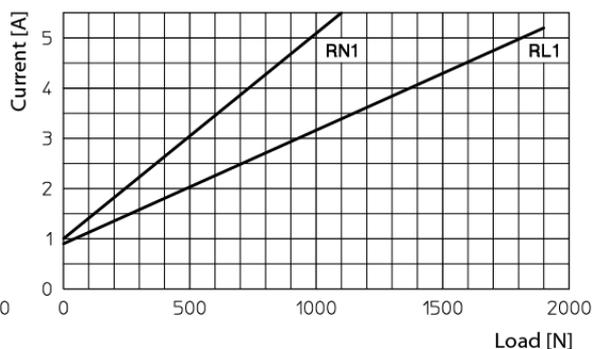
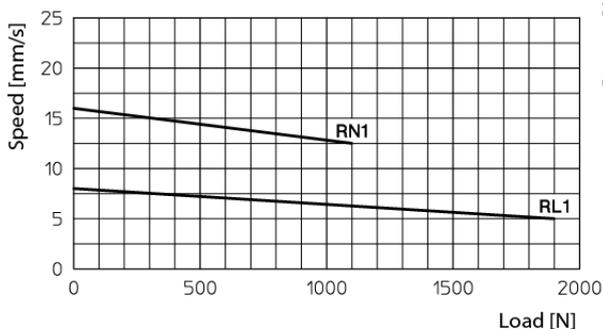
1-start acme screw Tr 13.5x3		
0.06 kW - 2 pole motor		
RATIO	LOAD [N]	SPEED [mm/s]
RN1	1500	11
RL1	2000	5.5

2-starts acme screw Tr 14x8 (P4)		
0.06 kW - 2 pole motor		
RATIO	LOAD [N]	SPEED [mm/s]
RN2	1000	30
RL2	1100	15

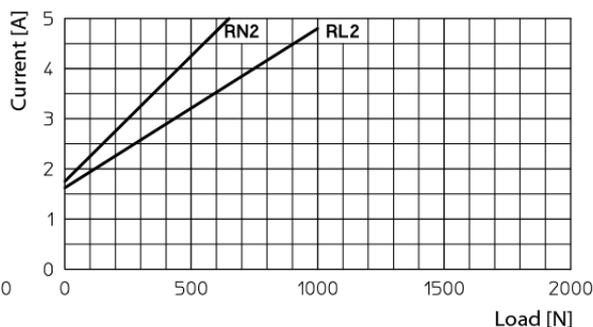
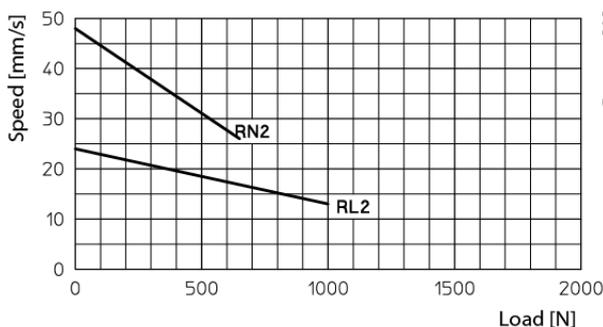
PERFORMANCES with 24 V DC motor

(Performances with 12 V DC motor: same load, linear speed 10 % less, electrical consumption 2 times more)

1-start acme screw Tr 13.5x3



2-starts acme screw Tr 14x8 (P4)



Self-locking conditions

Information about statically self-locking conditions with pull or push load on page 68.

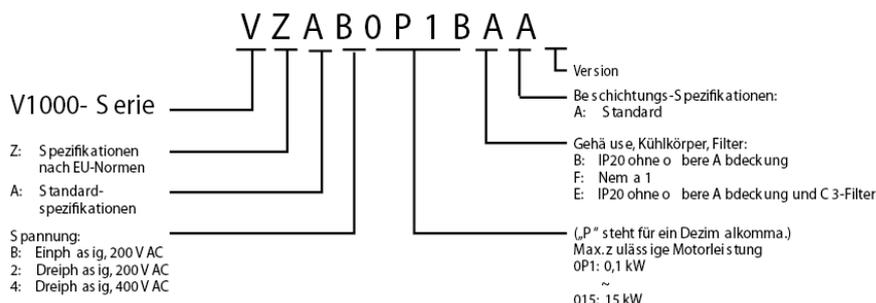
ORDERING CODE EXAMPLE

CLA 20	RL1	C200	CC 24 V	FC2	POR 5K			
Actuator	Selected ratio	Required stroke	Motor	Stroke end switches	Accessories		Options	



Technische Daten

Produktbezeichnung



200-V-Klasse

		Einphasig: VZ- @	B0P1	B0P2	B0P4	B0P7	B1P5	B2P2	B4P0 ¹	-	-	-	-
Motor (kW) ²	Dreiphasig: VZ- @		20P1	20P2	20P4	20P7	21P5	22P2	24P0	25P5	27P5	2011	2015
	Bei HD-Einstellung		0,12	0,25	0,4	1,1	1,5	2,2	4,0	5,5	7,5	11	15
	Bei ND-Einstellung		0,18	0,37	0,55	1,1	2,2	3,0	5,5	7,5	11	15	18,5
Ausgangs-spezifikationen	Leistung des Frequenzumrichters kVA		0,3	0,6	1,1	1,9	3,0	4,2	6,7	9,5	13	18	23
	Ausgangs-nennstrom (A) bei HD		0,8	1,6	3,0	5,0	8,0	11,0	17,5	25,0	33,0	47,0	60,0
	Ausgangs-nennstrom (A) bei ND		1,2	1,9	3,5	6,0	9,6	12,0	19,6	30,0	40,0	56,0	69,0
	Max. Ausgangsspannung	Proportional zur Eingangsspannung: 0 bis 240 V											
Spannungs-versorgung	Max. Ausgangsfrequenz	400 Hz											
	Nenn-eingangsspannung und -frequenz	1 Phase, 200 bis 240 V, 50/60 Hz 3 Phasen, 200 bis 240 V, 50/60 Hz											
	Zulässige Spannungsschwankung	-15 % bis +10 %											
	Zulässige Frequenzschwankung	+5 %											

- Für dieses Modell ist nur die Einstellung für „Starke Beanspruchung“ verfügbar.
- Die Angabe für die max. zulässige Motorleistung gilt für einen vierpoligen Standardmotor:
Betriebsart "Starke Beanspruchung" (HD) mit 150 % Überlastbarkeit
Betriebsart "Normale Beanspruchung" (ND) mit 120 % Überlastbarkeit

400-V-Klasse

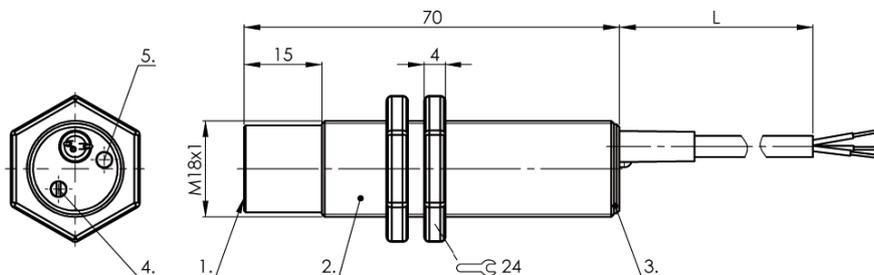
		Dreiphasig: VZ- @	40P2	40P4	40P7	41P5	42P2	43P0	44P0	45P5	47P5	4011	4015
Motor (kW) ¹	Bei HD-Einstellung		0,37	0,55	1,1	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11	15
	Bei ND-Einstellung		0,37	0,75	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11	15	18,5
	Leistung des Frequenzumrichters kVA		0,9	1,4	2,6	3,7	4,2	5,5	7,2	9,2	14,8	18	24
Ausgangs-spezifikationen	Ausgangs-nennstrom (A) bei HD		1,2	1,8	3,4	4,8	5,5	7,2	9,2	14,8	18,0	24	31
	Ausgangs-nennstrom (A) bei ND		1,2	2,1	4,1	5,4	6,9	8,8	11,1	17,5	23	31	38
	Max. Ausgangsspannung	0 bis 480 V (proportional zur Eingangsspannung)											
	Max. Ausgangsfrequenz	400 Hz											
Spannungs-versorgung	Nenn-eingangsspannung und -frequenz	3 Phasen, 380 bis 480 V AC, 50/60 Hz											
	Zulässige Spannungsschwankung	-15 % bis +10 %											
	Zulässige Frequenzschwankung	+5 %											

- Die Angabe für die max. zulässige Motorleistung gilt für einen vierpoligen Standardmotor:
Betriebsart "Starke Beanspruchung" (HD) mit 150 % Überlastbarkeit
Betriebsart "Normale Beanspruchung" (ND) mit 120 % Überlastbarkeit

BCS M18VV11-POCFAG-DV02
Bestellcode: BCS007P
M18

Kabel, PVC
 PNP, Öffner (NC)

BALLUFF
sensors worldwide



Kenndaten

Technologie Smartlevel
 Kurzschlusschutz ja
 Schutzart nach IEC 60529 IP66/IP64 am Kabelausgang
 Vertauschmögl. geschützt ja
 Baureihe Füllstandssensor

Elektrische Daten

Ausgangsfunktion PNP, Öffner (NC)
 Schaltausgang/Schaltfunktion PNP/Normally closed (NC)
 Betriebsspannung
 Anschlussart Kabel
 Bemessungsbetriebsstrom Ie 300 mA
 Elektrische Ausführung DC, Gleichspannung
 Gebrauchskategorie DC 13
 Leerlaufstrom I₀ bedämpft 20 mA
 Restwelligkeit max. (% von U_e) 10 %
 Schaltausgang PNP
 Schaltfunktion Öffner (NC)
 Schaltfrequenz f max. 2 Hz
 Spannungsfall statisch max. 1,8 V
 Funktionsprinzip kapazitiv

Mechanische Daten

Baugröße M18x1.0
 Gehäusewerkstoff PVC
 Anzahl der Leiter 3

Anzugsdrehmoment

Durchmesser d1 1 Nm
 Befestigungslänge M18x1.0
 Leiterquerschnitt 50 mm
 Mechanische Einbaubedingung 0,25 mm²
 Umgebungstemperatur nichtbündig
 Werkstoff aktive Fläche -10...60 °C
 Werkstoff Gehäuse PVC
 Werkstoff Kabelmantel PVC
 Werkstoff Deckel PBT

Grunddaten

Grundnorm IEC 60947-5-2

Bemerkungen

Hinweise für den Gebrauch Standardanwendungen bei wasserartigen Medien:
 Die Smart Level Sensoren sind für Standardanwendungen ab Werk justiert. Mit dieser Einstellung eignen sich die Smart Level Sensoren ohne weitere Justierung zur Erfassung von wasserartigen Medien durch Glas- oder Kunststoffwandungen hindurch. Die ab Werk Einstellung kann automatisch Glas- oder Kunststoffwandungen (ca. 0,5 mm bis 6 mm) ausblenden und kompensiert Schaum-, Feuchtigkeits- und Schmutzanhaftungen in weiten Grenzen innen und außen am Behälter. Sonderanwendungen: Die Smart Level Sensoren können auch bei wasserartigen Medien in bisher nicht lösbaren und kritischen Applikationen wie z.B. bei Glas- oder Kunststoffwandungen größer 6 mm, eingesetzt werden. Hierzu kann die ab Werk Justierung vom Anwender verändert werden.
 Lieferumfang 2 Muttern

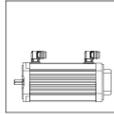


Begriffserklärungen siehe Hauptkatalog.

Änderungen vorbehalten.

Internet : www.balluff.com
 Balluff Germany : +49 (0) 7158 173-0, 173-370
 Balluff USA : 1-800-543-8390
 Balluff China : +86 (0) 21-50 644131

1 (2)
 Druckdatum: 19.06.2012
 Selektionsdatum: 19.06.2012



Selection

Rated data

Asynchronous servo motors series MDSKA / MDFKA (surface ventilated)

Motor type	h [mm]	n_{rated} [min ⁻¹]	M_{rated} [Nm]	P_{rated} [kW]	V_{rated} 3~ [V]	I_{rated} [A]	M_0 [Nm]	I_0 [A]	$M_{max}^{6)}$ [Nm]	$n_{rated\ max}$ [min ⁻¹]	f_{rated} [Hz]	cos φ_N	$J^1)$ [kgcm ²]	$m^1)$ [kg]	Gearbox connection corresponds to standard motor ³⁾
self cooled															
MDSKA 056-22, 140	51	3950	2.0	0.8	390	2.4	2.3	2.55	10	8000	140	0.70	2.4	6.4	071, C105
MDSKA 071-22, 140	65	4050	4.0	1.7	390	4.4	4.6	4.6	32	8000	140	0.76	8.3	10.4	080, C160
MDSKA 080-22, 70	71	2000	6.7	1.4	390	3.3	8.0	3.85	60	8000	70	0.75	19.2	15.1	090, C160
MDSKA 080-22, 140		4100	5.4	2.3	390	5.8	8.0	7.7	60	8000	140	0.75			
MDSKA 090-22, 80	83	2300	10.8	2.6	390	5.5	12.8	6.0	100	8000	80	0.81	36	22.9	090, C160
MDSKA 090-22, 140		4110	9.5	4.1	350	10.2	12.8	12.0	100	8000	140	0.80			
MDSKA 100-22, 80	96	2340	16.3	4.0	390	8.2	22.5	9.85	180	8000	80	0.80	72	44.7	112, C160
MDSKA 100-22, 140		4150	12.0	5.2	330	14.0	22.5	19.7	180	8000	140	0.78			
MDSKA 112-22, 85	107	2490	24.6	6.4	390	13.5	39	15.9	300	8000	85	0.83	180	60	132, A300
MDSKA 112-22, 140		4160	17.0	7.4	320	19.8	39	31.8	300	8000	140	0.80			
with separate fan															
MDFKA 071-22, 120	65	3410	6.3	2.2	390	6.0	7.0	6.3	32	8000	120	0.75	8.3	12.0	080, C160
MDFKA 080-22, 60	71	1635	12.0	2.1	390	4.8	13.5	5.25	60	8000	60	0.81	19.2	16.9	090, C160
MDFKA 080-22, 120		3455	10.8	3.9	390	9.1	13.5	10.5	60	8000	120	0.80			
MDFKA 090-22, 60	83	1680	21.5	3.8	390	8.5	23.9	9.05	100	8000	60	0.80	36	25.5	090, C160
MDFKA 090-22, 120		3480	19.0	6.9	390	15.8	23.9	18.1	100	8000	120	0.80			
MDFKA 100-22, 60	96	1700	36.3	6.4	390	13.9	40.0	15.4	180	8000	60	0.83	72	48.2	112, C160
MDFKA 100-22, 120		3510	36.0	13.2	390	28.7	40.0	30.8	180	8000	120	0.80			
MDFKA 112-22, 60	107	1710	61.4	11.0	390	22.5	75	25.8	300	8000	60	0.85	180	63.5	132, A300
MDFKA 112-22, 120		3520	55.0	20.3	390	42.5	75	49.5	300	8000	120	0.80			

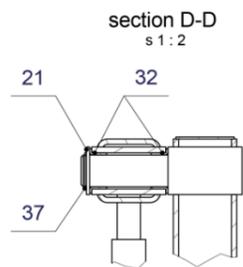
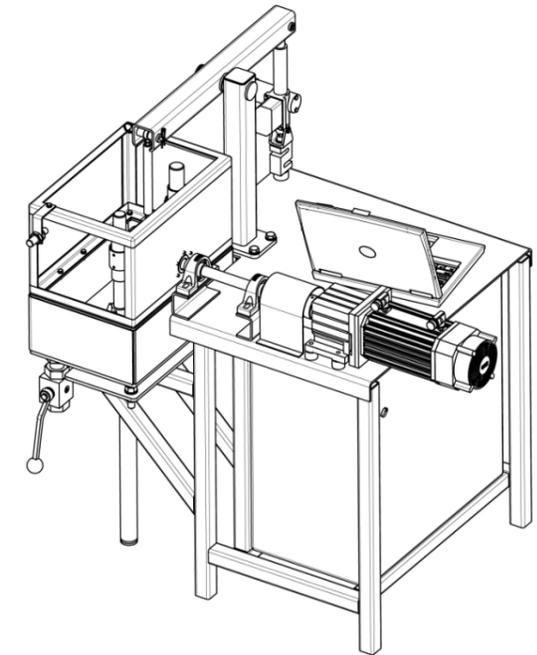
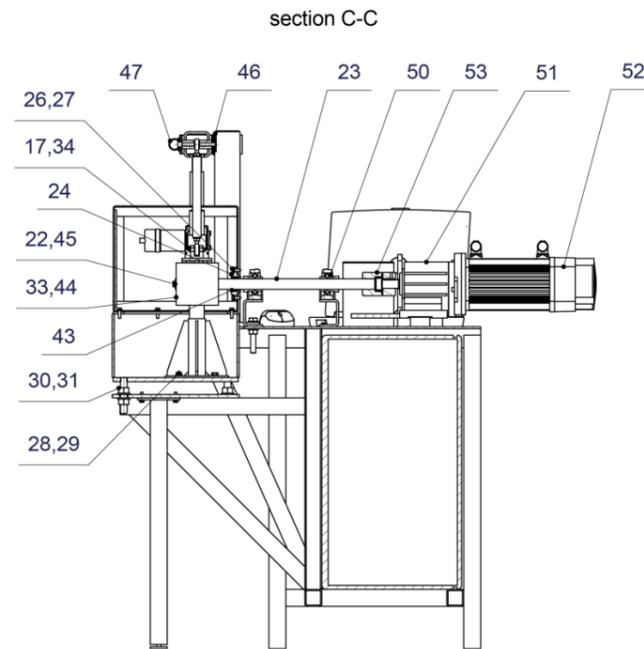
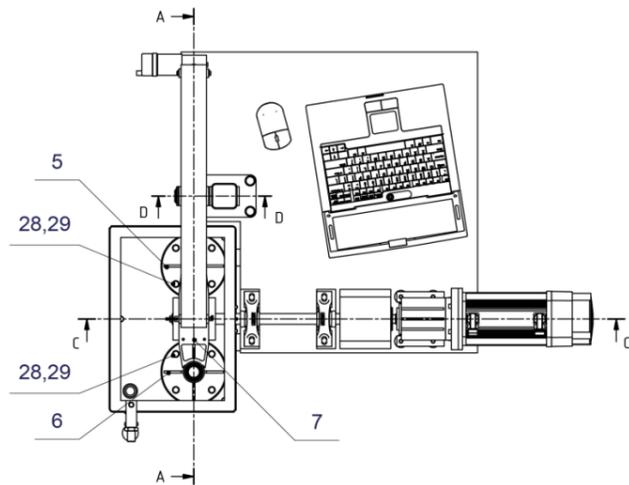
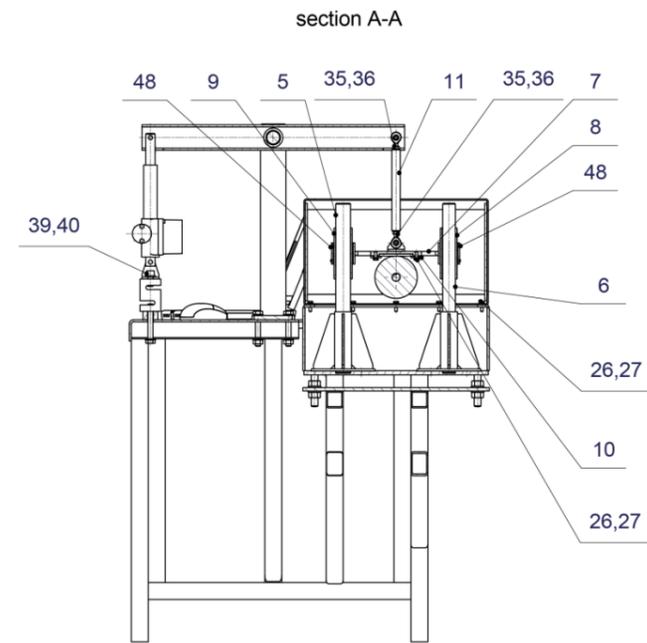
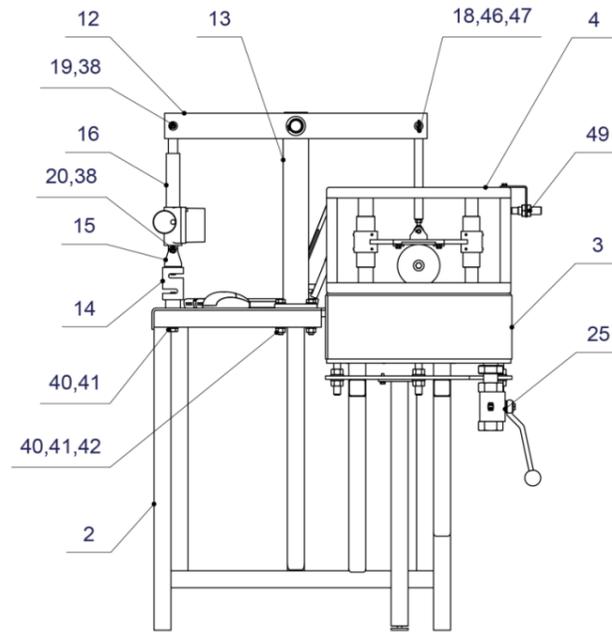
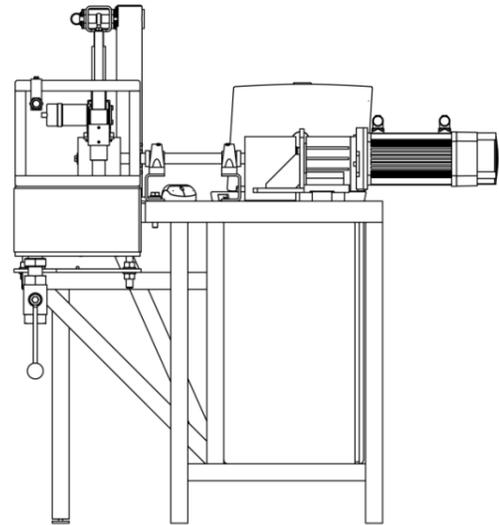
- 1) without brake, with resolver
 2) with 390 V, idle running $M = 0$
 3) frame size and flange of a standard motor with similar flange and shaft dimensions
 5) when $V_{rated} \cdot P = P_{rated}$ up to $2.3 \cdot n_{rated}$
 6) magnetic / mechanical permissible torque

Anhang

Pos.	Stk.	Benennung	Material	Zeichnungsnummer
2	1	Tisch	1.4404	702042937
3	1	Behälter Unterteil	1.4404	702042963
4	1	Behälter Oberteil		702042967
5	1	Rundführung	1.4404	702042968
6	1	Rundführung	1.4404	702042969
7	1	Probenhalter	1.4404	702098585
8	1	Führungshülse		702098583
9	1	Führungshülse		702098582
10	2	Klemmleisten	1.4404	702042961
11	1	Koppelstange	1.4404	702042974
12	1	Hebel	1.4404	702042973
13	1	Konsole	1.4404	702042970
14	1	Kraftaufnehmer Firma tectsis		
15	1	Halterung	1.4404	702042975
16	1	Hubzylinder Firma linear-mech		
17	1	Bolzen	1.4404	702042962
18	1	Bolzen	1.4404	702042981
19	1	Bolzen	1.4404	702042978
20	1	Bolzen	1.4404	702042977
21	1	Scheibe	1.4404	702042983
22	1	Scheibe	1.4404	702042947
23	1	Antriebswelle	1.4404	702042938
24	1	Dichtungsträger	1.4404	702042949
25	1	Kugelhahn 1"		
26	21	Sechskantschraube DIN933 , M6x20	A4	
27	21	Scheibe DIN125 A6.4	A4	
28	8	Sechskantschraube DIN933 , M8x16	A4	
29	8	Scheibe DIN125 A8.4	A4	
30	6	Sechskantmutter DIN934 , M16	A4	
31	6	Scheibe DIN125 A17	A4	
32	2	Gleitlagerbuchse SKF PCMF303416E		
33	1	Passfeder A6x75	1.4404	
34	2	Sicherungsring DIN471 8x0,8	A4	
35	2	Gelenkkopf SKF SA8C		
36	2	Sechskantmutter DIN934 M8	A4	
37	1	Sicherungsring DIN471 30x1,5	A4	
38	4	Sicherungsring DIN471 10x1	A4	

Anhang

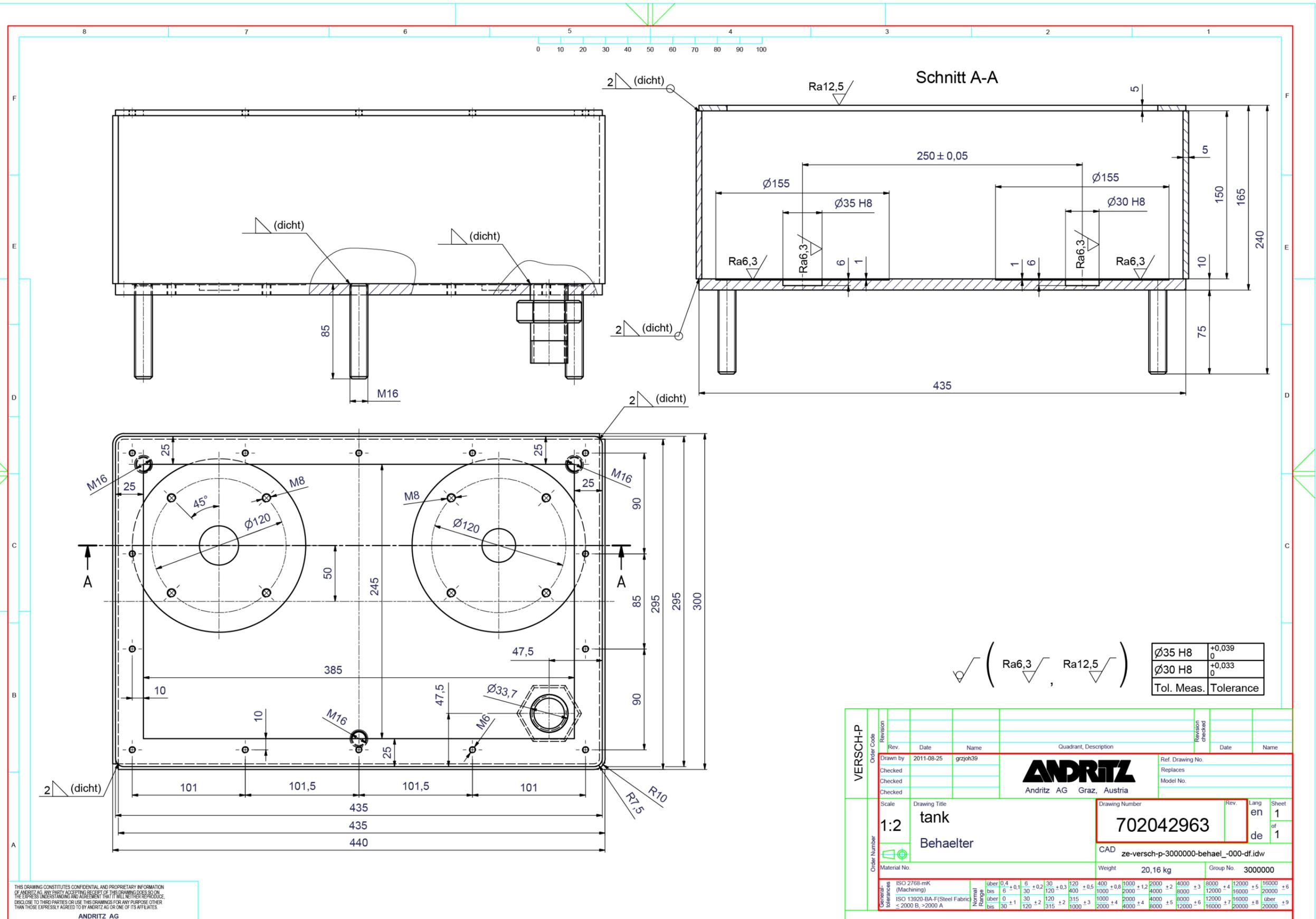
39	1	Zylinderkopfschraube DIN912 M12x25	A4	
40	10	Scheibe DIN125 A13	A4	
41	5	Sechskantschraube DIN933 M12x75	A4	
42	4	Sechskantmutter DIN934 , M12	A4	
43	2	Wellendichtring DIN3760 A25x35x7		
44	1	Walze Firma LUKAS		
45	1	Sechskantschraube DIN933 M8x20	A4	
46	1	Sicherungssplint Ø2	A4	
47	1	Schlüsselring	A4	
48	12	Wurmschraube DIN916 M8x8	A4	
49	1	Füllstandssensor Firma BALLUFF		
50	2	Stehlager SKF SYJ 505		
51	1	Getriebe Firma Lenze		
52	1	Motor Firma Lenze		
53	1	Kupplung ROTEX 24/28		



702042987

702042987

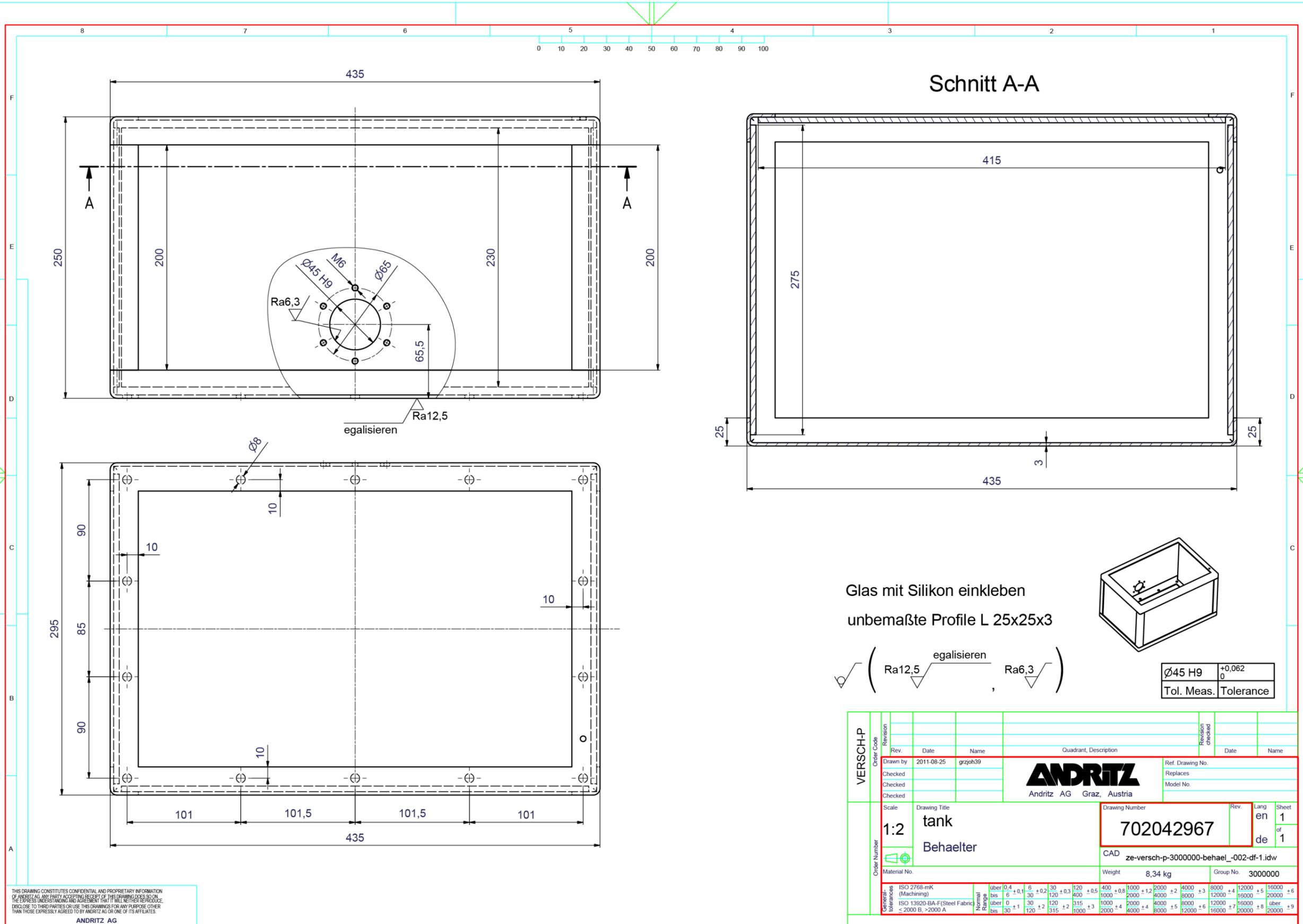
Date		Name		Qualität, Description		Ref. Drawing No.	
2011.08.25	grg/ab						
				Andritz AG, Graz, Austria			
1:5 test bench Prüfstand		702042987		an 1 do 1		323,37 kg 3000000	



THIS DRAWING CONSTITUTES CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF ANDRITZ AG. ANY PARTY ACQUIRING POSSESSION OF THIS DRAWING DOES SO ON THE EXPRESS UNDERSTANDING AND AGREEMENT THAT IT WILL NOT BE REPRODUCED, DISCLOSED TO THIRD PARTIES OR USED IN THIS DRAWING FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THOSE EXPRESSLY AGREED TO BY ANDRITZ AG OR ONE OF ITS AFFILIATES.

ANDRITZ AG

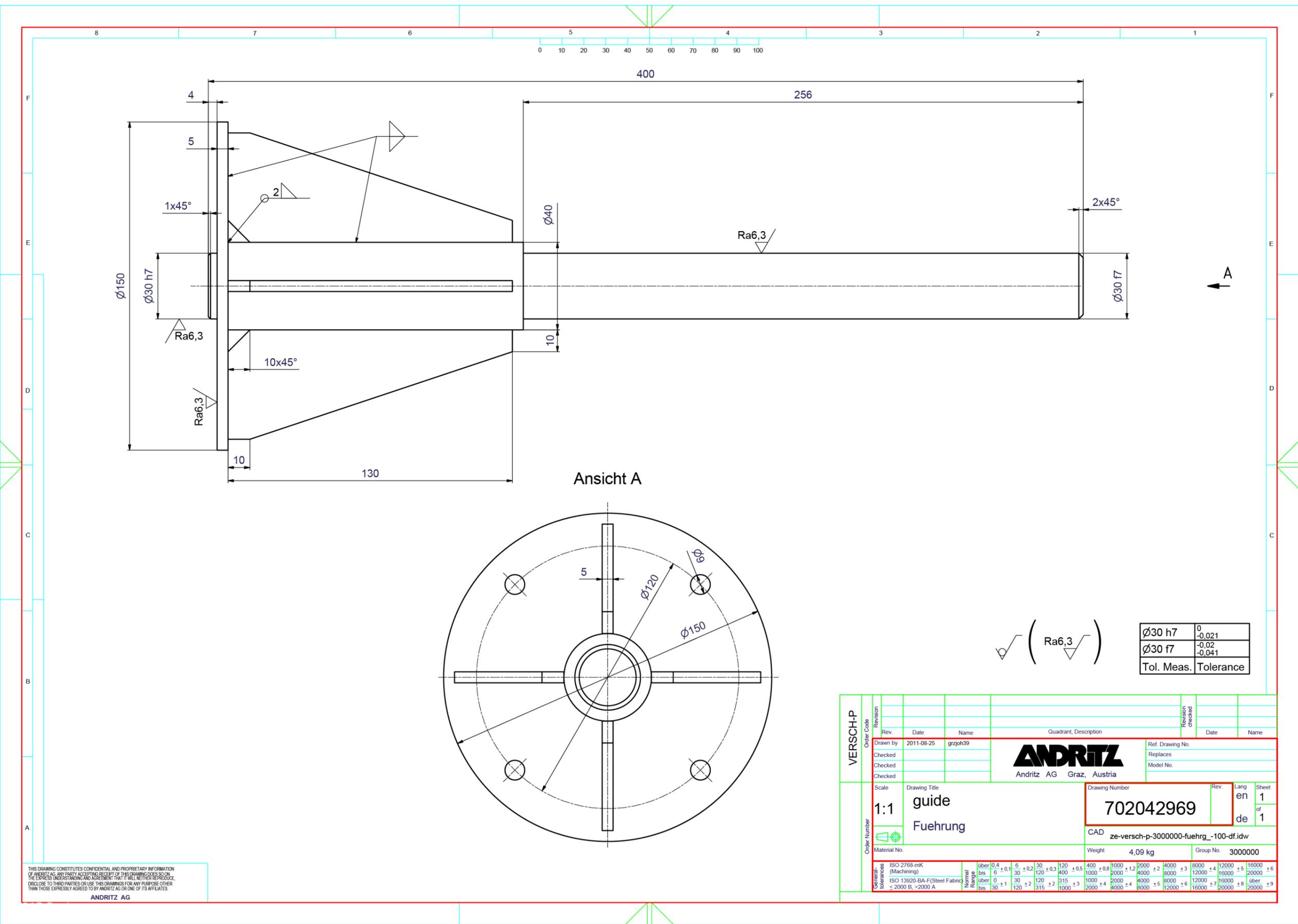
VERSCH-P	Revision								
	Rev.	Date	Name	Quadrant	Description	Revision checked	Date	Name	
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39						
	Checked								
 Andritz AG Graz, Austria						Ref. Drawing No. Replaces Model No.			
Scale	Drawing Title			Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet		
1:2	tank			702042963		en	1		
	Behälter					de	1		
Order Number	Material No.			Weight	Group No.				
	ze-versch-p-3000000-behael_-000-df.idw			20,16 kg	3000000				
Accuracy	ISO 2768-mK (Machining)			ISO 13920-BA-F (Steel Fabric)					
	über 0,4 bis 6			über 30 bis 120					
	bis 0,1 bis 0,2			bis 0,3 bis 0,5					
	30 ±0,2			120 ±0,3					
	400 ±0,8			1000 ±1,2					
	2000 ±2			4000 ±3					
	8000 ±4			12000 ±5					
	16000 ±5			20000 ±6					
	32000 ±6			40000 ±7					
	64000 ±7			80000 ±8					
	128000 ±8			160000 ±9					



THIS DRAWING CONSTITUTES CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF ANDRITZ AG. ANY PARTY ACCEPTING RECEIPT OF THIS DRAWING DOES SO ON THE EXPRESS UNDERSTANDING AND AGREEMENT THAT IT WILL NOT REPRODUCE, DISCLOSE TO THIRD PARTIES OR USE THIS DRAWING FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THOSE EXPRESSLY AGREED TO BY ANDRITZ AG OR ONE OF ITS AFFILIATES.

ANDRITZ AG

Anhang



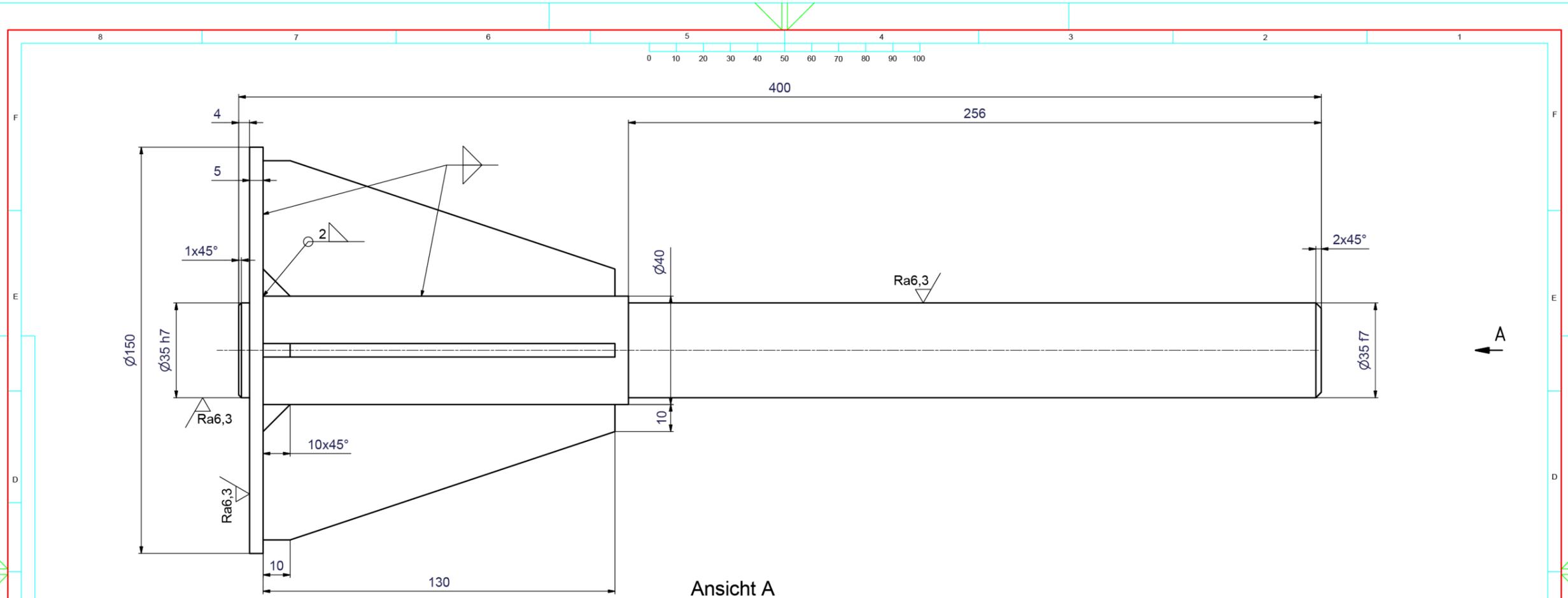
$\varnothing 30$ h7	0 -0,021
$\varnothing 30$ f7	-0,02 -0,041
Tol. Meas.	Tolerance

VERSCH-P		Revision		Revision checked		
Order Code	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description	Date	
	2011-08-25	grzjoh39				
Checked	 Andritz AG Graz, Austria			Ref. Drawing No.		
Checked				Replaces		
Checked				Model No.		
Scale	Drawing Title		Drawing Number	Rev.	Lang	
1:1	guide		702042969		en	
	Fuehrung				de	
Order Number	CAD			ze-versch-p-3000000-fuehrg_-100-df.idw	Sheet	
	Material No.			Weight	1 of 1	
				4,09 kg	Group No.	
				3000000		
General- tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	Normal	uber bis	0,4 6	0,2 0,1	0,1 0,05
	ISO 13920-BA-F(Steel Fabric ≤ 2000 B, >2000 A)	Normal	uber bis	0 30	±1 ±2	±2 ±3
		Normal	uber bis	30 120	±2 ±3	±3 ±5
		Normal	uber bis	120 315	±2 ±3	±3 ±5
		Normal	uber bis	315 1000	±2 ±3	±3 ±5
		Normal	uber bis	1000 2000	±2 ±3	±3 ±5
		Normal	uber bis	2000 4000	±2 ±3	±3 ±5
		Normal	uber bis	4000 8000	±2 ±3	±3 ±5
		Normal	uber bis	8000 12000	±2 ±3	±3 ±5
		Normal	uber bis	12000 16000	±2 ±3	±3 ±5
		Normal	uber bis	16000 20000	±2 ±3	±3 ±5

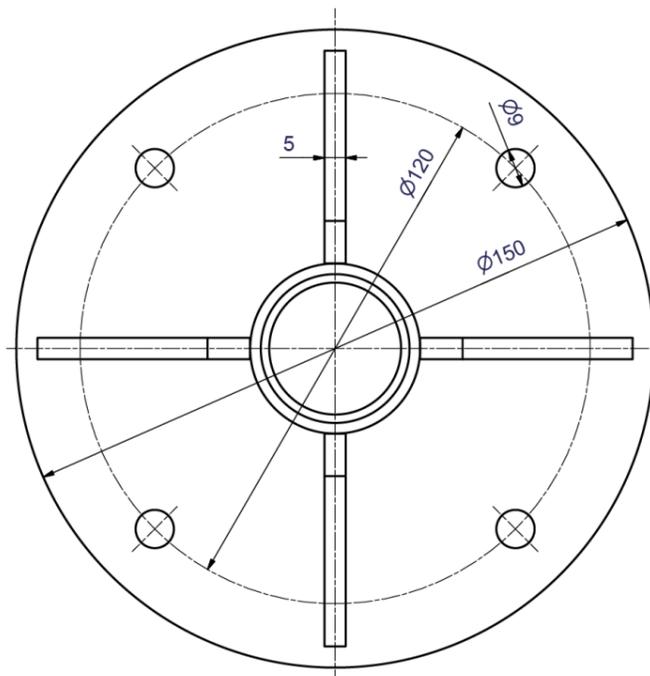
THIS DRAWING CONSTITUTES CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF ANDRITZ AG. ANY PARTY ACCEPTING RECEIPT OF THIS DRAWING DOES SO ON THE EXPRESS UNDERSTANDING AND AGREEMENT THAT IT WILL NEITHER REPRODUCE, DISCLOSE TO THIRD PARTIES OR USE THIS DRAWINGS FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THOSE EXPRESSLY AGREED TO BY ANDRITZ AG OR ONE OF ITS AFFILIATES.

ANDRITZ AG

Anhang



Ansicht A

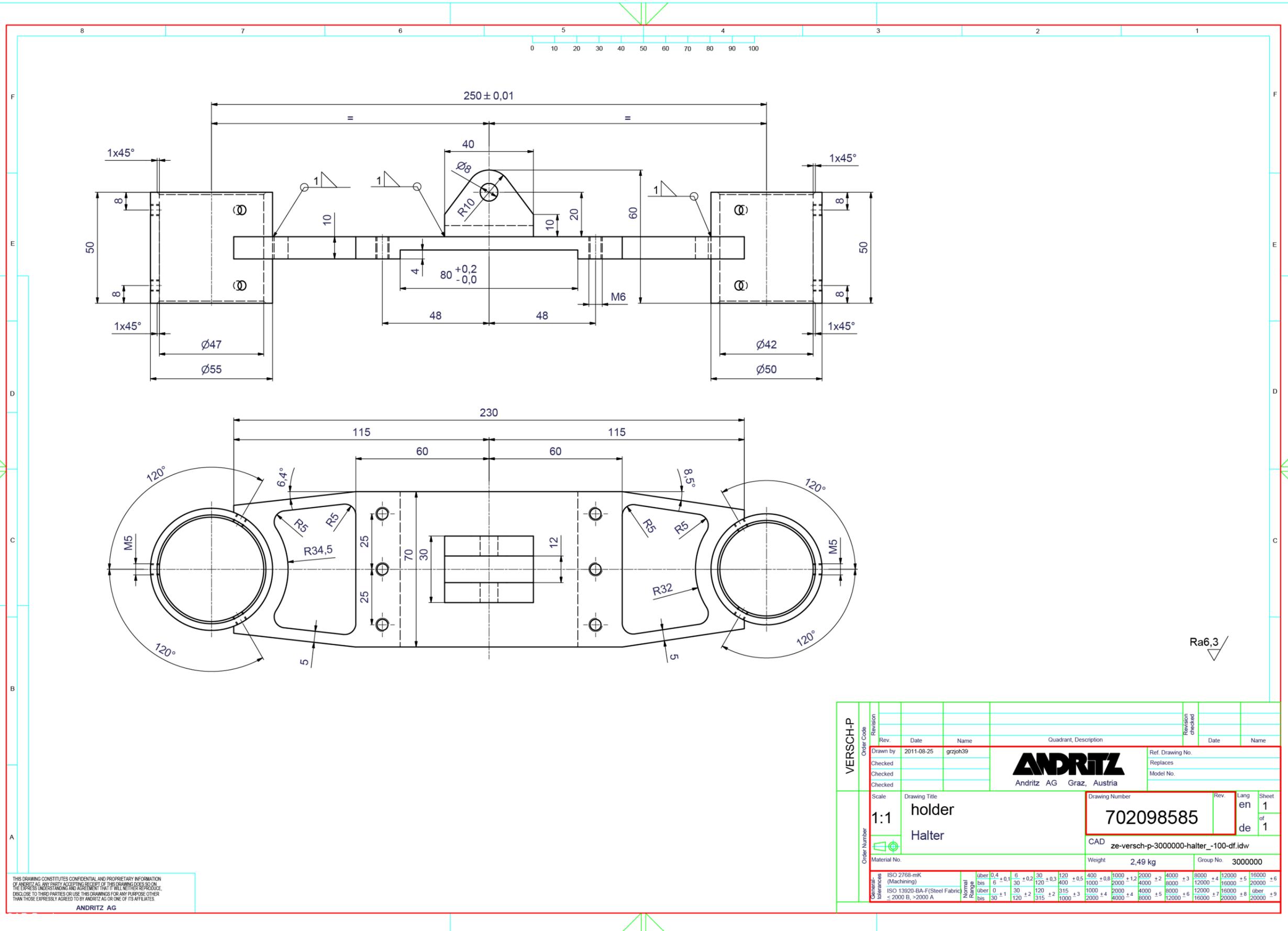


(Ra6,3)	Ø35 h7	0 -0,025
	Ø35 f7	-0,025 -0,05
	Tol. Meas.	Tolerance

THIS DRAWING CONSTITUTES CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF ANDRITZ AG. ANY PARTY ACCEPTING RECEIPT OF THIS DRAWING DOES SO ON THE EXPRESS UNDERSTANDING AND AGREEMENT THAT IT WILL NEITHER REPRODUCE, DISCLOSE TO THIRD PARTIES OR USE THIS DRAWINGS FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THOSE EXPRESSLY AGREED TO BY ANDRITZ AG OR ONE OF ITS AFFILIATES.

ANDRITZ AG

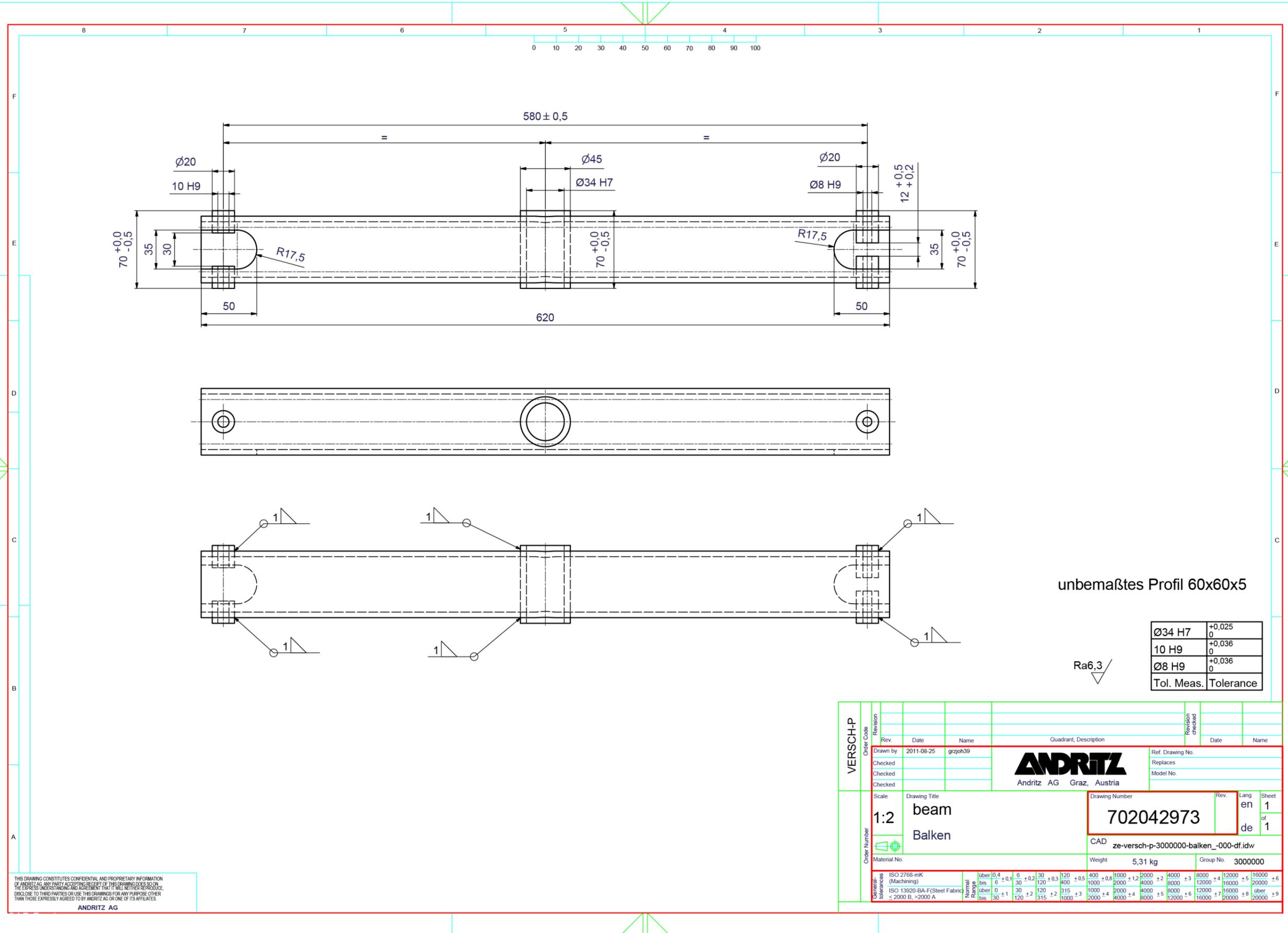
VERSCH-P	Order Code	Revision		Revision checked	Date	Name
	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description		
	Checked	2011-08-25	grzjoh39	Ref. Drawing No.		
	Checked	ANDRITZ Andritz AG Graz, Austria			Replaces	
Checked	Drawing Title			Drawing Number		Rev.
Checked	1:1	guide		702042968		Lang en
	Fuehrung			CAD ze-versch-p-3000000-fuehrg_-000-df.idw		de
Order Number	Material No.			Weight	Group No.	
				4,61 kg	3000000	
General- tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	Normal	uber bis	0,4 6	+0,1 +0,2	6 30
	ISO 13920-BA-F (Steel Fabric ≤ 2000 B, >2000 A)	Normal	uber bis	0 30	±1 ±2	120 315
						120 315 1000
						+0,5 +3 +0,5 +4 +0,5 +6 +8 +9
						400 1000 2000 4000 8000 12000 16000 20000
						±0,5 ±1 ±1,5 ±2 ±3 ±4 ±5 ±6 ±8 ±9



Ra6,3

THIS DRAWING CONSTITUTES CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF ANDRITZ AG. ANY PARTY ACQUIRING POSSESSION OF THIS DRAWING DOES SO ON THE EXPRESS UNDERSTANDING AND AGREEMENT THAT IT WILL NOT BE REPRODUCED, DISCLOSED TO THIRD PARTIES OR USED IN THIS DRAWING FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THOSE EXPRESSLY AGREED TO BY ANDRITZ AG OR ONE OF ITS AFFILIATES.
ANDRITZ AG

VERSCH-P	Revision												
	Order Code												
	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description		Revision checked	Date	Name					
	Drawn by	2011-08-25	grizjoh39						Ref. Drawing No.				
Checked								Replaces					
Checked								Model No.					
Checked													
Scale	Drawing Title		Drawing Number		Rev.	Lang	Sheet						
1:1	holder		702098585			en	1						
	Halter		CAD ze-versch-p-3000000-halter_-100-df.idw			de	1						
Order Number	Material No.		Weight		Group No.								
			2,49 kg		3000000								
Material	ISO 2768-mK (Machining)		über 0,4	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000	16000
	bis 6 ± 0,1		30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000	16000	20000	
	ISO 13920-BA-F(Steel Fabric < 2000 B, >2000 A)		über 0	30	120	315	1000	2000	4000	8000	12000	16000	
			bis 30 ± 1	120	315	1000	2000	4000	8000	12000	16000	20000	



unbemaßtes Profil 60x60x5

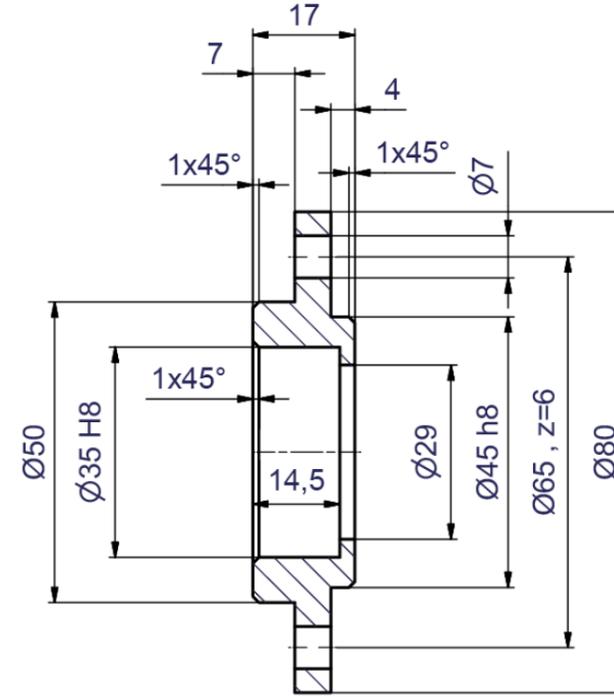
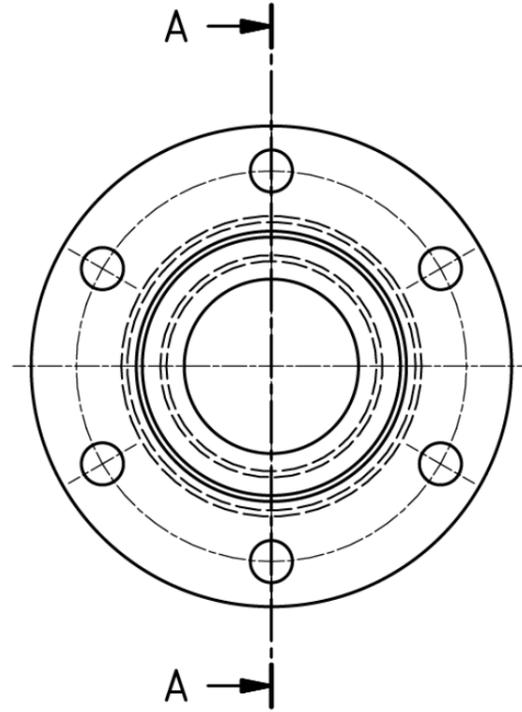
Ø34 H7	+0,025 0
10 H9	+0,036 0
Ø8 H9	+0,036 0
Tol. Meas.	Tolerance

Ra6,3

VERSCH-P	Order Code			Revision checked																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description	Date	Name																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Checked																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
ANDRITZ Andritz AG Graz, Austria				Ref. Drawing No.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
				Replaces																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Scale	Drawing Title	Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1:2	beam Balken	702042973		de	1	of 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Order Number	CAD		ze-versch-p-3000000-balken_-000-df.idw																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Material No.	Weight	5,31 kg		Group No. 3000000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="0"> <tr> <td>General tolerances</td> <td>ISO 2768-mK (Machining)</td> <td>über</td> <td>0,4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,5</td> <td>0,8</td> <td>1,2</td> <td>2,0</td> <td>3,0</td> <td>4,0</td> <td>6,0</td> <td>10,0</td> <td>15,0</td> <td>20,0</td> <td>30,0</td> <td>40,0</td> <td>60,0</td> <td>80,0</td> <td>120,0</td> <td>180,0</td> <td>250,0</td> <td>315,0</td> <td>400,0</td> <td>500,0</td> <td>630,0</td> <td>800,0</td> <td>1000,0</td> <td>1250,0</td> <td>1600,0</td> <td>2000,0</td> <td>2500,0</td> <td>3150,0</td> <td>4000,0</td> <td>5000,0</td> <td>6300,0</td> <td>8000,0</td> <td>10000,0</td> <td>12500,0</td> <td>16000,0</td> <td>20000,0</td> <td>25000,0</td> <td>31500,0</td> <td>40000,0</td> <td>50000,0</td> <td>63000,0</td> <td>80000,0</td> <td>100000,0</td> <td>125000,0</td> <td>160000,0</td> <td>200000,0</td> <td>250000,0</td> <td>315000,0</td> <td>400000,0</td> <td>500000,0</td> <td>630000,0</td> <td>800000,0</td> <td>1000000,0</td> <td>1250000,0</td> <td>1600000,0</td> <td>2000000,0</td> <td>2500000,0</td> <td>3150000,0</td> <td>4000000,0</td> <td>5000000,0</td> <td>6300000,0</td> <td>8000000,0</td> <td>10000000,0</td> <td>12500000,0</td> <td>16000000,0</td> <td>20000000,0</td> <td>25000000,0</td> <td>31500000,0</td> <td>40000000,0</td> <td>50000000,0</td> <td>63000000,0</td> <td>80000000,0</td> <td>100000000,0</td> <td>125000000,0</td> <td>160000000,0</td> <td>200000000,0</td> <td>250000000,0</td> <td>315000000,0</td> <td>400000000,0</td> <td>500000000,0</td> <td>630000000,0</td> <td>800000000,0</td> <td>1000000000,0</td> <td>1250000000,0</td> <td>1600000000,0</td> <td>2000000000,0</td> <td>2500000000,0</td> <td>3150000000,0</td> <td>4000000000,0</td> <td>5000000000,0</td> <td>6300000000,0</td> <td>8000000000,0</td> <td>10000000000,0</td> <td>12500000000,0</td> <td>16000000000,0</td> <td>20000000000,0</td> <td>25000000000,0</td> <td>31500000000,0</td> <td>40000000000,0</td> <td>50000000000,0</td> <td>63000000000,0</td> <td>80000000000,0</td> <td>100000000000,0</td> <td>125000000000,0</td> <td>160000000000,0</td> <td>200000000000,0</td> <td>250000000000,0</td> <td>315000000000,0</td> <td>400000000000,0</td> <td>500000000000,0</td> <td>630000000000,0</td> <td>800000000000,0</td> <td>1000000000000,0</td> <td>1250000000000,0</td> <td>1600000000000,0</td> <td>2000000000000,0</td> <td>2500000000000,0</td> <td>3150000000000,0</td> <td>4000000000000,0</td> <td>5000000000000,0</td> <td>6300000000000,0</td> <td>8000000000000,0</td> <td>10000000000000,0</td> <td>12500000000000,0</td> <td>16000000000000,0</td> <td>20000000000000,0</td> <td>25000000000000,0</td> <td>31500000000000,0</td> <td>40000000000000,0</td> <td>50000000000000,0</td> <td>63000000000000,0</td> <td>80000000000000,0</td> <td>100000000000000,0</td> <td>125000000000000,0</td> <td>160000000000000,0</td> <td>200000000000000,0</td> <td>250000000000000,0</td> <td>315000000000000,0</td> <td>400000000000000,0</td> <td>500000000000000,0</td> <td>630000000000000,0</td> <td>800000000000000,0</td> <td>1000000000000000,0</td> <td>1250000000000000,0</td> <td>1600000000000000,0</td> <td>2000000000000000,0</td> <td>2500000000000000,0</td> <td>3150000000000000,0</td> <td>4000000000000000,0</td> <td>5000000000000000,0</td> <td>6300000000000000,0</td> <td>8000000000000000,0</td> <td>10000000000000000,0</td> <td>12500000000000000,0</td> <td>16000000000000000,0</td> <td>20000000000000000,0</td> <td>25000000000000000,0</td> <td>31500000000000000,0</td> <td>40000000000000000,0</td> <td>50000000000000000,0</td> <td>63000000000000000,0</td> <td>80000000000000000,0</td> <td>100000000000000000,0</td> <td>125000000000000000,0</td> <td>160000000000000000,0</td> <td>200000000000000000,0</td> <td>250000000000000000,0</td> <td>315000000000000000,0</td> <td>400000000000000000,0</td> <td>500000000000000000,0</td> <td>630000000000000000,0</td> <td>800000000000000000,0</td> <td>1000000000000000000,0</td> <td>1250000000000000000,0</td> <td>1600000000000000000,0</td> <td>2000000000000000000,0</td> <td>2500000000000000000,0</td> <td>3150000000000000000,0</td> <td>4000000000000000000,0</td> <td>5000000000000000000,0</td> <td>6300000000000000000,0</td> <td>8000000000000000000,0</td> <td>10000000000000000000,0</td> <td>12500000000000000000,0</td> <td>16000000000000000000,0</td> <td>20000000000000000000,0</td> <td>25000000000000000000,0</td> <td>31500000000000000000,0</td> <td>40000000000000000000,0</td> <td>50000000000000000000,0</td> <td>63000000000000000000,0</td> <td>80000000000000000000,0</td> <td>100000000000000000000,0</td> <td>125000000000000000000,0</td> <td>160000000000000000000,0</td> <td>200000000000000000000,0</td> <td>250000000000000000000,0</td> <td>315000000000000000000,0</td> <td>400000000000000000000,0</td> <td>500000000000000000000,0</td> <td>630000000000000000000,0</td> <td>800000000000000000000,0</td> <td>1000000000000000000000,0</td> <td>1250000000000000000000,0</td> <td>1600000000000000000000,0</td> <td>2000000000000000000000,0</td> <td>2500000000000000000000,0</td> <td>3150000000000000000000,0</td> <td>4000000000000000000000,0</td> <td>5000000000000000000000,0</td> <td>6300000000000000000000,0</td> <td>8000000000000000000000,0</td> <td>10000000000000000000000,0</td> <td>12500000000000000000000,0</td> <td>16000000000000000000000,0</td> <td>20000000000000000000000,0</td> <td>25000000000000000000000,0</td> <td>31500000000000000000000,0</td> <td>40000000000000000000000,0</td> <td>50000000000000000000000,0</td> <td>63000000000000000000000,0</td> <td>80000000000000000000000,0</td> <td>100000000000000000000000,0</td> <td>125000000000000000000000,0</td> <td>160000000000000000000000,0</td> <td>200000000000000000000000,0</td> <td>250000000000000000000000,0</td> <td>315000000000000000000000,0</td> <td>400000000000000000000000,0</td> <td>500000000000000000000000,0</td> <td>630000000000000000000000,0</td> <td>800000000000000000000000,0</td> <td>1000000000000000000000000,0</td> <td>1250000000000000000000000,0</td> <td>1600000000000000000000000,0</td> <td>2000000000000000000000000,0</td> <td>2500000000000000000000000,0</td> <td>3150000000000000000000000,0</td> <td>4000000000000000000000000,0</td> <td>5000000000000000000000000,0</td> <td>6300000000000000000000000,0</td> <td>8000000000000000000000000,0</td> <td>10000000000000000000000000,0</td> <td>12500000000000000000000000,0</td> <td>16000000000000000000000000,0</td> <td>20000000000000000000000000,0</td> <td>25000000000000000000000000,0</td> <td>31500000000000000000000000,0</td> <td>40000000000000000000000000,0</td> <td>50000000000000000000000000,0</td> <td>63000000000000000000000000,0</td> <td>80000000000000000000000000,0</td> <td>100000000000000000000000000,0</td> <td>125000000000000000000000000,0</td> <td>160000000000000000000000000,0</td> <td>200000000000000000000000000,0</td> <td>250000000000000000000000000,0</td> <td>315000000000000000000000000,0</td> <td>400000000000000000000000000,0</td> <td>500000000000000000000000000,0</td> <td>630000000000000000000000000,0</td> <td>800000000000000000000000000,0</td> <td>1000000000000000000000000000,0</td> <td>1250000000000000000000000000,0</td> <td>1600000000000000000000000000,0</td> <td>2000000000000000000000000000,0</td> <td>2500000000000000000000000000,0</td> <td>3150000000000000000000000000,0</td> <td>4000000000000000000000000000,0</td> <td>5000000000000000000000000000,0</td> <td>6300000000000000000000000000,0</td> <td>8000000000000000000000000000,0</td> <td>10000000000000000000000000000,0</td> <td>12500000000000000000000000000,0</td> <td>16000000000000000000000000000,0</td> <td>20000000000000000000000000000,0</td> <td>25000000000000000000000000000,0</td> <td>31500000000000000000000000000,0</td> <td>40000000000000000000000000000,0</td> <td>50000000000000000000000000000,0</td> <td>63000000000000000000000000000,0</td> <td>80000000000000000000000000000,0</td> <td>100000000000000000000000000000,0</td> <td>125000000000000000000000000000,0</td> <td>160000000000000000000000000000,0</td> <td>200000000000000000000000000000,0</td> <td>250000000000000000000000000000,0</td> <td>315000000000000000000000000000,0</td> <td>400000000000000000000000000000,0</td> <td>500000000000000000000000000000,0</td> <td>630000000000000000000000000000,0</td> <td>800000000000000000000000000000,0</td> <td>1000000000000000000000000000000,0</td> <td>1250000000000000000000000000000,0</td> <td>1600000000000000000000000000000,0</td> <td>2000000000000000000000000000000,0</td> <td>2500000000000000000000000000000,0</td> <td>3150000000000000000000000000000,0</td> <td>4000000000000000000000000000000,0</td> <td>5000000000000000000000000000000,0</td> <td>6300000000000000000000000000000,0</td> <td>8000000000000000000000000000000,0</td> <td>10000000000000000000000000000000,0</td> <td>12500000000000000000000000000000,0</td> <td>16000000000000000000000000000000,0</td> <td>20000000000000000000000000000000,0</td> <td>25000000000000000000000000000000,0</td> <td>31500000000000000000000000000000,0</td> <td>40000000000000000000000000000000,0</td> <td>50000000000000000000000000000000,0</td> <td>63000000000000000000000000000000,0</td> <td>80000000000000000000000000000000,0</td> <td>100000000000000000000000000000000,0</td> <td>125000000000000000000000000000000,0</td> <td>160000000000000000000000000000000,0</td> <td>200000000000000000000000000000000,0</td> <td>250000000000000000000000000000000,0</td> <td>315000000000000000000000000000000,0</td> <td>400000000000000000000000000000000,0</td> <td>500000000000000000000000000000000,0</td> <td>630000000000000000000000000000000,0</td> <td>800000000000000000000000000000000,0</td> <td>1000000000000000000000000000000000,0</td> <td>1250000000000000000000000000000000,0</td> <td>1600000000000000000000000000000000,0</td> <td>2000000000000000000000000000000000,0</td> <td>2500000000000000000000000000000000,0</td> <td>3150000000000000000000000000000000,0</td> <td>4000000000000000000000000000000000,0</td> <td>5000000000000000000000000000000000,0</td> <td>6300000000000000000000000000000000,0</td> <td>8000000000000000000000000000000000,0</td> <td>10000000000000000000000000000000000,0</td> <td>12500000000000000000000000000000000,0</td> <td>16000000000000000000000000000000000,0</td> <td>20000000000000000000000000000000000,0</td> <td>25000000000000000000000000000000000,0</td> <td>31500000000000000000000000000000000,0</td> <td>40000000000000000000000000000000000,0</td> <td>50000000000000000000000000000000000,0</td> <td>63000000000000000000000000000000000,0</td> <td>80000000000000000000000000000000000,0</td> <td>100000000000000000000000000000000000,0</td> <td>125000000000000000000000000000000000,0</td> <td>160000000000000000000000000000000000,0</td> <td>200000000000000000000000000000000000,0</td> <td>250000000000000000000000000000000000,0</td> <td>315000000000000000000000000000000000,0</td> <td>400000000000000000000000000000000000,0</td> <td>500000000000000000000000000000000000,0</td> <td>630000000000000000000000000000000000,0</td> <td>800000000000000000000000000000000000,0</td> <td>1000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>1250000000000000000000000000000000000,0</td> <td>1600000000000000000000000000000000000,0</td> <td>2000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>2500000000000000000000000000000000000,0</td> <td>3150000000000000000000000000000000000,0</td> <td>4000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>5000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>6300000000000000000000000000000000000,0</td> <td>8000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>10000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>12500000000000000000000000000000000000,0</td> <td>16000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>20000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>25000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>31500000000000000000000000000000000000,0</td> <td>40000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>50000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>63000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>80000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>100000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>125000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>160000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>200000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>250000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>315000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>400000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>500000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>630000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>800000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>1000000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>1250000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>1600000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>2000000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>2500000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>3150000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>4000000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>5000000000000000000000000000000000000000,0</td> <td>6300000000000000000000000000000000000000,0</td></tr></table>							General tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	über	0,4	0	0	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	4,0	6,0	10,0	15,0	20,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	180,0	250,0	315,0	400,0	500,0	630,0	800,0	1000,0	1250,0	1600,0	2000,0	2500,0	3150,0	4000,0	5000,0	6300,0	8000,0	10000,0	12500,0	16000,0	20000,0	25000,0	31500,0	40000,0	50000,0	63000,0	80000,0	100000,0	125000,0	160000,0	200000,0	250000,0	315000,0	400000,0	500000,0	630000,0	800000,0	1000000,0	1250000,0	1600000,0	2000000,0	2500000,0	3150000,0	4000000,0	5000000,0	6300000,0	8000000,0	10000000,0	12500000,0	16000000,0	20000000,0	25000000,0	31500000,0	40000000,0	50000000,0	63000000,0	80000000,0	100000000,0	125000000,0	160000000,0	200000000,0	250000000,0	315000000,0	400000000,0	500000000,0	630000000,0	800000000,0	1000000000,0	1250000000,0	1600000000,0	2000000000,0	2500000000,0	3150000000,0	4000000000,0	5000000000,0	6300000000,0	8000000000,0	10000000000,0	12500000000,0	16000000000,0	20000000000,0	25000000000,0	31500000000,0	40000000000,0	50000000000,0	63000000000,0	80000000000,0	100000000000,0	125000000000,0	160000000000,0	200000000000,0	250000000000,0	315000000000,0	400000000000,0	500000000000,0	630000000000,0	800000000000,0	1000000000000,0	1250000000000,0	1600000000000,0	2000000000000,0	2500000000000,0	3150000000000,0	4000000000000,0	5000000000000,0	6300000000000,0	8000000000000,0	10000000000000,0	12500000000000,0	16000000000000,0	20000000000000,0	25000000000000,0	31500000000000,0	40000000000000,0	50000000000000,0	63000000000000,0	80000000000000,0	100000000000000,0	125000000000000,0	160000000000000,0	200000000000000,0	250000000000000,0	315000000000000,0	400000000000000,0	500000000000000,0	630000000000000,0	800000000000000,0	1000000000000000,0	1250000000000000,0	1600000000000000,0	2000000000000000,0	2500000000000000,0	3150000000000000,0	4000000000000000,0	5000000000000000,0	6300000000000000,0	8000000000000000,0	10000000000000000,0	12500000000000000,0	16000000000000000,0	20000000000000000,0	25000000000000000,0	31500000000000000,0	40000000000000000,0	50000000000000000,0	63000000000000000,0	80000000000000000,0	100000000000000000,0	125000000000000000,0	160000000000000000,0	200000000000000000,0	250000000000000000,0	315000000000000000,0	400000000000000000,0	500000000000000000,0	630000000000000000,0	800000000000000000,0	1000000000000000000,0	1250000000000000000,0	1600000000000000000,0	2000000000000000000,0	2500000000000000000,0	3150000000000000000,0	4000000000000000000,0	5000000000000000000,0	6300000000000000000,0	8000000000000000000,0	10000000000000000000,0	12500000000000000000,0	16000000000000000000,0	20000000000000000000,0	25000000000000000000,0	31500000000000000000,0	40000000000000000000,0	50000000000000000000,0	63000000000000000000,0	80000000000000000000,0	100000000000000000000,0	125000000000000000000,0	160000000000000000000,0	200000000000000000000,0	250000000000000000000,0	315000000000000000000,0	400000000000000000000,0	500000000000000000000,0	630000000000000000000,0	800000000000000000000,0	1000000000000000000000,0	1250000000000000000000,0	1600000000000000000000,0	2000000000000000000000,0	2500000000000000000000,0	3150000000000000000000,0	4000000000000000000000,0	5000000000000000000000,0	6300000000000000000000,0	8000000000000000000000,0	10000000000000000000000,0	12500000000000000000000,0	16000000000000000000000,0	20000000000000000000000,0	25000000000000000000000,0	31500000000000000000000,0	40000000000000000000000,0	50000000000000000000000,0	63000000000000000000000,0	80000000000000000000000,0	100000000000000000000000,0	125000000000000000000000,0	160000000000000000000000,0	200000000000000000000000,0	250000000000000000000000,0	315000000000000000000000,0	400000000000000000000000,0	500000000000000000000000,0	630000000000000000000000,0	800000000000000000000000,0	1000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000,0	1600000000000000000000000,0	2000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000,0	3150000000000000000000000,0	4000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000,0	8000000000000000000000000,0	10000000000000000000000000,0	12500000000000000000000000,0	16000000000000000000000000,0	20000000000000000000000000,0	25000000000000000000000000,0	31500000000000000000000000,0	40000000000000000000000000,0	50000000000000000000000000,0	63000000000000000000000000,0	80000000000000000000000000,0	100000000000000000000000000,0	125000000000000000000000000,0	160000000000000000000000000,0	200000000000000000000000000,0	250000000000000000000000000,0	315000000000000000000000000,0	400000000000000000000000000,0	500000000000000000000000000,0	630000000000000000000000000,0	800000000000000000000000000,0	1000000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000000,0	1600000000000000000000000000,0	2000000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000000,0	3150000000000000000000000000,0	4000000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000000,0	8000000000000000000000000000,0	10000000000000000000000000000,0	12500000000000000000000000000,0	16000000000000000000000000000,0	20000000000000000000000000000,0	25000000000000000000000000000,0	31500000000000000000000000000,0	40000000000000000000000000000,0	50000000000000000000000000000,0	63000000000000000000000000000,0	80000000000000000000000000000,0	100000000000000000000000000000,0	125000000000000000000000000000,0	160000000000000000000000000000,0	200000000000000000000000000000,0	250000000000000000000000000000,0	315000000000000000000000000000,0	400000000000000000000000000000,0	500000000000000000000000000000,0	630000000000000000000000000000,0	800000000000000000000000000000,0	1000000000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000000000,0	1600000000000000000000000000000,0	2000000000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000000000,0	3150000000000000000000000000000,0	4000000000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000000000,0	8000000000000000000000000000000,0	10000000000000000000000000000000,0	12500000000000000000000000000000,0	16000000000000000000000000000000,0	20000000000000000000000000000000,0	25000000000000000000000000000000,0	31500000000000000000000000000000,0	40000000000000000000000000000000,0	50000000000000000000000000000000,0	63000000000000000000000000000000,0	80000000000000000000000000000000,0	100000000000000000000000000000000,0	125000000000000000000000000000000,0	160000000000000000000000000000000,0	200000000000000000000000000000000,0	250000000000000000000000000000000,0	315000000000000000000000000000000,0	400000000000000000000000000000000,0	500000000000000000000000000000000,0	630000000000000000000000000000000,0	800000000000000000000000000000000,0	1000000000000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000000000000,0	1600000000000000000000000000000000,0	2000000000000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000000000000,0	3150000000000000000000000000000000,0	4000000000000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000000000000,0	8000000000000000000000000000000000,0	10000000000000000000000000000000000,0	12500000000000000000000000000000000,0	16000000000000000000000000000000000,0	20000000000000000000000000000000000,0	25000000000000000000000000000000000,0	31500000000000000000000000000000000,0	40000000000000000000000000000000000,0	50000000000000000000000000000000000,0	63000000000000000000000000000000000,0	80000000000000000000000000000000000,0	100000000000000000000000000000000000,0	125000000000000000000000000000000000,0	160000000000000000000000000000000000,0	200000000000000000000000000000000000,0	250000000000000000000000000000000000,0	315000000000000000000000000000000000,0	400000000000000000000000000000000000,0	500000000000000000000000000000000000,0	630000000000000000000000000000000000,0	800000000000000000000000000000000000,0	1000000000000000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000000000000000,0	1600000000000000000000000000000000000,0	2000000000000000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000000000000000,0	3150000000000000000000000000000000000,0	4000000000000000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000000000000000,0	8000000000000000000000000000000000000,0	10000000000000000000000000000000000000,0	12500000000000000000000000000000000000,0	16000000000000000000000000000000000000,0	20000000000000000000000000000000000000,0	25000000000000000000000000000000000000,0	31500000000000000000000000000000000000,0	40000000000000000000000000000000000000,0	50000000000000000000000000000000000000,0	63000000000000000000000000000000000000,0	80000000000000000000000000000000000000,0	100000000000000000000000000000000000000,0	125000000000000000000000000000000000000,0	160000000000000000000000000000000000000,0	200000000000000000000000000000000000000,0	250000000000000000000000000000000000000,0	315000000000000000000000000000000000000,0	400000000000000000000000000000000000000,0	500000000000000000000000000000000000000,0	630000000000000000000000000000000000000,0	800000000000000000000000000000000000000,0	1000000000000000000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000000000000000000,0	1600000000000000000000000000000000000000,0	2000000000000000000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000000000000000000,0	3150000000000000000000000000000000000000,0	4000000000000000000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000000000000000000,0
General tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	über	0,4	0	0	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	4,0	6,0	10,0	15,0	20,0	30,0	40,0	60,0	80,0	120,0	180,0	250,0	315,0	400,0	500,0	630,0	800,0	1000,0	1250,0	1600,0	2000,0	2500,0	3150,0	4000,0	5000,0	6300,0	8000,0	10000,0	12500,0	16000,0	20000,0	25000,0	31500,0	40000,0	50000,0	63000,0	80000,0	100000,0	125000,0	160000,0	200000,0	250000,0	315000,0	400000,0	500000,0	630000,0	800000,0	1000000,0	1250000,0	1600000,0	2000000,0	2500000,0	3150000,0	4000000,0	5000000,0	6300000,0	8000000,0	10000000,0	12500000,0	16000000,0	20000000,0	25000000,0	31500000,0	40000000,0	50000000,0	63000000,0	80000000,0	100000000,0	125000000,0	160000000,0	200000000,0	250000000,0	315000000,0	400000000,0	500000000,0	630000000,0	800000000,0	1000000000,0	1250000000,0	1600000000,0	2000000000,0	2500000000,0	3150000000,0	4000000000,0	5000000000,0	6300000000,0	8000000000,0	10000000000,0	12500000000,0	16000000000,0	20000000000,0	25000000000,0	31500000000,0	40000000000,0	50000000000,0	63000000000,0	80000000000,0	100000000000,0	125000000000,0	160000000000,0	200000000000,0	250000000000,0	315000000000,0	400000000000,0	500000000000,0	630000000000,0	800000000000,0	1000000000000,0	1250000000000,0	1600000000000,0	2000000000000,0	2500000000000,0	3150000000000,0	4000000000000,0	5000000000000,0	6300000000000,0	8000000000000,0	10000000000000,0	12500000000000,0	16000000000000,0	20000000000000,0	25000000000000,0	31500000000000,0	40000000000000,0	50000000000000,0	63000000000000,0	80000000000000,0	100000000000000,0	125000000000000,0	160000000000000,0	200000000000000,0	250000000000000,0	315000000000000,0	400000000000000,0	500000000000000,0	630000000000000,0	800000000000000,0	1000000000000000,0	1250000000000000,0	1600000000000000,0	2000000000000000,0	2500000000000000,0	3150000000000000,0	4000000000000000,0	5000000000000000,0	6300000000000000,0	8000000000000000,0	10000000000000000,0	12500000000000000,0	16000000000000000,0	20000000000000000,0	25000000000000000,0	31500000000000000,0	40000000000000000,0	50000000000000000,0	63000000000000000,0	80000000000000000,0	100000000000000000,0	125000000000000000,0	160000000000000000,0	200000000000000000,0	250000000000000000,0	315000000000000000,0	400000000000000000,0	500000000000000000,0	630000000000000000,0	800000000000000000,0	1000000000000000000,0	1250000000000000000,0	1600000000000000000,0	2000000000000000000,0	2500000000000000000,0	3150000000000000000,0	4000000000000000000,0	5000000000000000000,0	6300000000000000000,0	8000000000000000000,0	10000000000000000000,0	12500000000000000000,0	16000000000000000000,0	20000000000000000000,0	25000000000000000000,0	31500000000000000000,0	40000000000000000000,0	50000000000000000000,0	63000000000000000000,0	80000000000000000000,0	100000000000000000000,0	125000000000000000000,0	160000000000000000000,0	200000000000000000000,0	250000000000000000000,0	315000000000000000000,0	400000000000000000000,0	500000000000000000000,0	630000000000000000000,0	800000000000000000000,0	1000000000000000000000,0	1250000000000000000000,0	1600000000000000000000,0	2000000000000000000000,0	2500000000000000000000,0	3150000000000000000000,0	4000000000000000000000,0	5000000000000000000000,0	6300000000000000000000,0	8000000000000000000000,0	10000000000000000000000,0	12500000000000000000000,0	16000000000000000000000,0	20000000000000000000000,0	25000000000000000000000,0	31500000000000000000000,0	40000000000000000000000,0	50000000000000000000000,0	63000000000000000000000,0	80000000000000000000000,0	100000000000000000000000,0	125000000000000000000000,0	160000000000000000000000,0	200000000000000000000000,0	250000000000000000000000,0	315000000000000000000000,0	400000000000000000000000,0	500000000000000000000000,0	630000000000000000000000,0	800000000000000000000000,0	1000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000,0	1600000000000000000000000,0	2000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000,0	3150000000000000000000000,0	4000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000,0	8000000000000000000000000,0	10000000000000000000000000,0	12500000000000000000000000,0	16000000000000000000000000,0	20000000000000000000000000,0	25000000000000000000000000,0	31500000000000000000000000,0	40000000000000000000000000,0	50000000000000000000000000,0	63000000000000000000000000,0	80000000000000000000000000,0	100000000000000000000000000,0	125000000000000000000000000,0	160000000000000000000000000,0	200000000000000000000000000,0	250000000000000000000000000,0	315000000000000000000000000,0	400000000000000000000000000,0	500000000000000000000000000,0	630000000000000000000000000,0	800000000000000000000000000,0	1000000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000000,0	1600000000000000000000000000,0	2000000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000000,0	3150000000000000000000000000,0	4000000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000000,0	8000000000000000000000000000,0	10000000000000000000000000000,0	12500000000000000000000000000,0	16000000000000000000000000000,0	20000000000000000000000000000,0	25000000000000000000000000000,0	31500000000000000000000000000,0	40000000000000000000000000000,0	50000000000000000000000000000,0	63000000000000000000000000000,0	80000000000000000000000000000,0	100000000000000000000000000000,0	125000000000000000000000000000,0	160000000000000000000000000000,0	200000000000000000000000000000,0	250000000000000000000000000000,0	315000000000000000000000000000,0	400000000000000000000000000000,0	500000000000000000000000000000,0	630000000000000000000000000000,0	800000000000000000000000000000,0	1000000000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000000000,0	1600000000000000000000000000000,0	2000000000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000000000,0	3150000000000000000000000000000,0	4000000000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000000000,0	8000000000000000000000000000000,0	10000000000000000000000000000000,0	12500000000000000000000000000000,0	16000000000000000000000000000000,0	20000000000000000000000000000000,0	25000000000000000000000000000000,0	31500000000000000000000000000000,0	40000000000000000000000000000000,0	50000000000000000000000000000000,0	63000000000000000000000000000000,0	80000000000000000000000000000000,0	100000000000000000000000000000000,0	125000000000000000000000000000000,0	160000000000000000000000000000000,0	200000000000000000000000000000000,0	250000000000000000000000000000000,0	315000000000000000000000000000000,0	400000000000000000000000000000000,0	500000000000000000000000000000000,0	630000000000000000000000000000000,0	800000000000000000000000000000000,0	1000000000000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000000000000,0	1600000000000000000000000000000000,0	2000000000000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000000000000,0	3150000000000000000000000000000000,0	4000000000000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000000000000,0	8000000000000000000000000000000000,0	10000000000000000000000000000000000,0	12500000000000000000000000000000000,0	16000000000000000000000000000000000,0	20000000000000000000000000000000000,0	25000000000000000000000000000000000,0	31500000000000000000000000000000000,0	40000000000000000000000000000000000,0	50000000000000000000000000000000000,0	63000000000000000000000000000000000,0	80000000000000000000000000000000000,0	100000000000000000000000000000000000,0	125000000000000000000000000000000000,0	160000000000000000000000000000000000,0	200000000000000000000000000000000000,0	250000000000000000000000000000000000,0	315000000000000000000000000000000000,0	400000000000000000000000000000000000,0	500000000000000000000000000000000000,0	630000000000000000000000000000000000,0	800000000000000000000000000000000000,0	1000000000000000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000000000000000,0	1600000000000000000000000000000000000,0	2000000000000000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000000000000000,0	3150000000000000000000000000000000000,0	4000000000000000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000000000000000,0	8000000000000000000000000000000000000,0	10000000000000000000000000000000000000,0	12500000000000000000000000000000000000,0	16000000000000000000000000000000000000,0	20000000000000000000000000000000000000,0	25000000000000000000000000000000000000,0	31500000000000000000000000000000000000,0	40000000000000000000000000000000000000,0	50000000000000000000000000000000000000,0	63000000000000000000000000000000000000,0	80000000000000000000000000000000000000,0	100000000000000000000000000000000000000,0	125000000000000000000000000000000000000,0	160000000000000000000000000000000000000,0	200000000000000000000000000000000000000,0	250000000000000000000000000000000000000,0	315000000000000000000000000000000000000,0	400000000000000000000000000000000000000,0	500000000000000000000000000000000000000,0	630000000000000000000000000000000000000,0	800000000000000000000000000000000000000,0	1000000000000000000000000000000000000000,0	1250000000000000000000000000000000000000,0	1600000000000000000000000000000000000000,0	2000000000000000000000000000000000000000,0	2500000000000000000000000000000000000000,0	3150000000000000000000000000000000000000,0	4000000000000000000000000000000000000000,0	5000000000000000000000000000000000000000,0	6300000000000000000000000000000000000000,0							



Schnitt A-A



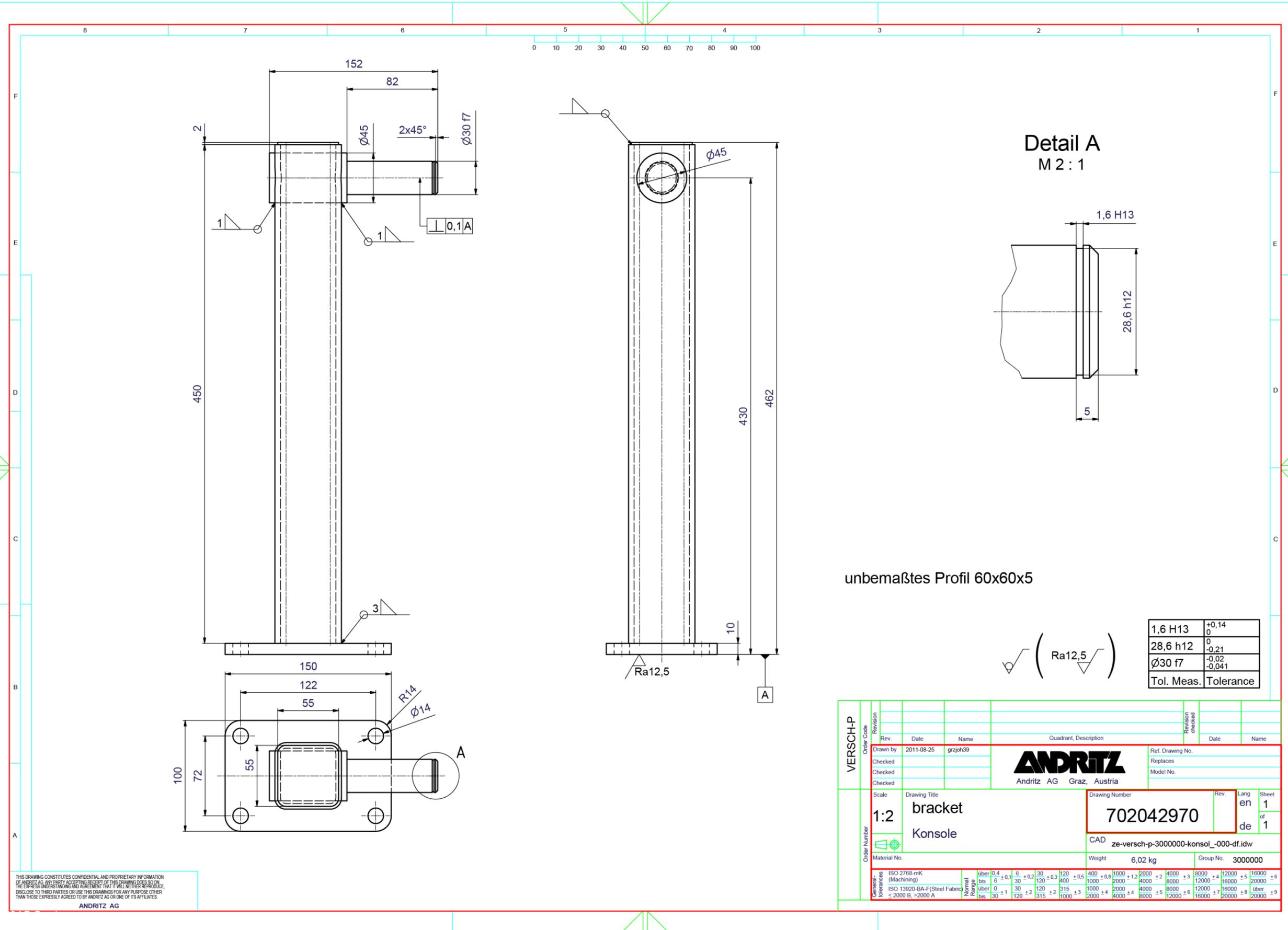
Ra6,3

Ø45 h8	0 -0,039
Ø35 H8	+0,039 0
Tol. Meas.	Tolerance

THIS DRAWING CONSTITUTES CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF ANDRITZ AG. ANY PARTY ACCEPTING RECEIPT OF THIS DRAWING DOES SO ON THE EXPRESS UNDERSTANDING AND AGREEMENT THAT IT WILL NEITHER REPRODUCE, DISCLOSE TO THIRD PARTIES OR USE THIS DRAWINGS FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THOSE EXPRESSLY AGREED TO BY ANDRITZ AG OR ONE OF ITS AFFILIATES.

ANDRITZ AG

VERSCH-P	Revision																
	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description				Revision checked	Date	Name							
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39	<p>Andritz AG Graz, Austria</p>				Ref. Drawing No.									
	Checked							Replaces									
Checked			Model No.														
Scale	Drawing Title			Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet										
1:1	sleeve Huelse			702042949		en	1										
						de	of	1									
Order Number	CAD			ze-versch-p-3000000-huelse_-000-df.idw													
Material No.				Weight	0,26 kg		Group No.	3000000									
General tolerances	ISO 2768-mK (Machining)			über	0,4	± 0,1	6	30 ± 0,2	120 ± 0,3	120 ± 0,5	400 ± 0,8	1000 ± 1,2	2000 ± 2	4000 ± 3	8000 ± 4	12000 ± 5	16000 ± 6
	ISO 13920-BA-F(Steel Fabric < 2000 B, >2000 A)			bis	6	± 0,1	30	120	315	1000	2000	4000	8000	12000	16000	20000	
				über	0	+1	30	120	315	1000	2000	4000	8000	12000	16000	über	
				bis	30	-	120	315	1000	2000	4000	8000	12000	16000	20000	± 9	



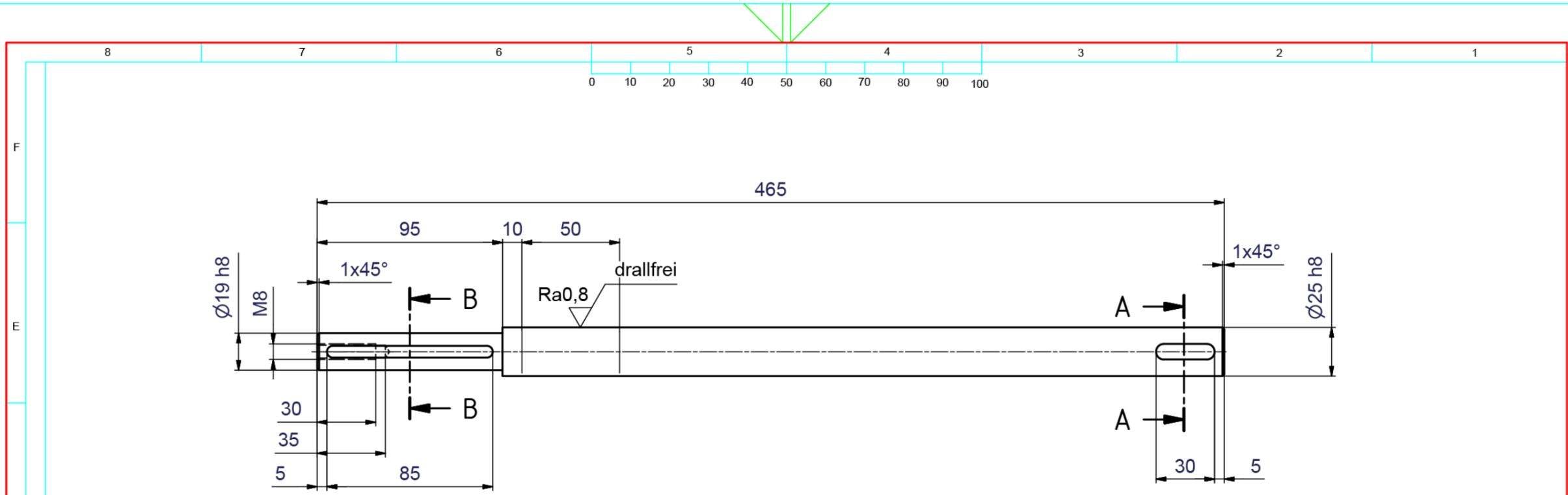
unbemaßtes Profil 60x60x5



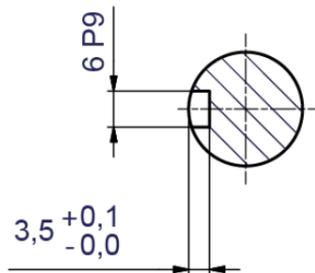
1,6 H13	+0,14 0
28,6 h12	0 -0,21
$\varnothing 30$ f7	-0,02 -0,041
Tol. Meas.	Tolerance

VERSCH-P	Order Code	Revision	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description	Revision checked	Date	Name	
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39	Andritz AG Graz, Austria						Ref. Drawing No.
	Checked								Replaces	
	Checked								Model No.	
Order Number	Scale	Drawing Title		Drawing Number		Rev.	Lang	Sheet		
	1:2	bracket Konsole		702042970			en	1		
				CAD		ze-versch-p-3000000-konso_000-df.idw		of	1	
	Material No.	Weight		Group No.						
		6,02 kg		3000000						
General-tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	über bis	0,4 6 ± 0,1 30 ± 0,2 120 ± 0,3 400 ± 0,5 1000 ± 0,8 2000 ± 1,2 4000 ± 2 8000 ± 3 12000 ± 4 16000 ± 5 20000 ± 6	über bis	0 30 ± 1 120 ± 2 315 ± 3 1000 ± 4 2000 ± 4 4000 ± 5 8000 ± 6 12000 ± 7 16000 ± 8 20000 ± 9					

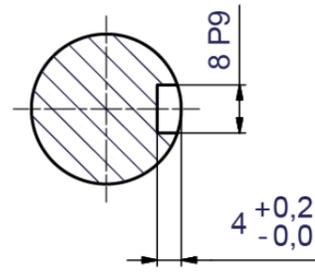
THIS DRAWING CONSTITUTES CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF ANDRITZ AG. ANY PARTY ACCEPTING RECEIPT OF THIS DRAWING DOES SO WITH THE EXPRESS UNDERSTANDING AND AGREEMENT THAT IT WILL NEITHER REPRODUCE, DISCLOSE TO THIRD PARTIES OR USE THIS DRAWING FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THOSE EXPRESSLY AGREED TO BY ANDRITZ AG OR ONE OF ITS AFFILIATES.
ANDRITZ AG



Schnitt B-B
M 1:1



Schnitt A-A
M 1:1



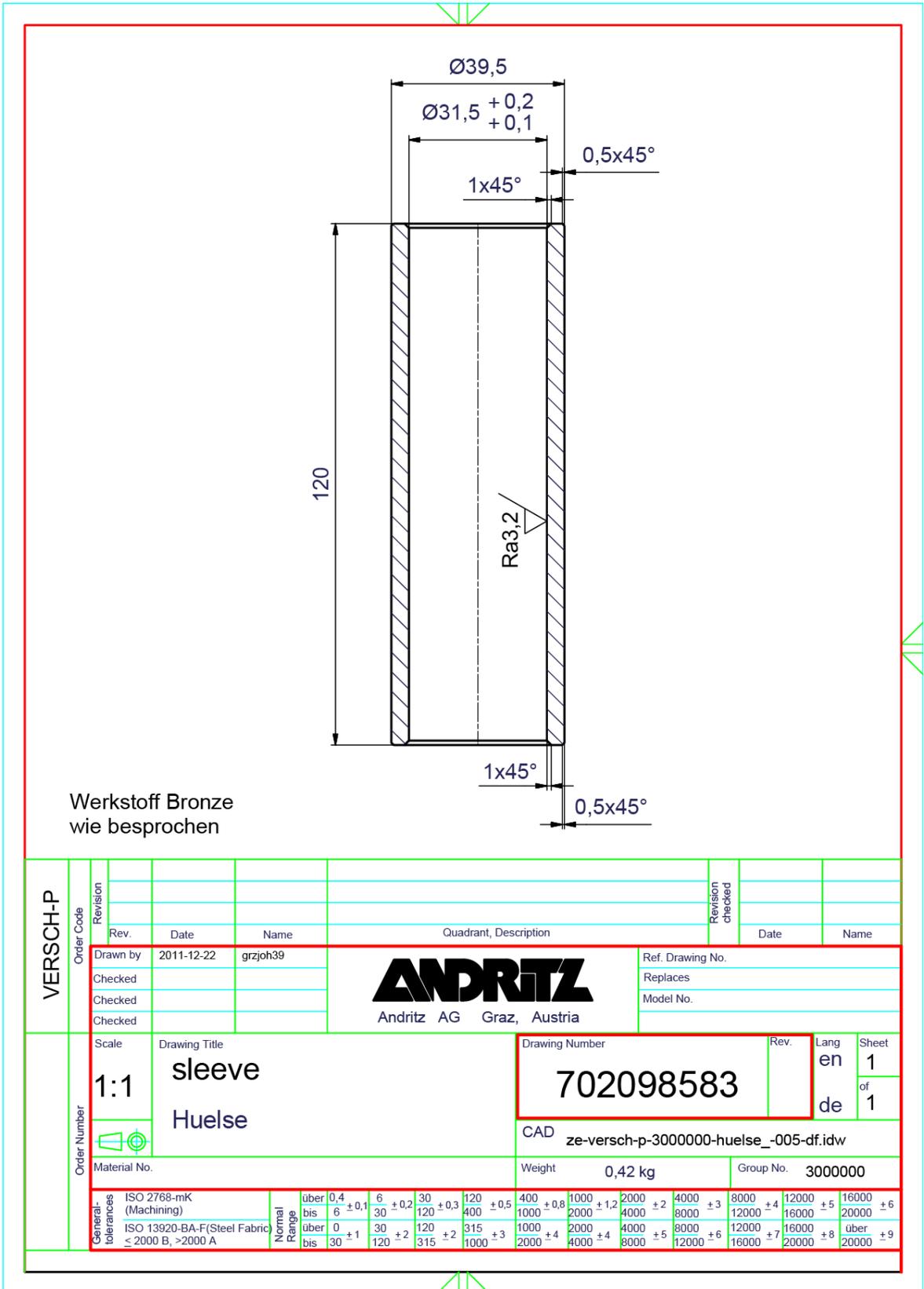
$Ra 6,3$ ($Ra 0,8$ drallfrei)

6 P9	-0,012 -0,042
8 P9	-0,015 -0,051
$\varnothing 25 \text{ h8}$	0 -0,033
$\varnothing 19 \text{ h8}$	0 -0,033
Tol. Meas.	Tolerance

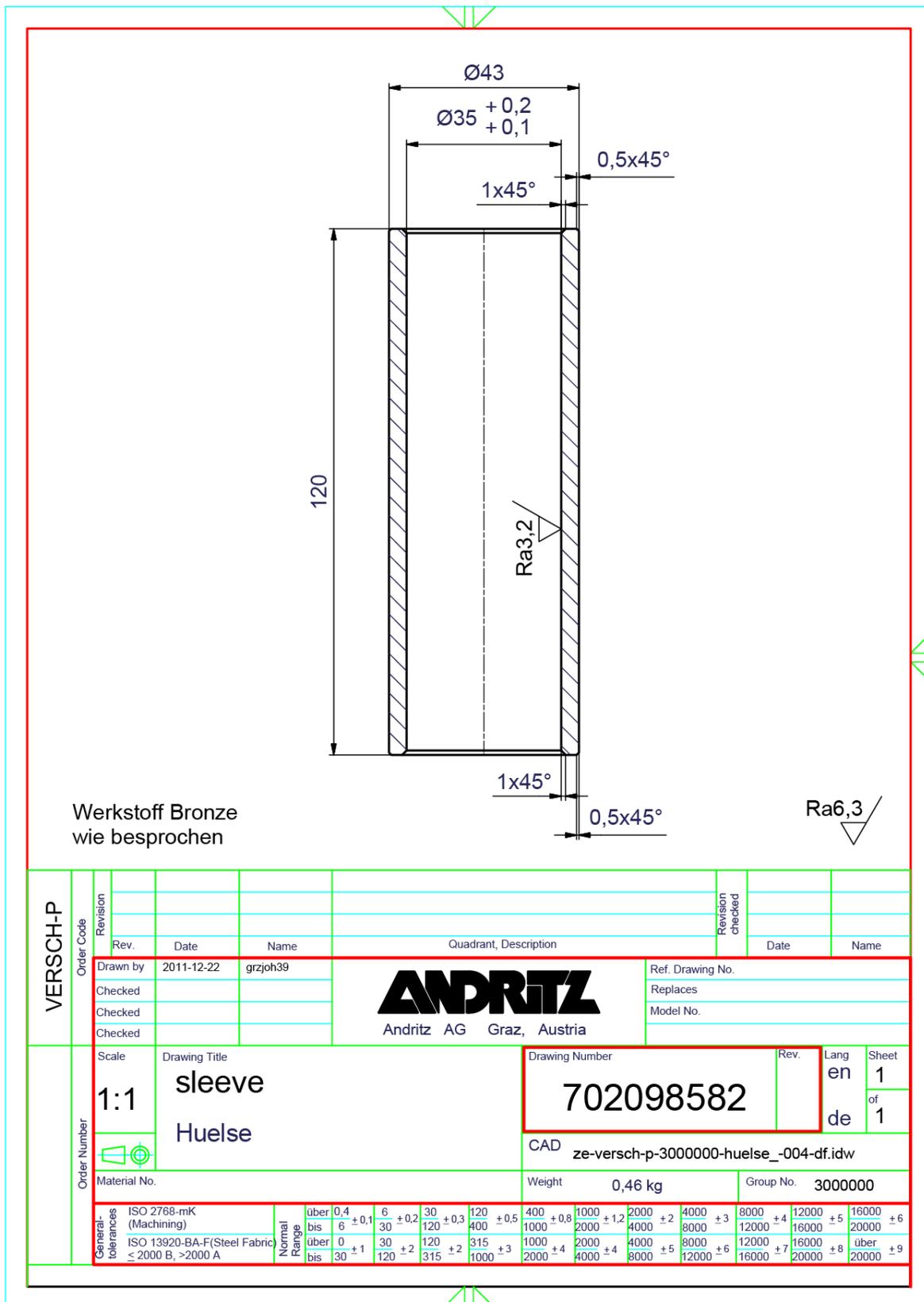
THIS DRAWING CONSTITUTES CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF ANDRITZ AG. ANY PARTY ACCEPTING RECEIPT OF THIS DRAWING DOES SO ON THE EXPRESS UNDERSTANDING AND AGREEMENT THAT IT WILL NEITHER REPRODUCE, DISCLOSE TO THIRD PARTIES OR USE THIS DRAWINGS FOR ANY PURPOSE OTHER THAN THOSE EXPRESSLY AGREED TO BY ANDRITZ AG OR ONE OF ITS AFFILIATES.

ANDRITZ AG

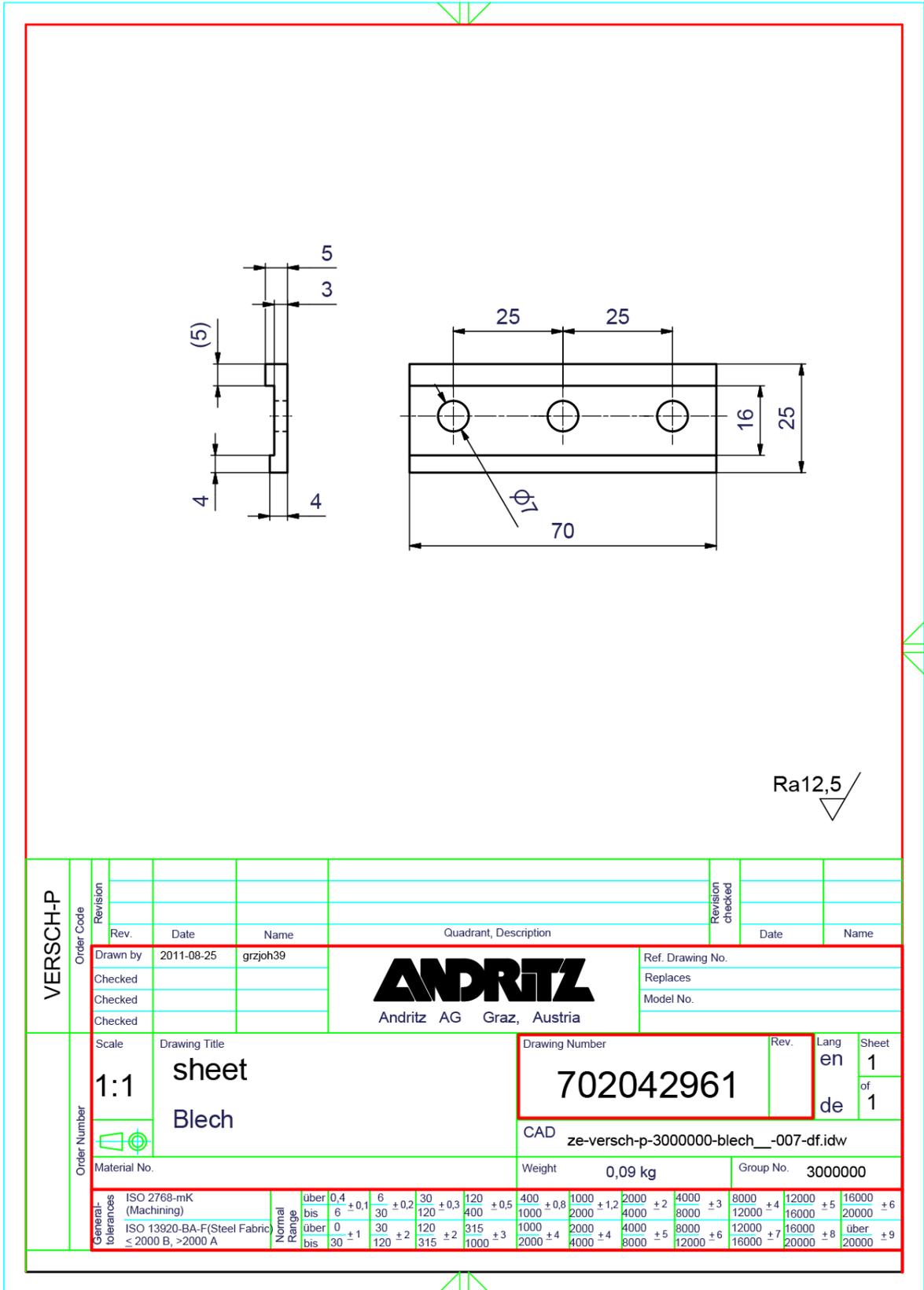
VERSCH-P	Order Code	Revision	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description	Revision checked	Date	Name																	
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39							Ref. Drawing No.																
	Checked	Andritz AG Graz, Austria						Replaces																		
	Checked	Drawing Number: 702042938 Rev. en 1 of 1 de 1 CAD: ze-versch-p-3000000-welle_-000-df.idw						Model No.																		
Order Number	Scale	Drawing Title		Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet																			
	1:2	shaft Welle		702042938		en	1																			
Material No.	Weight	Group No.																								
	1,61 kg	3000000																								
General tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	Normal Range	über	0,4	± 0,1	6	± 0,2	30	± 0,3	120	± 0,5	400	± 0,8	1000	± 1,2	2000	± 2	4000	± 3	8000	± 4	12000	± 5	16000	± 6	
	ISO 13920-BA-F (Steel Fabric)	über	0	± 1	30	± 2	120	± 2	315	± 2	1000	± 4	2000	± 4	4000	± 5	8000	± 6	12000	± 7	16000	± 8	20000	± 8	über	± 9
	≤ 2000 B, >2000 A	bis	30	± 1	120	± 2	315	± 2	1000	± 3	2000	± 4	4000	± 4	8000	± 5	12000	± 6	16000	± 7	20000	± 8	20000	± 9		



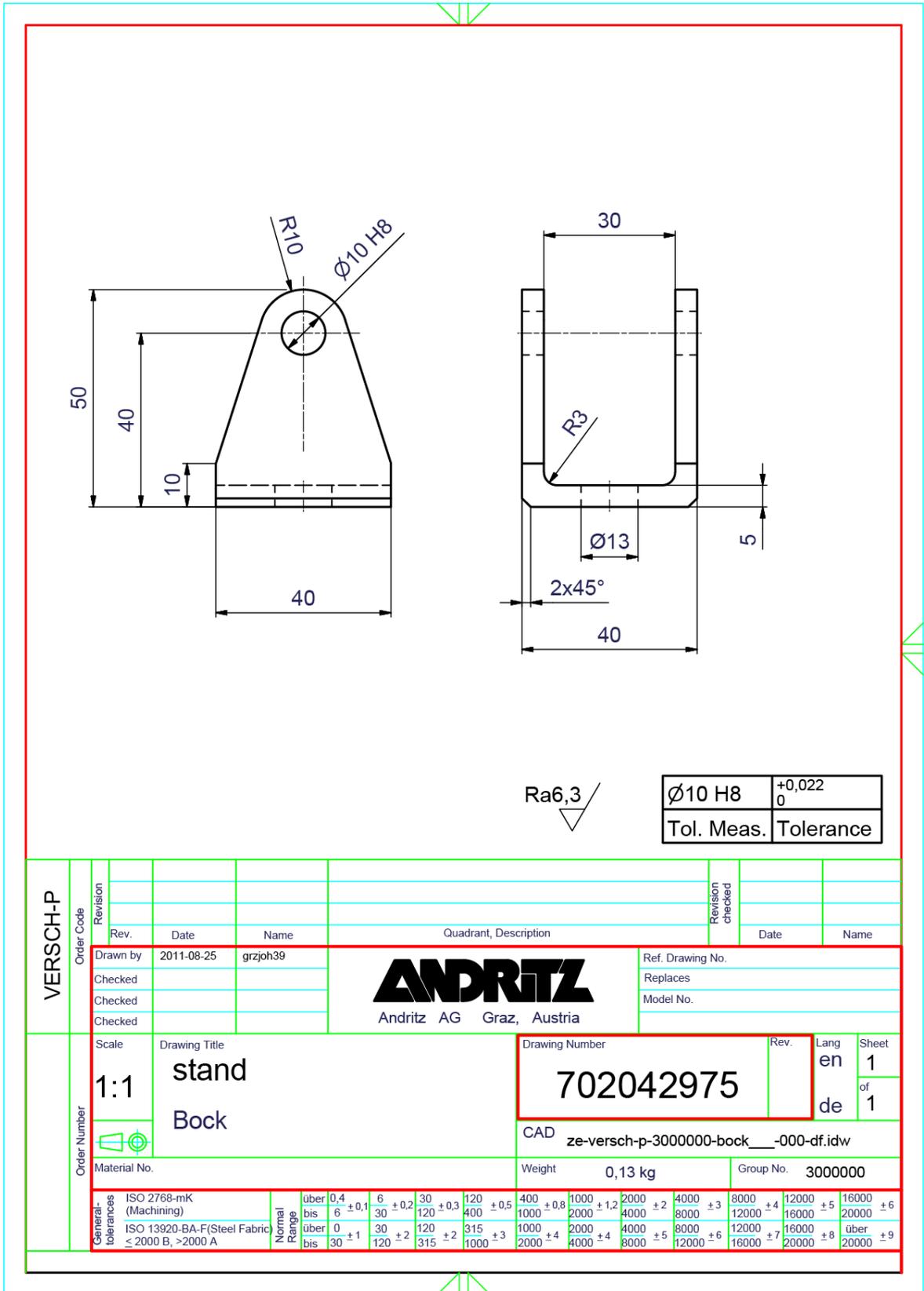
VERSCH-P	Order Code	Revision			Revision checked								
		Rev.	Date	Name	Quadrant, Description	Date	Name						
	Drawn by	2011-12-22	grzjoh39	 Andritz AG Graz, Austria			Ref. Drawing No.						
	Checked						Replaces						
Checked			Model No.										
Checked													
Order Number	Scale	Drawing Title			Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet					
	1:1	sleeve Huelse			702098583		en	1					
					CAD	ze-versch-p-3000000-huelse_-005-df.idw	de	of 1					
	Material No.				Weight	0,42 kg	Group No.	3000000					
General-tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	Normal Range	über 0,4 bis 6 ± 0,1	6 ± 0,2	30 ± 0,3	120 ± 0,5	400 ± 0,8	1000 ± 1,2	2000 ± 2	4000 ± 3	8000 ± 4	12000 ± 5	16000 ± 6
	ISO 13920-BA-F (Steel Fabric < 2000 B, > 2000 A)		über 0 bis 30 ± 1	30 ± 2	120 ± 2	315 ± 3	1000 ± 4	2000 ± 4	4000 ± 5	8000 ± 6	12000 ± 7	16000 ± 8	über 20000 ± 9



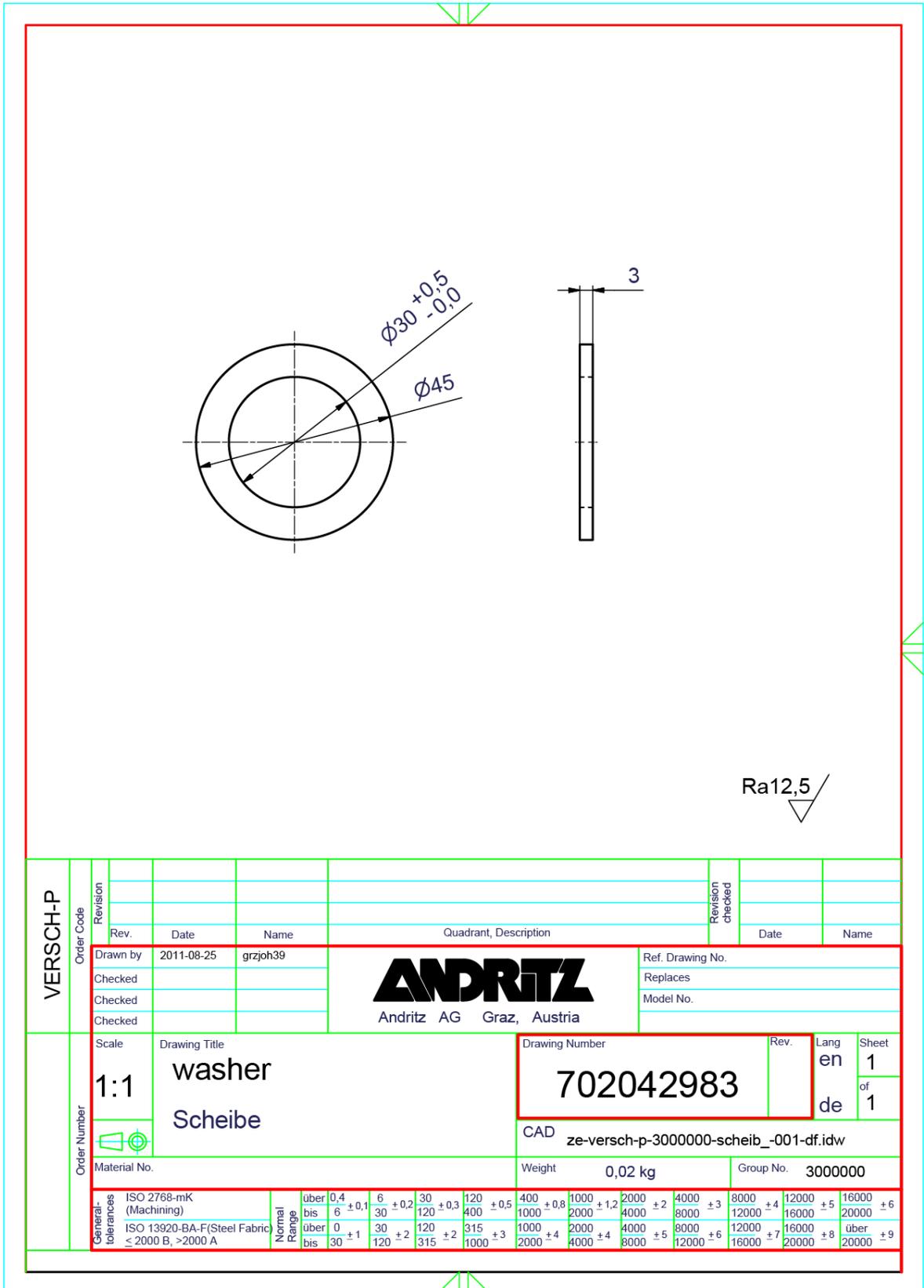
VERSCH-P	Order Code	Revision			Revision checked				
		Rev.	Date	Name	Quadrant, Description	Date	Name		
	Drawn by	2011-12-22	grzjoh39	 Andritz AG Graz, Austria			Ref. Drawing No.		
	Checked						Replaces		
Checked			Model No.						
Checked									
Order Number	Scale	Drawing Title			Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet	
	1:1	sleeve Huelse			702098582		en	1	
					CAD	ze-versch-p-3000000-huelse_-004-df.idw	de	of 1	
	Material No.				Weight	0,46 kg	Group No.	3000000	
General-tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	Normal Range	über 0,4 bis 6 ± 0,1	6 ± 0,2 30 ± 0,3	120 ± 0,5 400 ± 0,5	400 ± 0,8 1000 ± 1,2	2000 ± 2 4000 ± 3	8000 ± 4 12000 ± 5	16000 ± 6 20000 ± 6
	ISO 13920-BA-F(Steel Fabric < 2000 B, >2000 A)		über 0 bis 30 ± 1	30 ± 2 120 ± 2	120 ± 2 315 ± 3	1000 ± 4 2000 ± 4	4000 ± 5 8000 ± 6	12000 ± 7 16000 ± 8	20000 ± 8 über 20000 ± 9



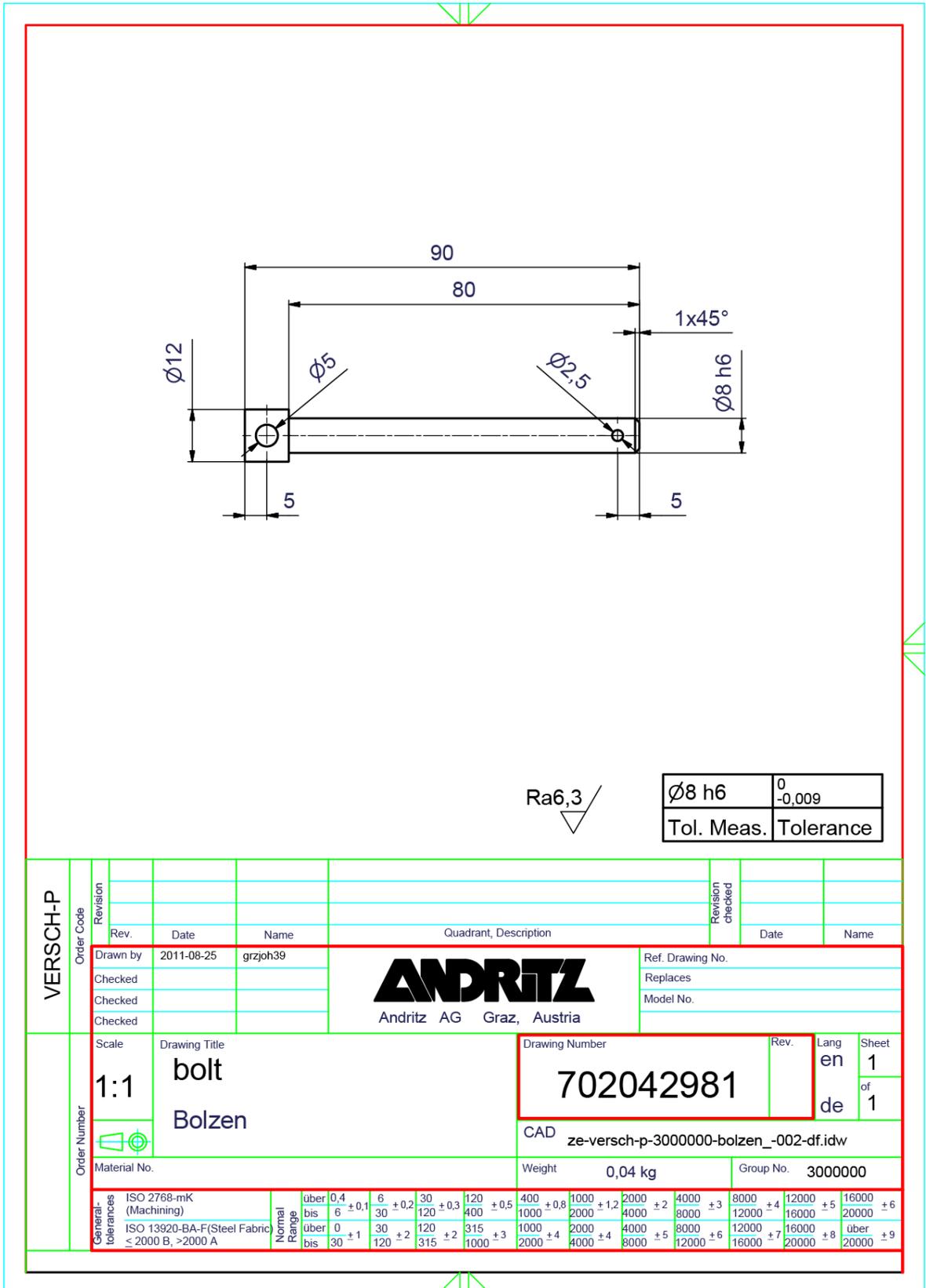
VERSCH-P	Revision																
	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description								Revision checked	Date	Name			
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39	 Andritz AG Graz, Austria								Ref. Drawing No.					
	Checked											Replaces					
Checked			Model No.														
Checked																	
Order Number	Scale	Drawing Title		Drawing Number		Rev.	Lang	Sheet									
	1:1	sheet		702042961			en	1									
		Blech		CAD ze-versch-p-3000000-blech__-007-df.idw			de	of 1									
	Material No.			Weight		Group No.											
				0,09 kg		3000000											



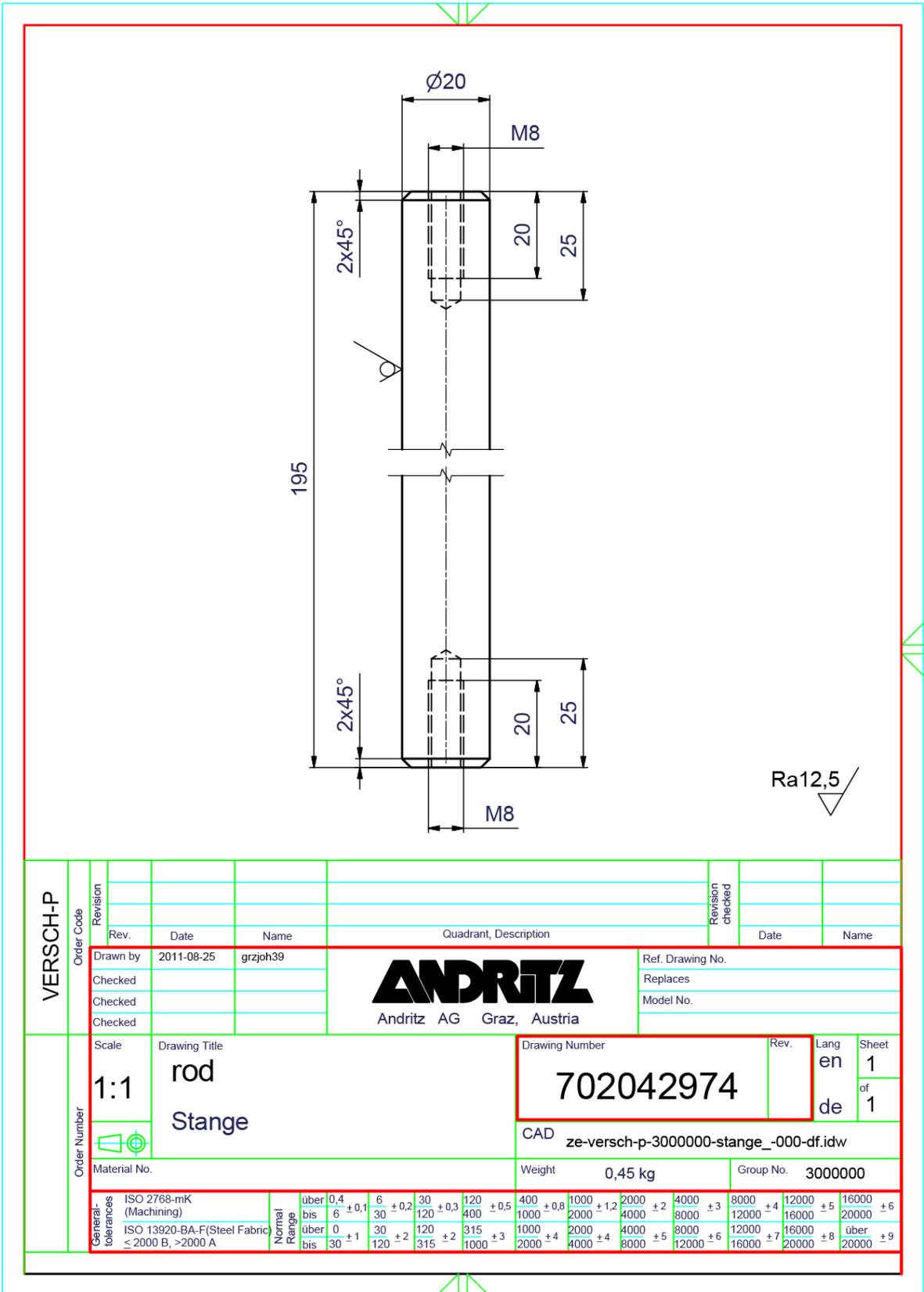
VERSCH-P	Order Code	Revision	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description	Revision checked	Date	Name	
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39	 Andritz AG Graz, Austria						Ref. Drawing No.
	Checked									Replaces
	Checked									Model No.
Checked										
Order Number	Scale	Drawing Title	Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet				
	1:1	stand Bock	702042975		en de	1 of 1				
	Material No.	Weight	0,13 kg	Group No.	3000000					
CAD ze-versch-p-3000000-bock___-000-df.idw										



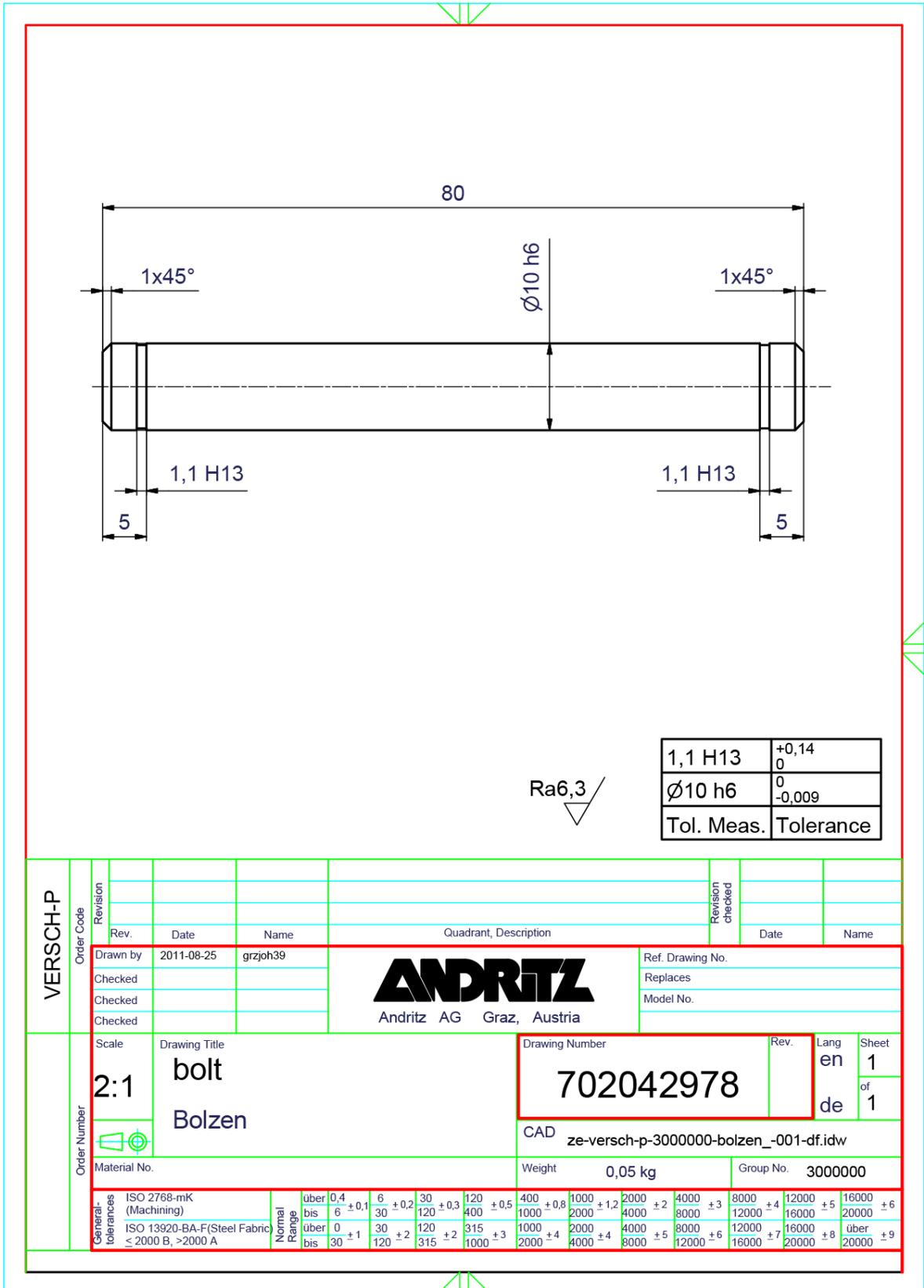
VERSCH-P	Order Code	Revision					Revision checked							
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39	ANDRITZ Andritz AG Graz, Austria			Ref. Drawing No.							
	Checked						Replaces							
	Checked						Model No.							
	Checked													
Order Number	Scale	Drawing Title			Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet						
	1:1	washer Scheibe			702042983		en de	1 of 1						
					CAD ze-versch-p-3000000-scheib_-001-df.idw									
		Material No.			Weight	0,02 kg	Group No.		3000000					
General-tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	Normal Range	über bis	0,4 ± 0,1	6 ± 0,2	30 ± 0,3	120 ± 0,5	400 ± 0,8	1000 ± 1,2	2000 ± 2	4000 ± 3	8000 ± 4	12000 ± 5	16000 ± 6
	ISO 13920-BA-F (Steel Fabric ≤ 2000 B, >2000 A)	über bis	0 ± 1	30 ± 2	120 ± 2	315 ± 3	1000 ± 4	2000 ± 4	4000 ± 4	8000 ± 5	12000 ± 6	16000 ± 7	20000 ± 8	über 20000 ± 9



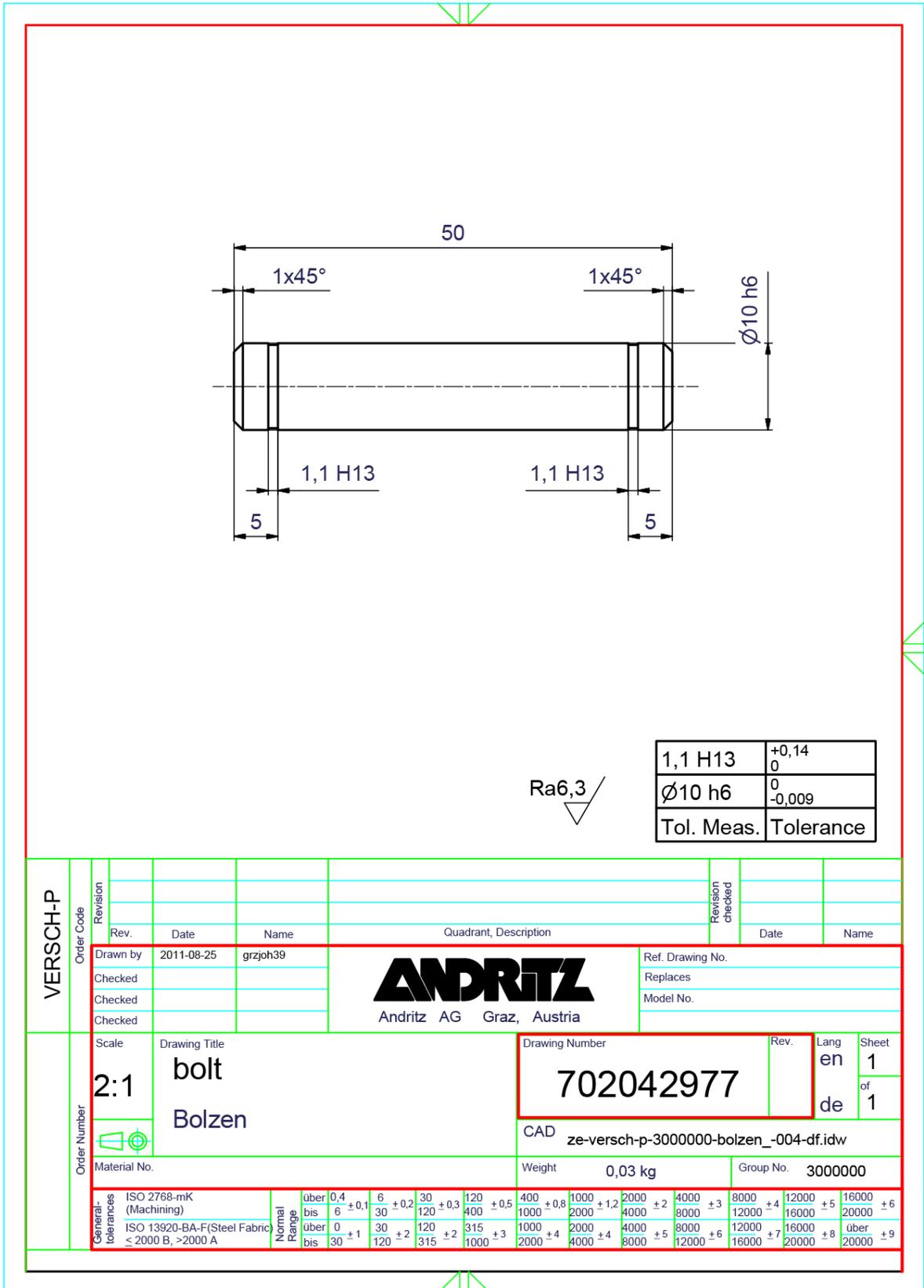
VERSCH-P	Revision				Revision checked				
	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description			Date	Name	
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39	<div style="font-size: 2em; font-weight: bold; margin: 0;">ANDRITZ</div> Andritz AG Graz, Austria			Ref. Drawing No.		
	Checked						Replaces		
	Checked						Model No.		
Checked									
Order Number	Scale	Drawing Title			Drawing Number		Rev.	Lang	Sheet
	1:1	bolt Bolzen			702042981			en de	1 of 1
					CAD ze-versch-p-3000000-bolzen_-002-df.idw				
	Material No.				Weight		Group No.		
					0,04 kg		3000000		
General-tolerances	ISO 2768-mK (Machining)			ISO 13920-BA-F (Steel Fabric < 2000 B, >2000 A)			Normal Range	über	bis
				0,4 ± 0,1	6 ± 0,2	30 ± 0,3	120 ± 0,5	400 ± 0,8	1000 ± 1,2
				8000 ± 3	12000 ± 4	16000 ± 5	20000 ± 6	über	bis
				0 ± 1	30 ± 2	120 ± 2	315 ± 3	1000 ± 4	2000 ± 4
				8000 ± 6	12000 ± 7	16000 ± 8	20000 ± 9	über	bis
				30 ± 1	120 ± 2	315 ± 2	1000 ± 3	2000 ± 4	4000 ± 4
				8000 ± 6	12000 ± 7	16000 ± 8	20000 ± 9	über	bis



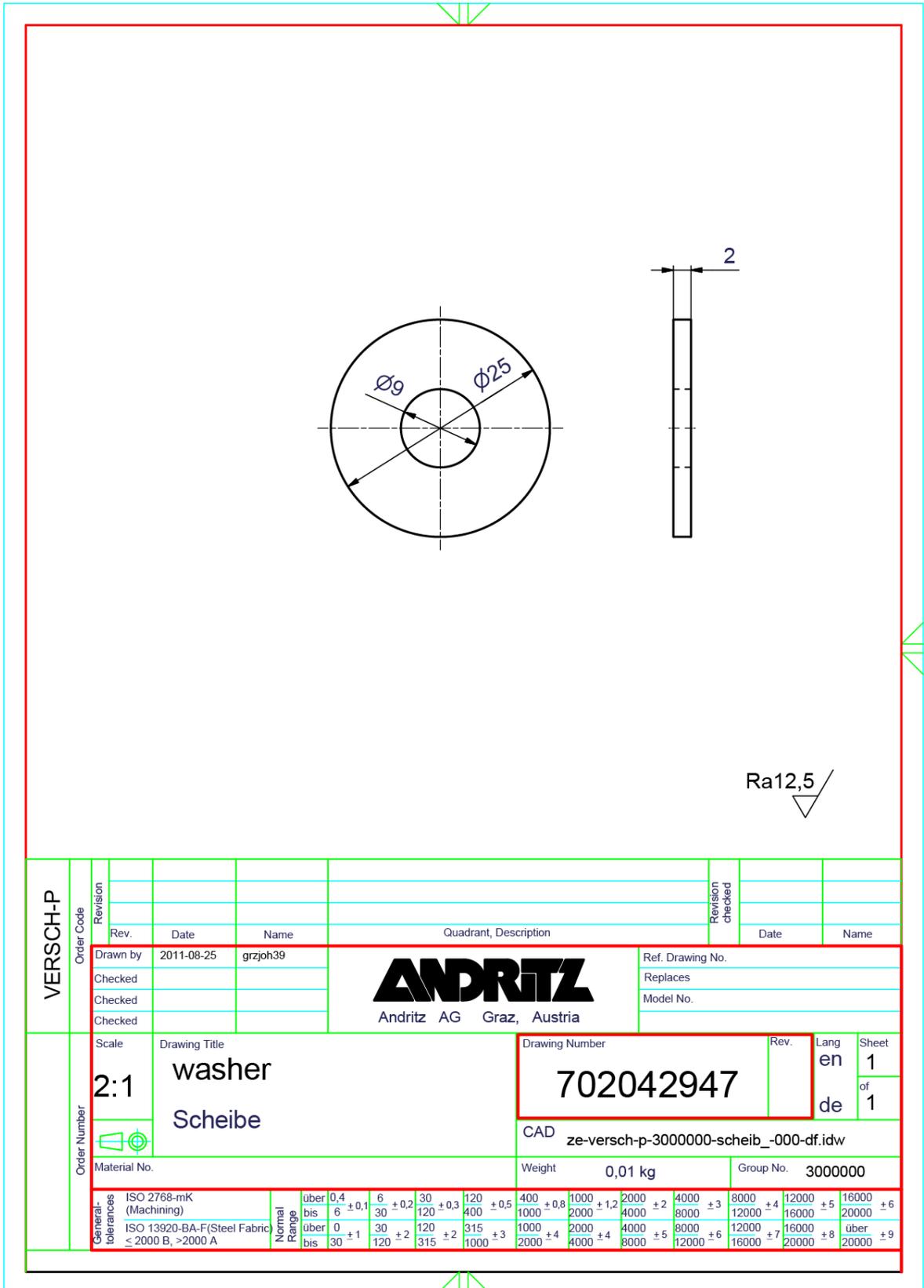
VERSCH-P	Order Code					Revision								
	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description				Revision checked	Date	Name				
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39	 Andritz AG Graz, Austria				Ref. Drawing No.						
	Checked							Replaces						
Checked			Model No.											
Order Number	Scale	Drawing Title				Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet					
	1:1	rod				702042974		en	1					
		Stange				CAD ze-versch-p-3000000-stange_-000-df.idw								
	Material No.					Weight	0,45 kg							
	Group No.					3000000								
General-tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	Normal Range	über	0,4	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000	16000
		bis	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	
	ISO 13920-BA-F(Steel Fabric < 2000 B, >2000 A)	über	0	30	120	315	1000	2000	4000	8000	12000	16000	über	
		bis	± 1	± 2	± 2	± 3	± 4	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9	



VERSCH-P	Order Code	Revision			Revision checked		
	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description		Date	Name
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39	 Andritz AG Graz, Austria		Ref. Drawing No.	
	Checked					Replaces	
Checked			Model No.				
Checked							
Order Number	Scale	Drawing Title		Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet
	2:1	bolt		702042978		en	1
		Bolzen		CAD	ze-versch-p-3000000-bolzen_-001-df.idw	de	of 1
	Material No.			Weight	0,05 kg	Group No.	3000000
General-tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	Normal Range	über bis	0,4 ± 0,1	6 ± 0,2	30 ± 0,3	120 ± 0,5
	ISO 13920-BA-F(Steel Fabric < 2000 B, >2000 A)	über bis	0 ± 1	30 ± 2	120 ± 2	315 ± 3	1000 ± 3
		über bis	30 ± 1	120 ± 2	315 ± 2	1000 ± 3	400 ± 0,8
							1000 ± 1,2
							2000 ± 2
							4000 ± 3
							8000 ± 4
							12000 ± 5
							16000 ± 6
							über 20000 ± 9



VERSCH-P	Order Code	Revision			Revision checked								
	Rev.	Date	Name	Quadrant, Description		Date	Name						
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39	 Andritz AG Graz, Austria		Ref. Drawing No.							
	Checked					Replaces							
Checked			Model No.										
Checked													
Order Number	Scale	Drawing Title		Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet						
	2:1	bolt Bolzen		702042977		en de	1 of 1						
				CAD ze-versch-p-3000000-bolzen_-004-df.idw									
	Material No.			Weight	0,03 kg	Group No.	3000000						
General-tolerances	ISO 2768-mK (Machining)	Normal Range	über 0,4 bis 6 ± 0,1	6 ± 0,2	30 ± 0,3	120 ± 0,5	400 ± 0,8	1000 ± 1,2	2000 ± 2	4000 ± 3	8000 ± 4	12000 ± 5	16000 ± 6
	ISO 13920-BA-F(Steel Fabric < 2000 B, >2000 A)		über 0 bis 30 ± 1	30 ± 2	120 ± 2	315 ± 3	1000 ± 4	2000 ± 4	4000 ± 5	8000 ± 6	12000 ± 7	16000 ± 8	über 20000 ± 9



VERSCH-P	Order Code															
	Revision															
	Drawn by	2011-08-25	grzjoh39	ANDRITZ Andritz AG Graz, Austria				Ref. Drawing No.								
	Checked							Replaces								
	Checked							Model No.								
Checked																
Order Number	Scale	Drawing Title			Drawing Number	Rev.	Lang	Sheet								
	2:1	washer Scheibe			702042947		en de	1 of 1								
					CAD ze-versch-p-3000000-scheib_-000-df.idw											
		Material No.			Weight	0,01 kg		Group No.	3000000							
General-tolerances	ISO 2768-mK (Machining)			Normal Range	über	0,4	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000	16000
	ISO 13920-BA-F(Steel Fabric <= 2000 B, >2000 A)			bis	über	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6
				bis	bis	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000	16000	20000
				bis	bis	± 1	± 2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	über	± 9
				bis	bis	30	120	315	1000	2000	4000	8000	16000	20000	20000	