

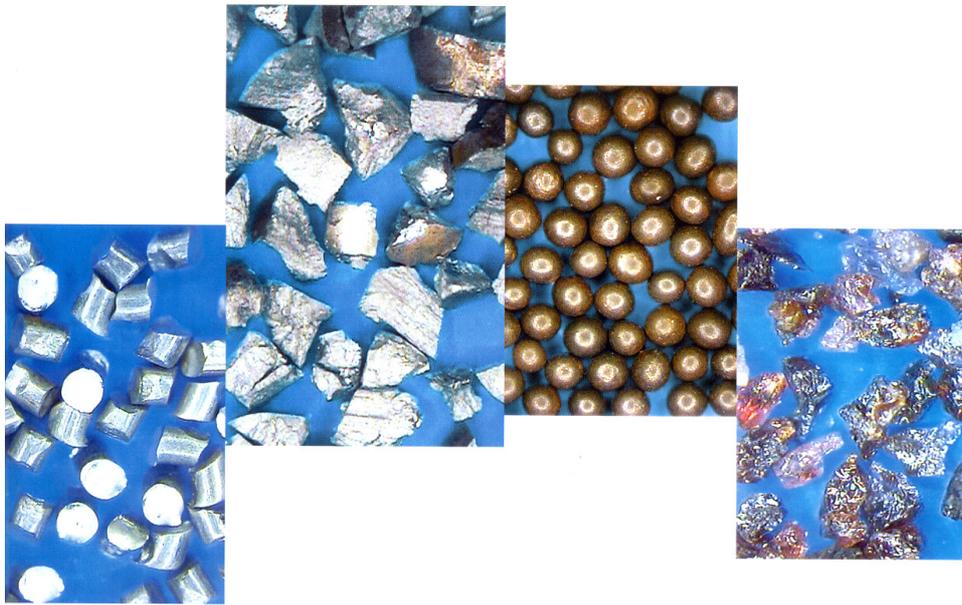


ZIEGLER + CIE AG

Diamantwerkzeuge * Schleifmittel * Outils diamantés * Matières abrasives

CH-8411 Winterthur * Industriestrasse 12 * Telefon 052 234 20 20 * Fax 052 234 20 10
E-Mail: info@zieglerag.ch * www.zieglerag.ch

VSKF- Korrosionsschutz Lehrgang 2008



Peter Vollenweider **Fertigungsverfahren Sandstrahlen/Strahlmittel**

Strahlverfahren

Strahlmittel

Einsatzmöglichkeiten

Korrelation Korngrösse Oberfläche

Kosten

Entsorgung



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
1.1 Geschichtlicher Hintergrund	3
1.2 Definition des Verfahrens	3
1.3 Wirkung des Verfahrens	4
2. Einsatzmöglichkeiten	4
3. Strahlverfahren	5
3.1 Das Schleuderradverfahren.....	5
3.2 Das Luft/Druckluftverfahren	6
4. Strahlmittel.....	7
4.1 Übersicht der gängigen Strahlmittel.....	7
4.2 Übersichtstabelle für die Verwendung von Strahlmittel	8
5. Detaillierte Übersicht der gängigen Strahlmittel.....	8
5.1 Metallische Strahlmittel.....	9
5.1.1 Hartgussstrahlmittel DIAMANT	10
5.1.2 Stahlgussstrahlmittel VERA	11
5.2 Synthetische Strahlmittel	12
5.2.1 Korundsorten	13
5.2.2 Glas- und Keramik- Strahlmittel.....	14
5.3 Schlackenstrahlmittel.....	15
6. Einfluss der Korngröße auf die Oberflächenrauheit	16
6.1 Definitionen der Oberflächenrauheit	16
6.1.1 Vergleichenden optischen Methoden	16
6.1.2 Vergleichsmuster nach ISO 8501-1.....	16
6.1.3 Gemessene Oberfläche mittels Messgerät.....	17
6.2 Korrelation Strahlmittel Oberflächenrauheit	18
7. Kosten	19
8. Umweltschutz/Entsorgung	19
9. Aufbereiten von Strahlschutt; Ein mögliches Verfahren.....	20
10. Literaturverzeichnis.....	22



1. Einleitung

1.1 Geschichtlicher Hintergrund

Der Impuls für die Anwendung der Strahltechnik wurde dem Menschen von der Natur gegeben. Durch Wind und Sturm getragener Wüstensand zeichnete im Verlaufe von vielen Jahren bizarre Figuren in feste Materialien wie Holz, Glas oder auch Steine



Bild: Verformter Kalkstein in Gozo (Malta)

Mit dem ersten Patent vom 1. August 1870 durch den amerikanischen General Benjamin Chew Tilghmann über die Bearbeitung von Oberflächen war der Beginn für das Fertigungsverfahren der Strahltechnik getan. Er gründete eine heute noch bestehende Firma für den Verkauf und die Fabrikation von Strahlapparaten. 1872 wurde das bestehende Patent für die Reinigung von Eisen und anderen Metallen mittels Strahlsand (Quarz = kristalline Kieselsäure) erweitert. In weiteren Patenten wurden Strahlverfahren betrieben durch Dampf und Wasser geschützt. Auch die Verwendung des Schaufelrades und somit der Zentrifugalkraft zur Beschleunigung des Sandes sind in diesen Patenten erwähnt.

Gearbeitet wurde mit Quarzsand. Als Folge der ungenügenden Technologie traten schreckliche Silikose-Erkrankungen auf. Die Verwendung von Quarzsand ohne entsprechende Schutzmassnahmen ist heute aus diesem Grund strikte verboten. Die Strahltechnik ist bis zum heutigen Tag konsequent weiter entwickelt worden. Es stehen heute hochwertige ungefährliche Strahlmittel und präzise arbeitende Maschinen zur Verfügung

1.2 Definition des Verfahrens

Bei der Strahltechnik handelt es sich um ein ganz spezifisches Fachgebiet der Technik. Man versteht darunter die Gesamtheit der Verfahren zur Behandlung und Verdichtung von Oberflächen unter Verwendung sehr verschiedenartiger Medien, die mit hoher Geschwindigkeit auf die zu behandelnden Oberflächen geschleudert werden. Die Abwurfgeschwindigkeiten bewegen sich im Bereich von 20m/sec bis 300m/sec.

Die heute zur Verfügung stehenden modernen Strahlmittel kann man grob in zwei grosse Gruppen unterteilen. Es handelt sich dabei um mineralische, synthetische und vegetabile Stoffe, oder aber um metallische Strahlmittel. Bei den mineralischen und synthetischen Strahlmittel haben einzelne Körner fast immer eine vieleckige Form mit scharfen Kanten. Die Körner der metallischen Strahlmittel können eine kugelige, zylindrische oder aber eckig, kantige Form aufweisen. Die üblichen Korngrössen betragen je nach Verwendungszweck zwischen 0,2-2,5 mm. In gewissen Spezialfällen jedoch, wo es sich um feinste Oberflächenbehandlung handelt, gelangen Spezialstrahlmittel mit wesentlich feineren Körnungen zum Einsatz



1.3 Wirkung des Verfahrens

Die Oberflächenbearbeitung mittels Strahlmittel beruht im Grunde genommen auf der Wirkung, die das Strahlmittelkorn beim Auftreffen auf die Struktur der Werkstückoberfläche ausübt. Je nach Wahl des Strahlmittels oder Verfahrens kann diese hämmernd, verfestigend, schleifend, reinigend, aufrauend, läppend, entgratend oder sogar polierend genutzt werden. Im nachfolgenden wird eine Übersicht der Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens zu geben.

2. Einsatzmöglichkeiten

Putzen und Entsanden von Guss aller Art

- Grauguss, Stahlguss, Schwermetall- und Aluminiumguss

Reinigungsstrahlen als Vorbereitung der Oberfläche

- Entzundern und Aufrauen von Oberflächen vor dem Farbspritzen oder Verzinken
- Vorbereiten der Oberfläche vor dem Auftrag von Kunststoffschichten oder dem Metallisieren
- Aufrauen und Reinigen vor dem Emaillieren von z.B. Badewannen
- Entrosten

Entzundern von Walzwerk-Erzeugnissen

- Sichtbarmachen von Oberflächenfehlern

Entzundern vor der Weiterverarbeitung

- Vorbereitung von Knüppel, Brammen, Stabstahl, Bleche usw.

Entfernen alter Farbanstriche und anderer Schutzschichten

- An Fahrzeugen und Schiffswänden
- Aller Arten von Bauteilen aus Stahlbau, Kesselbau und Metallbau

Anwendung zur Veredelung von Oberflächen

- Mattieren, verzieren und veredeln von Glasgegenständen
- Mattieren von Walzwerkwalzen zur Herstellung mattierter Bänder und Folien
- Mattieren und veredeln von mechanischen Bauteilen und Uhrenschalen
- Entgraten von Kunststoffpressteilen, Gummi-Formstücken usw.
- Glättstrahlen, Läppen und Polierstrahlen nach Spezialverfahren
- Behandlung von Metallteilen mittels Glasperlen zur Vorbereitung für Mattverchromung
- Vorbereitung für galvanische Überzüge

Reinigungsstrahlen

- Abstrahlen von Löt- und Schweissstellen
- Entfernen von diversen Rückständen ohne Beschädigung der Toleranzen

Kugelstrahlen (Shotpeening Verfahren) (Kugelstrahlen erzeugt Oberflächenverfestigung)

- Behandlung von Blatt-, Druck-, Spiral- und Torsionsfedern zur Erhöhung der Standfestigkeit
- Behandlung von Turbinenschaufeln, Schaufeln von Turboladern usw.
- Behandlung von Motorenbauteile (Ventile, Kurbelwellen, Pleuelstangen, Getriebe)
- Oberflächenbehandlung zur Beseitigung von Spannungskonzentrationen
- Behandlung von Flugzeugteilen aus Aluminium
- Peenforming zur Wölbung und Formgebung von Blechen **Sonderfälle und**

Spezialanwendungen

- Strahlen im Prüffeld als Vergleichsmethode für Verschleissverhalten
- Aufstrahlen von Zinkschicht



3. Strahlverfahren

Grundsätzlich werden drei verschiedene Strahlverfahren beziehungsweise Strahlanlagen unterschieden. Alle Systeme arbeiten vorzugsweise mit Pressluft. Bei gewissen Anwendungen kommen aber auch Wasserdampf oder sogar Wasser sowie andere Medien zur Verwendung.

3.1 Das Schleuderradverfahren

Wie der Name schon sagt wird bei diesem System das Strahlmittel mittels Zentrifugalkraft einer Turbine auf die zu bearbeitende Oberfläche geschleudert. Schleuderräder werden vor allem da eingesetzt wo grosse Flächenleistung gefordert ist, da die Arbeitsweise eine grosse Streuung hat. Aufgrund des Verschleissverhaltens der Turbinen können bei dieser Art der Beschleunigung nur sphärische Strahlmedien eingesetzt werden. Es können Durchsatzleistungen von bis 200 kg/min erreicht werden.

Bei Schleuderradanlagen kann bei der Strahlmaschine noch grundsätzlich zwischen drei verschiedenen Bauarten unterschieden werden:

Direkte Zuführung des Strahlmittels zu den Wurfschaufeln (Gravitationsprinzip)

Schleuderräder mit pneumatischer Vorbeschleunigung des Strahlmediums

Schleuderräder mit indirekter Vorbeschleunigung des Strahlmittels

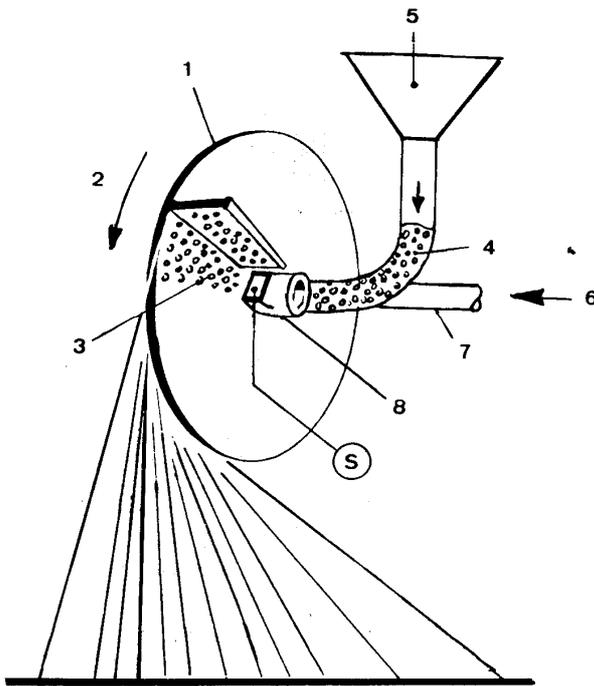


Bild 1: Arbeitsprinzip der pneumatischen Vorbeschleunigung des Strahlmittels.

- 1=Einscheibenrad, 2=Drehrichtung 3=aus der Düse austretendes Strahlmittel
- 4=Zentrifugenleitung 5=Einlauftrichter
- 6=Druckluft für Vorbeschleunigung
- 7=Injektor für Vorbeschleunigung
- 8=Austrittsdüse

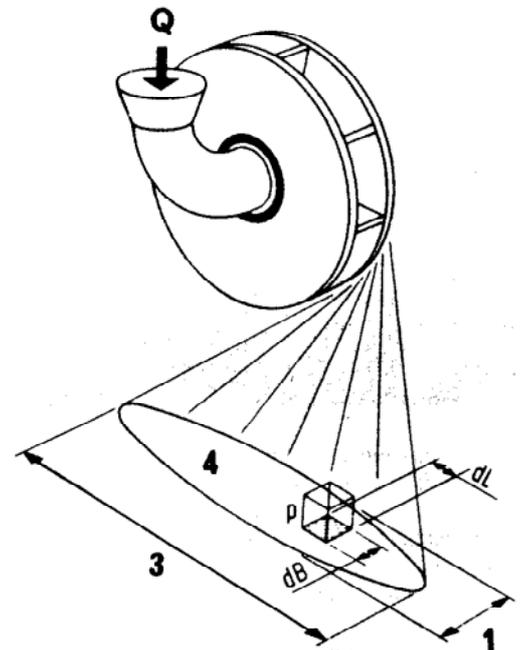


Bild 2: Strahlbild eines Schleuderrades

- 1=Strahlbildbreite 3=Länge des Strahlbildes
- 4=Strahlbild



3.2 Das Luft/Druckluftverfahren

Zur Beschleunigung des Strahlmittels wird Druckluft eingesetzt. Es gibt grundsätzlich zwei verschiedene Methoden:

- a) **Das Injektor-Strahlverfahren.** Es handelt sich um ein Gerät bei welchem das Strahlmittel nach dem Saugprinzip durch den Luftstrom angesaugt und beschleunigt wird. Mit dieser Technik kann bereits mit kleinen Mengen gearbeitet werden. Es wird daher speziell für kleinere Arbeiten eingesetzt, oder wenn mit vielen verschiedenen Strahlmitteln gearbeitet werden muss.
- b) **Das Druckstrahlverfahren.** Hier wird das Strahlmittel aus einem Druckbehälter mittels Pressluft durch den Druckschlauch zur Düse befördert und in der Düse beschleunigt. Zum Arbeiten braucht es eine grössere Menge Strahlmittel, da der Druckbehälter während der Arbeiten nicht aufgefüllt werden kann. Dieses Arbeitsprinzip eignet sich daher vor allem für grössere Arbeiten in Hallen oder beim Freistrahlen.

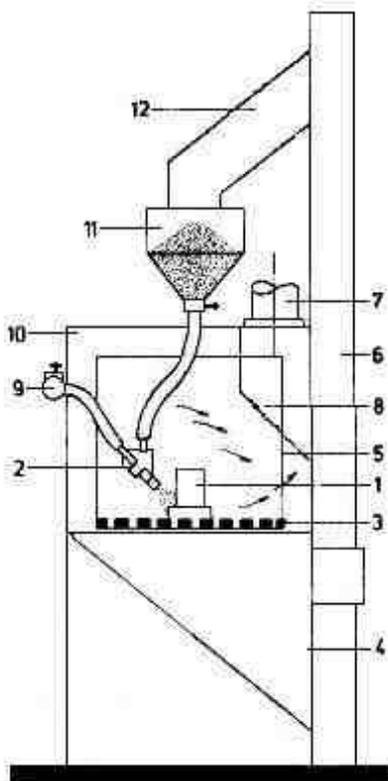


Bild 3: Prinzipschema einer nach dem Gravitationsverfahren arbeitenden Strahlkabine.

- 1=Werkstück 2=Injektor Strahlpistole
- 3=Tischrost mit Drehtisch
- 4=Materialsammeltrichter 5= Bedienungstür
- 6=Becherwerk 7= Anschluss für Absaugung
- 9=Druckluftzuleitung 10=Strahlkabine
- 11=Zwischensilo für Strahlmittel
- 11=Kaskadenabscheider für Aufbereitung und Reinigung von Strahlmittel

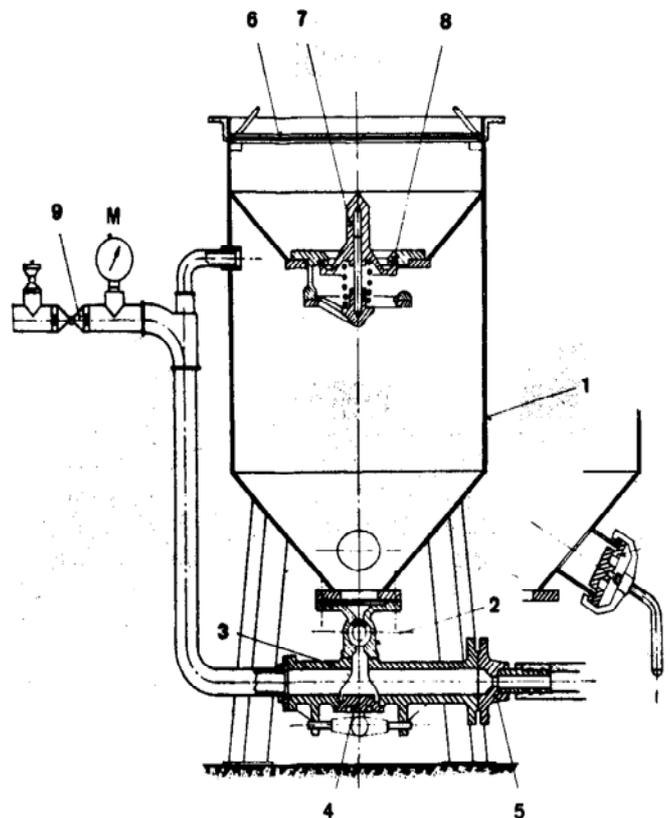


Bild 4: Druckluftstrahlgebläse nach dem Druckluftsystem

- 1=Gehäuse 2=Regulierung von Menge
- 3=Mischrohr 4=Deckel für Kontrollöffnung
- 5=Anschlussstutzen für Strahlmittelschlauch
- 6=Sieb 7=Automatisches Einlassventil
- 8=Gummidichtung 9=Drucklufthahn
- M=Kontrollmanometer



4. Strahlmittel

Im allgemeinen Sprachgebrauch werden Strahlmittel oft noch als Strahlsand bezeichnet, obwohl heute praktisch kein Sand mehr als Strahlmittel Verwendung findet. Quarzsand darf wie bereits erwähnt nur noch mit besonderen Schutzmassnahmen verwendet werden. Er sollte wegen der Silikosegefahr eigentlich gar nicht mehr zum Einsatz kommen. (Staublunge)

Der grösste Teil der modernen Strahlmittel wird eigens für die Verwendung zum Strahlen hergestellt und entwickelt. Die verschiedenen Anlagentypen, sowie die unterschiedlichen Strahlzwecke erfordern ganz spezielle Eigenschaften des Strahlmittels auf Kornform und Beanspruchung.

4.1 Übersicht der gängigen Strahlmittel

Metallische Strahlmittel, Eisenhaltige:	Metallische Strahlmittel, Nichteisenhaltige:
Hartgusskorn kantig Hartgusskorn rund Stahlgusskorn kantig Stahlgusskorn rund Stahldrahtkorn Edelstahlkorn	Aluminiumgranulat Bronzeschrott Zinkgranulat
Synthetisch Strahlmittel:	Mineralische Strahlmittel:
Normalkorund braun Strahlkorund braun (FeSi Korund) Edelkorund weiss Edelkorund rosa Diverse Sonderkorunde Siliziumkarbide	Quarzsand Granatsand
Glas/ Keramikstrahlmittel:	Schlackenstrahlmittel
Glasbruch Glasperlen Keramikkugeln	Schmelzkammerschlacke Eisensilikatschlacke
Organische Strahlmittel	
Nussschalengranulat Kunststoffgranulat Maiskolbenschrott	



4.2 Übersichtstabelle für die Verwendung von Strahlmittel

Verwendung/Strahlmittel	Stahlkugeln	Stahlguss kantig	Hartguss kantig	Korunde	Glaskugeln	Drahtkorn	Organische SM	Kunststoff SM	Keramikkugeln	Mineralisches SM	Schlacke
Reinigen allgemein Druckluft	+	++	++	++	+	+	-	-	+	++	++
Reinigen allgemein Turbine	++	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Reinigen von Formen	+	-	-	-	++	-	+	++	+	+	+
Starkes Aufrauen	-	++	++	++	-	+	-	-	-	++	+
Minimales Aufrauen	++	+	+	+	-	-	-	-	-	+	++
Vorbereitung Metallisation	-	++	++	++	-	-	-	-	-	+	+
Vorbereiten zum Kleben	-	++	++	++	-	-	-	-	-	+	+
Kugelstrahlen	++	-	-	-	+	+	-	-	++	-	-
Strahlformen	++	-	-	-	-	-	-	-	++	-	-
Entgraten allgemein	+	++	++	++	+	+	+	+	+	+	-
Entgraten Kunststoff	+	-	-	+	+	-	++	++	+	-	-
Mattieren	+	+	+	+	++	-	-	-	+	-	-
Nichteisenwerkstoffe	+	+	-	+	++	+	+	-	++	+	+
Aluminium	+	+	-	++	++	+	-	-	++	+	+
Edelstahl	+	-	-	++	++	-	-	-	++	+	+
Wasserstrahlschneiden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	-

++: empfohlen

+: möglich

-: nicht möglich

5. Detaillierte Übersicht der gängigen Strahlmittel

Wie bereits unter Punkt 4 erwähnt erfordern die modernen Fertigungsmethoden eine Fülle von hochentwickelten Strahlmitteln. Die am häufigsten verwendeten sind einerseits die metallischen Strahlmittel, sowie Korunde und Schlacken. Folgender Verbrauch wird in der Schweiz geschätzt:

Schlacke:	6000t
Metallisch:	2500t
Korunde:	1500t
Glasperlen:	1000t

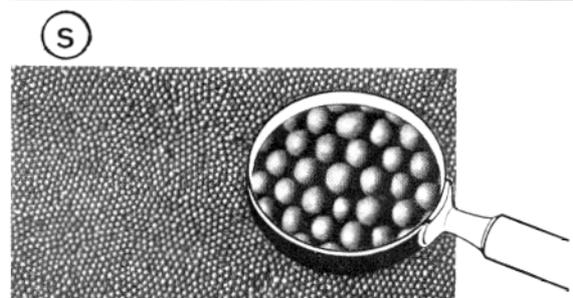
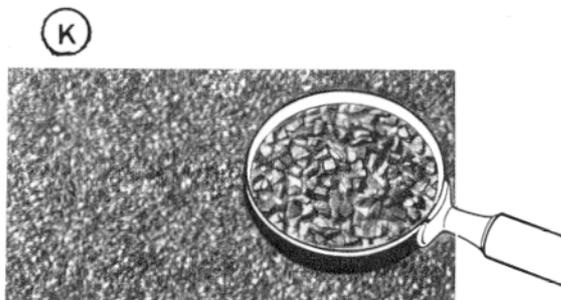
Um das Verfahren Strahlen zu beherrschen, braucht es sehr viel Erfahrung. Je genauer man das Anwendungsziel kennt, desto einfacher ist es ein geeignetes Strahlmittel zu finden. Das Verhalten kann jedoch nie genau vorausgesagt werden. Es muss meistens eine Testphase durchlaufen werden. Sehr viele Einflussfaktoren können das Endergebnis beeinflussen: Feuchtigkeit, Fetthaltigkeit, Strahldruck, Strahlmittel, Strahldüsen usw. Es ist also zu empfehlen bei schwierigen Anwendungen einen Spezialisten beizuziehen. Nachfolgend werden die wichtigsten Strahlmittel genauer beschrieben.



5.1 Metallische Strahlmittel

Die Hauptmerkmale sind einerseits der Kohlenstoffgehalt des Eisens, die Härte des Strahlmittels sowie das Herstellungsverfahren. Diese Hauptmerkmale sind in der folgenden Tabelle kurz und übersichtlich zusammengefasst worden.

Strahlmittel	Werkstoff	C %	Härte HRC	Korn-Form	Herstellung	Gefüge
Hartguss Rund	Weissguss	3,2-3,6	62-68	Kugel	In flüssiger Fase zerstäubt	Martensitisch oder perlitisch mit Einschüssen von Eisenkarbid
Hartguss Kantig	Weissguss	3,2-3,6	62-68	Kantig		
Thermoguss rund	Weissguss	3,2-3,6	45-64	Kugel	In flüssiger Fase zerstäubt und thermisch nachbehandelt	
Thermoguss kantig	Weissguss	3,2-3,6	45-64	Kantig		
Stahlguss rund	Stahlguss	0,85-1,2	46-51	Kugel	In flüssiger Fase zerstäubt, 2fach thermisch nachbehandelt (1.Strukturumwandlung 2.Anlassen auf gewünschte Härte)	Vollständig homogenes Gefüge aus Martensit u. Bainit
Stahlguss kantig	Stahlguss	0,85-1,2	48-52	Kantig		
Stahlguss kantig	Stahlguss		56-60	Kantig		Vollständig homogenes Gefüge im Zwischenstadium Martensit u. Sorbit
Stahlguss kantig	Stahlguss		62-66	Kantig		Vollständig homogenes Gefüge aus Martensit
Stahlschnitt	Gezogener Stahldraht	0,7	35-38 54-60	Zylindr. Kantig Rund	Geschnittener Stahldraht Tw. Schrägschnitte und auch gerundet	Normalerweise perlitisches bis ferritisches Gefüge



Metallische Strahlmittel sind entweder in sphärischer oder kantiger Form erhältlich.
S: sphärische Form K: kantige Form



5.1.1 Hartgussstrahlmittel DIAMANT

Hartgusskorn ist ein aus flüssiger Phase granulierter Hartguss. Hartguss ist in kantiger oder runder Form erhältlich. Bei der Verwendung entsteht wegen der Sprödigkeit des Materials sehr schnell ein scharfkantiges Mischkorn mit sehr guter spanabhebender Wirkung.

Diese Strahlmittel können auch thermisch nachbehandelt werden. Es handelt sich um Weichglühen mit dem Ziel, die innere Spannung des Materials zu entfernen um die Standzeit zu verlängern. Das Material ist unter dem Namen THERMODUR auf dem Markt erhältlich.

Anlagen: Der kantige Hartguss kommt vor allem in Druckluftanlagen zum Einsatz. Auf Schleuderrad- oder Injektoranlagen ist dieses Strahlmittel nur sehr bedingt geeignet.

Anwendung: Reinigungsstrahlen, Raustrahlen, Mattieren.

Untergründe: In der Praxis kann Hartguss nur für Guss- und Stahluntergründe verwendet werden, da die Rückstände Flugrost hervorrufen könnten. Dazu besteht auch die Gefahr von Unterrostung von Farb- und Trennschichten.

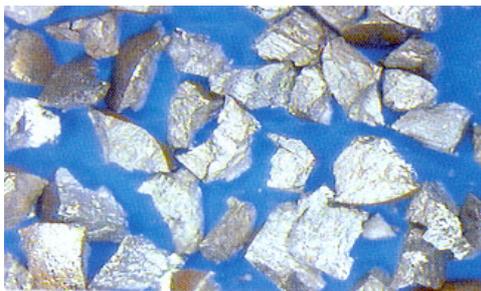


Bild: Hartguss kantig.



Bild: Hartguss rund

Richtanalyse: C: 3,0 – 3,4%
Mn: 0,8 – 1,0%
S: < 0,12%
P: 0,15 – 0,45%

Gefüge: martensitisch
Härte: 60 – 64 HRc

Spez. Gewicht: 7,4 Kg/l

Schüttgewicht: 3,5 Kg/l

Kornklassen:	2,40–3,15mm
	2,00–2,80mm
	1,60–2,24mm
	1,25–2,00mm
	1,00-1,60mm
	0,80-1,25mm
	0,60-1,00mm
	0,40-0,80mm
	0,30-0,60mm
	0,20-0,40mm
	0,16-0,30mm
	0-200µ
	0-140µ
	0-80µ

Richtanalyse: C: 3,0 – 3,4%
Mn: 0,8 – 1,0%
S: < 0,12%
P: 0,15 – 0,45%

Gefüge: martensitisch
Härte: 60 – 64 HRc

Spez. Gewicht: 7,4 Kg/l

Schüttgewicht: 4,2 Kg/l

Kornklassen:	2,40–3,15mm
	2,00–2,80mm
	1,60–2,24mm
	1,25–2,00mm
	1,00-1,60mm
	0,80-1,25mm
	0,60-1,00mm
	0,40-0,80mm
	0,30-0,60mm
	0,20-0,40mm



5.1.2 Stahlgussstrahlmittel VERA

Stahlgusskorn VERA wird aus speziellem hochwertigem Blechschrott erschmolzen und aus flüssiger Phase granuliert und wärmebehandelt. Es ist als rundes und kantiges gebrochenes Korn erhältlich. Wegen seiner Zähigkeit behält es seine Form sehr lange, neigt aber zum verrunden.

Anlagen: Stahlguss eignet sich besonders für die Verwendung auf Schleuderradanlagen, ist aber auch für Druckluftanlagen geeignet. Rundes Korn kann wegen der aerodynamischen Form auf Druckluftanlagen Förderprobleme verursachen.

Anwendung: Reinigungsstrahlen, raustrahlen, enzundern und entgraten. Rundes Material kann auch für das Shotpeening - Verfahren verwendet werden.

Untergründe: In der Praxis kann Hartguss nur für Guss- und Stahluntergründe verwendet werden, da die Rückstände Flugrost hervorrufen könnten. Dazu besteht auch die Gefahr von Unterrostung von Farb- und Trennschichten. Rundes Material schliesst zudem die Oberflächenporen, was die Haftung von aufzubringender Schicht beeinträchtigen kann.

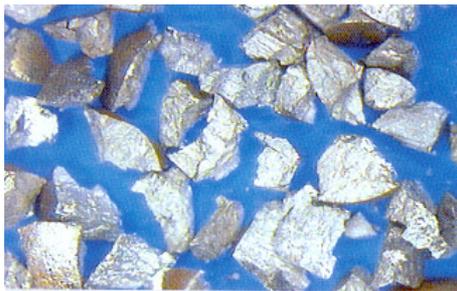


Bild: Stahlguss kantig.

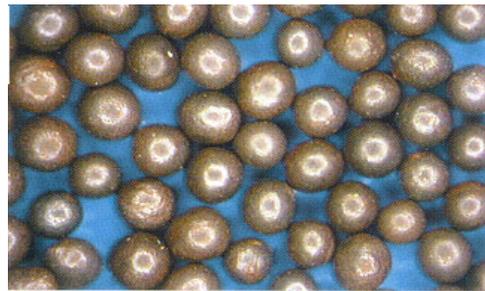


Bild: Stahlguss rund

Richtanalyse:	C: 0,8 – 1,2% Mn: 0,60 – 1,2% S: < 0,05% P: < 0,05%
Gefüge:	martensitisch
Härte:	50 – 55 HRc andere Härten mögl.
Spez. Gewicht:	7,4 Kg/l
Schüttgewicht:	3,7 Kg/l
Absiebung:	nach DIN
Kornklassen:	1,18–2,00mm 1,00-1,70mm 0,42-1,18mm 0,18-0,71mm
	0,71-1,40mm 0,30-1,00mm 0,12-0,42mm

Richtanalyse:	C: 0,14 – 0,18% Mn: 0,4 – 0,6% S: < 0,015% P: < 0,015%
Gefüge:	martensitisch bainitisch
Härte:	42 – 48 HRc
Spez. Gewicht:	7,4 Kg/l
Schüttgewicht:	4,3 Kg/l
Absiebung:	nach DIN
Kornklassen:	2,40–3,15mm 2,00–2,80mm 1,25–2,00mm 0,80-1,25mm 0,40-0,80mm 0,20-0,40mm 0,10-0,20mm
	1,60–2,24mm 1,00-1,60mm 0,60-1,00mm 0,30-0,60mm 0,16-0,30mm



5.2 Synthetische Strahlmittel

Bei der zu dieser Gruppe gehörenden Strahlmittel, handelt es sich um nichtduktile, harte, zum Teil sogar sehr harte Materialien, die als gebrochene, scharfkantige, eckige Körnung geliefert werden. Auch bei den mineralischen und synthetischen Stoffen bestimmt die grosse Härte das Verhalten des Strahlmittels im Betrieb. Die beim Strahlmittel auftretende Stossbeanspruchung führt deshalb verhältnismässig rasch zu Bruch des Strahlmittelkorns. Es handelt sich hierbei jedoch im Gegensatz zu den metallischen Strahlmitteln nicht um durch örtliche Deformationen bedingten Ermüdungsbruch, sondern um durch direkte Stossbeanspruchung verursachtes Auseinanderbrechen des aus einem spröden Material bestehenden Kornes in mehrere scharfkantige Bruchstücke.

Ihrer grossen Härte entsprechend haben synthetische Strahlmittelsorten nur eine niedrigere Standzeit. Diese Faktoren haben andererseits im praktischen Betrieb zur Folge, dass sich schon nach kurzer Zeit ein stabilisiertes Betriebsgemisch bildet das alle Kornfraktionen umfasst, beginnend mit der grössten Körnung des ungebrauchten neuen Strahlmittels bis zur Abscheidkorngrösse als kleinste Kornfraktion.

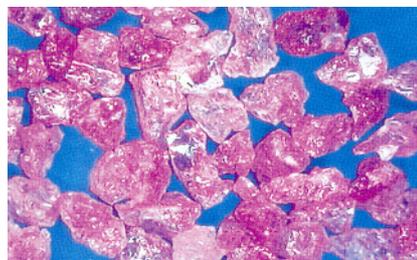
Für alle Anwendungsgebiete wo eckiges, scharfkantiges Strahlmittel benötigt wird, ist ein solches aus Fraktionen aller Grössen bestehendes Betriebsgemisch erwünscht und ergibt gleichmässig gestrahlte, matt satinierte Oberflächen. Dies ist beim Strahlen mit kantigen Eisen-Strahlmitteln, sei es Hartguss- oder Stahlkies, nicht zu erreichen. Von den vielen in Frage kommenden natürlichen oder künstlich hergestellten Stoffen hat sich vor allem der Elektrokorund als vollwertigen Ersatz für Quarzsand erwiesen:

Elektrokorund, ebenso wie alle übrigen synthetischen und mineralischen Strahlmittel können beim heutigen Stand der Technik nur in Anlagen eingesetzt werden, in denen Druckluft für das Beschleunigen des Strahlmittels verwendet wird. Es ist bisher noch nicht gelungen, Schleuderrad-Konstruktionen zu entwickeln, die sich für den Einsatz dieser abrasiven Strahlmittelsorten eignen würden (Verschleiss des Schleuderrades).

Unter der Bezeichnung Edelkorund versteht man das im Elektroofen aus Bauxit oder Tonerde erschmolzene und somit künstlich erzeugte Produkt. Es wird im Wesentlichen unterschieden zwischen Edelkorund weiss/rosa (aus Tonerde erschmolzen) und Normalkorund braun (aus Bauxit erschmolzen). Die chemische Bezeichnung lautet: Al_2O_3 (Aluminiumoxyd).



Edelkorund weiss



Edelkorund rosa



Normalkorund



5.2.1 Korundsorten

Je nach Herstellverfahren und Ausgangsmaterial entstehen beim Schmelzprozess unterschiedliche Korundsorten. Grundsätzlich unterscheidet man das Block- und Abstichverfahren, welche der Qualität des Materials ganz unterschiedliche Charaktere geben. Die Härte des Korunds ist aber in allen Fällen mit 9 nach der Mohs'schen Skala angegeben. Korund gehört damit zu den härtesten bekannten Werkstoffen und wird aus diesem Grund vorzugsweise als Schleifmittel eingesetzt. Für die spätere Verwendung als Strahlmittel kommt praktisch nur das Blockverfahren zur Anwendung.

Durch spezielle Nachbehandlungen wie Glühen, Beschichten usw. können die Eigenschaften des Materials weiter beeinflusst werden. Diese speziellen Korundsorten finden hochgradig in der Schleifmittelindustrie Verwendung.

Anlagen: Ausschliesslich auf allen Arten von Druckluftanlagen

Anwendung: Reinigungsstrahlen und Bearbeiten von Stahl-, Hart-, Leichtmetallen. Oberflächenvorbereitung Schutzschichtauftrag und Spritzmetallisieren. Überall wo hohe Abrasivität erwünscht ist. Als Hartstoff für rutschfeste Beläge.

Untergründe: Korund ist aufgrund seiner Eigenschaften als Universalstrahlmittel zu bezeichnen und wird für alle Anwendungen verwendet. Eignet sich vorzüglich, wenn eine typische zerklüftete Oberfläche erwünscht ist. (Grosse Haftigenschaften von Beschichtungen).

Chemische Analysen:

TYP:		AL ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	NaO ₂	CaO	MgO	Fe	Si	Ti
Anteile in %											
WSK	(Edelkorund weiss)	99.70		0.01	0.03	0.23	0.01				
ESK	(Normalkorund)	96.45	2.75	0.40	0.12		0.06	0.28			
RBT-9	(hochw. Normalkorund)	96.10	2.95	0.50	0.15		0.06	0.28			
OSO	(Strahlkorund)	95.10	2.65	0.90	1.00		0.10	0.25			
DSO	(Strahlkorund)	39.00	0.90	0.30	0.30				46.00	7.2	3.0
FST	(Freistrahlskorund)	33.50	0.90	0.30	0.30				53.00	8.8	3.2

Reinkörnungen nach FEPA

FEPA	µm	FEPA	µm	FEPA	µm	FEPA	µm
Nr.		Nr.		Nr.		Nr.	
8	2000 - 2800	22	710 - 1100	54	250 - 355	120	90 - 120
10	1700 - 2360	24	600 - 850	60	212 - 300	150	63 - 106
12	1400 - 2000	30	500 - 710	70	180 - 250	180	53 - 90
14	1180 - 1700	36	425 - 600	80	150 - 210	220	45 - 75
16	1000 - 1400	40	355 - 500	90	125 - 180	240	0 - 63
20	850 - 1180	46	300 - 425	100	106 - 150		



5.2.2 Glas- und Keramik- Strahlmittel

Glas- und Keramikstrahlmittel kommen vor allem da zum Einsatz wo es weniger um aggressives Abtragen geht, sondern um Reinigungen von Werkstücken ohne Beschädigung der Oberfläche. Häufig wird Glas auch zum Mattieren, oder im Fall von Glaskugeln zum Shotpeening eingesetzt. Keramikugeln als Strahlmittel verdrängen aufgrund der höheren Standzeit die Glaskugeln, insbesondere im Bereich Shotpeening.

Anlagen: Auf allen Arten von Druckluftanlagen. Keramik auch auf Schleuderradanlagen

Anwendung: Schonendes Reinigungsstrahlen und Bearbeiten von weichen Werkstoffen wie Leichtmetall, Kokillen, Kunststoffen und Holz. Mattieren von Edel- und Chromstahl.

Untergründe: Alle Eisen- und Nichteisenmetalle.

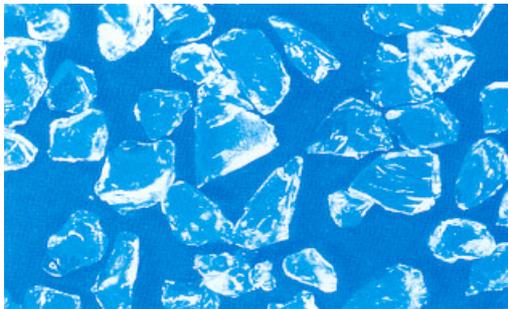


Bild: Glaskorn

Richtanalyse:	SiO ₂ : 65% Al ₂ O ₃ : 0,50 – 2,0% FeO ₃ : < 0,15% MgO: < 2,50% CaO: 8,00% Na ₂ O: > 14%
Härte:	6 nach Mohs
Spez. Gewicht:	2,5 Kg/l
Schüttgewicht:	1,5 Kg/l
Absiebung:	eigener Standart

Kornklassen:	400–1400µm
300-800µmm	300-600µmm
200-300µm	100-200µm
80-150µm	

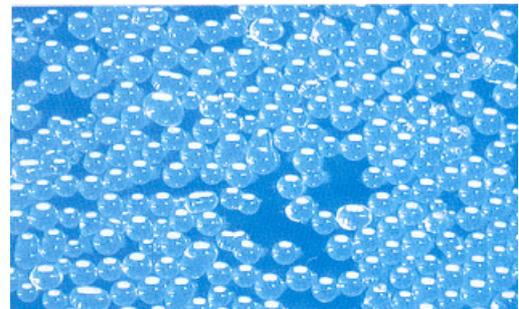


Bild: Glasperlen

Richtanalyse:	SiO ₂ : 70% Al ₂ O ₃ : 0,50 – 2,0% FeO ₃ : < 0,10% MgO: 3,00-5,00% CaO: 8,00-11,00% Na ₂ O: 13-15%
Härte:	5 nach Mohs 47 HRc
Spez. Gewicht:	2,45 Kg/l
Schüttgewicht:	1,5 Kg/l
Absiebung:	nach DIN

Kornklassen:	400–840µm
420-590µmm	250-420µmm
180-300µm	150-250µm
105-210µm	75-150µm
50-105µm	40-80µm
0-50µm	



5.3 Schlackenstrahlmittel

Auf dem Markt werden im Wesentlichen zwei unterschiedliche Schlackenarten angeboten. Bei der Schmelzkammerschlacke (ASILIKOS) handelt es sich um bei Kohlekraftwerken anfallende Schlacke, die gemahlen, gesiebt, entstaubt, entmagnetisiert und ausgesiebt wird.

Die Eisensilikatschlacke (NASTRA) wird beim Schmelzen von Kupferkonzentraten erzeugt. Die Schmelze wird bei einer Temperatur von 1250 Grad Celsius über eine Rinne mit einem temperaturgesteuerten Druckwasserstrahl granuliert. Nach dem Abkühlen im Wasserbassin wird das so hergestellte Granulat vom Feinkorn getrennt.

Die Schlacken sind als sogenannte Einweg-Strahlmittel zu bezeichnen und kommen aus diesem Grund vor allem bei Strahlaufgaben im Freien zum Einsatz. Wegen der relativ geringen Härte und Abrasivität sind diese Strahlmittel in „Kreislaufanlagen“ mit entsprechender Filtertechnik

trotz des geringen Preises unwirtschaftlich und verlieren zunehmend an Bedeutung.



Bild: Schmelzkammerschlacke

Richtanalyse: SiO₂: 48-51%
FeO₃: 8-12%
Al₂O₃: 28-34%
CaO: 2-5%
K₂O: 3-5%

Härte: 7 nach Mohs

Spez. Gewicht: 2,5 Kg/l

Schüttgewicht: 1,6 Kg/l

Absiebung: nach DIN

Kornklassen: 0,25-1,40mm

0,50-1,40mm 0,25-2,00mm

0,25-2,80mm

Diverse Sonderkörnungen lieferbar



Bild: Eisensilikatschlacke

Richtanalyse: SiO₂: 30,0-34,0%
FeO: 51,0-57,0%
Al₂O₃: 3,0-7,0%
CaO: 1-2%
ZnO: 1-2%
MgO: 1,5%
Cu₂O: 0,7%
S: 0,4%

Härte: 7 nach Mohs

Spez. Gewicht: 3,7 Kg/l

Schüttgewicht: 1,850 Kg/l

Absiebung: nach DIN

Kornklassen: 0,20-1,00mm

0,20-1,40mm 0,20-2,00mm

0,20-2,80mm 0,50-1,40mm

0,50-2,00mm



6. Einfluss der Korngrösse auf die Oberflächenrauheit

Die Korngrösse hat einen entscheidenden Einfluss auf die Rauigkeit der Oberfläche. Die Rauigkeit wiederum beeinflusst die Haftungsfähigkeit der Beschichtungen, was im heutigen Korrosionsschutz von grösster Bedeutung ist. Weniger bekannt ist, dass die Kornform des verwendeten Strahlmittels einen weitem wichtigen Einfluss auf die Oberflächenbeschaffenheit der behandelten Oberfläche hat

Die Rauheit einer Oberfläche umfasst Oberflächengestalt und den Oberflächencharakter, also das Oberflächenprofil und beinhaltet im Wesentlichen die sogenannte Rauhtiefe. Im Allgemeinen wird für den Korrosionsschutz unter der Rauhtiefe der Wert verstanden zwischen den höchsten und tiefsten Stellen eines Oberflächenprofils.

Rauhtiefe und Rauheitsmessgrössen werden nach verschiedenen DIN- und ISO-Normen beschrieben. Für den Korrosionsschutz massgebend ist die Europäische Norm ISO 12944-3/4 sein. (Status DIN)

6.1 Definitionen der Oberflächenrauheit

Es wird im Wesentlichen unterschieden zwischen:

6.1.1 Vergleichenden optischen Methoden

Der sogenannte Rugotest findet vor allem in der Mechanik Anwendung. Die Oberflächenrauheit ist in Rauheitsklasse von N1 bis N11 eingeteilt. Die Beurteilung der Oberfläche erfolgt optisch anhand von Vergleichsmustern (Rugotest)

Die Rauheitsklassen N11- N9 gelten als:	nicht bearbeitet
Die Rauheitsklasse N8 und N7 gilt als:	grobe Oberfläche
Die Rauheitsklassen N6- N4 gelten als:	feine Oberfläche
Die Rauheitsklassen N3- N1 gelten als:	polierte Oberfläche

6.1.2 Vergleichsmuster nach ISO 8501-1

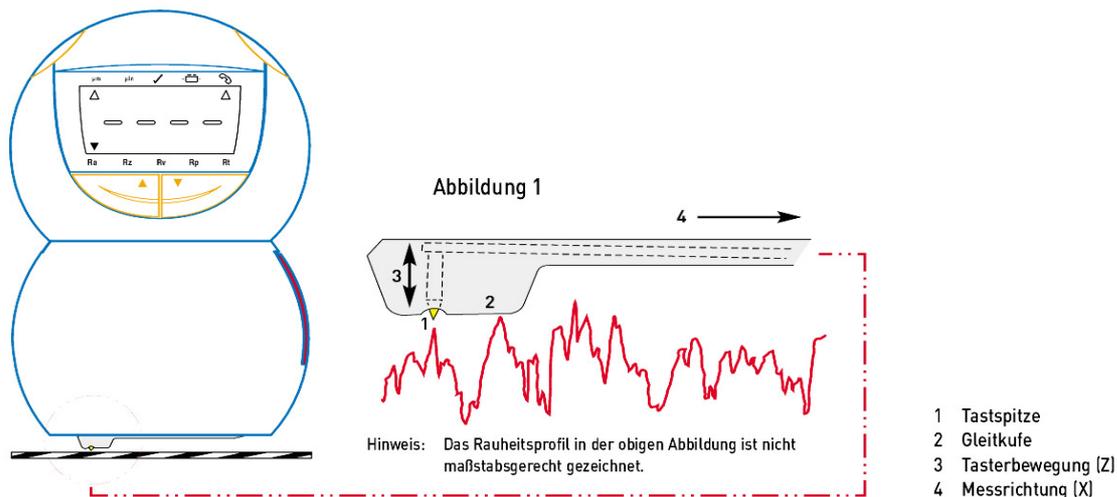
Die Vorbereitungsgrade für die primäre Oberflächenvorbereitung ist Bestandteil der EN ISO Norm 12944-4 und definiert die Grade beim, für uns relevanten Verfahren, „Strahlen“ wie folgt:

Vorbereitungsgrad	Wesentliche Merkmale der Oberfläche
Sa 1	→ Lose Verunreinigungen sind entfernt
Sa 2	→ Nahezu alle Verunreinigungen sind entfernt
Sa 2,5	→ Nur noch schattenhafte Verunreinigung erkennbar
Sa 3	→ Einheitliche regelmässige metallische Oberfläche

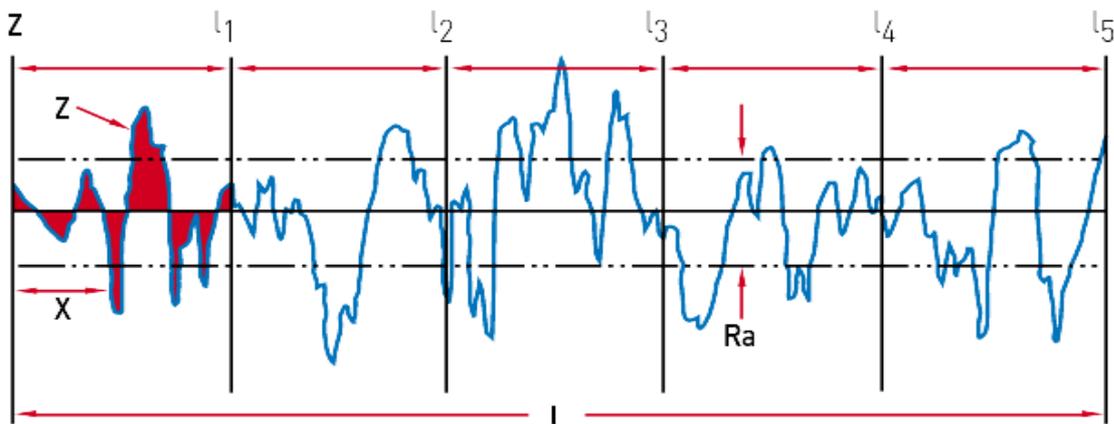


6.1.3 Gemessene Oberfläche mittels Messgerät

Zum Messen der Oberflächen sind auf dem Markt verschiedene Messgeräte erhältlich. Die Geräte messen mittels Diamanttaster die Oberflächenstruktur und geben die Resultate auf entsprechenden Ausgabegeräten in absoluten Werten oder mittels einer Grafik aus



Die Messgeräte geben folgende gebräuchliche Messwerte heraus die im Korrosionsschutz interessieren:



Ra = der arithmetische Mittenrauhwert und die bekannteste und am häufigsten gebrauchte Kenngrösse.

Rz/Rt = ist die maximale Höhe zwischen Spitze und Tal des Profils

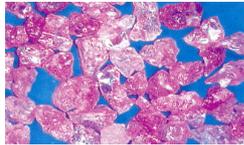
Rp = ist der Wert der höchsten Spitze bezogen auf die Mittellinie

Um die verschiedenen Normen zu vergleichen existieren entsprechende Vergleichstabellen



6.2 Korrelation Strahlmittel Oberflächenrauheit

Nachstehende Vergleichsbilder zeigen deutlich den grossen Einfluss der Kornform auf die Oberflächenbeschaffenheit.



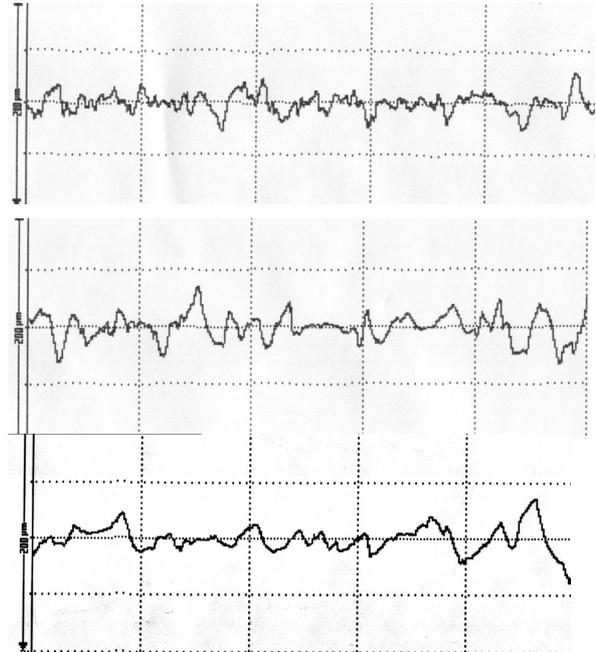
Synthetischer Korund



Metallisch kantig

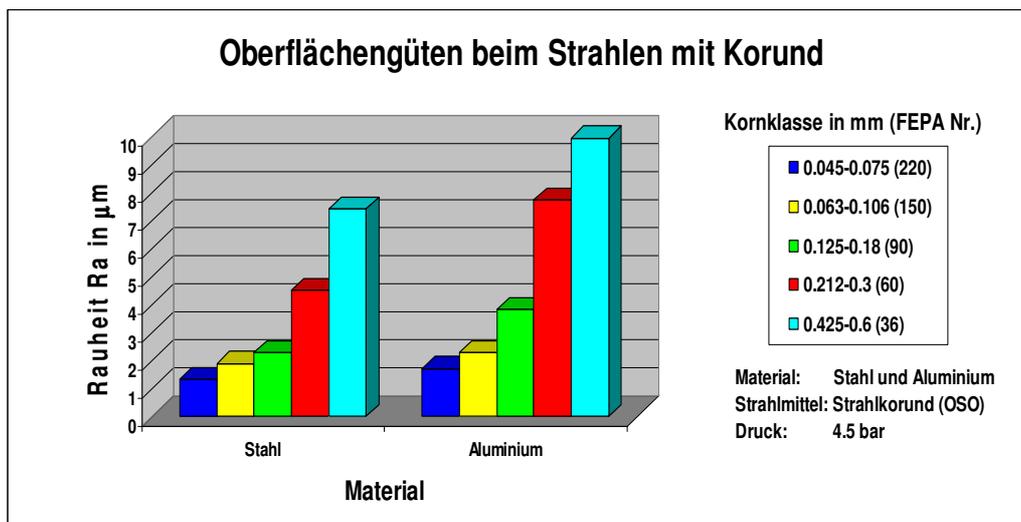


Metallisch rund



Kantige Strahlmittel erzeugen eine erheblich zerklüfteterere Oberfläche als rund Strahlmittel. Das heisst der Traganteil einer Beschichtung ist deutlich höher und damit auch deren Haftung.

Das folgende Schaubild zeigt den logischen Einfluss der eigentlichen Korngrösse auf die gemessene Rauhtiefe an der gestrahlten Oberfläche:





7. Kosten

Strahlmittel	Preis pro 100Kg in CHF
Hartguss rund und kantig	90.-- bis 135.--
Stahlguss rund und kantig	130.--
Stahldraht	190.-- bis 450.--
Strahlkorund 1. Qualität	129.--
Strahlkorund 2. Qualität	89.--
Edelkorund weiss und rosa	320.--
Siliziumkarbid	370.-- bis 540.--
Glasperlen	144.--
Glaskorn	75.--
Schlacke	15.-- bis 20.--

Die Preise beziehen sich auf die Standardpreislisten der Firma Ziegler & Cie AG Winterthur und sind als Richtpreise für Standardqualitäten und normale Makrokörnungen zu verstehen

8. Umweltschutz/Entsorgung

Bei vielen industriellen Verfahren muss vermehrt darauf geachtet werden, was mit den Abfallprodukten geschieht. Es muss auf eine umweltgerechte Entsorgung geachtet werden. Beim Strahlen enthält das verbrauchte Strahlmittel unter Umständen Stoffe, welche nicht Umweltverträglich sind. So können je nach Grundmaterial das bearbeitet wurde, Schwermetallrückstände wie Blei, Zink, Lösungsmittel usw. im Gemisch enthalten sein. Die Kosten der Entsorgung, welche dadurch anfallen, können ohne weiteres den Kosten von neuem Strahlmittel entsprechen.

Seit 1987 wird die Entsorgung der Sonderabfälle nach den Vorschriften der eidgenössischen Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS) kontrolliert. Hierbei spricht man in der Schweiz von ca. 170 Abfallarten, worunter sich auch der sogenannte Strahlschutt befindet.

Bei der Verarbeitung des Abfalls gibt es verschiedene Lösungen bzw. Lösungsansätze. Bei einem Gemisch aus metallischen und nichtmetallischen Stoffen ist das sehr einfach und kann durch Magnetabscheidung geschehen. Aufwendiger ist die Trennung durch Kondensation, da dies mittels Verdampfen der Metalle geschehen muss. Wegen der notwendigen Hochtemperaturtechnik ist dieses Verfahren auch relativ teuer. Ein selektives Zurückgewinnen der Metalle ist schwer möglich.

Aufgrund der mitunter starken Belastung an Schwermetallen bietet der hochwertige Strahlkorund ein beachtenswertes Potential für eine ökoeffiziente Aufbereitung. Im Sinne einer umweltgerechten Entsorgung ist deshalb eine Lösung anzustreben, um die im Strahlschutt enthaltenen Schwermetalle zurückzugewinnen und den regenerierten Strahlkorund wieder als Sekundärrohstoff in den Herstellungsprozess zurückzuführen. Für die Reinigung und Aufbereitung von Strahlsand sind verschiedene Verfahren bekannt, jedoch existiert in der Schweiz keine Anlage, die im industriellen Massstab Strahlschutt zur Wiederverwertung aufbereiten kann. Ein grosser Teil endet deshalb auf den Deponien oder wird gar in die Untertagedeponien nach Deutschland transportiert.



9. Aufbereiten von Strahlschutt; Ein mögliches Verfahren

Im Rahmen eines KTI-Projektes (Kommission für Technologie und Innovation), erarbeitet das Institut für Umwelttechnik der Fachhochschule beider Basel in Zusammenarbeit mit der Fa. Ziegler + Cie AG Winterthur ein Verfahren zur Rückgewinnung und Wiederverwertung von Schwermetallen aus Sonderabfällen. Ein Teilprojekt aus diesem Bereich bildet, neben der Behandlung von Elektrofilterasche aus Kehrrichtverbrennungsanlagen, der ebenfalls als Sonderabfall deklarierte Strahlschutt.

Als primäres Projektziel wurde die Entwicklung eines Verfahrens zur Aufbereitung des verbrauchten Strahlkorundes zwecks Wiederverwertung als Sekundärrohstoff formuliert. Bei erfolgreicher Umsetzung sollte dann die Rückgewinnung der aus dem Strahlsand extrahierten Schwermetalle, vor allem auch unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit, betrachtet werden.

Als Ausgangsmaterial für die Labor- und Pilotversuche wurde kontaminierter Strahlkorund, mit den typischen beim Gebrauch entstandenen Verunreinigungen, zur Verfügung gestellt. In mehreren Versuchsschritten konnte ein Verfahren gefunden werden, bei dem der aufbereitete Strahlkorund dem Anforderungsprofil des Herstellers entspricht.

Metalloxide*	Anforderung [Gew.-%]	Originalkorund [Gew.-%]	Kontaminierter Strahlkorund [Gew.-%]	Regenerierter Strahlkorund [Gew.-%]
Al ₂ O ₃	87.00 (min)	94.20	81.75	90.32
Fe ₂ O ₃	5.00 (max)	0.30	8.81	2.12
SiO ₂	3.00 (max)	1.05	4.14	1.24
TiO ₂	3.00 (max)	3.50	3.02	2.49
ZrO ₂	0.06 (max)	0.20	0.18	0.1
CaO	0.10 (max)	0.13	0.34	0.06
MgO	0.20 (max)	0.40	0.36	0.17
Na ₂ O	0.10 (max)	<**	<**	<**
K ₂ O	0.05 (max)	0.02	0.09	0.01
PbO	0.05 (max)	<	0.07	0.01
ZnO	0.05 (max)	<	0.66	0.004

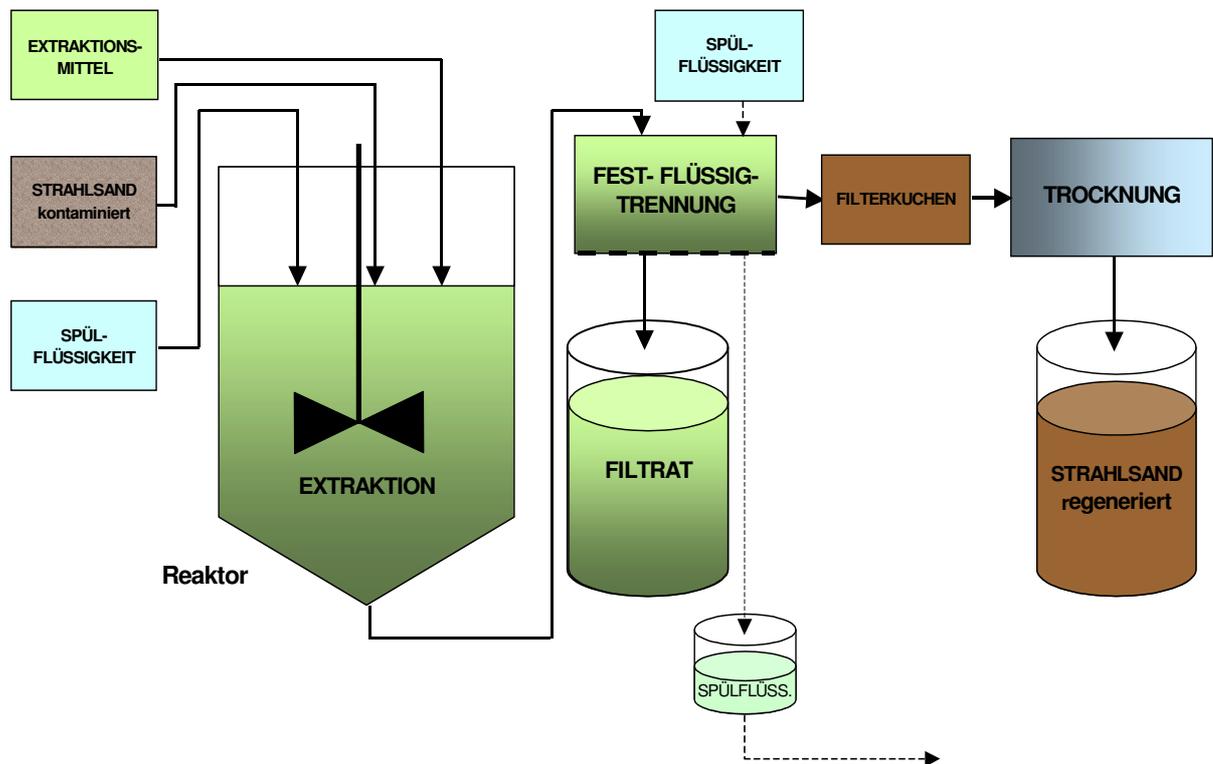
* Angabe als Metalloxide nach Bestimmung durch Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA)

** Gehaltmessungen kleiner als 30ppm liegen ausserhalb des Gerätemessbereiches
Gegenüberstellung der Analysewerte von Originalkorund, kontaminiertem Strahlkorund und regeneriertem Strahlkorund in Bezug auf das gestellte Anforderungsprofil



Der aufbereitete Strahlkorund wurde an die Herstellerfirma Treibacher Schleifmittel AG zurückgeschickt, im hauseigenen Labor analysiert (s. Spalte 5) und im herkömmlichen Schmelzverfahren anstelle von Bauxit problemlos als Sekundärrohstoff zur Produktion von Elektrokorund wieder eingesetzt. Der Einsatz des aufbereiteten Strahlkorundes führte zu keinerlei Qualitätsverlust des Endproduktes.

Das Verfahren ist in nachfolgendem Flussbild vereinfacht dargestellt:





10. Literaturverzeichnis

Dipl. Ing. ETH I.Horowitz
Oberflächenbehandlung mittels Strahlmittel
2. ergänzte Auflage
Vulkanverlag Essen

Fertigungsverfahren Strahlen
Bericht A. Griesbach
Projektarbeit Technikum Winterthur

Interne Unterlagen Firma Ziegler & Cie AG Winterthur

FHBB Fachhochschule beider Basel
Departement Industrie
Institut für Umwelttechnik
KTI Projekt

Dipl.-Ing. Sandra Szymanski
Vom Sonderabfall zum Sekundärrohstoff
Fachaufsatz

Peter Vollenweider
Firma Ziegler & Cie AG Winterthur
Diverse Fachaufsätze