



Montanuniversität Leoben - University of Leoben

Department Metallurgie - Department of Metallurgy

Nichteisenmetallurgie - Nonferrous Metallurgy

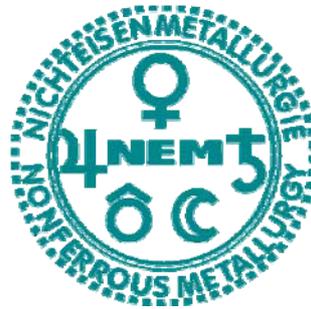


www.unileoben.ac.at

DIPLOMARBEIT

Thema:

Aufbau und Inbetriebnahme eines Versuchsstandes für feuerfeste Werkstoffe in der Aluminiumindustrie



Ersteller:

Christoph Florian Wagner Bakk.techn.

Betreuer:

Ao.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr.mont. Helmut Antrekowitsch

Dipl.-Ing. Michael Potesser

Leoben, März 2007

Danksagung

Für die Themenstellung und fachliche Betreuung möchte ich mich besonders bei Herrn Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont Helmut Antrekowitsch bedanken, der mir mit seinem Fachwissen, aber auch durch seine Menschlichkeit, immer mit Rat und Tat zur Seite stand.

Bedanken möchte ich mich für die ausgezeichnete Betreuung bei Herrn DI Michael Potesser, der durch häufige Diskussionen, Anregungen und Hilfestellungen einen wesentlichen Beitrag zur Diplomarbeit leistete.

Ein besonderer Dank gilt meinem Firmenbetreuer Herrn DI Helmut Suppan, der durch Inauftraggeben der Diplomarbeit, und durch freundliche Unterstützung den Grundstein für diese Arbeit gelegt hat.

Allen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des Departments Metallurgie-Arbeitsbereich Nichteisenmetallurgie, die mich bei der Durchführung dieser Diplomarbeit unterstützt haben, möchte ich einen Dank aussprechen.

Besonders Herrn Erich Troger, der durch Gespräche im Vorfeld und sein fachliches Können am Zusammenbau des Versuchsstandes maßgeblich beteiligt war.

Gedankt sei auch Herrn Ing. Alois Lang für die freundliche Unterstützung beim Zusammenbau des Versuchsstandes.

Mein größter Dank gilt meiner Familie, die mir das Studium ermöglicht haben und immer unterstützend zur Seite standen. Ein Dankeschön auch an meine Freundin, die mich motivierend begleitet hat.

Aufbau und Inbetriebnahme eines Versuchsstandes für feuerfeste Werkstoffe in der Aluminiumindustrie

Die Austria Metall AG, ein führender Hersteller von Aluminiumprodukten für die weiterverarbeitende Industrie, produziert unter anderem hochqualitative und spezialisierte Walzprodukte, Spezialprofile aus leicht pressbaren Legierungen, Gusslegierungen in Form von Masseln und Rundbarren. Das Umschmelzen der Sekundärrohstoffe erfolgt sehr oft in Herdöfen. Auf den Rampenbereich dieser Einschmelzaggregate wurde ein besonderes Augenmerk gelegt. Dieser Teil ist durch verschiedene Aspekte einem erhöhten Verschleiß ausgesetzt, was zu Abplatzungen, Abrieb, Gefügeänderungen, Erhöhung der Porosität und Zunahme der Korundbildung der feuerfesten Auskleidung führt.

Ziel dieser Diplomarbeit ist, dass durch Planung, Aufbau, Inbetriebnahme und Übergabe eines Versuchsstandes für unterschiedliche feuerfeste Materialien an die Austria Metall AG die Möglichkeit geschaffen wird, feuerfeste Materialien auf ihre Beständigkeit gegenüber mechanischer, thermischer und chemischer Belastung in der Sekundäraluminiumindustrie zu testen. Darüber hinaus soll der Versuchsstand Rückschlüsse und Aussagen darüber geben können, welches feuerfeste Material die Kriterien bei einer Neuzustellung des Rampenbereichs mit höchster Zufriedenheit erfüllt.

Design and start up of an experimental rig for refractory materials in the aluminium industry

Austria Metall AG, a leading producer of aluminium alloys for the further processing industry, produces high quality and specialized rolled products, cast alloys in the form of ingots or liquid aluminium and extrusion billets. They use hearth-type furnaces to remelt their secondary raw materials. Hereby the ramp of the furnace is a critical area due to the thermal, chemical and mechanical stress. Concerning to different parameters the ramp is exposed to increased abrasion, spalling, microstructural change, increased porosity and building up corundum of the refractories.

The aim of this diploma thesis is to plan, design, start up and investigate refractories for the Austria Metall AG. The experimental work should show the opportunity to test refractory materials against mechanical, thermal and chemical stress. With the results of the investigations, it should be possible to select resistant refractories for the ramp of the furnace.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	Problemstellung.....	2
1.2	Zielsetzung.....	2
2	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	3
2.1	Sekundäraluminium.....	3
2.1.1	Zahlen zur Sekundäraluminiumproduktion.....	3
2.1.2	Technologie der Sekundäraluminiumerzeugung.....	4
2.1.2.1	Tiegelöfen.....	7
2.1.2.2	Induktionsöfen.....	8
2.1.2.3	Schachtöfen.....	9
2.1.2.4	Herdöfen.....	10
2.1.2.5	Zweikammer-Schmelzofen.....	11
2.1.2.6	Drehtrommelöfen.....	12
2.1.2.7	Pyrolyse/Blankglühen/Schmelzen.....	13
2.1.3	Brenner für öl- und gasbeheizte Öfen.....	14
2.1.3.1	Kaltluftbrenner.....	15
2.1.3.2	Warmluftbrenner.....	15
2.1.3.3	Heißluftbrenner.....	16
2.1.4	Verhalten von Aluminiumschmelzen.....	17
2.1.4.1	Wasserstoff und Wasserdampf.....	17
2.1.4.2	Sauerstoff und Stickstoff.....	18
2.1.4.3	Feuerfestmaterialien.....	18
2.2	Feuerfeste Werkstoffe.....	19
2.2.1	Definition.....	19
2.2.2	Anforderungen an feuerfeste Erzeugnisse.....	20
2.2.2.1	Feuerfestigkeit.....	21
2.2.2.2	Thermische Dehnung.....	21
2.2.2.3	Temperaturwechselbeständigkeit (TWB).....	21
2.2.2.4	Wärmeleitfähigkeit.....	22
2.2.2.5	Druckfestigkeit.....	22
2.2.2.6	Abriebfestigkeit.....	22
2.2.2.7	Dichte, Porosität und Porengrößenverteilung.....	23
2.2.2.8	Chemische Zusammensetzung.....	23
2.3	Wärmeübertragung.....	24
2.3.1	Wärmeübergang.....	24
2.3.2	Wärmestrahlung.....	25
2.3.3	Wärmeleitung.....	26
2.3.4	Wärmedurchgang.....	28
3	EXPERIMENTELLES	31
3.1	Beschreibung des Versuchsstandes.....	32
3.1.1	Schmelz- und Warmhalteöfen.....	32
3.1.2	Verschleißprüfstand.....	33
3.1.2.1	Tisch.....	34
3.1.2.2	Halbschalenofen.....	34

3.1.2.3	Steinwanne.....	36
3.1.2.4	Spannvorrichtung	37
3.1.2.5	Abriebarm.....	38
3.1.2.6	Getriebemotor	39
3.1.2.7	Steuerung.....	40
3.2	Auslegung	42
3.2.1	Dimensionierung des Abriebarmes	42
3.2.2	Kühlung des Abriebarmes	43
3.2.2.1	Wärmeübergang vom Halbschalenofen zum Abriebarm.....	43
3.2.2.2	Wärmeübergang innerhalb des Abriebarmes.....	43
3.2.2.3	Kühlwasser.....	44
3.2.2.4	Berechnung	44
3.2.2.5	Ergebnisse	45
3.2.2.6	Sicherheitsaspekte.....	45
3.2.3	Wärmeverlustberechnung des Halbschalenofens.....	46
3.3	Probekörper.....	50
3.3.1	PLICAST BL 80 B3-1	51
3.3.2	PLICAST BL 80 B3-2	51
3.3.3	ALURATH B 80 C-Al	52
3.3.4	FORMULA 2104-L.....	53
3.3.5	DIDURIT 120ALH 0-6.....	53
3.3.6	DIDURIT 130 AL 0-6	54
3.3.7	DIDURIT 140 ALX 0-6.....	54
3.3.8	RESISTAL B85AC.....	55
3.3.9	RESISTAL B85SCW	56
3.4	CE-Kennzeichnung	56
3.4.1	Definition	56
3.4.2	Vorgangsweise bei der CE-Kennzeichnung.....	57
3.5	Gefahrenanalyse, Risikoanalyse.....	58
3.5.1	Begriffe	59
3.5.2	Verfahren der Gefahren-, Risikoanalyse	59
3.5.3	Einstufung des Produkts	61
3.5.4	Gefahrenanalyse des Verschleißprüfstandes	61
3.5.5	Technische Dokumentation.....	63
3.6	Versuchsablauf.....	63
3.6.1	Finger-Tip-Test.....	63
3.6.2	Abriebtest	66
4	ERGEBNISSE	67
4.1	Finger-Tip-Test.....	67
4.2	Abriebtest	67
4.3	Gesamtbewertung	68
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	69
6	LITERATUR	71

7	GLOSSAR UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	73
8	TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS	77
9	ANHANG.....	79

1 Einleitung

Die vorliegende Diplomarbeit wurde in Kooperation mit der Austria Metall AG in Ranshofen, ein Technologieführer der Aluminiumbranche und führender Hersteller von Aluminiumhalbzeug- und Gießereiprodukten für die weiterverarbeitende Industrie erstellt. Da die Bedeutung von Aluminium in fast allen industriellen Anwendungen steigt, wird bei der Austria Metall AG auf ständige Verbesserung der bereits hohen Qualitätsstandards viel Wert gelegt und Produkte, die höchsten Anforderungen entsprechen, produziert. Das Produktionsprogramm der Austria Metall AG beinhaltet hochqualitative und spezialisierte Walzprodukte, Spezialprofile aus leicht pressbaren Legierungen, Gusslegierungen in Form von Masseln und Rundbarren. Der Exportanteil beträgt rund 80 % zu den Hauptmärkten Europa und Übersee. Das Umschmelzen der Sekundärrohstoffe erfolgt in Herd- und Salztrommeldrehöfen. Auf den Rampenbereich der Herdöfen (Abbildung 1) wurde in der Vergangenheit ein besonderes Augenmerk gelegt, da dieser, aufgrund verschiedener Aspekte, erhöhten Verschleiß ausgesetzt ist. Im Rahmen von theoretischen Grundlagen, sowie der Konzipierung eines Versuchsstandes soll die Problematik im Rampenbereich näher beleuchtet und Erkenntnisse für die Auswahl von feuerfesten Materialien zum Einsatz in diesem Bereich geliefert werden.

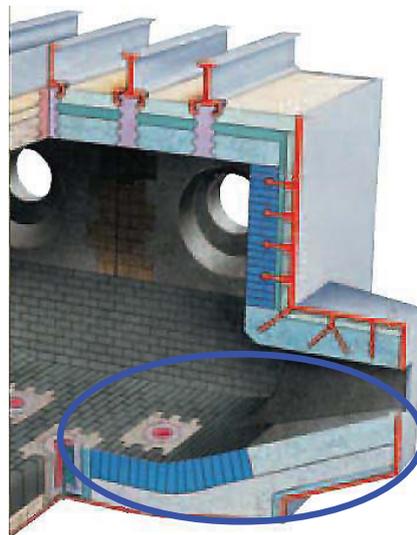


Abbildung 1: Rampenbereich des Herdofens^[1]

1.1 Problemstellung

Die Schwierigkeit bei den Herdöfen ist, dass die Abkrätzeinheit über die feuerfeste Auskleidung gezogen wird, um die Aluminiumkrätze vom flüssigen Metall abzuziehen und im Rampenbereich ein erhöhter Verschleiß der feuerfesten Auskleidung auftritt. Dieser, hervorgerufen durch mechanische Belastung der Abkrätzeinheit, thermische Belastung der Beheizung und chemische Belastung durch die Krätze, führt zu Abplatzungen, Abrieb, Gefügeänderungen, Erhöhung der Porosität und Zunahme der Korundbildung der feuerfesten Auskleidung. Aufgrund in der Vergangenheit durchgeführten Neuzustellungen und Reparaturen der feuerfesten Auskleidung der Herdöfen im Rampenbereich, summierten sich die Standzeiten und die damit verbundenen Kosten.

Eine vorangegangene Diplomarbeit mit dem Titel „Ermittlung von Auswahlkriterien für feuerfeste Baustoffe in Aluminiumschmelzöfen“ beschäftigte sich mit diesem Problem und es wurde ein Prüfstand im Labormaßstab konstruiert, wobei keine praxisbezogenen Ergebnisse aufgrund der Probenabmessung und Temperaturen möglich waren.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, grundlegende Erkenntnisse und Einflussfaktoren von Feuerfestmaterialien der Firma Austria Metall AG durch Planung, Aufbau, Inbetriebnahme und Übergabe eines Versuchsstandes für unterschiedliche feuerfeste Materialien zu ermöglichen. Es wird die Möglichkeit geschaffen, diese Materialien auf ihre Beständigkeit gegenüber mechanischer, thermischer und chemischer Belastung zu testen. Aufgrund dieser zukünftigen Ergebnisse geben Rückschlüsse und Aussagen an, welches Feuerfestmaterial am besten für die Zustellung des Rampenbereichs der Herdöfen geeignet ist. Der Versuchsstand soll helfen, Standzeiten für die Reparatur oder Neuzustellung des Rampenbereichs sowie die damit anfallenden Kosten, durch Prüfung und Auswahl eines geeigneten feuerfesten Materials zu reduzieren.

2 Theoretische Grundlagen

Im Rahmen dieses Kapitels werden Sekundäraluminium, Industrieöfen, Brenner-technologien, feuerfeste Werkstoffe, deren Anforderungen und Grundfragen der Wärmetechnik näher beschrieben.

2.1 Sekundäraluminium

Der Begriff „Sekundär“ ist darauf zurückzuführen, da das Aluminium nicht direkt aus dem Erz, sondern durch Recycling gewonnen wird. Neuschrott fällt bei der Produktion sortenreiner Erzeugnisse an, wie z. B. Späne, Krätzen, Abschnitte oder Ausschüsse. Unter Altschrotte wird Aluminium aus gebrauchten, nicht mehr genutzten Produkten verstanden. Als Sekundäraluminium wird Aluminium bezeichnet, welches durch Umschmelzen von Neuschrott und Altschrott gewonnen wird. Durch Produktion von Sekundäraluminium kann ein wesentlicher Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden, da der Energiebedarf im Gegensatz zur Produktion von Primäraluminium wesentlich geringer ist ^{[2], [3]}.

2.1.1 Zahlen zur Sekundäraluminiumproduktion

Im Jahr 2005 lag die weltweite Produktion von Sekundäraluminium bei ungefähr 8,2 Millionen Tonnen, was in etwa 25 % der jährlichen Gesamtproduktion an Aluminium entspricht. Dabei hielten Nordamerika mit 36 % und Europa mit 34 % die größten Anteile an der Sekundäraluminiumproduktion (Tabelle 1 und Tabelle 2) ^[4].

Tabelle 1: Produktion von Sekundäraluminium in 1000 Tonnen (weltweit) ^[4]

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Europa	2.632	2.594	2.609	2.590	2.688	2.785
Nordamerika	3.450	2.970	2.920	2.930	2.977	2.988
Lateinamerika	712	693	684	678	684	674
Asien	1.448	1.464	1.519	1.496	1.519	1.608
Ozeanien	131	152	152	152	154	154
Afrika	43	32	32	32	32	32
insgesamt	8.416	7.905	7.916	7.878	8.054	8.241

Tabelle 2: Produktion von Sekundäraluminium in 1000 Kilo (Österreich) ^[4]

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Österreich	158.100	149.900	151.100	151.100	151.200	151.200

2.1.2 Technologie der Sekundäraluminiumerzeugung

Es wird zwischen Schmelzhütten, auch Refiner genannt, die aus Sammelschrotten Gusslegierungen oder Desoxidationsaluminium herstellen und Remelter, die aus sortenreinen Schrott Knetlegierungen produzieren, unterschieden. Zum Schmelzen, Warmhalten und Legieren werden verschiedene Aggregate eingesetzt, die je nach eingesetzten Schrott und der geforderten Produktqualität variieren. Parameter für die Auswahl der Aggregate sind:

- Metallanteil
- Art und Umfang der Verunreinigung durch Oxide
- Schrottgeometrie
- Legierungswechselhäufigkeit
- Glühverlust
- Betriebsweise (kontinuierlich, diskontinuierlich)

Die wichtigen Parameter Oxidanteil, Glühverlust bzw. Verhältnis Oberfläche zu Masse, lassen eine Einteilung (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3) in Rohstoffe und typisch verwendete Schmelzaggregate vor sich nehmen ^[5].

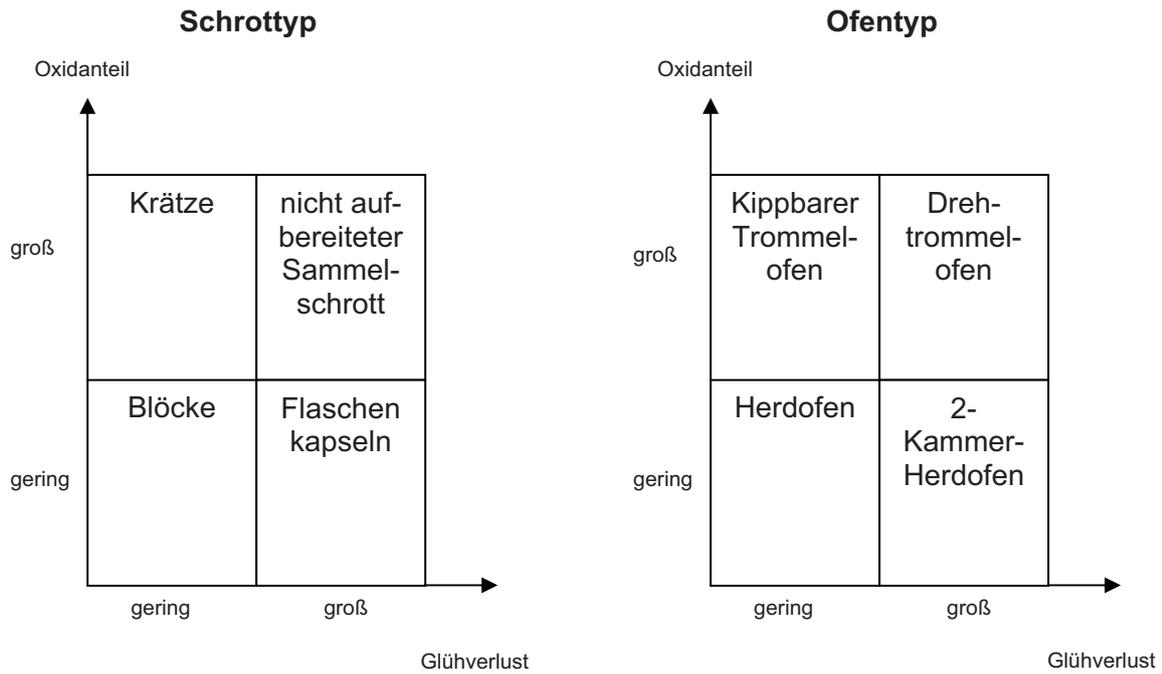


Abbildung 2: Zuordnung von Schrottarten und Ofenauswahlkriterien gemäß Oxidanteil und Glühverlust ^[5]

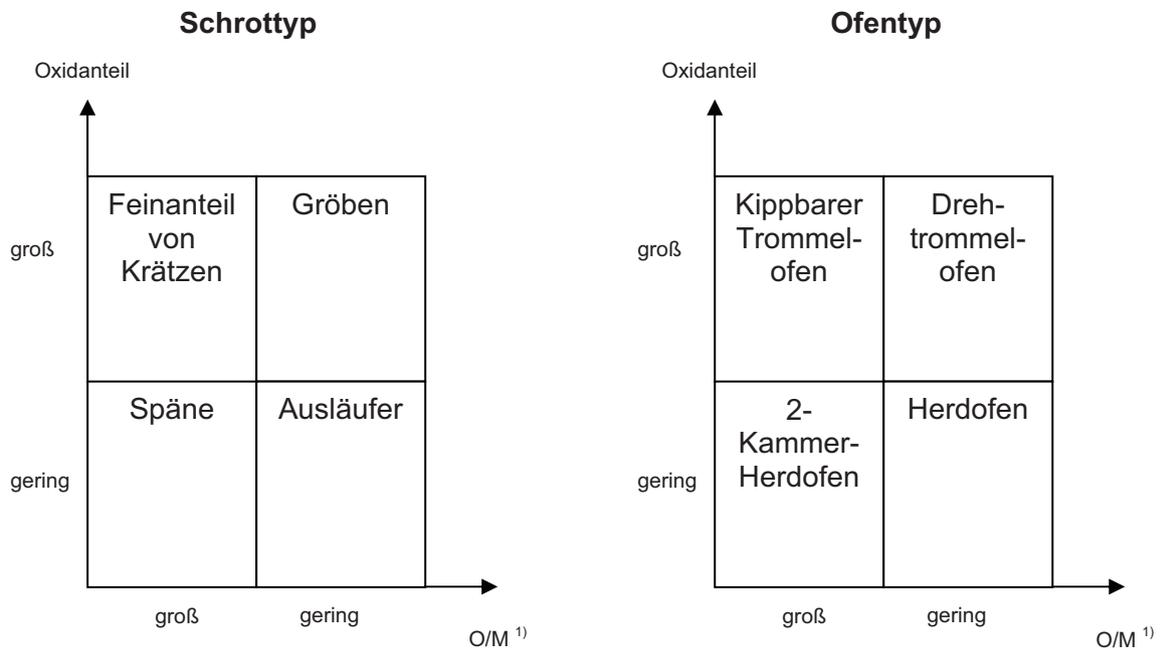


Abbildung 3: Zuordnung von Schrottarten und Ofenauswahlkriterien gemäß Oxidanteil und Verhältnis von Oberfläche zu mittlerer Teilchengröße ^[5]

¹⁾ Oberfläche/Masse der Schrotteile

Refiner verwenden vorwiegend Drehtrommel- und Herdöfen, Remelter ausschließlich Herdöfen zum Schmelzen. Neben diesen beiden genannten Ofentypen gibt es noch eine Vielzahl eingesetzter Öfen, die darauf folgend kurz beschrieben sind.

Tabelle 3 enthält eine Übersicht zu den gängigsten brennstoffbeheizten Schmelzöfen für Aluminium in Sekundärschmelzbetrieben.

Tabelle 3: Ofentypen und deren Einsatzkriterien ^[6]

Auswahlkriterium	Tiegelofen	Schachtofen	Herdofen	2-Kammer-Schmelzofen
Größe	0,05 – 1,0 t	2,0 – 10 t	5,0 – 40 t	10 – 40 t
Schmelzleistung	gering	hoch	mittel	hoch
Warmhaltebetrieb	geeignet	geeignet	sehr gut geeignet	-
Chargierung	diskontinuierlich	kontinuierlich	diskontinuierlich	diskontinuierlich
Legierungswechsel	geeignet	Spülung erforderlich	Spülung erforderlich	Spülung erforderlich
Einsatzmaterial	Block- und Kreislaufmaterial	Block- und Kreislaufmaterial	Block- und Kreislaufmaterial, Späne	Block- und Kreislaufmaterial, Späne
Brenner	Kaltluftbrenner Rekuperatorbrenner	Kaltluftbrenner Rekuperatorbrenner Regenerativbrenner Oxyfuel-Brenner	Kaltluftbrenner Rekuperatorbrenner Regenerativbrenner Oxyfuel-Brenner	Kaltluftbrenner Rekuperatorbrenner Regenerativbrenner Oxyfuel-Brenner
Abwärmenutzung aus dem Abgas	sehr gut (reines Abgas, hohe Temperaturen)	gut	gut (insbesondere Warmhalteöfen)	aufwendig, da belastete Abgase
Typische spez. Schmelzenergien mit Kaltluftbrenner *)	800 – 1800 kWh/t	1310 kWh/t	1080 kWh/t	1390 kWh/t
Spez. Schmelzenergie mit Regenerator *)	-	540 kWh/t	530 kWh/t	580 kWh/t

*) Die spezifischen Schmelzenergien können nicht allgemein gültig angegeben werden. Sie sind von der Betriebsweise, Alter und Legierung abhängig.

2.1.2.1 Tiegelöfen

Bei Betrieben mit geringen bis mittleren Tagesleistungen werden Tiegelöfen bevorzugt als Schmelzöfen eingesetzt. Als reine Schmelzaggregate sind kippbare Öfen mit eingebauten Tiegeln in Verwendung (Abbildung 4). Das feuerfeste Gefäß aus Graphit, Guss, Siliziumcarbid oder Stahlblech nimmt das zu schmelzende Metall auf. Die Metallschmelze kommt nicht mit der Flamme oder dem Abgas in Berührung. Eine regelmäßige Erneuerung des Tiegels erscheint sinnvoll, da ein besserer Wärmedurchgang gewährleistet wird. Im Warmhaltebetrieb ist eine Abdeckung erforderlich ^{[3], [5] - [7]}.

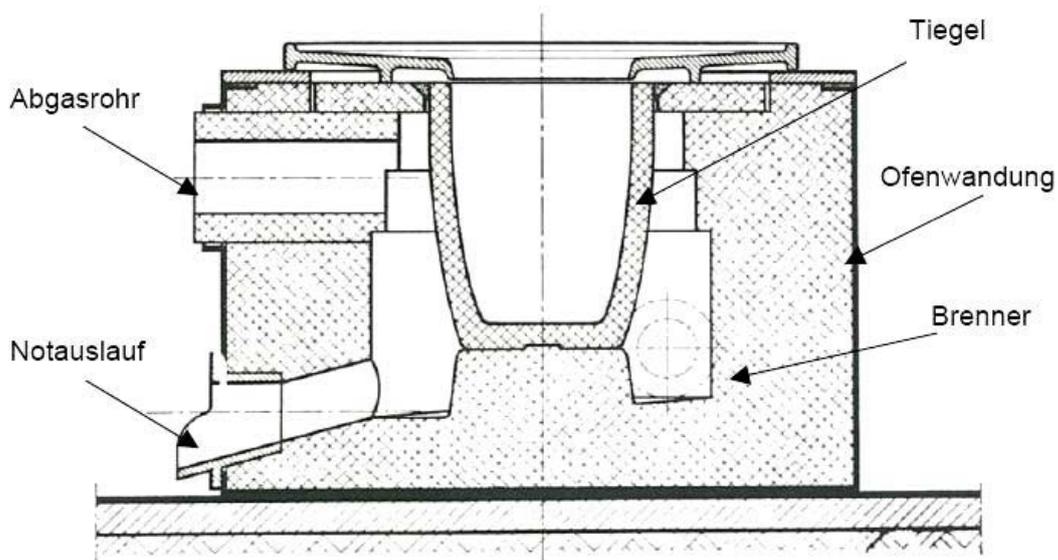


Abbildung 4: Schnitt durch einen brennstoffbeheizten Tiegelofen ^[6]

Eigenschaften von Tiegelöfen:

- Schmelzleistung 0,1 – 0,5 t/h
- Beschickung per Hand
- Preisgünstig
- Geeignet für jede Legierungsart
- Hoher Betriebsmittelverbrauch (durch Beschädigung und Belastung)
- Diskontinuierliches Schmelzen

2.1.2.2 Induktionsöfen

Bei Induktionsöfen (Abbildung 5) erfolgt die Wärmeentwicklung direkt in dem zu erwärmenden Metall in einem elektrisch nicht leitenden Tiegel. Im Prinzip wird ein elektrisch leitender Körper einem magnetischen Wechselfeld ausgesetzt, erzeugt von einer stromdurchflossenen Spule. In dem elektrischen Leiter, welches das Metall darstellt, wird nun Strom induziert und es erfolgt eine Erwärmung. Es tritt aufgrund der induktiven Erwärmung eine Badbewegung auf, die den Vorteil der Durchmischung der Schmelze hat. Induktionsöfen benötigen einen sehr reinen Schrott und finden auch aufgrund hoher Investitionskosten ihren Einsatz. Hauptanwendungsgebiete für Induktionsöfen sind Gießereien ^{[3], [5] - [7]}.

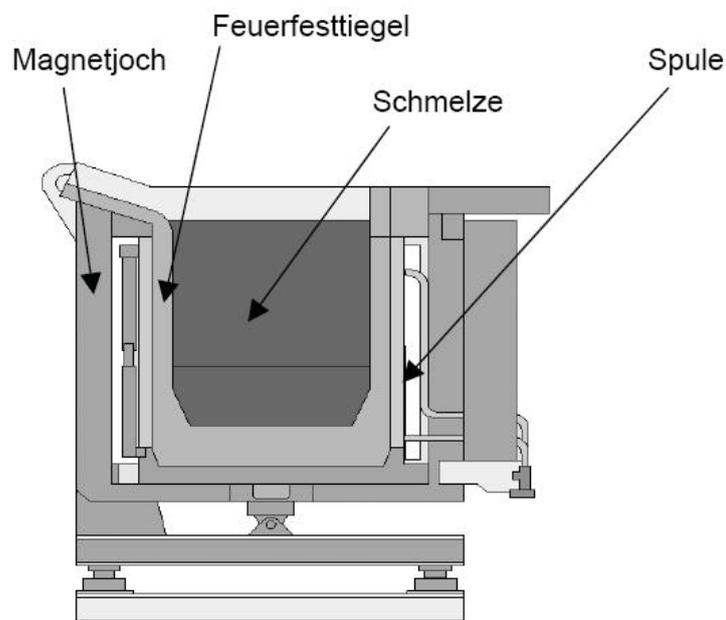


Abbildung 5: Tiegelinduktionsofen ^[6]

Eigenschaften von Induktionsöfen:

- Hoher Wirkungsgrad
- Keine Abgasverluste
- Geringer Abbrand
- Hohe Schmelzleistung
- Gute Temperaturregelbarkeit

2.1.2.3 Schachtöfen

Schachtöfen (Abbildung 6) zeichnen sich besonders durch ihre einfache und robuste Konstruktion aus. Sie können als Schmelz-, Warmhalte-, oder Vergießofen eingesetzt werden. Schmelzbrenner liefern die benötigte Energie in die Schmelzzone. Die entstehenden Rauchgase verlassen, durch den mit Schmelzgut beladenen Schacht, den Ofen. Das eingesetzte Gut wird dabei erhitzt und die Feuchtigkeit ausgetrieben. Am unteren Ende des Schachtes ist das Schmelzgut bereits so vorgewärmt, dass nur mehr geringe Energie benötigt wird, um den Schmelzzustand zu erreichen ^{[3], [5] - [7]}.

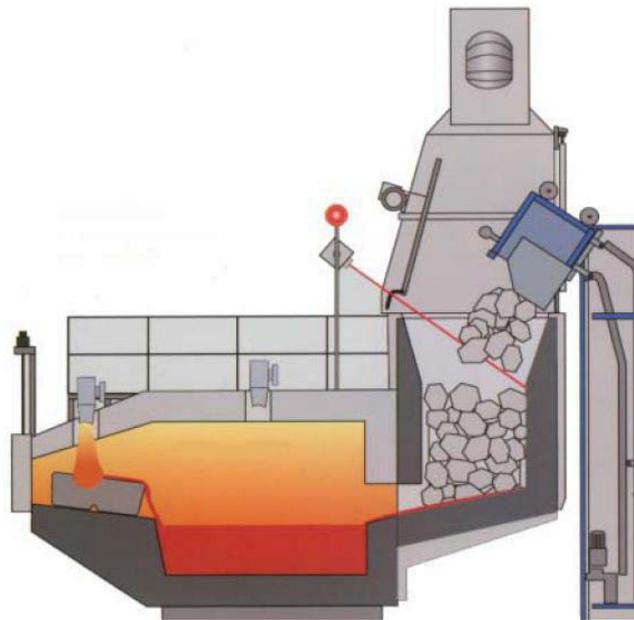


Abbildung 6: Schachtofen ^[6]

Eigenschaften von Schachtöfen:

- Hohe Schmelzleistung
- Niedriger Energieverbrauch
- Hoher Wirkungsgrad

2.1.2.4 Herdöfen

Herdöfen (Abbildung 7), auch öfters als Wannenöfen bezeichnet, sind das Standard-schmelzaggregat der Remelter und können entweder zum Einschmelzen oder auch zum Warmhalten bei Refinern benutzt werden. Erforderlich sind bei Herdöfen ein homogener Schrottzulauf mit gleicher Zusammensetzung und einen Oxidanteil kleiner gleich 5 %. Herdöfen besitzen eine relativ große Badoberfläche im Verhältnis zur Badtiefe. Die Befuerung erfolgt meist durch Gas- und Ölbrenner, deren Flamme in einem flachen Winkel über die Oberfläche des flüssigen Metalls streift. Das Fassungsvermögen bei Herdöfen reicht üblicherweise von 5 – 40 t und gewährleistet einen großen Durchsatz. Die Ausführung der Herdöfen ist entweder feststehend oder kippbar ^{[3], [5] - [7]}.

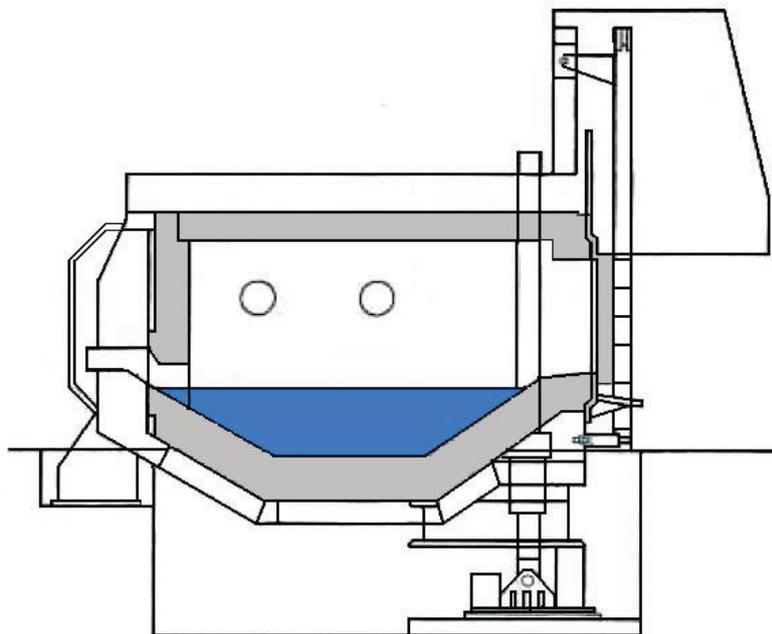


Abbildung 7: Herdofen ^[6]

Eigenschaften von Herdöfen:

- Hohe Schmelzleistung
- Fassungsvermögen 5 – 40 t
- Relativ geringer Energiebedarf

2.1.2.5 Zweikammer-Schmelzofen

Zum Schmelzen von dünnwandigen Schrott und Spänen mit hoher Verunreinigung werden Zweikammer-Schmelzöfen, so genannte Closed-Well-Herdöfen verwendet (Abbildung 8). Diese bestehen im Wesentlichen aus einem Vorherd, die Schrottkammer zur Einschmelzung von Schrott und dem Hauptherd, die Heizkammer. Die beiden Kammern sind durch eine Wand im Bereich der Atmosphäre getrennt. Die Chargierung des Schrottes erfolgt über eine Tür, wobei die vorhergehende Schrottcharge weiter in das Schmelzbad geschoben wird. Das geschmolzene Aluminium fließt über einen Durchtritt in die Heizkammer. Eine Metallpumpe zwischen den beiden Kammern verhindert das Erstarren der Schmelze in der Schrottkammer durch Umwälzung des flüssigen Aluminiums. Nach der Heizkammer gelangt das flüssige Metall üblicherweise über ein Rinnensystem in einen nachgeschalteten Warmhalteofen ^{[3], [5] - [7]}.

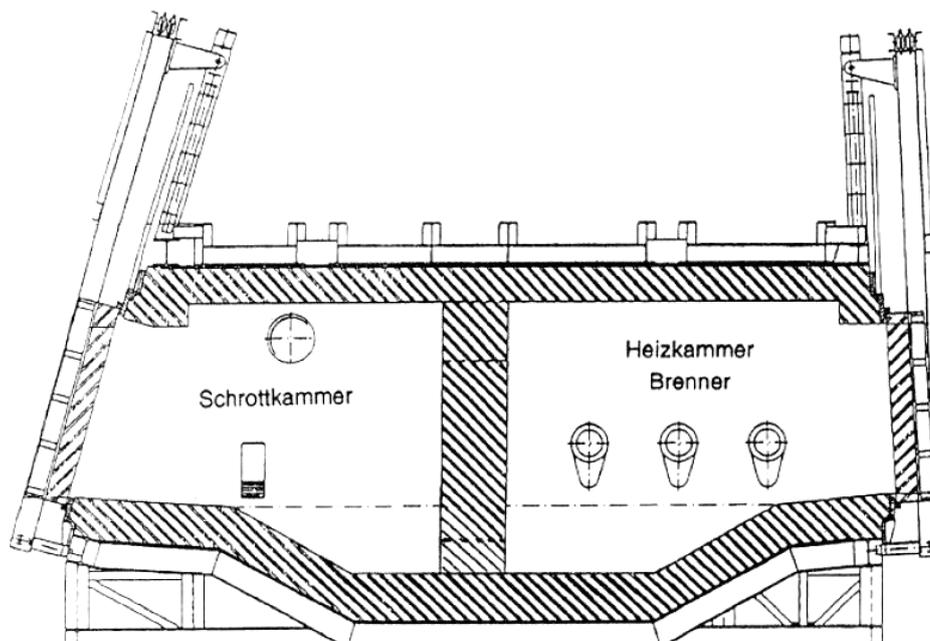


Abbildung 8: Zweikammer-Schmelzofen ^[6]

Eigenschaften von Zwei-Kammer-Schmelzöfen:

- Geringe Chargierverluste
- Umwälzung zwischen den Kammern
- Geringe Abgastemperaturen (200 °C)
- Hohe Schmelzausbeute
- Geringer Schmelzenergieaufwand

2.1.2.6 Drehtrommelöfen

Der Drehtrommelofen (Abbildung 9) ist das klassische Schmelzaggregat der Refiner. Es ist dies ein zylindrisch, langsam um die Horizontalachse rotierender Ofen. Hauptanwendungsgebiete sind das Schmelzen von nicht sortenreinen, oberflächlich oxidierten Spänen, Krätzen und Schrotten unter einer Salzdecke. Diese haben die Aufgabe die entstandenen Oxide aufzunehmen und das flüssige Metall vor weiterer Oxidation zu schützen. Die benötigte Salzmenge wird über den Salzfaktor (SF) ermittelt. Je nachdem, mit welchem SF gearbeitet wird, fällt die Salzschlacke in flüssiger Form ($SF > 1$) oder in pulveriger Form ($SF \sim 0,5$) an. Dies führt zu einem nassen oder trockenen Salzsammelverfahren, bei welchen kippbare Drehtrommelöfen zum Abzug des Salzkuchens Verwendung finden. Die Beheizung erfolgt an der Stirnseite mit Gas- oder Öl-Luft-Brennern. Die Brennerflamme ist nicht direkt auf das Metallbad gerichtet, sondern in flachem Winkel gegen die Ausmauerung des Ofens, um die Aluminiumoxidation zu verringern ^{[3], [5] - [7]}.

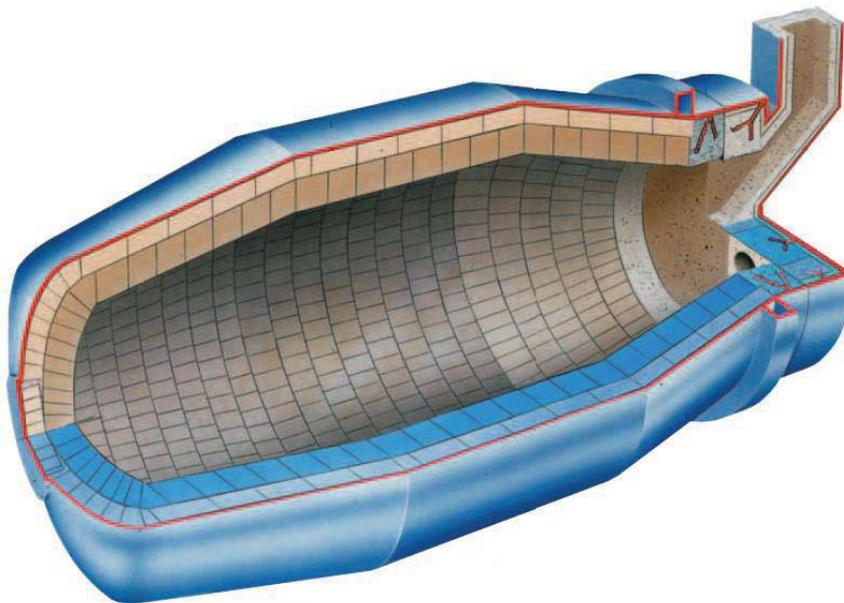


Abbildung 9: Drehtrommelofen ^[8]

Eigenschaften von Drehtrommelöfen:

- Gute Wärmeausnutzung
- Geringer Abbrandverlust
- Fassungsvermögen 5 – 20 t
- Hohe Schmelzleistung
- Für Schrotte mit hoher Verunreinigung

2.1.2.7 Pyrolyse/Blankglühen/Schmelzen

Als Aufbereitungsverfahren für organikreiches und damit heizwertreiches Material mit beschichteten Aluminiumfolien (Papier, Pappe, PE) führt dieses Verfahren (Abbildung 10) direkt zu Flüssigmetall. Mit Hilfe der Pyrolyse, ein Prozess bei dem organisches Material unter Luftabschluss bzw. Luftmangel thermisch - hier zwischen 500 und 600 °C - zersetzt wird, entsteht neben Pyrolysegasen und Pyrolysekoks auch Aluminium in blanker Form. Als Reaktor wird ein indirekt beheizter Drehrohrofen eingesetzt. Das pyrolytisch abgetrennte, blankgeglühte Aluminium wird in speziellen Schmelzöfen eingeschmolzen. Das entstandene Metall wird in Masseln abgegossen oder kommt zur Weiterverarbeitung in flüssiger Form in die Gießerei ^[9].

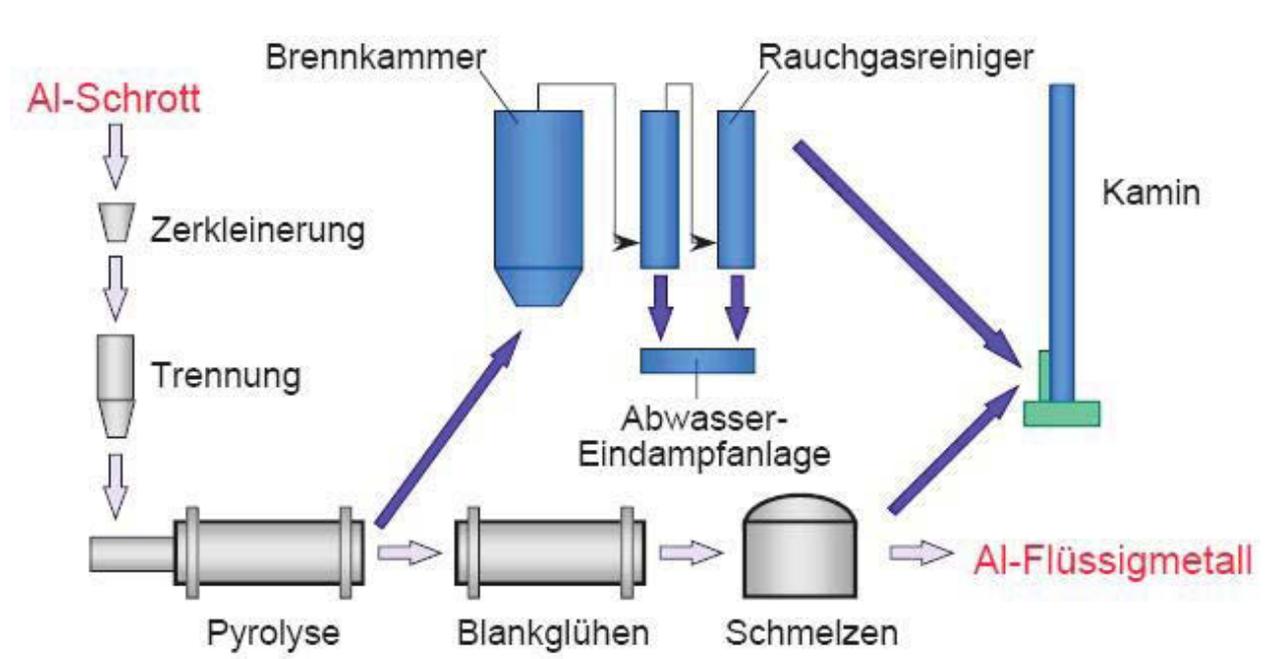


Abbildung 10: Pyrolyse/Blankglühen/Schmelzen ^[10]

2.1.3 Brenner für öl- und gasbeheizte Öfen

Bei den vorher erwähnten Ofentypen sind eine Vielzahl verschiedener Brennern im Einsatz. Zur Einteilung der Art der Brenner, kann das Kriterium des Oxidators verwendet werden (Tabelle 4). In Tabelle 5 sind Brennersysteme und deren Einsatzkriterien ersichtlich.

Tabelle 4: Brennersysteme im Industrieofenbereich ^[6]

Oxidator	Brennerart
Kalt: 20 – 25 °C	Ein-/Zweistufen-Brenner
	Modulierender Brenner
	Low-Nox-Brenner
	Sauerstoff-(Oxyfuel)-Brenner Sauerstoff-Flox-Brenner
Warm: 200 – 400 °C	Rekuperatorbrenner
	Mantelrohrbrenner
Heiß: > 400 °C	Alternierende Regeneratorbrenner
	Kontinuierliche Regeneratorbrenner
	Flox-Brenner

Tabelle 5: Brennersysteme und deren Einsatzkriterien ^[6]

Auswahlkriterium	Kaltluftbrenner 1-stufig	Kaltluftbrenner 2-stufig	Sauerstoffbrenner	Warmluftbrenner Rekuperator	Warmluftbrenner Mantelrohr/Rekuperator	Warmluftbrenner Regenerator
Einsatzbereich	Aufschmelzen	Warmhalten	Aufschmelzen	Aufschmelzen	Warmhalten	Aufschmelzen
Ofentyp	Tiegel-, Herd- und Schachtöfen	Tiegel-, Herd- und Schachtöfen	Herd- und Drehtrommelöfen	Tiegel-, Herd- und Schachtöfen	Tiegelöfen	Tiegel-, Herd- und Schachtöfen
Kosten	gering	gering	mittel	mittel	mittel	hoch
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	50 – 60 %	50 – 65 %	85 – 90 %	70 – 80 %	70 – 80 %	80 – 90 %
Verbrennungstemperatur	1200 °C	1200 °C	2000 °C	1300 °C	1300 °C	1300 °C
Abgas-temperaturen	600 – 1000 °C	600 – 1000 °C	600 – 1000 °C	400 – 600 °C	400 – 600 °C	150 – 300 °C

2.1.3.1 Kaltluftbrenner

Bei Kaltluftbrennern erfolgt die Zufuhr des Brenngases und der Verbrennungsluft getrennt. Im Brenner findet durch Strömung und Diffusion eine Vermischung statt und das Gemisch wird gezündet. Es wird zwischen 5 Brennerarten unterschieden.

Die Einstufenbrenner, bei denen ein konstanter Brennstoffmassenstrom (Volllast) verbrannt wird. Zweistufenbrenner, welche sich im Gegensatz zu Einstufenbrenner auch in Teillast betreiben lassen. Durch Zweistufenbrenner kann die benötigte Wärme des Ofens, welche beim Aufheizen variiert, besser eingestellt werden.

Der modulierende Brenner verwendet einen stetigen Regler zur kontinuierlichen Leistungsregelung, was zu einem höheren Ofenwirkungsgrad führt.

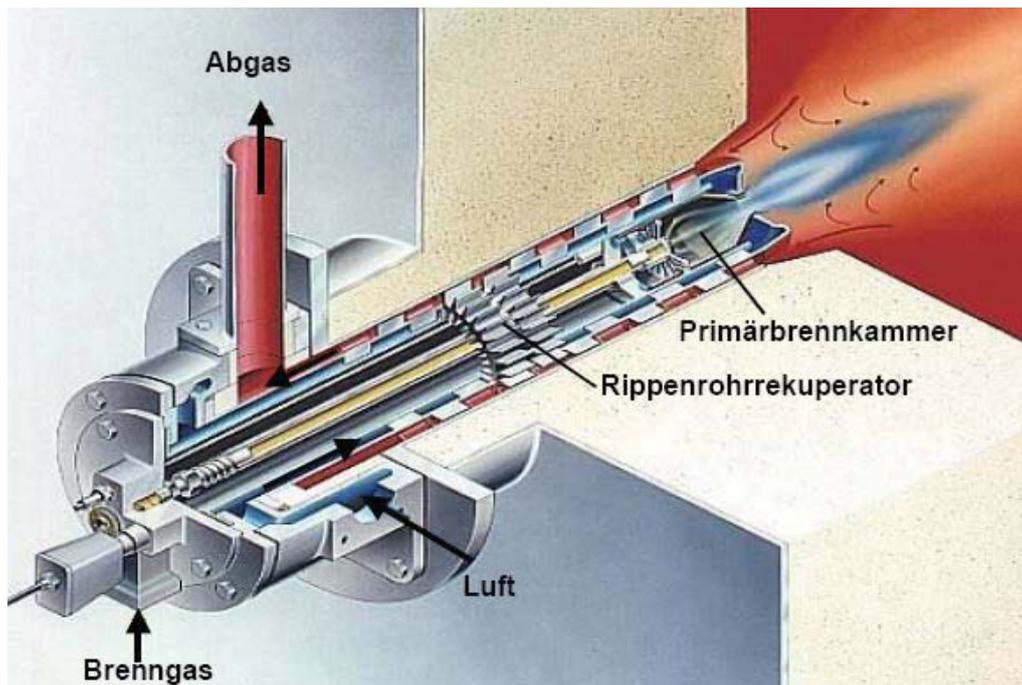
Bei hoher Flammentemperatur ($> 1600^{\circ}\text{C}$), steigt auch die Bildung von thermischen NO_x . Zur Senkung der Temperatur und Verringerung der Bildung von thermischen NO_x wird der Low- NO_x -Brenner eingesetzt. Diese Temperaturerniedrigung erfolgt durch mehrstufige Verbrennung und Abgasrezirkulation.

Brenner mit reinem Sauerstoff als Verbrennungsgas, bezeichnet als Sauerstoffbrenner, erreichen hohe Temperaturen, die Abgasmenge verringert sich durch Wegfallen des Aufheizens der Inertgase, der feuerungstechnische Wirkungsgrad wird erhöht und dadurch die Schmelzleistung bei gleicher Brennerleistung maximiert. Die Kosten des Sauerstoffs tragen heute die hohen Brennstoffpreise ^[6].

2.1.3.2 Warmluftbrenner

Als Warmluftbrenner bezeichnet man Rekuperator- und Mantelrohrbrenner. Bei diesen Bauarten erfolgt eine Vorwärmung der Verbrennungsluft auf ca. 400°C durch einen Wärmetauscher mittels Abgasen.

Sind die Wärmetauscher mit Trennflächen ausgeführt, wird von einem Rekuperatorbrenner (Abbildung 11) gesprochen. Das heiße Abgas, abgeführt durch das Brennergehäuse überträgt die Wärme auf die Verbrennungsluft. Rekuperatorbrenner sind nur bei einer sauberen Ofenatmosphäre zu verwenden, da etwaige Stäube die Wärmetauscherflächen verschmutzen können. Durch diese Brenner kann der Gasverbrauch verringert, und hohe Prozesstemperaturen erreicht werden ^[6].

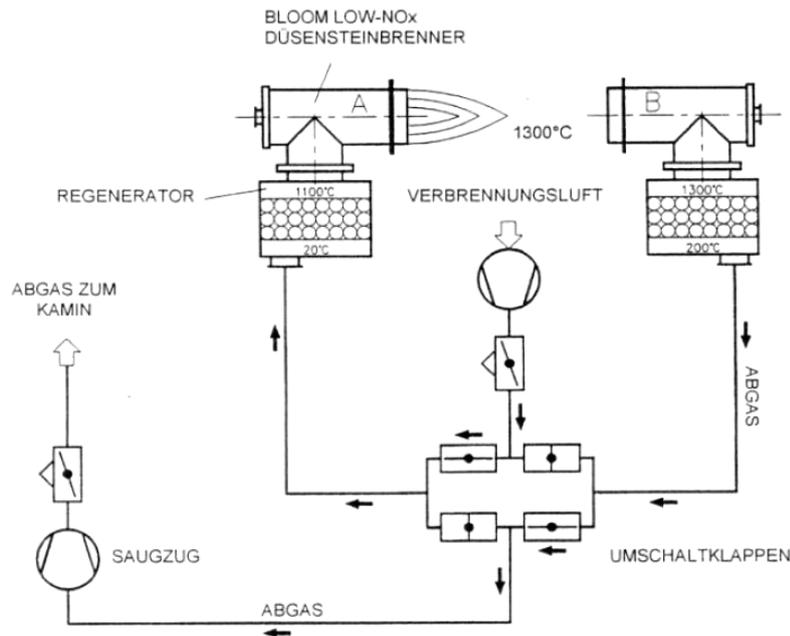
Abbildung 11: Rippenrohrrekuperatorbrenner ^[11]

2.1.3.3 Heißluftbrenner

Bei so genannten Regeneratorbrennern wird die Wärme über Speichermedien wie z. B. Stahl-, Keramik- oder Graphit-Kugeln übertragen. Die Durchströmung der Speichermedien mit Verbrennungsluft und den Abgasen erfolgt entweder kontinuierlich oder abwechselnd. Die Speichermedien nehmen dabei Wärme auf bzw. geben Wärme ab.

Bei alternierenden Regeneratorbrennern (Abbildung 12) wechselt der Brenner-/Regeneratorbetrieb. Befindet sich der eine Brenner im Aufheizen, so zieht er dem anderen im Brennerbetrieb befindlichen Brenner die Abgase ab und regeneriert seine Speichermedien. Dieser Austausch erfolgt alternierend und die Verfügbarkeit des Ofens steigt. Diese Systeme eignen sich besonders bei staubhaltigen und korrosiven Ofenatmosphären.

Kontinuierliche Regeneratoren werden meist als Drehbettregeneratoren ausgeführt. Der Austausch der Wärme zwischen Speichermedium und Verbrennungsluft erfolgt durch eine rotierende Bewegung. Das Speichermedium wird dauerhaft vom Abgas aufgeheizt und gibt die Wärme ab. Es ist auch eine zentrale Wärmerückgewinnung von mehreren Öfen möglich. Bei FLOX-Brenner (flammlose Oxidation), die eine sehr hohe Brennlufttemperatur erreichen können, findet ein homogener Ausbrand im gesamten Ofenraum statt. Der Vorteil sind gleichmäßige Verbrennungsraumtemperaturen und keine Temperaturspitzen ^[6].

Abbildung 12: Alternierender Regeneratorbrenner^[6]

2.1.4 Verhalten von Aluminiumschmelzen

Um beim Schmelzen des Aluminiums minimale Verluste im Bezug auf Abbrand und erhöhte Qualität zu erzielen, sind Kenntnisse des Verhaltens von Aluminiumschmelzen gegenüber einigen Stoffen sehr wichtig und nachfolgend kurz erläutert.

2.1.4.1 Wasserstoff und Wasserdampf

Wasserstoff ist das einzige Gas, das sich im festen und flüssigen Aluminium löst. Die Wasserstofflöslichkeit nimmt mit der Temperatur zu und hängt vom Wasserstoffpartialdruck ab. Erhöhend auf die Wasserstofflöslichkeit wirken Magnesium und Titan, erniedrigend die Metalle, Kupfer, Mangan, Nickel, Silizium, Zink und Zinn.

In Aluminium und Aluminiumlegierungen kann es aufgrund dieses Wasserstoffs zu Blasen- und Porenbildung kommen. Beim Übergang vom flüssigen zu festen Aluminium nimmt die Löslichkeit des Wasserstoffes sprunghaft ab und es scheidet sich Wasserstoff unter hohem Druck in Form von Bläschen oder Poren aus, was zu Materialfehlern führt. Wasserstoffquellen sind:

- Umgebungsluft
- Ofenatmosphäre
- Feuchte, oxidierte Einsatzmaterialien

- Neue Zustellungen
- Am Schrott anhaftende Oxidschicht

Zur Vorbeugung gegenüber Blasen- und Porenbildung sollten möglichst trockene, wenig oxidierte Schrotte eingeschmolzen werden und trockene Schmelzsalze und Spülgase verwendet werden ^[3].

2.1.4.2 Sauerstoff und Stickstoff

Sauerstoff und Stickstoff sind in festen und flüssigen Aluminium unlöslich und es formt sich eine dichte Deckschicht. An Luft bildet sich bei frischen Oberflächen von festem oder flüssigen Aluminium sofort eine Oxidschicht durch Reaktion mit Luftsauerstoff und Luftfeuchtigkeit ^[3].

2.1.4.3 Feuerfestmaterialien

Das Verhalten wird von den zwischen den beiden Phasen zu erwartenden Reaktionen bestimmt. Es werden bis auf einige Ausnahmen alle in Feuerfestmaterialien vorkommenden Oxide durch flüssiges Aluminium reduziert. Der Angriff der Feuerfestmaterialien ist wesentlich von der Kinetik abhängig:

- Chemischen Vorgänge (Auflösung, Verdampfung, Phasenumwandlung) und
- Transportvorgänge (Diffusion und Konvektion)

Die Reaktion zwischen Schmelze und Feuerfestmaterial wird umso schneller ablaufen, je größer die Stoffaustauschfläche ist. Die Größe der Stoffaustauschfläche hängt wiederum von der Oberflächenspannung von festen Material und Flüssigkeit ab.

Die Infiltration von Poren des Feuerfestmaterials hängt ab von:

- Oberflächenspannung der Aluminiumschmelze
- Viskosität der Aluminiumschmelze
- Benetzungswinkel des Materials
- Porenradius des Materials

Geringe Porosität hemmt die Infiltration. Mit abnehmendem mittleren Porenradius nimmt die Tiefe der Infiltration zu. Für den Verschleiß sind die Transportvorgänge der gelösten oder aufgenommenen Komponenten an der Grenzschicht maßgebend. Der bestimmende Parameter für die Korrosionsgeschwindigkeit ist das Verhältnis Diffusions- zu

Strömungsgrenzschichtdicke. Bei Vorliegen von niedrigviskosen Schmelzen liegen nur sehr dünne Diffusionsgrenzschichten vor, wobei die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht wird. Bei hochviskosen Schmelzen können daher Feuerfestmaterialien eingesetzt werden, die chemisch nur eine begrenzte Korrosionsbeständigkeit besitzen ^[3].

2.2 Feuerfeste Werkstoffe

In diesem Kapitel werden nach der allgemeinen Definition die wichtigsten Anforderungen an feuerfeste Werkstoffe genannt und die, bezüglich der Problemstellung relevanten Anforderungen näher beschrieben.

2.2.1 Definition

Als feuerfeste Erzeugnisse werden nichtmetallische keramische Werkstoffe, mit einem Kegelfallpunkt größer SK 17, was 1500 °C entspricht bezeichnet. Keramische Werkstoffe besitzen keinen eindeutigen Schmelzpunkt, sondern beginnen innerhalb eines bestimmten Temperaturbereiches zu schmelzen. Daher wird bei Untersuchungen der Erstarrungsbereich und nicht der Schmelzpunkt ermittelt. Dies erfolgt mit Hilfe des „Kegelfallpunktes“ nach Seger.

Aufgrund der guten thermischen Widerstandsfähigkeit finden feuerfeste Werkstoffe verschiedenste Anwendung in Öfen, wie zum Beispiel Schmelz- oder Verbrennungsöfen, in der Eisen- und Stahlindustrie, Nichteisenmetall-, Zement-, Glas- und chemischen Industrie, um nur einige zu nennen. Die Vielfalt der Bedingungen der die feuerfesten Werkstoffe in den jeweiligen Anwendungen ausgesetzt sind führt dazu, dass verschiedenste Formen und Qualitäten an feuerfesten Werkstoffen zur Auswahl stehen.

Eingeteilt werden feuerfeste Werkstoffe einerseits aufgrund physikalischer Eigenschaften und andererseits hinsichtlich chemischer Eigenschaften ^{[12], [13]}.

Physikalische Eigenschaften (Form der Erzeugnisse):

- Geformte feuerfeste Erzeugnisse (Steine)
- Ungeformte feuerfeste Erzeugnisse (Mörtel, Gießmassen, Stampfmassen, Verfugungsmaterialien,..)
- Wärmedämmende Erzeugnisse
- Funktionalprodukte (Konstruktionselemente)

Chemische Eigenschaften:

- Oxidische Werkstoffe basieren auf Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Calcia (CaO), Magnesia (MgO), Chromit (Cr_2O_3), und Zirkonia (ZrO_2).
- Nichtoxidische Werkstoffe werden aus Kohlenstoff (C) und Siliziumcarbid (SiC) gebildet
- Kombination von oxidischen und nichtoxidischen Werkstoffen

2.2.2 Anforderungen an feuerfeste Erzeugnisse

Die Anforderungen sind in thermische, wärmetechnische, mechanische und chemische Beanspruchungsarten eingeteilt ^{[14], [15]}.

Thermisch:

- Feuerfestigkeit
- Druckerweichen, Druckfeuerbeständigkeit
- Druckfließen
- Biegefestigkeit
- Thermische Dehnung
- Temperaturwechselbeständigkeit

Wärmetechnisch:

- Wärmeleitfähigkeit
- Spezifische Wärme
- Rohdichte
- Spezifischer elektrischer Widerstand

Mechanisch:

- Druckfestigkeit
- Abriebfestigkeit
- Kaltbiegefestigkeit
- Dichte, Porosität und Porengrößenverteilung

Chemisch:

- Chemische Zusammensetzung
- Gasdurchlässigkeit

Folgend werden die, für das in der Einleitung besprochene Problem, relevanten Anforderungen besprochen.

2.2.2.1 Feuerfestigkeit

Die Feuerfestigkeit ist eine wesentliche Voraussetzung für die Verwendung des feuerfesten Werkstoffes. Da feuerfeste Werkstoffe keinen eindeutigen Schmelzpunkt aufweisen, wird von einem Erweichungsbereich gesprochen. Dieses Erweichungsverhalten wird mit Hilfe von Segerkegel bestimmt. Die genaue Methode zur Bestimmung des Kegelfallpunktes nach Seger (SK) ist in der Norm DIN 51063 Teil 1 und Teil 2 festgelegt ^{[14], [15]}.

2.2.2.2 Thermische Dehnung

Unter Temperatureinfluss erfahren alle Körper eine Änderung des Volumens. Bei feuerfesten Steinen ist zwischen einer reversiblen Ausdehnung, keine bleibende Längenänderung, und irreversiblen Ausdehnung, Längenänderungen bleiben bestehen, zu unterscheiden. Durch Änderung der Zusammensetzung oder des Brandes der Steine kann die Dehnung beeinflusst werden ^{[14], [15]}.

2.2.2.3 Temperaturwechselbeständigkeit (TWB)

Die TWB charakterisiert das Widerstandsverhalten gegenüber Temperaturschwankungen. Zur Bestimmung gibt es zwei Möglichkeiten, das Wasserabschreck- und das Luftabschreckverfahren. Bei beiden Technologien werden Probekörper auf 950 °C erhitzt und dann anschließend in Wasser oder mit Pressluft abgeschreckt. Dieser Versuch wiederholt sich solange, bis der Probekörper zerstört ist, oder 50 % der erhitzten Kopffläche abgeplatzt sind. Das Problem liegt aber darin, dass die Prüfverfahren nicht mit den in der Praxis vorherrschenden Verhältnissen übereinstimmen. Es werden deshalb Messwerte wie Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit, Wärmedehnung und Kerbfestigkeit herangezogen, um zusätzliche so genannte Thermospannungsparameter sowie eine Charakterisierung des Rissfortschritts zu erhalten ^{[14], [15]}.

2.2.2.4 Wärmeleitfähigkeit

Eine weitere wichtige Eigenschaft ist die Wärmeleitfähigkeit feuerfester Erzeugnisse, welche den Wärmestrom pro Längeneinheit des Materials und pro Grad Temperaturdifferenz angibt. Die Wärmeleitfähigkeit ist von folgenden Faktoren abhängig ^{[14], [15]}:

- Porosität und Porengröße
- Chemische Zusammensetzung
- Brenntemperatur
- Kornaufbau

2.2.2.5 Druckfestigkeit

Es wird die mechanische Festigkeit von feuerfesten Materialien untersucht und zwischen Heißdruck- und die Kaltdruckfestigkeit unterschieden. Die Heißfestigkeitseigenschaften spielen eine wichtigere Rolle für den Einsatz von feuerfesten Erzeugnissen und sind abhängig von ^{[14], [15]}:

- Gefügebau
- Eigenschaften der sich bildenden Schmelzen
- Temperatur

2.2.2.6 Abriebfestigkeit

Feuerfeste Erzeugnisse werden bei Anwendungsgebieten wie in der Metallindustrie, Petrochemie, bei Müllverbrennungsanlagen, Hochöfen usw. auch einer Abriebbelastung ausgesetzt. Diese mechanische Belastung kann durch vorbeigleitendes festes Ofengut, vorbeistreichende staubbeladene Gase sowie mittels mechanische bewegliche Einbauten entstehen. Auch mit hoher Geschwindigkeit strömende heiße Gase führen zu erheblichen Abrieb- und Erosionsschäden ^{[14], [15]}.

2.2.2.7 Dichte, Porosität und Porengrößenverteilung

Im Gegensatz zur Rohdichte, ist die Dichte der Quotient aus Masse und Volumen, ausschließlich des Porenraums. Die Porosität ist der Anteil in Prozent desjenigen Volumens, welches nicht von Material erfüllt ist. Man kann drei Arten von Poren unterscheiden:

- Geschlossene Poren
- Offene undurchströmbare Poren
- Offene durchströmbare Poren

Die Gesamtporosität erfasst alle drei Arten von Poren und setzt sich aus der offenen und geschlossenen Porosität zusammen. Die Gesamtporosität errechnet sich mit Hilfe der Dichte und Rohdichte. Die offene Porosität erfasst nur die durchströmbaren und die undurchströmbaren Poren und wird durch das Wasseraufnahmevermögen und die Rohdichte errechnet.

Eine wichtige Rolle spielt die Porengrößenverteilung und die Anzahl der Poren beim chemischen Angriff von Schlacke, Schmelzen, Gasen und Dämpfen ^{[14], [15]}.

2.2.2.8 Chemische Zusammensetzung

Werden feuerfeste Erzeugnisse von Schlacken, Stäuben oder Schmelzen angegriffen, spielt die chemische Zusammensetzung eine wichtige Rolle. Ein feuerfestes Erzeugnis ist umso widerstandsfähiger je kleiner das Reaktionsgefälle zwischen Schlacke und feuerfesten Erzeugnis ist. Es sollte daher bei saurer Zustellung ein saures feuerfestes Erzeugnis, und bei basischer Zustellung ein basisches feuerfestes Erzeugnis verwendet werden ^{[14], [15]}.

2.3 Wärmeübertragung

Zum Lösen von einfachen stationären Berechnungen der Wärmeübertragung soll das nachfolgende Kapitel eine Hilfestellung sein. Die theoretischen Grundlagen der Wärmeübertragung sind nachfolgend aufgezeigt. Grundsätzlich wird zwischen zwei Arten der Wärmeübertragung unterschieden:

- Stoffgebundener Transport (Leitung, Konvektion)
- Nicht stoffgebundener Transport (Strahlung)

2.3.1 Wärmeübergang

Wärmeübergang ist die Wärmeübertragung zwischen einem strömenden Medium wie z. B. Luft oder Wasser und einer festen Oberfläche.

Die kennzeichnende Größe beim Wärmeübergang stellt die Wärmeübergangszahl α dar.

„Die Wärmeübergangszahl gibt an, welcher Wärmestrom pro Flächeneinheit und pro Grad Temperaturdifferenz übertragen wird ^[16].“

Die Wärmeübergangszahl ist kein Stoffwert sondern von einer Vielzahl von Parametern wie

- Geschwindigkeit
- Temperatur
- Wärmeleitfähigkeit
- Dichte
- Spezifische Wärmekapazität

abhängig und wird durch Wärmeübergangsgesetze (Nusselt-Beziehung), hier nicht näher behandelt, berechnet.

Beim Wärmeübergang wird zwischen

- natürlicher (freier) Konvektion und
- erzwungener Konvektion

unterschieden. Erfolgt die Wärmeübertragung aufgrund von Dichteunterschiede, hervorgerufen durch Temperaturunterschiede, liegt natürliche oder freie Konvektion vor.

Erzwungene Konvektion tritt auf, wenn die Strömung durch eine äußere Druckdifferenz (Pumpe, Ventilator) aufrechterhalten wird ^{[16] - [18]}.

Der Wärmestrom des Wärmeübergangs (Abbildung 13) errechnet sich durch die Formel:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot A \cdot (t_a - t_w) \quad [W] \quad (2.1)$$

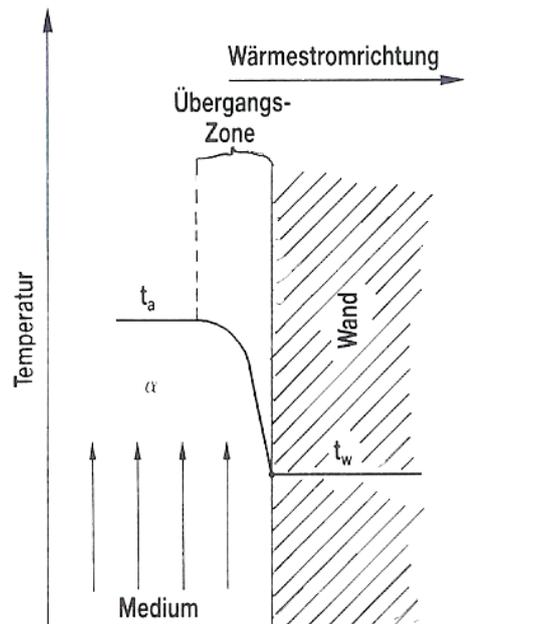


Abbildung 13: Wärmeübergang durch Konvektion ^[19]

2.3.2 Wärmestrahlung

Wärmestrahlung ist die Energieübertragung aufgrund elektromagnetischer Wellen. Die Gesetzmäßigkeiten dieses Vorganges unterscheiden sich grundsätzlich von denen der Wärmeleitung und der Konvektion, da die Energie weder durch Schwingen des Molekülverbandes, noch durch molaren Transport stattfindet.

Bei hohen Temperaturen wird die Strahlung sichtbar, und ihre Energie steigt stark an. Aber auch bei niedrigen Temperaturen ist sie für die Wärmeübertragung von Bedeutung.

Den möglichen Höchstbetrag an übertragener Wärme liefert ein sogenannter schwarzer Körper. Ein technischer Körper emittiert bei gleicher Temperatur weniger Strahlung als der schwarze Körper. Das Verhältnis an übertragener Wärme von schwarzen und technischen Körper wird als Emissionsverhältnis ε bezeichnet. Das Emissionsverhältnis ist vom Stoff, Art und Temperatur der Oberfläche abhängig.

Die Berechnung der Wärmestrahlung kann über einen äquivalenten Wärmeübergangskoeffizienten erfolgen.

$$\alpha_{Strahlung} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot \frac{(t^4 - t_{Luft}^4)}{(t - t_{Luft})} \quad (2.2)$$

$$\dot{Q} = \alpha_{Strahlung} \cdot A \cdot (t_a - t_w) \quad [W] \quad (2.3)$$

Wobei ε der Emissionskoeffizient der Oberfläche, t die Oberflächentemperatur in Kelvin und σ die Stefan-Boltzmann-Konstante ist ^[18].

2.3.3 Wärmeleitung

Wärmeleitung ist der Wärmetransport hervorgerufen durch Zusammenstöße zwischen Molekülen. Der Wärmestrom fließt dabei vom Körper höherer Temperatur zum Körper niedrigerer Temperatur. Reine Wärmeleitung ist nur bei festen Körper von Bedeutung ^[19]. Der physikalische Kennwert der Wärmeleitung ist die Wärmeleitfähigkeit λ .

Die Wärmeleitfähigkeit λ ist eine Stoffeigenschaft, die angibt, welcher Wärmestrom pro Längeneinheit des Materials in Richtung des Wärmestromes und pro Grad Temperaturdifferenz übertragen werden kann ^[16].

Wärmestrom durch eine ebene, einschichtige Wand (Abbildung 14):

$$\dot{Q} = \frac{\lambda}{s} \cdot (t_1 - t_2) \cdot A \quad [W] \quad (2.4)$$

Da die Wärmeleitfähigkeit von der Temperatur abhängig ist, wird mit dieser bei mittlerer Temperatur gerechnet.

Wärmestrom durch eine ebene, mehrschichtige Wand (Abbildung 15):

$$\dot{Q} = A \cdot \frac{(t_1 - t_4)}{\frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3}} \quad [W] \quad (2.5)$$

Der Wärmestrom gilt als konstant und ist für alle Schichten gleich groß.

Wärmestrom durch eine zylindrische Wand (Abbildung 16):

$$\dot{Q} = 2 \cdot \pi \cdot l \cdot \lambda \cdot \frac{t_i - t_a}{\ln \frac{D_a}{D_i}} \quad (2.6)$$

Der Temperaturabfall ist im Gegensatz zu ebenen bei zylindrischen Wänden nicht linear, sondern folgt einer logarithmischen Funktion, da die Querschnittsfläche mit steigendem Radius zunimmt.

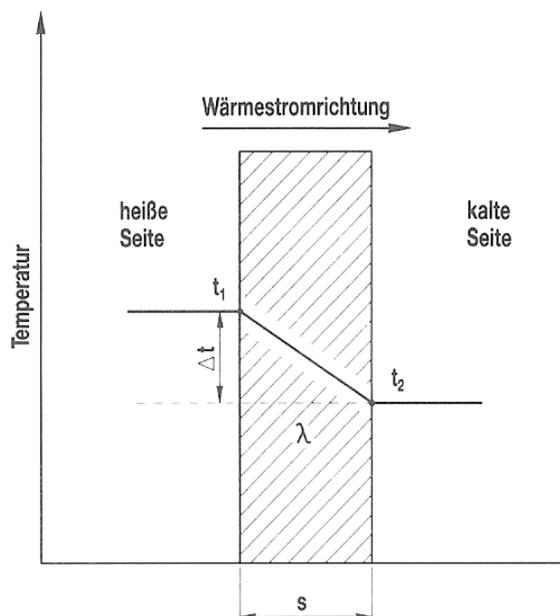


Abbildung 14: Wärmeleitung in einer ebenen, einschichtigen Wand ^[19]

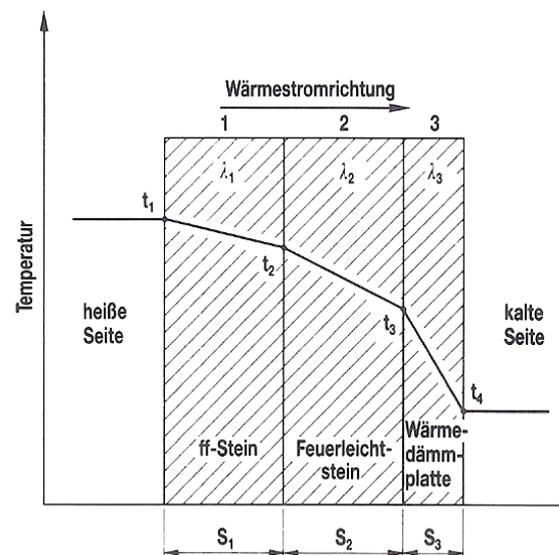
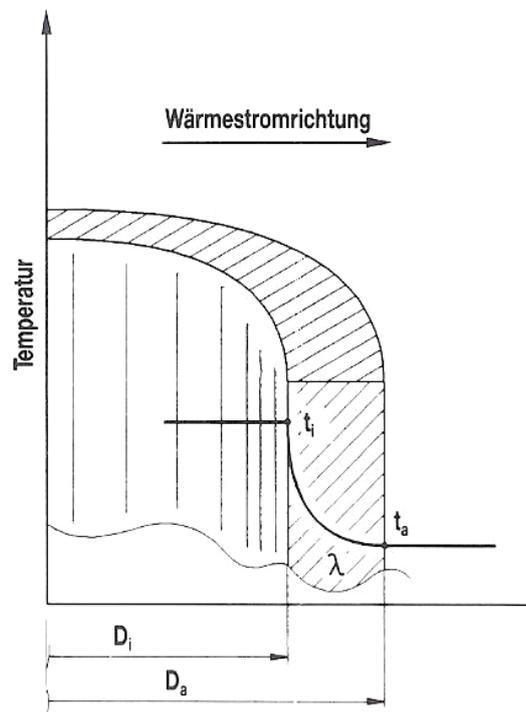


Abbildung 15: Wärmeleitung in einer ebenen, mehrschichtigen Wand ^[19]

Abbildung 16: Wärmeleitung in einer zylindrischen Rohrwand ^[19]

2.3.4 Wärmedurchgang

Wärmedurchgang besteht aus drei Vorgängen:

- Wärmeübergang vom heißen Medium an die Wand
- Wärmeleitung durch die Wand
- Wärmeübergang von der Wand an das kalte Medium

Der Wärmestrom ist wieder bei allen Vorgängen Wärmeübergang, Wärmeleitung und Wärmeübergang konstant und es gelten folgende Gleichungen:

$$\dot{Q} = \alpha_1 \cdot A \cdot (t_i - t_1) = \frac{\lambda}{s} \cdot A \cdot (t_1 - t_2) = \alpha_a \cdot A \cdot (t_2 - t_a) \quad [W] \quad (2.7)$$

Wärmestrom beim Wärmedurchgang durch eine ebene Wand (Abbildung 17, Abbildung 18):

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot (t_i - t_a) \quad [W] \quad (2.8)$$

Wobei k als Wärmedurchgangszahl bezeichnet wird.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}} \quad (2.9)$$

Wärmestrom beim Durchgang einer mehrschichtigen zylindrischen Wand (Abbildung 19):

$$\dot{Q} = 2 \cdot \pi \cdot l \cdot \frac{(t_i - t_a)}{\frac{1}{\alpha_i \cdot D_i} + \frac{\ln \frac{D_1}{D_i}}{\lambda_1} + \frac{\ln \frac{D_a}{D_1}}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_a \cdot D_a}} \quad [W] \quad (2.10)$$

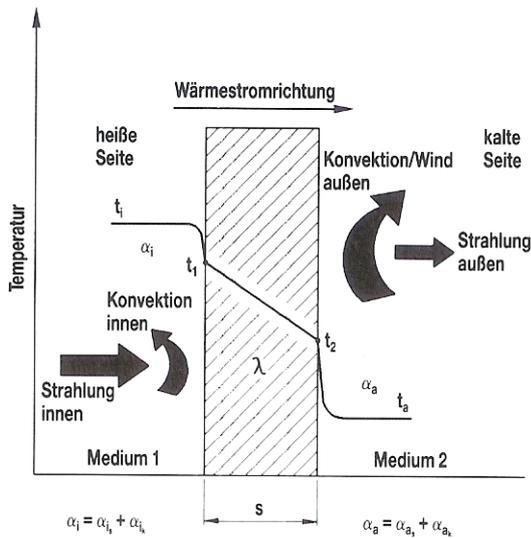


Abbildung 17: Wärmedurchgang durch eine ebene, einschichtige Wand ^[19]

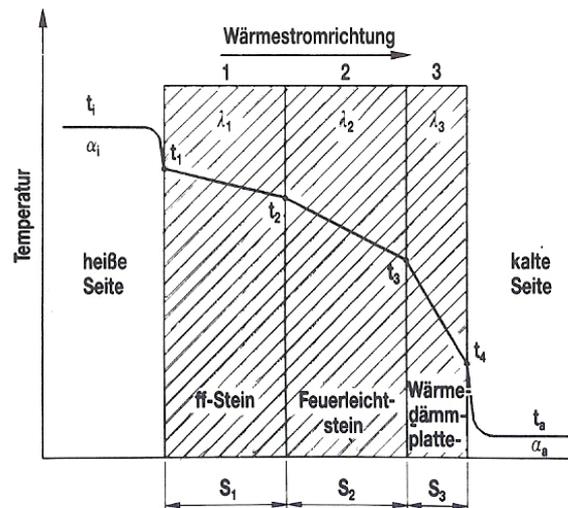


Abbildung 18: Wärmedurchgang durch eine ebene, mehrschichtige Wand ^[19]

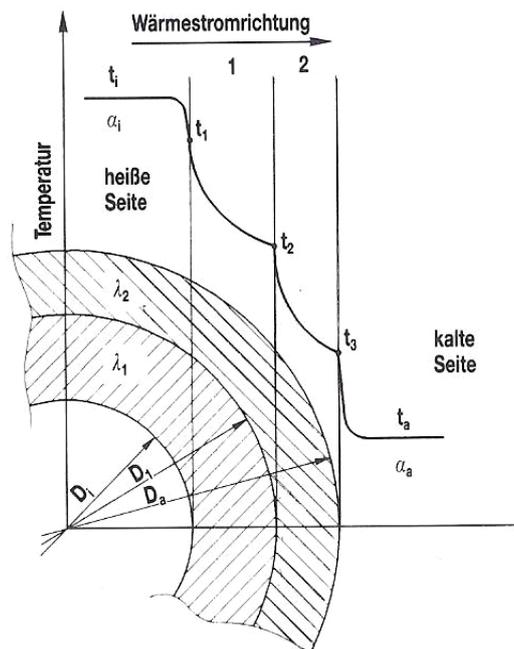


Abbildung 19: Wärmedurchgang durch eine mehrschichtige, zylindrische Wand ^[19]

3 Experimentelles

Im Rahmen der experimentellen Untersuchungen erfolgte auch die Planung, der Bau und die Inbetriebnahme des Versuchsstandes. Der Versuchsstand besteht im Wesentlichen aus zwei Hauptbestandteilen. Diese sind der Schmelz-, Warmhalteofen und der Verschleißprüfstand. Der spätere Prüfablauf (Abbildung 20), sollte sich folgendermaßen gestalten. Die feuerfesten Probekörper werden zuerst in den Schmelz-, Warmhalteofen, welcher eine ausgewählte Aluminiumlegierung enthält, bei 850 °C für 96 Stunden untergetaucht. Nach Schneiden der Probekörper, erfolgt die Untersuchung mittels Mikroskop und Bewertung der verschiedenen Kriterien. Dieser Ablauf wurde von der Firma ALCAN Inc. entwickelt und trägt den Namen „Finger-Tip-Test“. Durch eine Vergrößerung der Anlage und der Probekörper von 1“ x 1“ x 2“ auf 114 x 64 x 230 mm³ (NF1), sind die Tests praxisnäher. Nach Durchführung des Fingerspizentests erfolgt die mechanische Belastung durch Einspannen des Probekörpers in den Verschleißprüfstand. Der Probekörper wird bei verschiedenen Temperaturen einer Abriebbewegung unterzogen und daraufhin bewertet.

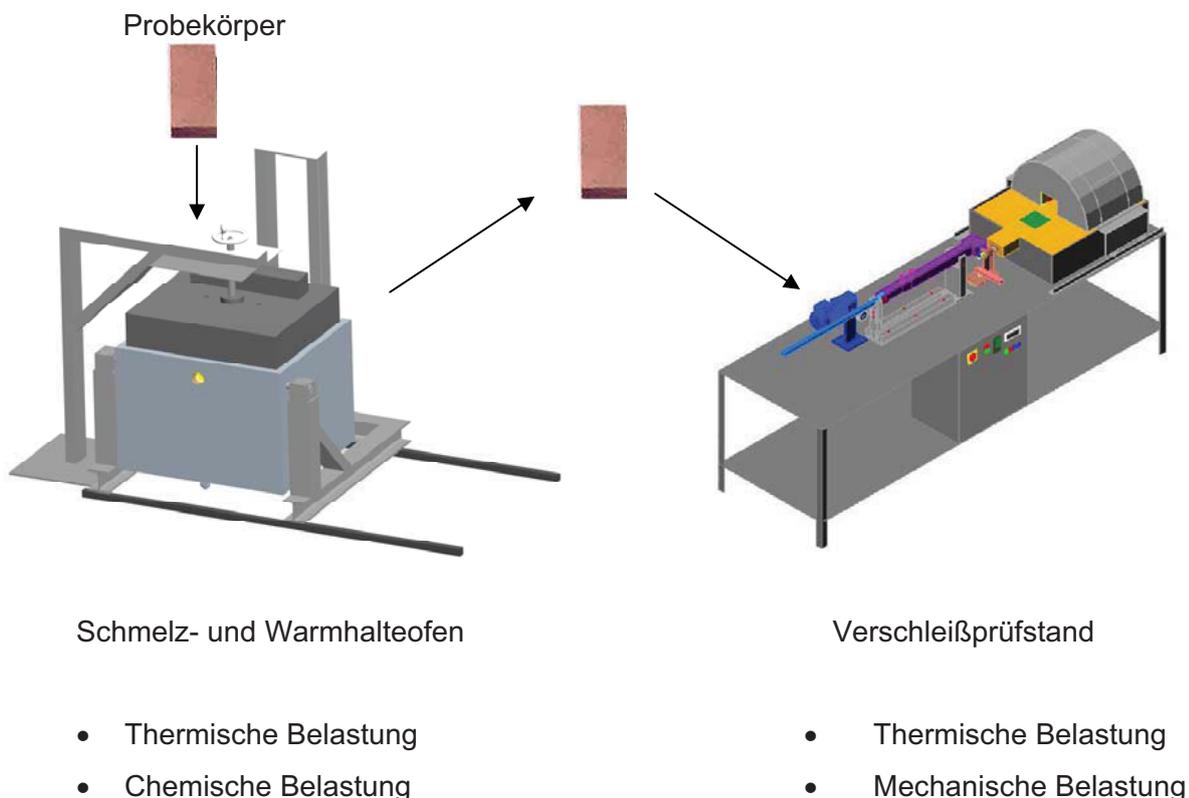


Abbildung 20: Prüfablauf für feuerfeste Werkstoffe in der Aluminiumindustrie

Im folgenden experimentellen Teil der Arbeit werden der Aufbau des Versuchsstandes, d. h. der Schmelz-, Warmhalteofen und die Einzelbestandteile des Verschleißprüfstandes, Dimensionierung des Abriebarms, Auslegung der Kühlung, Wärmeverlustberechnung, die eingesetzten Probekörper, die CE-Kennzeichnung, Gefahrenanalyse und die Versuchsabläufe (statische Versuchsplanung) beschrieben.

3.1 Beschreibung des Versuchsstandes

Nachfolgend werden der Aufbau und die Funktionsweise des Schmelz- und Warmhalteofens und des Verschleißprüfstands näher erklärt.

3.1.1 Schmelz- und Warmhalteofen

Der Ofen wird mittels einer im Deckel integrierten Strahlungsheizung beheizt. Die im Deckel eingebetteten Heizwendeln liefern die Energie zum Schmelzen der Aluminiumlegierung. Die feuerfesten Probekörper werden in die Aluminiumschmelze getaucht und für ungefähr 96 Stunden dem Aluminiumbad ausgesetzt. Die verwendete Aluminiumlegierung 5xxx (AMAG-Bezeichnung: AG45N.1) wurde aus Versuchen als aggressivste Legierung ermittelt ^[22].

Anschließend werden die feuerfesten Probekörper aus der Schmelze entnommen und entsprechend den Kriterien des Finger-Tip-Tests und des Abriebtests untersucht. Durch eine Kippvorrichtung erfolgt das Ausgießen der Schmelze aus dem Ofen. Der Schmelz- bzw. Warmhalteofen besteht aus einem Stahlgehäuse, hochwärmedämmende Schichten und einer aluminiumbeständigen Schicht. Der Ofen besitzt die Außenabmessungen von ca. 800 x 700 x 700 mm³ (L x B x H). Die Innenabmessungen betragen ca. 500 x 400 x 300 mm³ (L x B x H) und dienen zur Aufnahme von etwa 160 kg Aluminiumlegierung. Grundsätzlich befindet sich der Ofen mit seinem aufgesetzten Deckel in Heizungsposition. Der Deckel kann an einem Kragarm mittels Handrad durch eine Spindel abgehoben werden. Unter dem Galgen hervorgezogen, ist es möglich die Beschickung und Wartung durchzuführen. Der Deckel bietet zusätzlich eine Einleitungsmöglichkeit für Schutzgas (z. B. N₂, Ar, CO₂). Mithilfe einer arretierbaren Kippvorrichtung erfolgt im hervorgezogenen Zustand die Entleerung der Schmelze durch den, sich oberhalb des Schmelzniveaus befindlichen, Aufsatz mit Ausgießschnabel. Dieser wird an den Ofen mit einer Dichtungsmatte als Zwischenlage angeklemt. Der Ausgießschnabel dient dazu, um den Ausgießstrahl zu verjüngen und somit die Schmelze nicht an der Ofenwand entlang fließt. Die Aluminiumschmelze wird in Masselformen abgefüllt, welche unter den Ausgießschnabel geschoben werden. Zur Regelung und Übertemperaturüberwachung sind zwei Thermoelemente in Graphitschutzrohren vorgesehen. Der Schaltschrank des Schmelz- bzw. Warmhalteofens

besitzt die notwendigen Sicherheitseinrichtungen wie z. B. NOT-AUS-Taster, Trafo und Temperaturregler.

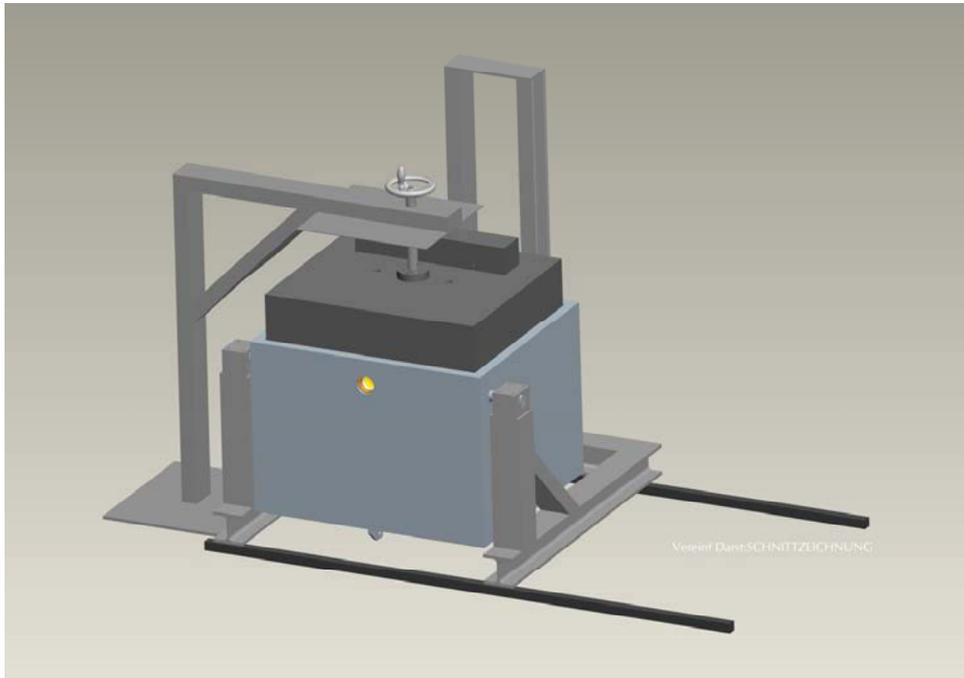


Abbildung 21: Schmelz- bzw. Warmhalteofen

Technische Daten: elektrische Anschlussleistung der Heizung - 12 kW
Aufschmelzzeit ca. 24 h
Schmelzinhalt ca. 60 dm³
Haltetemperatur der Schmelze 800 - 850 °C

3.1.2 Verschleißprüfstand

Zur Simulation der mechanischen Belastung durch die Abkrätzeinheit dient der Verschleißprüfstand. Dieser besteht grundsätzlich aus den Bestandteilen:

- Tisch
- Halbschalenofen
- Steinwanne
- Spannvorrichtung
- Abriebarm
- Getriebemotor

die nachfolgend kurz beschrieben sind.

3.1.2.1 Tisch

Auf dem Tisch befestigt sind der Schneckengetriebemotor, die Steinwanne mit Halbschalenofen, der Abriebarm samt Führungen und die Spannvorrichtung. Die Verkabelung erfolgt auf einer eingezogenen Ebene. Die Bedienelemente für den Verschleißprüfstand sind an der Frontseite angebracht. Der Tisch ist mit Rollen ausgestattet, und besitzt die Hauptabmessungen 2500 mm x 750 mm x 1000 mm (L x B x H).

3.1.2.2 Halbschalenofen

Da bei den Herdöfen die Brenner direkt auf die Rampe gerichtet sind (Abbildung 22) entstehen sehr hohe Temperaturen, welche die die Abriebfestigkeit vermindern, den Infiltrationsschutz auflösen oder die Porosität der feuerfesten Auskleidung erhöhen. Um möglichst reale Bedingungen beim Verschleißprüfstand nachbilden zu können, wurde zum Aufheizen der Probekörper ein Halbschalenofen gewählt, der eine Temperatur bis zu 1400 °C erreicht. Die Probekörper können dann bei ausgewählten Temperaturen der mechanischen Belastung durch den Abriebarm unterzogen werden.

Der Halbschalenofen des Typs Superthal SHC 250 H der Firma Kanthal (Abbildung 23), ausgeführt als Halbzylinder, besteht aus einem Keramikfaserisulationsmodul mit integriertem Kanthal-Heizelement. Der Energieaustausch zwischen Heizelement und Ofencharge findet aufgrund der hohen Temperaturen hauptsächlich durch Strahlung statt. Das Heizmodul zeichnet sich besonders durch Kompaktheit, schnelle Aufheizzeit und ein exaktes Temperaturprofil aus.

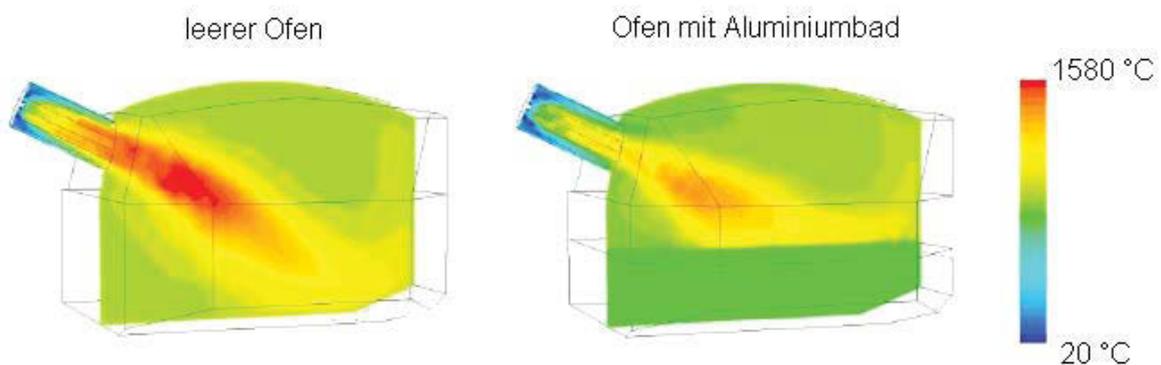
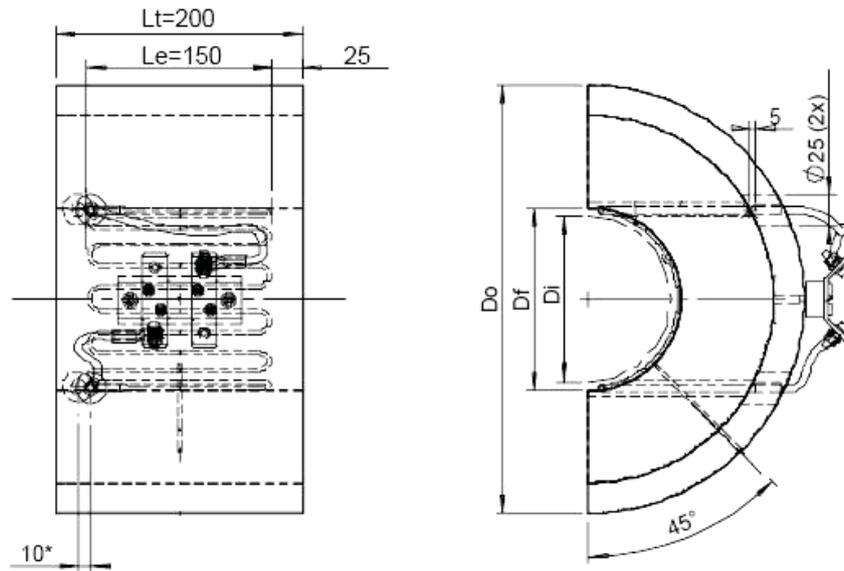


Abbildung 22: Temperaturverteilung in °C - Herdofen ^[23]

Abbildung 23: Halbschalenofen Superthal SHC ^[24]

Technische Daten: Anschlussleistung – 2,5 kW
 max. Heizelementtemperatur 1600 °C
 max. Ofentemperatur 1550 °C
 $D_i = 235$ mm
 $D_f = 250$ mm
 $D_o = 450$ mm

Der eingesetzte Halbschalenofen wird mit einer Isolierschicht aus Aluminiumsilikat, mit einer Klassifikationstemperatur von 1260 °C, und danach mit Stahlblech überzogen (Abbildung 24). Der Grund die Ausführung mit einer zusätzlichen Isolierschicht besteht darin, dass der Wärmeverlust des Ofens, der sehr hohe Temperaturen erzeugt, gegenüber der Umgebung möglichst gering gehalten wird und es zu niedrigen Oberflächentemperaturen am Stahlblechüberzug kommt. Zur Steuerung wird ein Thermoelement in den Halbschalenofen eingesetzt, welches die Temperatur des Heizelements mit der Temperatur des Probekörpers, welche auch über ein Thermoelement gemessen wird, vergleicht und über die nachfolgend erklärte Kaskadenregelung die Energiezufuhr regelt.

Der Halbschalenofen ist am Tisch horizontal verschiebbar, um das Wechseln der Probekörper zu ermöglichen.

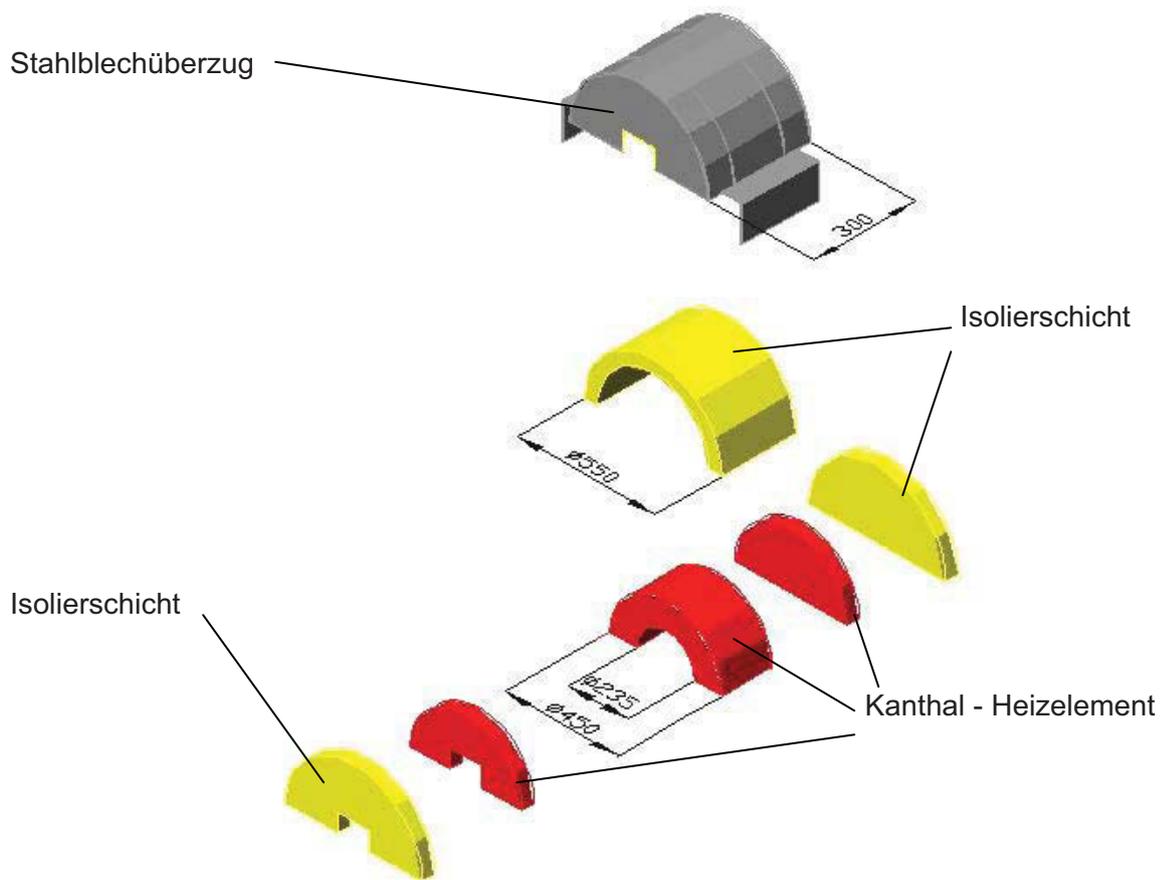


Abbildung 24: Halbschalenofen

3.1.2.3 Steinwanne

Die Steinwanne besteht aus einem Stahlblech (Abbildung 25) und ist mit feuerfesten Steinen sowie einer feuerfesten Platte ausgekleidet. Die Auskleidung aus drei Lagen, besteht in der obersten Lage, dem Ofen zugewandten Seite, aus einem Feuerleichtstein mit einer Klassifikationstemperatur von 1650 °C, in der 2. Lage wird ein Feuerleichtstein mit einer Klassifikationstemperatur von 1540 °C verwendet und in der untersten Lage kommt eine Calciumsilikatplatte mit einer Klassifikationstemperatur von 1000 °C zum Einsatz. In dieser Steinwanne wird auch der Probekörper mittels einer Spannvorrichtung fixiert. Es können feuerfeste Probekörper mit bis zu einer Größe von 114 x 114 x 64 mm³ eingesetzt werden. Nach Abschluss des Abriebtests erfolgt zum Wechseln des Probekörpers das Verschieben des Halbschalenofens in horizontaler Richtung zum hinteren Teil der Steinwanne. Diese hat die Aufgabe den Probekörper aufzunehmen und den Wärmeverlust bei Durchführung der mechanischen Belastung sowie beim Wechseln des Probekörpers möglichst gering zu halten.

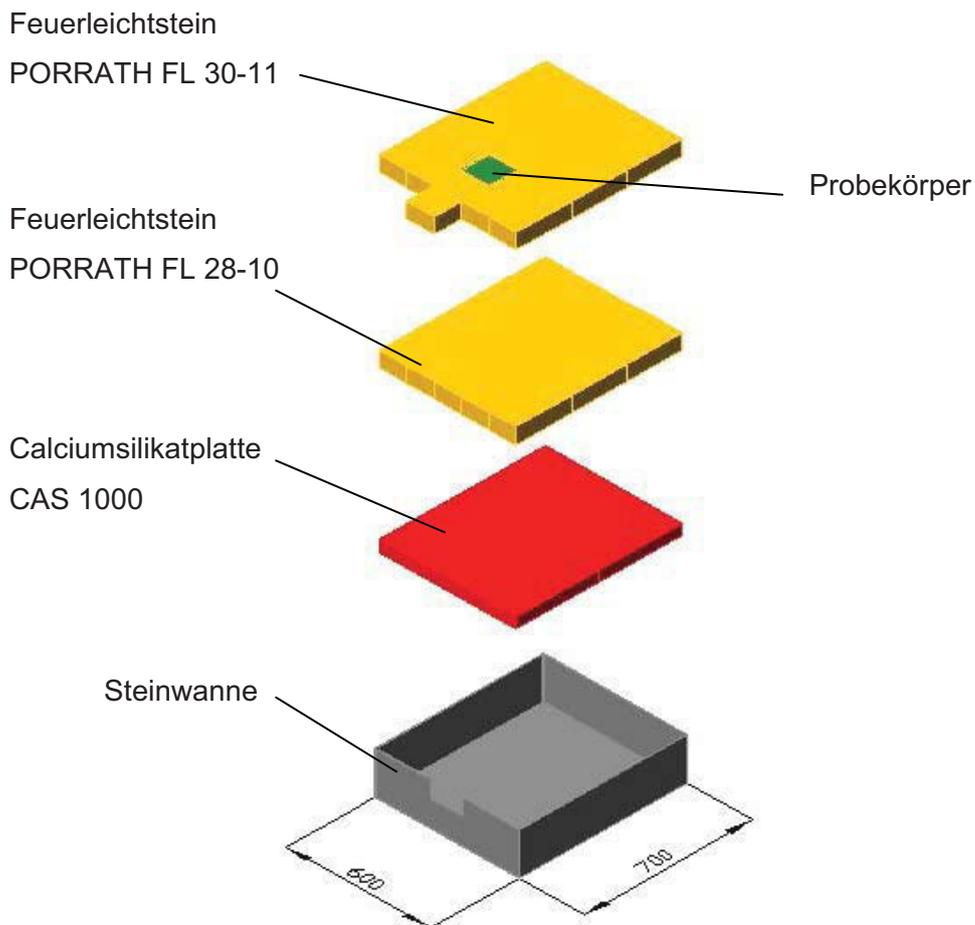


Abbildung 25: Steinwanne

3.1.2.4 Spannvorrichtung

Die jeweiligen Probekörper werden in der Steinwanne mittels einer Spannvorrichtung (Abbildung 26) befestigt. Durch das horizontale Verschieben der Spannvorrichtung auf einem Schlitten in Richtung Steinwanne wird der Probekörper festgeklemmt und durch Anziehen des Griffs fixiert. Diese Variante der Spannvorrichtung wurde gewählt, weil es von der Ausführung her sehr einfach und wartungsarm ist und es möglich ist und die Möglichkeit besteht, eine in Grenzen variable Größe des Probekörpers einzuspannen und bei Temperaturen bis 1400 °C zu testen. Die Spannvorrichtung hat auch die Aufgabe die Längenänderung der feuerfesten Auskleidung der Steinwanne aufzunehmen und dabei einen festen Sitz des Probekörpers zu gewährleisten.

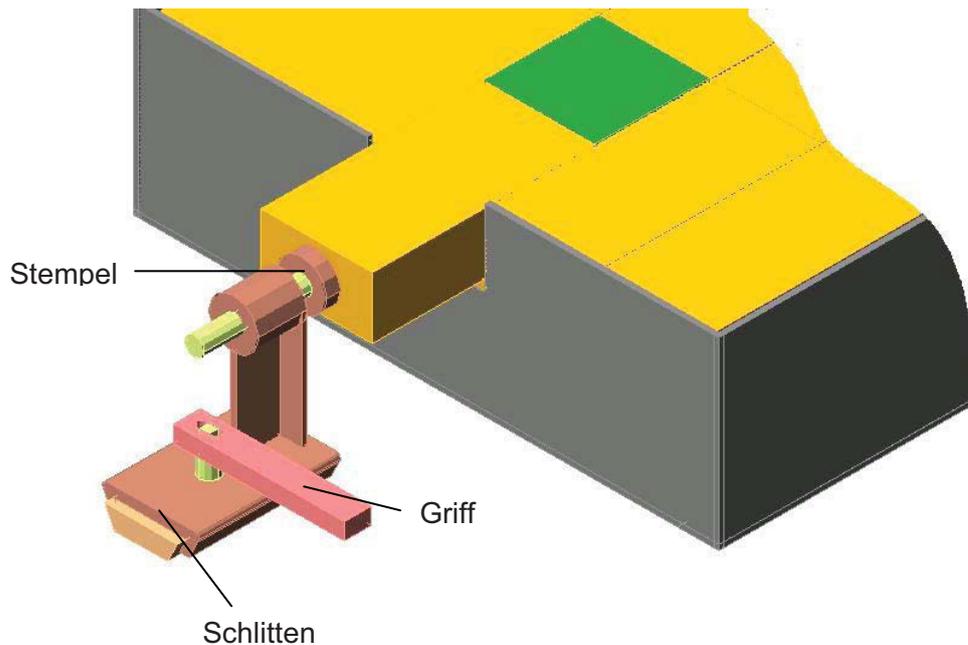


Abbildung 26: Spannvorrichtung

3.1.2.5 Abriebarm

Die mechanische Belastung, welche die Abkrätzeinheit simulieren soll, erfolgt mittels eines eingespannten Plättchens im Abriebarm (Abbildung 27), das durch einen Verstellantrieb horizontal über den Probekörper scheidert. Das Plättchen kann je nach Wunsch ausgetauscht und durch ein anderes mit unterschiedlichem Werkstoff ersetzt werden. Anfangswerkstoff ist ein Schnellarbeitsstahl. Der Abriebarm wird zum Schutz vor Überhitzung mit Frischwasser gekühlt. Die Kühlung dient zur Aufnahme der Wärmeenergie des Ofens, um dadurch den Abriebarm vor Überhitzung zu schützen. Das verwendete Frischwasser wird direkt aus dem Wasserleitungsnetz entnommen und mittels Ablauf wieder ins Netz zurückgeleitet. Als Sicherheitsmaßnahme ist ein Durchflussmesser in die Kühlungsleitung eingebaut, der bei Aussetzen der Kühlung den Verschleißprüfstand herunterfährt, oder erst gar nicht in Betrieb setzen lässt. Am vorderen Ende des Abriebarms ist ein Schutzblech vorgesehen, das zum Schutz der Schrauben, die das Einspannen der Plättchen ermöglichen, verwendet wird.

Der Abriebarm wird durch einen Getriebemotor, der eine Vorschubbewegung in Links-Rechts-Richtung mittels einer Zahnstange durchführt, angetrieben. Er fährt nach dem Startbefehl mittels gesteuerter Vorschubeinrichtung von seiner Ausgangsstellung, gelenkt durch Führungen, in Richtung Probekörper. Unterhalb des Halbschalenofens, kurz nach Beginn des Probekörpers, wird die Abriebeinheit etwas abgesenkt damit das Plättchen auf der Oberfläche des Probekörpers scheidert. Nach einer gewissen eingestellten Anzahl an Abriebhuben, wird der Abriebarm automatisch aus dem Halbschalenofen herausgezogen,

von der Probe vertikal abgehoben und in Ausgangsstellung zurückgebracht. Der Probekörper wird, wenn sich der Abriebarm in Ausgangsstellung befindet und der Halbschalenofen nach hinten verschoben wurde, getauscht. Der Abriebarm kann auch mit Gewichten beaufschlagt werden, um so nah wie möglich reale Bedingungen zu erhalten. Das erforderliche Gewicht des Abriebarms bei ausgewählter Dicke des Plättchens ist aus Tabelle 6 zu entnehmen.

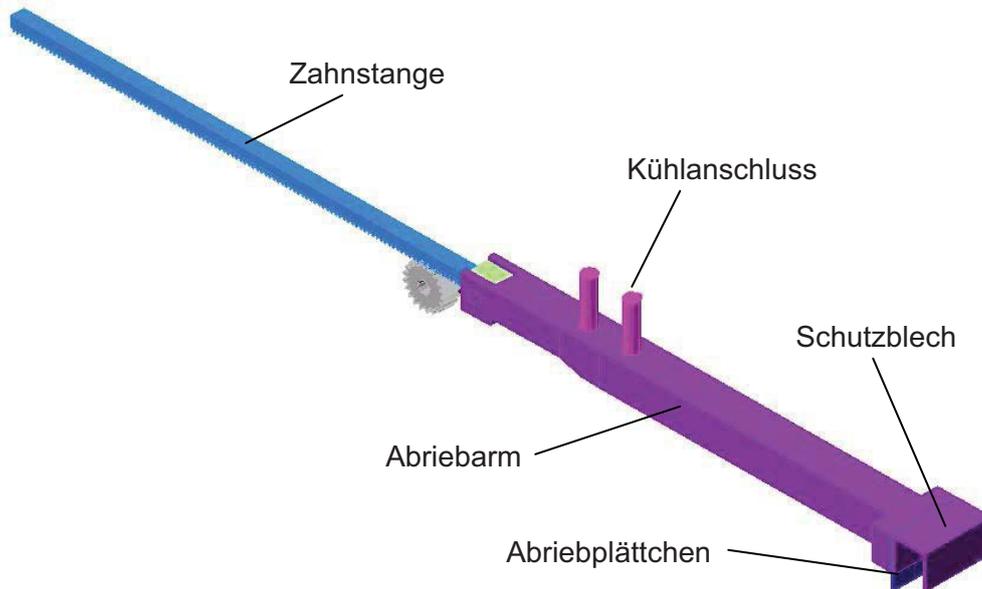


Abbildung 27: Abriebarm

3.1.2.6 Getriebemotor

Die Vorschubbewegung des Abriebarms erfolgt durch einen Schneckengetriebemotor (Abbildung 28). Der Motor überträgt durch die Links-Rechts-Bewegung das Antriebsmoment auf die Zahnstange und damit auf den Abriebarm. Die Übersetzung des Getriebemotors wurde so gewählt, dass eine Geschwindigkeit von ungefähr 10 cm/s erreicht wird.



Abbildung 28: Schneckengetriebemotor

Technische Daten:	Leistung :	0,09 kW
	Drehzahl:	28 U/min
	Drehmoment:	11 Nm
	Untersetzung:	i = 50
	Hohlwelle:	d = 14 mm

3.1.2.7 Steuerung

Nachfolgend sollen die zum Betrieb des Versuchsstandes notwendigen Steuerelemente beschrieben und deren Funktionen erklärt werden. Der Versuchsstand ist mit zwei Steuerungen, die den Versuchsbetrieb steuern, regeln und kontrollieren, ausgestattet.

Es sind dies die Ofensteuerung, und die Steuerung für den Getriebemotor mit Spindelantrieb. Der Versuchsstand ist durch eine Hauptsicherung samt Hauptschalter, einen FI-Schalter, einer Steuerkreissicherung und Heizkreissicherung abgesichert. Weiters trägt auch ein NOT-AUS-Kreis mit NOT-AUS-Taster zum sicheren Hantieren an dem Versuchsstand bei.

- Ofensteuerung

Zur Steuerung des Anfahrverhaltens des Halbschalenofens und zur Temperaturregelung im Betrieb des Versuchsstandes wird ein Leistungssteller und ein Kaskadenregler verwendet. Der Halbschalenofen besteht aus Kanthal-Heizelementen. Diese Heizelemente reagieren sehr empfindlich auf Übertemperatur, d.h. ihre obere Grenztemperatur darf nicht überschritten werden. Die Energie, welche in das Heizelement eingebracht wird muss mit zunehmender Temperatur zurückgeregelt werden. Dies erfolgt mit einer Leistungsregelung im Leistungssteller. Der Strom und die Spannung am Heizelement werden gemessen, und bei zunehmender Temperatur tritt eine Reduzierung des Produkts beider Größen ($U \times I = P$) ein.

Zusätzlich dient ein Netzfilter zur Unterdrückung der Störung des Leistungsstellers.

Zur Spannungsanpassung der 230 V Netzspannung auf die Spannung am Kanthal - Element, die ca. 70 V beträgt, wird ein Transformator benötigt.

Die Temperaturregelung ist als Kaskadenregelung ausgeführt, wobei der eingesetzte Kaskadenregler ein sehr genauer, stabiler Temperatur- und Prozessregler ist. Über die Segmentanzeige werden Prozesswert und Sollwert angezeigt. Alarmmeldungen, Programmier- und Regelkreisstatus werden über eine LED-Matrix angezeigt. Die Konfiguration des Reglers erfolgt entweder über die Reglerfront oder mittels einer PC-Software. Der Regler besitzt auch noch einen selbst korrigierenden Eingangskreis,

welcher die Genauigkeit und das Betriebsverhalten während des Starts und bei Temperaturänderungen der Umgebung ausgleicht.

Der Kaskadenregler misst und vergleicht die Temperatur am Heizelement und der Temperatur der Ofencharge, abgenommen durch Thermoelemente, und regelt je nach Differenz die Leistungszufuhr. Dies ist der langsamere Hauptregelkreis (Regelungstechnisch der äußere Kreis). Mit dem inneren, schnellen Regelkreis wird die Ofentemperatur (Kanthal-Element) über ein weiteres Thermoelement erfasst und geregelt.

Diese Kaskadenregelung hat den Vorteil, dass viel schneller und genauer geregelt werden kann und im Ofenkreis keine so großen Temperatur-Überschwinger erzeugt werden.

Eine "einfache" Regelung z. B. nur der Probe würde zwangsläufig Überschwinger im Ofen ergeben, da es sehr lange dauern würde bis die erhöhte Temperatur vom Ofen zur Probe kommt. Die Regelung wäre sehr instabil und träge. Daher müsste die Regelung sehr langsam und mit einem geringen Leistungsgradienten eingestellt werden. Eine alleinige Regelung der Heizelemente würde eine zu niedrige Temperatur der Probe auf Grund des Temperaturgefälles vom Ofen zur Probe liefern. Beide Regelungsmethoden sind entweder sehr langsam oder die Temperatur der Probe schwingt bzw. ist nicht genau.

- Getriebemotor mit Spindeltrieb

Zur Links-Rechts-Steuerung des Verstellantriebes bzw. zur Übernahme gewisser Überwachungsfunktionen wird eine programmierbare SPS (speicherprogrammierbare Steuerung), ein Steuerrelais verwendet. Das Steuerrelais zeichnet sich besonders durch einfache Bedienung und Programmeingabe aus. Dieser fertige Baustein bietet Zeitrelais, Blinkrelais, Vergleicher, Schaltuhren, Zähler für Anzahl der Hübe des Abriebarmes bis hin zu PID-Regelbausteinen. Das Multifunktionsdisplay ist vollgrafikfähig und zeigt grafisch und textlich Störmeldungen und Bedienvorgänge an. Im laufenden Betrieb können am Steuerrelais Sollwerte angezeigt und geändert werden.

Zur Ausführung der Links-Rechts-Bewegung der Verschiebeeinheit wird wie vorher schon erwähnt, ein Getriebemotor mit Spindeltrieb verwendet. Der durch den Getriebemotor ausgeführte Vorschub mit einer Geschwindigkeit von bis zu 10 cm/s wird durch Einbau von Endschaltern begrenzt. Der Motor fährt bei Simulation des Abriebs über Endschalter markiert, immer zwei Positionen an. Diese entsprechen genau der Entfernung des eingespannten Probekörpers. Eine weitere dritte Position ist die

Ausgangsstellung zum Probenwechsel, welche sich räumlich weiter außerhalb des Halbschalenofens befindet.

3.2 Auslegung

In diesem Kapitel ist die Dimensionierung und die Auslegung der Kühlung des Abriebarms dargestellt. Weiters ist auch die für die Auswahl des Halbschalenofens notwendige Wärmeverlustberechnung enthalten.

3.2.1 Dimensionierung des Abriebarms

Wie schon in der Einleitung erwähnt, stellt die über die feuerfeste Auskleidung gezogene Abkrätzeinheit der Herdöfen, das größte Problem dar. Die Abkrätzeinheit ist eine Stahlkonstruktion mit einem Gewicht von 5075 kg und führt zu hoher mechanischer Belastung. Um beim Verschleißprüfstand die realen Bedingungen der Abkrätzbewegung im Herdofen möglichst abzubilden, muss das Gewicht der Abkrätzeinheit auf den Abriebarm umgelegt werden. Anhand einer Ähnlichkeitsbetrachtung wird das Original (Abkrätzeinheit im Herdofen) auf ein Modell (Verschleißprüfstand) zurückgeführt.

Abkrätzeinheit AMAG: Gewicht: 5075 kg
 Abriebfläche: 1180 x 30 mm² (L x B)

Als Kennzahl für die Ähnlichkeitsbetrachtung bei der Dimensionierung des Abriebarms für den Verschleißprüfstand dient der Druck den die Abkrätzeinheit durch ihr Gewicht ausübt. Im folgenden Berechnungsbeispiel wurde eine Dicke des Abriebplättchens von 2 mm angenommen.

$$p_{Original} = p_{Modell} = \frac{F_{Original}}{A_{Original}} = \frac{5075 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{(1180 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm})} = 1,406 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (3.1)$$

$$F_{Modell} = p_{Modell} \cdot A_{Modell} = 1,406 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot (100 \text{ mm} \cdot 2 \text{ mm}) = 281,2 \text{ N} \quad (3.2)$$

$$m_{Modell} = \frac{F_{Modell}}{a} = \frac{281,2 \text{ N}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 28,7 \text{ kg} \quad (3.3)$$

In Tabelle 6 ist für verschiedene Dicken des Abriebplättchens und einer Länge von 100 mm das erforderliche Gewicht des Abriebarms ersichtlich. Dieses kann durch Aufstecken am Abriebarm variiert werden.

Tabelle 6: Dimensionierung Abriebarm

Dicke Abriebplättchen [mm]	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Kraft [N]	140,6	210,9	281,2	351,5	421,8	492,1	562,4
Gewicht Abriebarm [kg]	14,3	21,5	28,7	35,8	43,0	50,2	57,3

3.2.2 Kühlung des Abriebarmes

Der Abriebarm des Verschleißprüfstandes ist mit Wasserkühlung ausgestattet. Ziel der nachfolgenden Berechnung ist es, die Temperaturen innerhalb und außerhalb des Abriebarmes bei gegebenen Kühlwasservolumenstrom und verschiedenen abgegebenen Leistungen des Halbschalenofens zu ermitteln.

3.2.2.1 Wärmeübergang vom Halbschalenofen zum Abriebarm

Die Übertragung der Energie aus dem Halbschalenofen auf die Oberfläche des Abriebarmes erfolgt einerseits durch Strahlung und andererseits durch Konvektion, wobei der Konvektionsanteil sehr gering ist. Durch den geringen Einfluss der Konvektion ist der Fehlereinfluss der Abschätzung des konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten mit $40 \text{ W/m}^2\text{K}$ sehr gering.

Aufgrund einiger Unbekannten wie z. B. die Temperaturverteilung im Halbschalenofen, wurde zur Vereinfachung eine einheitliche mittlere Temperatur des Ofens angenommen. Bei der Geometrie des Abriebarmes erfolgte ebenfalls eine Vereinfachung, wo anstatt des Rechteckquerschnittes ein Kreisquerschnitt angenommen wird.

Die Ermittlung des Wärmeübergangs vom Abriebarm auf das Kühlwasser erfolgte nach Berechnungsvorgaben aus dem VDI-Wärmeatlas ^[17].

3.2.2.2 Wärmeübergang innerhalb des Abriebarmes

Der Abriebarm besteht aus zwei Rohren, in denen das Kühlwasser fließt. Laut der Annahme, dass die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Rohren möglichst klein ist, kommt es zu einer Vernachlässigung des Wärmeübergangs vom äußeren auf das innere Rohr.

3.2.2.3 Kühlwasser

Um Kavitation und Blasenbildung im Abriebarm zu vermeiden, sollte eine Kühlwasseraustrittstemperatur gewählt werden, die weit entfernt vom Siedepunkt liegt. Weiters stellen sich bei hoher Temperaturspreizung zwischen Eintritt und Austritt des Kühlwassers kleinere Kühlwassermengen ein. Für die Berechnung wurde die Eintrittstemperatur des Kühlwassers mit 30 °C, die Austrittstemperatur mit 60 °C, und die Kühlwassermenge mit 0,3 l/s angenommen.

3.2.2.4 Berechnung

Die genaue Berechnung und Auslegung der Kühlung und verwendeten Stoffwerte sind im Anhang ersichtlich. Nachfolgend sind die wichtigsten Formeln zur Berechnung der Außen- und Innentemperatur des Abriebarms zusammengefasst.

Prandtl-Zahl:

$$\text{Pr} = \left(\frac{\nu_{\text{Wasser } 40^\circ\text{C}}}{\lambda_{\text{Wasser } 40^\circ\text{C}}} \right) \cdot \rho_{\text{Wasser}} \cdot c_p \quad (3.4)$$

Reynolds-Zahl:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d_h}{\nu} \quad (3.5)$$

Beiwert:

$$B = \frac{1}{(5,15 \cdot \lg(\text{Re}) - 4,64)^2} \quad (3.6)$$

Korrekturfaktor:

$$K_L = 1 + \left(\frac{d_H}{L} \right)^{0,667} \quad (3.7)$$

Nusselt-Zahl:

$$\text{Nu} = \left(\frac{\text{Pr} \cdot B \cdot (\text{Re} - 1000)}{1 + 12,7 \cdot \sqrt{B} \cdot (\text{Pr}^{0,667} - 1)} \right) \cdot K_L \quad (3.8)$$

Wärmeübergangszahl Abriebarm (innen):

$$\alpha_i = \frac{Nu \cdot \lambda_{Wasser 40^\circ C}}{d_h} \quad (3.9)$$

Temperatur des Abriebarmes (innen):

$$T_{Abriebarminnen} = \left(\frac{Q}{\alpha_i \cdot A} \right) + T_{Wasser} \quad (3.10)$$

Oberflächentemperatur des Abriebarmes (außen):

$$T_{Abriebarmaußen} = \left(\frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda_{Abriebarm}} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} \right) + T_{Abriebarminnen} \quad (3.11)$$

3.2.2.5 Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse für die maximal anzunehmende Ofentemperatur sind:

Ofenraumtemperatur:	1400 °C
Kühlwassermenge:	0,3 l/s
Temperatur-Kühlwassereintritt:	30 °C
Temperatur-Kühlwasseraustritt:	60 °C
Angenommene Dimension des Kühlrohres:	$d_a = 0,06 \text{ mm}; L = 0,2 \text{ m}$
Wandstärke Kühlrohr:	$s_a = 0,002 \text{ m}$
Temperatur des Abriebarms (außen):	280 °C
Temperatur des Abriebarms (innen):	222 °C

Bei den Berechnungen wird jedoch darauf hingewiesen, dass keine Sicherheitszuschläge verwendet wurden. Daher sollte die Kühlwassermenge über den errechneten Wert liegen, um die Temperaturen zu senken.

3.2.2.6 Sicherheitsaspekte

Da im Halbschalenofen hohe Temperaturen auftreten, müssen Betrachtungen bezüglich der Sicherheit angestellt werden.

- Es darf zu keinen Wasseraustritt in den Ofenraum kommen, da eine sehr rasche Verdampfung die Folge wäre.

- Das Kühlwasser muss durch einen Durchflussmesser überwacht werden, um bei Ausfall der Kühlung die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen durchführen zu können.
- Es sollten sich keine Luftblasen im Abriebarm befinden, da diese den Wärmeübergang verschlechtern und sich punktuelle Überhitzungen bilden könnten.

3.2.3 Wärmeverlustberechnung des Halbschalenofens

Die Auswahl des benötigten Halbschalenofens hängt im Allgemeinen vom Energiebedarf, den Energieverlusten, der Temperatur des Ofenmediums und vor allem der zu erwärmenden Massen mit ihren spezifischen Wärmekapazitäten und Wärmeleitfähigkeiten ab.

Ist das Heizmodul auf die gewünschte Temperatur hochgefahren, stellt sich ein so genanntes thermischen Gleichgewicht ein, d. h. es muss nur noch die Energie zugeführt werden, die durch Wärmeverluste abhanden kommt. Es sind bei der überschlägigen Berechnung des Halbschalenofens die Wärmeverluste nach unten zur Steinwanne (Abbildung 29), die Wärmeverluste durch das Halbschalenelement (Abbildung 30) und durch die Stirnseiten (Abbildung 31) maßgebend. Werden nun von der Gesamtleistung des Heizelement die Wärmeverluste und die benötigte Wärmemenge zum Aufheizen des Prüfkörpers abgezogen, muss diese Wärmemenge > 0 sein. Ist die übrige Wärmemenge < 0 , so müssen Maßnahmen getroffen werden, die die Wärmeverluste senken und ein Aufheizen des Probekörpers auf Temperatur möglich machen. Die Werte für die Wärmeleitfähigkeiten der Auskleidung wurden aus den Materialdatenblättern entnommen. Bei der Wärmeverlustberechnung erfolgte eine Vernachlässigung des Stahlblechs.

- Wärmeverlust nach unten zur Steinwanne

Projizierte Heizfläche: 0,2 x 0,235 m

6,4 cm Feuerleichtstein
 $\lambda = 0,67 \text{ W/mK}$

6,4 cm Feuerleichtstein
 $\lambda = 0,45 \text{ W/mK}$

5,0 cm Feuerfestplatte
 $\lambda = 0,17 \text{ W/mK}$

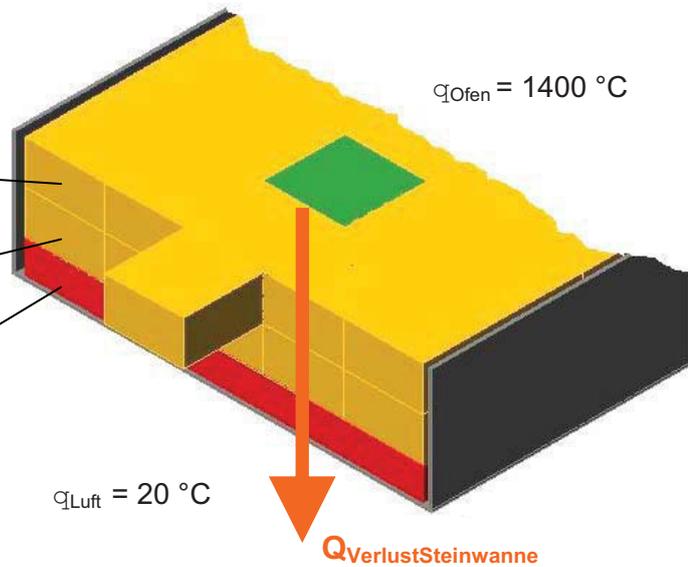


Abbildung 29: Aufbau Feuerfestmaterial Steinwanne

$$Q_{\text{VerlustSteinwanne}} = \frac{A \cdot (\vartheta_{\text{Ofen}} - \vartheta_{\text{Luft}})}{\left(\sum \frac{d}{\lambda} \right)} = \frac{0,2\text{m} \cdot 0,235\text{m} \cdot (1673 - 293)\text{K}}{\left(\frac{0,064\text{m}}{0,67 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0,064\text{m}}{0,45 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0,05\text{m}}{0,17 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} \right)} \approx 122 \text{ W} \quad (3.12)$$

- Wärmeverlust durch die Halbschale

5 cm Aluminiumsilikatwolle
 $\lambda = 0,44 \text{ W/mK}$

10 cm Kanthalelement
 $\lambda = 15 \text{ W/mK}$

$d_i = 0,235 \text{ m}$
 $d_1 = 0,45 \text{ m}$
 $d_a = 0,55 \text{ m}$

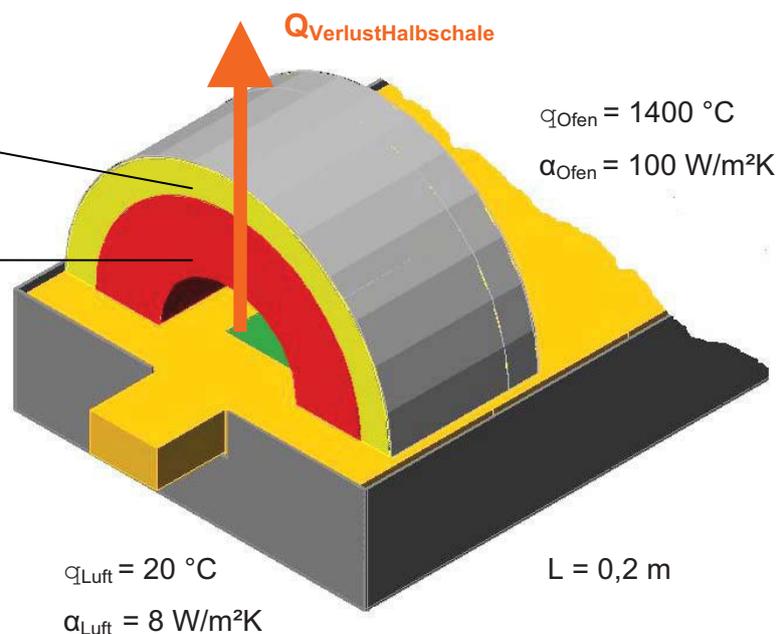


Abbildung 30: Aufbau Feuerfestmaterial Halbschalenofen

$$k = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_{\text{Ofen}} \cdot d_i} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{d_1}{d_i}\right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{d_a}{d_1}\right) + \frac{1}{\alpha_{\text{Luft}} \cdot d_a}} \quad (3.13)$$

$$k = \frac{\pi}{\frac{1}{100 \frac{W}{m^2K} \cdot 0,235m} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{15 \frac{W}{mK}} \cdot \ln\left(\frac{0,45m}{0,235m}\right) + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{0,44 \frac{W}{mK}} \cdot \ln\left(\frac{0,55m}{0,45m}\right) + \frac{1}{8 \frac{W}{m^2K} \cdot 0,55m}} \quad (3.14)$$

$$\approx 6 \frac{W}{mK}$$

$$Q_{\text{VerlustHalbschale}} = \frac{k \cdot L \cdot (\vartheta_{\text{Ofen}} - \vartheta_{\text{Luft}})}{2} = \frac{6 \frac{W}{mK} \cdot 0,2m \cdot (1673 - 293)K}{2} = 828 \text{ W} \quad (3.15)$$

Die Verluste werden halbiert, da es sich um eine Halbschale handelt und nicht um einen Hohlzylinder.

- Wärmeverlust durch die Stirnseite

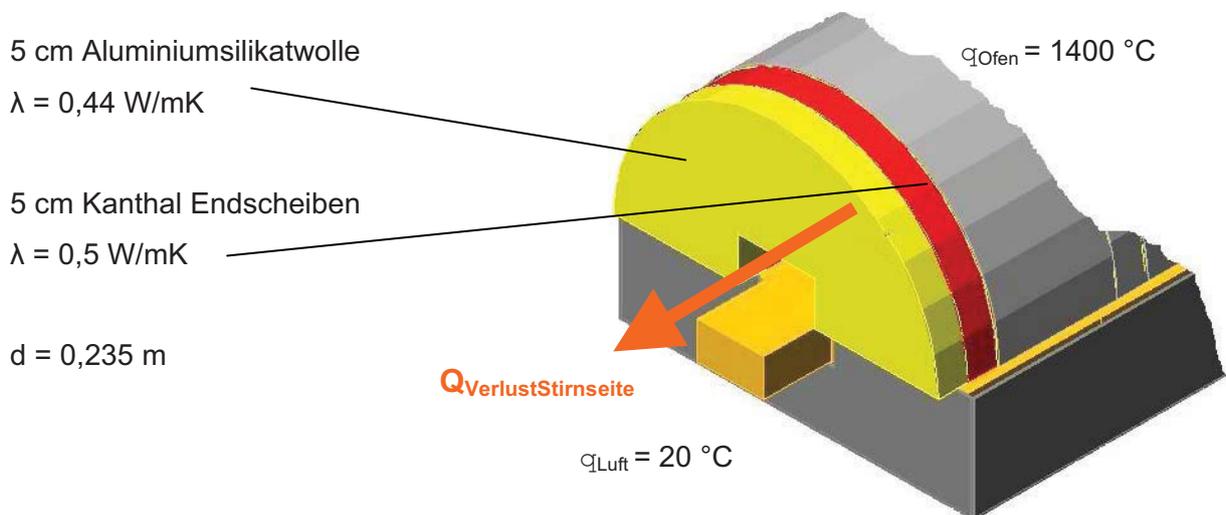


Abbildung 31: Aufbau Feuerfestmaterial Stirnseite

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0,235^2 \cdot \pi}{4} = 0,02 \text{ m}^2 \quad (3.16)$$

Die sich ergebende Fläche ist die projizierte Heizfläche in Richtung Stirnseite.

$$Q_{\text{VerlustStirnseite}} = \frac{2 \cdot A \cdot (\vartheta_{\text{Ofen}} - \vartheta_{\text{Luft}})}{\left(\sum \frac{d}{\lambda} \right)} = \frac{2 \cdot 0,02 \text{ m}^2 \cdot (1673 - 293) \text{ K}}{\left(\frac{0,05 \text{ m}}{0,44 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0,05 \text{ m}}{0,5 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} \right)} = 258 \text{ W} \quad (3.17)$$

- Gesamter Wärmeverlust

Der gesamte Wärmeverlust setzt sich zusammen aus dem Verlust durch die Steinwanne, die Halbschale und den durch die Stirnseiten. Der Wärmeverlust ergibt:

$$Q_{\text{Verlust}} = Q_{\text{VerlustSteinwanne}} + Q_{\text{VerlustHalbschale}} + Q_{\text{VerlustStirnseite}} = 122 \text{ W} + 828 \text{ W} + 258 \text{ W} = 1208 \text{ W} \quad (3.18)$$

- Benötigte Wärme zum Aufheizen des Probekörpers

Angenommene Aufheizzeit des Probekörpers: $t = 3600 \text{ s}$

$c_{p\text{Prüfkörper}} = 1000 \text{ J/kgK}$

$\rho_{\text{Prüfkörper}} \sim 3 \text{ kg/dm}^3$

$L \times B \times H = 1,15 \text{ dm} \times 1,14 \text{ dm} \times 0,64 \text{ dm} = 0,84 \text{ dm}^3$

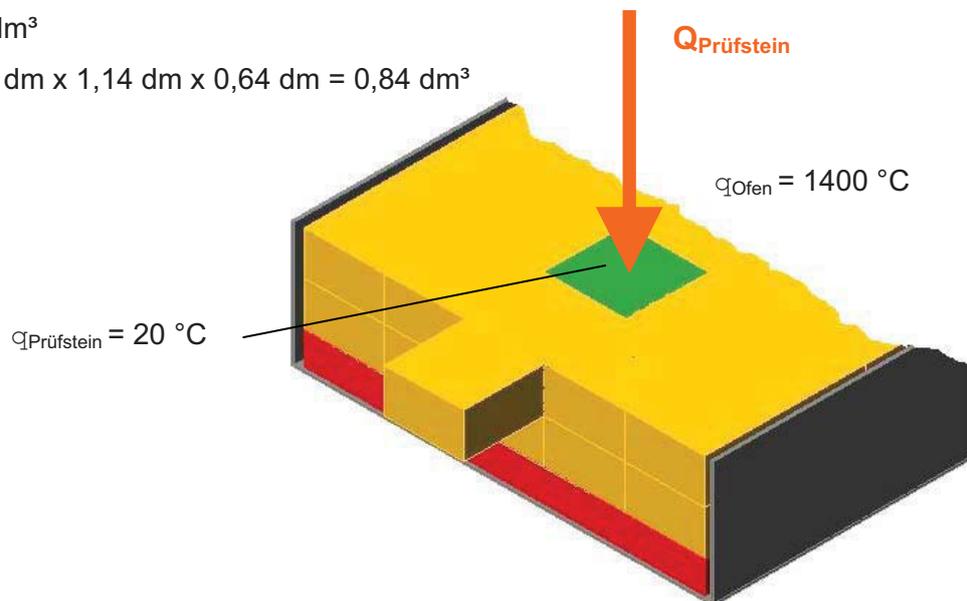


Abbildung 32: Aufheizen des Probekörpers

$$m = V \cdot \rho = 0,84 \text{ dm}^3 \cdot 3 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \approx 2,5 \text{ kg} \quad (3.19)$$

$$Q_{\text{Prüfstein}} = \frac{m}{t} \cdot c_{p\text{Prüfstein}} \cdot (\vartheta_{\text{Ofen}} - \vartheta_{\text{Prüfstein}}) = \frac{2,5 \text{ kg}}{3600 \text{ s}} \cdot 1000 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot (1673 - 293) \text{ K} \approx 958 \text{ W} \quad (3.20)$$

- Auslegung des Heizelements

Die Leistung des gewählten Heizelements beträgt 2500 W. Werden nun von dieser Leistung die Wärmeverluste und die benötigte Wärme zum Aufheizen des Probekörpers abgezogen, so sollte die übrige Wärmemenge > 0 sein.

$$Q_{\text{übrig}} = Q_{\text{Heizelement}} - Q_{\text{Verluste}} - Q_{\text{Prüfstein}} = 2500 \text{ W} - 1208 \text{ W} - 958 \text{ W} = 334 \text{ W} \quad (3.21)$$

Aus Gleichung 3.21 ist ersichtlich, dass das Halbschalenheizelement mit einer Leistung von 2500 W ausreichend ist, um den Prüfkörper auf einer Temperatur von 1400 °C zu halten. Die übrige Wärmemenge ist > 0 , daher kann entweder ein größerer Wärmeverlust auftreten, oder die Aufheizzeit bei diesen Bedingungen verkürzt werden, um die volle Leistung des Heizelements aufzubreuchen.

3.3 Probekörper

Für Bereitstellung der Probekörper wurden verschiedene Firmen, welche feuerfeste Erzeugnisse produzieren, mit folgender Aufgabenstellung kontaktiert:

Die problematische Stelle bei Aluminiumschmelzöfen ist der Rampenbereich, wo die Abkrätzeinheit über die feuerfeste Auskleidung gezogen wird, um die Aluminiumkrätze vom flüssigen Metall abzuziehen. Hier tritt ein erhöhter Verschleiß durch mechanische, thermische und chemische Belastung der feuerfesten Auskleidung auf. Die Aluminiumschmelzöfen wurden in Vergangenheit mit verschiedensten feuerfesten Materialien zugestellt, jedoch eine zufriedenstellende Haltbarkeit der Auskleidung nie erreicht. Die Aufgabe ist es, Feuerfeststeine bzw. Feuerfestmassen im Format eines Normalsteines mit den Abmessungen 230 x 114 x 64 mm³ (L x B x H) auf Infiltration, mechanische und thermische Beanspruchung zu testen und Auswahlkriterien zu finden, welche Feuerfestzustellung am besten für den Rampenbereich geeignet wäre.

Nachfolgend werden die von den Firmen zur Versuchsreihe bereitgestellten Feuerfeststeine bzw. Feuerfestmassen im Format 230 x 114 x 64 mm³ charakterisiert.

3.3.1 PLICAST BL 80 B3-1

Probekörper PLICAST BL 80 B3 - 1 der Firma CALDERYS Austria GmbH ist ein dichter Feuerbeton. Der wesentliche Baustoff dieser Probekörper ist Bauxit und die Art der Bindung hydraulisch. Die Verarbeitung des Produkts erfolgt mittels Vibration.

Empfohlene max. Betriebstemperatur:	1400 °C	
Materialbedarf:	3,08 t/m ³	
Max. Korngröße:	10 mm	
Anmachwasserbedarf:	4,4 – 4,8 l/100 kg	
Rohdichte:	3,05 g/cm ³	nach Brand bei 1000 °C
Offene Porosität:	18,0 %	nach Brand bei 1000 °C
Bleibende Längenänderung:	- 0,30 %	nach Brand bei 1000 °C
Reversible Längenänderung:	0,75 %	bei 1000 °C
Kaltdruckfestigkeit:	130 N/mm ²	nach Brand bei 1000 °C
Kaltbiegefestigkeit:	18 N/mm ²	nach Brand bei 1000 °C
Wärmeleitfähigkeit:	2,17 W/mK	bei 1000 °C
Abrasion:	< 3,5 cm ³	

Tabelle 7: Chemische Analyse PLICAST BL 80 B3

Al ₂ O ₃ [%]	SiO ₂ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	CaO [%]	BaO [%]
81	7	1,1	2,2	3

3.3.2 PLICAST BL 80 B3-2

Probekörper PLICAST BL 80 B3 - 2 der Firma CALDERYS Austria GmbH ist in der Zusammensetzung (siehe Tabelle 7 und Tabelle 8) gleich wie die Probekörper PLICAST BL 80 B3 - 1. Die Probekörper wurden bei einer Temperatur von 200 °C nachgebrannt.

Empfohlene max. Betriebstemperatur:	1400 °C	
Materialbedarf:	3,08 t/m ³	
Max. Korngröße:	10 mm	
Anmachwasserbedarf:	4,4 – 4,8 l/100 kg	
Rohdichte:	3,05 g/cm ³	nach Brand bei 1000 °C
Offene Porosität:	18,0 %	nach Brand bei 1000 °C
Bleibende Längenänderung:	- 0,30 %	nach Brand bei 1000 °C
Reversible Längenänderung:	0,75 %	bei 1000 °C

Kaltdruckfestigkeit:	130 N/mm ²	nach Brand bei 1000 °C
Kaltbiegefestigkeit:	18 N/mm ²	nach Brand bei 1000 °C
Wärmeleitfähigkeit:	2,17 W/mK	bei 1000 °C
Abrasion:	< 3,5 cm ³	

Tabelle 8: Chemische Analyse PLICAST BL 80 B3 - 2

Al ₂ O ₃ [%]	SiO ₂ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	CaO [%]	BaO [%]
81	7	1,1	2,2	3

3.3.3 ALURATH B 80 C-AI

Probekörper ALURATH B 80 C - AI (chemische Analyse siehe Tabelle 9) der Firma Aug. Rath jun. GmbH sind hochtonerdehaltige Steine auf Grundlage hochgebrannter Sinterbauxite und ausgewählter Feuerfestbetone.

Die Formgebung der Steine erfolgt durch Trockenpressen mittels hydraulischer Pressen und die Probekörper besitzen eine phosphathaltige chemische Bindung.

Empfohlene max. Betriebstemperatur:	1540 °C	
Rohdichte:	2,75 g/cm ³	
Offene Porosität:	12,0 %	
Kaltdruckfestigkeit:	120 N/mm ²	
Heißbiegefestigkeit:	18 N/mm ²	bei 1200 °C
Spez. Wärme:	1,12 kJ/kgK	zwischen 20 °C und 1200 °C
Druckerweichen T 0,5:	1505 °C	
TWB (Wasser):	> 90 Zyklen	

Tabelle 9: Chemische Analyse Alurath B 80 C - AI

Al ₂ O ₃ [%]	SiO ₂ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	P ₂ O ₅ [%]
79,5	13,5	1,6	4,9

3.3.4 FORMULA 2104-L

Probekörper FORMULA 2104 – L der Firma Stellar Materials Incorporated. Die chemische Analyse ist in Tabelle 10 ersichtlich.

Empfohlene max. Betriebstemperatur:	1704 °C	
Rohdichte:	3,044 g/cm ³	nach Brand bei 1000 °C
Bleibende Längenänderung:	- 0,20 %	nach Brand bei 816 °C
Kaltdruckfestigkeit:	103 N/mm ²	nach Brand bei 816 °C
Kaltbiegefestigkeit:	17 N/mm ²	nach Brand bei 816 °C
Wärmeleitfähigkeit:	1,95 W/mK	bei 982 °C
Abrasion:	< 5 cm ³	

Tabelle 10: Chemische Analyse FORMULA 2104 - L

Al ₂ O ₃ [%]	SiO ₂ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	P ₂ O ₅ [%]	Andere [%]
89,68	2,23	0,96	3,36	3,67

3.3.5 DIDURIT 120ALH 0-6

Probekörper DIDURIT 120ALH 0 – 6 der Firma RHI Refractories ist ein zementarmer Feuerbeton mit Aluminium-Infiltrationsschutz. Hauptkomponenten sind Bauxit und Bariumsulfat. Die Bindungsart ist hydraulisch und die Verarbeitung des Produkts erfolgt mittels Vibration (chemische Analyse siehe Tabelle 11).

Empfohlene max. Betriebstemperatur:	1350 °C	
Infiltrationsgeschützt bis:	1100 °C	
Materialbedarf:	2,80 t/m ³	
Max. Korngröße:	6 mm	
Anmachwasserbedarf:	5,4 %	
Rohdichte:	2,75 g/cm ³	
Bleibende Längenänderung:	- 0,20 %	nach Brand bei 1000 °C
Reversible Längenänderung:	0,60 %	bei 1000 °C
Kaltdruckfestigkeit:	115 N/mm ²	nach Brand bei 1000 °C
Kaltbiegefestigkeit:	14 N/mm ²	nach Brand bei 110 °C
Wärmeleitfähigkeit:	2,24 W/mK	bei 1000 °C
Abrasion:	3 cm ³	

Tabelle 11: Chemische Analyse DIDURIT 120ALH 0 - 6

Al_2O_3 [%]	SiO_2 [%]	Fe_2O_3 [%]	CaO [%]	TiO_2 [%]	BaO [%]
76,0	9,5	0,8	2,0	3,67	5,0

3.3.6 DIDURIT 130 AL 0-6

Probekörper DIDURIT 130AL 0 – 6 (Tabelle 12) der Firma RHI Refractories ist auch ein zementarmer Feuerbeton mit Aluminium-Infiltrationsschutz. Die wesentlichen Rohstoffkomponenten sind Sintertonerde und Calciumfluorid. Die Bindungsart ist hydraulisch und die Verarbeitung des Produkts erfolgt mittels Vibration.

Empfohlene max. Betriebstemperatur:	1800 °C	
Infiltrationsgeschützt bis:	1150 °C	
Materialbedarf:	3,0 t/m ³	
Max. Korngröße:	6 mm	
Anmachwasserbedarf:	4,4 %	
Rohdichte:	2,75 g/cm ³	
Bleibende Längenänderung:	0,0 %	nach Brand bei 1000 °C
Reversible Längenänderung:	0,50 %	bei 1000 °C
Kaltdruckfestigkeit:	150 N/mm ²	nach Brand bei 1000 °C
Kaltbiegefestigkeit:	10 N/mm ²	nach Brand bei 110 °C
Wärmeleitfähigkeit:	2,49 W/mK	bei 800 °C
Abrasion:	3 cm ³	

Tabelle 12: Chemische Analyse DIDURIT 130 AL 0 – 6

Al_2O_3 [%]	SiO_2 [%]	Fe_2O_3 [%]	CaO [%]	MgO [%]
94,3	0,1	0,1	4,4	0,9

3.3.7 DIDURIT 140 ALX 0-6

Probekörper DIDURIT 140ALX 0 – 6 der Firma RHI Refractories ist ein dichter Feuerbeton mit hochwirksamen Aluminium-Infiltrationsschutz. Die wesentlichen Rohstoffkomponenten sind Sintertonerde und Bauxit. Die Bindungsart ist hydraulisch und die Verarbeitung des Produkts erfolgt mittels Vibration (chemische Zusammensetzung siehe Tabelle 13).

Empfohlene max. Betriebstemperatur:	1700 °C
Infiltrationsgeschützt bis:	1350 °C
Materialbedarf:	2,93 t/m ³

Max. Korngröße:	6 mm	
Anmachwasserbedarf:	5,1 %	
Bleibende Längenänderung:	- 0,1 %	nach Brand bei 1000 °C
Reversible Längenänderung:	0,50 %	bei 1000 °C
Kaltdruckfestigkeit:	100 N/mm ²	nach Brand bei 1200 °C
Kaltbiegefestigkeit:	16 N/mm ²	nach Brand bei 110 °C
Wärmeleitfähigkeit:	2,50 W/mK	bei 800 °C
Abrasion:	3 cm ³	

Tabelle 13: Chemische Analyse DIDURIT ALX 0 - 6

Al ₂ O ₃ [%]	SiO ₂ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	CaO [%]	TiO ₂ [%]	MgO [%]
89,0	2,5	0,5	4,3	1,1	0,1

3.3.8 RESISTAL B85AC

Probekörper RESISTAL B85AC (Tabelle 14) der Firma RHI Refractories ist ein tonerdereicher Stein. Der wesentliche Baustoff dieser Probekörper ist Bauxit. Die Bindungsart ist chemisch und gebrannt bei einer Temperatur > 800 °C. Hauptsächlich Anwendung dieser Steine in der Badzone von Schmelz- und Warmhalteöfen für Aluminium.

Empfohlene max. Betriebstemperatur:

Rohdichte:	2,93 g/cm ³	nach Brand bei > 800 °C
Offene Porosität:	14,5 %	nach Brand bei > 800 °C
Bleibende Längenänderung:	0,5 %	bei 1400 °C
Reversible Längenänderung:	1,1 %	bei 1400 °C
Kaltdruckfestigkeit:	100 N/mm ²	nach Brand bei > 800 °C
Kaltbiegefestigkeit:	10 N/mm ²	nach Brand bei > 800 °C
Wärmeleitfähigkeit:	2,50 W/mK	bei 1000 °C
Abrasion:	5 cm ³	
V – Modul:	15000 N/mm ²	
Druckerweichen T 0,5:	1500 °C	
TWB (Wasser):	20 Zyklen	

Tabelle 14: Chemische Analyse RESISTAL B85AC

Al ₂ O ₃ [%]	SiO ₂ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	MgO [%]	TiO ₂ [%]	P ₂ O ₅ [%]
81,5	10,5	1,6	0,1	1,9	4,1

3.3.9 RESISTAL B85SCW

Probekörper RESISTAL B85AC (Tabelle 15) der Firma RHI Refractories ist ein aluminareiches Erzeugnis der Gruppe HA 75. Der wesentliche Baustoff dieser Probekörper ist Bauxit. Die Bindungsart ist anorganisch-chemisch, getempert. Hauptsächlichliche Anwendung dieser Steine in Aluminiumschmelzöfen, im Badbereich und im Oberofen. Die Probekörper sind infiltrationsbeständig gegen Al-Legierungen.

Empfohlene max. Betriebstemperatur:

Rohdichte:	3,0 g/cm ³	
Offene Porosität:	16,0 %	
Reversible Längenänderung:	0,8 %	bei 1000 °C
Kaltdruckfestigkeit:	150 N/mm ²	
Kaltbiegefestigkeit:	15 N/mm ²	
Wärmeleitfähigkeit:	2,35 W/mK	bei 1000 °C
Abrasion:	4 cm ³	
V – Modul:	20000 N/mm ²	

Tabelle 15: Chemische Analyse RESISTAL B85SCW

Al ₂ O ₃ [%]	SiO ₂ [%]	Fe ₂ O ₃ [%]	CaO [%]	TiO ₂ [%]	P ₂ O ₅ [%]
82,0	6,0	1,4	0,1	3,3	4,0

3.4 CE-Kennzeichnung

Viele Produkte, hauptsächlich technischer Art, müssen mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet sein, wenn sie im europäischen Wirtschaftsraum auf dem Markt kommen. Auch der Verschleißprüfstand fällt unter diese Produkte. In Rahmen dieses Kapitels soll die Vorgangsweise bei der CE-Kennzeichnung erläutert, und Hilfestellung für die Durchführung gegeben werden.

3.4.1 Definition

Das CE-Zeichen gibt an, dass die hergestellten Produkte bestimmte Mindestanforderungen an Sicherheit erfüllen. Was aber nicht heißt, dass eine absolute Sicherheit gegeben ist. Diese Mindestanforderungen an die Sicherheit sind in Rechtsvorschriften der EU geregelt und gelten im gesamten europäischen Wirtschaftsraum.

Mit dem so genannten Übereinstimmungsverfahren erfolgt der Nachweis der Sicherheit, dass der Hersteller selbst durchführen kann. Der Produzent ist aber verpflichtet, die möglichen Gefahren zu analysieren, zu bewerten und so weit wie möglich zu reduzieren sowie besondere Vorsichtsmaßnahmen in der Betriebsanleitung oder Produktbeschreibung, die verfasst werden muss, anzugeben.

Die Angaben in diesen Betriebsanleitungen beziehen sich auf den gesamten Lebenszyklus des Produkts oder der Maschine. Es müssen Anleitungen für die Montage, Schutzeinrichtungen, Reinigung, Wartung, Instandhaltung, Störungsbeseitigung etc. beschrieben sein. ArbeitgeberInnen müssen dafür sorgen, dass die Betriebsanleitung eingehalten wird. Haftbar für die Richtigkeit der CE-Kennzeichnung ist immer der Inverkehrbringer ^{[20], [21]}.

Ziel der CE-Kennzeichnung:

- Einheitliche Kennzeichnung der Produkte bezüglich Mindestanforderungen
- Einheitliche Regelung anstatt unterschiedlicher nationaler Bestimmungen
- Aufhebung von Handelsbarrieren innerhalb der EU
- Gegenseitig anerkannte Prüfcertifikate

3.4.2 Vorgangsweise bei der CE-Kennzeichnung

Nach in Erfahrung bringen der Richtlinie, unter welche das zu kennzeichnende Produkt fällt, müssen folgende Schritte, die nachfolgend beschrieben sind, durchgeführt werden.

- Durchführen des Konformitätsbewertungsverfahrens

Das Produkt muss mit den zu erfüllenden Rechtsvorschriften konform sein. Es ist zu überprüfen, welcher Richtlinie das Produkt oder Maschine unterliegt und ob andere, in der Richtlinie genannte Stellen einzuschalten sind.

- Gefahrenanalyse, Risikoanalyse

Durchführung der Gefahrenanalyse und Auswahl geeigneter Maßnahmen zum Erfüllen der Mindestanforderungen an Sicherheit.

- Technische Dokumentation

Die Dokumentation umfasst das Erstellen von Unterlagen, die vom Hersteller zur Verfügung gestellt werden müssen wie z. B. Betriebsanleitung, Produktbeschreibung, Wartungsanleitung, Dokumentation von Gefahrenanalysen etc.

- Ausstellen der Konformitätsbescheinigung

Bescheinigung der Übereinstimmung mit der jeweiligen Richtlinie durch den Hersteller.

- Anbringen des CE-Zeichens

Das CE-Zeichen (Abbildung 33) muss gut sichtbar, leserlich und dauerhaft auf dem Produkt angebracht werden.

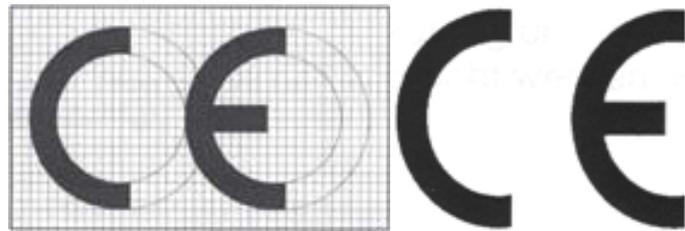


Abbildung 33: Muster der CE-Kennzeichnung ^[20]

3.5 Gefahrenanalyse, Risikoanalyse

Bei jeder technischen Entwicklung steht am Anfang die Forderung sie so zu gestalten, dass keine Unsicherheiten für den Menschen entstehen.

Im Rahmen der CE-Kennzeichnung, insbesondere in der Maschinenrichtlinie gehört zu den Grundsätzen, dass Maßnahmen getroffen werden, Risiken in Bezug auf die Sicherheit während der gesamten Lebensdauer der Maschine auszuschließen. Um die Risiken zu erkennen und transparent zu machen, müssen alle Gefährdungen identifiziert und diese mit Hilfe von Normen einer Gefahren-, Risikoanalyse und Risikobewertung unterzogen werden.

Diese Gefahrenanalyse ist vom Hersteller verpflichtend für seine Maschine durchzuführen.

Es muss eine schriftliche Dokumentation der Gefahrenanalyse erfolgen, jedoch gibt es keine gesetzlich vorgeschriebene Form ^{[20], [21]}.

Bei der Gefahren- bzw. Risikoanalyse sind drei grundsätzliche Fragen zu stellen:

- Welche unerwünschten Ereignisse sind zu erwarten
- Wahrscheinlichkeit des Eintretens der Ereignisse
- Folgen beim Eintreten der Ereignisse

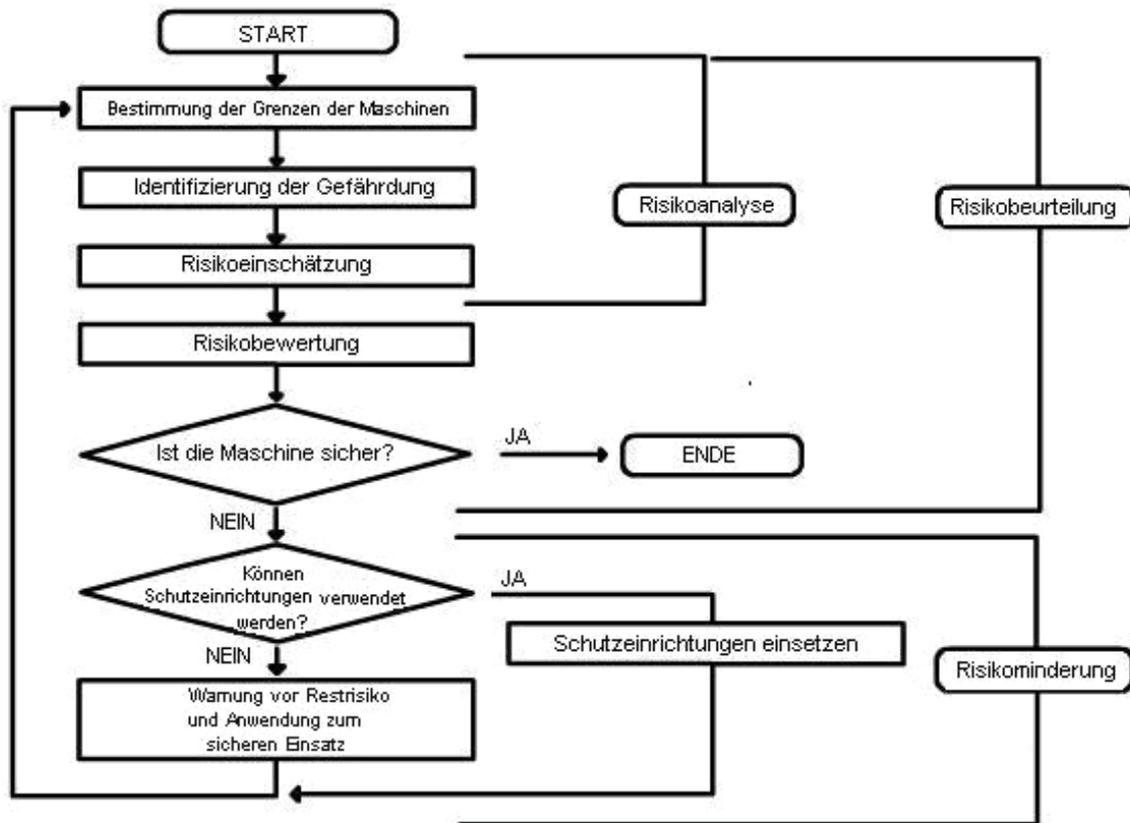
3.5.1 Begriffe

- Risiko: Funktion der Wahrscheinlichkeit des Eintritts und des Ausmaßes des möglichen Schadens.
- Gefährdungssituation: Situation, in der ein Mensch einer oder mehreren Gefährdungen ausgesetzt ist.
- Gefahr: unbestimmte und nicht orientierte Gefährdung
- Sicherheit: herrscht vor, wenn das Risiko vertretbar gering ist

3.5.2 Verfahren der Gefahren- bzw. Risikoanalyse

Wie in Abbildung 34 zu sehen ist, besteht die Risikobeurteilung aus der Risikoanalyse und der Risikobewertung. Die Risikoanalyse beinhaltet die Bestimmung der Grenzen der Maschine, die Identifizierung der Gefährdungen und die Risikoeinschätzung und liefert Informationen zur Risikobewertung. Durch die Risikobewertung werden Entscheidungen bezüglich der Sicherheit von z. B. Maschinen gefällt.

Bei der Risikobeurteilung und der Risikominderung handelt es sich um einen iterativen Prozess, welcher Gefährdungen, ausgehend von einer Maschine beseitigt und Maßnahmen für die Sicherheit trifft.

Abbildung 34: Risikobeurteilung und Risikominimierung ^[25]

Aufgliedern lässt sich die Gefahren- bzw. Risikoanalyse in folgende Schritte:

- Definition des Anwendungsbereiches der Maschine
- Identifikation der möglichen Gefahren
- Einschätzung des Risikos für die ermittelten Gefahren
- Durch Schutzmaßnahmen zu erreichende Ziele
- Bestimmung der Sicherheitsmaßnahmen
- Prüfkriterien festlegen
- Restrisiken bestimmen
- Ergebnis der Gefahrenanalyse

3.5.3 Einstufung des Produkts

Der Verschleißprüfstand, der mit der CE-Kennzeichnung versehen werden soll, unterliegt der Maschinenrichtlinie, fällt aber nicht unter Anhang IV der MRL.

Weiters sind die Normen:	EN 292-1	(Sicherheit von Maschinen)
	EN 292-2	(Sicherheit von Maschinen)
	EN 294	(Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrenstellen)
	EN 349	(Mindestabstände zur Vermeidung von Quetschen)
	EN 1050	(Sicherheit von Maschinen)
	EN 60204-1	(Elektrische Ausrüstung von Maschinen)

anzuwenden.

3.5.4 Gefahrenanalyse des Verschleißprüfstandes

Es müssen alle möglichen Gefährdungen und Gefährdungssituationen ermittelt und berücksichtigt werden wie z. B.:

- Mechanische Gefährdungen
- Elektrische Gefährdungen
- Thermische Gefährdungen
- Gefährdungen durch Werkstoffe und andere Stoffe
- Gefährdungen durch die Vernachlässigung ergonomischer Grundsätze bei der Gestaltung der Maschine
- Gefährdungen bei Ausfall des Steuerungs- bzw. Regelkreises

Nach der Identifizierung der Gefährdungen ausgehend vom Verschleißprüfstand, muss jede Gefährdung einer Risikoeinschätzung unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens und des vorhersehbaren Ausmaßes unterzogen werden. Die Risikobewertung der Gefahrenanalyse wurde anhand eines Risikographs (Abbildung 35) durchgeführt. Die Einstufung der Gefährdungen erfolgt anhand vom Schadensausmaß, der Aufenthaltsdauer im Gefahrenbereich, der Möglichkeit des Erkennens und Ausweichen der Gefahr und der Wahrscheinlichkeit des Eintretens des Ereignisses.

Das Schadensausmaß wird eingeteilt in: S1 leichte Verletzung (reversible)
 S2 schwere Verletzung (irreversible)
 S3 Tod

Aufenthaltsdauer im Gefahrenbereich: A1 selten bis öfter
 A2 öfter bis dauernd

Möglichkeit zum Erkennen und Ausweichen der Gefahr: E1 möglich unter bestimmten Bedingungen
 E2 kaum möglich

Wahrscheinlichkeit des Eintretens des Ereignisses: W1 klein (unwahrscheinlich)
 W2 mittel (wird wahrscheinlich einige Male eintreten)
 W3 groß (wird häufig eintreten)

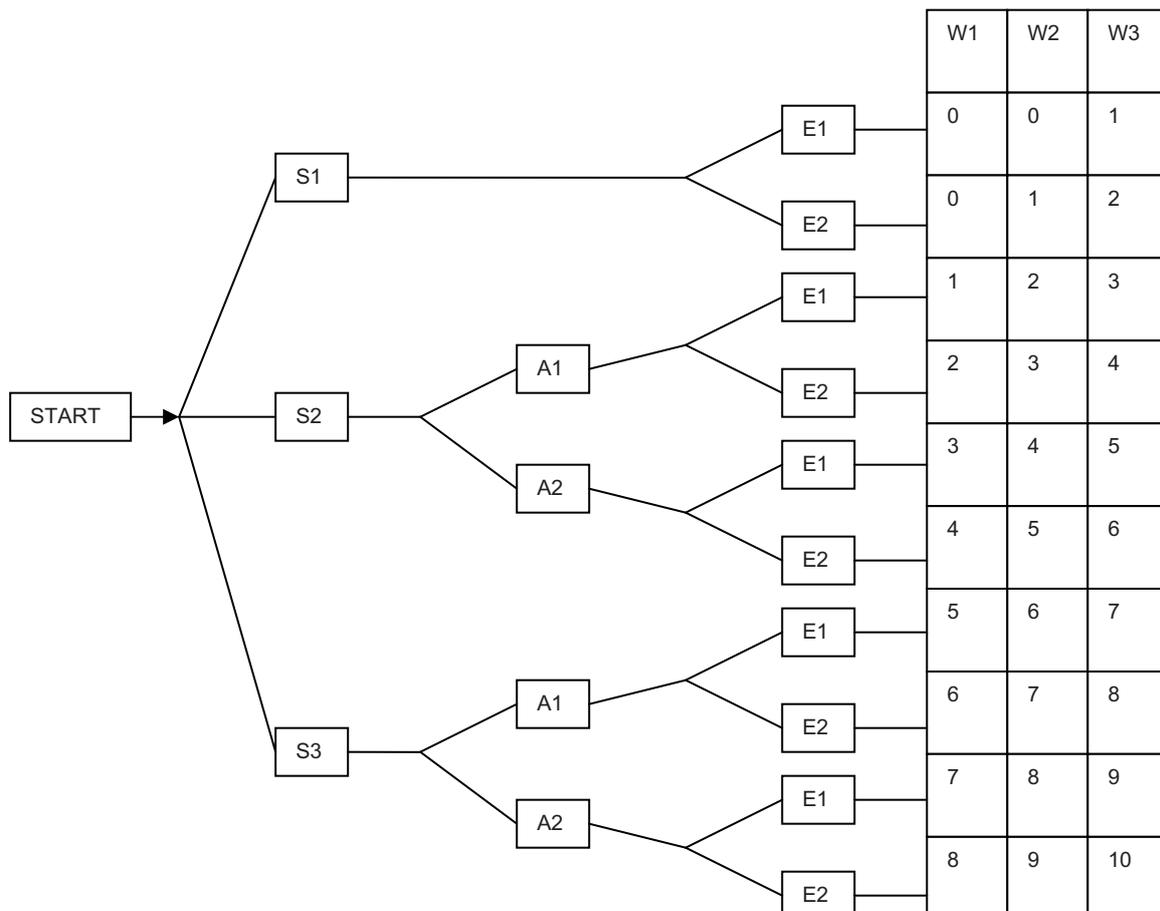


Abbildung 35: Risikograph

Das Gesamtrisiko ist in Klassen von 0 – 10 aufgeteilt. Wobei 0 die Stufe niedrigster Gefahr, und 10 die Stufe höchste Gefahr darstellt.

Die Gefahrenanalyse des Verschleißprüfstandes ist im Anhang ersichtlich.

3.5.5 Technische Dokumentation

Bei der technischen Dokumentation handelt es sich um Unterlagen, die vom Hersteller zur Verfügung gestellt werden müssen. Es sind dies die Dokumentation der Gefahrenanalyse und die Betriebsanleitung des Verschleißprüfstandes. Die Betriebsanleitung enthält Informationen über die bestimmungsgemäße Verwendung und Einsatz des Verschleißprüfstandes. Die Betriebsanleitung muss den Verschleißprüfstand während seiner gesamten Lebensdauer begleiten und alle Arbeiten mit oder an der Anlage dürfen nur von speziell dafür ausgebildetem Personal durchgeführt werden. Bei nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch können vom Verschleißprüfstand Gefahren ausgehen. Die Betriebsanleitung des Verschleißprüfstandes ist ebenfalls dem Anhang beigelegt. Die vorhin erwähnte, abschließend zu erstellende Konformitätserklärung für die CE-Kennzeichnung ist in die Betriebsanleitung eingearbeitet.

3.6 Versuchsablauf

Die Beständigkeit gegenüber thermischer und chemischer Belastung wird mit Hilfe des Fingerspizentest untersucht. Dieser wurde von der Firma ALCAN Inc. unter dem Namen „Finger-Tip-Test“ entwickelt. Die Beständigkeit gegenüber mechanischer Belastung wird mittels eines Abriebtests des Verschleißprüfstandes analysiert.

3.6.1 Finger-Tip-Test

In Abbildung 36 ist der Versuchsablauf für die thermische und chemische Belastung ersichtlich.

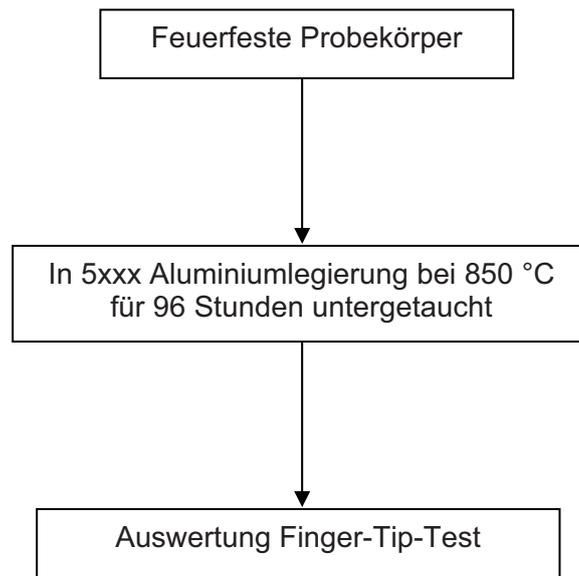


Abbildung 36: Versuchsablauf Finger-Tip-Test

Die feuerfesten Probekörper werden in den Schmelz- bzw. Warmhaltofen gegeben und in die Aluminiumlegierung 5xxx bei 850 °C für 96 Stunden getaucht. Die Proben werden danach geschnitten und mit dem Mikroskop auf verschiedenen Kriterien untersucht und bewertet.

Die verschiedenen Kriterien sind:

Anhaftung:

- keine: keine Metallschicht sichtbar
- leicht: die Metallschicht lässt sich mit dem Finger abreiben
- stark: die Metallschicht lässt sich mit dem Finger nicht abreiben

Infiltration:

- keine: die Schnittfläche der Probe zeigt keine mit dem Auge sichtbare Anzeichen für eine Infiltration
- wenig: die Schnittfläche der Probe weist mit dem Auge sichtbare Anzeichen für eine Infiltration mit einer durchschnittlichen Schichtdicke kleiner als 2 mm auf
- stark: die Schnittfläche der Probe zeigt mit dem Auge sichtbare Anzeichen für eine Infiltration mit einer durchschnittlichen Schichtdicke größer 2 mm

Rissbildung:

- keine: an der Probe sind mit dem Auge sichtbare Anzeichen für eine Rissbildung weder an der Oberfläche noch an der Schnittfläche zu erkennen

- leicht: die Probe zeigt mit dem Auge sichtbare Anzeichen für eine Rissbildung nur an der Oberfläche und am Rande der Schnittfläche
- stark: die Probe weist mit dem Auge sichtbare Anzeichen für eine Rissbildung an der Oberfläche und an der Schnittfläche auf, die bis zu deren Symmetrieachse reichen

Bröselig:

- nein: die Probe zeigt eine glatte Schnittfläche die sich auch beim Reiben mit dem Finger nicht abschälen lässt
- leicht: die Probe lässt eine raue Schnittfläche, die sich auch beim Reiben mit dem Finger nicht abschälen lässt, erkennen
- stark: die Probe weist eine raue Schnittfläche, die sich beim Reiben mit dem Finger abschälen lässt, erkennen

Nach Untersuchung der einzelnen Kriterien ist eine Bewertung der feuerfesten Materialien vorzunehmen (Tabelle 16).

Tabelle 16: Bewertung Finger-Tip-Test

Bewertung	Kategorie	Kriterien
1	Guter Widerstand	<ul style="list-style-type: none"> • Leichte Anhaftung • Keine Infiltration • Keine Rissbildung • Nicht Bröselig
2	Guter bis mittlerer Widerstand	<ul style="list-style-type: none"> • Starke Anhaftung • Keine Infiltration • Keine Rissbildung • Nicht Bröselig
3	Mittlerer Widerstand	<ul style="list-style-type: none"> • Starke Anhaftung • Wenig Infiltration • Keine Rissbildung • Nicht Bröselig
4	Mittlerer bis schlechter Widerstand	<ul style="list-style-type: none"> • Starke Anhaftung • Starke Infiltration • Keine Rissbildung • Nicht Bröselig
5	Schlechter Widerstand	<ul style="list-style-type: none"> • Starke Anhaftung • Starke Infiltration • Leichte Rissbildung • Leicht Bröselig
6	Kein Widerstand	<ul style="list-style-type: none"> • Starke Anhaftung • Starke Infiltration • Starke Rissbildung • Stark Bröselig

Die Bewertung liefert für die verschiedenen feuerfesten Materialien eine Kennziffer, die von 1 bis 6 reicht. Die Kennziffer 1 entspricht „Guter Widerstand“, Ziffer 6 bedeutet kein Widerstand.

3.6.2 Abriebtest

Beim Abriebtest werden die feuerfesten Probekörper in den Verschleißprüfstand eingespannt und bei verschiedenen Temperaturen, die durch den Halbschalenofen erzeugt werden, dem Abriebtest unterzogen (Abbildung 37). Die mechanische Belastung erfolgt, wie schon vorher erwähnt, durch ein Plättchen, welches die Abkrätzeinheit simuliert. Dieses wird in horizontaler Richtung über die Probe gescheuert. Die Anzahl der Abriebbewegungen kann durch die Steuerung variiert werden und wurde mit 150 Abriebbewegungen festgelegt.

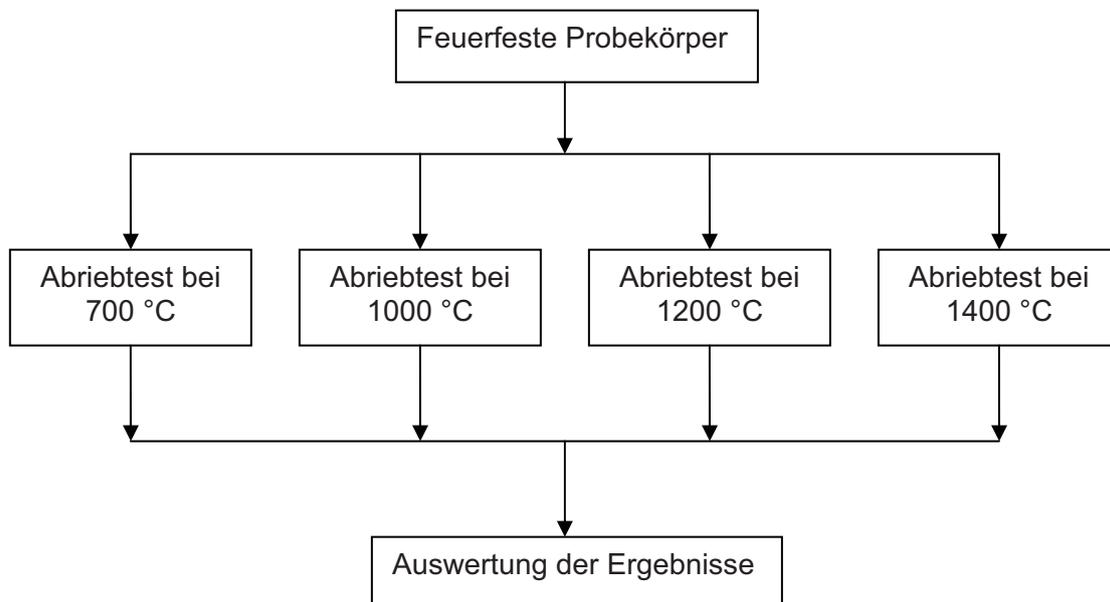


Abbildung 37: Versuchsablauf Abriebtest

4 Ergebnisse

Nachfolgend sind die durchzuführende Bewertung des Finger-Tip-Tests, des Abriebtests sowie die Gesamtbewertung der Probekörper erklärt.

4.1 Finger-Tip-Test

Wie schon beim Versuchsablauf beschrieben, erfolgt neben der Betrachtung der Anhaftung, Bröseligkeit und Rissbildung der Probekörper noch die Infiltrationstiefe. Im Schmelz- bzw. Warmhalteofen wird die Legierung 5xxx (AMAG-Bezeichnung: AG45N.1), die aus Vorversuchen ermittelt wurde, zum Schmelzen gebracht. Dann muss der Probekörper, der im Ofen bei ca. 850 °C für 96 Stunden untergetaucht war, herausgeholt und geschnitten werden. Die Schmelze wird dann über den Ausgießschnabel zu Masseln gegossen. Wurde ein Probekörper im Normalsteinformat 230 x 114 x 64 mm³ (L x B x H) verwendet, so muss der Probekörper normal zur Längsachse in der Mitte durchgeschnitten werden, um dann mit dem Format 114 x 114 x 64 mm³ im Verschleißprüfstand eingespannt und dem mechanischen Abrieb unterzogen werden kann. Zur Auswertung muss die Schnittfläche des Probekörpers mittels Digitalkamera fotografiert und die Infiltrationstiefe mit dem Programm „Clemex Vision“, ausgewählt in der vorhergehenden Diplomarbeit, ausgewertet werden. Es wird aus einer Anzahl von Messwerten der Infiltrationstiefe ein Mittelwert gebildet. Die Bewertung erfolgt dann anhand von Kennziffern von 1 bis 6.

4.2 Abriebtest

Nach Auswertung des Finger-Tip-Test wird der Probekörper vermessen und zur mechanischen Belastung in den Verschleißprüfstand eingespannt. Vor Beginn des Abriebtest sind noch zwei Punkte festzulegen:

- Temperatur bei der der Abriebtest durchgeführt wird
- Anzahl der Hübe der Abriebbewegung

Nach Festlegung und Einstellung von Temperatur und Anzahl der Hübe erfolgt durch Einschalten der Abriebtest automatisch. Nach Beendigung des Abriebtests, wird die Abriebtiefe mittels Schiebelehre ermittelt und bewertet. Da noch keine Erfahrungswerte vorliegen, wurde eine maximal mögliche Abriebtiefe von 20 mm angenommen. In Tabelle 17 ist das Bewertungsschema bezüglich der Abriebtiefe dargestellt. Die Tabelle ist entsprechend der Abriebtiefe zu erweitern.

Tabelle 17: Bewertung mittels Abriebtiefe

Bewertung	Abrieb [mm]
1	0,00 – 2,99
2	3,00 – 5,99
3	6,00 – 8,99
4	9,00 – 11,99
5	12,00 – 14,99
6	15,00 – 17,99
7	18,00 – 20,99
8

4.3 Gesamtbewertung

Die Teilergebnisse der Bewertung des Finger-Tip-Test und des Abriebtest werden addiert und es ergibt sich die Gesamtbewertung der Probekörper. Je höher die Summe der Teilergebnisse ist, umso geringer ist die Widerstandskraft gegen thermische, chemische und mechanische Belastung. Abschließend ist zu sagen, je kleiner die Gesamtbewertung umso größer ist die Beständigkeit der Probekörper gegen die thermische Belastung bei hohen Temperaturen, die chemischen Einflüsse hervorgerufen durch das Aluminiumbad (Infiltration) und die mechanischen Beanspruchung aufgrund von der Abriebbewegung, welche die Abkrätzeinheit simulieren soll.

Aufgrund der Gesamtbewertung empfiehlt sich der eine oder andere Probekörper und es kristallisiert sich heraus, welches feuerfeste Material am besten für die Zustellung des Rampenbereichs geeignet wäre.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit war der Aufbau und Inbetriebnahme eines Versuchsstandes für feuerfeste Werkstoffe in der Aluminiumindustrie. Der Grund für den Bau der Versuchsanlage liegt darin, dass die AMAG zum Umschmelzen der Sekundärrohstoffe Herdöfen verwendet, und in der Vergangenheit die feuerfeste Auskleidung im Rampenbereich dieser Öfen durch verschiedene Aspekte einen erhöhten Verschleiß ausgesetzt war. Dieser wird einerseits durch die Abkrätzeinheit, welche die Aluminiumkrätze vom flüssigen Metall abzieht und auf der feuerfesten Auskleidung scheuert, und andererseits von den auf die Rampe gerichteten Brennern, die sehr hohe Temperaturen erzeugen, hervorgerufen. Weiters wirkt auch noch zu der vorher genannten mechanischen und thermischen Belastung eine chemische durch die Krätze. Diese Beanspruchungen führen zu Abplatzungen, erhöhtem Abrieb, Gefügeänderungen, Erhöhung der Porosität und Zunahme der Korundbildung der feuerfesten Auskleidung und haben zur Folge, dass die Auskleidung entweder repariert oder neu zugestellt werden muss, mit damit verbundenen Standzeiten und anfallenden Kosten. Der Versuchsstand ermöglicht die Beständigkeit feuerfester Materialien gegenüber mechanischer, thermischer und chemischer Belastung zu testen. Die aussagekräftigen Ergebnisse geben Rückschlüsse darüber, welches Feuerfestmaterial am besten für die Zustellung des Rampenbereichs der Herdöfen geeignet ist und damit die Standzeiten und Kosten für die Reparatur oder Neuzustellung zu verringern.

Die Durchführung der Diplomarbeit umfasste eine vorhergehende Literaturrecherche über die eingesetzten Technologien bei der Sekundäraluminiumproduktion, der dazugehörigen feuerfesten Werkstoffe, grundlegende Berechnungen der Wärmeübertragung und zum Abschluss den Bereich CE-Kennzeichnung. Es sei angemerkt, dass der Theorieteil dieser Diplomarbeit nur ein kleiner Auszug aus den jeweilig behandelten Themengebieten ist, um einen groben Überblick über die dahinter stehende Thematik des Versuchsstandes zu geben. Die Planung des Versuchsstandes samt Auslegung und Dimensionierung der einzelnen Baugruppen, das Einholen von Angeboten bis zur Durchführung von Bestellungen und die Mithilfe beim Zusammenbau und Inbetriebnahme des Versuchsstandes stellen den Schwerpunkt dieser Arbeit dar.

Nach erfolgter Planung, Konstruktion und Bestellung erfolgte der Bau des Verschleißprüfstands an der Montanuniversität Leoben/Nichteisenmetallurgie. Im Zuge der Diplomarbeit wurde ebenfalls die Gefahrenanalyse und die Betriebsanleitung des Verschleißprüfstandes erstellt, um die CE-Konformität zu erreichen. Im Gegensatz zum Prüfstand im Labormaßstab der vorangegangenen Diplomarbeit, wurden die möglich einzusetzenden Probekörper größer dimensioniert, um verfälschte Ergebnisse durch selbst

gesiebte und erzeugte Probekörper zu vermeiden. Die Proben können direkt vom Hersteller im Normalsteinformat bezogen und getestet werden. Da der Versuchsablauf des Finger-Tip-Tests mit 96 Stunden sehr zeitintensiv ist, ermöglicht es der Schmelz- bzw. Warmhalteofen mehrere Probekörper auf einmal ins Bad mit der Aluminiumlegierung zu tauchen. Nach Beendigung dieses Versuchsablaufes wird die Aluminiumlegierung mittels Ausgießschnabel in Masseln gegossen. Die getrockneten Probekörper werden geschnitten und mittels Finger-Tip-Test bewertet. Nach der Bewertung werden die Probekörper in den Verschleißprüfstand eingespannt und mit einer definierten Anzahl von Hüben sowie der eingestellten Ofentemperatur dem Abriebtest unterzogen. Das Abriebplättchen kann beim Versuchsablauf selbst gewählt und getauscht werden. Beim eingesetzten Ofen ist es möglich die Temperatur von maximal 1400 °C zu erreichen, was reale Ergebnisse liefern sollte, da die Temperaturen in Herdöfen im höchstbelasteten Bereich über 1000 °C steigen. Zurzeit liegen noch keine aussagekräftige Ergebnisse vor, um eine statistische Auswertung durchzuführen. Vor allem bei Temperaturen oberhalb von 1000 °C spielen mehrere Einflussparameter, wie verstärkter Angriff des Infiltrationsschutzes sowie Auflösung der Bindung vom Probekörper eine Rolle. Nach durchgeführtem Abriebtest erfolgt die Messung und Bewertung der Abriebtiefe und anschließend die Gesamtbewertung. Durch die beim gesamten Versuchsablauf veränderbaren Parametern wie Temperatur, Wahl der Aluminiumlegierung, Anpressdruck des Abriebplättchens, Werkstoff des Abriebplättchens, Anzahl der Hübe usw. lässt sich eine Vielzahl von Erkenntnissen bezüglich feuerfester Materialien erwarten, die aussagekräftige Ergebnisse liefern.

Der Schmelz- bzw. Warmhalteofen und der Verschleißprüfstand sollen als eine ganzheitliche Einheit ein Werkzeug sein, um eine Auswahl an feuerfesten Materialien, die hohe Beständigkeit gegenüber thermischen, chemischen und mechanischen Belastungen zeigen, zu ermöglichen.

6 Literatur

- [1] RHI Refractories: Aluminium, Feuerfestlösungen in der Aluminiumindustrie; RHI AG, 2006
- [2] Aluminium-Zentrale, Düsseldorf: Aluminium-Taschenbuch. 14. Aufl. Düsseldorf: Aluminium-Verlag 1988, ISBN 3-87017-169-3
- [3] Vereinigung deutscher Schmelzhütten e. V.: Aluminiumrecycling. Vom Vorstoff bis zur fertigen Legierung. Düsseldorf: Aluminium-Verlag 2000, ISBN 3-00-003839-6
- [4] Gesamtverband der Aluminiumindustrie e. V., www.aluinfo.de/de/maerkte/80_388.html , Dezember 2006
- [5] Umweltbundesamt (Hrsg.): Stand der Technik in der Sekundäraluminiumerzeugung im Hinblick auf die IPPC – Richtlinie. Wien 2000, ISBN 3-85457-534-3
- [6] Bayrisches Landesamt für Umweltschutz: Effiziente Energieverwendung in der Industrie – Teilprojekt „Metallschmelzbetriebe“. Augsburg 2005
- [7] Brunklaus, J. H., und F. J. Stepanek: Industrieöfen Bau und Betrieb. 5. Aufl. Essen: Vulkan-Verlag 1986, ISBN 3-8027-2277-9
- [8] RHI Refractories, www.rhi-ag.com , August 2006
- [9] Thomanetz, E.: „Vermeidung von Abfällen und Emissionen bei der Sekundäraluminium-Herstellung im Produktionsmaßstab“, www.piusinfo.de/dokumente/docdir/abag/proj_in_untern/pk67.html , August 2006
- [10] IGORA-Genossenschaft für Aluminiumrecycling, www.igora.ch/recyclingpyrolyse.pdf , August 2006
- [11] Brune M.: Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Optimierung der Wärmeübertragung in Rekuperatorbrennern. Dissertation Universität Bochum, Bochum 2005
- [12] Agst, J.: Die feuerfesten Baustoffe. 8. Aufl. Moers: 1994, ISBN 3-926875-20-8
- [13] The Technical Association of Refractories: Refractories Handbook. Tokyo: 1998, ISBN 4-925133-01-2
- [14] Routschka, G.: Taschenbuch Feuerfeste Werkstoffe. 3. Aufl. Essen: Vulkan-Verlag 2001, ISBN 3-8027-3150-6
- [15] DIDIER – Werke AG: Feuerfeste Werkstoffe und ihre Merkmale/ Refractory Materials and Their Properties. Wiesbaden o.J.
- [16] von Böckh P.: Wärmeübertragung – Grundlagen und Praxis. 1. Aufl. Heidelberg: Springer – Verlag, Berlin 2004, ISBN 3-540-00939
- [17] Verein deutscher Ingenieure: VDI Wärmeatlas. 9. Aufl. Berlin: Springer-Verlag 2002, ISBN 3-540-41201-8
- [18] Wagner W.: Wärmeübertragung. 4. überarbeitete Aufl. Würzburg: Vogel 1993, ISBN 3-8023-1491-3
- [19] Deutsche Gesellschaft Feuerfest- und Schornsteinbau e. V.: Feuerfestbau Stoffe - Konstruktion – Ausführung. 2. Aufl. Essen: Vulkan-Verlag 1994, ISBN 3-8027-3143-3

- [20] Witschaftskammer Österreich,
www.wko.at/unternehmerservice/ce_kennzeichnung/default.asp , Jänner 2007
- [21] Schneider A.: Zertifizierung im Rahmen der CE-Kennzeichnung. 1. Aufl.: Hüthig Verlag 2001,
ISBN 3-7785-2847-5
- [22] Hauer T.: Ermittlung von Auswahlkriterien für feuerfeste Baustoffe in Aluminiumschmelzöfen,
Diplomarbeit – Montanuniversität, 2007
- [23] Brune M., Giese A., Mackenstedt D.: Optimierung der thermischen Prozessführung von
gasbeheizten Schmelzöfen zur Produktion von Sekundäraluminium, Bericht, Essen 2003
- [24] Kanthal: Superthal-Heating Modules for Customized Furnacers and Heaters; Kanthal, 2006
- [25] ARAKANGA GmbH, www.arakanga.de , Jänner 2007

7 Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Abbrand	Beim Einschmelzen aluminiumhaltiger Vorstoffe auftretende Metallverluste durch Oxidation.
Altschrott (old scrap)	Aluminiumschrott aus gebrauchten Produkten.
Ausbeute	Prozentualer Anteil des bei der Verarbeitung eines metallhaltigen Vorstoffs erhaltenen Metallmenge bezogen auf die Einsatzmenge.
Ausläufer	Metallisches Aluminium, das nach dem Abziehen der Krätze aus dem Aluminium-Krätze-Gemisch ausläuft.
Closed-Well-Herdofen	2-Kammer-Herdofen, bei dem die Schmelzkammer zusammen mit der eigentlichen Heizkammer in einem Ofengehäuse integriert ist.
Desoxidationsaluminium (deoxidiser)	Legierungen mit hohem Aluminiumanteil (> 95 %) zur Bindung von Sauerstoff im flüssigen Stahlbad.
Drehtrommelofen (rotary furnace)	Rotierender liegender Trommelofen, üblicherweise mit Öl- oder Gasbrenner an der Stirn- und Abgasabzug auf der entgegengesetzten Seite; Schmelzaggreat für verunreinigte Aluminiumschrotte unter Verwendung von Schmelzsatz
Flüssigaluminium (liquid or molten aluminium)	Aluminium und Aluminiumlegierungen, die in flüssiger Form den Gießereien geliefert werden.
Gröbe	In unterschiedlichen Fraktionen bei der Aufarbeitung von Krätze oder Salzschlacke anfallendes metallisches Aluminium mit einer Korngröße von etwa 5 bis 20 mm.
Gusslegierung (casting alloy)	Legierung zur Herstellung von Gussteilen, nicht plastisch verformbar; gute Gießereigenschaften und überwiegend aus sekundären Aluminiumvorstoffen hergestellt.
GV	Glühverlust

Halbzeug	Umfasst in der Al-Industrie die Walzerzeugnisse (Bleche, Bänder), Strangpress- und Zieherzeugnisse (Rohre, Stangen, Profile, Drähte) sowie Schmiedestücke; Da diese Erzeugnisse durch Umformen ("Kneten") hergestellt werden, sind die Einsatzmaterialien nur Knetlegierungen.
Herdofen (hearth-type furnace)	Wannenartig ausgeführte, ausgemauerte, stationäre Öfen, bei denen die Wärmeübertragung von der Brennerflamme bzw. dem Heißgas überwiegend durch Strahlung erfolgt. Häufig kippbar, um das Entleeren in Gießrinnen zu erleichtern.
Knetlegierung (wrought alloy)	Legierung zur Herstellung von Press-, Zieh-, Schmiede- und Walzprodukten, plastisch verformbar.
Konvektion	Durch Temperatur- und/oder Dichteunterschiede entstehende oder zwangsweise, zum Beispiel durch Rühren, verursachte Bewegung von Flüssigkeiten und Gasen (freie und erzwungene Konvektion).
Krätze	Abfall mit hohem Anteil metallischen Aluminium; Krätze bildet sich auf Oberfläche von flüssigem Metall.
Kreislaufschrott (turn around or inhouse scrap)	Bei der Produktion und Verarbeitung anfallender Schrott, der in eigenen Anlagen wieder eingeschmolzen wird.
Legierungselemente	Metalle bzw. Legierungsbestandteile, die elementar oder in Form von Vorlegierungen genau bekannter Zusammensetzung einer Metallschmelze zugegeben werden, um den geforderten Gehalt des entsprechenden Elements auf das geforderte Niveau zu heben; hauptsächlich Si, Cu, Zn, Mg, Ti, Mn, Ni, Li.
Massel (ingots)	Legierungen, die als Blöcke vergossen sind.
NE - Metalle	Nichteisenmetalle
Neuschrott (new scrap or production scrap)	Bei der Produktion und Verarbeitung anfallender Schrott; meist sortenrein in Form von Späne, Angüsse, Ausschuss usw.

Phase	Homogene, in allen Teilen physikalisch und chemisch gleichartige, durch scharfe Grenzflächen gegeneinander abgegrenzte, optisch unterscheidbare Zustandsform der Stoffe.
Primäraluminium (primary aluminium)	Durch Elektrolyse gewonnenes, unlegiertes Aluminium mit einem Reinheitsgrad von üblicherweise 99,7 %.
Raffinieren (refining)	Durch den Zusatz von Raffinationsmitteln bewirkte Korrektur bestimmter Elemente und Entfernung aller gasförmigen und oxidischen Verunreinigungen.
Recycling	Rückführung von Abfällen zur Verwertung.
Refiner	Produzent von Aluminiumgusslegierungen aus Aluminiumschrott.
Regenerator	Wärmerückgewinnungsanlage, bei der abwechselnd heißes Abgas und kalte Verbrennungsluft durch paarweise angeordnete oder sich drehende, mit wärmespeicherndem Material gefüllte Kammern geleitet und dabei abgekühlt bzw. aufgeheizt wird.
Rekuperator	Wärmetauscher zur Abkühlung oder Wärmerückgewinnung aus Abgasen
Remelter	Produzent von Aluminiumknetlegierungen aus Aluminiumschrott.
Salzschlacke (salt slag)	Beim Schmelzen von Schrott im Drehtrommelofen anfallende Schlacke mit einem Schmelzsalzanteil.
Sammelschrott	Gemisch aus Neu- und Altschrotten, bestehend aus defekten oder abgenutzten Endprodukten wie Felgen, Getriebegehäusen, Geschirr und Töpfen, Fensterrahmen, Dosen u. a..
Sekundäraluminium (secondary aluminium)	aus sekundären Vorstoffen, d. h. Alt- und/oder Neuschrotten, Spänen und Krätzen hergestellte Aluminium.

Side-Well-Herdofen	Herdofen, an dessen Schmelzwanne, durch eine siphonartige Wand abgetrennt, ein Schmelzbecken angebaut ist. In diesem wird mit dem im Herdofen überhitzten Metall weiterer, sauberer Schrott tauchgeschmolzen. Das flüssige Metall fließt entweder durch Naturumlauf, oder durch Metallpumpen in das Seitenschmelzbecken (side-well). Je nach Konstruktionsart und Schrottgeometrie kann großstückiger Schrott mit flüssigem Metall überflutet werden oder feinstückiger Schrott in eine Metalltrombe eingezogen werden.
TWB	Temperaturwechselbeständigkeit
Warmhalteofen	Meist als Herdofen ausgeführte Öfen, in denen das flüssige Metall – meist aus mehreren Schmelzöfen – gesammelt wird. Nach Kontrollanalyse wird je nach Bedarf raffiniert, zulegiert, entgast und nach endgültiger Bestätigungsanalyse aus dem Warmhalteofen das Metall entweder zu Massel vergossen oder flüssig abtransportiert.

8 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Produktion von Sekundäraluminium in 1000 Tonnen (weltweit) ^[4]	3
Tabelle 2: Produktion von Sekundäraluminium in 1000 Kilo (Österreich) ^[4]	4
Tabelle 3: Ofentypen und deren Einsatzkriterien ^[6]	6
Tabelle 4: Brennersysteme im Industrieofenbereich ^[6]	14
Tabelle 5: Brennersysteme und deren Einsatzkriterien ^[6]	14
Tabelle 6: Dimensionierung Abriebarm	43
Tabelle 7: Chemische Analyse PLICAST BL 80 B3	51
Tabelle 8: Chemische Analyse PLICAST BL 80 B3 - 2	52
Tabelle 9: Chemische Analyse Alurath B 80 C - Al	52
Tabelle 10: Chemische Analyse FORMULA 2104 - L	53
Tabelle 11: Chemische Analyse DIDURIT 120ALH 0 - 6	54
Tabelle 12: Chemische Analyse DIDURIT 130 AL 0 – 6	54
Tabelle 13: Chemische Analyse DIDURIT ALX 0 - 6	55
Tabelle 14: Chemische Analyse RESISTAL B85AC	55
Tabelle 15: Chemische Analyse RESISTAL B85SCW	56
Tabelle 16: Bewertung Finger-Tip-Test	65
Tabelle 17: Bewertung mittels Abriektiefe	68
Tabelle 18: Dichte feuerfester Werkstoffe ^[14]	X
Tabelle 19: Seger-Kegelwerte und die dazugehörigen Temperaturen ^[12]	XI
Tabelle 20: Benennung von feuerfesten Werkstoffen (Beispiele) ^[14]	XI
Tabelle 21: Formelschreibweise von Mineralphasen ^[14]	XII
Tabelle 22: Eigenschaften von feuerfesten Werkstoffen ^[14]	XII
Tabelle 23: Auslegung der Kühlung	XIV
Abbildung 1: Rampenbereich des Herdofens ^[1]	1
Abbildung 2: Zuordnung von Schrottarten und Ofenauswahlkriterien gemäß Oxidanteil und Glühverlust ^[5]	5
Abbildung 3: Zuordnung von Schrottarten und Ofenauswahlkriterien gemäß Oxidanteil und Verhältnis von Oberfläche zu mittlerer Teilchengröße ^[5]	5
Abbildung 4: Schnitt durch einen brennstoffbeheizten Tiegelofen ^[6]	7
Abbildung 5: Tiegelinduktionsofen ^[6]	8
Abbildung 6: Schachtofen ^[6]	9
Abbildung 7: Herdofen ^[6]	10
Abbildung 8: Zweikammer-Schmelzofen ^[6]	11
Abbildung 9: Drehtrommelofen ^[8]	12
Abbildung 10: Pyrolyse/Blankglühen/Schmelzen ^[10]	13
Abbildung 11: Rippenrohrrekupereatorbrenner ^[11]	16
Abbildung 12: Alternierender Regeneratortbrenner ^[6]	17
Abbildung 13: Wärmeübergang durch Konvektion ^[19]	25
Abbildung 14: Wärmeleitung in einer ebenen, einschichtigen Wand ^[19]	27
Abbildung 15: Wärmeleitung in einer ebenen, mehrschichtigen Wand ^[19]	27
Abbildung 16: Wärmeleitung in einer zylindrischen Rohrwand ^[19]	28
Abbildung 17: Wärmedurchgang durch eine ebene, einschichtige Wand ^[19]	29
Abbildung 18: Wärmedurchgang durch eine ebene, mehrschichtige Wand ^[19]	29
Abbildung 19: Wärmedurchgang durch eine mehrschichtige, zylindrische Wand ^[19]	30
Abbildung 20: Prüfablauf für feuerfeste Werkstoffe in der Aluminiumindustrie	31
Abbildung 21: Schmelz- bzw. Warmhalteofen	33
Abbildung 22: Temperaturverteilung in °C - Herdofen ^[23]	34
Abbildung 23: Halbschalenofen Superthal SHC ^[24]	35
Abbildung 24: Halbschalenofen	36
Abbildung 25: Steinwanne	37

Abbildung 26: Spannvorrichtung	38
Abbildung 27: Abriebarm	39
Abbildung 28: Schneckengetriebemotor	39
Abbildung 29: Aufbau Feuerfestmaterial Steinwanne	47
Abbildung 30: Aufbau Feuerfestmaterial Halbschalenofen	47
Abbildung 31: Aufbau Feuerfestmaterial Stirnseite	48
Abbildung 32: Aufheizen des Probekörpers	49
Abbildung 33: Muster der CE-Kennzeichnung ^[20]	58
Abbildung 34: Risikobeurteilung und Risikominimierung ^[25]	60
Abbildung 35: Risikograph	62
Abbildung 36: Versuchsablauf Finger-Tip-Test	64
Abbildung 37: Versuchsablauf Abriebtest	66
Abbildung 38: Wärmeleitfähigkeit feuerfester Materialien ^[14]	II
Abbildung 39: Wärmeleitfähigkeit feuerfester Materialien ^[14]	II
Abbildung 40: Mittlere spezifische Wärmekapazität ^[14]	III
Abbildung 41: Mittlere spezifische Wärmekapazität ^[14]	III
Abbildung 42: Mittlere spezifische Wärmekapazität ^[14]	III
Abbildung 43: Mittlere spezifische Wärmekapazität ^[14]	III
Abbildung 44: Spezifischer elektrischer Widerstand ^[14]	IV
Abbildung 45: Spezifischer elektrischer Widerstand ^[14]	IV
Abbildung 46: Spezifischer elektrischer Widerstand ^[14]	IV
Abbildung 47: Heißbiegefestigkeit feuerfester Werkstoffe ^[14]	V
Abbildung 48: Thermische Dehnung ^[14]	VI
Abbildung 49: Thermische Dehnung ^[14]	VI
Abbildung 50: Längenänderungen beim Erhitzen ungeformter feuerfester Werkstoffe ^[14]	VI
Abbildung 51: Druckfließverhalten von verschiedenen feuerfesten Steinen bei 1500 °C ^[14]	VII
Abbildung 52: Druckerweichungskurven von feuerfesten Steinen ^[14]	VIII
Abbildung 53: Druckerweichungskurven von zementarmen Feuerbetonen ^[14]	VIII
Abbildung 54: Verschleißprüfstand	L
Abbildung 55: Typenschild Verschleißprüfstand	LII
Abbildung 56: Draufsicht der gesamten Maschine	LVII
Abbildung 57: Schmelz-, Warmhalteofen	LXXXVIII
Abbildung 58: Schneckengetriebemotor	LXXXIX
Abbildung 59: Abtriebswelle	XC
Abbildung 60: Tisch	XCI
Abbildung 61: Steinwanne	XCII
Abbildung 62: Spannvorrichtung	XCIII
Abbildung 63: Halbschale	XCIV
Abbildung 64: Führung Abriebarm	XCV
Abbildung 65: Führungsschiene Abriebarm	XCVI
Abbildung 66: Führungsschiene Abriebarm-Oberteil	XCVII
Abbildung 67: Führungsschiene Abriebarm-Unterteil	XCVIII
Abbildung 68: Abriebarm	XCIX
Abbildung 69: Halterung Getriebemotor	C
Abbildung 70: Verschleißprüfstand – Zusammenstellung	CI
Abbildung 71: Schaltplan	CII

9 Anhang

Wärmeleitfähigkeit

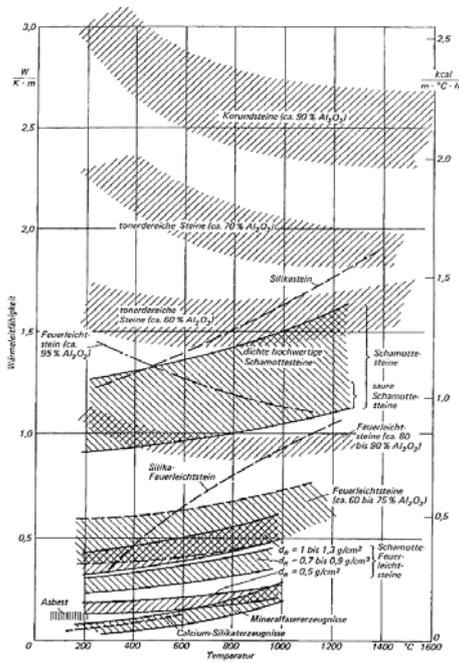


Abbildung 38: Wärmeleitfähigkeit feuerfester Materialien ^[14]

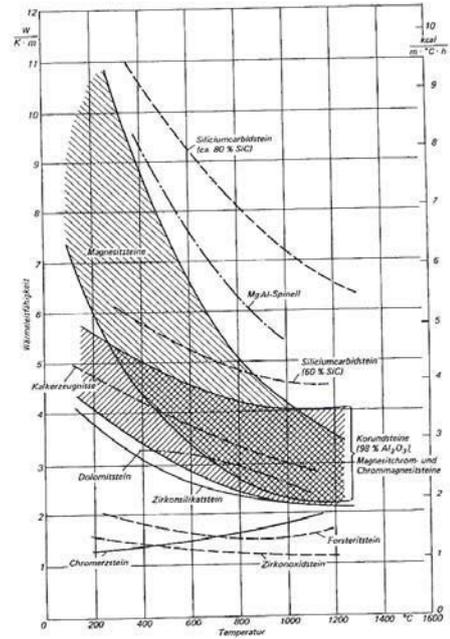


Abbildung 39: Wärmeleitfähigkeit feuerfester Materialien ^[14]

Spezifische Wärmekapazität feuerfester Materialien

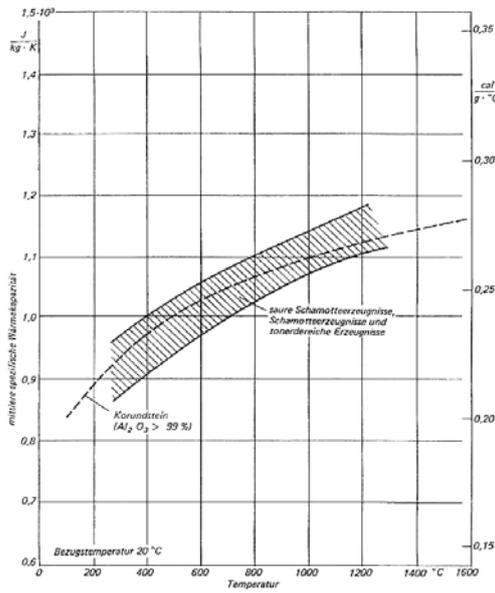


Abbildung 40: Mittlere spezifische Wärmekapazität [14]

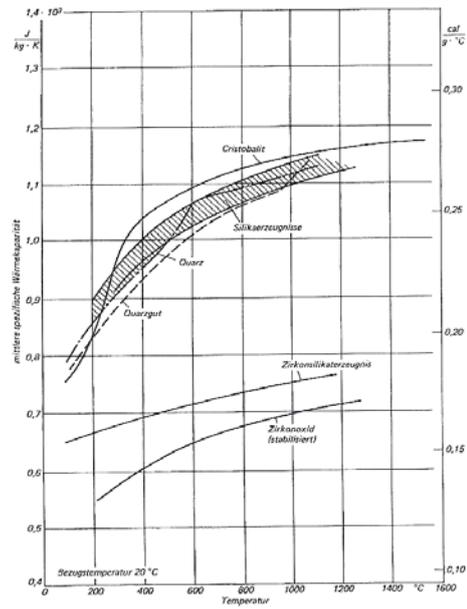


Abbildung 41: Mittlere spezifische Wärmekapazität [14]

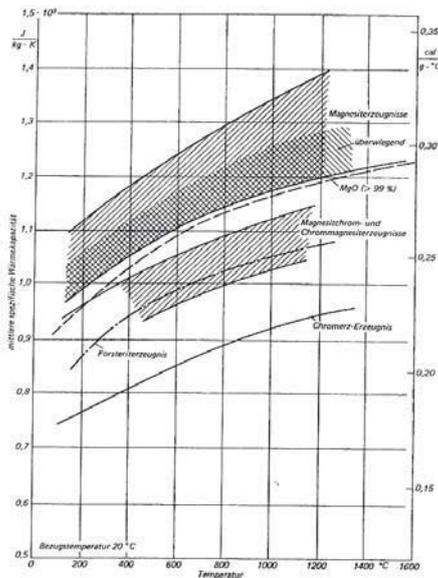


Abbildung 42: Mittlere spezifische Wärmekapazität [14]

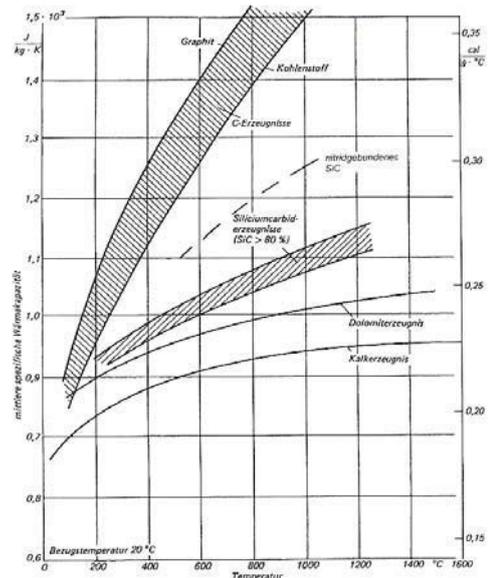


Abbildung 43: Mittlere spezifische Wärmekapazität [14]

Elektrischer Widerstand feuerfester Materialien

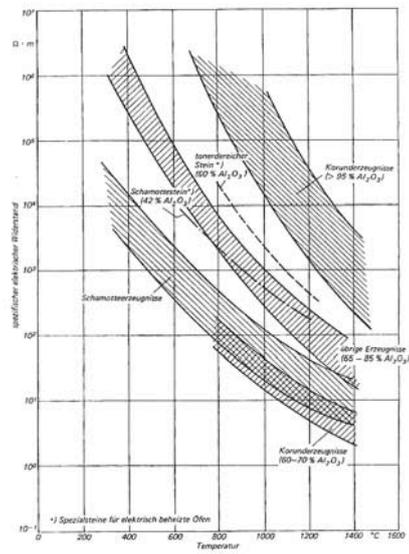


Abbildung 44: Spezifischer elektrischer Widerstand ^[14]

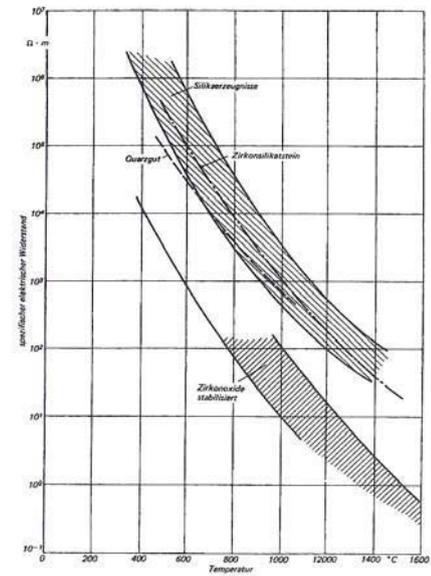


Abbildung 45: Spezifischer elektrischer Widerstand ^[14]

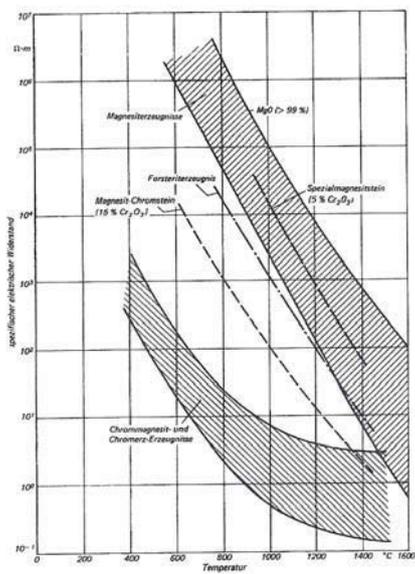


Abbildung 46: Spezifischer elektrischer Widerstand ^[14]

Heißbiegefestigkeit

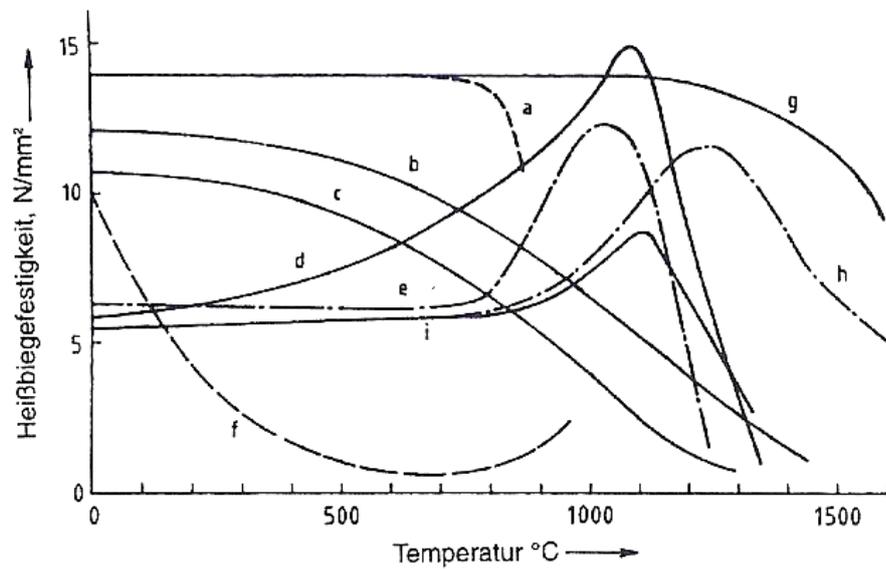


Abbildung 47: Heißbiegefestigkeit feuerfester Werkstoffe ^[14]

a: eisenarmer Magnesiastein, b: Korundstein, c: eisenhaltiger Magnesiastein, d: alkalioxidarmer Schamottestein, e: alkalioxidreicher Schamottestein, f: Magnesiachromitstein, g: eisenarmer Magnesiastein, h: hochgebrannter Magnesiachromitstein, i: Silimanitstein

Thermische Dehnung feuerfester Materialien

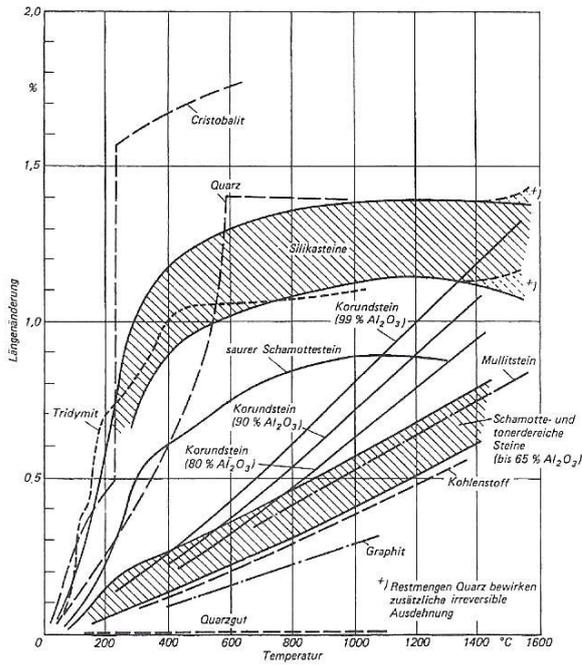


Abbildung 48: Thermische Dehnung ^[14]

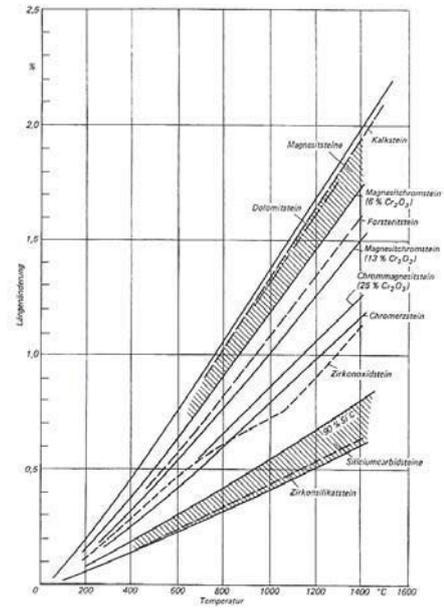


Abbildung 49: Thermische Dehnung ^[14]

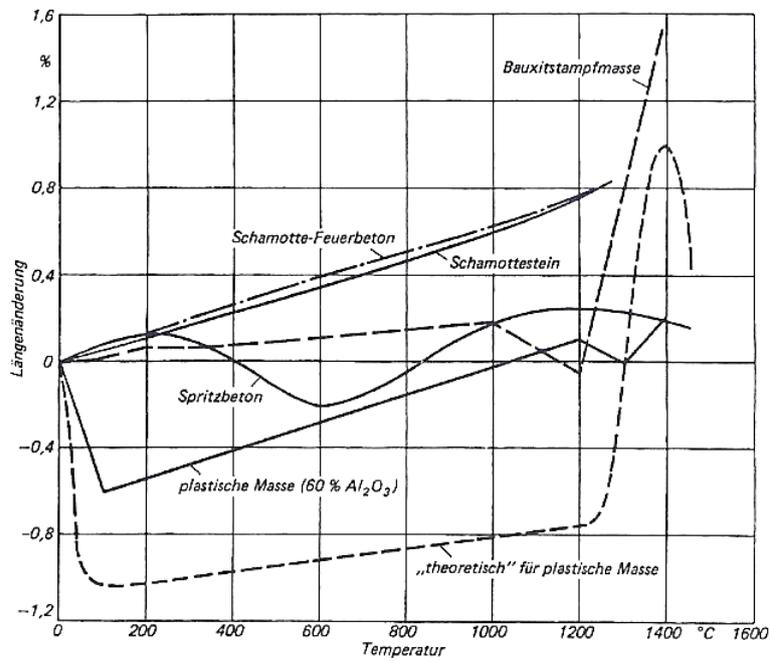


Abbildung 50: Längenänderungen beim Erhitzen ungeformter feuerfester Werkstoffe ^[14]

Druckfließen

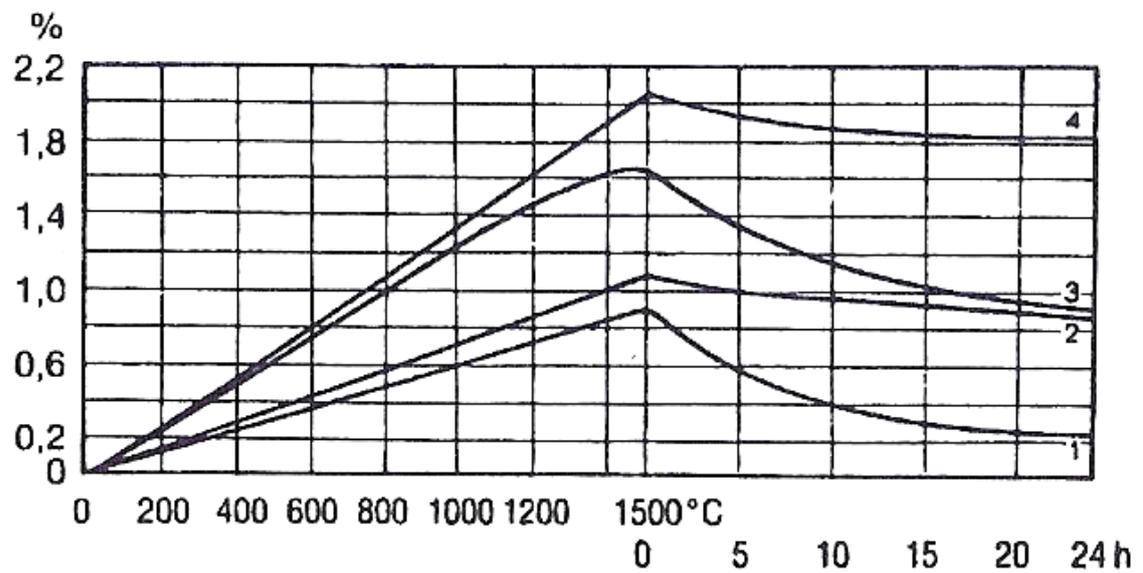


Abbildung 51: Druckfließverhalten von verschiedenen feuerfesten Steinen bei 1500 °C ^[14]

1: tonerdereicher Stein, 2: hochgebrannter Korundstein, 3: hochgebrannter Magnesiachromstein, 4: eisenarmer Magnesiastein

Druckerweichen

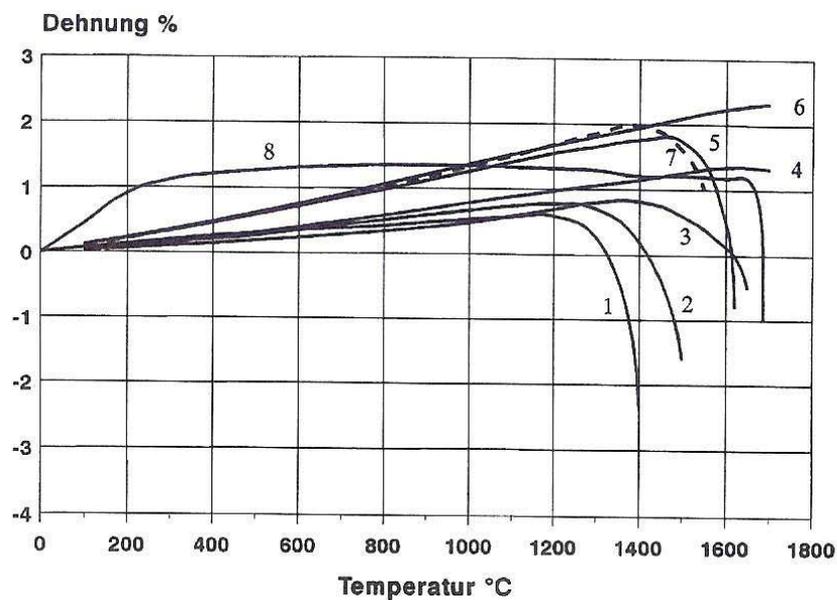


Abbildung 52: Druckerweichungskurven von feuerfesten Steinen (Belastung $0,2 \text{ N/mm}^2$) ^[14]

1: Schamottstein, 2: korundhaltiger Stein, 3: Andalusitstein, 4: Korundstein, 5: Magnesia-Spinellstein, 6: eisenarmer Magnesiastein,
7: eisenreicher Magnesiastein, 8: Sikikastein

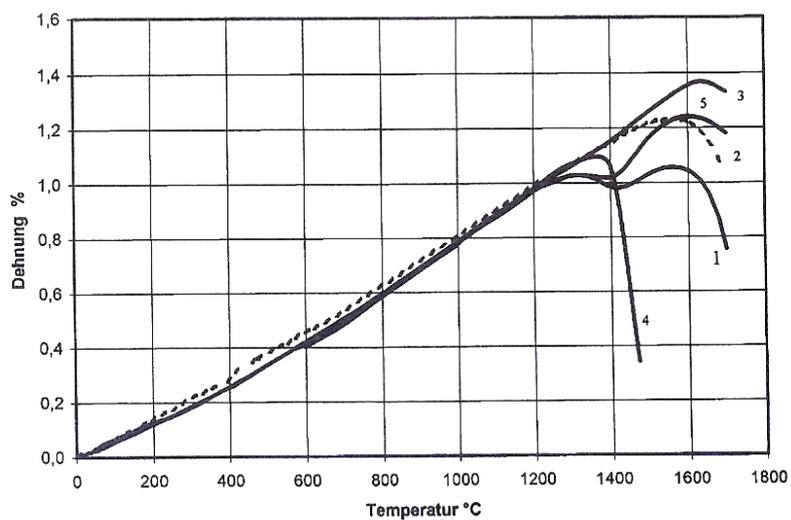


Abbildung 53: Druckerweichungskurven von zementarmen Feuerbetonen (Belastung $0,2 \text{ N/mm}^2$) ^[14]

1: Vorbrand $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, 2: Vorbrand $1500 \text{ }^\circ\text{C}$, 3: Vorbrand $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ 4: Zusatz von Mikrosilika Vorbrand $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, 5: Zusatz von Spinell, Vorbrand $1000 \text{ }^\circ\text{C}$

Normen zur Prüfung feuerfester Erzeugnisse

DIN 1081	Keramische feuerfeste Werkstoffe; Feuerfeste Rechtecksteine; Maße
DIN 1082	Keramische feuerfeste Werkstoffe
DIN 1089	Feuerfeste Werkstoffe für Koksöfen
DIN 51010	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe; Ungeformte feuerfeste Erzeugnisse
DIN 51046	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Wärmeleitfähigkeit)
DIN 51048	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Biegefestigkeit)
DIN 51053	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Erweichungsverhalten)
DIN 51056	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Wasseraufnahme, offene Porosität)
DIN 51058	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Gasdurchlässigkeit)
DIN 51061	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Probenahme)
DIN 51062	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Herstellung und Trocknung von Proben)
DIN 51063	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Seegerkegel)
DIN 51064	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Druckfeuerbeständigkeit)
DIN 51065	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Rohdichte)
DIN 51066	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (bleibende Längenänderung)
DIN 51067	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Druckfestigkeit)
DIN 51068	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Temperaturwechselbeständigkeit)
DIN 51069	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Abrieb)
DIN 51070	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Chemische Analyse)
DIN 51073	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Chemische Analyse)
DIN 51074	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Chemische Analyse)
DIN 51075	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Chemische Analyse)
DIN 51076	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Chemische Analyse)
DIN 51077	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Chemische Analyse)
DIN 51078	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Feuchtigkeit)
DIN 51079	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Chemische Analyse)
DIN 51081	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Gewichtsänderung beim Glühen)
DIN 51083	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Chemische Analyse)
DIN 51102	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Säurebeständigkeit)
DIN 51103	Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe (Säurebeständigkeit)
DIN 52098	Prüfung von Gesteinskörnungen (Korngrößenverteilung)
DIN 52108	Prüfung anorganischer nichtmetallischer Werkstoffe (Abrieb)

Tabelle 18: Dichte feuerfester Werkstoffe ^[14]

Werkstoff bzw. Werkstoffgruppe	g/cm³
Kieselglas	2,2
Quarz	2,56
Silikasteine	2,31 – 2,35
Schamotteerzeugnisse	2,54 – 2,75
60 % Al ₂ O ₃ -Erzeugnisse	3,4
Silimanit-, Andalusiterzeugnisse	2,86 – 3,0
Mullitstein	3,24
Bauxitsteine	3,65
Korundstein mit 99 % Al ₂ O ₃	3,97
Zirkonsilikaterzeugnisse	4,7
Alumina-Zirkonia-Silikaterzeugnisse	3,8 – 4,1
schmelzgegossener α/β - Al ₂ O ₃ -Stein	3,54
schmelzgegossener β - Al ₂ O ₃ -Stein	3,26
Kohlenstoffsteine	1,8 – 1,85
Graphitsteine	2,2 – 2,25
SiC-Steine mit 95 % SiC	3,1
Magnesiasteine	3,55 – 3,65
Spinellstein	3,58
Magnesia-Zirkonstein	3,78
Magnesiachromitsteine	3,7 – 3,9
Chromitsteine	4,2 – 4,7
Dolomitsteine	3,4
Forsteritsteine	3,3 – 3,4
Zirkonoxidwerkstoffe	5,5 – 5,85
Chromoxidwerkstoffe	5,07

Tabelle 19: Seger-Kegelwerte und die dazugehörigen Temperaturen ^[12]

	Fallpunkt Kleiner Seger- Kegel	Entspricht ISO-Kegel	Entspricht °C
Feuerbeständig	< 17	< ISO 150	< 1500
Feuerfest	mind. 17*	mind. ISO 150	mind. 1500
Hochfeuerfest	mind. 36*	mind. ISO 180	mind. 1800

* Kleiner Seger-Kegel; Aufheizgeschwindigkeit 150 K/h

Tabelle 20: Benennung von feuerfesten Werkstoffen (Beispiele) ^[14]

Empfehlung	Bisher verwendete Bezeichnungen
Magnesia	Magnesit, Periklas
Magnesiicarbon	Magnesiakohlenstoff, Magnesitkohlenstoff, Magnesiagrahit, Magnesitcarbon, Magcarb
Magnesiachromit	Magnesiachrom, Magnesitchrom, Chrommagnesit, Magnesiachromerz, Periklasspinell, Periklasspinellid, Spinellperiklas
Magnesiadoloma	Magnesiadolomit, Dolomitmagnesia, Magdol
Doloma	Dolomit
Calcia	Kalk, kalkhaltig
Magnesiaspinell	Magnesiaalumina, Magnesiumspinell, Tonerdespinell, Periklasspinell, Magnesia-Magnesiaspinell
Chromit	Chromerz, Chromspinell
Alumina	Tonerde, Korund
Aluminareich	Tonerde, tonerdehaltig
Alumosilikat	Tonerdesilikat

Kieselglas	Quarzglas, Quarzgut
Alumina-Zirkonia-Silika	Zirkonmullit, Korundzirkon
Zirkonsilikat	Zirkon
Zirkonia	Zirkonoxid
Alumina-Chromoxid	Chromkorund

Tabelle 21: Formelschreibweise von Mineralphasen ^[14]

Schreibweise	Beispiele		Vorteile	Nachteile
	Spinell	Merwinit		
Chemische Formel	MgAl ₂ O ₄	Ca ₃ Mg[SiO ₄] ₂	Strukturhinweise	
Oxidformel	MgOAl ₂ O ₃	3CaOMgO2SiO ₂		Nur für wenige Oxide möglich
Kurzformel	MA	C ₃ MS ₂	Schnell erfassbar	

Tabelle 22: Eigenschaften von feuerfesten Werkstoffen ^[14]

Formel	Kurzzeichen	Mineralname	Schmelzpunkt [°C]	Dichte [g/cm ³]	Wärme- dehnung bis 1000 °C [%]	Wärme- leitfähigkeit [W/mK]	Mittlere spez. Wärme [kJ/kgK]
SiO ₂	S	α- Quarz	-	2,65	-	8	-
SiO ₂	S	Cristobalit	1725	2,29 – 2,32	1 – 1,4	-	1,15
SiO ₂	S	Kieselglas	-	2,2	0,06	1,4	-
Al ₂ O ₃	A	Korund	2050	3,99	0,8	53	1,1
MgO	M	Periklas	2840	2,58	1,4	61	1,2
CaO	C	-	2580	3,32	1,3	25	0,95
ZrO ₂	Z	Baddeleyit	2680	5,56	0,8	19	0,7
Cr ₂ O ₃	Cr	Eskolait	2275	5,22	0,75	-	0,75
3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ (Al ₆ Si ₂ O ₁₃)	A3S2	Mullit	1840	3,16	0,45	9	1,1

$2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ (Mg_2SiO_4)	M2S	Forsterit	1890	3,21	1,1	9	1,05
$\text{ZrO}_2\cdot\text{SiO}_2$ (ZrSiO_4)	ZS	Zirkon	1775	4,6	0,45	6	0,75
$\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (MgAl_2O_4)	MA	Spinell	2135	3,58	0,85	21	1,1
$\text{MgO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$ (MgCr_2O_4)	MCr	Picro- chromit	2350	4,42	0,7	-	0,9
$\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (CaAl_2O_4)	CA	-	1600	2,98	0,76	-	1,0
$\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ (CaAl_4O_7)	CA2	-	1750	2,91	0,62	-	1,05
C	a – C	Graphit	3600	2,26	0,3 – 0,5	> 400	1,5
C	Amorph	Ruß	360	1,7 – 1,8	0,4	-	2
SiC	-	-	2300	3,21	0,5	130	1,1
Si_3N_4	-	-	1900	3,18	0,27	35	0,7
B_4C	-	-	2450	2,51	0,44	35	0,94
BN	-	-	3000	2,25	0,37	50	0,8

Gefahrenanalyse

	Gefahrenanalyse	Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 1
--	------------------------	--------------------------	--	--	--	---------------------------------------	-------------

Gefahrenanalyse

Verschleißprüfstand

Jänner 2007

¹⁾ Lebensphasen (entsprechend Ist-Zustand)	I Transport, Verpack.	II Inbetriebnahme	III Betrieb	IV Wartung
²⁾ Risikogruppe, Betrachtung des Endzustandes	V Instandsetzung	VI Lagerung, Außerbetr.	VII Entsorgung	O Organisatorisch
	³⁾ Lösungsprinzip: (nach der Nachrüstung)			
	K Konstruktiv			
	W Warnhinweis			
	S Schutzausrüstung			

		Gefahrenanalyse	Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 2
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422	Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Norm	(0-10)			
			Grundsätzliche Gefährdungen					

		1	Mech. Gefährdung						
1	II, III, V	1.1	Quetschen	Während Inbetriebnahme, Betrieb und Instandsetzung besteht die Gefahr vom Abriebarm erfasst und gequetscht zu werden.	EN 292-1 EN 292-2 EN 294 EN 349 EN 418 EN 547-1 EN 547-2 prEN 953 EN 811 prEN 981 EN 1088	S2 A1 E1 W1 1	K, W, O	Am Verschleißprüfstand befindet sich eine Schutzabdeckung im Bereich des Abriebarms. Der gesamte Abriebarm ist bei der Bewegung gegen Berühren durch eine Schutzabdeckung gesichert. Instandsetzungsarbeiten dürfen nur von dem entsprechend geschulten und hierzu autorisierten Personal durchgeführt werden. Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Instandsetzung sind zu erstellen und einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.	Keine
2		1.2 1.3	Scheren Schneiden, Abschneiden	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine
3	II, III, V	1.4 1.5	Erfassen u. Aufwickeln Einziehen u. Fangen	Während Inbetriebnahme, Betrieb und Instandsetzung besteht die Gefahr vom Abriebarm erfasst, eingezogen und gefangen zu werden.	EN 292-1 EN 292-2 EN 294 EN 418 EN 547-1 EN 547-2 EN 811 EN 842 prEN 953 prEN 981 EN 1088 EN 61310-2	S2 A1 E1 W1 1	K, W, O	Am Verschleißprüfstand befindet sich eine Schutzabdeckung im Bereich des Abriebarms. Der gesamte Abriebarm ist bei der Bewegung gegen Berühren durch eine Schutzabdeckung gesichert. Instandsetzungsarbeiten dürfen nur von dem entsprechend geschulten und hierzu autorisierten Personal durchgeführt werden. Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Instandsetzung sind zu erstellen und einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.	Keine

		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH			Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 3	
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

4		1.6 1.7	Stoß Durch- oder Einstich	Während Inbetriebnahme, Betrieb und Instandsetzung besteht die Gefahr von Stoß durch den Abriebarm		S2 A1 E1 W1 1	K, W, O	Am Verschleißprüfstand befindet sich eine Schutzabdeckung im Bereich des Abriebarms. Der gesamte Abriebarm ist bei der Bewegung gegen Berühren durch eine Schutzabdeckung gesichert. Instandsetzungsarbeiten dürfen nur von dem entsprechend geschulten und hierzu autorisierten Personal durchgeführt werden. Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Instandsetzung sind zu erstellen und einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.	Keine
5	III	1.8	Gefahr durch Materialverschleiß	Es besteht die grundsätzliche Gefahr, dass Bauteile verschleifen und es zu Fehlfunktionen kommt.	EN 292-1 EN 292-2	S2 A1 E2 W1 2	O	Bei den mechanisch angetriebenen Einrichtungen muss eine regelmäßige Wartung und vorbeugende Instandsetzung stattfinden. Bei Antriebskomponenten sind die Herstellerangaben in der konstruktiven Ausführung beachtet und sind durch die Instandhaltung einzuhalten. Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Instandsetzung sind zu erstellen und einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.	Keine
6	II, III, IV, V, VI	1.9	Heraus-spritzen von Flüssigkeiten unter Druck	Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass bei alternden oder nicht korrekt montierten Schläuchen Wasser in die Peripherie herausspritzt.	EN 292-1 EN 292-2	S2 A1 E1 W1 1	O	Schläuche und Verschraubungen ordnungsgemäß auf Dichtheit und korrekten, festen Sitz überprüfen.	Keine
7		1.10	Unvorhergesehenes herausschleudern von Teilen	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine

		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 4
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

8	II, III, IV, V	1.11	Verlust der Stand-Festigkeit von Maschine oder Maschinenteilen	Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass, Maschinenteile ihre Standfestigkeit verlieren.	EN 292-1 EN 292-2	S2 A1 E2 W1 2	K	Verschleißprüfstand ist standfest und temperaturfest ausgeführt. Bewegliche Teile sind nach den Regeln der Technik ausgeführt.	Keine
9	II, III, IV, V, VII	1.12	Rutschen, Stolpern u. Stürzen im Zusammenhang mit Maschinen	Es besteht grundsätzlich Sturzgefahr bei der Kontrolle am Verschleißprüfstand.	EN 292-2	S1 E1 W2 0	O, S	Bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten für ausreichende Beleuchtung sorgen. Ausreichende Beleuchtung ist vom Betreiber zu veranlassen. Beleuchtung sollte 500 Lux haben. Bei der Kontrolle des Verschleißprüfstands ist angemessene Kleidung zu tragen, wie z.B. die persönliche Schutzausrüstung, Schutzhandschuhe, etc.. Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Instandsetzung sind zu erstellen und einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.	Keine

		Gefahrenanalyse	Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 5
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422	Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Norm	(0-10)			
			Grundsätzliche Gefährdungen					

		2	Elektrische Gefährdung						
10	II, III, IV, V	2.1	Elektrischer Kontakt (direkt oder indirekt)	Bei allen Arbeiten an und mit Maschinen, die über elektrische Anschlüsse verfügen, besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch elektrischen Schlag.	EN 954-1 EN 60204-1 EN 60439-1 VBG 37 §43	S2 A1 E1 W1 1	K, W, O	<p>Die gesamte Elektrik wurde gemäß DIN EN 60204-1 bzw. DIN EN 60439-1 von Fachpersonal aufgebaut, so dass es nicht zu Gefährdungen kommt.</p> <p>Alle Hauptkomponenten, sind in einer eingezogenen Ebene am Verschleißprüfstand angebracht. Diese Einrichtungen tragen auf ihrer Vorderseite den entsprechenden Gefahrenhinweis (Spannungsdreieck = gelbes Dreieck mit Schwarzem Zick-Zack-Pfeil).</p> <p>Die Verkabelung ist in den entsprechenden Bereichen widerstandsfähig gegen Hitze, und mechanische Beschädigungen ausgeführt, so dass hiervon kein erhöhtes Gefahrenpotential ausgeht.</p> <p>Am Verschleißprüfstand ist ein Hauptschalter vorhanden, der bei Arbeiten am Verschleißprüfstand oder an den elektrischen Teilen abgeschaltet werden kann.</p> <p>„Arbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nur von Elektrofachkräften durchgeführt werden“. Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten stets einwandfreie, geprüfte Elektrowerkzeuge einsetzen. Betreiben der Elektrowerkzeuge über entsprechende Stromverteiler Mit Fehlerstrom-Schutzschalter (z.B. FI-Box) Einwandfreie geprüfte Verlängerungskabel und Kabeltrommeln einsetzen.</p> <p>Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen sind zu erstellen sowie einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.</p>	Keine

		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 6
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

11	II, III, IV, V	2.2	Elektrostatische Vorgänge	Es besteht grundsätzlich die Gefahr der Beschädigung von sicherheitsrelevanten Bauteilen oder das Auslösen ungewollter Maschinenbewegungen durch elektrostatische Entladungsvorgänge.	EN 60204-1 EN 50082-2 EN 954-1 89/336/EG	S1 E2 W1 0	K	Für den Verschleißprüfstand wird von der „vermuteten EMV“ ausgegangen, da die Elektrik von EMV - fachkundigem Personal und unter Berücksichtigung der EMV - Hinweise für die einzelnen zugekauften elektrischen Komponenten aufgebaut wurde. Diese Komponenten entsprechen der EMV-Richtlinie. Die EMV schließt auch die Festigkeit gegen elektrostatische Entladungen ein, ungewollte Maschinenbewegungen durch solche Entladungen sind nicht zu erwarten.	Keine
12 A	II, III, IV, V	2.3	Elektrische Überlastung und Kurzschluss	Gefährdung durch Durchschlag, Beschädigung der Isolierung, Feuer, Herausschleudern geschmolzener Partikel	EN 60204-1 EN 954-1	S2 A1 E2 W1 2	K	Für die Elektroinstallation des Verschleißprüfstands wurden geeignete Isoliermaterialien verwendet. Die Leitungen wurden in geeigneter Form verlegt.	Keine
12 B	II, III, IV, V	2.3	Elektrische Überlastung und Kurzschluss durch Blitzschlag	Gefährdung durch Durchschlag, Beschädigung der Isolierung, Feuer, Herausschleudern geschmolzener Partikel	EN 60204-1 EN 954-1	S2 A1 E2 W1 2	K	Die elektrischen Anlagenkomponenten und Elektroinstallation sind so ausgeführt, dass keine Gefährdung durch Blitzschlag besteht.	Keine

		Gefahrenanalyse	Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 7
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422	Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr. Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

13	II, III, IV	2.4	Thermische Strahlung oder chemische Vorgänge	<p>Feuer</p> <p>Geschmolzenes Metall</p> <p>Berührung heißer Oberflächen.</p> <p>Extreme Temperaturen</p> <p>Austritt erhitzter Luft aus der Ofenöffnung</p> <p>Ausfall der Kühlung</p>	EN 292-1 EN 292-2 98/37/EU	S2 A1 E1 W1 1	K, W, O, S	<p>Im Bereich des Halbschalensofens ist eine Schutzabdeckung installiert, um Berührungen des heißen Ofens zu vermeiden. Bei Anheben der Schutzabdeckung wird der Ofen durch geeignete Schutzeinrichtungen sofort ausgeschaltet.</p> <p>Beim Verschieben des Halbschalensofens zum Wechseln des Probekörpers, Schutzausrüstung tragen und berühren des Ofens vermeiden.</p> <p>Die Probekörper nur mit geeignetem Werkzeug (Zange) aus dem Verschleißprüfstand herausnehmen.</p> <p>Bei Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten am Halbschalensofen nur mit Schutzausrüstung (Handschuhe) hantieren.</p> <p>Bei Ausfall der Kühlung wird durch Einbau eines Durchflussmessers der Verschleißprüfstand sofort ausgeschaltet.</p> <p>Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Instandsetzung sind zu erstellen sowie einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.</p> <p>Werden bei Instandsetzungsarbeiten Teile ausgetauscht, müssen wieder gleichwertige, ausreichend dimensionierte und/oder geprüfte Teile eingesetzt werden.</p>	Keine
----	-------------	-----	--	---	----------------------------------	-------------------------------	---------------	--	-------

		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 8
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

14	II, III, IV, V	3.2	Thermische Strahlung	Gefährdung der Steuerung und Sensorin	EN 60204-1 EN 954-1	S2 A1 E2 W1 2	K	Die Steuerung und Antrieb des Abriebarms sind außerhalb des Halbschalenofens montiert und werden damit von der Hitzestrahlung abgeschirmt.	Keine
15 A	II, III, IV, V, VI	2.5	Äußere Wirkung auf elektrische Einrichtungen	Es besteht auch die Gefahr, dass elektrische Einrichtungen durch mechanische Einwirkungen beschädigt werden.	EN 954-1 EN 60204-1	S1 E2 W2 0	K	Die Elektrokabel sind in einer eingezogenen Ebene zum Schutz vor thermischer Strahlung verlegt.	Keine
15 B		2.5	Äußere Wirkung auf elektrische Einrichtungen	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine

		Gefahrenanalyse	Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 9
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422	Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr. Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

		3	Thermische Gefährdung						
16	II, III, IV, V	3.1	Verbrennen und Verbrühen	In den links aufgeführten Lebensphasen des Verschleißprüfstands besteht grundsätzlich Verbrennungsgefahr durch Berührung von heißen Oberflächen.	EN 292-1 EN 292-2 EN 294 EN 349 EN 563 EN 842 PrEN 953 EN 61310-2	S1 E2 W2 0	K, W, O, S	<p>Im Bereich des Halbschalenofens ist eine Schutzabdeckung installiert, um Berührungen des heißen Ofens zu vermeiden. Bei Anheben der Schutzabdeckung wird der Ofen durch geeignete Schutzeinrichtungen sofort ausgeschaltet.</p> <p>Beim Verschieben des Halbschalenofens zum Wechseln des Probekörpers, Schutzausrüstung tragen und berühren des Ofens vermeiden.</p> <p>Die Probekörper nur mit geeignetem Werkzeug (Zange) aus dem Verschleißprüfstand herausnehmen.</p> <p>Bei Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten am Halbschalenofen nur mit Schutzausrüstung (Handschuhe) hantieren.</p> <p>Bei Ausfall der Kühlung wird durch Einbau eines Durchflussmessers der Verschleißprüfstand sofort ausgeschaltet.</p> <p>Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Instandsetzung sind zu erstellen sowie einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.</p> <p>Werden bei Instandsetzungsarbeiten Teile ausgetauscht, müssen wieder gleichwertige, ausreichend dimensionierte und/oder geprüfte Teile eingesetzt werden.</p>	Keine
17		3.2	Gesundheits-Schädigung durch warme oder heiße Arbeitsumgebung	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine

		Gefahrenanalyse	Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 10
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422	Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr. Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

18	II, III, IV, V	3.3	Feuer und Explosion	Herausspritzen heißer Flüssigkeiten aus dem Verschleißprüfstand. Ausfall von Steuerungen und / oder der Anlage, die zu Brand führen. Ausfall Kühlung	94/9/EG EN 418 EN746-2 EN 1127-1 prEN 953	S2 A1 E1 W1 1	K,O	Der Ausfall der Kühlung wird durch eine Durchflussmesser erfasst. Fällt die Kühlung aus, wird der Verschleißprüfstand sofort heruntergefahren. Der Betreiber des Verschleißprüfstands ist verantwortlich für Brandschutzvorkehrungen, wie z.B. Bereitstellung von Feuerlöschern.	Keine
----	----------------	-----	---------------------	--	---	-------------------------------	-----	---	-------

		4	Gefährdung durch Lärm mit d. Folge von:						
19		4.1	Gehörschädigung o. physiologische Beeinträchtigung	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine
20		4.2	Beeinträchtigung durch Lärm	Kommunikationsstörungen	EN 11690-2 EN 457 EN 842 EN 981 VBG 121 EN 61310-1	S1 E1 W1 0	K	Lärm des Verschleißprüfstands kleiner 70 dB.	Keine

		5	Vibration						
21		5	Vibration	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine

		Gefahrenanalyse	Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 11
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422	Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr. Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

		6	Gefährdung durch Strahlung					
22		6.1 bis 6.4	Lichtbögen Laser Mikrowellen Radioaktive	Nicht vorhanden			Entfallen	Keine
23		6.5	Infrarotes, sichtbares und ultra- violett Licht	Nicht vorhanden			Entfallen	Keine
24		6.6	Elektromagne- tische Felder	Nicht vorhanden			Entfallen	Keine

		7	Gefährdung durch Werkstoffe sowie andere Stoffe, die von Maschinen verarbeitet, verwendet o. herausgeschleudert werden.					
25		7.1	Kontakt oder Einatmen	Nicht vorhanden			Entfallen	Keine
26	II, III, IV, V	7.2	Überhitzungs- Feuer-, Explosionsge- fährdung	Gefährdung durch brennbare Medien	EN 746-2	S2 A1 E2 W1 1	O Der Betreiber des Verschleißprüfstands ist verantwortlich für Brandschutzvorkehrungen, wie z.B. Bereitstellung von Feuerlöschern. Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Instandsetzung sind zu erstellen sowie einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.	Keine
27		7.3	Biologische oder mikro- biologische Gefährdung	Nicht vorhanden			Entfallen	Keine

		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 12
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

		8	Gefährdung durch Vernachlässigung ergonomischer Prinzipien bei der Maschinen-gestaltung:						
28		8.1	Ungesunde Haltung o. übermäßige Körperanstrengung	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine
29		8.2	Un- genügende Berücksichtigung menschlicher Anatomie hinsichtlich Hand, Arm, Fuß und Bein.	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine
30	II, III, IV, V, VII	8.3	Nachlässiger Gebrauch der persönlichen Schutzausrüstung	Es besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch das Nicht-Benutzen der persönlichen Schutzausrüstung	EN 292-1 EN 292-2 EN 614-1	S1 E2 W2 1	O	Die Betriebsanleitung liegt dem Betreiber vor. Dort wird in dem Kapitel „Sicherheitshinweise“ darauf hingewiesen, dass der Betrieb des Verschleißprüfstands nur gestattet ist, wenn das Bedienungspersonal die vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung benutzt. „Das Tragen der persönlichen Schutzausrüstung (z.B. Schutzhandschuhe) ist beim Hantieren am Verschleißprüfstand vorgeschrieben. Die betrieblichen Vorgesetzten sind angewiesen, auf das Tragen der persönlichen Schutzausrüstungen bei ihren Mitarbeitern zu achten.“	Keine

		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 13
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

31	II, III, IV, V, VII;	8.4	Un-angepasste örtliche Beleuchtung	Es besteht grundsätzlich Unfallgefahr, wenn Arbeiten bei schlechten Lichtverhältnissen ausgeführt werden.	EN 292-1 EN 292-2 EN 614-1	S1 E2 W2 1	O	Die Beleuchtung liegt im Verantwortungsbereich des Betreibers und sollte 500 Lux betragen. Es wird davon ausgegangen, dass die Beleuchtung vorschriftsmäßig ausgeführt ist und dem Stand der Technik und den Unfallverhütungsvorschriften für Beleuchtungseinrichtungen entspricht.	Keine
32	III	8.5	Geistige Über- oder Unterbeanspruchung, Stress usw.	Wenn die geistige Beanspruchung nicht dem Leistungsvermögen der Bedienperson entspricht, kann es zu Ermüdungserscheinungen kommen und daraus resultierend zu Unfallgefahren.	EN 292-1 EN 292-2 EN 614-1	S1 E2 W1 0	O	In der Betriebsanleitung wird darauf hingewiesen, dass bei der Personalauswahl darauf zu achten ist, dass das Bedienpersonal für den Verschleißprüfstand weder über- noch unterqualifiziert ist. Die Betriebsanweisung ist leicht verständlich geschrieben.	Keine
33	II, III, IV, V, VII;	8.6	Menschliches Fehlverhalten	Beim Arbeiten an bzw. mit Maschinen ist menschliches Fehlverhalten nicht gänzlich auszuschließen.	EN 292-1 EN 292-2 EN 614-1	S2 A1 E2 W1 2	O	In der Betriebsanleitung wird ausführlich auf die verbleibenden Restgefahren hingewiesen und eine bestimmte Mindestqualifikation für das Bedienpersonal vorgeschrieben. Das den Verschleißprüfstand zugeordnete Personal wird unterwiesen auf die besonderen Gefährdungen beim Arbeiten mit diesen Einrichtungen. Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Instandsetzung sind zu erstellen sowie einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.	Keine

		Gefahrenanalyse	Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 14
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422	Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ₂₎ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
	Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

		9	Kombination von Gefährdungen					
--	--	----------	-------------------------------------	--	--	--	--	--

		10	Gefährdung durch Störung und Fehlfunktionen						
34	II, III, IV, V,	10.1	Störung in der Energieversorgung	Es besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch plötzliche Unterbrechung der Energiezufuhr an den Anlagenteilen. Insbesondere besteht die Gefahr des Wideranlaufens der Maschinen nach einem Netzausfall.	EN 292-1 EN 292-2 EN 747-1	S1 E2 W1 0	K	Ein Netzausfall oder das Abschalten der Steuerspannung (z.B. NOT-AUS) führt zu keiner gefährlichen Situation, da alle Bewegungen stoppen und damit ein sicherer Zustand hergestellt wird. Es wurden alle Vorkehrungen getroffen, dass keine gefährliche Situation eintritt.	Keine
35	II, III, IV, V	10.2	Unvorhergesehenes Herausschleudern von Teilen	Siehe lfd. Nr. 7	Siehe lfd. Nr. 7			Siehe lfd. Nr. 7	Keine
36	II, III, IV, V, VI	10.3	Äußere Wirkung auf elektrische Einrichtungen	Siehe lfd. Nr. 15A	Siehe lfd. Nr. 15A		K	Siehe lfd. Nr. 15A	Keine
37	II, III, IV, V	10.4	Störungen, Fehlfunktionen des Steuersystems.	Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass es zu Gefährdungen durch Bauteilausfälle kommt.	EN 954-1 EN 60204-1	S1 E1 W1 0	K	Im sicherheitsrelevanten Bereich der elektrischen Steuer- und Schaltanlage wurden nur VDE-geprüfte Bauteile verarbeitet. Diese Arbeiten wurden von Fachpersonal ausgeführt. Die Schaltung der elektrischen Anlage ist so aufgebaut, dass es beim Ausfall einzelner Bauteile nicht zu gefährlichen Situationen kommt.	Keine

		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 15
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S.A.E.W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

38	II, III, IV, V	10.5	Störungen durch Fehler bei Montage	Es besteht grundsätzlich Gefahr durch Fehler bei der Montage	EN 747-1	S2 A1 E1 W1 1	K	Die Konstruktion ist so ausgeführt, das Montagefehler vermieden werden. Der Aufbau des Verschleißprüfstands erfolgt durch geschultes Personal.	Keine
39	II, III, IV, V	10.6	Störungen Fehlfunktionen des Steuersystems durch unerwarteten Betriebszustand	Gefahr, dass die Endlagen der verschiedenen Baugruppen falsch an die Maschinensteuerung gemeldet werden. Gefahr, dass elektronische Bauteile versagen (z.B. bei Temperatur- oder Feuchtigkeitseinwirkung).	EN 954-1 EN 60204-1	S2 A1 E1 W1 1	K	Alle Gefahrenstellen sind mit Schutzeinrichtungen versehen.	Keine
40	II, III, IV, V	10.7	Bedienungsfehler	Gefährdung durch unzureichende Anweisungen an das Bedienpersonal.	EN 292-1 EN 292-2 EN 614-1	S2 A1 E2 W1 2	O	Siehe lfd. Nr. 33	Keine
41	II, III, IV, V	10.8	Softwarefehler	Gefährdung durch falsche Steuerbefehle der Software	EN 954-1 EN 60204-1	S2 A1 E2 W1 1	O	Die Software wurde während der Inbetriebnahme getestet.	Keine
42	II, III, IV, V	10.9	Unkontrollierte Bewegungsabläufe	Es besteht grundsätzlich Gefahr durch unkontrollierte Bewegungsabläufe	EN 954-1 EN 60204-1	S1 E2 W1 0	K	Der Verschleißprüfstand ist ein in sich geschlossenes System, sollte es zu unkontrollierten Bewegungsabläufen kommen sind diese durch die Abdeckung geschützt.	Keine
43		10.10	Unkontrollierte Ladungsbewegungen Falsche Beladung	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine

		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 16
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

44	II, III, IV, V	10.1 1	Mangel an Melde- und Warn-einrichtungen	Fehlen einer Reaktion in einer Situation, die Abhilfe-maßnahmen erfordert (selbsttätig oder manuell) z.B. hohe Temperatur usw. Überforderung von Vorrichtungen und dadurch Verlust der Wirksamkeit.	EN 292-1 EN 292-2 EN 457 EN 842 EN 981 EN 60204-1 EN 61310-1 EN 61310-2	S1 E2 W1 0	W,O	Eine CE -konforme Technische Dokumentation liegt vor. Der Verschleißprüfstand ist mit einem dauerhaften Typenschild entsprechend Masch.- RiLi.(98/37/EU) Anhang I, Nr. 1.7.3 versehen, das die erforderlichen Angaben entspr. EN 292-2 enthält und das CE -Zeichen trägt. Alle Anzeigen und Warnhinweis sind regelmäßig auf ihren ordnungsgemäßen Zustand durch den Betreiber zu prüfen.	Keine
45	II, III, IV, V	10.1 2	Warnzeichen	Fehlende Warnung bei besonderen Gefahren (zusätzlich zur Vorrichtung)	EN 292-1 EN 292-2 EN 457 EN 842 EN 981 EN 60204-1 EN 61310-1 EN 61310-2	S1 E2 W1 0	W	Die Warnzeichen entsprechen der EN 61310-1, richtig angeordnet.	Keine

		Gefahrenanalyse	Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 17
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422	Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
	Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

		11	Ausfallen und/oder falsche Anordnung von Schutzmaßnahmen/ Schutzmitteln wie zum Beispiel:						
46	II, III, IV, V	11.1	Aller Arten von trennenden Schutzeinrichtungen	Es besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch defekte bzw. außer kraft gesetzte trennende Schutzeinrichtungen.	EN 292-1 EN 292-2 EN 294 EN 349 EN 547-1 EN 547-2 EN 811 EN 842 prEN 953 EN 1088 EN 61310-2	S1 E1 W1 0	O	Es muss eine Funktionsprüfung und regelmäßige Kontrolle der Sicherheitseinrichtungen und aller Sicherheitsrelevanter Teile durchgeführt werden. Die Zeitabstände für die Kontrollen müssen durch den Betreiber festgelegt werden.	Keine
47	II, III, IV, V	11.2	Aller Arten von nicht trennenden Sicherheits-(Schutz-)einrichtungen.	Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass bewegliche Teile in Gang gesetzt werden können, während sie vom Bedienpersonal zu erreichen sind. Es besteht auch die Gefahr, dass NOT-AUS-Taster zu weit vom Bedienpersonal entfernt sind oder nicht gefunden werden.	EN 292-1 EN 292-2 EN 294 EN 349 EN 418 EN 547-1 EN 547-2 EN 811 EN 842 EN 954-1 prEN 953 prEN 981 EN 1088 EN 60204-1 EN 61310-2	S1 E2 W1 0	K,O	Die Verschleißprüfstand mit den zugeordneten Bauteilen wird komplett vom Hersteller aufgebaut und in Betrieb genommen. Angetriebene Komponenten sind durch Abdeckungen besonders abgesichert. Geprüfte NOT-AUS-Taster sind gut zugänglich angebracht. Der NOT-AUS-Taster befinden sich damit in unmittelbarer Reichweite der Bedienpersonen.	Keine
48	III	11.3	Aller Arten von trennenden und nicht trennenden Sicherheitseinrichtungen	Während des Betriebs ohne Sicherheitseinrichtungen besteht eine sehr hohe Unfallgefahr.		S3 A1 E2 W3 8	K,O	Diese Betriebsart ist vom Hersteller nicht zugelassen. Ein Automatikbetrieb ohne Sicherheitseinrichtungen und Schutzabdeckungen ist nicht zulässig! Das Verhalten der bei dieser Betriebsart anwesenden Personen kann der Hersteller nicht beeinflussen. Die Betriebsart „Betrieb ohne Sicherheitseinrichtung“ liegt daher außerhalb der Verantwortung vom Hersteller.	Keine

		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 18
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

49	II, III, IV, V	11.4	Aller Arten von Start- und Bremsrichtungen	Es besteht grundsätzlich die Gefahr das Start und Bremsrichtungen ausfallen.	EN 292-1 EN 292-2 prEN 1037 98/37/EU	S1 E2 W2 1	O	Alle Start und Bremsrichtungen sind entsprechend der gültigen Regeln und Normen ausgeführt. Regelmäßige Kontrolle der Einrichtungen entsprechend der Betriebsanleitungen und der Herstellerangabe zu Antrieb, etc.. sind durch den Betreiber durchzuführen.	Keine
50	II, III, IV, V	11.5	Alle Arten von Sicherheits-Symbole oder Signale.	Es besteht grundsätzlich die Gefahr von Fehlbedienungen durch missverständliche Symbole.	EN 292-1 EN 292-2 EN 457 EN 842 EN 981 EN 60204-1 EN 61310-1 EN 61310-2	S1 E2 W1 0	W	Die Warnzeichen entsprechen der EN 61310-1, sind richtig angeordnet.	Keine
51	II, III, IV, V	11.6	Aller Arten von Informations- und Warneinrichtungen	Es besteht eine grundsätzliche Gefährdung, wenn Informations- und Warnrichtungen falsch angeordnet sind oder ausfallen.	EN 292-1 EN 292-2 EN 457 EN 842 EN 981 EN 60204-1 EN 61310-1 EN 61310-2	S1 E2 W1 0	W, O	Eine CE-konforme Technische Dokumentation liegt vor. Der Verschleißprüfstand ist mit einem dauerhaften Typenschild entsprechend Masch.- RiLi.(98/37/EU) Anhang I, Nr. 1.7.3 versehen, das die erforderlichen Angaben entspr. EN 292-2 enthält und das CE-Zeichen trägt. Alle Anzeigen und Warnhinweis sind regelmäßig auf ihren ordnungsgemäßen Zustand durch den Betreiber zu prüfen.	Keine

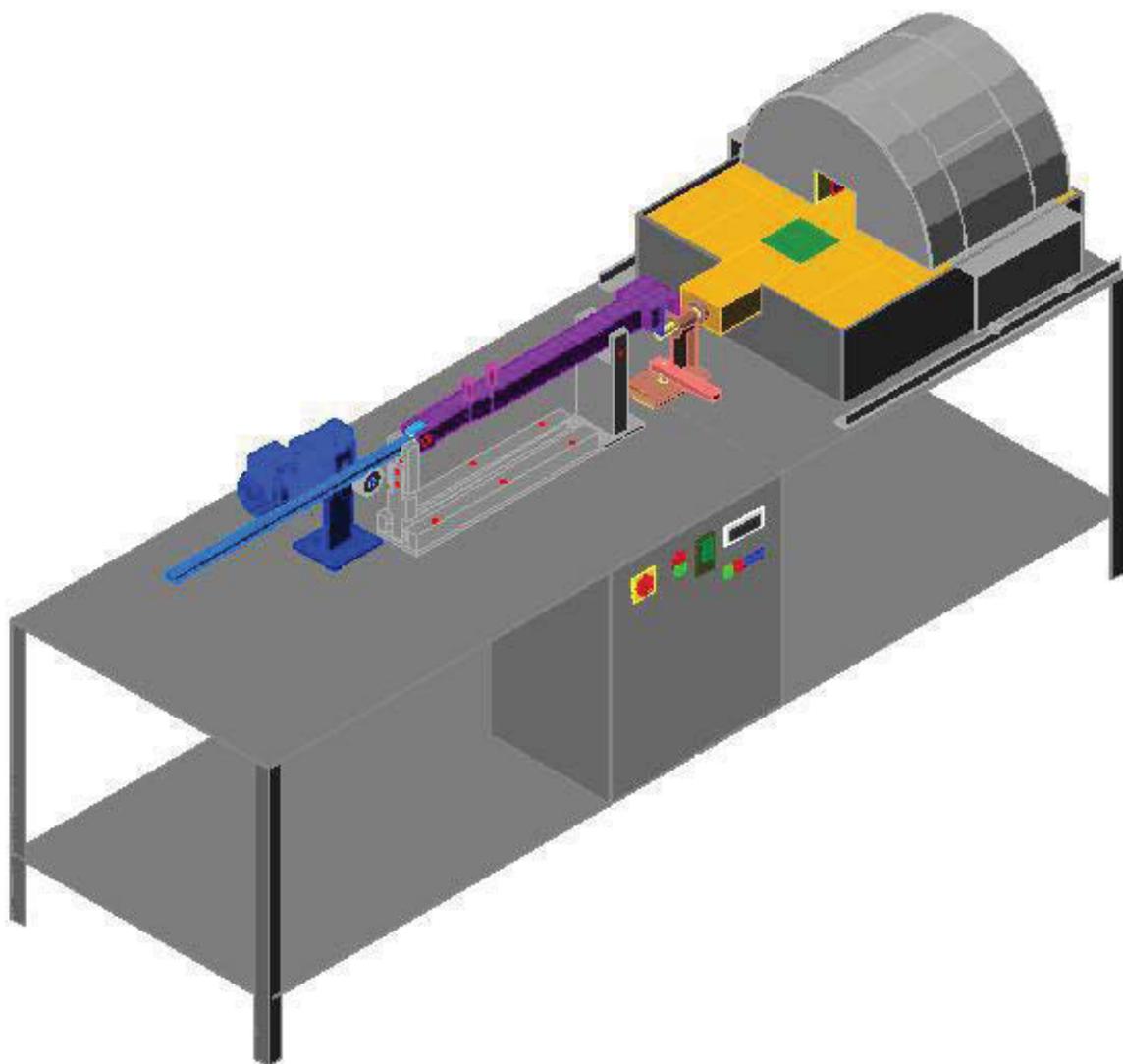
		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH				Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 19
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

52	II, III, IV, V	11.7	Abschalt-einrichtung der Energie-versorgung.	Bei Maschinen mit elektrischen Anschlüssen besteht grundsätzlich die Gefahr, dass Arbeiten an spannungsführenden Teilen vorgenommen werden, oder elektrische Antriebe ungewollte Bewegungen ausführen.	EN 292-1 EN 292-2 prEN 1037 98/37/EU	S2 A1 E1 W1 1	K, O	Da die Abschalt-einrichtungen für die verschiedenen Energiearten geprüft sind und von geschultem Personal eingebaut wurden, ist die Gefahr, dass diese Einrichtungen ausfallen, oder falsch angeordnet sind, sehr gering. Eine zusätzliche Sicherheit ergibt sich durch die schriftlichen und mündlichen Unterweisung des Bedienpersonals. Der Verschleißprüfstand verfügt über einen Hauptschalter, entsprechend den Anforderungen 5.3.3 aus DIN EN 60204-1. Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Instandsetzung sind zu erstellen sowie einzuhalten und liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG. Nach dem Abschalten der Maschine sollte möglichst nirgendwo mehr gespeicherte Energie vorhanden sein außer die Wärmeenergie des Halbschalenofens und der Steinwanne	Keine
53	II, III, IV, V	11.8	Notfallmaßnahmen (Not-Aus)	Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass die Ofenanlage in einer Not-Situation nicht abgeschaltet werden kann.	EN 418	S1 E2 W1 0	K	Da ein geprüfter NOT-AUS-Taster angebracht ist, sind die Wege zu diesen Sicherheitseinrichtungen nur kurz. Die NOT-AUS-Taster sind eindeutig gekennzeichnet.	Keine
54		11.9	Vorschub/ Abräumen von Werkstücken.	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine

		Gefahrenanalyse		Kunde: AMAG rolling GmbH			Datum: 20.01.2007 erstellt: Wagner	Seite: 20	
Lfd. Nr.	Lebensphasen	Gefährdung nach EN 414, EN 1050, EN 746-1, VA 0422		Arbeitssituation	Anzuwendende	Risiko-Gruppe ²⁾ S,A,E,W	Lösungs-Prinzip ³⁾	Getroffene Vorkehrungen zur Unfallverhütung	Bemerkungen
		Nr.	Kurztext	Grundsätzliche Gefährdungen	Norm	(0-10)			

55	II, III, IV, V	11.10	Notwendige Ausrüstung und Zubehör zur sicheren Einstellung und/oder Instandhaltung	Es besteht eine grundsätzliche Gefährdung bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten. Weitere Gefahren ergeben sich durch mangelhaftes bzw. nicht vorhandenes, notwendiges Zubehör. Gefährdungen ergeben sich auch beim Einrichtbetrieb, wenn die Benutzerinformation nicht vollständig ist und/oder hohe Schwierigkeitsgrade gegeben sind.	VDI 4500 EN 292-1 EN 292-2 98/37/EU Masch.RL.	S1 E1 W2 0	O	Es ist eine vollständige Technische Dokumentation einschließlich Betriebsanleitung vorhanden.	Keine
56		11.11	Ausrüstung zur Ableitung von Gasen usw.	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine
57			diverses	Nicht vorhanden				Entfallen	Keine

Betriebsanleitung Verschleißprüfstand



BETRIEBSANLEITUNG

Verschleißprüfstand

Für künftige Verwendung aufbewahren

Identifikationsdaten:

Maschinentyp: Versuchsanlage

Modellbezeichnung: Verschleißprüfstand

Serien-Nummer: 01

Baujahr: 2007

Kundeneintragungen:

Inventar-Nr.:

Standort:

Herstelleranschrift:

Name: Montanuniversität
Leoben/Nichteisenmetallurgie

Straße: Franz Josef Str. 18

Ort: A – 8700 Leoben

Telefon: ++43 3842 402 5201

Fax: ++43 3842 402 5202

Dokumentendaten:

Dokumentennummer der BA:

Version:

01

Erstelldatum:

20.02.2007

Letzte Änderung:

Die hier vorliegende Betriebsanleitung macht den Betreiber des Verschleißprüfstandes mit

- der Arbeitsweise,
- der Bedienung,
- den Sicherheitshinweisen
- und der Wartung

vertraut.

Der Verschleißprüfstand darf ausschließlich durch vom Hersteller, unterwiesenes Personal bedient werden.

Zusätzliche Anforderungen, Qualifikationen und Kompetenzen sind in jedem Kapitel aufgeführt.

**Bewahren Sie die Betriebsanleitung immer
an der Maschine auf!
Die Anleitung muss stets griffbereit sein!**



Warnung

Inhaltsverzeichnis

1.	GRUNDLEGENDE SICHERHEITSHINWEISE	XLIV
1.1.	Verpflichtungen und Haftung.....	XLIV
1.2.	Sicherheitssymbole	XLV
1.3.	Bestimmungsgemäße Verwendung	XLVI
1.4.	Sachwidrige Verwendung	XLVI
1.5.	Organisatorische Maßnahmen.....	XLVI
1.6.	Schutzeinrichtungen.....	XLVI
1.7.	Informelle Sicherheitsmaßnahmen.....	XLVII
1.8.	Ausbildung des Personals.....	XLVII
1.9.	Sicherheitsmaßnahmen im Normalbetrieb	XLVIII
1.10.	Gefahren durch elektrische Energie.....	XLVIII
1.11.	Gefahren durch Restenergie	XLVIII
1.12.	Besondere Gefahrenstellen	XLVIII
1.13.	Wartung und Instandhaltung, Störungsbeseitigung	XLVIII
1.14.	Bauliche Veränderungen an der Maschine	XLIX
1.15.	Reinigen der Maschine und Entsorgung	XLIX
2.	TRANSPORT	XLIX
2.1.	Anforderungen an das ausführende Personal.....	XLIX
2.2.	Transport.....	XLIX
3.	PRODUKTBESCHREIBUNG.....	L
3.1.	Gesamtansicht	L
3.2.	CE-Konformitätserklärung	LI
3.3.	Kennzeichnung des Verschleißprüfstandes	LII
3.4.	Technische Daten	LII
4.	AUFBAU UND FUNKTION	LIII
4.1.	Aufbau.....	LIII

4.1.1.	Mechanischer Aufbau	LIII
4.1.2.	Elektrische/elektronische Komponenten	LIII
4.1.3.	Baugruppenbeschreibung	LIII
4.2.	Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen.....	LIV
4.3.	Beschreibung der Vorgänge	LIV
5.	BEDIENUNGS- UND ANZEIGENELEMENTE, EINRICHTUNGEN	LIV
6.	INBETRIEBNAHME	LV
6.1.	Sicherheitsvorschriften	LV
6.2.	Anforderungen an das ausführende Personal.....	LVI
6.3.	Aufstellung	LVII
6.3.1.	Voraussetzungen	LVII
6.4.	Montage	LVII
6.5.	Erstinbetriebnahme	LVII
7.	BETRIEB	LVIII
7.1.	Sicherheitsvorschriften (speziell beim Betrieb)	LVIII
7.2.	Anforderungen an das ausführende Personal.....	LX
7.3.	Programmierung, Dateneingabe	LX
7.4.	Betrieb des Verschleißprüfstands	LX
8.	STÖRUNGSSUCHE UND STÖRUNGSBESEITIGUNG.....	LXIII
8.1.	Sicherheitsvorschriften	LXIII
8.2.	Anforderungen an das ausführende Personal.....	LXV
8.3.	Mechanische Störungen	LXV
8.4.	Elektrische und elektronische Störungen.....	LXV
9.	WARTUNG	LXVI
9.1.	Sicherheitsvorschriften	LXVI
9.2.	Anforderungen an das ausführende Personal.....	LXVIII
9.3.	Wartungsplan	LXVIII
9.4.	Wartungsarbeiten	LXIX
10.	INSTANDSETZUNG	LXXI

10.1.	Sicherheitsvorschriften	LXXI
10.2.	Anforderungen an das ausführende Personal.....	LXXIII
10.3.	Störungssuche und Störungsbeseitigung.....	LXXIII
11.	AUßERBETRIEBSETZUNG, LAGERUNG.....	LXXIII
11.1.	Sicherheitsvorschriften	LXXIII
11.2.	Ausführendes Personal.....	LXXIII
11.3.	Lagerbedingungen	LXXIV
11.4.	Außerbetriebsetzung.....	LXXIV
12.	ENTSORGUNG.....	LXXIV
12.1.	Sicherheitsvorschriften	LXXIV
12.2.	Anforderungen an das ausführende Personal.....	LXXIV
12.3.	Entsorgungskonforme Baugruppen	LXXIV

1 Grundlegende Sicherheitshinweise

Diese Betriebsanleitung enthält die wichtigsten Hinweise, um die Maschine sicherheitsgerecht zu betreiben.

1.1 Verpflichtungen und Haftung

- Grundvoraussetzung für den sicherheitsgerechten Umgang und den störungsfreien Betrieb dieser Maschine ist die Kenntnis der grundlegenden Sicherheitshinweise und der Sicherheitsvorschriften.
- Diese Betriebsanleitung, insbesondere die Sicherheitshinweise, sind von allen Personen zu beachten, die an der Maschine arbeiten.
- Darüber hinaus sind die für den Einsatzort geltenden Regeln und Vorschriften zur Unfallverhütung zu beachten.

Der Verschleißprüfstand ist nach dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut. Dennoch können bei ihrer Verwendung Gefahren für Leib und Leben des Benutzers oder Dritter bzw. Beeinträchtigungen an der Maschine oder an anderen Sachwerten entstehen. Die Maschine ist nur zu benutzen für die bestimmungsgemäße Verwendung, und in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand.

Störungen, die die Sicherheit beeinträchtigen können, sind umgehend zu beseitigen.

Gewährleistungs- und Haftungsansprüche bei Personen- und Sachschäden sind ausgeschlossen, wenn sie auf eine oder mehrere der folgenden Ursachen zurückzuführen sind:

- Nicht bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine;
- Unsachgemäßes Montieren, Inbetriebnehmen, Bedienen und Warten der Maschine;
- Betreiben der Maschine bei defekten Sicherheitseinrichtungen oder nicht ordnungsgemäß angebrachten oder nicht funktionsfähigen Sicherheits- und Schutzvorrichtungen;
- Nichtbeachten der Hinweise in der Betriebsanleitung bezüglich Transport, Lagerung, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung der Maschine;
- Eigenmächtige bauliche Veränderungen an der Maschine;
- Eigenmächtiges Verändern des Verschleißprüfstandes;
- Mangelhafte Überwachung von Maschinenteilen, die einem Verschleiß unterliegen;

- Unsachgemäß durchgeführte Reparaturen;
- Katastrophenfälle durch Fremdkörpereinwirkung und höhere Gewalt.

1.2 Sicherheitssymbole

In der Betriebsanleitung werden folgende Benennungen und Zeichen für Gefährdungen verwendet:



Gefahr

Dieses Symbol bedeutet eine unmittelbar drohende Gefahr für das Leben und die Gesundheit von Personen. Das Nichtbeachten dieser Hinweise hat schwere gesundheitsschädliche Auswirkungen zur Folge, bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen.



Warnung

Dieses Symbol bedeutet eine möglicherweise drohende Gefahr für das Leben und die Gesundheit von Personen.

Das Nichtbeachten dieser Hinweise kann schwere gesundheitsschädliche Auswirkungen zur Folge haben, bis hin zu lebensgefährlichen Verletzungen.



Vorsicht

Dieses Symbol bedeutet eine möglicherweise gefährliche Situation. Das Nichtbeachten dieser Hinweise kann leichte Verletzungen zur Folge haben oder zu Sach-Beschädigungen führen.



Wichtig

Dieses Symbol gibt wichtige Hinweise für den sachgerechten Umgang mit der Maschine.

Das Nichtbeachten dieser Hinweise kann zu Störungen an der Maschine oder in der Umgebung führen.



Hinweis

Unter diesem Symbol erhalten Sie Anwendungstips und besonders nützliche Informationen.

Diese helfen Ihnen, alle Funktionen an Ihrer Maschine optimal zu nutzen.

1.3 Bestimmungsgemäße Verwendung

Der Verschleißprüfstand darf nur zum Abriebtest von feuerfesten Materialien mit folgenden Abmessungen verwendet werden.

- Format 114 x 114 x 64 mm³ (L x B x H)

Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehört auch das Beachten aller Hinweise aus der Betriebsanleitung und die Einhaltung der Inspektions- und Wartungsarbeiten.

1.4 Sachwidrige Verwendung

Andere Verwendungen als oben aufgeführt sind verboten. Bei sachwidrigem Gebrauch können Gefahren auftreten.

1.5 Organisatorische Maßnahmen

Die erforderlichen persönlichen Schutzausrüstungen wie Schutzkleidung, Schutzhandschuhe, Schutzbrille, etc. sind vom Betreiber bereitzustellen. Der Betreiber ist ebenso verantwortlich für die Brandschutzvorkehrungen, wie z. B. Bereitstellung von Feuerlöschern etc..

Alle vorhandenen Sicherheits-Einrichtungen sind regelmäßig zu überprüfen.

Die Beleuchtung liegt im Verantwortungsbereich des Betreibers und die Beleuchtungsstärke sollte 500 Lux betragen.

Für verschiedene Arbeiten am Verschleißprüfstand sind Arbeitsanweisungen und Betriebsanweisungen zu Wartung und Instandsetzung zu erstellen und einzuhalten. Die Erstellung von Arbeits- und Betriebsanweisungen liegt im Verantwortungsbereich der Fa. AMAG.

1.6 Schutzeinrichtungen

Vor jedem Ingangsetzen der Maschine müssen alle Schutzeinrichtungen sachgerecht angebracht und funktionsfähig sein. Es muss eine regelmäßige Funktionsprüfung und Kontrolle der Schutz- und Sicherheitseinrichtungen aller sicherheitsrelevanten Teile erfolgen. Die Zeitabstände sind durch den Betreiber festzulegen.

Schutzvorrichtungen dürfen nur entfernt werden

- nach Stillstand und
- Absicherung gegen Wiedereingansetzen der Maschine

1.7 Informelle Sicherheitsmaßnahmen

Die Betriebsanleitung ist ständig an der Maschine aufzubewahren.

Ergänzend zur Betriebsanleitung sind die allgemeingültigen sowie die örtlichen Regelungen zur Unfallverhütung und zum Umweltschutz bereitzustellen und zu beachten.

Alle Sicherheits- und Gefahrenhinweise an der Maschine sind in lesbarem Zustand zu halten und gegebenenfalls zu erneuern.

1.8 Ausbildung des Personals

Nur geschultes und eingewiesenes Personal darf an der Maschine arbeiten.

Die Zuständigkeiten des Personals sind klar festzulegen für das Bedienen, Umrüsten und Warten. Anzulernendes Personal darf nur unter Aufsicht einer erfahrenen Person an der Maschine arbeiten.

Tätigkeit	Personen unterwiesene Personen	Personen mit techn- ischer Ausbildung	Elektrofachkraft	Vorgesetzter mit ent- sprechender Kompetenz
Transport	X			
Inbetriebnahme		X	X	
Betrieb	X			
Störungssuche		X		
Elektroarbeiten			X	
Störungsbeseitigung mechanisch		X		
Störungsbeseitigung elektrisch			X	
Einrichten, Rüsten	X			
Wartung		X		
Instandsetzung		X		
Außerbetrieb- setzung, Lagerung. Entsorgung	X		X	

- Nur eingewiesenem Personal ist es erlaubt, die Steuerung zu betätigen.

1.9 Sicherheitsmaßnahmen im Normalbetrieb

Maschine nur betreiben, wenn alle Schutzeinrichtungen voll funktionsfähig sind.

Vor Einschalten der Maschine sicherstellen, dass niemand durch die Maschine gefährdet werden kann. Der Betrieb des Verschleißprüfstandes ist nur gestattet, wenn das Bedienungspersonal die vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung (Schutzhandschuhe, Schutzkleidung, Sicherheitsschuhe, Schutzbrille) benützt. Die betrieblichen Vorgesetzten sind angewiesen, auf das Tragen der persönlichen Schutzausrüstung bei den Mitarbeitern zu achten.

1.10 Gefahren durch elektrische Energie

Arbeiten an der elektrischen Versorgung nur von einer Elektrofachkraft ausführen lassen.

Die elektrische Ausrüstung der Maschine regelmäßig überprüfen. Lose Verbindungen und angeschmorte Kabel sofort beseitigen.

1.11 Gefahren durch Restenergie

Beachten Sie das Auftreten mechanischer, hydraulischer und elektrischer/elektronischer Restenergien an der Maschine und treffen Sie hierfür entsprechende Maßnahmen bei der Einweisung des Bedienpersonals.

Nach dem Abschalten des Verschleißprüfstandes sollte möglichst nirgendwo mehr gespeicherte Energie vorhanden sein außer die Wärmeenergie des Halbschalenofens und der Steinwanne.

Detaillierte Hinweise werden nochmals in den jeweiligen Kapiteln dieser Anleitung gegeben.

1.12 Besondere Gefahrenstellen

- Abriebarm
- Halbschalenofen

1.13 Wartung und Instandhaltung, Störungsbeseitigung

- Vorgeschriebene Wartungsarbeiten fristgemäß durchführen.
- Angemessene Kleidung wie persönliche Schutzausrüstung, Schutzbrille, Schutzhandschuhe, Sicherheitsschuhwerk (Gießerschuhe) etc. sind zu tragen.

- Bei allen Wartungs- und Reparaturarbeiten der Maschine:
 - spannungsfrei schalten und Hauptschalter gegen unerwartetes Wiedereinschalten sichern
 - Hauptschalter abschließen
 - ein Warnschild gegen Wiedereinschalten anbringen
- Stets einwandfreie, geprüfte Elektrowerkzeuge einsetzen
- Gelöste Schraubverbindungen auf festen Sitz kontrollieren.
- Nach Beendigung der Wartungsarbeiten Sicherheitseinrichtungen auf Funktion überprüfen.

1.14 Bauliche Veränderungen an der Maschine

- Ohne Genehmigung des Herstellers keine Veränderungen, An- oder Umbauten der Maschine vornehmen.
- Maschinenteile in nicht einwandfreiem Zustand sofort austauschen!

1.15 Reinigen der Maschine und Entsorgung

Verwendete Stoffe und Materialien sachgerecht handhaben und entsorgen, insbesondere beim Reinigen des Verschleißprüfstandes.

2 Transport

2.1 Anforderungen an das ausführende Personal

Verweis auf Kapitel 1.8

2.2 Transport

Der Verschleißprüfstand ist mit Rollen ausgestattet, um den Transport zu erleichtern.

- Außenabmessungen:

Länge: ~ 2500 mm

Breite: ~ 750 mm

Höhe: ~ 1500 mm

3 Produktbeschreibung

3.1 Gesamtansicht

In der Gesamtansicht ist der Verschleißprüfstand mit seinen wichtigsten Bestandteilen dargestellt. Die Schutzabdeckung ist nicht abgebildet.

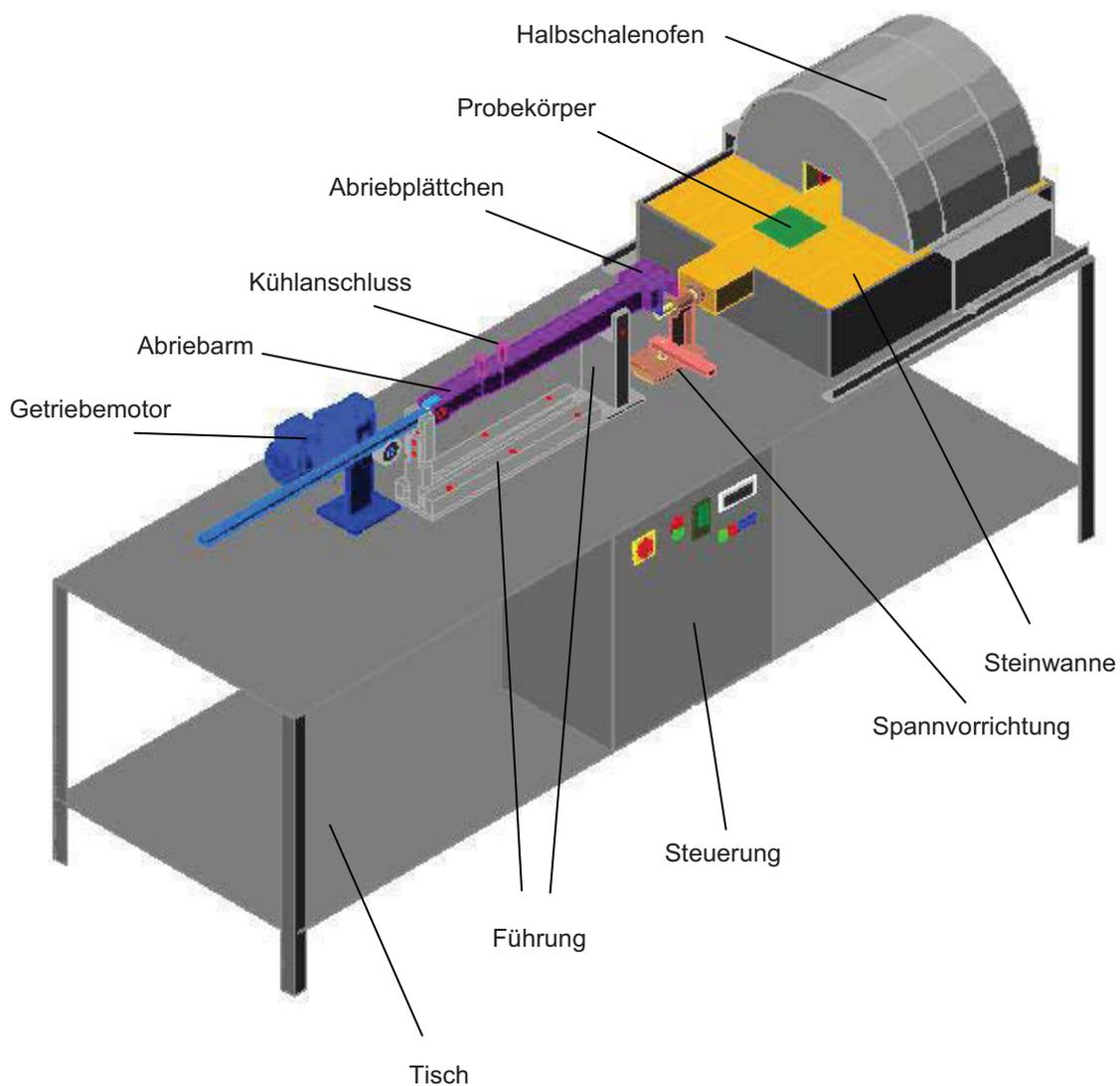


Abbildung 54: Verschleißprüfstand

3.2 CE-Konformitätserklärung

EG-Konformitätserklärung

im Sinne der EG-Richtlinie Maschinen 89/392/EWG bzw. laut MSV 1994
BGBL.Nr.306/1994

Die Bauart der Anlage

Maschinentyp: **Versuchsanlage**
Modellbezeichnung: **Verschleißprüfstand**
Seriennummer: **01**
Baujahr: **2007**

ist entwickelt, konstruiert und gefertigt in Übereinstimmung mit der EG-Richtlinie 89/392/EWG, in alleiniger Verantwortung von

Montanuniversität Leoben
Arbeitsbereich Nichteisenmetallurgie
Franz Josef Str. 18
8700 Leoben

Folgende harmonisierte und nationale Normen und Spezifikationen sind angewandt:

EN 292-1 Sicherheit von Maschinen – allgemeine Gestaltungsleitsätze Teil1
EN 292-2 Sicherheit von Maschinen – allgemeine Gestaltungsleitsätze Teil2
EN 294 Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrenstellen
EN 394 Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens
EN 60204-1 Elektrische Ausrüstung von Maschinen
EN 1050 Sicherheit von Maschinen - Leitsätze zur Risikobeurteilung

Eine Technische Dokumentation ist vollständig vorhanden.

Die zur Anlage gehörende Betriebsanleitung liegt vor.

Montanuniversität Leoben
Nichteisenmetallurgie

3.3 Kennzeichnung des Verschleißprüfstandes

Das Typenschild sowie die CE-Kennzeichnung sind am Tisch des Verschleißprüfstands befestigt.

Hersteller:	Montanuniversität Leoben Arbeitsbereich Nichteisenmetallurgie 8700 Leoben	
Maschinentyp:	Versuchsanlage	
Modellbezeichnung:	Verschleißprüfstand	
Serien-Nr.:	01	
Baujahr:	2007	

Abbildung 55: Typenschild Verschleißprüfstand

3.4 Technische Daten

Allgemeine Daten

Maschine L x B x H	2500 x 750 x 1500 mm ³
Raumbedarf L x B x H (nur Maschine)	3000 x 1000 x 2000 mm ³

Umgebungsbedingungen

Temperatur	5 – 50 °C	5 – 50 °C
Feuchtigkeit	In trockenen Räumen	In trockenen Räumen
Aufstellungsort	Keine Einschränkung	Keine Einschränkung
Aufstellhöhe	Keine Einschränkung	Keine Einschränkung
Beleuchtung	Keine	> 500 Lux
Umweltbelastung	Keine	Keine
Lärm	Keine	< 70 dB(A)

4 Aufbau und Funktion

4.1 Aufbau

Der Verschleißprüfstand besteht aus einzelnen Baugruppen die nachfolgend aufgelistet sind.

4.1.1 Mechanischer Aufbau

Der Verschleißprüfstand (Abbildung 54) besteht im wesentlichen aus den Bauteilen:

- Tisch
- Halbschalenofen
- Steinwanne samt Probekörper
- Spannvorrichtung
- Abriebplättchen
- Kühlanschluss
- Führung
- Abriebarm

4.1.2 Elektrische/elektronische Komponenten

Bei den elektrische Komponenten sind zu nennen der Getriebemotor, der Leistungssteller und Kaskadenregler zur Steuerung der Energiezufuhr des Halbschalenofens und die Steuerung des Getriebemotors , realisiert durch eine speicherprogrammierbare Steuerung. Ebenfalls Hauptschalter, NOT-AUS-Taster, FI-Schalter, Steuerkreissicherung, Heizkreissicherung, Endschalter, Trafo etc., die zum sicheren Betrieb des Verschleißprüfstandes dienen.

4.1.3 Baugruppenbeschreibung

Die einzelnen Baugruppen wie vorher erwähnt, und die Steuerung des Verschleißprüfstands sind im experimentellen Teil der Diplomarbeit „Aufbau und Inbetriebnahme eines Versuchsstandes für feuerfeste Werkstoffe in der Aluminiumindustrie“ näher beschrieben.

4.2 Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen

Einrichtung
NOT-AUS-TASTER
Hauptschalter
Taster EIN-AUS
Endschalter-Abriebarm
Taster START
Taster STOP
Taster Werkzeugwechsel
Taster Zähler-Reset
Endschalter-Schutzhaube
Schutzschalter-Ofen
Magnetventil-Durchflussmesser

4.3 Beschreibung der Vorgänge

Im Verschleißprüfstand werden feuerfeste Probekörper (siehe bestimmungsgemäße Verwendung) einer mechanischen Belastung, dem Abrieb unterzogen. Die Probekörper werden in die Steinwanne mittels Spannvorrichtung eingespannt und dann mit Hilfe des Halbschalenofens auf eine gewünschte Temperatur gebracht. Danach wird durch den Bewegungsvorgang des Abriebarms eine Links – Rechts – Bewegung durchgeführt, die den Abrieb simulieren soll. Nach Durchführung der gewünschten Anzahl an Abriebbewegungen, die eingestellt werden kann, wird der Probekörper nach zurückschieben des Halbschalenofens mittels einer Zange entnommen und es kann nach Abkühlen des Probekörpers die Auswertung der Ergebnisse beginnen.

5 Bedienungs- und Anzeigenelemente, Einrichtungen

Bedienelement, Einrichtung	mögliche Aktionen
NOT-AUS-Taster	Sofortiges Abschalten
Hauptschalter	Ein- bzw. Abschalten der elektrischen Versorgung
Taster EIN-AUS	Ein- bzw. Abschalten des Verschleißprüfstandes
Endschalter-Abriebarm	Gibt die Links-Rechts-Bewegung des Abriebarms vor
Taster START	Einschalten des Abriebvorganges
Taster STOP	Ausschalten des Abriebvorganges
Taster Werkzeugwechsel	Abriebarm fährt in Ausgangsposition zurück um das Wechseln der Probekörper zu ermöglichen
Taster Zähler-Reset	Stellt den Zähler der Abriebbewegung auf Null
Endschalter-Schutzhaube	Ausschalten des Verschleißprüfstandes beim Öffnen der Schutzhaube

Schutzschalter-Ofen	Ausschalten des Halbschalenofens
Magnetventil-Durchflussmesser	Ausschalten des Verschleißprüfstandes bei Ausfall oder nicht einschalten der Kühlung

6 Inbetriebnahme

6.1 Sicherheitsvorschriften

Ein Betrieb ohne Sicherheitseinrichtungen und Schutzabdeckung ist vom Hersteller nicht zugelassen. Das Verhalten der bei dieser Betriebsart anwesenden Personen kann der Hersteller nicht beeinflussen. Die Betriebsart „Betrieb ohne Sicherheitseinrichtungen“ liegt daher außerhalb der Verantwortung des Herstellers.



Gefahr

Alle Arbeitsabläufe sind genau in der beschriebenen Reihenfolge einzuhalten!

Es dürfen darüber hinaus keine Manipulationen am Verschleißprüfstand durchgeführt werden!

Bei nicht beachten der Sicherheitsvorschriften ist der Hersteller für den Verschleißprüfstand nicht verantwortlich.



Gefahr

Beim Inbetriebnehmen des Verschleißprüfstands ist das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung bestehend aus Schutzbrille, Schutzkleidung, Hitzehandschuh, persönliche Schutzausrüstung für Heißarbeiten und Gießereischuhe vorgeschrieben.



Wichtig

Während der Inbetriebnahme besteht die Gefahr vom Abriebarm erfasst, eingezogen und gefangen zu werden.



Vorsicht

Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass bei alternden oder nicht korrekt montierten Kühlungsschläuchen Wasser herausspritzt.

Schläuche und Verschraubungen ordnungsgemäß auf Dichtheit und korrekten, festen Sitz überprüfen.



Wichtig

Bei allen Arbeiten an und mit Maschinen, die über elektrische Anschlüsse verfügen, besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch elektrischen Schlag. Es besteht auch eine Gefährdung bei Beschädigung von sicherheitsrelevanten Bauteilen.



Warnung

Am Verschleißprüfstand ist ein Hauptschalter vorhanden, der bei Arbeiten am Verschleißprüfstand oder an den elektrischen Teilen abgeschaltet werden kann.

Arbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nur von Elektrofachkräften durchgeführt werden.

Es besteht grundsätzlich Verbrennungsgefahr durch Berührung von heißen Oberflächen.



Warnung

Beim Verschieben des Halbschalensofens zum Wechseln des Probekörpers Schutzausrüstung tragen und berühren des Halbschalensofens vermeiden.

Die Probekörper nur mit geeignetem Werkzeug (Zange und Hitzehandschuh) aus dem Verschleißprüfstand herausnehmen.



Wichtig

Gefährdung durch brennbare Medien. Der Betreiber des Verschleißprüfstands ist verantwortlich für Brandschutzvorkehrungen, wie z.B. Bereitstellung von Feuerlöschern.



Vorsicht

Es besteht grundsätzlich Sturzgefahr am Verschleißprüfstand, wenn schlechte Lichtverhältnisse herrschen.

Die Ausführung der Steuerbefehle ausgeführt durch die Software müssen bei der Inbetriebnahme getestet werden.



Wichtig

Es muss eine Funktionsprüfung und regelmäßige Kontrolle der Sicherheitseinrichtungen und aller sicherheitsrelevanter Teile durchgeführt werden.

6.2 Anforderungen an das ausführende Personal

Verweis auf Kapitel 1.8

6.3 Aufstellung

6.3.1 Voraussetzungen

- Notwendige Grundfläche: 2500 x 1000 mm² (L x B)

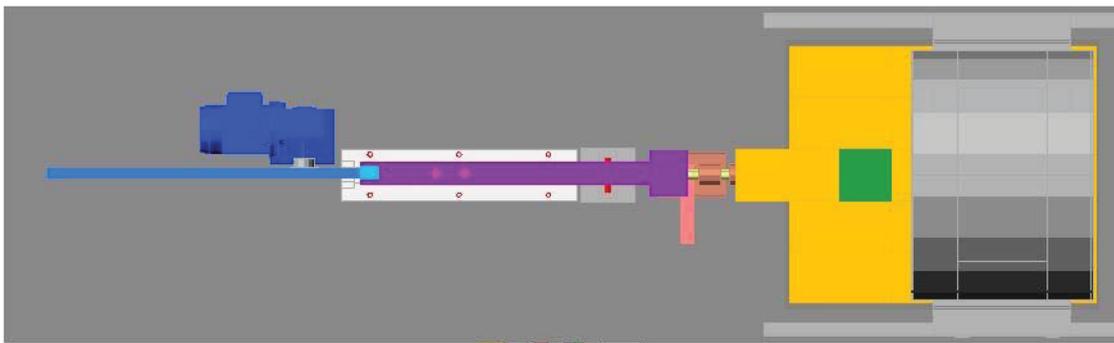


Abbildung 56: Draufsicht der gesamten Maschine

- Verwenden Sie zur Vermeidung von Transportschäden nur ein Fördermittel mit ausreichender Tragfähigkeit
- Bewegen Sie das Fördermittel so, um ein Herabfallen von Bauteilgruppen zu verhindern.
- Für die notwendigen Wartungsarbeiten muss der Zugang von jeder Seite gewährleistet sein.
- Der Verschleißprüfstand kann frei aufgestellt werden und ist durch die Justiermöglichkeit der Rollen am vorgesehenen Arbeitsplatz zu fixieren.

6.4 Montage

- Anschließen der elektrischen Versorgung
- Anschließen der Kühlleitung

6.5 Erstinbetriebnahme

Die Erstinbetriebsetzung nimmt der Hersteller vor. Sie wird grundsätzlich beim Hersteller selbst durchgeführt.

7 Betrieb

7.1 Sicherheitsvorschriften (speziell beim Betrieb)

Ein Betrieb ohne Sicherheitseinrichtungen und Schutzabdeckung ist vom Hersteller nicht zugelassen. Das Verhalten der bei dieser Betriebsart anwesenden Personen kann der Hersteller nicht beeinflussen. Die Betriebsart „Betrieb ohne Sicherheitseinrichtungen“ liegt daher außerhalb der Verantwortung des Herstellers.



Unbefugte und nicht eingewiesene Personen, unsachgemäße oder nicht bestimmungsgemäße Verwendung können die Sicherheit und die Gesundheit des Benutzers oder Dritter gefährden sowie Beschädigung oder Beeinträchtigung des Verschleißprüfstandes hervorrufen.

Neben der Betriebsanleitung müssen auch die zutreffenden Gesetze, Verordnungen und Technischen Regeln beachtet werden.

Der Betreiber ist verpflichtet, den Verschleißprüfstand nur in betriebsicherem Zustand zu betreiben.



Beim Betrieb des Verschleißprüfstands ist das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung bestehend aus Schutzbrille, Schutzkleidung, Hitzehandschuh, persönliche Schutzausrüstung für Heißarbeiten und Gießereischuhe vorgeschrieben.



Wichtig

Während des Betriebs besteht die Gefahr vom Abriebarm erfasst, eingezogen und gefangen zu werden.



Vorsicht

Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass bei alternden oder nicht korrekt montierten Kühlungsschläuchen Wasser herausspritzt.

Schläuche und Verschraubungen ordnungsgemäß auf Dichtheit und korrekten, festen Sitz überprüfen.



Wichtig

Bei allen Arbeiten an und mit Maschinen, die über elektrische Anschlüsse verfügen, besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch elektrischen Schlag. Es besteht auch eine Gefährdung bei Beschädigung von sicherheitsrelevanten Bauteilen.

Am Verschleißprüfstand ist ein Hauptschalter vorhanden, der bei Arbeiten am Verschleißprüfstand oder an den elektrischen Teilen abgeschaltet werden kann.

Arbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nur von Elektrofachkräften durchgeführt werden.



Warnung

Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten stets einwandfreie, geprüfte Elektrowerkzeuge einsetzen. Betreiben der Elektrowerkzeuge über entsprechende Stromverteiler.



Wichtig

Es besteht grundsätzlich Verbrennungsgefahr durch Berührung von heißen Oberflächen.

Beim Verschieben des Halbschalenofens zum Wechseln des Probekörpers Schutzausrüstung tragen und berühren des Halbschalenofens vermeiden.



Warnung

Die Probekörper nur mit geeignetem Werkzeug (Zange und Hitzehandschuh) aus dem Verschleißprüfstand herausnehmen.



Wichtig

Gefährdung durch brennbare Medien. Der Betreiber des Verschleißprüfstands ist verantwortlich für Brandschutzvorkehrungen, wie z.B. Bereitstellung von Feuerlöschern.



Vorsicht

Es besteht grundsätzlich Sturzgefahr am Verschleißprüfstand, wenn schlechte Lichtverhältnisse herrschen.

Die Ausführung der Steuerbefehle ausgeführt durch die Software müssen bei der Instandsetzung getestet werden.

Es muss eine Funktionsprüfung und regelmäßige Kontrolle der Sicherheitseinrichtungen und aller sicherheitsrelevanter Teile durchgeführt werden.



Wichtig

7.2 Anforderungen an das ausführende Personal

Verweis auf Kapitel 1.8

Jede Person, die mit der Bedienung des Verschleißprüfstandes befasst ist, muss die Betriebsanleitung der Anlage gelesen und verstanden haben.

Der Verschleißprüfstand darf nur von ausgebildetem und eingewiesenem Personal unter Einhaltung der gültigen Vorschriften bedient werden.

Alle Personen müssen jederzeit Einsichtnahme in die Betriebsanleitung haben.



7.3 Programmierung, Dateneingabe

Die Programmierung der erforderlichen Komponenten des Verschleißprüfstands wie Kaskadenregler und SPS wurden vom Hersteller od. einer fachkundigen Person durchgeführt. Die Dateneingabe der Temperatur für den Abriebversuch erfolgt am Eurotherm-Bedienelement. Die Anzahl der Hübe an der speicherprogrammierbaren Steuerung. Beide Element sind an der Frontseite des Verschleißprüfstandes angeordnet.

7.4 Betrieb des Verschleißprüfstands

- Für die bestimmungsgemäße Verwendung muss zuerst die elektrische Versorgung und die Versorgung der Kühlleitung sichergestellt sein.
- Probekörper mittels einer Zange in die Steinwanne einsetzen
- Den Probekörper durch die Spannvorrichtung fest positionieren
- Halbschalenofen durch Verschieben über den Probekörper schieben
- Angeschlossene Kühlleitung in Betrieb setzen durch Öffnen des Wasserhahns
- Verschleißprüfstand einschalten

Vorgehen:

1 *Hauptschalter in Stellung 1 schalten*

2 *Ein/Aus-Taster einschalten (grün)*



- Überprüfung der Energieversorgung und der Sicherheitseinrichtungen
- Dann Überprüfung für ein gefahrloses Einschalten:
 - Ausgangsstellung
 - Sicherheitseinrichtungen
 - Kühlung
 - Schutzabdeckung
 - Dichtheit

- Sichtkontrollen durchgeführt
- Einstellen der gewünschten Temperatur des Halbschalenofens
Vorgehen:

1 Temperatur am Eurotherm-Bedienelement einstellen

- Anzahl der Abriebbewegungen eingegeben
Vorgehen:

1 Anzahl der Hübe an der speicherprogrammierbaren Steuerung einstellen

- Nochmals Überprüfung für ein gefahrloses Einschalten:
 - Ausgangsstellung
 - Sicherheitseinrichtungen
 - Kühlung
 - Schutzabdeckung

- Start Abriebbewegung
Vorgehen:

1 Taster Start drücken

- Ausschalten des Abriebvorganges

Vorgehen:

1 *Taster Stop drücken*

- Werkzeugwechsel durchführen

Vorgehen:

1 *Taster Werkzeugwechsel drücken*

Abriebarm fährt in Ausgangsstellung zurück um ein Wechseln des Probekörpers zu ermöglichen.

- Halbschalenofen horizontal nach hinten verschieben
- Spannvorrichtung lösen
- Probekörper mittels Zange aus der Steinwanne entnehmen, abkühlen lassen
- Neuen Probekörper einsetzen
- Halbschalenofen über den Probekörper schieben
- Zähler auf Ausgangsstellung zurücksetzen

Vorgehen:

1 *Taster Zähler-Reset drücken*

- Einstellen der gewünschten Temperatur siehe oben und die vorher genannten Schritte wiederholen
- Ausschalten des Verschleißprüfstandes

Vorgehen:

1 *Ein/Aus-Taster ausschalten (rot)*

2 *Hauptschalter in Stellung 0 schalten*



8 Störungssuche und Störungsbeseitigung

Dieses Kapitel beinhaltet mögliche Störungen und Fehler, und deren möglichen Ursachen, Konsequenzen und das Vorgehen zur Störungsbeseitigung mit genauer Angabe wie vorzugehen ist.

8.1 Sicherheitsvorschriften

Unbefugte und nicht eingewiesene Personen, unsachgemäße oder nicht bestimmungsgemäße Verwendung können die Sicherheit und die Gesundheit des Benutzers oder Dritter gefährden sowie Beschädigung oder Beeinträchtigung des Verschleißprüfstandes hervorrufen.

Neben der Betriebsanleitung müssen auch die zutreffenden Gesetze, Verordnungen und Technischen Regeln beachtet werden.

Der Betreiber ist verpflichtet, den Verschleißprüfstand nur in betriebsicherem Zustand zu betreiben.



Gefahr

Bei Störungssuche und Störungsbeseitigung am Verschleißprüfstand ist das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung bestehend aus Schutzbrille, Schutzkleidung, Hitzehandschuh, persönliche Schutzausrüstung für Heißarbeiten und Gießereischuhe vorgeschrieben.

Es besteht die Gefahr vom Abriebarm erfasst, eingezogen und gefangen zu werden.



Wichtig

Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass bei alternden oder nicht korrekt montierten Kühlungsschläuchen Wasser herausspritzt.



Vorsicht

Schläuche und Verschraubungen ordnungsgemäß auf Dichtheit und korrekten, festen Sitz überprüfen.



Wichtig

Bei allen Arbeiten an und mit Maschinen, die über elektrische Anschlüsse verfügen, besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch elektrischen Schlag. Es besteht auch eine Gefährdung bei Beschädigung von sicherheitsrelevanten Bauteilen.

Am Verschleißprüfstand ist ein Hauptschalter vorhanden, der bei Arbeiten am Verschleißprüfstand oder an den elektrischen Teilen abgeschaltet werden kann.

Arbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nur von Elektrofachkräften durchgeführt werden.



Warnung

Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten stets einwandfreie, geprüfte Elektrowerkzeuge einsetzen. Betreiben der Elektrowerkzeuge über entsprechende Stromverteiler.



Wichtig

Es besteht grundsätzlich Verbrennungsgefahr durch Berührung von heißen Oberflächen.

Beim Verschieben des Halbschalenofens zum Wechseln des Probekörpers Schutzausrüstung tragen und berühren des Halbschalenofens vermeiden.



Warnung

Die Probekörper nur mit geeignetem Werkzeug (Zange) aus dem Verschleißprüfstand herausnehmen.



Wichtig

Gefährdung durch brennbare Medien. Der Betreiber des Verschleißprüfstands ist verantwortlich für Brandschutzvorkehrungen, wie z.B. Bereitstellung von Feuerlöschern.



Vorsicht

Es besteht grundsätzlich Sturzgefahr am Verschleißprüfstand, wenn schlechte Lichtverhältnisse herrschen.

Die Ausführung der Steuerbefehle ausgeführt durch die Software müssen getestet werden.

Es muss eine Funktionsprüfung und regelmäßige Kontrolle der Sicherheitseinrichtungen und aller sicherheitsrelevanter Teile durchgeführt werden.



Wichtig

8.2 Anforderungen an das ausführende Personal

Verweis auf Kapitel 1.8

8.3 Mechanische Störungen

Störungsdefinition	Zu beheben durch Benutzer Ja/Nein	Aktionen des Benutzers ?
Störung durch festsitzen oder klemmen des Abriebarms	Ja	Lösen des Festsitzens oder Klemmens des Abriebarms und sichere Inbetriebnahme gewährleisten
Störung durch festsitzen oder klemmen des Halbschalenofens	Ja	Lösen des Festsitzens oder Klemmens des Ofens und sichere Inbetriebnahme gewährleisten
Störung durch festsitzen oder klemmen der Spannvorrichtung	Ja	Lösen des Festsitzens oder Klemmens der Spannvorrichtung und bei Inbetriebnahme richtigen Sitz der Spannvorrichtung überprüfen

8.4 Elektrische und elektronische Störungen

Störungsdefinition	Zu beheben durch Benutzer Ja/Nein	Aktionen des Benutzers ?
Störung an elektrischen Einrichtungen des Verschleißprüfstandes	Nein	Verständigen der zuständigen Elektrofachkraft
Ausschalten des Verschleißprüfstandes durch den NOT-AUS-Taster	Ja	Gefahrlosen Betrieb des Verschleißprüfstandes herstellen und NOT-AUS-Taster in Ausgangsstellung bringen
Störung des Getriebemotors	Nein	Verständigen der zuständigen Elektrofachkraft
Störung des Halbschalenofens	Nein	Verständigen der zuständigen Elektrofachkraft

Störung ausgelöst durch Endschalter-Schutzhaube	Ja	Schutzhaube schließen
Störung ausgelöst durch Endschalter - Ofen	Nein	Verständigen der zuständigen Elektrofachkraft
Störung ausgelöst durch Magnetventil - Durchflussmesser	Ja	Kühlung überprüfen und sicherstellen

9 Wartung

9.1 Sicherheitsvorschriften

Unbefugte und nicht eingewiesene Personen, unsachgemäße oder nicht bestimmungsgemäße Verwendung können die Sicherheit und die Gesundheit des Benutzers oder Dritter gefährden sowie Beschädigung oder Beeinträchtigung des Verschleißprüfstandes hervorrufen.

Neben der Betriebsanleitung müssen auch die zutreffenden Gesetze, Verordnungen und Technischen Regeln beachtet werden.

Der Betreiber ist verpflichtet, den Verschleißprüfstand nur in betriebsicherem Zustand zu betreiben.

Beim Wartung des Verschleißprüfstands ist das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung bestehend aus Schutzbrille, Schutzkleidung, Hitzehandschuh, persönliche Schutzausrüstung für Heißenarbeiten und Gießereischuhe vorgeschrieben.

Während der Wartung besteht die Gefahr vom Abriebarm erfasst, eingezogen und gefangen zu werden.

Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass bei alternden oder nicht korrekt montierten Kühlungsschläuchen Wasser herausspritzt.

Schläuche und Verschraubungen ordnungsgemäß auf Dichtheit und korrekten, festen Sitz überprüfen.



Gefahr



Wichtig



Vorsicht



Wichtig

Bei allen Arbeiten an und mit Maschinen, die über elektrische Anschlüsse verfügen, besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch elektrischen Schlag. Es besteht auch eine Gefährdung bei Beschädigung von sicherheitsrelevanten Bauteilen.

Am Verschleißprüfstand ist ein Hauptschalter vorhanden, der bei Arbeiten am Verschleißprüfstand oder an den elektrischen Teilen abgeschaltet werden kann.

Arbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nur von Elektrofachkräften durchgeführt werden.



Warnung

Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten stets einwandfreie, geprüfte Elektrowerkzeuge einsetzen. Betreiben der Elektrowerkzeuge über entsprechende Stromverteiler.



Wichtig

Es besteht grundsätzlich Verbrennungsgefahr durch Berührung von heißen Oberflächen.

Beim Verschieben des Halbschalenofens zum Wechseln des Probekörpers Schutzausrüstung tragen und berühren des Halbschalenofens vermeiden.



Warnung

Die Probekörper nur mit geeignetem Werkzeug (Zange) aus dem Verschleißprüfstand herausnehmen.



Wichtig

Gefährdung durch brennbare Medien. Der Betreiber des Verschleißprüfstands ist verantwortlich für Brandschutzvorkehrungen, wie z.B. Bereitstellung von Feuerlöschern.



Vorsicht

Es besteht grundsätzlich Sturzgefahr am Verschleißprüfstand, wenn schlechte Lichtverhältnisse herrschen.

Es muss eine Funktionsprüfung und regelmäßige Kontrolle der Sicherheitseinrichtungen und aller sicherheitsrelevanter Teile durchgeführt werden.



Wichtig

9.2 Anforderungen an das ausführende Personal

Verweis auf Kapitel 1.8

9.3 Wartungsplan

Nr.	Bauteil	Reinigen	Schmieren	Inspizieren	Arbeiten	Häufigkeit
1	Abriebarm - Plättchen			x	Abriebplättchen bei Bedarf tauschen	Nach Betrieb
2	Abriebarm - Zahnstange			x	Auf Verschleiß inspizieren und bei Bedarf austauschen	
2	Abriebarm - Gelenk		x			
3	Abriebarm - Schutzblech			x	Schutzblech bei Bedarf erneuern	Nach Betrieb
4	Abriebarm - Schrauben			x	Schrauben bei Bedarf erneuern	Nach Betrieb
5	Halbschalen ofen			x	Kontrolle der Feuerfest- auskleidung	Nach Betrieb
6	Steinwanne			x	Kontrolle der Feuerfest- auskleidung	Nach Betrieb
7	Steinwanne	x			Nach Abriebtest Steinwanne von abgeriebenen Feuerfestmaterialien säubern	Nach Betrieb
8	Spannvor- richtung			x	Bei nicht festem Sitz Spannvorrichtung nachstellen	Nach Betrieb

9.4 Wartungsarbeiten

Der Verschleißprüfstand ist mit Einrichtungen ausgerüstet, die der Sicherheit und dem Schutz der Maschine und seiner Bedienpersonen dienen.

Deshalb ist es unerlässlich die vorhandenen Sicherheitseinrichtungen regelmäßig zu überprüfen.

Sicherheitseinrichtung	Wie überprüfen?	Häufigkeit
NOT-AUS-Taster	Drücken Sie den NOT-AUS-Taster	vor Betrieb
Endschalter-Schutzhaube	Schutzhaube bei eingeschaltetem Verschleißprüfstand anheben	vor Betrieb
Magnetventil-Durchflussmesser	Verschleißprüfstand bei ausgeschalteter Kühlung in Betrieb nehmen	Vor Betrieb

Die Tätigkeiten, welche der Wartungsplan anzeigt sind nachfolgend detailliert beschrieben:

- Abriebarm-Plättchen

Besteht ein erhöhter Verschleiß des Abriebplättchen so ist bei Bedarf dieses zu tauschen. Der Abriebarm muss sich in Ausgangsstellung befinden. Die Schrauben mit der das Plättchen und das Schutzblech befestigt sind, sind zu lösen, das neue Abriebplättchen einzusetzen und mit dem Schutzblech wieder zu verschrauben. Das Abriebplättchen sollte ca. 25 mm über die Unterkante des Abriebarm herausstehen.

- Abriebarm-Zahnstange

Die Zahnstange ist auf Verschleiß zu inspizieren. Besteht erhöhter Verschleiß so ist die Zahnstange durch eine in der Qualität gleichwertige Zahnstange zu ersetzen. Die Zahnstange wird am Gelenk vom übrigen Abriebarm gelöst.

- Abriebarm-Gelenk

Das Gelenk ist bei Bedarf durch ein geeignetes Schmiermittel zu schmieren.

- Abriebarm-Schutzblech

Das Schutzblech muss nach Betrieb des Verschleißprüfstandes inspiziert werden. Ist das Schutzblech aufgrund der hohen Temperaturen erhöhten Verschleiß ausgesetzt und dient nicht mehr als Schutz für die dahinter liegenden Schrauben so ist es durch ein neues Schutzblech zu ersetzen. Ein Lösen der Schraubenverbindungen ist erforderlich.

- Abriebarm-Schrauben

Auch die Schrauben sind bei Bedarf zu erneuern. Nur Schrauben der gleichen Qualität einsetzen.

- Halbschalenofen

Beim Halbschalenofen ist die feuerfeste Auskleidung zu kontrollieren und gegebenenfalls zu erneuern.

- Steinwanne

Bei der Steinwanne ist die feuerfeste Auskleidung zu kontrollieren und gegebenenfalls zu erneuern.

- Steinwanne

Nach durchgeführtem Abriebtest ist die Steinwanne im abgekühlten Zustand zu reinigen. Die abgeriebenen Teile vom Feuerfestmaterial z. B. durch Druckluft aus der Steinwanne entfernen.

- Spannvorrichtung

Die Spannvorrichtung ist auf festem Sitz zu überprüfen und bei Bedarf nachzustellen.

Nach abgeschlossener Wartung ist eine Funktionskontrolle der gewarteten Bauteile unerlässlich.

10 Instandsetzung

10.1 Sicherheitsvorschriften

Eine Instandsetzung ohne Sicherheitseinrichtungen und Schutzabdeckung ist vom Hersteller nicht zugelassen. Das Verhalten der bei dieser Betriebsart anwesenden Personen kann der Hersteller nicht beeinflussen. Die Betriebsart „Betrieb ohne Sicherheitseinrichtungen“ liegt daher außerhalb der Verantwortung des Herstellers.



Alle Arbeitsabläufe sind genau in der beschriebenen Reihenfolge einzuhalten!

Es dürfen darüber hinaus keine Manipulationen am Verschleißprüfstand durchgeführt werden!

Bei nicht beachten der Sicherheitsvorschriften ist der Hersteller für den Verschleißprüfstand nicht verantwortlich.



Beim Instandsetzung des Verschleißprüfstands ist das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung bestehend aus Schutzbrille, Schutzkleidung, Hitzehandschuh, persönliche Schutzausrüstung für Heißenarbeiten und Gießereischuhe vorgeschrieben.



Während der Instandsetzung besteht die Gefahr vom Abriebarm erfasst, eingezogen und gefangen zu werden.



Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass bei alternden oder nicht korrekt montierten Kühlungsschläuchen Wasser herausspritzt.

Schläuche und Verschraubungen ordnungsgemäß auf Dichtheit und korrekten, festen Sitz überprüfen.



Bei allen Arbeiten an und mit Maschinen, die über elektrische Anschlüsse verfügen, besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch elektrischen Schlag. Es besteht auch eine Gefährdung bei Beschädigung von sicherheitsrelevanten Bauteilen.

Am Verschleißprüfstand ist ein Hauptschalter vorhanden, der bei Arbeiten am Verschleißprüfstand oder an den elektrischen Teilen abgeschaltet werden kann.

Arbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nur von Elektrofachkräften durchgeführt werden.



Warnung

Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten stets einwandfreie, geprüfte Elektrowerkzeuge einsetzen. Betreiben der Elektrowerkzeuge über entsprechende Stromverteiler.



Wichtig

Es besteht grundsätzlich Verbrennungsgefahr durch Berührung von heißen Oberflächen.

Beim Verschieben des Halbschalenofens zum Wechseln des Probekörpers Schutzausrüstung tragen und berühren des Halbschalenofens vermeiden.

Die Probekörper nur mit geeignetem Werkzeug (Zange) aus dem Verschleißprüfstand herausnehmen.



Warnung

Gefährdung durch brennbare Medien. Der Betreiber des Verschleißprüfstands ist verantwortlich für Brandschutzvorkehrungen, wie z.B. Bereitstellung von Feuerlöschern.



Vorsicht

Es besteht grundsätzlich Sturzgefahr am Verschleißprüfstand, wenn schlechte Lichtverhältnisse herrschen.

Die Ausführung der Steuerbefehle ausgeführt durch die Software müssen bei der Instandsetzung getestet werden.

Es muss eine Funktionsprüfung und regelmäßige Kontrolle der Sicherheitseinrichtungen und aller sicherheitsrelevanter Teile durchgeführt werden.



Wichtig

Werden bei Instandsetzungsarbeiten Teile ausgetauscht, müssen wieder gleichwertige, ausreichend dimensionierte und/oder geprüfte Teile eingesetzt werden.

10.2 Anforderungen an das ausführende Personal

Verweis auf Kapitel 1.8

10.3 Störungssuche und Störungsbeseitigung

Verweis auf Kapitel 8

11 Außerbetriebsetzung, Lagerung

11.1 Sicherheitsvorschriften

Es besteht grundsätzlich die Gefahr, dass bei alternden oder nicht korrekt montierten Kühlungsschläuchen Wasser herausspritzt.

Schläuche und Verschraubungen ordnungsgemäß auf Dichtheit und korrekten, festen Sitz überprüfen.



Bei allen Arbeiten an und mit Maschinen, die über elektrische Anschlüsse verfügen, besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch elektrischen Schlag. Es besteht auch eine Gefährdung bei Beschädigung von sicherheitsrelevanten Bauteilen.

Am Verschleißprüfstand ist ein Hauptschalter vorhanden, der bei Arbeiten am Verschleißprüfstand oder an den elektrischen Teilen abgeschaltet werden kann.

Arbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nur von Elektrofachkräften durchgeführt werden.



Bei Wartungs- und Reparaturarbeiten stets einwandfreie, geprüfte Elektrowerkzeuge einsetzen. Betreiben der Elektrowerkzeuge über entsprechende Stromverteiler. Mit Fehlerstrom-Schutzschalter (z.B. FI - Box). Einwandfreie geprüfte Verlängerungskabel und Kabeltrommeln einsetzen.



11.2 Ausführendes Personal

Verweis auf Kapitel 1.8

11.3 Lagerbedingungen

Verweis auf Kapitel 3.4

11.4 Außerbetriebsetzung

- Verschleißprüfstand abschalten
- Trennen der elektrischen Versorgung
- Trennen der Kühlleitung von der Wasserversorgung
- Restliches Kühlwasser entleeren
- Reinigen des Verschleißprüfstandes

12 Entsorgung

12.1 Sicherheitsvorschriften

Beim Arbeiten an bzw. mit Maschinen ist menschliches Fehlverhalten nicht gänzlich auszuschließen.

Es besteht grundsätzlich Sturzgefahr am Verschleißprüfstand, wenn schlechte Lichtverhältnisse herrschen.

Es besteht grundsätzlich eine Gefährdung durch das Nichtbenützen der persönlichen Schutzausrüstung. Die betrieblichen Vorgesetzten sind angewiesen, auf das Tragen der persönlichen Schutzausrüstungen (z. B. Schutzhandschuhe) bei ihren Mitarbeitern zu achten.



Vorsicht



Warnung

12.2 Anforderungen an das ausführende Personal

Verweis auf Kapitel 1.8

12.3 Entsorgungskonforme Baugruppen

Bei der Entsorgung des Verschleißprüfstandes mit dem örtlichen Entsorgungsverband für entsprechende Sammelstellen in Verbindung setzen.



Hinweis

Materialgruppen des Verschleißprüfstands:

- Metalle (Abriebarm, Steinwanne, Tisch, Halbschalenüberzug, Spannvorrichtung, Kühlung, Führungen, Elektrische Leitungen)
- Feuerfeste Stoffe (Feuerfeste Steine, Isolation-Halbschalenofen)
- Kunststoffe (Isolationsüberzug-Kabeln)

Demontage-Reihenfolge:

- Schutzabdeckung abschrauben
- Demontage des Halbschalenofens
- Demontage des Abriebarms und der Kühlungsleitung
- Demontage der Führungen, Spannvorrichtung, etc.
- Herausnehmen der feuerfesten Auskleidung der Steinwanne
- Abschließen der elektrischen Leitungen
- Demontage des Getriebemotors
- Ausbau der elektrischen Geräte wie z. Leistungssteller, Trafo, etc.

Materialdatenblätter

RATH

DATENBLATT

Blatt 1 Seite 1

PORRATH FL 30-11

Rohstoffbasis:	Aluminiumsilikat
Klassifikationstemperatur [°C]:	1650
Rohdichte [g/cm ³]:	1,1
Druckfestigkeit [MPa]:	5
Raumbeständigkeit [%]:	- 1,1
Prüftemperatur 1620 °C, Prüfzeit 12 h	
Wärmeleitfähigkeit [W/mK] bei: Mitteltemperatur (ASTM 182) Heißdrahtmethode (DIN 51046)	
200 °C	0,47
400 °C	0,44
600 °C	0,44
800 °C	0,46
1000 °C	0,51
1200 °C	0,58
1400 °C	0,67
Chemische Analyse [%]:	
Al ₂ O ₃	74
SiO ₂	25
Fe ₂ O ₃	0,3
CaO	0,2
Passender Mörtel/Kleber:	Porrathin 30
Maßtoleranzen bei Abmessungen:	
≥ 150 mm	± 1,0 %
≤ 150 mm	± 1,5 mm
Durchbiegung bis zu 0,75 % des größten Maßes	

Die angegebenen Gütwerte wurden an Prüfkörpern ermittelt, die aus Normalsteinen gewonnen wurden. Sie stellen Durchschnittswerte dar, die nicht vorbehaltlos auf andere Formate übertragen werden dürfen.

RATH

DATENBLATT

Blatt 1 Seite 1

PORRATH FL 28-10

Rohstoffbasis:	Aluminiumsilikat
Klassifikationstemperatur [°C]:	1540
Rohdichte [g/cm ³]:	1,0
Druckfestigkeit [MPa]:	5
Raumbeständigkeit [%]:	- 0,5
Prüftemperatur 1510 °C, Prüfzeit 12 h	
Wärmeleitfähigkeit [W/mK] bei: Mitteltemperatur (ASTM 182)	Heißdrahtmethode (DIN 51046)
200 °C	
400 °C	
600 °C	0,38
800 °C	0,40
1000 °C	0,42
1200 °C	0,45
Chemische Analyse [%]:	
Al ₂ O ₃	66
SiO ₂	31
Fe ₂ O ₃	0,8
CaO	0,2
Passender Mörtel/Kleber:	Porrathin 30
Maßtoleranzen bei Abmessungen:	
≥ 150 mm	± 1,0 %
≤ 150 mm	± 1,5 mm
Durchbiegung bis zu 0,75 % des größten Maßes	

Die angegebenen Güterwerte wurden an Prüfkörpern ermittelt, die aus Normalsteinen gewonnen wurden. Sie stellen Durchschnittswerte dar, die nicht vorbehaltlos auf andere Formate übertragen werden dürfen.



DATENBLATT

Blatt 1 Seite 1

Calciumsilikatplatte CAS 1000

Rohstoffbasis:		Calciumsilikat
Klassifikationstemperatur [°C]:		1000
Chemische Analyse [%]:		
	SiO ₂	50
	CaO	49
Lineare Schwindung [%] nach 24 Stunden bei: 1000°C		< 2,0
Raumgewicht [kg/m ³]:		240
Druckfestigkeit [MPa]:		1,3
Wärmeleitfähigkeit [W/mK] bei		
	200 °C	0,07
	400 °C	0,10
	600 °C	0,14
	800 °C	0,17
Farbe:		weiß
Lieferform:		Platten
Abmessungen [mm]:	Länge:	1000
	Breite:	500
	Dicke:	25 / 30 / 40 / 50 / 60 / 65 / 70 / 75

Die angegebenen Daten sind Mittelwerte aus der laufenden Produktion. Bei Einsätzen in korrosiver Atmosphäre und in der Nähe der maximalen Anwendungstemperatur empfehlen wir eine Rücksprache mit unserer technischen Abteilung.

RATH

DATENBLATT

Alsitra Mat 1260

Rohstoffbasis:	Aluminiumsilikatwolle
Klassifikationstemperatur (°C):	1260
Dauerbetriebstemperatur (°C): (In nicht korrosiver Atmosphäre)	< 1150
Chemische Analyse (%):	
Al ₂ O ₃	48
SiO ₂	52
ZrO ₂	-
Lineare Schwindung (%) nach 24 Stunden bei:	
1000 °C	0,8
1100 °C	1,5
1200 °C	-
1260 °C	< 4,0
1400 °C	5,3
Wärmeleitfähigkeit (W/mK) nach dem Helzdrahtverfahren bei einer Rohdichte von 128 kg/m ³ :	
200 °C	0,07
400 °C	0,11
600 °C	0,15
800 °C	0,21
1000 °C	0,31
1200 °C	0,44
1400 °C	0,64
Farbe:	weiß
Schmelztemperatur (°C):	> 1700
Mittlere Faserdurchmesser (µm):	2-3

Die angegebenen Daten sind Mittelwerte aus der laufenden Produktion. Bei Einsätzen in korrosiver Atmosphäre und in der Nähe der maximalen Anwendungstemperatur empfehlen wir eine Rücksprache mit unserer technischen Abteilung.



DATENBLATT

Blatt 1 Seite 1

ALURATH B 80 C-AI

Rohstoffbasis: Bauxit

Chemische Analyse [%]:

Al ₂ O ₃	79,5
SiO ₂	13,5
Fe ₂ O ₃	1,6
P ₂ O ₅	4,9

Rohdichte [g/cm³]: 2,75

Offene Porosität [Vol.-%]: 12

Druckfestigkeit [MPa]: 120

Druckerweichung, DIN 51053 $t_{0,5}$ [°C]: 1505

Passender Mörtel/Kleber: 1-B 80 AI

Maßtoleranzen bei Abmessungen:

≥ 200 mm	± 1,5 %
< 200 mm	± 2 mm

Durchbiegung bis zu 0,75 % des größten Maßes

Die angegebenen Gütwerte wurden an Prüfkörpern ermittelt, die aus Normalsteinen gewonnen wurden. Sie stellen Durchschnittswerte dar, die nicht vorbehaltlos auf andere Formate übertragen werden dürfen.

Erstellt:	Datum:	Freigegeben:	Geprüft:	Anderung:	Produktgruppe: UIFOVK22/32	Dateiname
KL	11/06	11/06	11/06	01	Steine	Alurath B 80 C AI

		
(561) 330-9300	STELLAR MATERIALS INCORPORATED	www.thermbond.com

ENGLISH

Revision #1/2008 (Check www.thermbond.com for updates)

FORMULA 2104-L

Thermbond Refractories use the patented Stellar Binder System™ for easy and accurate mixing, controlled setting, fast dry-out and heat up, thermal shock resistance and other unique properties. Thermbond chemically bonds to existing fired refractories. CHARACTERISTICS: - High Purity - High Alumina - Very Dense - Abrasion Resistant - Non-Wetting - Fast Setting - Fast Curing - Longer Working Time -

P R E L I M I N A R Y D A T A

PACKAGING		
Unit Equivalent	Bag: 1	Jug: 1
Bag Weight*	60 lbs	31.3 kg
Jug Weight*	8 lbs	3.6 kg
Drum Weight*	400 lbs	181.4 kg
Unit Weight*	77 lbs	34.8 kg
Yield / Unit*	0.40 ft ³	0.011 m ³
Units / Ton*	26.08 short	28.75 metric
Board Feet / Unit*	4.8 bd ft	
Wet to Dry Ratio*	11% - 12.1%	
Liquid Activator	FORMULA	
Bags Per Pallet	48	
Drums Per Dry Pallet	1	

APPLICATION	
Use based on	Casting

BULK DENSITY**		
As Packed	150 lbs/ft ³	3044 kg/m ³
After 1500F (816C)	180 lbs/ft ³	3883 kg/m ³

MAXIMUM RECOMMENDED SERVICE TEMP**		
Hot Face	3100 F	1704 C

ABRASION RESISTANCE** (ASTM C-709)	
After 1500F (816C)	<5 cc loss

MOLTEN METAL CONTACT	
- Aluminum - Zinc - Iron - Silver -	

COMPRESSIVE STRENGTH**			
1500F (816C)	15000 psi	1055 kg/cm ²	103 N/mm ²
2700F (1482C)	20000 psi	1405 kg/cm ²	138 N/mm ²

PERMANENT LINEAR CHANGE**	
1500F (816C)	-0.20%
2700F (1482C)	-1.40%

TYPICAL CHEMICAL ANALYSIS (After 1500F(816C))**	
Al ₂ O ₃	89.93%
SiO ₂	2.29%
Fe ₂ O ₃	0.26%
P ₂ O ₅	3.36%
Other	3.67%
Total	99.90%

THERMAL CONDUCTIVITY**		
500F (271C)	16.9 Btu-in/hr-12-F	2.43 W/m K
1200F (649C)	14.3 Btu-in/hr-12-F	2.08 W/m K
1800F (982C)	13.5 Btu-in/hr-12-F	1.95 W/m K
2400F (1316C)	13.9 Btu-in/hr-12-F	2.00 W/m K

COLD MODULUS OF RUPTURE**			
1500F (816C)	2500 psi	175 kg/cm ²	17 N/mm ²
2700F (1482C)	3000 psi	211 kg/cm ²	21 N/mm ²

HOT MODULUS OF RUPTURE**			
1500F (816C)	1800 psi	127 kg/cm ²	12 N/mm ²

* Measures are approximate and may vary. For mixing per unit, contact Stellar Materials for specific wet to dry ratios. See Installation Guide for more detailed information.

** Test data shown are based on a single subject to normal variation on individual tests, and therefore should not be assumed to be maximum or minimum specifications.

Due to the unique nature of the Stellar binder system, test procedures may slightly from ASTM. Documentation of these variations is available upon request.

Thermbond is a registered trademark of Stellar Materials Incorporated. All rights reserved.

Revision: 3
gültig seit: 09.11.2006



DIDURIT 120ALH 0-6

Klassifikation	Zementarmer Feuerbeton mit Al- Infiltrationsschutz
VDEh-Code	001803802820
Körnung	0 - 6 mm
Wesentliche Rohstoffkomponente	Bauxit, Bariumsulfat
Bindungsart	hydraulisch
Lagerfähigkeit	8 Monate
Verpackung	Papiersäcke
Verarbeitung	Vibrieren

Verarbeitungsrichtlinien Code	NUC003
Materialbedarf	2,80 t/m ³
Anmachwasserbed. (Mittelwert)	5,40 %

Chemische Zusammensetzung

Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	BaO
76,0 %	9,5 %	2,0 %	0,8 %	2,0 %	5,0 %

Bemerkung: Bestimmung an geglühter Substanz (1050°C) nach DIN 51001

Physikalische Merkmale

Kaltdruckfestigkeit (110°C)	105,0 N/mm ²	ENV 1402-6
Kaltdruckfestigkeit (850°C)	120,0 N/mm ²	ENV 1402-6
Kaltdruckfestigkeit (1000°C)	115,0 N/mm ²	ENV 1402-6
Kaltbiegefestigkeit (110°C)	14,0 N/mm ²	ENV 1402-6
Abrasion	3,00 cm ³	ASTM C704-01
Wärmeleitfähigkeit (400°C)	2,40 W/mK	DR. KLASSE
Wärmeleitfähigkeit (600°C)	2,25 W/mK	DR. KLASSE
Wärmeleitfähigkeit (800°C)	2,15 W/mK	DR. KLASSE
Wärmeleitfähigkeit (1000°C)	2,24 W/mK	DR. KLASSE
lin. Wärmedehnung (1000°C)	0,60 %	-
Bleib. Längenänderung (1000°C)	-0,20 %	EN 993-10
Anwendungsgrenztemperatur	1.350 °C	-
Infiltrationsgeschützt bis	1.100 °C	-

Die o.a. Werte stellen Richtwerte dar, die nach den geltenden Prüfnormen bzw. unternehmensinternen Methoden über einen längeren, repräsentativen Zeitraum ermittelt wurden. Sie gelten jedoch nicht als verbindliche Spezifikationen und sind daher keinesfalls als ausdrückliche Zusicherung von bestimmten Eigenschaften zu verstehen. Technische Weiterentwicklungen und die Neuauflage von Datenblättern behalten wir uns vor.

Revision: 8
gültig seit: 08.11.2006



DIDURIT 130AL 0-6

Klassifikation	Zementarmer Feuerbeton mit Al- Infiltrationsschutz
VDEh-Code	001803802820
Körnung	0 - 6 mm
Wesentliche Rohstoffkomponente	Sintertonerde, Calciumfluorid
Bindungsart	hydraulisch
Lagerfähigkeit	6 Monate
Verpackung	Papiersäcke
Verarbeitung	Vibrieren

Verarbeitungsrichtlinien Code	NUC003
Materialbedarf	3,00 t/m ³
Anmachwasserbed. (Mittelwert)	4,40 %

Chemische Zusammensetzung

Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
94,3 %	0,1 %	4,4 %	0,1 %	0,9 %

Bemerkung: Bestimmung an gegläuhter Substanz (1050°C) nach DIN 51001

Physikalische Merkmale

Kaltdruckfestigkeit (110°C)	70,0	N/mm ²	ENV 1402-6
Kaltdruckfestigkeit (850°C)	120,0	N/mm ²	ENV 1402-6
Kaltdruckfestigkeit (1000°C)	150,0	N/mm ²	ENV 1402-6
Kaltdruckfestigkeit (1200°C)	180,0	N/mm ²	ENV 1402-6
Kaltbiegefestigkeit (110°C)	10,0	N/mm ²	ENV 1402-6
Abrasion	3,00	cm ³	ASTM C704-01
Wärmeleitfähigkeit (400°C)	3,20	W/mK	DR. KLASSE
Wärmeleitfähigkeit (800°C)	2,49	W/mK	DR. KLASSE
Wärmeleitfähigkeit (1200°C)	2,44	W/mK	DR. KLASSE
lin. Wärmedehnung (1000°C)	0,50	%	-
Bleib. Längenänderung (1000°C)	0,00	%	EN 993-10
Anwendungsgrenztemperatur	1.800	°C	-
Infiltrationsgeschützt bis	1.150	°C	-

Die o.a. Werte stellen Richtwerte dar, die nach den geltenden Prüfnormen bzw. unternehmensinternen Methoden über einen längeren, repräsentativen Zeitraum ermittelt wurden. Sie gelten jedoch nicht als verbindliche Spezifikationen und sind daher keinesfalls als ausdrückliche Zusicherung von bestimmten Eigenschaften zu verstehen. Technische Weiterentwicklungen und die Neuauflage von Datenblättern behalten wir uns vor.

Revision: 2
gültig seit: 03.10.2006



DIDURIT 140ALX 0-6

Klassifikation	Dichter Feuerbeton mit hochwirksamen Al-Infiltrationsschutz
VDEh-Code	001809302935
Körnung	0 - 6 mm
Wesentliche Rohstoffkomponente	Sintertonerde, Bauxit
Bindungsart	hydraulisch
Lagerfähigkeit	6 Monate
Verpackung	Papiersäcke
Verarbeitung	Vibrieren

Verarbeitungsrichtlinien Code	NUC003
Materialbedarf	2,93 t/m ³
Anmachwasserbed. (Mittelwert)	5,10 %

Chemische Zusammensetzung

Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂
89,0 %	2,5 %	4,3 %	0,5 %	0,1 %	1,1 %

Bemerkung: Bestimmung an geglähter Substanz (1050°C) nach DIN 51001

Physikalische Merkmale

Kaltdruckfestigkeit (300°C)	100,0	N/mm ²	ENV 1402-6
Kaltdruckfestigkeit (850°C)	80,0	N/mm ²	ENV 1402-6
Kaltdruckfestigkeit (1200°C)	100,0	N/mm ²	ENV 1402-6
Kaltbiegefestigkeit (110°C)	16,0	N/mm ²	ENV 1402-6
Wärmeleitfähigkeit (400°C)	3,20	W/mK	DR. KLASSE
Wärmeleitfähigkeit (800°C)	2,50	W/mK	DR. KLASSE
Wärmeleitfähigkeit (1200°C)	2,40	W/mK	DR. KLASSE
lin. Wärmedehnung (1000°C)	0,50	%	-
Bleib. Längenänderung (1000°C)	-0,10	%	EN 993-10
Anwendungsgrenztemperatur	1.700	°C	-
Infiltrationsgeschützt bis	1.350	°C	-

Die o.a. Werte stellen Richtwerte dar, die nach den geltenden Prüfnormen bzw. unternehmensinternen Methoden über einen längeren, repräsentativen Zeitraum ermittelt wurden. Sie gelten jedoch nicht als verbindliche Spezifikationen und sind daher keinesfalls als ausdrückliche Zusicherung von bestimmten Eigenschaften zu verstehen. Technische Weiterentwicklungen und die Neuauflage von Datenblättern behalten wir uns vor.

Revision: 7
gültig seit: 14.07.2005



RESISTAL B85AC

Klassifikation	Tonerdereicher Stein
Wesentliche Rohstoffkomponente	Bauxit
Bindungsart	chemisch und gebrannt bei einer Temperatur >800°C
Hauptsächliche Anwendung	Badzone von Schmelz - Warmhalteöfen für Al

Chemische Zusammensetzung

Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅
81,5 %	10,5 %	1,6 %	0,1 %	1,9 %	4,1 %

Bemerkung: Bestimmung an geglühter Substanz (1050°C) nach DIN 51001

Physikalische Merkmale

Rohdichte	2,93 g/cm ³	EN 993-1
Kaltdruckfestigkeit	160,0 N/mm ²	EN 993-5
Offene Porosität	14,5 vol%	EN 993-1
Kaltbiegefestigkeit	10,0 N/mm ²	EN 993-6
Abrasion	5,00 cm ³	ASTM C704-01
V-Modul	15.000 N/mm ²	-
Druckerweichen T 0,5	1500 °C	EN 993-8
lin. Wärmedehnung (1400°C)	1,10 %	-
Bleib. Längenänderung (1400°C)	0,50 %	EN 993-10
Wärmeleitfähigkeit (500°C)	2,70 W/mK	DR. KLASSE
Wärmeleitfähigkeit (750°C)	2,50 W/mK	DR. KLASSE
Wärmeleitfähigkeit (1000°C)	2,50 W/mK	DR. KLASSE
Temperaturwechselbes. (Wasser)	20 Zyklen	DIN 51068/1

Die o.a. Werte stellen Richtwerte dar, die nach den geltenden Prüfnormen bzw. unternehmensinternen Methoden über einen längeren, repräsentativen Zeitraum ermittelt wurden. Sie gelten jedoch nicht als verbindliche Spezifikationen und sind daher keinesfalls als ausdrückliche Zusicherung von bestimmten Eigenschaften zu verstehen. Technische Weiterentwicklungen und die Neuauflage von Datenblättern behalten wir uns vor.

Revision: 3
gültig seit: 09.03.2006



RESISTAL B85SCW

Klassifikation	Aluminareiches Erzeugnis der Gruppe HA 75 (EN12475-1)
Wesentliche Rohstoffkomponente	Bauxit
Bindungsart	anorganisch-chemisch, getempert
Hauptsächliche Anwendung	Aluminiumschmelzofen, Badbereich und Oberofen, infiltrationsbeständig gegen Al-Legierungen

Chemische Zusammensetzung

Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅
82,0 %	6,0 %	0,1 %	1,4 %	3,3 %	4,0 %

Bemerkung: Bestimmung an gegläuhter Substanz (1050°C) nach DIN 51001

Physikalische Merkmale

Rohdichte	3,00 g/cm ³	EN 993-1
Kaltdruckfestigkeit	150,0 N/mm ²	EN 993-5
Offene Porosität	16,0 vol%	EN 993-1
Kaltbiegefestigkeit	15,0 N/mm ²	EN 993-6
Abrasion	4,00 cm ³	ASTM C704-01
V-Modul	20.000 N/mm ²	-
lin. Wärmedehnung (1000°C)	0,80 %	-
Wärmeleitfähigkeit (750°C)	2,55 W/mK	DR. KLASSE
Wärmeleitfähigkeit (1000°C)	2,35 W/mK	DR. KLASSE

Die o.a. Werte stellen Richtwerte dar, die nach den geltenden Prüfnormen bzw. unternehmensinternen Methoden über einen längeren, repräsentativen Zeitraum ermittelt wurden. Sie gelten jedoch nicht als verbindliche Spezifikationen und sind daher keinesfalls als ausdrückliche Zusicherung von bestimmten Eigenschaften zu verstehen. Technische Weiterentwicklungen und die Neuauflage von Datenblättern behalten wir uns vor.

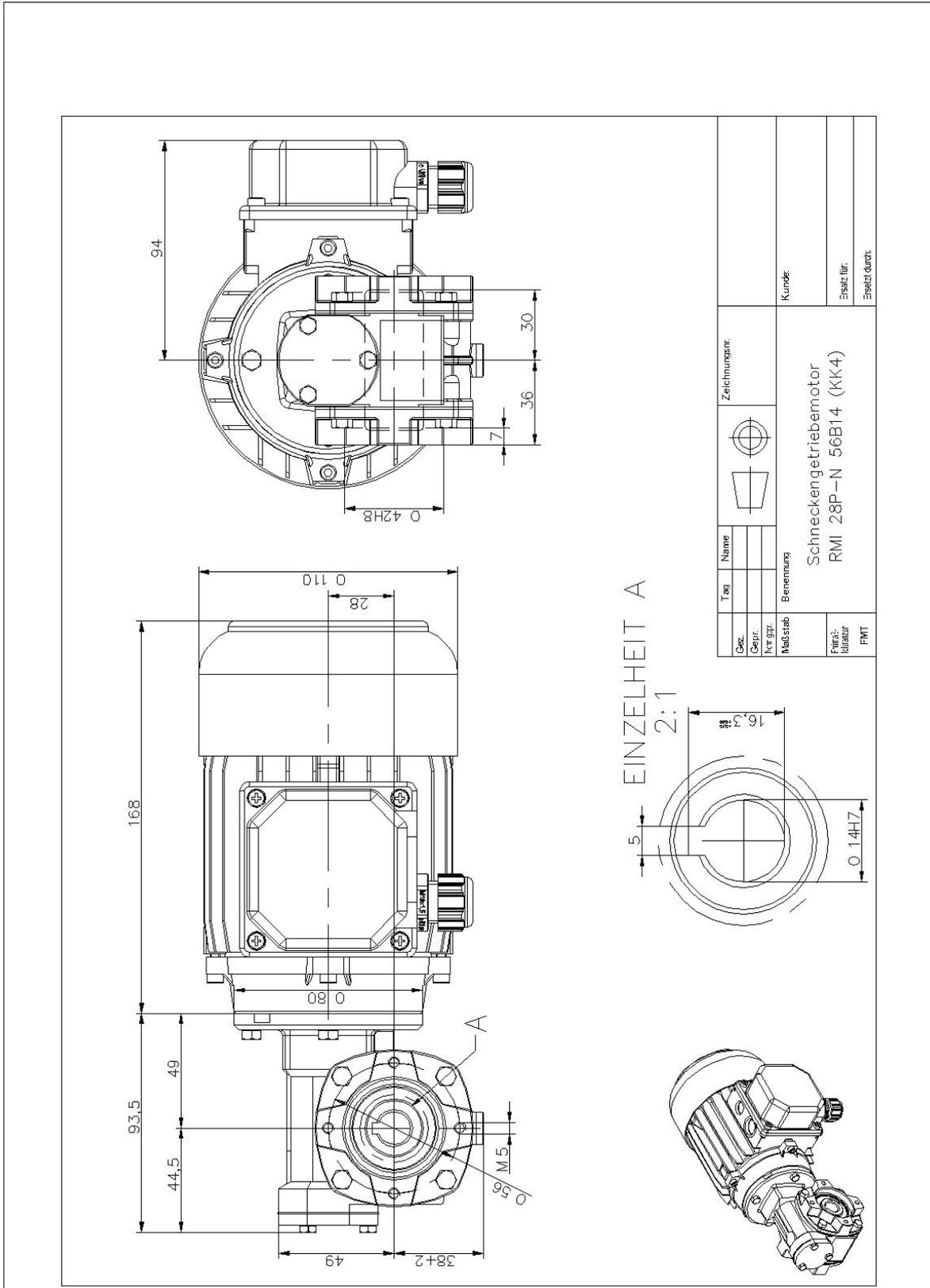


Abbildung 58: Schneckengetriebemotor

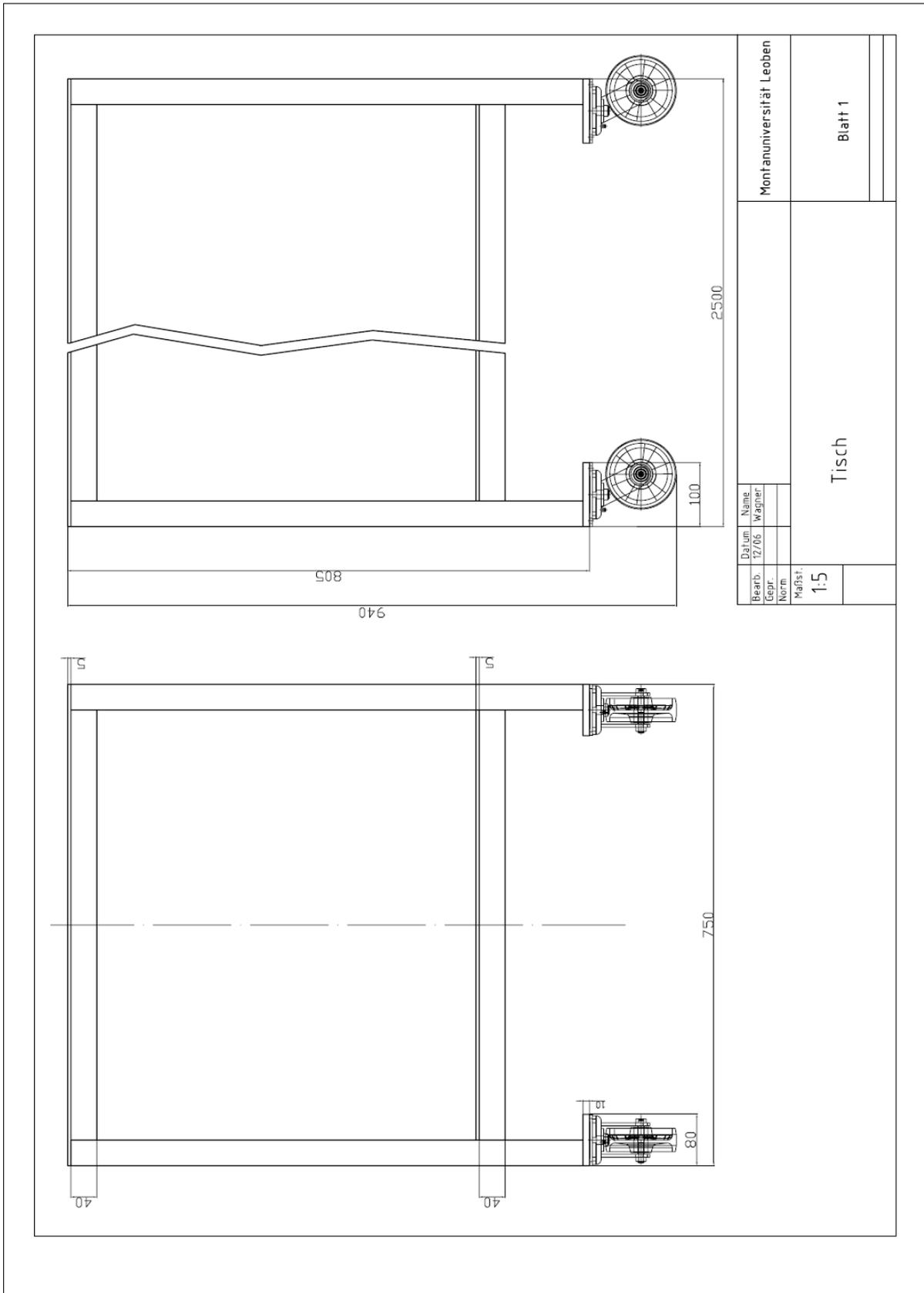
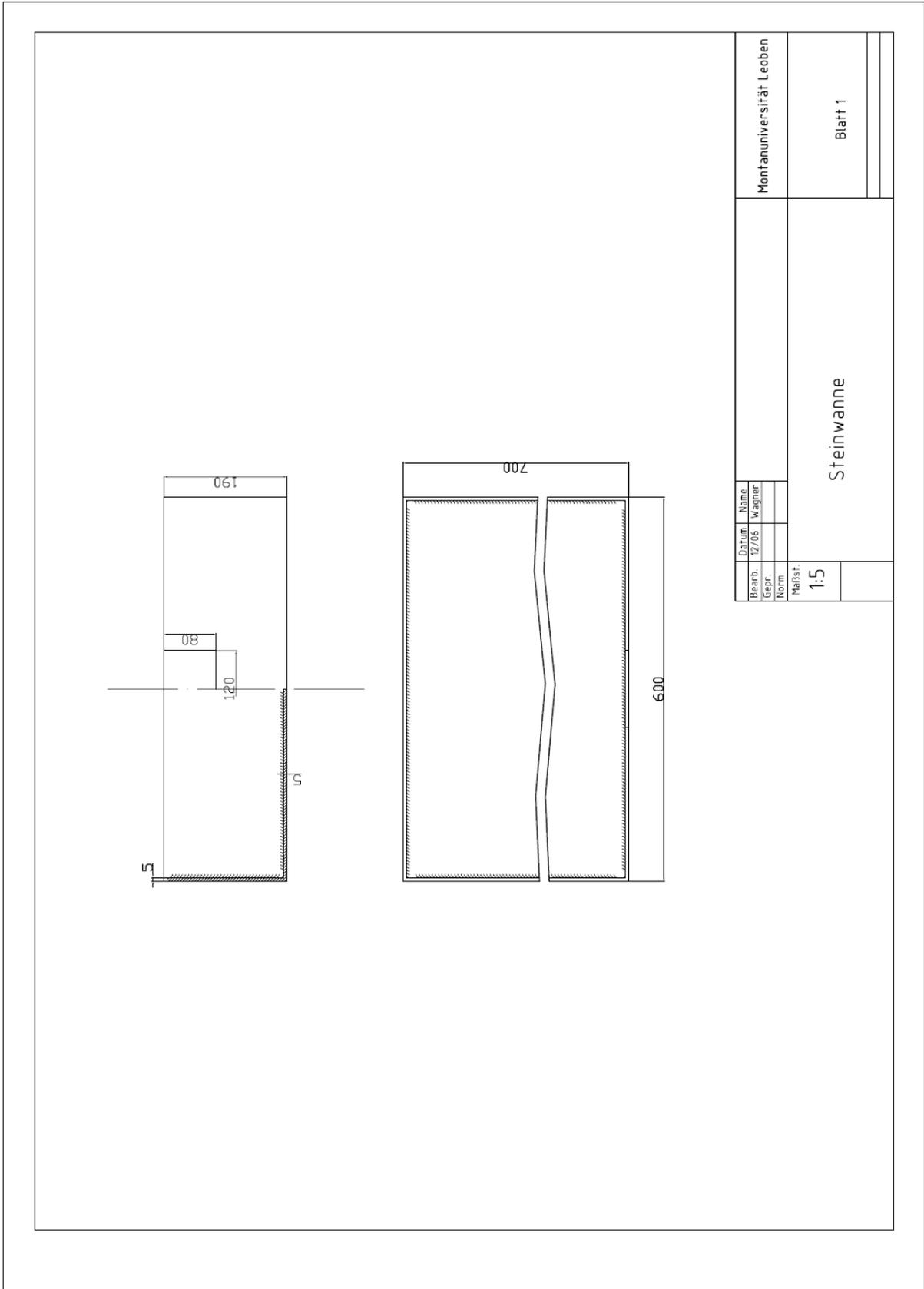


Abbildung 60: Tisch



Bearb. Gepr. Norm	Datum	Name	Montanuniversität Leoben
	12/05	Wagner	
Mafsst. 1:5			Steinwanne
			Blatt 1

Abbildung 61: Steinwanne

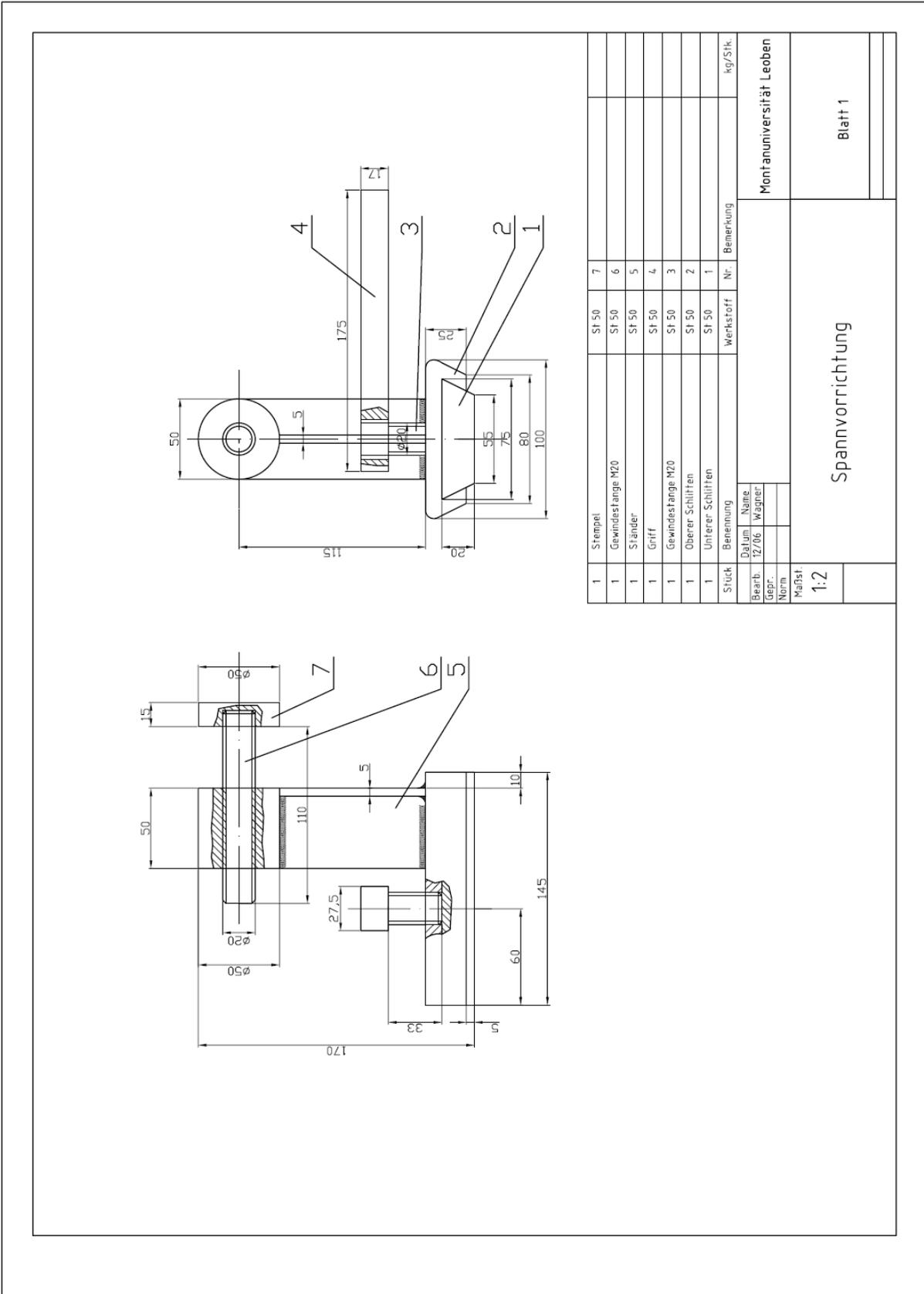


Abbildung 62: Spannvorrichtung

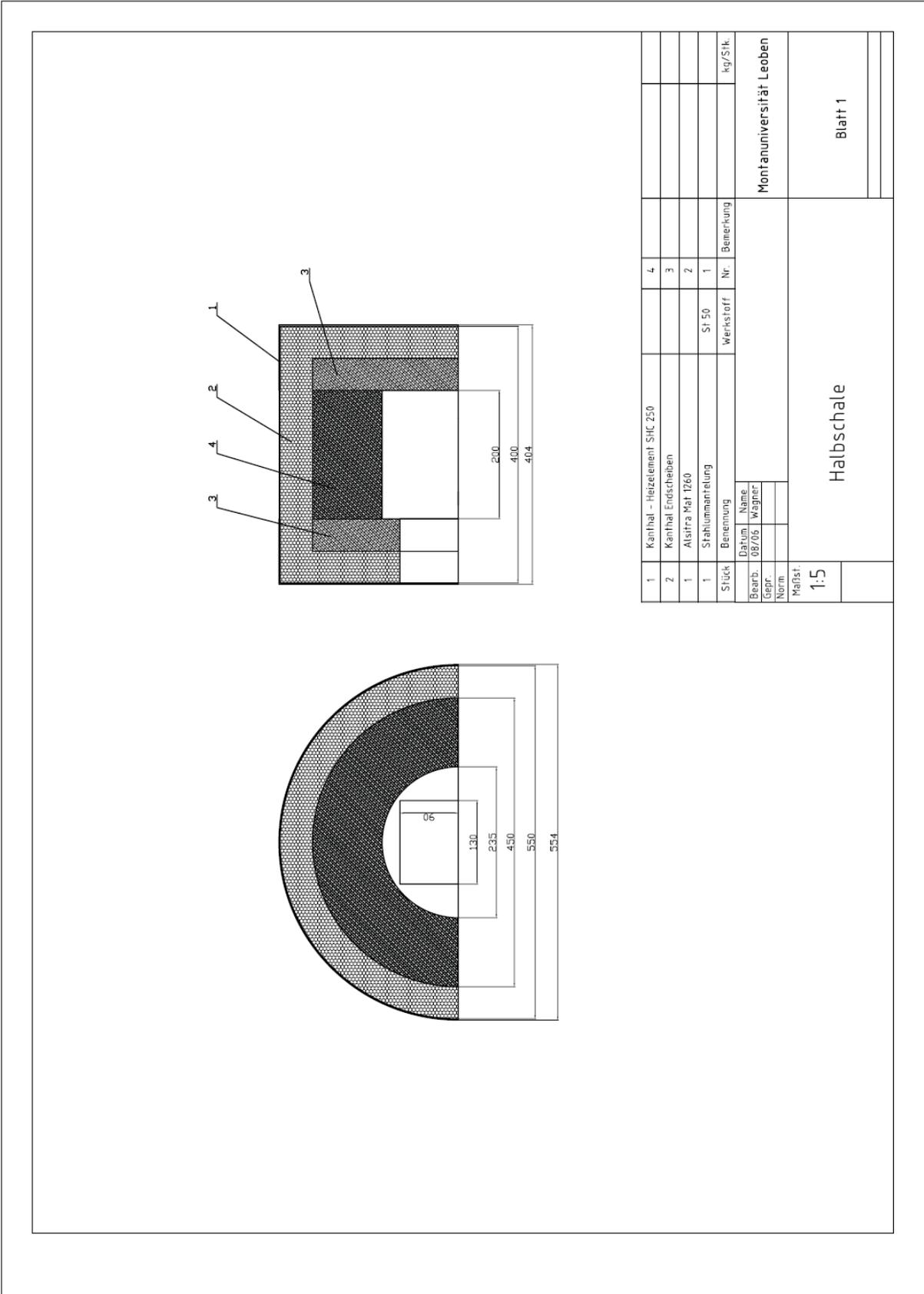


Abbildung 63: Halbschale

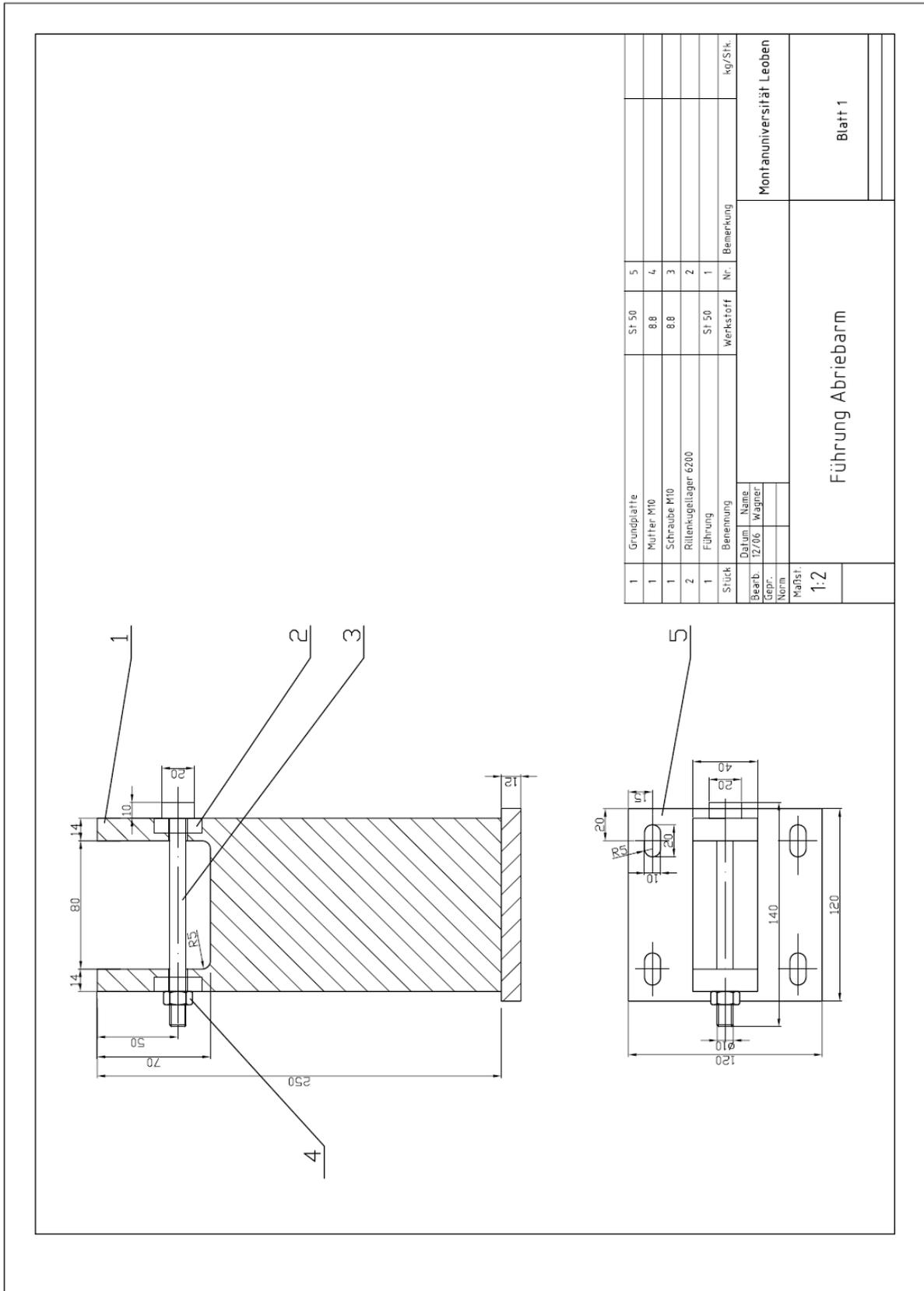


Abbildung 64: Führung Abriebarm

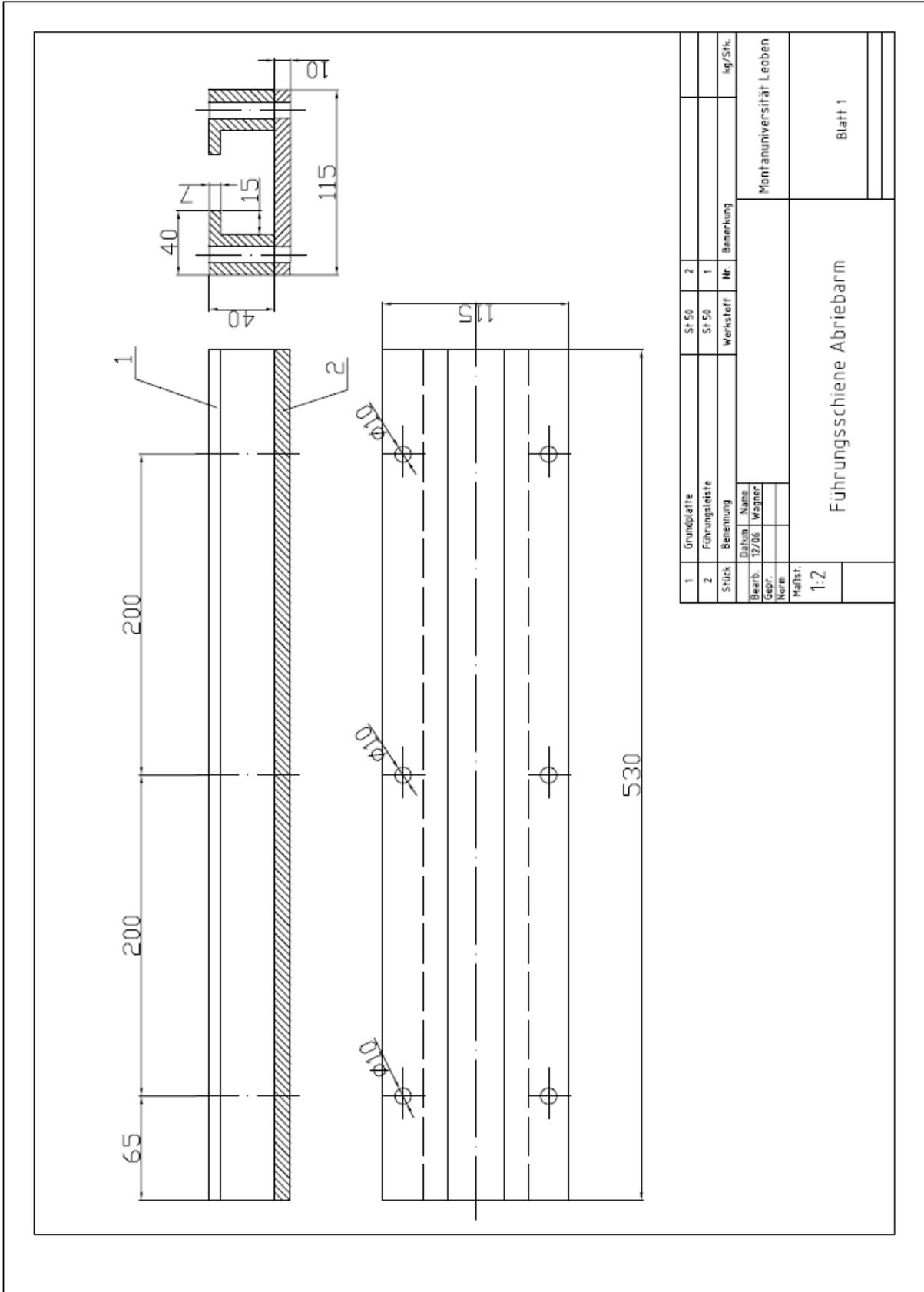


Abbildung 65: Führungsschiene Abriebarm

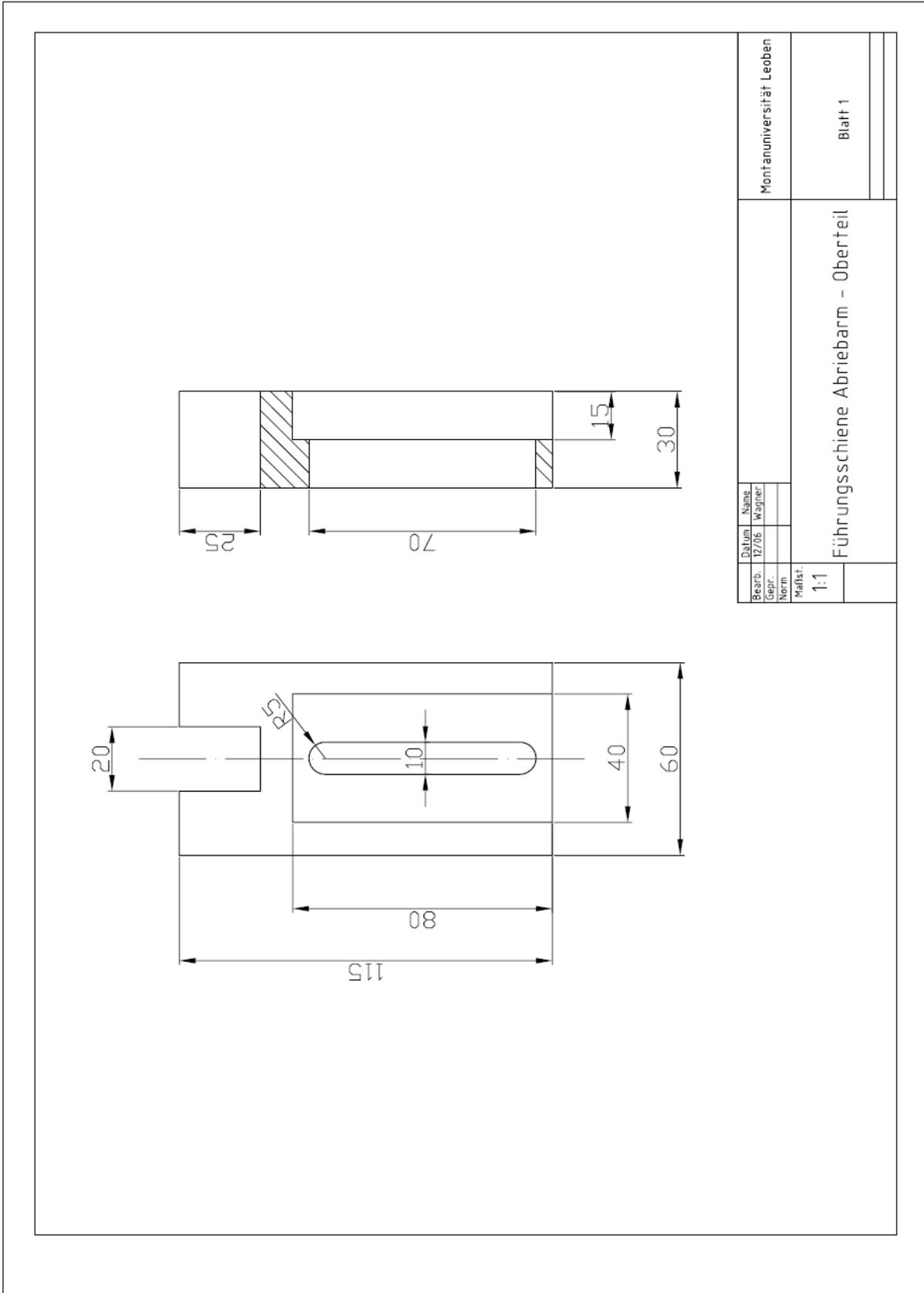


Abbildung 66: Führungsschiene Abriebarm-Oberteil

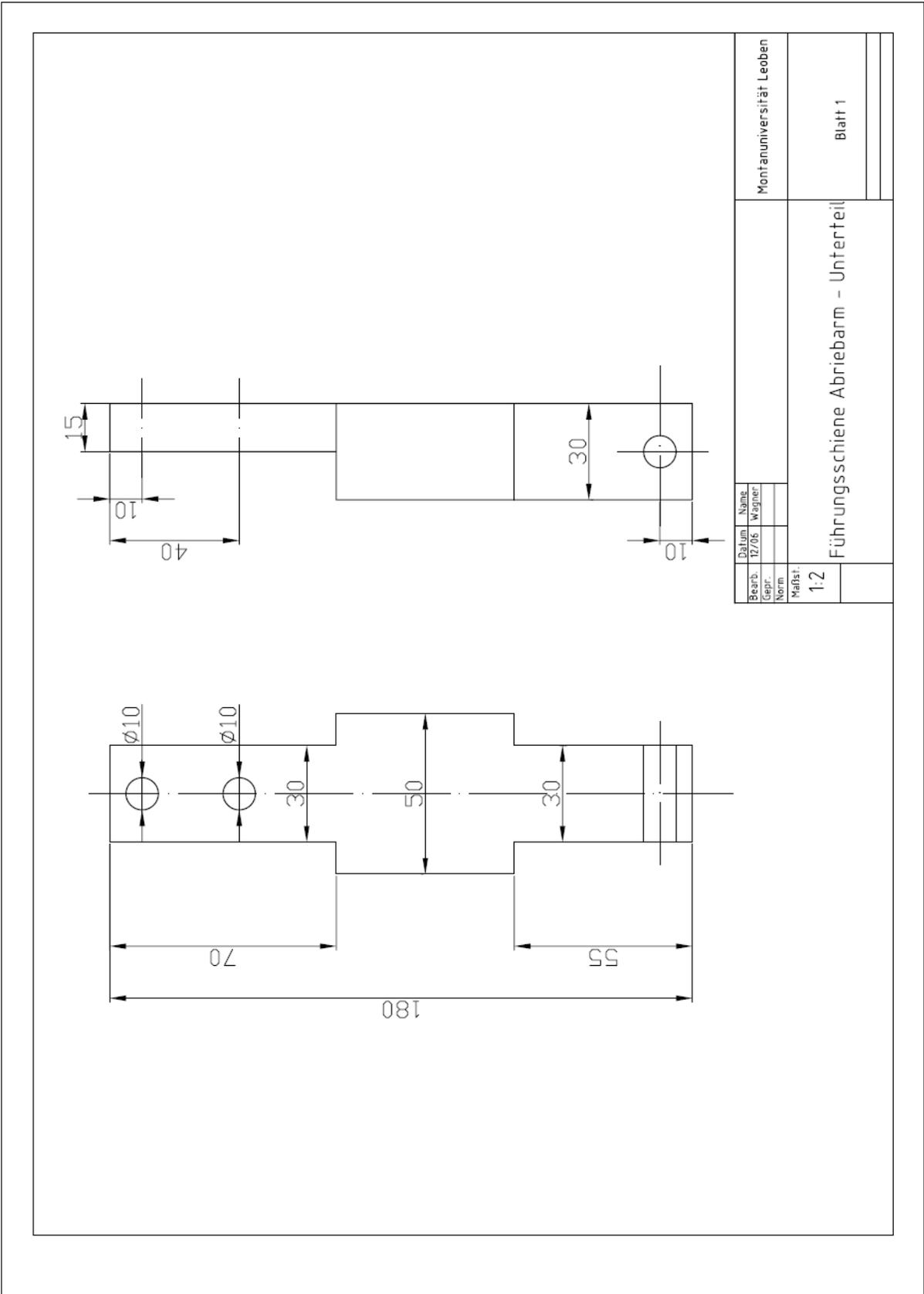
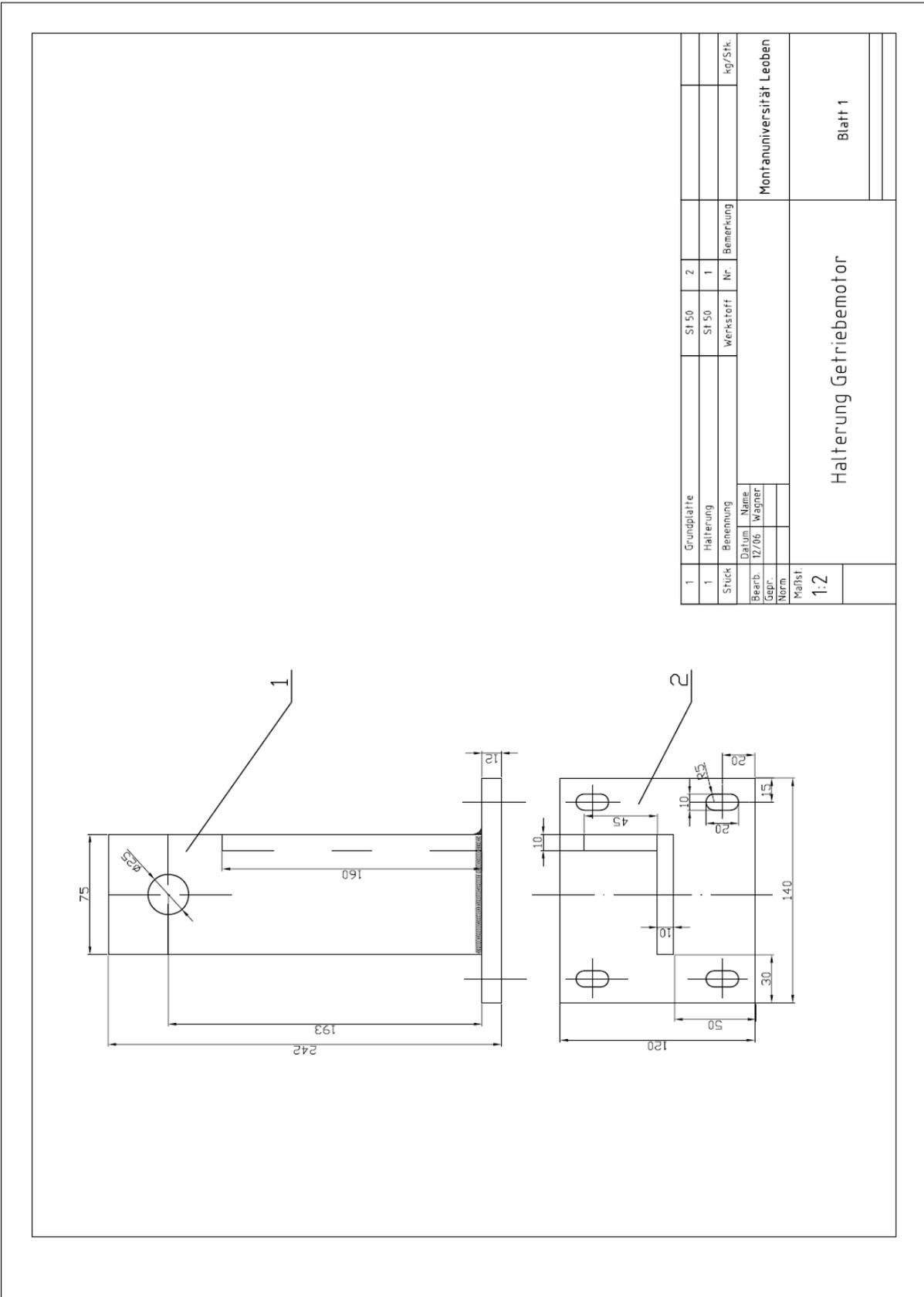


Abbildung 67: Führungsschiene Abriebarm-Unterteil



1	Grundplatte	SI 50	2		
1	Halterung	SI 50	1		
	Stück	Benennung	Werkstoff	Nr.	Bemerkung
	Bearb.	Datum	Name		
	Grupp.	12/06	Wagner		
	Norm				
	Maßst.				
1:2					
Halterung Getriebemotor					
Blatt 1					

Abbildung 69: Halterung Getriebemotor

Schaltplan

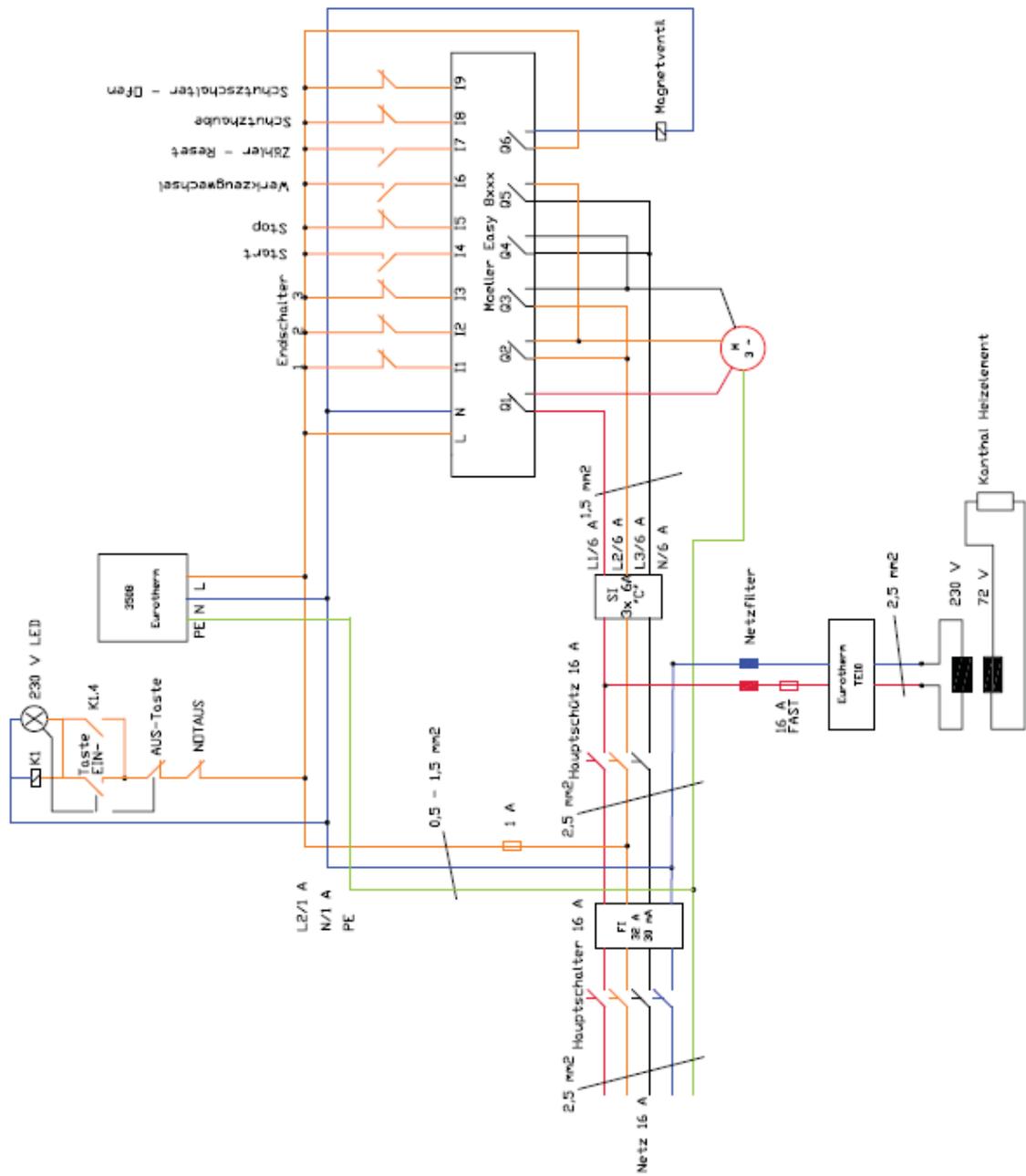


Abbildung 71: Schaltplan