

Fa. SR Schindler
Regensburg

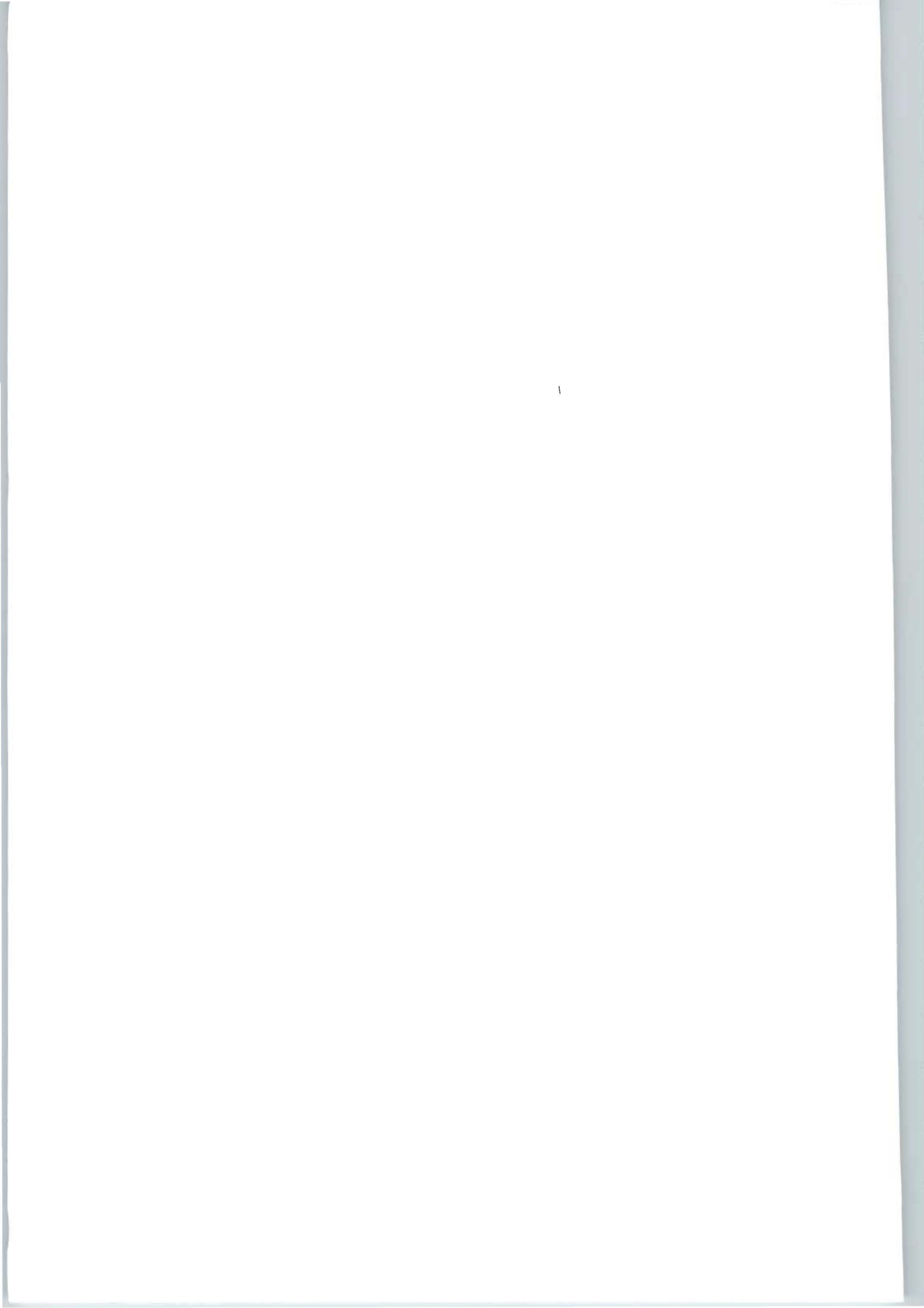
**Entwicklung von energiesparenden Betonteil- und Betonplatten-
schleifanlagen im Trockenverfahren unter Vermeidung des Anfalls von
umweltproblematischem Schleifschlamm**

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem AZ: 21816 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Christian Diephaus, Werner Groß & Dr. Kurt Nist

März 2006



Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



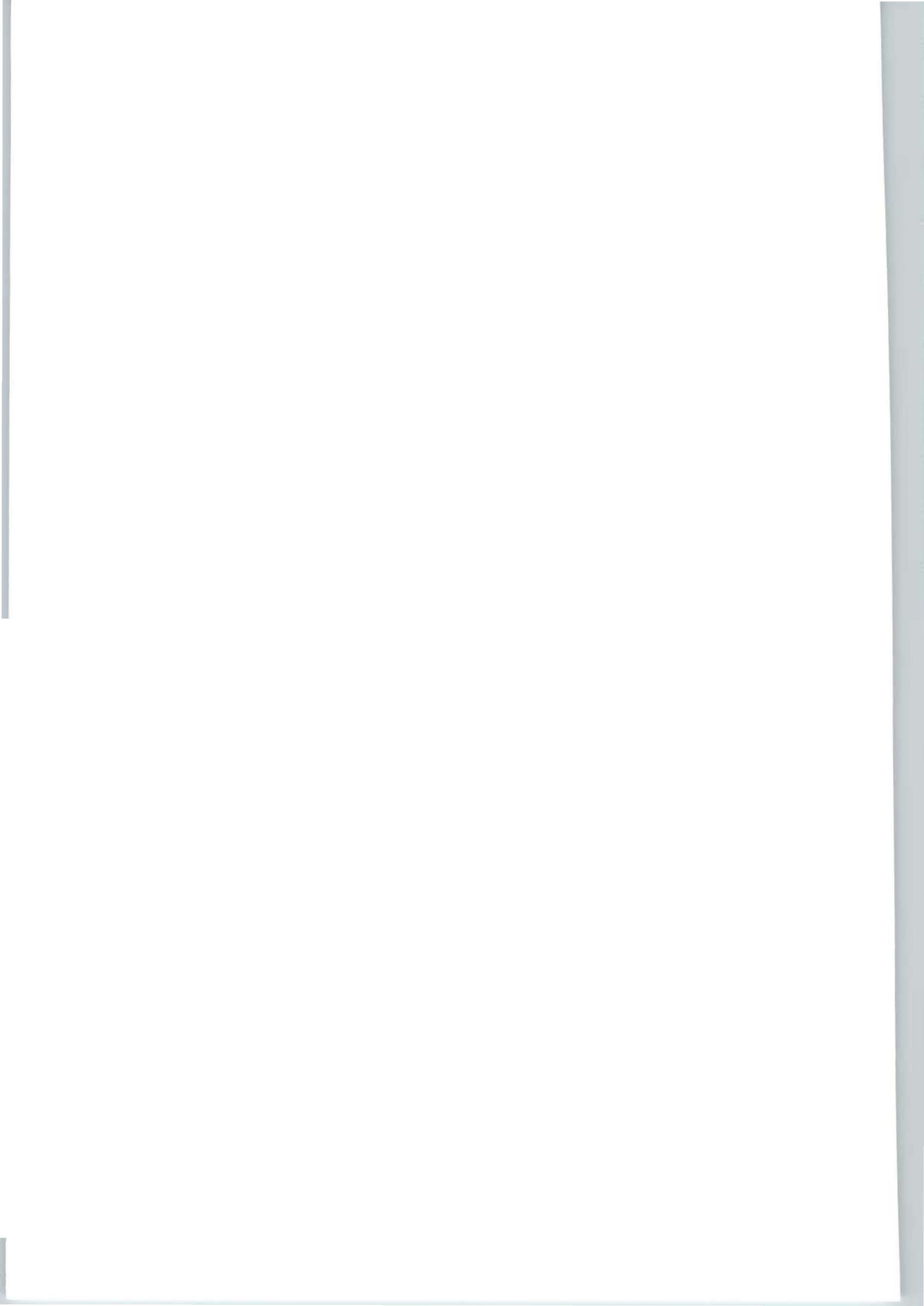
Az	21816	Referat	21/0	Fördersumme	180.000,00 €
Antragstitel	Entwicklung von Energie sparenden Betonteil- und Betonplattenschleifanlagen im Trockenverfahren unter Vermeidung des Anfalls von umweltproblematischem Schleifschlamm				
Stichworte	Verfahren; Energie; Betonbau				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
24 Monate					
Zwischenberichte:	alle 6 Monate Kurzbericht				
Bewilligungsempfänger	SR – Schindler-Steinbearbeitungsmaschinen - Anlagentechnik GmbH Hofer Str. 24 93057 Regensburg			Tel	0941/69682-0
				Fax	0941/69682-18
				Projektleitung	
				Herr Scheuertein	
		Bearbeiter		Herr Groß	
Kooperationspartner					

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Beim Schleifen von Betonsteinen und Betonsteinplatten entsteht durch das Naßverfahren derzeit Schleifschlamm, der in Sondermülldeponien abgelagert werden muß. Ziel ist, eine Trockenschleifanlage zu entwickeln, so dass das anfallende Fräs- und Schleifmaterial zu 100 % wieder in der Betonmischung oder im Straßenbau verwendet werden kann.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

1. Entwicklung und Bau einer Laborversuchsanlage
2. Versuchsläufe mit der Laborversuchsanlage
3. Entwicklung und Konstruktion eines Prototypen
4. Bau eines Prototypen
5. Testlauf des Prototypen
6. Praxislauf



Ergebnisse und Diskussion

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines umweltverträglichen Verfahrens zum Schleifen von Betonwaren. Die Motivation dazu besteht darin, neben Produkten auch Fertigungstechnologien mit minimalen Belastungen für die Umwelt zu gestalten.

Bisher erfolgt die Bearbeitung mit dem Kühlmedium Wasser. Dazu ist eine Wasseraufbereitung mit einem hohen Energiebedarf notwendig. Das anfallende Abfallprodukt muss auf Deponien entsorgt werden.

Bei einer Trockenbearbeitung können die Abfallprodukte direkt der Produktion zurückgeführt werden. Es entsteht ein geschlossener Kreislauf, durch den sich neben ökologischen auch ökonomische Vorteile realisieren lassen.

Die Entwicklung stützt sich auf Maßnahmen in zwei Bereichen. Es sind Änderungen an der Maschine und die Auswahl neuer Schleifwerkzeuge notwendig.

Experimentelle Untersuchungen zeigen, dass die Werkzeuge mit in Metall gebundenen Diamanten die besten Ergebnisse erzielen. Bei der Grobbearbeitung kann durch die Optimierung der Kombination aus Bindung und Schleifkorn eine große Spanabnahme ohne nennenswerte Wärmeentwicklung realisiert werden. Eine Feinbearbeitung ist durch die Erhöhung der Diamantkonzentration im Werkzeug möglich.

Die erzielten Ergebnisse sind jederzeit umsetzbar und im Echtbetrieb tauglich. Die Umbauten sind schnell integriert und kostengünstig

Die zusätzlich benötigte Staubabsaugung amortisiert sich bereits im 1. Jahr der Anschaffung

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die offizielle Vorstellung der neu entwickelten Trockenschleifmaschine erfolgt auf der Bauma 2007 in München. Derzeit wird sie potentiellen Kunden im Verkaufsgespräch präsentiert.

Fazit

Mit den Maßnahmen ist es möglich, beim Schleifen von Betonwaren auf die Verwendung von Wasser zu verzichten. Dadurch lässt sich die Leistungsaufnahme der Maschinen reduzieren. Die Entsorgung des Abfallprodukts entfällt vollständig, weil die in der Staubabsaugung abgesaugten Feinstäube mit den Füllmaterialien, die als Zuschlagstoffe benötigt werden, gleich sind. Dieses bedeutet eine Kostenreduzierung in der Anschaffung der Rohmaterialien, als auch die Einsparung des kompletten Wasserkreislauf im Zusammenhang mit der Schlamm Entsorgung.



Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt
Inhaltsverzeichnis
Abbildungsverzeichnis
Tabellenverzeichnis
Abkürzungsverzeichnis
Zusammenfassung

1. Einleitung

2. Hauptteil

2.1. Grundlagen

- 2.1.1. Schleifverfahren
- 2.1.2. Werkzeuge
- 2.1.3. Betonwaren
- 2.1.4. Schleifen von Betonwaren

2.2. Nassschleifen

- 2.2.1. Produktionsablauf
- 2.2.2. Komponenten der Wasseraufbereitung
- 2.2.3. Kosten der Schleifschlamm Entsorgung

2.3. Trockenschleifen

- 2.3.1. Ausgangssituation
- 2.3.2. Arbeitsschritt
 - 2.3.2.1. Detaillierte Vorversuche und Grobanalyse
 - 2.3.2.2. Entwicklung und Konstruktion eines Prototypen
 - 2.3.2.3. Bau des Prototypen und Testlauf
 - 2.3.2.4. Testlauf
- 2.3.3. Notwendige Maßnahmen
 - 2.3.3.1. Schleifwerkzeuge
 - 2.3.3.2. Maschinen
 - 2.3.3.3. Absaugung
- 2.3.4. Diskussion der Ergebnisse
- 2.3.5. Ökologische Bewertung
- 2.3.6. Ökonomische Bewertung
- 2.3.7. Maßnahmen der Verbreitung

3. Fazit

4. Literaturverzeichnis

5. Anhänge

- A1 Angebot Staubabsaugung
- A2 Prüfzeugnis Filtermaterial
- A3 EG-Konformitätserklärung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Schleifprozess
Abbildung 2	Aufbau einer Schleifscheibe
Abbildung 3	Bindungen
Abbildung 4	Kornwerkstoffe
Abbildung 5	Metallisch gebundener Diamant
Abbildung 6	Betonelement
Abbildung 7	Pflastersteine
Abbildung 8	Terrassenplatten
Abbildung 9	Wasserdurchlässiger Pflasterstein
Abbildung 10	Terrassenplatte im Schnitt
Abbildung 11	Plattendicke
Abbildung 12	Vergleich geschliffene und unbearbeitete Terrassenplatte
Abbildung 13	Layout Nassschleiflinie
Abbildung 14	Kalibriermaschine
Abbildung 15	Schleifmaschine
Abbildung 16	Wasseraufbereitung
Abbildung 17	Metallgebundener Diamant
Abbildung 18	Magnesitgebundenes Korund
Abbildung 19	Schleifteller mit verschiedenen Werkzeugen
Abbildung 20	Detailansicht Führung
Abbildung 21	Führung
Abbildung 22	Keilwelle und Keilwellen-Muffe
Abbildung 23	Leitbleche
Abbildung 24	Serviceklappe mit Absaugstutzen
Abbildung 25	Bestückung Kalibriermaschine
Abbildung 26	Bestückung Schleifmaschine
Abbildung 27	In- und Output Nassschleifen
Abbildung 28	In- und Output Trockenschleifen
Abbildung 29	Stufenbearbeitung
Abbildung 30	Großformatige Platten

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Übersicht der Fertigungsverfahren
Tabelle 2	Diamantkorngrößen
Tabelle 3	Übersicht verschiedener Zuschlagstoffe
Tabelle 4	Hersteller von Schleifwerkzeugen
Tabelle 5	Übersicht der Versuchswerkzeuge
Tabelle 6	Vergleich Nass- und Trockenbearbeitung
Tabelle 7	Vergleich der Fixkosten
Tabelle 8	Vergleich der variablen Kosten

Abkürzungsverzeichnis

BIA	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
CBN	Kubisches Bornitrid
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines umweltverträglichen Verfahrens zum Schleifen von Betonwaren. Die Motivation dazu besteht darin, neben Produkten auch Fertigungstechnologien mit minimalen Belastungen für die Umwelt zu gestalten. Bisher erfolgt die Bearbeitung mit dem Kühlmedium Wasser. Dazu ist eine Wasseraufbereitung mit einem hohen Energiebedarf notwendig. Das anfallende Abfallprodukt muss auf Deponien entsorgt werden.

Im Rahmen der Labor- und Prototypenforschung wurden verschiedene Diamanten und Schleifkörper getestet. Des Weiteren wurden die für den Maschinenbau relevanten Tests über die Verträglichkeiten der Dichtungen, Lager, Korrosionsschutzbeschichtungen und Motorleistungen für das Trockenverfahren durchgeführt. Die Auswahl der Maschinenbaukomponenten für die Trockenbearbeitung erwies sich als relativ einfach, da die meisten bekannten Komponenten aus der Nassbearbeitung übernommen werden konnten.

Nach längeren Erprobungen und Testläufen konnte eine optimale Diamantbestückung entwickelt werden. Schleifsteine die aus kunstharzgebundenes Korund, Silizium oder Magnesit bestehen sind nicht geeignet.

Der Abtrag durch die Diamanten ist mit dem der Nassbearbeitung gleichzustellen. Durchlaufgeschwindigkeit und Anzahl der Schleifstationen sind identisch. Die Motorleistung kann um etwa 30 % reduziert werden.

Die in der Staubabsaugung abgesaugten Feinstäube sind mit dem Füllmaterialien die als Zuschlagstoffe benötigt werden, gleich. Dies bedeutet eine Kostenreduzierung in der Anschaffung der Rohmaterialien als auch enorme Einsparungen in dem Wasserkreislauf mit Schlammentsorgung.

Diese neu gewonnen Erkenntnisse haben eine große Bedeutung für die Umweltsituation und entlasten diese von schädlichen Substanzen. Die Entsorgung des Abfallprodukts entfällt vollständig.

Die erzielten Ergebnisse sind jederzeit umsetzbar und im Echtbetrieb tauglich. Die Umbauten sind schnell integriert und kostengünstig. Die zusätzlich benötigte Staubabsaugung amortisiert sich bereits im 1. Jahr der Anschaffung.

1. Einleitung

Der Wertschöpfungsprozess wird heute nicht mehr nur von technischen und wirtschaftlichen Aspekten charakterisiert. Die öffentliche Diskussion beleuchtet mehr und mehr deren Folgen für die menschliche und natürliche Umwelt. Produzenten finden sich dadurch in einem ständigen Spannungsfeld aus Technologie, Ökonomie und Ökologie.

Zunehmende Umweltprobleme und verschärfte gesetzliche Vorschriften erfordern eine stetige Weiterentwicklung von Produkten und Fertigungsprozessen. Das Ziel besteht darin, das Produkt und seine Erstellung umweltfreundlich zu gestalten.

Bei der Produktion steht neben der Leistung und den qualitativen Eigenschaften auch die Umweltverträglichkeit der Fertigung im Vordergrund. Doch nicht nur das ökologische Gewissen gegenüber nachfolgenden Generationen fördert den Umweltgedanken. Auch wirtschaftliche Vorteile können durch eine umweltfreundliche Fertigung realisiert werden. Steigende Kosten für Energie und Abfallentsorgung prägen das Bewusstsein der Unternehmen, in eine umweltfreundliche Fertigung zu investieren. Daneben stellt der praktizierte Umweltschutz inzwischen ein wichtiges Marketinginstrument der Betriebe dar.

Betonwaren sind Elemente, die z.B. für den Straßen- und Wegebau oder die Gartengestaltung verwendet werden. Um die Oberfläche optisch aufzuwerten, werden die Waren geschliffen, wodurch sie einen Glanzeffekt erhalten. Die Bearbeitung ist z.B. bei Terrassenplatten üblich.

Ein Schleifen der Produkte ist nur unter der Verwendung von Wasser als Kühlmedium möglich. Es wird direkt an das Werkzeug geleitet, um es an der Bearbeitungsstelle abzukühlen. Von dort transportiert das Wasser das abgespante Material aus der Maschine. Beide Stoffe vermischen sich und müssen in einer aufwendigen Wasseraufbereitung wieder voneinander getrennt werden. Als Endprodukt entsteht ein Schlamm aus fein verteiltem Feststoff und nicht trennbarem Wasser. Er besitzt eine Restfeuchtigkeit von 30-40% und muss aufgrund seiner Konsistenz auf Deponien entsorgt werden. In einer Produktionslinie können so bis zu 7.900 to im Jahr anfallen. Für den Betrieb der Wasseraufbereitung ist ein hoher Energiebedarf notwendig.

Für die Betreiber der Anlagen entstehen durch die Nassbearbeitung Entsorgungs- und Energiekosten. Die Maschinen verschmutzen stark und sind einer erhöhten Korrosion ausgesetzt.

Viele Produzenten von Betonwaren scheuen die Investition in eine Schleiflinie, da sie hohe Investitionen für eine Wasseraufbereitung tätigen müssen. Dazu sind die Entsorgungskosten ein nicht kalkulierbares Risiko, da sich durch gesetzliche Bestimmungen oder regionale Gegebenheiten die Tarife deutlich erhöhen können.

Derzeit wird beim Schleifen von Beton- und Betonwerksteinplatten mit Diamant- und Karborundumwerkzeugen gearbeitet, die durch Wasser gekühlt werden müssen, so dass als Nebenprodukt eine sehr große Menge an Schleifschlamm entsteht. Der anfallende Schleifschlamm wird in einer aufwendigen Anlage, bestehend aus Klartürmen, Absatzbecken, Filterpressen und Dosiergeräten, zu einem stichfesten, nassen Schlammkuchen verpresst und muss anschließend auf Sondermülldeponien abgelagert werden.

Durch den Einsatz von Absaugungen und Abblasvorrichtungen wurde bei Probeversuchen eine Mischung von besonders hitzebeständigen Spezialdiamanten und Schleifsteinen erreicht, d.h. eine Trockenbearbeitung von Betonstoffen scheint möglich. Es gilt nun, dieses sog. Trockenverfahren auf die Bearbeitung von Beton- und Betonwerksteinflächen zu übertragen.

Wenn es gelingt, durch die Entwicklung einer neuen Maschinengeneration, in der diese Trockentechnologie zur Anwendung kommt, ergeben sich gegenüber der derzeit praktizierten Nassstechnologie zahlreiche praktische, wirtschaftliche und umweltrelevante Vorteile:

- Schleifschlammanfall entfällt
- Energieeinsparung bis über 50 %
- Frischwasserverbrauch entfällt
- Abwasserbelastung entfällt
- Handhabung mit gefährlichen Chemikalien entfällt
- Platzeinsparung durch Wegfall der Peripherieanlagen für die Schleifschlammaufarbeitung
- Enorme Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten
- 100 %iges Recycling des Fräs- und Schleifabfalls

Da die innovative Trockentechnologie nicht nur eine enorme Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten mit sich bringt, sondern neben der Platzeinsparung ein 100 %iges Recycling der Fräs- und Schleifabfalls möglich wird, ist das Interesse bei vielen Betonwerken weltweit sehr groß.

Bei der Bearbeitung von Beton- und Betonwerksteinplatten durch das sog. Nassverfahren entsteht derzeit Schleifschlamm, der durch ein aufwendiges Bearbeitungsverfahren zu einem Schlammkuchen verpresst und anschließend auf Sondermülldeponien abgelagert werden muss.

Durch den Einsatz von Absaugungen und Abblasvorrichtungen wurde bei Probeversuchen eine Bearbeitungsform gefunden, die den Gebrauch von Wasser zu Kühlzwecken vollkommen ausschließt. Ziel der Entwicklung ist es, diese sog. Trockentechnik auf die Bearbeitung von Beton- und Betonwerksteinplatten zu übertragen.

Die Entwicklung der innovativen Trockenschleifanlage ist nach folgenden Maßnahmen und Arbeitspaketen geplant:

Die derzeit praktizierte Nastechnologie ist umweltbelastend und energieintensiv. Durch die neu zu entwickelnde Trockentechnologie wird nicht nur der Energieverbrauch stark reduziert, sondern vor allem die Umwelt entlastet. Da mit dem neuen Verfahren die Kosten für die Schleifschlamm Entsorgung entfallen und darüber hinaus die Energiekosten stark gesenkt werden können sowie in Wassermangelgebieten der Wasserbedarf für die Bearbeitung entfällt, ist das Interesse für viele Betonwerke nicht nur in Deutschland, sondern weltweit sehr groß.

Zum Schutz der Umwelt soll bei der neu zu entwickelnden Trockentechnik, d.h. Trockenbearbeitung von Betonsteinen und Betonwerksteinplatten mit Staubabsaugung, ein Sinterlamellenfilter der Fa. Herding zum Einsatz kommen, der alle Richtlinien nach TA-Luft und DIN erfüllt. (Prüfzeugnisse des BIA, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, und die EG-Konformitätserklärung liegen vor).

Der bei der Bearbeitung entstehende Fräs- und Schleifabfall, bestehend aus Grob- und Feinmaterial, kann entweder dem Beton wieder zugeführt werden oder als Verfüllmaterial im Straßenbau eingesetzt werden. Somit ist ein 100 %iges Recycling des Fräs- und Schleifabfalls möglich, eine Umweltbelastung gibt es nicht mehr.

2. Hauptteil

2.1. Grundlagen

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Grundlagen des Schleifens und des Werkstoffs Beton. Dazu wird zunächst das Schleifen definiert und die Eigenschaften der Werkzeuge beleuchtet. Anhand der Zusammensetzung der Betonwaren werden dessen Eigenschaften bei der Bearbeitung beschrieben.

2.1.1. Schleifverfahren

Schleifen ist ein abtragendes Fertigungsverfahren, bei dem mit Schleifmitteln die Oberfläche bearbeitet wird. Es zählt zu den Endbearbeitungsverfahren. Durch die Rotation eines Schleifmittels, dem Werkzeug, wird eine Schnittbewegung induziert. Die Schneiden sind im Werkzeug geometrisch unbestimmt angeordnet. Die Werkzeuge bestehen aus einem Gemisch, das sich aus Schleifkorn z.B. Diamant und Bindung z.B. Sintermetall zusammensetzt. Der Schneidwerkstoff ist unregelmäßig und in der Orientierung willkürlich im Gemisch enthalten.¹

Anhand der deutschen Norm lässt sich der Schleifprozess genau klassifizieren. Schleifen fällt in die Gruppe der trennenden Bearbeitung und gehört nach DIN 8589 zu den spanenden Fertigungsverfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide. Bei einer detaillierten Klassifizierung muss der Prozess zunächst genauer betrachtet werden. Er wird in folgender Abbildung dargestellt.

¹ Vgl. [Kön 85] König, W. et al.: 1985, (S. 20f)

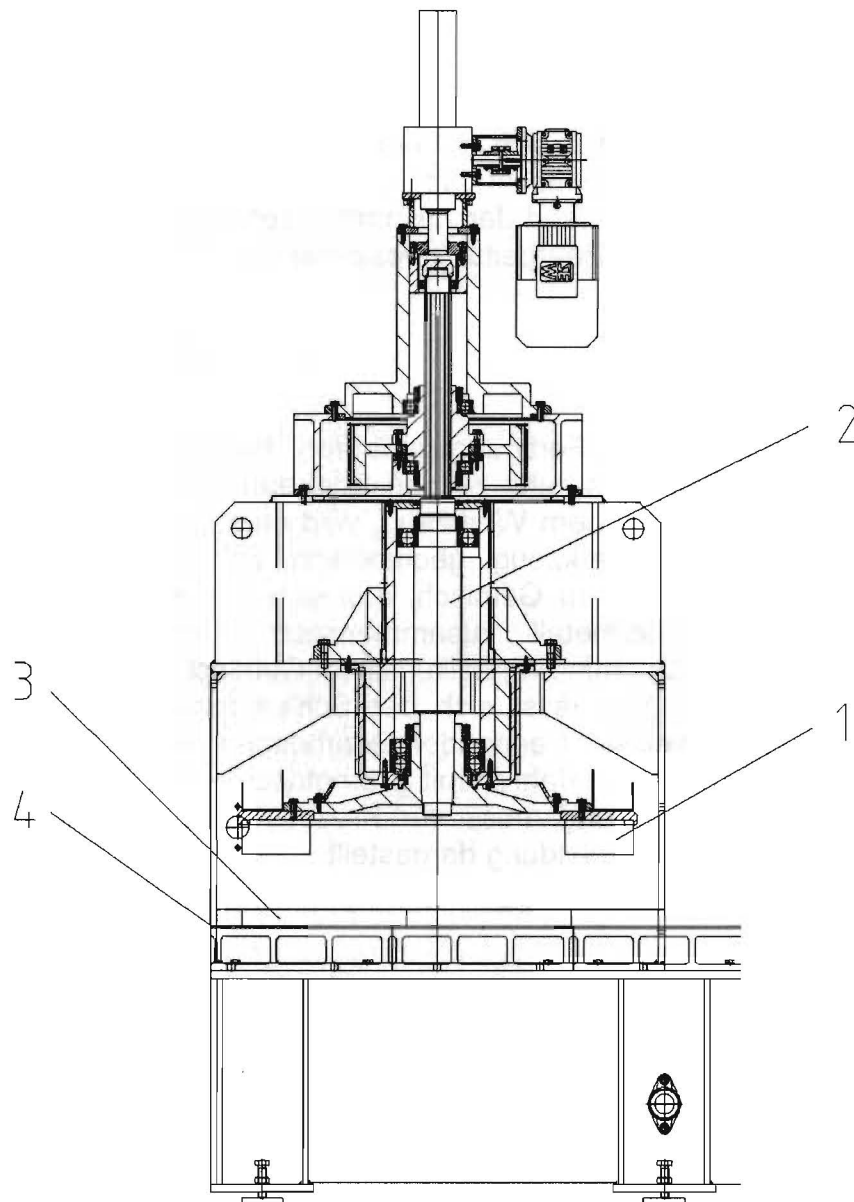


Abbildung 1: Schleifprozess

In Abbildung 1 ist der Prozess skizziert. Das Schleifwerkzeug (1) ist auf dem Schleifteller befestigt. Dieser ist mit der rotierenden Welle (2) verbunden und wird vom Motor angetrieben. Das Werkstück (3) wird unterhalb des Werkzeugs über einen Fördergurt (4) transportiert. Im abgesenkten Zustand wird durch die rotierende Bewegung des Werkzeugs das Werkstück abgespannt. Anhand der Übersicht der verschiedenen Fertigungsverfahren lässt sich eine genaue Klassifizierung vornehmen.

Fertigungsverfahren						
Hauptgruppen						
1	2	3	4	5	6	
Umformen	Umformen DIN 8582	Trennen	Fügen DIN 8593-0	Beschichten	Stoffeigenschaft ändern	
Gruppen						
3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	
Zerteilen DIN 8588	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden DIN 8589-0	Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden DIN 8589-0	Abtragen DIN 8590	Zerlegen DIN 8591	Reinigen DIN 8592	
Untergruppen						
3.3.1	3.3.2	3.3.3	3.3.4	3.3.5	3.3.6	3.3.7
Schleifen mit rotierendem Werkzeug DIN 8589-11	Bandschleifen DIN 8589-12	Hubschleifen DIN 8589-13	Honen DIN 8589-14	Läppen DIN 8589-15	Strahspanen DIN 8200	Gleitspanen DIN 8589-17
Unterteilung						
3.3.1.1	3.3.1.2	3.3.1.3	3.3.1.4	3.3.1.5	3.3.1.6	
Planschleifen	Rundschleifen	Schraub- schleifen	Wälz- schleifen	Profil- schleifen	Formschleifen	
3.3.1.1.1.1	3.3.1.1.1.2.1	3.3.1.1.1.3.1				
Längs- Umfangs- Planschlei- fen	Längs-Seiten- Planschleifen, Werkstückvor- schub senk- recht zur Rotations- achse	Längs-Seiten- Planschleifen, Werkstückvor- schub parallel zur Rotations- achse				

Tabelle 1: Übersicht der Fertigungsverfahren²

Tabelle 1 gibt eine Übersicht der verschiedenen Fertigungsverfahren. Über die ersten beiden Ebenen hinaus lässt sich der Prozess in die Untergruppe 3.3.1 einteilen (Schleifen mit rotierendem Werkzeug) als Teil 11 der DIN 8589. Eine weitere Unterteilung definiert den Prozess als Planschleifen (3.3.1.1). Nach der DIN gibt es 3 weitere Unterscheidungsmerkmale für die Zuordnung. Im vorliegenden Fall erfolgt die Bearbeitung an der Seite und nicht am Umfang des Schleifmittels. Das Werkstück bewegt sich senkrecht zur Rotationsachse (3.3.1.1.2.1).

2.1.2. Werkzeuge

Für das Schleifen stehen verschiedene Werkzeuge zur Verfügung. Sie unterscheiden sich in zwei Kriterien voneinander. Auf der einen Seite in der Wahl des Schleifkorns,

² Vgl. [DIN 03] DIN 8589-11: 2003, (S. 12f)

auf der anderen Seite in der Wahl der Bindung, die den Schneidwerkstoff festhält. Die folgende Abbildung zeigt den schematischen Aufbau eines Werkzeugs.

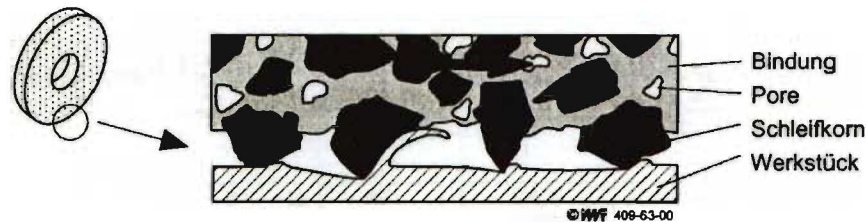


Abbildung 2: Aufbau einer Schleifscheibe³

Die Detailansicht einer Schleifscheibe verdeutlicht den Aufbau. Die Bindung ist das Trägerelement für das Schleifkorn. Je nach Zusammensetzung und Herstellungsvorgang beinhaltet sie mehr oder weniger Luftporen.

Das Schleifkorn muss beim Schleifvorgang schneidfähig bleiben. Dazu ist es notwendig, dass das Korn nach einer gewissen Einsatzzeit splittert oder den Bindungsverband verlässt. Dann kommen neue Schneiden zum Einsatz. Der Prozess der Selbstschärfung kann durch die Eigenschaft der Bindung gesteuert werden.⁴

Die Aufgabe der Bindung besteht darin, das in ihr enthaltene Schleifkorn festzuhalten und damit die Funktion als effizientes Schleifmittel zu gewährleisten. Dazu ist es notwendig, dass die Bindung das Schleifkorn so lange hält, bis das Ende seiner Standzeit erreicht ist. Das bedeutet, dass Bindung und Schleifkorn gleich schnell verschleifen.⁵

Die folgende Abbildung zeigt verschiedene Bindungsarten.

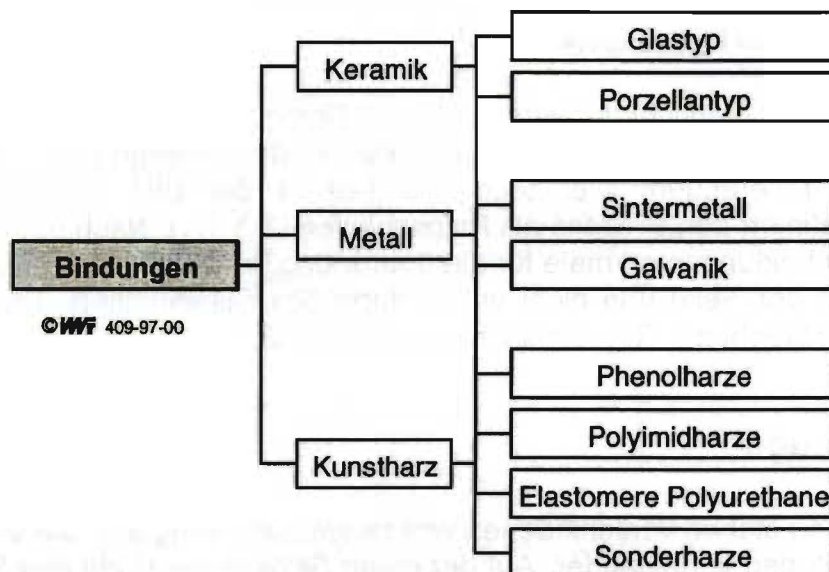


Abbildung 3: Bindungen⁶

³ Vgl. [Hof 03] Hoffmeister, H.-W.: 2003, (S. 4.5)

⁴ Vgl. [Sch 05] Schulze, R.: 2005, (S. 3.2)

⁵ Vgl. [Zit 99] Zitt, U.-R.: 1999, (S. 66ff)

⁶ Vgl. [Hof 03] Hoffmeister, H.-W.: 2003, (S. 4.7)

Die verbreiteten Bindungen bestehen aus Keramik, Metall oder Kunstharz. Beispiele für keramische Bindungen sind Ton, Quarz oder Magnesiumcarbonat. Magnesiumcarbonat tritt in der Natur in großen Mengen auf, z.B. als Magnesit oder Bitterspat.

Metallische Bindungen bestehen aus neutralen Materialien, Hart- und Weichstoffen. Zu den neutralen Materialien zählen Eisen, Kobalt und Nickel. Hartmetall und Wolframcarbid sind Hartstoffe, die bis zu 80% in der Bindung enthalten sind. Bronze und Messing bilden die Gruppe der Weichstoffe.⁷

Kunstharz ist ein Sammelbegriff für eine Vielzahl höhermolekularer chemischer Syntheseprodukte unterschiedlicher Zusammensetzung. Beispiele sind Phenolharze, Polyamidharze, Elastomere Polyurethane und weitere Sonderharze.⁸

Je nach Zusammensetzung haben die einzelnen Bindungstypen unterschiedliche Eigenschaften. So kann z.B. durch einen hohen Anteil an Hartmetallen bei metallischen Bindungen eine hohe Festigkeit erzielt werden. Weitere Einflussfaktoren sind die Bedingungen beim Herstellungsvorgang. Neben der Zusammensetzung beeinflussen auch Temperatur, Druck und Dauer der Herstellung die Härte der Bindung.⁹

Schleifkorn zeichnet sich durch seine Zähigkeit und Härte aus. Dadurch kann von einem Werkstück Material abgetragen werden, ohne dass das Schleifkorn stark abnutzt. Grundsätzlich unterscheidet man natürliche Kornwerkstoffe (Quarz, Korund, Granat, Naturdiamant) und synthetische Kornwerkstoffe (Korund, Siliciumcarbid, CBN, Diamant).¹⁰

Natürliche Kornwerkstoffe sind im Laufe der Erdgeschichte bei Vorliegen besonderer Bedingungen unter Druck und Wärme entstanden. Das hat z.B. in Südafrika zu den größten Vorkommen an Naturdiamanten geführt.

Synthetische Kornwerkstoffe werden künstlich hergestellt. So entstehen Diamanten und CBN in einer Hochdrucksynthese bei hohem Druck und hohen Temperaturen. Mit Hilfe von Katalysatoren wird über diesen Weg ein Schleifmittel geschaffen. Die hergestellten Diamanten sind mit den Naturdiamanten in der Härte vergleichbar. Sie bieten daneben Vorteile gegenüber dem natürlichen Korn, da sie eine gleichmäßige Struktur und eine gleich bleibende, definierbare Qualität besitzen. Aus dem Grund werden synthetische Diamanten immer häufiger für technische Anwendungen benutzt. Eine Übersicht über die verschiedenen Kornwerkstoffe zeigt Abbildung 4.

⁷ Vgl. [Sch 05] Schulze, R.: 2005, (S. 3.1)

⁸ Vgl. [Kön 97] König, M.: 1997, (S. 3.1)

⁹ Vgl. [Kön 85] König, W. et al.: 1985, (S. 33f)

¹⁰ Vgl. [Bur 91] Burkart, W.: 1991, (S. 25ff)

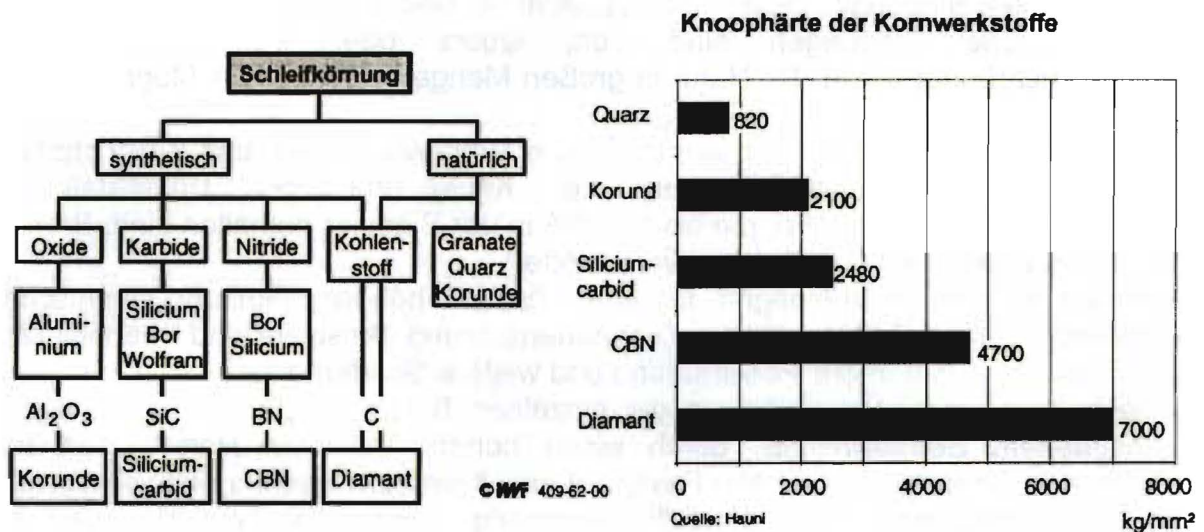


Abbildung 4: Kornwerkstoffe

Neben der Darstellung der Schleifkörnungen mit ihren Ausgangsstoffen zeigt die Abbildung die Klassifizierung der Härte der Werkstoffe.

Die Knoophärte, benannt nach Frederick Knoop, wird über das Eindringen einer Diamantspitze in rhombischer Form in den Probekörper gemessen. Die Härte des Körpers lässt Rückschlüsse auf sein Verschleißverhalten zu.

Natürliche und synthetische Diamanten sind somit die härtesten Werkstoffe. Aus den Knoophärten werden die Einsatzbereiche abgeleitet. So lässt sich z.B. Stahl besser mit CBN oder Diamant bearbeiten als mit Korunden. Der Nachteil von Diamanten liegt in der großen Wärmeleitfähigkeit. Bei hoher Prozesswärme kann dies zu Zerstörungen am Werkstück führen. Daher muss für den jeweiligen Bearbeitungsfall das geeignete Schleifkorn ausgewählt werden.¹¹

Die Abtragsleistung eines Schleifkorns wird durch die Korngröße und -form bestimmt. Mit der Größe nimmt auch der Abtrag des Korns zu. Nimmt das Korn viel Material von der Oberfläche ab, entsteht eine rauere Oberfläche als bei kleiner Schleifkorngröße. Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft die Korngrößenstufen beim Diamanten.

Bezeichnung	Korngröße	Einheit
sehr grob	8-12	mesh
grob	14-24	mesh
mittel	30-60	mesh
fein	70-120	mesh
sehr fein	150-240	mesh
staubfein	280-600	mesh

Tabelle 2: Diamantkorngrößen

Die Größenklassifizierung erfolgt durch Aussieben der Körnung. Die Einheit mesh gibt die Anzahl der Maschen pro Quadrat-Zoll der Siebe an. Übersetzt ins metrische System entspricht das der Maschenzahl bei einer Fläche von 645,16 mm².

¹¹ Vgl. [Hof 03] Hoffmeister, H.-W.: 2003, (S. 4.6)

Die Konzentration bezeichnet das Verhältnis zwischen Schleifkorn- und Bindungsanteil. Die Auswirkungen sind vom Bearbeitungsfall abhängig. So kann eine hohe Schleifkornkonzentration die Lebensdauer eines Werkzeugs verlängern, da mehrere Schneiden gleichzeitig im Eingriff sind.

Bei der Herstellung der Werkzeuge werden die Materialien der Bindung mit den Schleifkörnern vermischt. Dabei ist es erforderlich, dass das Schleifkorn gleichmäßig verteilt ist. Da die spezifischen Gewichte von Bindungsstoffen und Schleifkorn oft stark variieren, werden Hilfsstoffe hinzugefügt, die sich während des Herstellungsvorgangs verflüchtigen. Je nach Bindungsart unterscheiden sich die Herstellungsverfahren. Bei einem metallisch gebundenen Diamant wird z.B. das Gemisch zunächst kalt gepresst. Das entstandene Segment weist bereits eine hohe Festigkeit auf. Es wird in eine Sinterform eingelassen, die auf die erforderliche Temperatur aufgeheizt wird. Anschließend wird das Segment unter einer Presse auf das gewünschte Endmaß geformt. Je nach Zusammensetzung der metallischen Bindung werden bei diesem Sintervorgang Temperaturen zwischen 600°C und 1200°C erreicht. Daneben bestimmen die Parameter Druckverlauf und Dauer des Vorgangs den Sinterprozess.¹² Die folgende Abbildung zeigt ein angeschliffenes Schleifsegment. Es ist deutlich das einzelne Diamantkorn zu erkennen, das in der metallischen Bindung enthalten ist.

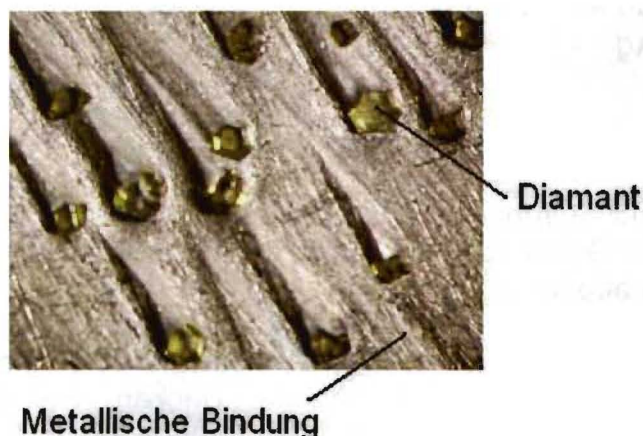


Abbildung 5: Metallisch gebundener Diamant¹³

2.1.3. Betonwaren

Beton ist ein künstlich hergestellter Stein. Er besteht aus mindestens drei Ausgangsstoffen, Zement, Wasser und Zuschlagstoff.

Zement wird aus den Rohmaterialien Kalkstein, Ton, Sand und Eisenerz hergestellt. Er dient als Bindemittel, um die Bestandteile des Betons dauerhaft zu verbinden.¹⁴

Als Zuschlagstoffe werden in der Regel Sand, Kies und Splitt verwendet. Kies wird aus Flüssen und Seen gewonnen. Seine Form ist rund. Splitt dagegen wird aus dem Berg abgebaut. Die großen Steinblöcke werden in Brechanlagen auf die gewünschte Größe zerkleinert. Durch die hohen mechanischen Kräfte in der Anlage bricht der Stein. Dadurch erhält Splitt eine spitze Form. Unter einer Korngröße von 2mm

¹² Vgl. [Sch 05] Schulze, R.: 2005, (S. 3.3ff)

¹³ Vgl. [Dia 05] Diamant Boart: 2005, (Diamond & Diamond tools)

¹⁴ Vgl. [Ebe 02] Ebeling, K. et al.: 2002, (S. 6ff)

werden Kies und Splitt als Sand bezeichnet. Dabei ist gewaschener Sand aus Flüssen und Seen rund, gebrochener Sand scharfkantig. Neben diesen Grundstoffen können Zusatzstoffe eingemischt werden. Das sind zumeist chemische Stoffe, die die Optik beeinflussen oder das Verarbeiten des Betons vereinfachen. Abbildung 6 zeigt ein Betonelement im Schnitt.

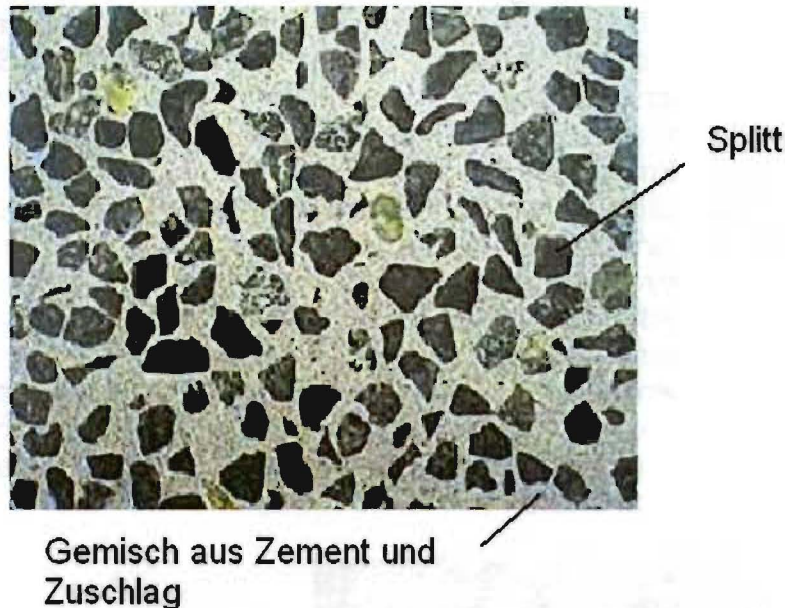


Abbildung 6: Betonelement

Betonwaren zählen zur Gruppe der Betonerzeugnisse. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass der Beton vor dem Einbau bereits erhärtet ist und nicht erst an seinem Bestimmungsort abbindet.

Betonerzeugnisse werden daher in stationären Betonwerken hergestellt. Man unterteilt die Erzeugnisse in Betonfertigteile und Betonwaren. Fertigteile sind Bauteile aus Stahl- oder Spannbeton wie z.B. Wände, Decken, Stützen oder ganze Gebäudeeinheiten.¹⁵ Der Begriff Betonwaren bezeichnet dagegen kleinere Elemente, wie Pflastersteine, Terrassenplatten und Wandelemente. Sie werden auf modernen Fertigungsmaschinen in Großserien hergestellt. In der Regel ist bei diesen Produkten kein Zusatz von Stahl notwendig. Die folgenden Abbildungen zeigen Musterflächen mit Pflastersteinen und Terrassenplatten.¹⁶

¹⁵ Vgl. [VDZ 00] Verein Deutscher Zementwerke e.V.: 2000, (S. 179ff)

¹⁶ Vgl. [Fel 99] Feldmann, H. et al.: 1999, (S. 465)



Abbildung 7: Pflastersteine



Abbildung 8: Terrassenplatten

Für die Bearbeitung der Betonwaren ist die Festigkeit ein wichtiger Parameter. Sie kennzeichnet den Widerstand gegen verformende oder trennende mechanische Beanspruchung. Die Festigkeit des Betons hängt im wesentlichen von drei Faktoren ab, der Härte der Zuschlagstoffe, dem Aushärtegrad und der Porosität des Betons.

Material	Rohdichte g/cm ³	Wasseraufnahme Gew.-%	Druckfestigkeit N/mm ²	Biegezugfestigkeit N/mm ²	Schleifabnutzung cm ³ /50cm ²
Granit	2,6 - 2,8	0,2 - 0,5	160 - 240	10 - 20	5 - 8
Granodiorit	2,6 - 2,8	0,2 - 0,5	160 - 240	10 - 20	5 - 8
Diorit	2,8 - 3,0	0,2 - 0,4	170 - 300	10 - 22	5 - 8
Quarzdiorit	2,8 - 3,0	0,2 - 0,4	170 - 300	10 - 22	5 - 8
Gabbro	2,8 - 3,0	0,2 - 0,4	170 - 300	10 - 22	5 - 8
Syenit	2,6 - 2,8	0,2 - 0,5	160 - 240	10 - 20	5 - 8
Alkalisyenit	2,6 - 2,8	0,2 - 0,5	160 - 240	10 - 20	5 - 8
Monzonit	2,6 - 2,8	0,2 - 0,5	160 - 240	10 - 20	5 - 8
Essexit	2,6 - 2,8	0,2 - 0,5	160 - 240	10 - 20	5 - 8
Rhyolith	2,5 - 2,8	0,2 - 0,7	180 - 300	15 - 20	5 - 8
Rhyodacit	2,5 - 2,8	0,2 - 0,7	180 - 300	15 - 20	5 - 8
Andesit	2,5 - 2,8	0,2 - 0,7	180 - 300	15 - 20	5 - 8
Tholeiitbasalt	2,9 - 3,0	0,1 - 0,3	250 - 400	15 - 25	5 - 8
Dolerit	2,8 - 3,0	0,2 - 0,4	170 - 300	10 - 22	5 - 8
Melaphyr	2,9 - 3,0	0,1 - 0,3	250 - 400	15 - 25	5 - 8
Trachyt	2,5 - 2,8	0,2 - 0,7	180 - 300	15 - 20	5 - 8
Phonolit	2,5 - 2,64	0,3 - 5	170 - 250	8 - 25	
Tephrit	2,2 - 2,4	4 - 10	80 - 150	8 - 12	12 - 15
Basanit	2,2 - 2,4	4 - 10	80 - 150	8 - 12	12 - 15
Nephelinit	2,2 - 2,4	4 - 10	80 - 150	8 - 12	12 - 15
Tuffstein	1,8 - 2,0	6 - 15	20 - 30	2 - 6	
Mikrogabbro	2,89	0,29	283	15,8	6,2
Konglomerat	2,3	2,8	34,5 - 38	6	
Grauwacke	2,6 - 2,65	0,2 - 0,5	150 - 300	13 - 25	7 - 8
Tonschiefer	2,7 - 2,8	0,5 - 0,6		50 - 80	
Kalkstein	2,6 - 2,9	0,2 - 0,6	80 - 180	6 - 15	15 - 40
Dolomitstein	2,6 - 2,9	0,2 - 0,6	80 - 180	6 - 15	15 - 40
Amphibolit	2,7 - 3,1	0,1 - 0,4	170 - 280		
Marmor	2,6 - 2,9	0,2 - 0,6	80 - 180	6 - 15	15 - 40
Quarzglimmerschiefer	2,75	0,1	252	35	9,5
Serpentinit	2,6 - 2,8	0,1 - 0,7	140 - 250		8 - 18
Dolomitmarmor	2,85	0,23	99	13,2	
Gneis	2,6 - 3,0	0,1 - 0,6	160 - 280		4 - 10
Migmatit	2,68	0,39	155	20,4	
Granulit	2,6 - 3,0	0,1 - 0,6	160 - 280		4 - 10
Quarzit	2,6 - 2,7	0,2 - 0,5	150 - 300	13 - 25	7 - 8
Fruchtschiefer	2,74		195	28	40 - 80
Hornfels	2,74		195	28	40 - 80
Quarzitschiefer	2,68	0,24	232	36,2	

Tabelle 3: Übersicht verschiedener Zuschlagstoffe¹⁷

Die Tabelle zeigt verschiedene Zuschlagstoffe mit ihrer Rohdichte, Wasseraufnahme, Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit und Schleifabnutzung. Es sind obere und untere Grenzen angegeben, da die Zuschläge aus unterschiedlichen Vorkommen stammen. Für die Härte der Zuschlagstoffe sind vor allem die Rohdichte und die Druckfestigkeit relevant. Je höher die Werte sind, desto härter ist der Zuschlagstoff. Die Rohdichte als Quotient aus Masse und Volumen ist ein direkter Indikator für die Offenporigkeit

¹⁷ Vgl. [Dil 05] Dillman, O.-O.: 2005, (Die Welt der Gesteine)

eines Stoffes. Die Druckfestigkeit gibt die Widerstandsfähigkeit eines Werkstoffs bei der Einwirkung von Druckkräften an. Sie wird als Quotient aus Kraft und Fläche ausgedrückt. Damit ist der Wert ein Maß dafür, wie leicht das Material zerstört werden kann.

Die Schleifabnutzung drückt die Abspanleistung eines bestimmten Werkzeugs auf einer definierten Fläche bei einer vorgegebenen Einsatzzeit aus. Je weicher der Zuschlagstoff ist, desto höher ist die Abtragsleistung.

Anhand der Tabelle 3 lassen sich so z.B. Granit und Tholeiitbasalt als harte Zuschlagstoffe identifizieren, während z.B. Marmor und Kalkstein weiche Materialien sind.¹⁸

Der Aushärtegrad von Beton wird durch die Umgebungseinflüsse (Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Temperatur) und der Zusammensetzung (Wassergehalt und chemische Zusätze) beeinflusst. In der Regel werden Betonwaren nach 24 Stunden bearbeitet. Seine endgültige Härte erreicht der Beton jedoch erst nach Monaten.¹⁹

Die Porosität des Betons hängt vom Zuschlag und vom Wassergehalt ab. Wird hauptsächlich Kies und Splitt mit großem Korn und nur wenig feinem Zuschlag verwendet, werden die Löcher zwischen dem Korn nicht vollständig geschlossen. Dieses Phänomen ist z.B. bei wasserdurchlässigen Pflastersteinen in Abbildung 9 deutlich zu erkennen. Bei dem Stein wird die Offenporigkeit angestrebt, damit Wasser durch den Stein ins Erdreich gelangen kann.



Abbildung 9: Wasserdurchlässiger Pflasterstein²⁰

Neben der Zusammensetzung beeinflusst der Wassergehalt bei der Produktion die Offenporigkeit. Wird wenig Wasser verwendet, kann sich der feine Zuschlag nicht gleichmäßig zwischen größerem Korn verteilen. Dadurch entstehen offenporige Bereiche. Je mehr Poren im Beton enthalten sind, desto geringer ist seine Festigkeit.²¹

¹⁸ Vgl. [VDZ 00] Verein Deutscher Zementwerke e.V.: 2000, (S. 209ff)

¹⁹ Vgl. [Sch 05] Schulze, R.: 2005, (S. 2.5)

²⁰ Vgl. [BSL 05] Bayrisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten: 2005, (Versickerung)

²¹ Vgl. [VDZ 00] Verein Deutscher Zementwerke e.V.: 2000, (S. 305ff)

2.1.4. Schleifen von Betonwaren

Schleifen wird bei Betonwaren angewendet, um die Optik aufzuwerten. Durch die spanende Bearbeitung werden die Zuschläge freigelegt und die Produkte erhalten eine glatte, sich im Licht spiegelnde Oberfläche. Gleichzeitig wird die Schmutzempfindlichkeit reduziert, da sich den Verunreinigungen weniger Halt bietet. Die Rohware für die Bearbeitung besteht überwiegend aus zweischichtigem Beton. Der Kernbeton bildet die Rückseite der Produkte. Bei dieser Komponente steht die kostengünstige Herstellung im Vordergrund. Der Vorsatzbeton enthält hochwertige Zuschläge wie z.B. Granit oder Marmor. Seine Zusammensetzung bestimmt die Optik des Produktes.



Abbildung 10: Terrassenplatte im Schnitt

In Abbildung 10 ist eine Terrassenplatte im Schnitt dargestellt. Der Kernbeton hat keine Einfärbung. Das Aussehen des Materials ist nicht relevant. Der Vorsatzbeton dagegen ist blau eingefärbt und enthält Edelsplitt.

Durch die Fertigung ergeben sich bei den Betonwaren Toleranzen in der Produkthöhe. Die Toleranzen sind sowohl innerhalb eines Produktionsloses als auch innerhalb eines einzelnen Produktes zu erkennen. Die Unterschiede werden am Beispiel von Terrassenplatten verdeutlicht. Die Länge und Breite beträgt exakt 400mm, während die Produkthöhe zwischen 39,8 und 41,6 mm variiert.

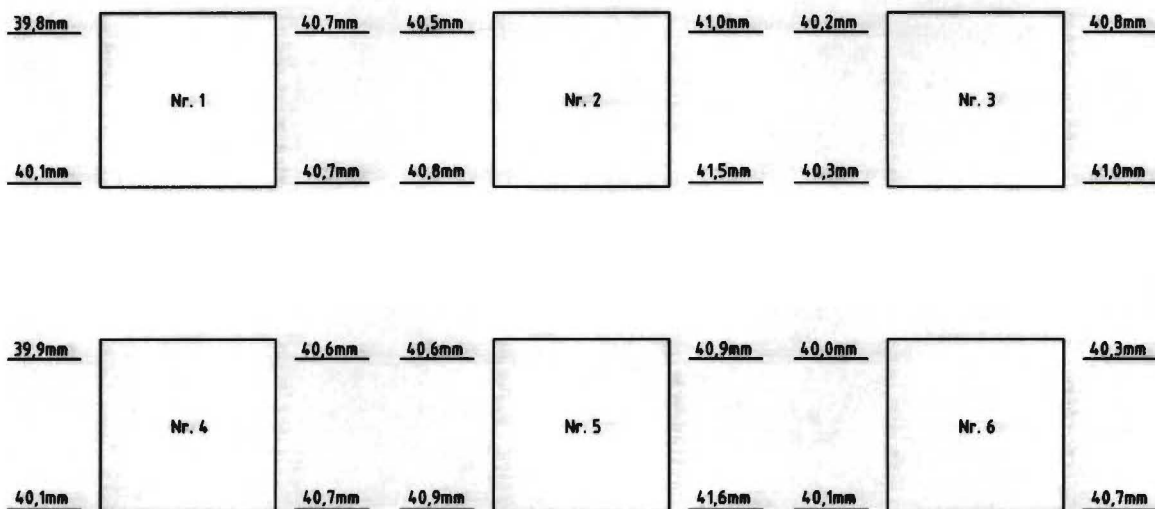


Abbildung 11: Plattendicke

Abbildung 11 zeigt Beispiele von Rohlingen für Terrassenplatten aus einem Produktionslos. Die Dicke der Platte wird jeweils an den Ecken gemessen. Innerhalb einer Platte beträgt die Differenz bis zu 1 mm (Platte Nr. 2). Innerhalb eines Loses ergeben sich Toleranzen von bis zu 1,8 mm (Platte Nr. 1 und Nr. 5).

Die Unterschiede werden durch das so genannte Kalibrieren ausgeglichen. Dazu wird der Kernbeton geschliffen. Der Materialabtrag beträgt in diesem Fall 2 mm, um eine einheitliche Produkthöhe zu gewährleisten.

Nach dem Kalibrieren folgt die Bearbeitung des Vorsatzbetons. Zunächst wird durch das Grobschleifen ca. 1,5 mm von der Oberfläche abgetragen. Das ist notwendig, um einen Kornschnitt zu erreichen, der das Innere des Produktes zeigt. Im Feinschleifen wird diese Oberfläche weiter bearbeitet. Der Materialabtrag beträgt zwischen 0,1 und 0,4 mm. Durch diese Bearbeitung erhält die Ware ihren Glanz.



Abbildung 12: Vergleich geschliffene und unbearbeitete Terrassenplatte

In Abbildung 12 ist der Unterschied zwischen geschliffener und unbearbeiteter Terrassenplatte zu erkennen. Auf der unbearbeiteten Platte ist das einzelne Splittkorn nicht sichtbar. Durch den Schleifprozess wird das einzelne Korn durchtrennt und es zeigt sich die innere Struktur der Platte.²²

Insgesamt werden somit ungefähr 4 mm Material von der Platte geschliffen.

2.1. Nassschleifen

Betonwaren werden heute ausschließlich unter Verwendung von Wasser geschliffen. Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit dieser Nassbearbeitung. Darin werden insbesondere die Funktionen des Wassers und die notwendige technische Ausstattung beschrieben. Das Kapitel schließt mit der Untersuchung der Abfallstoffe und verschiedener Entsorgungsmöglichkeiten.

2.1.1. Produktionsablauf

Im Anschluss an die Herstellung werden Betonwaren in Trockenkammern eingelagert, um abzubinden. Dort erreichen sie in der Regel nach 24 Stunden die Mindesthärte für die Schleifbearbeitung. Der darauf folgende Produktionsablauf ist in folgender Abbildung dargestellt.

²² Vgl. [Fel 99] Feldmann, H. et al.: 1999, (S. 628ff)

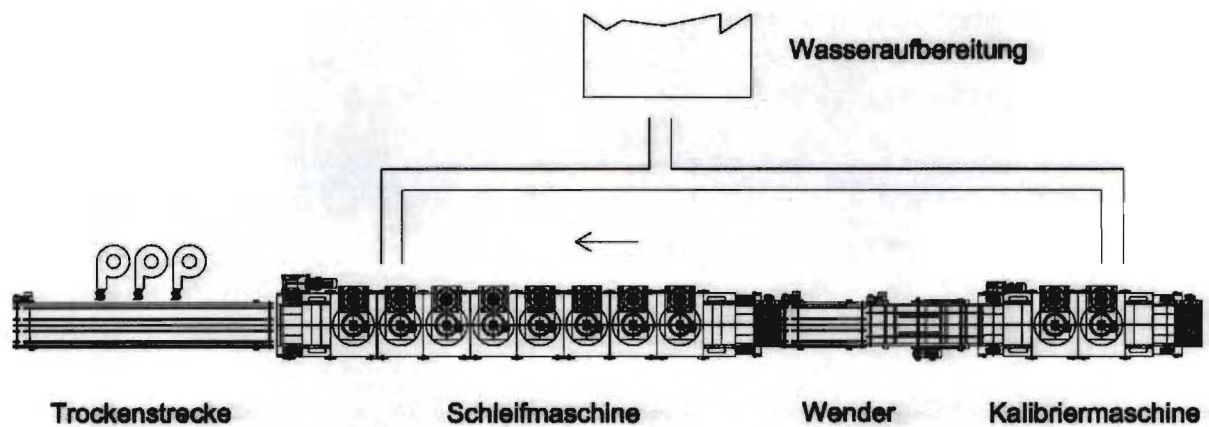


Abbildung 13: Layout Nassschleiflinie

Die Bearbeitung des Kernbetons erfolgt auf der Kalibriermaschine. Die Betonwaren werden auf einen Fördergurt gelegt, der die Produkte durch die Maschine transportiert. Mit bis zu zwei Schleifstationen werden die Platten auf die gewünschte Produkthöhe geschliffen. Dieser Grobschliff wird ausschließlich mit metallgebundenen Diamanten durchgeführt. Die folgende Abbildung zeigt eine Kalibriermaschine mit zwei Schleifstationen. Jede Station hat eine Antriebsleistung von 55 KW.



Abbildung 14: Kalibriermaschine

Nach dem Wenden der Produkte folgt die Bearbeitung des Vorsatzbetons. Dazu steht eine Schleifmaschine mit bis zu zehn Schleifstationen zur Verfügung. Die Maschine führt den Grob- und Feinschliff in einem Prozess durch. Der Grobschliff erfolgt auf bis zu vier Stationen. Sie sind mit metallgebundenen Diamanten bestückt. Die übrigen Stationen sind mit Schleifwerkzeugen aus magnesitgebundenem Korund ausgestattet. Sie erzielen den Feinschliff der Oberfläche. Bei den Werkzeugen müssen jedoch bestimmte Lagerbedingungen eingehalten werden. Sind die magnesitgebundenen Schleifwerkzeuge Temperaturen unter 0°C ausgesetzt, werden sie porös und sind für die Bearbeitung nicht mehr geeignet.²³

In Abbildung 15 ist eine Schleifmaschine mit insgesamt acht Stationen dargestellt. Die Betonwaren werden über einen Fördergurt durch die Maschine transportiert. Die Bearbeitung startet mit der Grobbearbeitung auf drei Stationen und endet mit dem Feinschleifen auf fünf Stationen. Die einzelnen Antriebe haben eine Leistung zwischen 37 KW und 55 KW.

Mit den Maschinen können Produkte mit einer Breite von bis zu 850 mm bearbeitet werden. Dadurch ist es möglich, Terrassenplatten mit einer Breite von 400 mm in zwei Reihen durch die Maschine zu transportieren. Die Bandgeschwindigkeit beträgt bis zu 5 m/min. Der Schleiftellerdurchmesser ist ca. 100 mm größer als die Arbeitsbreite, um eine komplette Oberflächenbearbeitung zu gewährleisten.

²³ Vgl. [Stü 80] Stüdemann, Hans: 1980, (S. 34f)

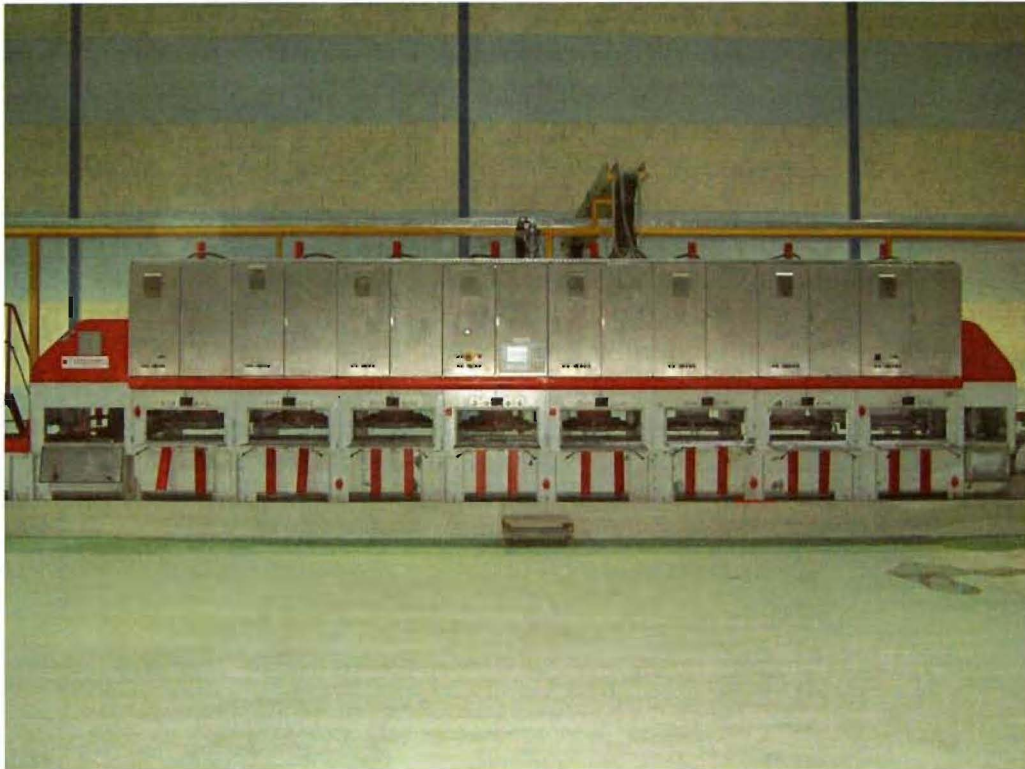


Abbildung 15: Schleifmaschine

Im Anschluss an den Schleifprozess werden die Betonwaren in der Regel weiter bearbeitet. Mögliche Verfahren sind die Bearbeitung der Kanten, Strahlen und Bürsten der Oberfläche. Alle Bearbeitungen werden trocken durchgeführt. Daher ist es notwendig, dass die Produkte nach dem Schleifen abtrocknen. Dies wird über Gebläse realisiert, die auf der Trockenstrecke zwischen Schleifmaschine und darauf folgender Bearbeitung mit einer Leistung von 20 KW installiert sind.

Das an Kalibrier- und Schleifmaschine verwendete Wasser wird kanalisiert und fließt zu einer zentralen Aufbereitungsstation.

2.2.2. Komponenten der Wasseraufbereitung

Derzeit wird beim Schleifen von Beton- und Betonwerksteinplatten mit Diamant- und Karborundumwerkzeugen gearbeitet. Ein ungekühlter Zerspanungsvorgang würde sowohl beim zu bearbeitenden Betonprodukt, als auch bei der Bearbeitungsmaschine zu Schäden, die bis zur Zerstörung gehen können, führen. Um diese destruktiven Folgen zu verhindern, erfolgt derzeit beim Fräsen und Schleifen von Betonprodukten eine Kühlung mittels Wasser (bis 150 m³/h), wodurch das Problem der Schleifschlamm Entsorgung entsteht.

Durch das Fräsen und Schleifen der Betonprodukte entstehen Feststoffe, die zusammen mit dem Kühlwasser (1) zunächst in einem Vorfluter (Schleifwasserbecken) (2) gesammelt und durch eine Schöpfereinrichtung grob abgetragen werden. Das verbleibende Gemisch, bestehend aus Wasser, Zement, Mehlkorn und Farbpigmenten, wird in eine Wasseraufbereitungsanlage (Sedimentationssilo) (3) gepumpt. Um die Trennung der Partikel von Wasser zu beschleunigen, erfolgt mittels einer Flockungsmitteldosierstation (4) eine

Beimischung von Polyelektrolyten. Das dadurch entstandene, überstehende Wasser an der Silooberkante wird von abfiltrierbaren Stoffen befreit und in ein Klarwassersilo (5) abgeleitet. Das geklärte Wasser weist einen extrem hohen pH-Wert auf und muss daher vor dem Wiedergebrauch neutralisiert werden. In einem Reaktorbehälter (6) werden Chemikalien zugegeben und durch die Zugabe von Säure wird der pH-Wert reduziert. Mit einer entsprechenden Pumpstation (7) wird das behandelte Wasser als Kühlmittel wieder der Schleifmaschine zugeführt.

Der im Sedimentationssilo (3) anfallende Schlamm, bestehend aus Zement, Zusatzmittel-rückständen, Farbpigmenten und Flockungsmittel, muss weiterbehandelt werden, um ihn in eine transportfähige und deponiefähige Form zu bringen. Dies geschieht durch den Einsatz von Filterkammerpressen (8), in denen durch Drücke bis 300 bar zwischen den Filtertüten eine ausreichende Feststoffdichte für die Deponierung erzeugt wird (Trockensubstanzgehalt max. 50 %). Der entstehende Filterkuchen (8) wird in einem Container gesammelt und anschließend zur Deponie gebracht.

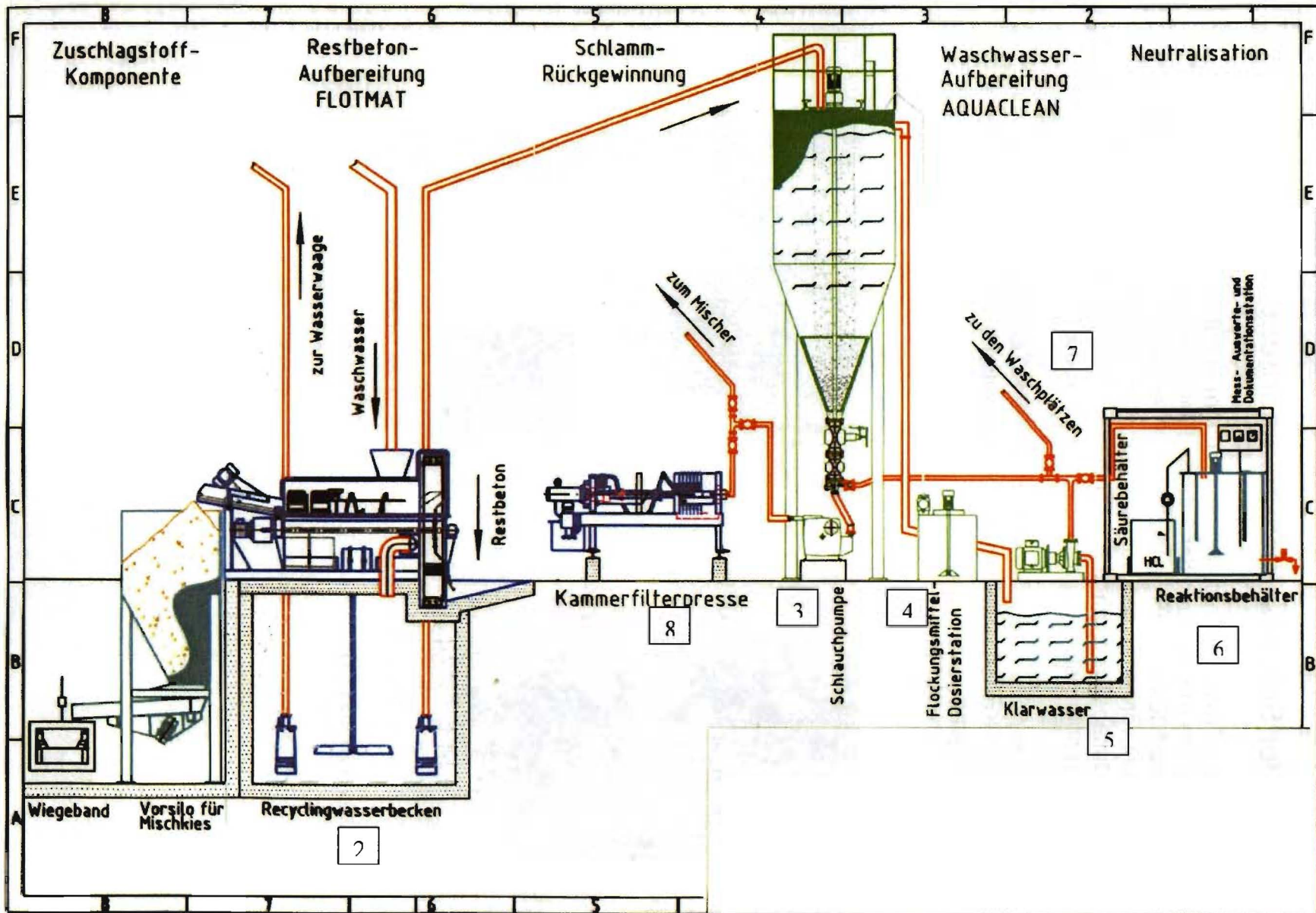


Abbildung 16: Wasseraufbereitung

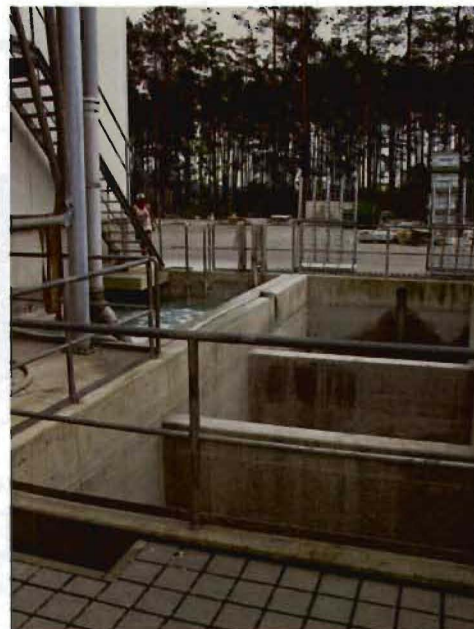
2.2.3. Kosten der Schleifschlamm Entsorgung

Die derzeit praktizierte „Nass-Technologie“ (siehe oben) bringt sehr hohe Investitionskosten für die Anschaffung der Schleifschlamm Entsorgungsanlage zwischen 200.000 und 500.000 EUR, je nach Größe der Anlage, mit sich. Bei den variablen Kosten fallen vor allem die Energiekosten (Stromkosten für 50 bis 150 kW/h) ins Gewicht. Daneben entstehen Aufwendungen für Chemikalien und Filtertücher sowie Deponiekosten, je nach Standort bis 150 EUR je Tonne Schleifschlammabfall.

Durch die Einführung der neu zu entwickelnden „Trocken-Technologie“ entfallen alle diese oben angeführten Kosten und vor allem die umweltproblematische Schleifschlamm Entsorgung.



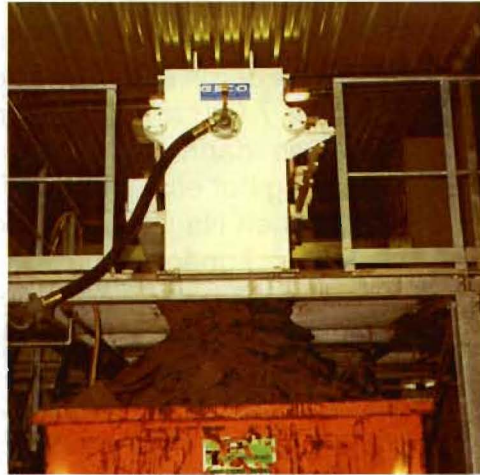
Schleifwasserabfluss (1)



Schleifwasserbecken (2)



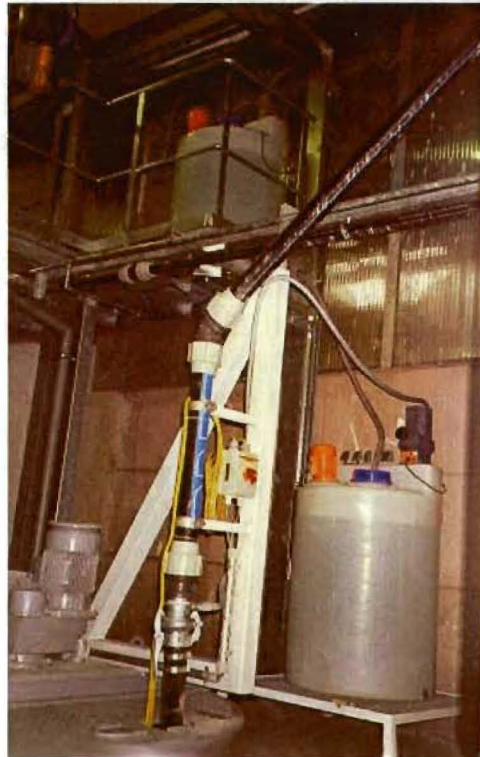
Brauchwasser (2)



Kammerfilterpresse (8)



Sedimentation (3)



Flockungsmitteldosierstation (4)

2.3.Trockenschleifen

2.3.1. Ausgangs-Situation

Das anfallende Abfallprodukt, der hohe Wasserverbrauch und die Leistungsaufnahme der Wasseraufbereitung zählen zu den ökologischen Nachteilen. Im Jahr fallen über 7.900 to Filterkuchen an, der in der Regel auf Deponien entsorgt werden muss. Das darin enthaltene, verbrauchte Wasser beträgt 1.000 m³. Die Wasseraufbereitung hat eine Stromaufnahme von 56 KW.

Zu den ökonomischen Nachteilen zählen alle Kosten, die durch die Verwendung des Wassers entstehen. Zunächst muss der Betreiber die notwendigen Flächen für eine Wasseraufbereitung zur Verfügung stellen. Die Investition in die Anlagen beträgt ca. 250.000 €. Zusätzlich sind Installationsarbeiten für Wasserzuleitungen und Abwasserrinnen notwendig. Neben den Kosten für Strom, Wasser und die Entsorgung des Filterkuchens treten weitere Wartungs- und Instandhaltungskosten auf. In Rohrleitungen, Rinnen und Pumpen kann sich Schmutz festsetzen und zu Verstopfungen führen. Die müssen durch das Wartungspersonal wieder beseitigt werden.

Durch die ständige Anwesenheit des Wassers sind die Anlagen der Schleiflinie und der Wasseraufbereitung einer erhöhten Korrosion ausgesetzt. Das verkürzt die Lebensdauer der Anlagen. Zusätzlich beschleunigt das Wasser das Verschmutzen der Maschinen, da sich Schmutzpartikel leicht ablagern können.

Durch den Gefrierpunkt von Wasser müssen die Anlagen in geheizten Räumen installiert sein, um eine Produktion auch bei geringen Temperaturen zu gewährleisten. Häufig sind jedoch gerade die Komponenten der Wasseraufbereitung im Außenbereich installiert. Bei Temperaturen unter 0°C müssen Behälter und Pumpen entleert werden, da sie sonst durch den Druck des expandierenden Wassers zerstört werden. Eine Produktion ist nicht mehr möglich.

Damit ergeben sich durch die Verwendung von Wasser neben ökologischen und ökonomischen Nachteilen auch praktische Beeinträchtigungen. Die Entwicklung einer Trockenbearbeitung ist daher eine zukunftsweisende Optimierung.

Die Entwicklung der innovativen Trockenschleifanlage wurde nach folgenden Maßnahmen und Arbeitspaketen durchgeführt:

2.3.2. Arbeitsschritte

2.3.2.1. DETAILLIERTE VORVERSUCHE UND GROBANALYSE (3 Monate)

Entwicklung einer Laborversuchsmaschine

bestehend aus:

- 1.1) Maschinenkonstruktion
- 1.2) Maschinenbau
mit Maschinenbrücke und Werkzeugsupport einschließlich Transportband und gekapseltem Staubtunnel.
- 1.3) Meß- und Regeltechnik und Elektronik
Feinstandrucksteuerung mit Meßbereich in 1/100stel für die Vertikal-Supportverstellung sowie zur Produkthöhenbestimmung
Frequenzregelung für Werkzeugantrieb und Bandvorschub, frei regelbar
- 1.4) Steuerung
bestehend aus einer SPS mit Visualisierungstableau und Steuerpult zur Feinstbestimmung der Versuchsergebnisse
- 1.5) Werkzeuge
vorzugsweise diamant- und karborundumgebunden, einschließlich Werkzeugaufnahmen und verschiedenen Körnungsbindingen
- 1.6) Peripheriegeräte
wie Verrohrung und Staubabsaugung mit Filter und aller dazugehörigen Absaugleitungen
- 1.7) Versuchslauf

Ziel ist die Erforschung der optimalen Werkzeuge bei optimalem Andruck und geeigneter Drehzahl zu ermitteln, ohne dass das Betonwerkstück oder das Werkzeug Brandspuren zeigt.

2.3.2.2. ENTWICKLUNG UND KONSTRUKTION EINES PROTOTYPEN (3 Monate)

Aufgrund der detaillierten Vorversuche und der Ergebnisse aus der Laborversuchsanlage wird eine möglichst in der Praxis einsetzbare Prototypen-Anlage mit mehreren, wahrscheinlich 8, Stationen für den industriellen Praxistest entwickelt und konstruiert.

- 2.1) Erstellung eines detaillierten Pflichten- und Lastenheftes

- 2.2) Maschinenbaukonstruktion mit Detailkonstruktion
- 2.3) Elektro- und steuerungskonstruktive Erstellung, meß- und regeltechnische Konstruktionsplanung
- 2.4) Entwicklung der optimalen Staubabsaugung

2.3.2.3. BAU DES PROTOTYPEN UND TESTLAUF (4 Monate)

- 3.1) Stahlbau aufgrund der Konstruktion
Stahlbaufertigung der Baugruppenrohlinge
- 3.2) Spanende Bearbeitung der einzelnen Baugruppen und Lackierung
- 3.3) Zusammenbau der Baugruppen und der Zukaufteile sowie Endmontage
- 3.4) Steuerungsbau, Schaltschrankbau und Verdrahtung der gesamten Anlage
- 3.5) Programmierung und Installation der Software
- 3.6) Probelauf der gesamten Anlage im Hause SR-Schindler
- 3.7) Peripheriegeräte

2.3.2.4. TESTLAUF (2 Monate)

- 4.1) Montage beim Anwender
- 4.2) Probelauf mit Produkten im Dauerpraxislauf
- 4.3) Werkzeugoptimierung

2.3.3. Notwendige Maßnahmen

Für die Umstellung des Schleifens von Betonwaren auf eine Trockenbearbeitung sind verschiedene Änderungen gegenüber der Nassbearbeitung notwendig. Die Maßnahmen basieren auf Erfahrungen, Analogien aus anderen Bereichen und verschiedenen Annahmen. Das betrifft die Wahl geeigneter Schleifwerkzeuge und Änderungen an der Maschine.

2.3.3.1. Schleifwerkzeuge

Werkzeuge, die für Nassschleiflinien eingesetzt werden, sind für die Trockenbearbeitung nicht geeignet. Bei den metallgebundenen Diamanten wird eine sehr harte Bindung eingesetzt, um eine hohe Standzeit der Werkzeuge zu erreichen. Da sie nur langsam verschleißt, werden die Schneiden des Schleifkorns nicht vollständig freigelegt. Neben dem Schleifkorn bearbeitet auch die Bindung das Produkt. Um den notwendigen Materialabtrag zu erreichen, wird über die Zustellung ein hoher Druck auf das Werkzeug ausgeübt. Dadurch entsteht eine große Wärmeentwicklung. Das Wasser ist notwendig, um das Werkzeug abzukühlen. Wird dem Bearbeitungsbereich in der Maschine allerdings zu wenig Wasser zugeführt, so ist ein Funkenflug sichtbar. In dem Moment wird das Werkzeug zu heiß. Auf dem Produkt zeigen sich Spuren von fest gebranntem Schlamm. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den Schleifwerkzeugen aus magnesitgebundenem Korund. Hier wird ebenfalls über die Zustellung Druck auf die Werkzeuge ausgeübt. Ein Funkenflug ist nicht erkennbar, jedoch deutliche Brandspuren.

Aus dem Grund ist es notwendig, sich bei der Wahl der Werkzeuge neu zu orientieren. Es müssen schnittfreudige Werkzeuge gefunden werden, die ohne Druck eine ausreichende Zerspanung erreichen. Dabei dürfen sie keine Wärmeentwicklung zeigen. Zu diesem Zweck wird eine Zusammenarbeit mit verschiedenen Werkzeugherstellern angestrebt. Auf der einen Seite werden konventionelle Wege mit den Herstellern der Nasswerkzeuge bestritten, auf der anderen Seite, neue Wege mit bislang unbekanntem Werkzeuglieferanten. Tabelle 4 zeigt die Übersicht der Hersteller und deren Werkzeuge.

Hersteller	Werkzeugart	konventionell	neu
Koken	metallgebundene Diamanten	x	
W. Diamant	metallgebundene Diamanten	x	
Riedel	magnesitgebundenes Korund	x	
Busse	metallgebundene Diamanten		x
Büdiam	metallgebundene Diamanten		x
Swediam	kunsthartzgebundene Diamanten		x
Aquarus	kunsthartzgebundene Diamanten		x

Tabelle 4: Hersteller von Schleifwerkzeugen

Die Firmen Koken und W. Diamant sind im Nassbereich etablierte Zulieferer. Für die Versuche sandten sie Werkzeuge mit einer optimierten Metallbindung zu. W. Diamant ist daneben Hersteller von CBN – Werkzeugen. Eine Verwendung dieses Schleifkorns ist jedoch nach deren Aussage nicht sinnvoll, da es weicher und in der Herstellung teurer als Diamantkorn ist.

Das Unternehmen Riedel sah keine Entwicklungsmöglichkeit des magnesitgebundenen Korunds für die Trockenbearbeitung, da die Wärmeentwicklung zu groß ist. Aus dem Grund liefert das Unternehmen Werkzeuge, bei denen der Kornwerkstoff Korund in einer Kunstharzbindung gehalten wird.

Busse und Büdiam sind Lieferanten metallgebundener Diamantwerkzeuge. Sie besitzen jedoch wenig Erfahrung beim Schleifen von Betonwaren. Ihr Wissen stützt sich vielmehr auf die Trockenbearbeitung beim Sägen von Beton.

Die Firma Swediam liefert kunstharzgebundene Diamanten für Fußbodenschleifmaschinen und greift auf dem Gebiet bereits auf fundierte Erfahrungen zurück.

Das Unternehmen Aquarus ist Lieferant von Werkzeugen für kleine Maschinen, wie z.B. Winkelschleifern. Hier wurden die kunstharzgebundenen Diamantwerkzeuge getestet.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der für den Versuch zur Verfügung gestellten Werkzeuge.

Hersteller	Bezeichnung	Korngröße / mesh	Korngröße / mm
Koken	K	30	0,63
W. Diamant	W	30	0,63
Busse	B-A-918	30	0,63
Busse	B-B-329	50	0,31
Busse	B-C-298	30	0,63
Busse	B-D-298	30	0,63
Busse	B-E-298	30	0,63
Büdiam	BD	50	0,31
Büdiam	BD-2	170	0,09
Büdiam	BD-3	80	0,21
Büdiam	BD-4	140	0,13
Büdiam	BD-5	30	0,63
Riedel	24/36		0,84
Riedel	36/46		0,59
Riedel	60		0,30
Riedel	80		0,21
Riedel	100		0,15
Riedel	120		0,13
Swediam	Pos 0		
Swediam	Pos 1		
Swediam	Pos 2		
Aquarus	A-100		

Tabelle 5: Übersicht der Versuchswerkzeuge²⁴

Die Werkzeuge erhalten genaue Bezeichnungen. Zusätzlich sind in der Tabelle die Schleifkorngrößen aufgeführt. Bei einigen Herstellern ist diese Information Bestandteil der Wettbewerbsfähigkeit, weshalb hier keine Angaben verfügbar sind.

2.3.3.2.Maschine

Nach Angaben der Werkzeughersteller ist eine hohe Umfangsgeschwindigkeit des Schleiftellers positiv für das Verhalten der Werkzeuge. Dadurch reduziert sich die Abtragsleistung des einzelnen Schleifkorns. Die Abtragsleistung ergibt sich aus dem Vorschub des Werkstückes und der Umfangsgeschwindigkeit. Je schneller der Schleifteller dreht, desto weniger Material muss das einzelne Schleifkorn abtragen. Bei den Maschinen für die Nassbearbeitung können auf einer Station nur 2 verschiedene Geschwindigkeiten eingestellt werden, da hier mit polumschaltbaren Motoren gearbeitet wird. Stationen mit magnesitgebundenen Schleifsteinen schleifen

²⁴ Vgl. [Nax 71] Naxos Union: 1971, (S. 36)

mit 15 – 25 m/s. Bei den metallgebundenen Diamanten werden Geschwindigkeiten von 35 – 45 m/s erreicht. Die Unterschiede sind im unterschiedlichen Aufbau der Werkzeuge begründet. Die metallgebundenen Diamanten werden auf eine Metallplatte aufgelötet, die auf einen Trägerschuh aus Aluminium geschraubt wird.



Abbildung 17: Metallgebundener Diamant

Die Abbildung zeigt 9 Diamantsegmente, die auf die Metallplatte aufgelötet sind. Auf der linken Seite ist der Trägerschuh abgebildet.

Die magnesitgebundenen Schleifkörper werden in einem Stück gegossen. Um die Form des Trägerschuhs zu erreichen, wird ein Kunststoffrahmen bei der Produktion in die Form eingelegt.

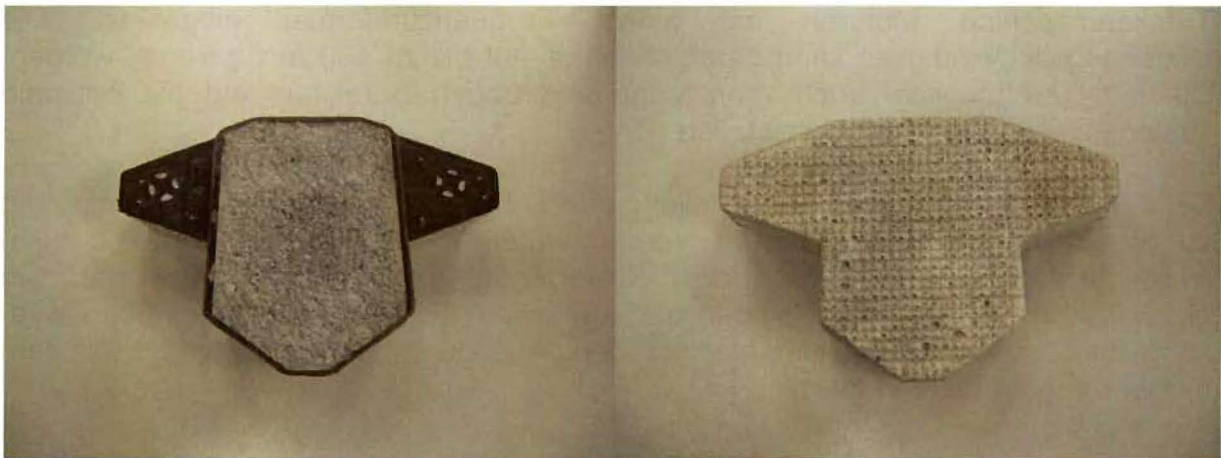


Abbildung 18: Magnesitgebundenes Korund

Auf der linken Seite ist das Trägerteil abgebildet. Es wird in den Schleifteller der Maschine eingesteckt. In Abbildung 19 ist ein Teller zu Repräsentationszwecken mit verschiedenen Werkzeugen dargestellt.

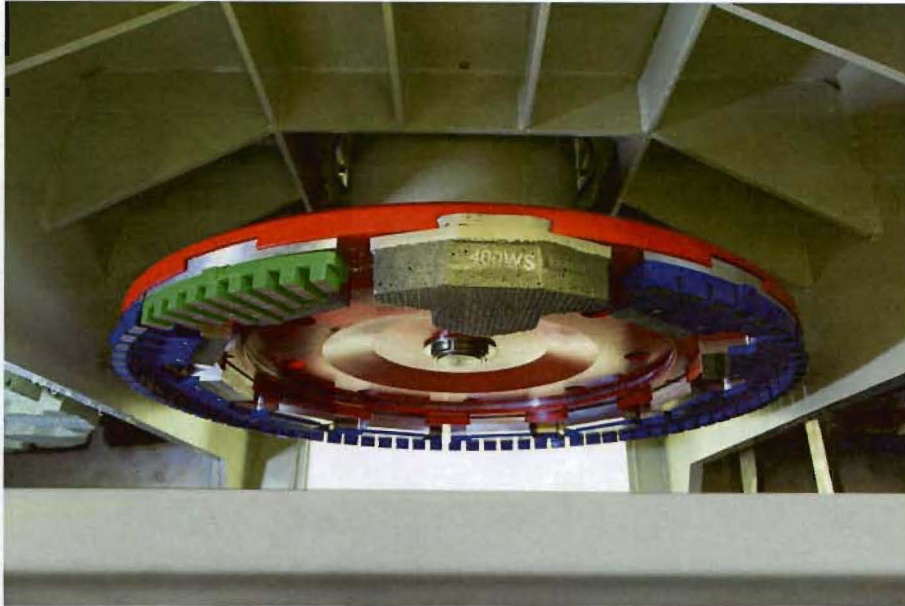


Abbildung 19: Schleifteller mit verschiedenen Werkzeugen

Die Werkzeuge werden in einer Führung befestigt. Durch die breiter werdende Form werden sie über die Fliehkraft im Schleifteller fixiert. Bei 20 m/s erreicht der Kunststofffuß seinen Grenzbereich. Bei einer Überschreitung droht seine Struktur zu brechen. Der Schleifkörper fliegt aus der Führung.

Die stabile Form des Aluminiumschuhs erlaubt dagegen eine Erhöhung der Geschwindigkeit auf bis zu 60 m/s.

Um einen größeren Anpassungsbereich der Werkzeuge zu erzielen, werden bei der Trockenmaschine Motoren mit einem Frequenzumformer eingesetzt. Die Umfangsgeschwindigkeit kann damit stufenlos auf bis zu 100 m/s geregelt werden. Damit ist es möglich, auch Werkzeuge aus neuen Bereichen auf die optimale Umfangsgeschwindigkeit einzustellen.

Bei der Zustellung, der Höhenverstellung des Schleiftellers, um einen Materialabtrag zu erreichen, haben sich in der Vergangenheit 2 verschiedene Systeme beim Nassschleifen entwickelt. Beim ersten System hängt die komplette Schleifstation in einer Führung. Über eine Spindel, die von einem Elektromotor angetrieben wird, kann die Zustellung vorgenommen werden. Abbildung zeigt die Spindel mit dem darüber angeordneten Motor.



Abbildung 20: Detailansicht Führung



Abbildung 21: Führung

In Abbildung 21 sind die einzelnen Schleifstationen hintereinander angeordnet. Eine Station besteht aus Schleifteller, Antriebsmotor und Stahlkonstruktion. Das Gesamtgewicht beträgt ca. 2000kg. Um die Masse zu bewegen, besitzt die Spindel eine geringe Steigung. Aus dem Grund ist eine hohe Drehzahl des Antriebes notwendig, um eine Höhenverstellung zu erzielen. Daher erfolgt die Zustellung bei dem System sehr langsam.

Das zweite System besteht aus einer Konstruktion, bei der zwei Wellen miteinander verzahnt sind. Die folgende Abbildung zeigt das Prinzip.

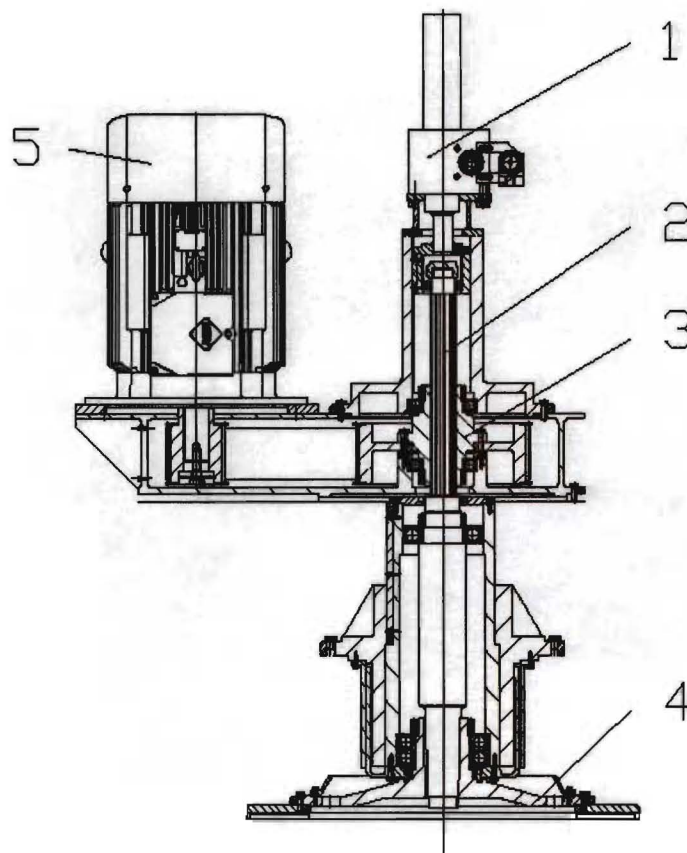


Abbildung 22: Keilwelle und Keilwellen-Muffe

Der Antrieb für die Zustellung (1) ist direkt mit einer Keilwelle (2) verbunden. An die ist der Schleifteller (4) befestigt. Der Antriebsmotor (5), für die Drehbewegung des Tellers, ist mit einer Keilwellen-Muffe (3) verbunden. Die Muffe lässt sich auf der Keilwelle verschieben. Dadurch bleibt der Antriebsmotor starr, während die Keilwelle mit dem Schleifteller in der Höhe verstellt werden kann. Das System hat den Vorteil, dass mit der Zustellung nur der Schleifteller mit der Keilwelle bewegt werden muss. Das Gewicht beträgt ca. 200 kg. Die Spindel für die Höhenverstellung kann mit einer größeren Steigung versehen werden, wodurch ein schnelles Verfahren erzielt werden kann. Durch die Möglichkeit, den Motor auf eine langsame Geschwindigkeit umzuschalten, ist auch eine genaue Zustellung möglich. Durch das geringe Gewicht kann so sehr exakt positioniert werden.

Für die Trockenmaschine wird das System mit Keilwelle und Keilwellen-Muffe favorisiert. Durch das geringe Gewicht kann eine möglichst genaue und schnelle Zustellung realisiert werden. Das ist notwendig, da die Werkzeuge ohne Kühlmedium in einem kleineren Toleranzbereich arbeiten.

Für eine bessere Abfuhr der Wärme vom Werkzeug wird versucht, Luft direkt an die Bearbeitungsstelle zu leiten. Dazu werden auf den Schleiftellern Leitbleche installiert.



Abbildung 23: Leitbleche

Die Abbildung zeigt zwei Schleifteller mit darauf montierten Blechen. In den Tellern sind Nuten eingefräst, die die Strömung direkt an die Bearbeitungsstelle leiten. Durch die Rotation wird die Luft von den Leitblechen in die Nuten geführt. Dadurch wird die Wärme von der Bearbeitungsstelle verdrängt und durch kühle Luft ersetzt. Gleichzeitig wird durch die Bleche der Abtransport der Späne gefördert.

2.3.3.3. Absaugung

Durch den Verzicht des Wassers ist die Installation einer Staubabsaugung notwendig. Dadurch wird das Material von der Bearbeitungsstelle entfernt. Um den Staub seitlich abzusaugen, müssen die Serviceöffnungen der Maschine mit einem Absaugstutzen ausgerüstet werden (Abbildung 24). Dort werden die Schläuche der Staubabsaugung angeschlossen.

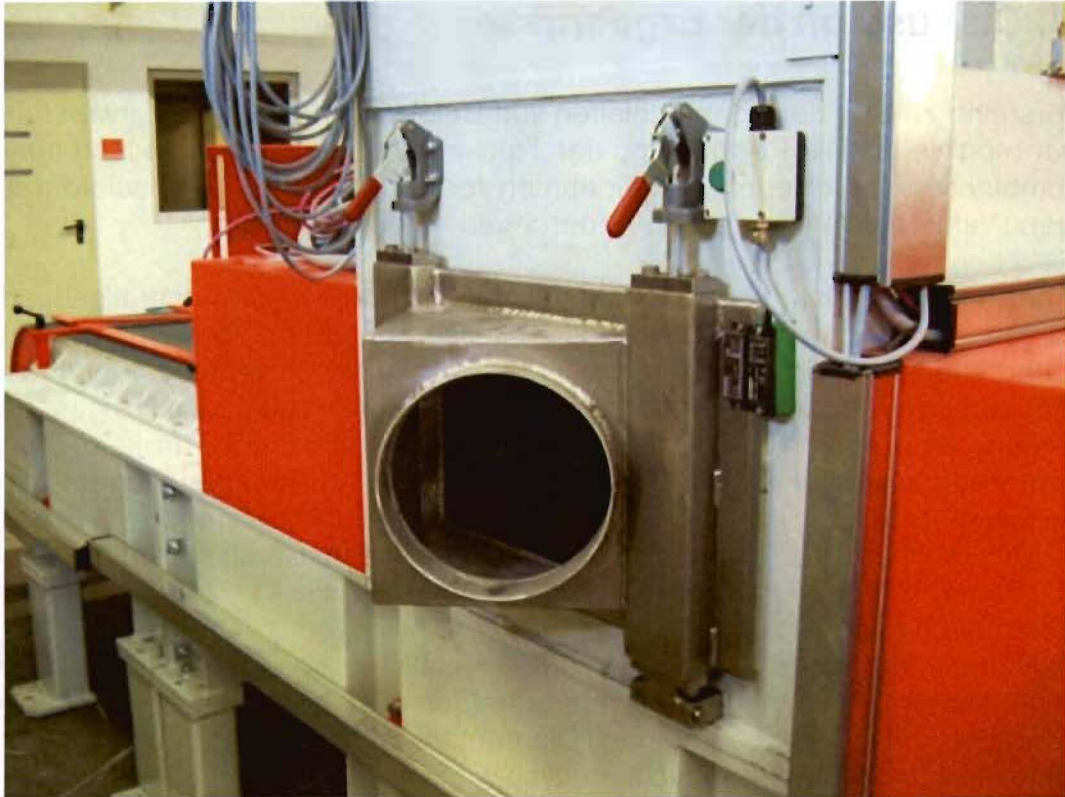


Abbildung 24: Serviceklappe mit Absaugstutzen

Die Effektivität einer Absaugung ist vom erzeugten Unterdruck abhängig. Je schlechter der abzusaugende Bereich abgedichtet ist, desto mehr Luft kann von außen eindringen. Dadurch sinkt der Unterdruck. Für die Trockenbearbeitung ist es daher sinnvoll, die Öffnungen für den Einlauf und Auslauf der Werkstücke möglichst klein zu halten. Daneben werden kleine Öffnungen z.B. mit Silikon verschlossen.²⁵

Auf die Konstruktion eines Planetensystems für die Trockenmaschine wird dagegen verzichtet. Da der konstruktive Aufwand sehr groß ist, wird zunächst versucht, mit den genannten Anpassungen an Werkzeug und Maschine das Ziel der Trockenbearbeitung zu erreichen.

Die Untersuchungen ergaben, dass für die Versuchsmaschine eine Absaugung mit einer Antriebsleistung von 15 kW notwendig ist. Das entspricht dem Anlagentyp HSL 1500²⁶. Da die Größe der Öffnung unabhängig von der Anzahl der Schleifstation ist, kann die Staubabsaugung für alle Ausführungen verwendet werden.

²⁵ Vgl. [Wik 05] Wikipedia: 2005, (Staubsauger)

²⁶ Vgl. Angebot Staubabsaugung in den Anlagen (A1)

2.3.4. Diskussion der Ergebnisse

Die Versuche zeigen, dass das Schleifen von Betonwaren ohne die Verwendung von Wasser möglich ist. Die Realisierung der Trockenbearbeitung kann jedoch nur durch die Kombination verschiedener Maßnahmen realisiert werden. Sie basieren auf der richtigen Wahl der Werkzeuge und Änderungen an der Maschine.

Das größte Potential beim Trockenschleifen zeigen die metallgebundenen Diamanten. Die Firmen Büdiam und Busse haben eine Bindung für die Grobbearbeitung entwickelt, die dem Schleifkorn einen optimalen Eingriff in das Material ermöglicht. Die Werkzeuge sind sehr schnittfreudig und zeigen bei der Zerspanung eine minimale Wärmeentwicklung. Das ist möglich, da kein Druck auf das Werkzeug ausgeübt wird und allein die Scheiden den Abtrag erzeugen.

Bei der Feinbearbeitung ist allein Büdiam in der Lage, funktionierende Werkzeuge zu liefern. Die Erhöhung der Diamantkonzentration ist in dem Bereich der Schlüssel zum Erfolg. Damit können Oberflächen erzeugt werden, die in der Qualität mit der Nassbearbeitung vergleichbar sind.

Der kunstharzgebundene Korund erzeugt ebenfalls eine vergleichbare Oberfläche. Durch die starken Wärmeeinflüsse nimmt das Schleifmittel jedoch eine Randposition ein. Bei den kunstharzgebundenen Diamanten ist eine Anwendung durch die Produkteinfärbung in der Form nicht möglich.

Eine hohe Umfangsgeschwindigkeit des Schleiftellers wirkt sich vor allem bei den metallgebundenen Diamanten positiv aus. Daher ist die Auslegung der Maschine auf 60 m/s als notwendig anzusehen. Gleichzeitig bleibt durch die freie Wahl der Geschwindigkeiten die Möglichkeit, alternative Werkzeuge einzusetzen.

Bei den Werkzeugen -BD-3- und -BD-4- zeigt sich, dass durch die geringe Größe des Diamantkorns sehr genau zugestellt werden muss. Die Wahl der Höhenverstellung mit Keilwelle und Muffe ist für die Anwendung optimal, da mit dem System eine sehr exakte Einstellung ermöglicht wird.

Die Installation eines Planetensystems ist notwendig, um die Bearbeitungsspuren der Werkzeuge zu beseitigen. In weiteren Tests muss untersucht werden, wie viele Stationen mit dem System ausgerüstet werden müssen.

Mit Hilfe der Erkenntnisse an der Versuchsmaschine lässt sich ableiten, aus wie vielen Stationen Kalibrier- und Schleifmaschine bestehen müssen und mit welchen Werkzeugen sie ausgestattet werden. In Abbildung 25 ist die Bestückung der Kalibriermaschine dargestellt.

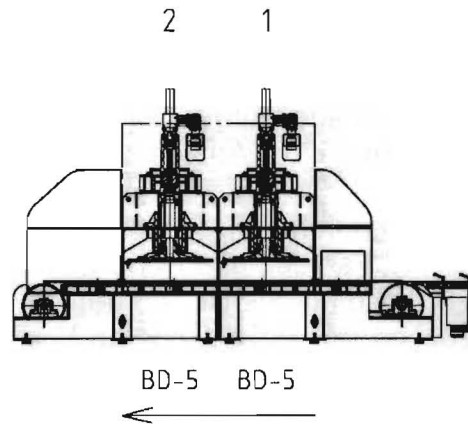


Abbildung 25: Bestückung Kalibriermaschine

Wie bei der Nassbearbeitung kann das Schleifen des Kernbetons auf zwei Stationen realisiert werden. Dazu werden die gut funktionierenden Werkzeuge der Grobbearbeitung eingesetzt, wie z.B. -BD-5- von Büdiam.

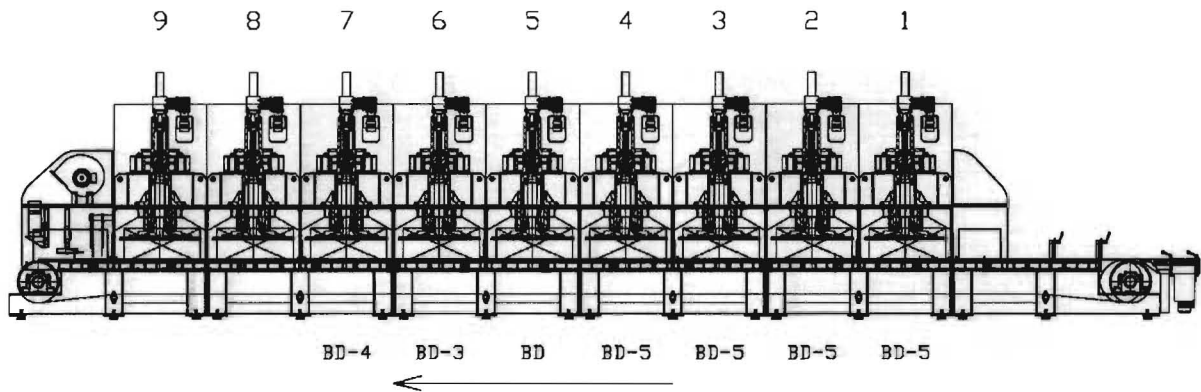


Abbildung 26: Bestückung Schleifmaschine

Bei der Schleifmaschine erfolgt die Grobbearbeitung auf vier Stationen. Dazu werden die gleichen Werkzeuge wie bei der Kalibriermaschine eingesetzt. Auf den Stationen 5 – 7 wird die Feinbearbeitung durchgeführt. Sie beginnt mit dem Werkzeug -BD-. Anschließend werden die feiner werdenden metallgebundenen Diamanten -BD-3- und -BD-4- eingesetzt.

Mit den durch die Versuche erzielten Kenntnissen kann jedoch nicht festgelegt werden, dass sieben Stationen für die Bearbeitung ausreichen. Im Bereich der Feinbearbeitung stehen noch Tests mit einem zweireihigen Durchlauf aus. Um für diesen Fall Reserven bieten zu können, wird vorgeschlagen, auf der Maschine zwei weitere Stationen zu installieren. Der Grund liegt darin, dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass ein Werkzeug auf zwei Stationen arbeiten muss oder ein zusätzliches Werkzeug notwendig ist. Wie die Maschine endgültig dimensioniert wird, konnten erst weitere Versuche auf einer Prototypmaschine klären.

Die Versuchsanlage wurde Ende August 2005 bei der Fa. Lithonplus in Thalfingen aufgestellt, wobei ein hoher Wert auf den exakten Aufbau gelegt wurde. Die Maschine wurde in 9 Segmenten angeliefert und das Maschinenbett auf +/- 0.05 mm auf der gesamten Länge eingerichtet.

Nach dem Aufbau der Versuchsanlage wurde diese nochmals vermessen und mit speziellem Quellschliff vergossen um die Anlage sehr starr und schwingungsfrei zu installieren.

Vor Ort sind nun 3 Versuchsläufe mit harten Platten sowie mit weichen bis mittelharten Platten geplant. Pro Versuch und Sorte werden jeweils ca. 20 m² im Durchlaufverfahren getestet. Diese Menge ist erforderlich, um den Diamanten auf die neuen Gegebenheiten einzuschärfen. Bei geringeren Mengen würde das Ergebnis nicht aussagefähig sein.

Versuch I

Plattensorte: Hamburg 40/40/5 (hart)

Station	Werkzeug	Tellerstellung	Umfang m/s	Abtrag /mm
1	B-A-918	Hinterschliff	60	0,5
2	B-E-298	Vorschliff	60	0,5
3	BD-5	Hinterschliff	60	0,5
4	B-B-329	Vorschliff	30	0,2
5	BD-3	neutral	30	ca. 0,05
6	BD-4	neutral	30	ca. 0,05
7	SW Pos1	neutral	30	ca. 0,05

Durchlauf m/min	2,0
Umgebung/°C	21
Platte Einlauf/°C	17

	Messwert 1	Messwert 2	Messwert 3	Messwert 4	Messwert 5	Messwert 6
Platte Auslauf/°C	46	41	34	31	25	28
	Messwert 7	Messwert 8				
	30	42				

Fazit:

Starke Erwärmung der Platten ab Station 4 auch wenn kein Funkenflug sichtbar ist. Temperaturunterschiede am Auslauf durch Korrekturen der Zustellung ab Station 4. Genauere Zustellung notwendig, eventuell Puffer einbauen für flexiblere Zustellung.

Versuchsänderung:

Durch Vor- und Hinterschliff wird die Mitte der Platten tiefer ausgeschliffen. Die Abtragsleistung der neutralen Stationen reicht nicht aus, um dies zu bereinigen. Daher wird das grobe Werkzeug BD-5 auf eine neutrale Station gesetzt. Die Umfangsgeschwindigkeit wird bei allen Stationen auf 60m/s geändert. Das Ergebnis ist durch die Veränderungen wesentlich besser geworden. Die erzeugte Qualität entspricht den Anforderungen.

Versuch II

Plattensorte: Gelb 40/40/5 (weich)

Station	Werkzeug	Tellerstellung	Umfang m/s	Abtrag /mm
1	B-A-918	Hinterschliff	60	0,5
2	B-E-298	Vorschliff	60	0,5
3	24/36	Hinterschliff	25	0,1
4	36/46	Vorschliff	25	0,1
5	BD-5	neutral	60	0,5
6	B-B-329	neutral	60	0,2
7	BD-3	neutral	60	ca. 0,05
8	BD-4	neutral	60	ca. 0,05
9	SW Pos1	neutral	30	ca. 0,05

Durchlauf m/min	5,0
Umgebung/°C	21
Platte Einlauf/°C	18

	Messwert 1	Messwert 2	Messwert 3	Messwert 4	Messwert 5	Messwert 6
Platte Auslauf/°C	40	43	33	28	30	39
	Messwert 7	Messwert 8				
	32	42				

Fazit:

Besseres Schleifbild durch den Wechsel von BD-5 auf eine neutrale Station auch bei den weichen Platten.

Eine starke Erwärmung des Produktes erkennbar, abhängig von der Zustellung der feinen Werkzeuge ab Station 6 . Qualität der Platten mit Originalen aus der Nassschleiflinie vergleichbar. Kaum Kornausbruch sichtbar.

Erhöhung der Umfangsgeschwindigkeit hat positiven Einfluss auf die Temperaturentwicklung.

Versuchsänderung:

Erhöhung der Durchlaufgeschwindigkeit auf 5m/min - entspricht realen Produktionsbedingungen.

Versuch II / 1

Plattensorte: Hamburg 40/40/5 (hart)

Station	Werkzeug	Tellerstellung	Umfang m/s	Abtrag /mm
1	B-A-918	Hinterschliff	60	0,5
2	B-E-298	Vorschliff	60	0,5
3	24/36	Hinterschliff	25	0,1
4	36/46	Vorschliff	25	0,1
5	BD-5	neutral	60	0,5
6	B-B-329	neutral	60	0,2
7	BD-3	neutral	60	ca. 0,05
8	BD-4	neutral	60	ca. 0,05
9	SW Pos1	neutral	30	ca. 0,05

Durchlauf m/min	5
Umgebung/°C	21
Platte Einlauf/°C	18

	Messwert 1	Messwert 2	Messwert 3	Messwert 4	Messwert 5	Messwert 6
Platte Auslauf/°C	50	48	52	45	42	41
	Messwert 7	Messwert 8				
	40	42				

Fazit:

Durch den Umbau der Werkzeuge sind kaum noch Verbrennungen sichtbar. Hohe Wärmeentwicklung.

Station 6 ausgefallen, da Stromaufnahme (Widerstand) zu hoch. Folgende Stationen müssen zu viel abtragen. Änderung der Zustellung bei den feinen Werkzeugen.

Die groben Werkzeuge arbeiten bei der Geschwindigkeit unproblematisch.

Auch hier sind die Ergebnisse mit dem des Nassschleifens vergleichbar. Jedoch ist zu erkennen, dass die trocken bearbeitete Platte einen eigenen Charakter hat. Dies ist an Farbintensität als auch an dem Oberflächenbild (feinporige Oberfläche die das Rutschverhalten verbessert) zu erkennen.

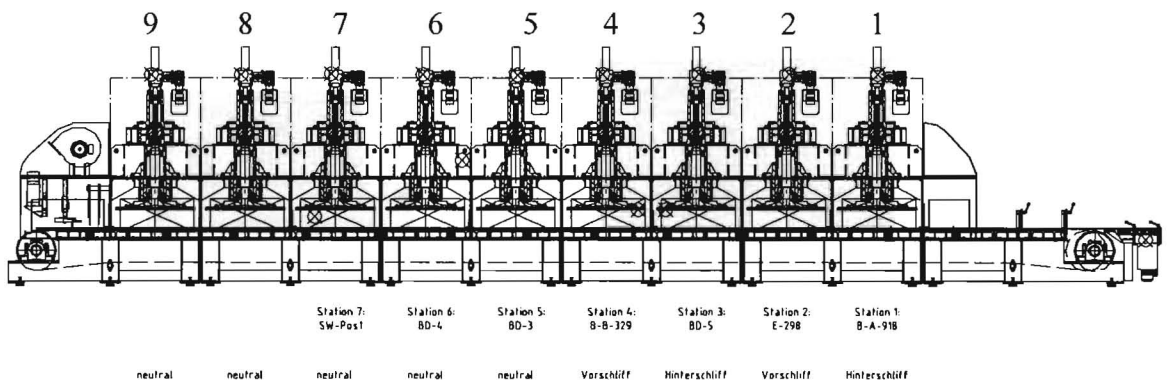
Weitere Tests sind jedoch noch nötig bzw. es müssen alle unterschiedlichen Produkte eingestellt werden.

Zusammenfassung

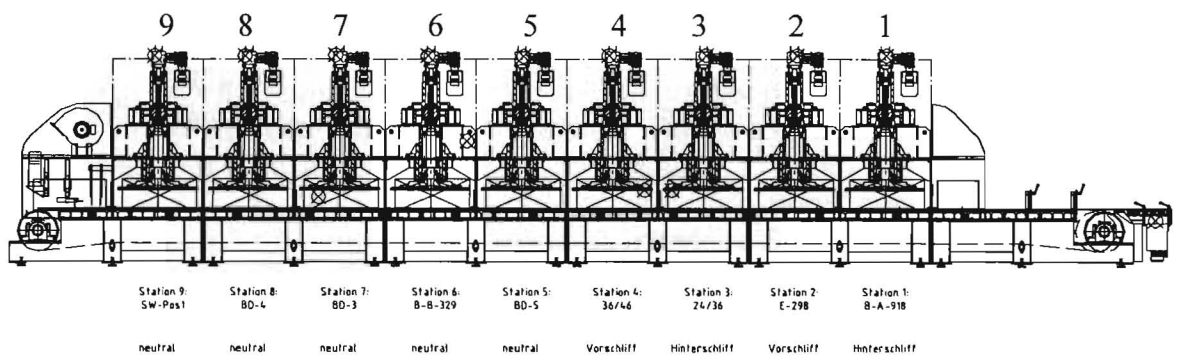
Zusammenfassend kann man die Versuche bei realen Bedingungen als sehr positiv bewerten. Die Testergebnisse mit der Prototypenmaschine konnten auf der Versuchsmaschine nahezu vollständig übertragen werden. Was sich bereits im Werk Regensburg abzeichnete konnte bei Lithonplus in Thalfingen bestätigt werden. Die Trockenbearbeitung von Betonprodukten ist prinzipiell möglich und Umweltpolitisch notwendig.

Zeichnungen für Versuch I und II

Versuchsaufbau V1:



Versuchsaufbau V2:



2.3.5. Ökologische Bewertung

Der Abschnitt untersucht den ökologischen Nutzen der Entwicklung im Gegensatz zur Nassbearbeitung. Dazu werden In- und Output der einzelnen Verfahren betrachtet.

In Abbildung 27 sind die Anschlusswerte für Strom und Wasser, der Flockungsmittelverbrauch und das entstehenden Abfallprodukt beim Nassschleifen aufgeführt. Insgesamt hat der Prozess eine Leistungsaufnahme von 595 KW, einen Wasserverbrauch von 339 l/h und einen Flockungsmittelverbrauch von 80 g/h. Als Abfallprodukt entsteht 2.471 kg Filterkuchen pro Stunde.

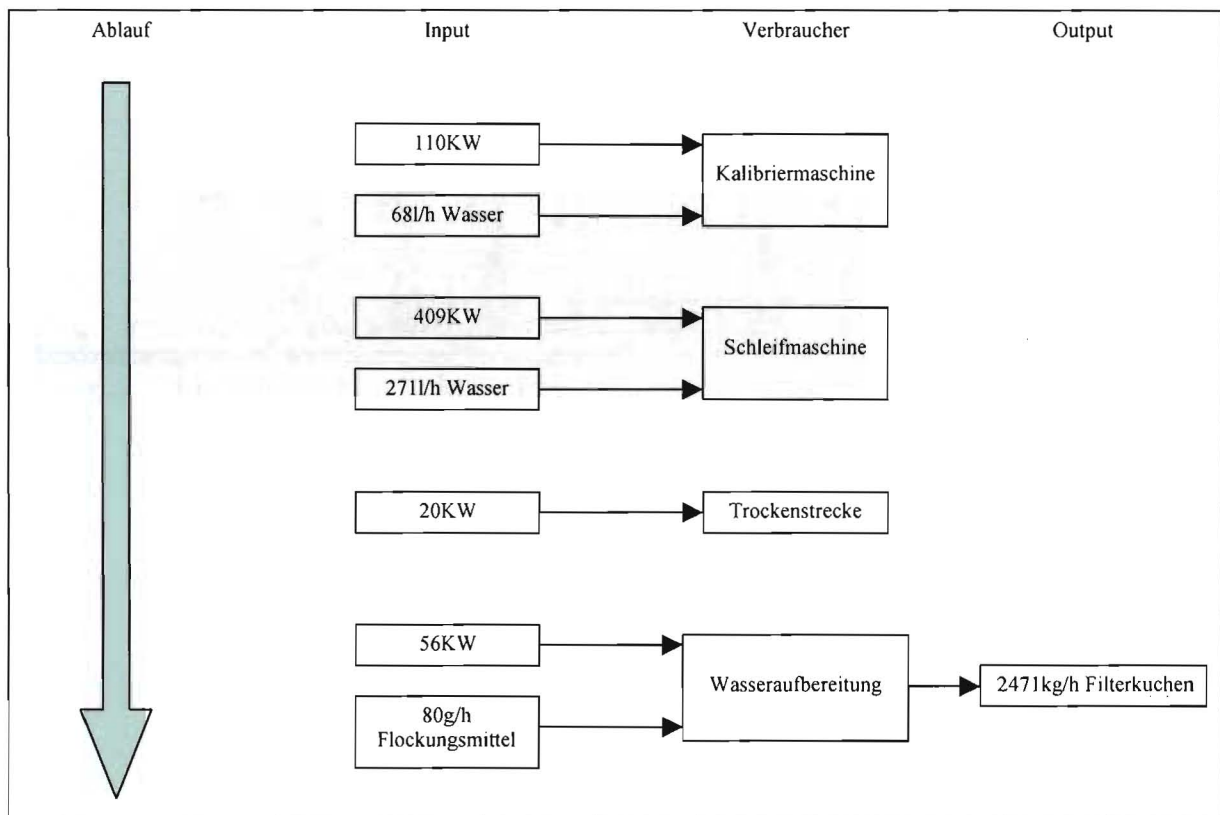


Abbildung 27: In- und Output Nassschleifen

Bei der Trockenbearbeitung wird angenommen, dass mit der gleichen Anzahl an Schleifstationen gearbeitet werden kann, um bei gleicher Leistung, eine vergleichbare Werkstückqualität herzustellen. Daher sind die Leistungsaufnahmen der Maschinen identisch.

Das Trockenschleifverfahren ist in Abbildung 28 dargestellt. Es hat eine Leistungsaufnahme von 534 KW. Als Output entsteht 2.132 kg abgespannter Beton pro Stunde. Er hat eine maximale Korngröße von 0,5 mm. Bei einer Partikelgröße von 0 bis 0,2 mm wird das Material als Gesteinsstaub bezeichnet. Der Anteil ist vom bearbeiteten Produkt abhängig.

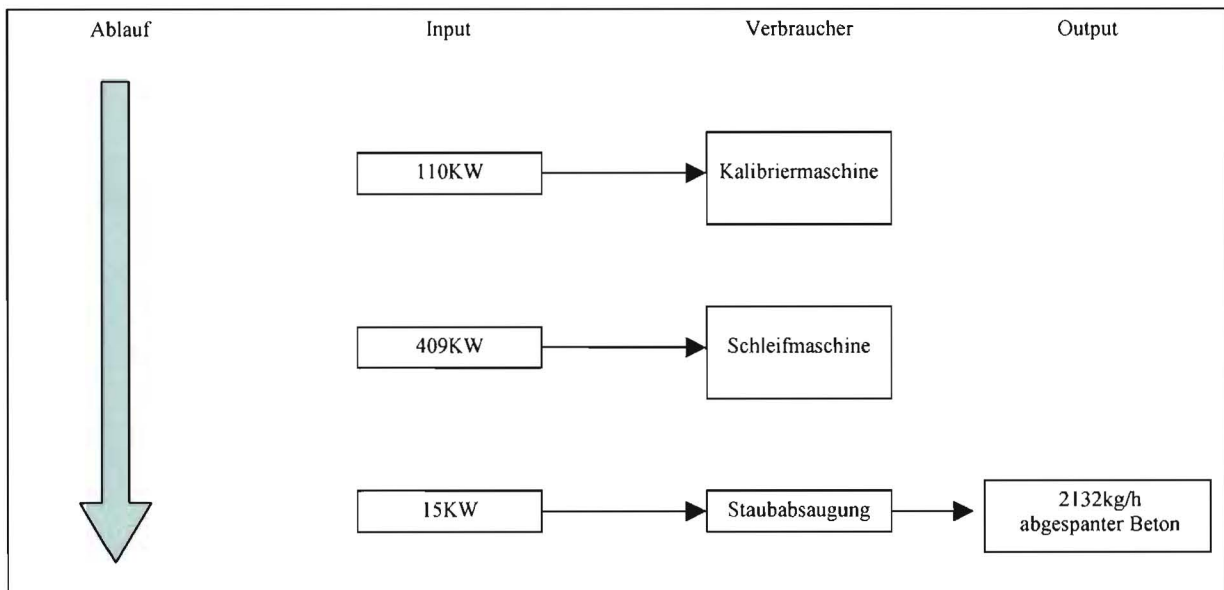


Abbildung 28: In- und Output Trockenschleifen

Beim Herstellen von Betonwaren kann das Material wieder verwendet werden. Als Zuschlagstoff für den Kernbeton wird es dem Produktionsprozess zurückgeführt. Die Herstellung ist unabhängig von der Farbe und Zusammensetzung des Materials. Durch die Rückführung in die Produktion können Zuschläge wie Sand und Splitt eingespart werden.

In folgender Tabelle werden die beiden Verfahren direkt miteinander verglichen.

	Nassschleifen	Trockenschleifen	Einsparung
Leistungsaufnahme KW	595	534	61
Wasserverbrauch l/h	339	0	339
Flockungsmittelverbrauch g/h	80	0	80
Abfallprodukt kg/h	2471	0	2471

Tabelle 6: Vergleich Nass- und Trockenbearbeitung

Für die Trockenbearbeitung ist eine um 61 KW geringere Leistungsaufnahme notwendig. Wasser und Flockungsmittel werden nicht mehr benötigt. Der größte ökologische Nutzen entsteht durch den Wegfall des Abfallproduktes. Durch die problematische Konsistenz des Filterkuchens bleibt in der Regel nur die Entsorgung auf Deponien. Dort stellt es eine Belastung für nachfolgende Generationen dar. Beim Trockenschleifen kann das anfallende Material direkt wieder in den Produktionsfluss zurückgeführt werden.

2.3.6. Ökonomische Bewertung

Bei der ökonomischen Betrachtung werden die fixen und variablen Kosten der Bearbeitungsverfahren gegenübergestellt.

	Nassschleifen	Trockenschleifen	Einsparung
Kalibriermaschine	97.800 €	96.700 €	1.100 €
Schleifmaschine	374.700 €	369.900 €	4.800 €
Trockenstrecke	39.000 €	0 €	39.000 €
Wasseraufbereitung	243.656 €	0 €	243.656 €
Staubabsaugung	0 €	28.987 €	-28.987 €
Summe			259.569 €

Tabelle 7: Vergleich der Fixkosten

In Tabelle 7 sind die Anschaffungspreise der einzelnen Anlagenkomponenten aufgeführt. Die Schleifstationen an Nass- und Trockenmaschine werden in ähnlicher Ausführung gebaut. Die Zustellung erfolgt über Keilwelle und Keilwelle-Muffe. Das Prinzip hat sich bei der Nassmaschine bewährt und ist für die Trockenmaschine notwendig. Beim Antrieb werden die gleichen Motoren eingesetzt. Bei beiden Verfahren sind sie mit einem Frequenzumformer ausgestattet. Ein polumschaltbarer Motor ohne freie Drehzahlregelung wäre für die Nassmaschine ausreichend, jedoch mit den gleichen Kosten eines frequenzgeregelten Antriebs verbunden.

Bei der Nassbearbeitung muss die Maschine mit Wasserleitungen ausgerüstet werden. Jede Station hat einen Anschluss, von dem das Wasser an das Werkzeug geleitet wird. Das Untergestell der Maschine hat Aussparungen, durch die das Wasser die Maschine wieder verlassen kann.

Die Trockenmaschine muss abgedichtet werden, damit der Staub die Maschine nicht verlassen kann. Absaugstutzen an den Serviceöffnungen ermöglichen den Anschluss einer Staubabsaugung.

Damit bleibt der Preisvorteil der Trockenmaschine gegenüber der Nassbearbeitung gering. Insgesamt beträgt er jedoch durch den Wegfall der Trockenstrecke und der Wasseraufbereitung ca. 260.000 €.

Die variablen Kosten berechnen sich vor allem aus Werkzeug-, Entsorgungs- und Reinigungskosten. Bei der Betrachtung der Werkzeugkosten muss die Standzeit der verschiedenen Schleifmittel festgelegt werden.

Beim Nassschleifen haben die metallgebundenen Diamanten auf einem Schleifteller eine Haltbarkeit von ca. 25.000 m². Auf einem Teller sind 99 Segmente angeordnet. Ein Segment hat einen Preis von 18 €. An Kalibrier- und Schleifmaschine sind 6 Stationen mit den Werkzeugen ausgestattet.

Die Schleifkörper aus magnesitgebundenem Korund haben einen Preis von 13 €. Pro Teller werden 11 Segmente eingesteckt. Die Bestückung eines Schleiftellers hat eine Standzeit von ca. 500 m². Insgesamt sind 5 Stationen mit magnesitgebundenem Korund ausgerüstet.

Das Verschleißverhalten der Trockenwerkzeuge kann mit Hilfe der Versuchsmaschine nicht beurteilt werden. Durch die geringen Mengen ist kein Abtrag am Werkzeug feststellbar. Erst der Produktionsbetrieb kann eindeutige und aussagekräftige Ergebnisse liefern.

Es ist jedoch zu erwarten, dass bei den metallgebundenen Diamanten im Trockenbetrieb ein höherer Werkzeugverschleiß entsteht. Die schnittfreudigen Werkzeuge besitzen eine Metallbindung, die die Schneiden optimal arbeiten lassen, damit das System sich nicht aufheizt.

Kosten pro 1000 Quadratmeter	Nassschleifen	Trockenschleifen	Einsparung
Werkzeuge für Grobbearbeitung			
Stationen	6	6	
Segemente pro Station	99	99	
Preis €/Stck	18	18	
Standzeit /m ²	25000	25000	
Bezugswert /m ²	1000	1000	
Standzeit %	100	60	
Kosten /€	428	713	-285
Werkzeuge für Feinbearbeitung			
Stationen	5	5	
Segemente pro Station	11	99	
Preis €/Stck	13	18	
Standzeit /m ²	500	25000	
Bezugswert /m ²	1000	1000	
Standzeit %		60	
Kosten /€	1430	594	836
Entsorgung Filterkuchen			
Filterkuchen kg/1000m ²	9690		
Gebühr €/1000kg	50		
Kosten /€	485	0	485
Reinigung			
Stundenlohn €/h	20	20	
Dauer /h	3	1	
Kosten /€	60	20	40
Summe	2.402 €	1.327 €	1.075 €

Tabelle 8: Vergleich der variablen Kosten

Dazu ist eine weichere Metallbindung notwendig, aus der sich das Diamantkorn leichter herauslösen kann. Die Werkzeughersteller können ebenfalls keine Erfahrungswerte angeben. Sie schätzen jedoch, dass die Haltbarkeit der Trockenwerkzeuge rund 60% der Nassschleifmittel beträgt.

Da erwartet wird, dass alle Stationen mit metallgebundenen Diamanten ausgerüstet werden können, entfallen 6 Stationen auf die Grobbearbeitung und 5 Stationen auf die Feinbearbeitung. Die Kosten pro Segment werden auch bei der Trockenbearbeitung mit 18 € angesetzt.

Dabei steigert eine hohe Diamantkonzentration nicht den Preis für ein Segment. Der Preis für synthetischen Diamant und Metallbindung ist annähernd identisch.

Die Kosten in der Tabelle 8 beziehen sich auf die Bearbeitung von 1.000 m². Dabei können über 1.000 € durch die Trockenbearbeitung eingespart werden. Vor allem durch den Verzicht auf magnesitgebundene Schleifkörper und die Verwendung metallgebundener Diamanten lässt sich eine Einsparung von 836 € erreichen. Daneben können durch die längere Standzeit der Werkzeuge, Ausfallzeiten durch einen Werkzeugswechsel verringert werden.

Bei der Entsorgung des Filterkuchens wird ein Wert von 50 € pro Tonne angesetzt. Das entspricht dem durchschnittlichen Preis, den Betonwerke bezahlen. Die Maschine verschmutzt im Nassbetrieb wesentlich stärker. Bei 1.000 m² ist eine Reinigung von ungefähr 3 Stunden notwendig.²⁷ Im Trockenbetrieb ist dagegen eine Reinigung von maximal 1 Stunde zu erwarten, um nicht abgesaugtes Material zu beseitigen.

Die Trockenbearbeitung zeigt somit neben ökologischen auch ökonomische Vorteile. Sowohl bei der Investition als auch während des laufenden Betriebes können Kosten eingespart werden. Das fördert die Motivation der Kunden in eine Trockenbearbeitung zu investieren, da sich die Ausgaben in kurzer Zeit wieder amortisieren. So kann allein durch unternehmerisches Denken, Umweltschutz praktiziert werden.

2.3.7. Maßnahmen der Verbreitung

Mit Hilfe der Versuchsmaschine ist es möglich, die generelle Funktionsweise der Trockenbearbeitung zu bestätigen. Um jedoch genauere Messergebnisse zu erhalten, muss eine Bearbeitung unter realen Produktionsbedingungen durchgeführt werden. Dadurch können der doppelreihige Durchlauf bei der Feinbearbeitung und das Verschleißverhalten der Werkzeuge getestet werden.

Im Innenbereich bestehen höhere Anforderungen an das Produkt. Hier wird ein stärkerer Glanzeffekt angestrebt, der durch einen sehr feinen Schliff realisiert wird. Der hat daneben die Funktion, das Produkt möglichst schmutzunempfindlich zu halten. Auch in diesem Bereich werden Betonplatten eingesetzt, wie z.B. in Supermärkten. Können weitere feinere Schleifmittel entwickelt werden, kann auch dieser Bereich durch eine Trockenbearbeitung abgedeckt werden.

²⁷ Erfahrungswerte Diephaus Betonwerk

Weitere mögliche Anwendungen sind in der Steinbearbeitung zu suchen. Da das Trockenschleifen bei einer Durchlaufmaschine funktioniert, muss untersucht werden, auf welche weiteren Bereiche man die Erkenntnisse übertragen kann.

Auf einer Stufenschleifmaschine werden Winkelstufen für Treppenaufgänge bearbeitet. Die Maschine fertigt in kleinen Serien, wobei die einzelnen Werkstücke auf einem Bearbeitungstisch aufgespannt werden. In folgender Abbildung ist die Maschine dargestellt.

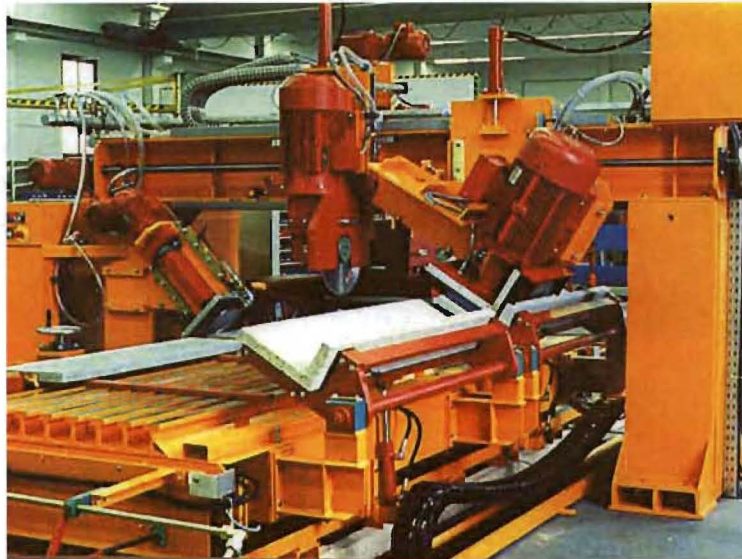


Abbildung 29: Stufenbearbeitung

Auf der Maschine bearbeiten einzelne Schleifstationen das Produkt. Die Vorschubgeschwindigkeit ist mit ca. 1 m/min deutlich langsamer als bei der Schleiflinie. Hier muss untersucht werden, welche Anpassungen an Maschine und Werkzeugen durchgeführt werden müssen, um eine Trockenbearbeitung zu realisieren.

Mit einer Fassaden-Schleifmaschine werden großformatige Platten bearbeitet. Die Werkstücke werden einzeln aufgespannt und von einer Schleifstation mehrmals überfahren. Hier sind ebenfalls Versuche notwendig, um zu testen, ob eine Bearbeitung ohne Wasser möglich ist.

Das Schleifen von Betonwaren hat seinen Ursprung in der Natursteinbearbeitung. In dem Bereich ist das Verfahren sehr verbreitet. Fensterbänke aus Naturstein, Grabsteine, Bodenbeläge und viele andere Artikel werden geschliffen. Es müssen jedoch die unterschiedlichen Festigkeiten der verschiedenen Natursteinarten beachtet werden. Eine Trockenbearbeitung von weichen Materialien wie Marmor oder Kalkstein dürfte durchaus möglich sein, während die Bearbeitung ohne Wasser bei harten Materialien an ihre Grenzen stoßen dürfte. Versuche mit verschiedenen Natursteinarten müssten in diesem Bereich durchgeführt werden, um eine klare Aussage treffen zu können.

Damit bietet sich dem Trockenschleifen ein großes Potential auch in anderen Bereichen Anwendung zu finden. Diese Arbeit ist ein erster Schritt die spanende Bearbeitung ohne das Kühlmedium Wasser am Stein durchzuführen. Damit folgt sie dem Trend, Fertigungsverfahren umweltfreundlich zu gestalten.

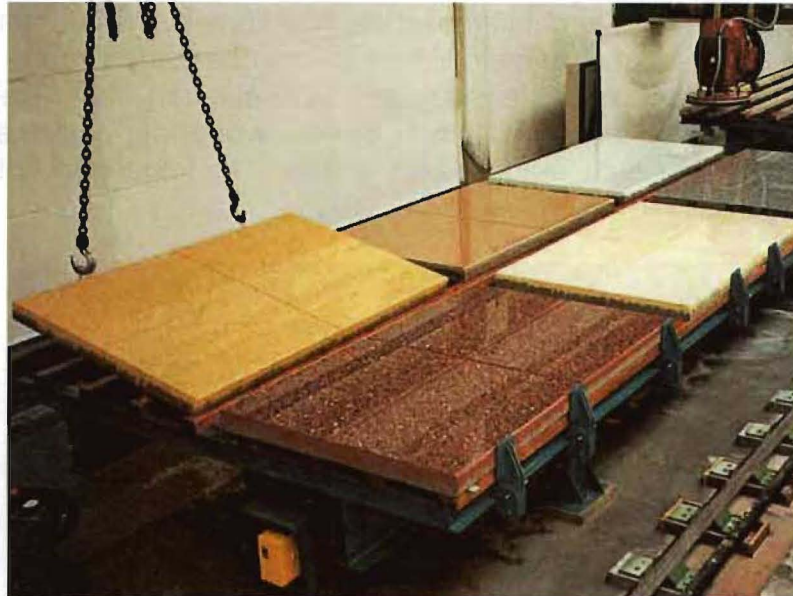


Abbildung 30: Großformatige Platten

3.Fazit

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines umweltverträglichen Verfahrens zum Schleifen von Betonwaren. Die Motivation dazu besteht darin, neben Produkten auch Fertigungstechnologien mit minimalen Belastungen für die Umwelt zu gestalten.

Bisher erfolgt die Bearbeitung mit dem Kühlmedium Wasser. Dazu ist eine Wasseraufbereitung mit einem hohen Energiebedarf notwendig. Das anfallende Abfallprodukt muss auf Deponien entsorgt werden.

Bei einer Trockenbearbeitung können die Abfallprodukte direkt der Produktion zurückgeführt werden. Es entsteht ein geschlossener Kreislauf, durch den sich neben ökologischen auch ökonomische Vorteile realisieren lassen.

Die Entwicklung stützt sich auf Maßnahmen in zwei Bereichen. Es sind Änderungen an der Maschine und die Auswahl neuer Schleifwerkzeuge notwendig.

Experimentelle Untersuchungen zeigen, dass die Werkzeuge mit in Metall gebundenen Diamanten die besten Ergebnisse erzielen. Bei der Grobbearbeitung kann durch die Optimierung der Kombination aus Bindung und Schleifkorn eine große Spanabnahme ohne nennenswerte Wärmeentwicklung realisiert werden. Eine Feinbearbeitung ist durch die Erhöhung der Diamantkonzentration im Werkzeug möglich.

Eine hohe Schnittgeschwindigkeit steuert einer Erwärmung der Schleifwerkzeuge entgegen. Daher ist es notwendig, dass die Schleifstationen der Maschinen eine Umfangsgeschwindigkeit von mindestens 60 m/s realisieren können. Mit einer stufenlosen Regelung kann eine optimale Anpassung der Geschwindigkeit an das jeweilige Werkzeug erfolgen. Bei der Zustellung ist eine sehr exakte Höhenverstellung nötig, um eine Feinbearbeitung realisieren zu können.

Mit den Maßnahmen ist es möglich, beim Schleifen von Betonwaren auf die Verwendung von Wasser zu verzichten. Dadurch lässt sich die Leistungsaufnahme der Maschinen reduzieren. Die Entsorgung des Abfallprodukts entfällt vollständig.

4. Literaturverzeichnis

- [BSL 05] Bayrisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten:**
Versickerung und Regenwasserrückhalt: Vorsorgen statt entsorgen,
Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, <http://www.stmlf-design2.bayern.de>, 06.06.2005
- [Bur 91] Burkart, W.:**
Handbuch für das Schleifen und Polieren, Eugen G. Leuze Verlag, Saulgau, 1991
- [Dia 05] Diamant Boart:**
Diamond & Diamond tools, Diamant Boart S.A., <http://www.diamant-boart.com>, 05.06.2005
- [Dil 05] Dillmann, O.-O.:**
Die Welt der Gesteine, Geowissenschaftlicher Dienst Dr. Olaf Otto Dillmann, <http://www.geodienst.de>, 06.06.2005
- [DIN 03] DIN 8589-11:**
Deutsche Norm: Fertigungsverfahren Spanen - Teil 11: Schleifen mit rotierendem Werkzeug; Einordnung, Unterteilung, Begriffe, Beuth Verlag GmbH, 2003
- [Ebe 02] Ebeling, K./Knopp, W./Pickhardt, R.:**
Beton – Herstellung nach Norm: die neue Normengeneration, Verlag Bau + Technik GmbH, Düsseldorf, 2002
- [Fel 99] Feldmann, H./ Bilgeri, P./Gerhards, R./Gerne, L./Kaymer F.,K./Moritz, H./Pickel, U./Pörschmann, M./Tegelaar, R.,A./Widmann, H.**
Handbuch – Betonfertigteile, Betonwerkstein, Terrazzo, Verlag Bau + Technik GmbH, Düsseldorf, 1999
- [Hof 03] Hoffmeister, H.-W.:**
Skript zur Vorlesung Werkzeugmaschinen, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik WS 2003/04, Braunschweig, 2003
- [Kön 97] König, M.:**
Phenolharzbindung für Schleifwerkzeuge, S. 3.1 – 3.10, in: *Schleiftechnik im Wettbewerb*, hrsg. von Wicharz, W., Klocke, F., Brinksmeier, E., VDI Verlag, Düsseldorf, 1997

- [Kön 85] König, W./Meis, F.,U./Neder, L./Sartori, P./Holtus, G./Johannsen, H.:**
Schadstoffe beim Schleifvorgang, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, 1985
- [Nax 71] Naxos Union:**
Schleifmittel – Handbuch: Schleifscheiben und andere Schleifkörper, Naxos - Union: Schleifmittel- und Schleifmaschinenfabrik, Frankfurt, 1971
- [Sch 05] Schulze, R.:**
 Bohren und Sägen von Beton mit Diamantwerkzeugen – Anwendung in der Bauindustrie, Dr. Schulze GmbH, <http://www.dr-schulze.de>, 04.06.2005
- [Stü 80] Stüdemann, H.:**
 Das Schleifen von rostbeständigem Stahl mit magnesitgebundenen Schleifsteinen und die Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften durch die Schleifwärme, Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen, 1980
- [VDZ 00] Verein Deutscher Zementwerke e.V.:**
Zement-Taschenbuch 2000, Verlag Bau + Technik GmbH, Düsseldorf, 2000
- [Wik 05] Wikipedia:**
Wikipedia – Die freie Enzyklopädie, <http://de.wikipedia.org>, 23.06.2005
- [Zit 99] Zitt, U.-R.:**
Modellierung und Simulation von Hochleistungsschleifprozessen, Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, 1999

5. Anhänge

- A1: Angebot Staubabsaugung
- A2: Prüfzeugnis Filtermaterial
- A3: EG – Konformitätserklärung

I. Technische Beschreibung

1. HERDING-Filteranlage

HSL 1500-12/18 SU

Die Herding Filteranlage besteht aus gegeneinander verschraubbaren Anlagenkomponenten. Die Komponenten werden als kompakte Schraub- bzw. Schweißkonstruktion ausgeführt.

1. 10. Schallhaube geschraubt

Typ 8-12/18 (950 hoch)

Das Anlagenoberteil besteht aus einer Schallhaube mit integriertem Radialventilator, der direkt von einem Elektromotor angetrieben wird.

Wartungsarbeiten am Radialventilator können über den Montagedeckel durchgeführt werden.

Eine Reduzierung von Lärmemissionen erfolgt durch eingebaute Schalldämmkulisen.

Für die Reinluftführung kommt eine Reingasöffnung mit Lochbild, ein Reingasstutzen oder ein Schutzgitter zum Einsatz.

1. 20. Ventilator kpl. f. 8-12/18

VR 50S30/560 (574)

Der eingesetzte Ventilator ist in einer geschweißten, robusten Industrieausführung hergestellt.

Es handelt sich um einen einstufigen Radialventilator mit rückwärts gekrümmten Schaufeln. Das Laufrad ist statisch und dynamisch ausgewuchtet.

Der Ventilator wird direkt von einem Motor angetrieben.

Der Schalldruckpegel des kompletten Filtergeräts wurde im Abstand von 1 m in einer Höhe von 1,6 m gemessen. Diese Messung entspricht den Richtlinien für Maschinen ohne festgelegte Arbeitsplätze.

Der Schalldruckpegel der Abreinigungsimpulse wird mit einem Zuschlag von 3dB(A) berücksichtigt (gemäß VDI 2048).

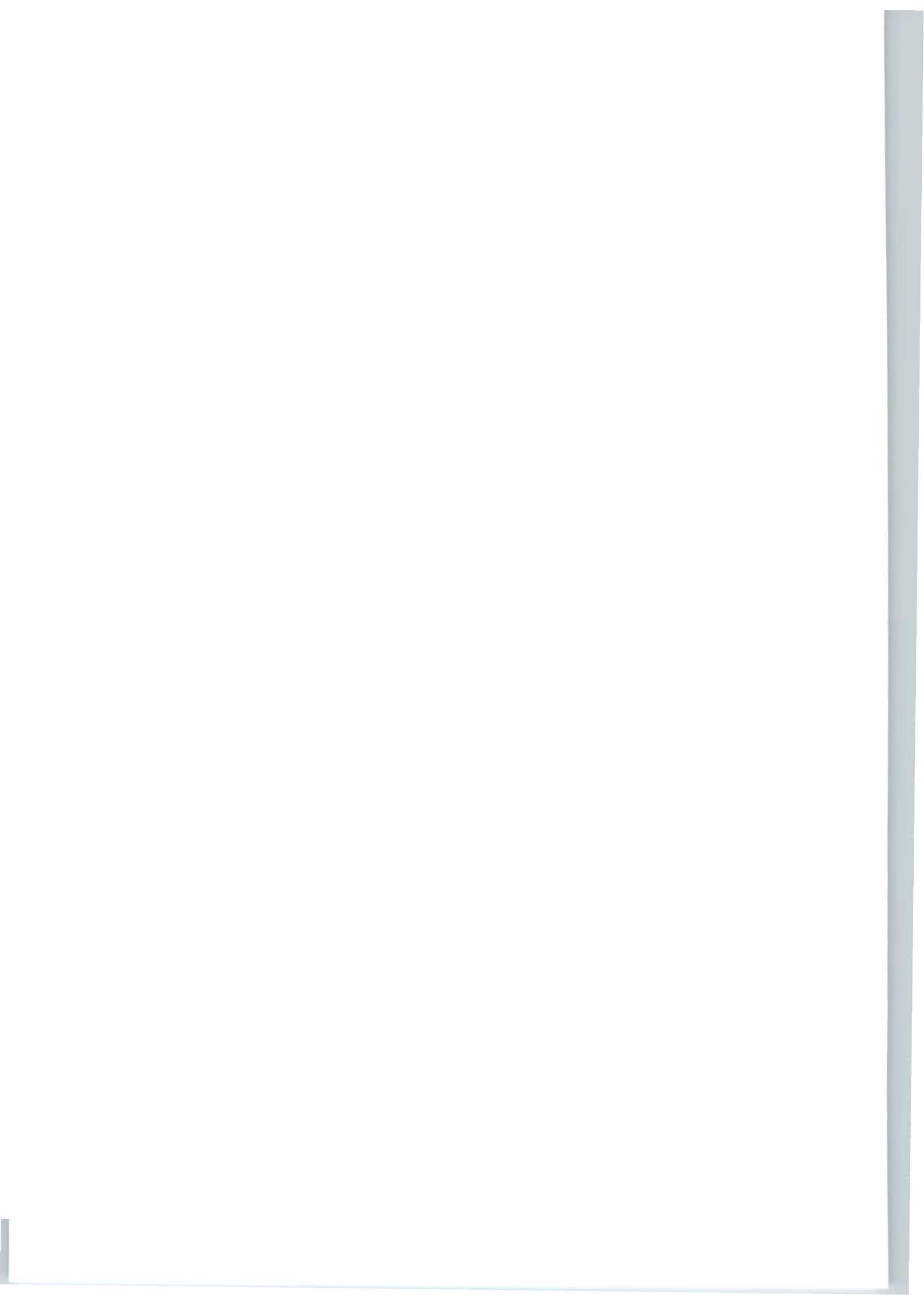
Am Aufstellungsort des Filtergeräts können durch ungünstige Bedingungen höhere Schalldruckpegel auftreten, z.B. in kleinen, engen Räumen oder durch "schallharte" Begrenzungsflächen. Unter Umständen müssen dann raumakustische Maßnahmen durchgeführt oder das Tragen von Gehörschutz vorgeschrieben werden.

1. 30. Gehäuse kpl.

TYP 1500-12/18

Das Gehäuse ist über ein Schlitzblech in Rein- und Rohgasraum geteilt. Das Schlitzblech ist in das Gehäuse eingeschraubt und mit PU-Dichtmasse abgedichtet.

Im Reingasraum sitzt die komplette Abreinigungseinheit mit Druckluftkessel, Schnellöffnungsventil, Sicherheitsventil und Blasrohren. Ein zusätzlicher Ventilraum ermöglicht die Kontrolle der Ventile von der Abreinigungseinheit während des Betriebs der Filteranlage. Am Ventilraum ist der Filterregler



(Druckminderer) für die Druckluftzufuhr angebaut.

Im Rohgasraum sind die patentierten Herding Sinterlamellenfilter eingebaut, die über eine Schraube und eine Spannvorrichtung befestigt und am Fußende über einen Kamm fixiert sind.

Rein- und Rohgasraum sowie der Ventilraum sind von außen über Türen und Klappen leicht zugänglich. Die Tür im Rohgasraum ermöglicht im geöffneten Zustand eine freie Sicht in die Gassen der Filterelemente.

Die Einströmung ins Filtergehäuse erfolgt seitlich bzw. an der Rückseite. Die Rohgasführung kann als Öffnung mit Lochbild oder als Rohgasstutzen ausgeführt werden. Ein integriertes Prallblechsystem ermöglichen eine optimale Rohgasverteilung in die Gassen der Filterelemente, somit optimierte Strömungsverhältnisse und niedrige Druckverluste.

Die Gehäusefestigkeit wird durch entsprechende Versteifungsprofile erreicht.

Zur Erfassung des Differenzdrucks der Filterelemente sind roh- und reingasseitig Messbohrungen mit Anschlüssen vorgesehen.

1. 40. HSL-Filter 1500/18 3K
(Mit Dichtung D-40140)

Als Filtermedium wird der biegesteife und feuchtigkeitsabweisende HERDING Sinterlamellenfilter eingesetzt.

Der Grundkörper besteht aus gesintertem Polyethylen PE. Die Oberfläche ist mit einer Beschichtung aus Polytetrafluorethylen PTFE ausgeführt. Durch diese Beschichtung wird eine reine Oberflächenfiltration realisiert.

Der Kopfbereich des Filterelements ist mit Stützblechen aus dem Werkstoff W1.4541 ausgeführt. Als Dichtung wird eine Hohlprofilabdichtung aus Chloropren-Kautschuk CR eingesetzt. Am Fußende des Filterelements ist eine Führungsleiste mit PU-Dichtmasse befestigt.

Für Ihre Anwendung ergeben sich die bewährten Vorteile:

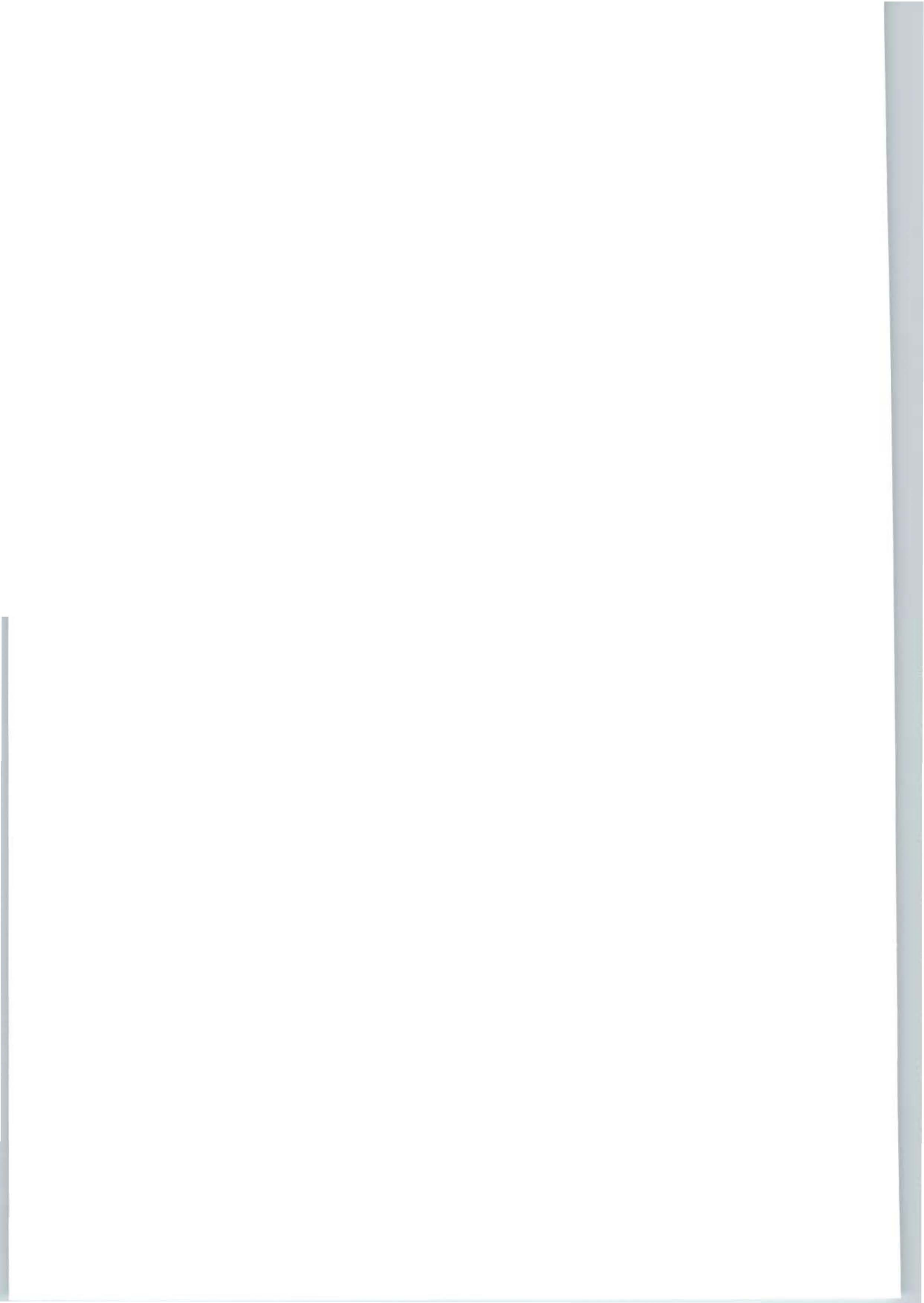
- reduzierte Betriebskosten durch reduzierten Druckverlust
- höchste Abscheideleistung
- hohe Standzeit auch bei abrasiven Medien
- konstante Betriebsbedingungen (Druck- und Absaugeverhältnisse)
- hohe mechanische Festigkeit
- in der Regel abwaschbar, regenerierbar bzw. recycelfähig

Die Abreinigung der Filterelemente erfolgt entgegen der Anströmung mit einer Jet-Pulse-Abreinigung im on-line Betrieb. Der Staub löst sich in großen Schuppen, ohne in Feinanteile aufzusprühen. Die Parameter der Abreinigung werden je nach Betriebs- und Staubeigenschaften (prozessorientiert) an einem Steuergerät eingestellt.

Der HERDING Sinterlamellenfilter ist vom BIA geprüft und ist bei Stäuben der Verwendungskategorien U, S, G, C bzw. der Staubklassen L und M für eine Rückführung der Reinluft in den Arbeitsraum zugelassen.

Sollte aufgrund nicht bestimmungsgemäßer Verwendung ein Reinigen der Filterelemente notwendig sein, so kann gemäß der Reinigungsanleitung von HERDING das Filterelement abgewaschen werden.

Ferner ist das Filterelement in der Regel regenerierbar bzw. recycelfähig. Das Regenerieren der Filterelementen kann nur bei HERDING in Amberg durchgeführt werden. Hierbei wird die Oberflächenbeschichtung vom Grundkörper des Filterelements entfernt und eine neue Beschichtung aufgebracht.



Die Oberflächenfiltration ist erneut gewährleistet.
(Die Filterelemente müssen vom Kunden besenrein angeliefert werden und eine Unbedenklichkeitserklärung für den Staub muss vom Kunden vorliegen)

Optional können die Filterelemente in einer nicht aufladbaren, sogenannten antistatischen Ausführung geliefert werden.
Der geforderte Oberflächenwiderstand wird durch eine zusätzliche leitfähige Schicht aus Kohlenstoff unter der PTFE-Beschichtung erreicht. Für den Ableitwiderstand ist die Filterfläche mit dem Stützblech vom Kopf des Filterelements verbunden, eine Verbindung von der Filterfläche zur Befestigungsschraube des Filterelements im Filtergerät ist gewährleistet.
Die Filterelemente sind bei der DMT in Dortmund, Derne geprüft. Durch eine kontrollierte Fertigung und Endkontrolle jedes einzelnen Filterelements, werden die Werte für den Oberflächen- und Ableitwiderstand erreicht und dokumentiert.

1. 50. Trichter komplett

Typ 8/18 - 12/18 Z

Das Anlagenunterteil besteht aus einem Staubsammeltrichter sowie einer Unterstützungskonstruktion aus Profilstahl.

Der Staubaustrag erfolgt mit einer Zellenradschleuse. Diese ist direkt mit dem Unterteil des Filtergeräts über einen Flansch verbunden.

Je nach Eigenschaften des Staubs werden am Zellenrad geeignete Dichtlippen angebaut.

1. 60. Vakuumschleuse Ø 150 mm
g-400

1. 70. HE-MP12K-0400-1VS06-A-15-U
230 VAC, 380x380x210, RAL 7032

Die Überwachung und Steuerung des kompletten Filtergeräts erfolgt von einem Schaltschrank aus. Dieser ist nach Herding-Norm gefertigt und erfüllt folgende Normen:

- gültige VDE-Richtlinien
- Unfallverhütungsvorschriften (VBG4)
- EN 60204 Teil1
- EMV-Richtlinie 89/336/EWG in Übereinstimmung mit dem EMV-Gesetz

Von dem zentralen Schaltschrank aus erfolgt die vollständige Absicherung, Steuerung und Überwachung des Filtergeräts. Der Schaltschrank ist komplett verdrahtet, soweit möglich angeschlossen und funktionsgeprüft.

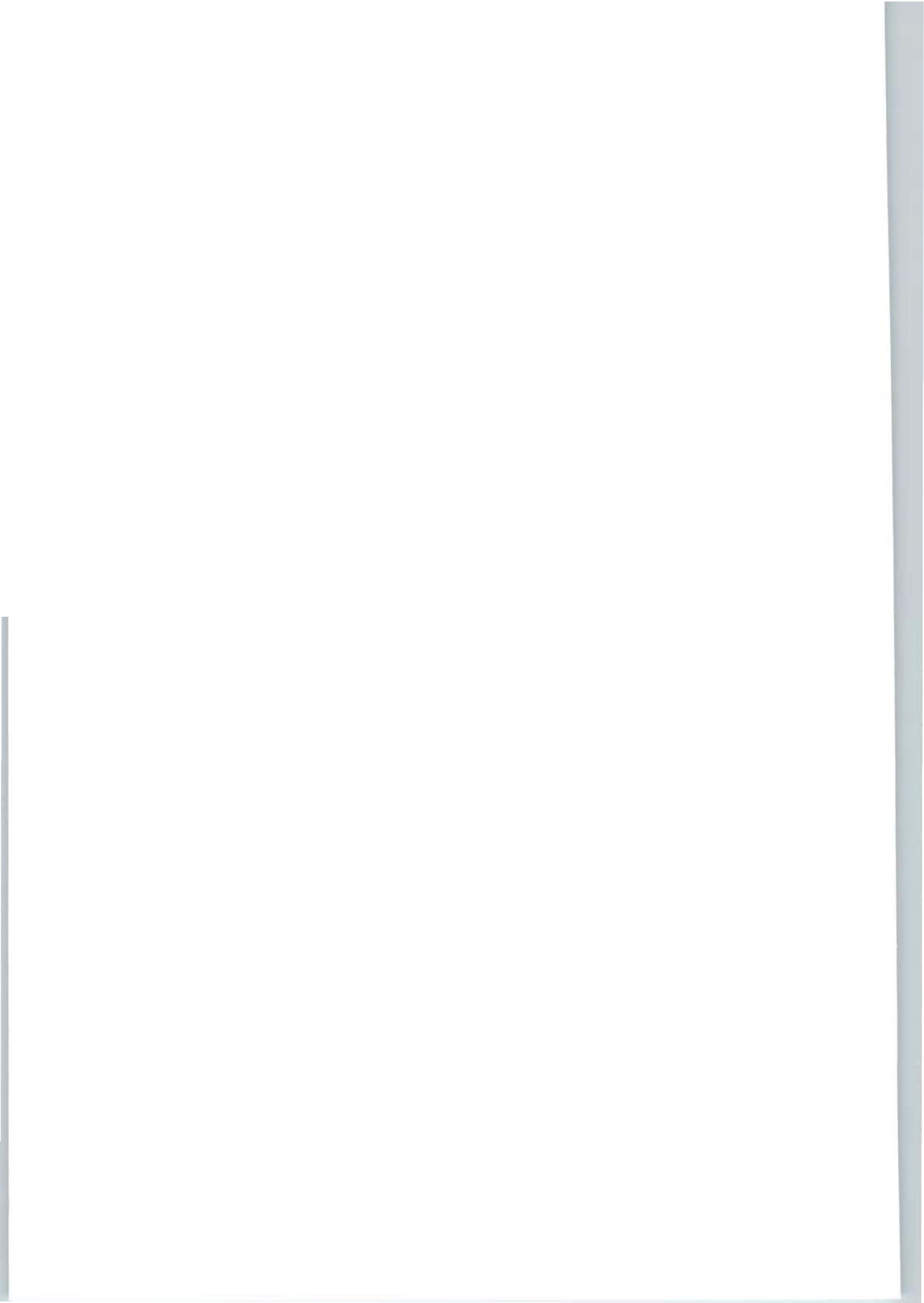
Er ist schwingungsentkoppelt direkt am Filtergerät installiert. Auf Wunsch ist eine lose Beistellung möglich.

Das Filtersteuergerät MP12 dient der Steuerung und Überwachung von Filteranlagen mit Jet-Pulse-Abreinigung. Kernstück der Platine ist der Mikroprozessor.

Die Platine ist mit Anschlussklemmen für die Einspeisung (20VAC, 50/60Hz, alternativ 24VDC) ausgeführt. Alle weiteren Klemmen sind verpolungssicher.

Auf der Platine ist ein Drucksensor, der den Differenzdruck der Filterelemente aufnimmt.

Die Platine ist an einem Frontrahmen befestigt.



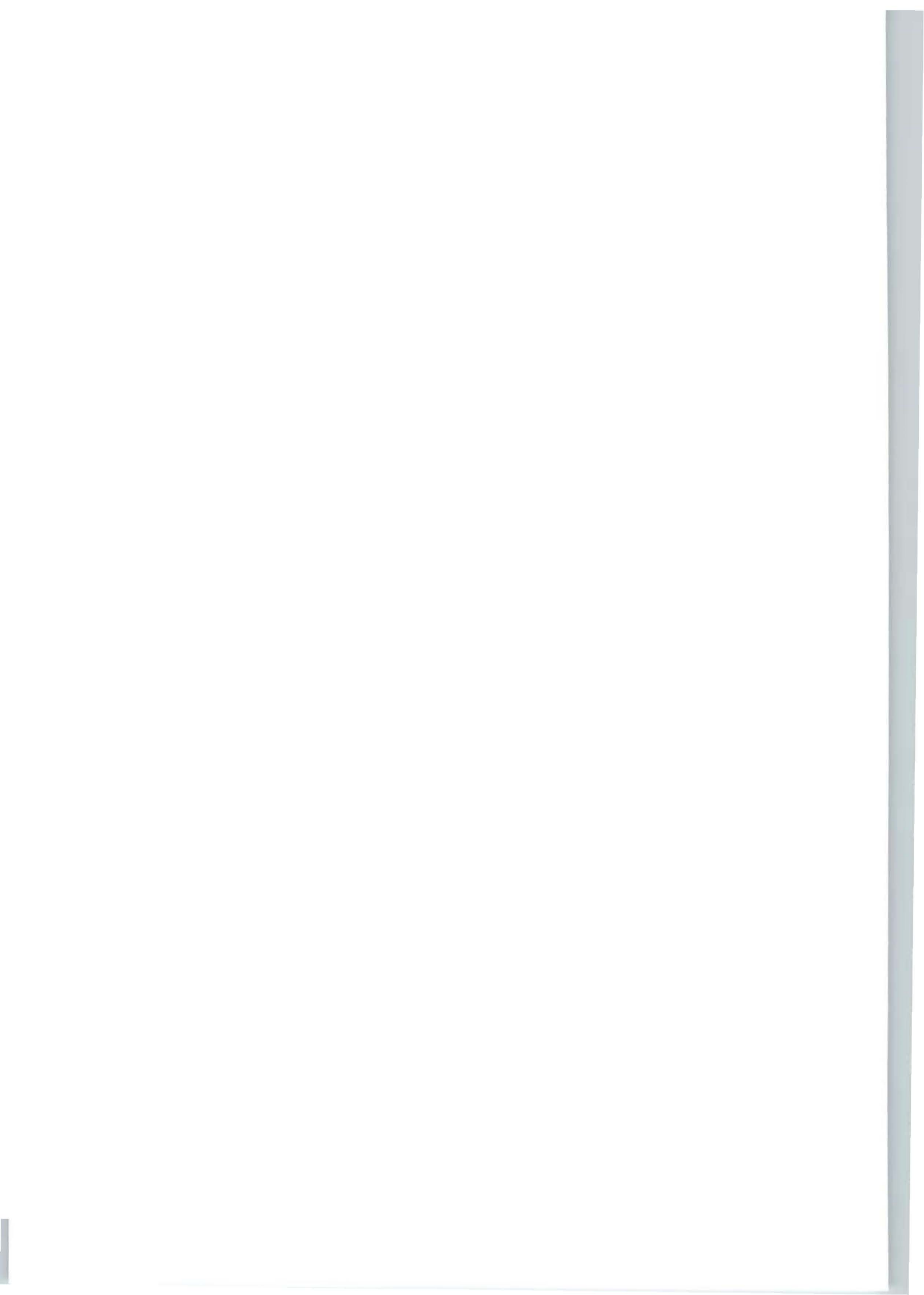
Mittels Tasten kann die Filteranlage ein-, aus- bzw. in den Automatikbetrieb geschaltet werden.

Ein Display (2-zeilig, je 16 Zeichen) ist angebaut. Statusmeldungen und Ereignisse werden angezeigt. Die Bedienung erfolgt mit 3 Tasten. Hierbei ist das Display für die Zeit der Bedienung und für weitere 5 min beleuchtet.

Die Überwachung des Unterdruckerzeugers wird durch eine zusätzliche Auswertung des Kaltleitersignals auf der Steuerung MP12 realisiert. Die Verdrahtung von der Steuerung zu den Abgangsklemmen ist durchgeführt.

II. Technische Daten

1.	HERDING-Filteranlage HSL 1500-12/18 SU	
	Typ Filtergerät	HSL 1500-12/18 SU
	Bescheinigung	Konformitätserklärung
	Ausführung Filtergerät	Schraubkonstruktion
	Bestimmungsgemäße Verwendung	Steinbearbeitungsmaschine
	Staubart	Gesteinsstaub
	Absaugeluftmenge	6000 Bm ³ /h
	Filterflächenbelastung	
	Filterfläche (Filtergerät)	
	Typ Abreinigung	Jet-Pulse
	Druckluftbedarf	11,0 Nm ³ /h
	Betriebsdruck	4,5 bar
	Max. Betriebstemperatur	50 °C
	Max. Betriebsdruck	- 0,1 / + 0,1 bar
	Abmessungen (LxBxH)	1535 x 1024 x 5126 mm
	Gewicht	1390 kg
	Aufstellungsort	
	Aufstellungszone	keine Zone
	Werkstoff	St37 (S235)
	Oberflächenbehandlung	entfettet, phosphatiert und pulverbeschichtet
	Farbe	
1.	10. Schallhaube geschraubt Typ 8-12/18 (950 hoch)	
	Reingasführung	Öffnung mit Lochbild
	Position	oben
	Nennweite	450 mm
	Ausführung Reingasanschluss	DIN 24154 R2



Kunde Schindler GmbH
Angebot AN05-00597/1



1.	20.	Ventilator kpl. f. 8-12/18 VR 50S30/560 (574)	
		Typ Ventilator	Radialventilator
		Maximale Gastemperatur	50 °C
		Aufstellungshöhe	400 m üNN
		Anlauffunkenschutz	Nein
		Parameter im Auslegungspunkt	
		Absaugeluftmenge	6.000 Bm³/h
		Druckstufe	
		Wellenleistung	
		Typ Elektromotor	Drehstromnormmotor
		Motorleistung	15 kW
		Drehzahl	3000 U/min
		Spannung	400 V
		Frequenz	50 Hz
		Schutzart	IP 55
		Bauform	B5/V1
		Baugröße	160
		Isolierstoffklasse (Iso.-Kl.)	F
		Ex-Schutz	Nein
		Schalldruckpegel (Freifeldbedingung)	78 dB(A)
		Zuschlag Abreinigungsimpuls	3 dB(A)
1.	30.	Gehäuse kpl. TYP 1500-12/18	
		Werkstoff	St 37 (S235)
		Rohgasführung	Öffnung mit Lochbild
		Position	C
		Nennweite	400 mm
		Ausführung Rohgasanschluss	DIN 24154 R2
		Höhe von Unterkante Gehäuse	2050 mm
		Prallblech gummiert	Nein
		Anzahl Filterelemente	12 Stück
		Filterfläche (Filtergerät)	91,7 m²
		Typ Abreinigung	Jet-Pulse
		Druckluftbedarf	11,5 Nm³/h
		Betriebsdruck	4,5 bar
		Position Filterregler	A



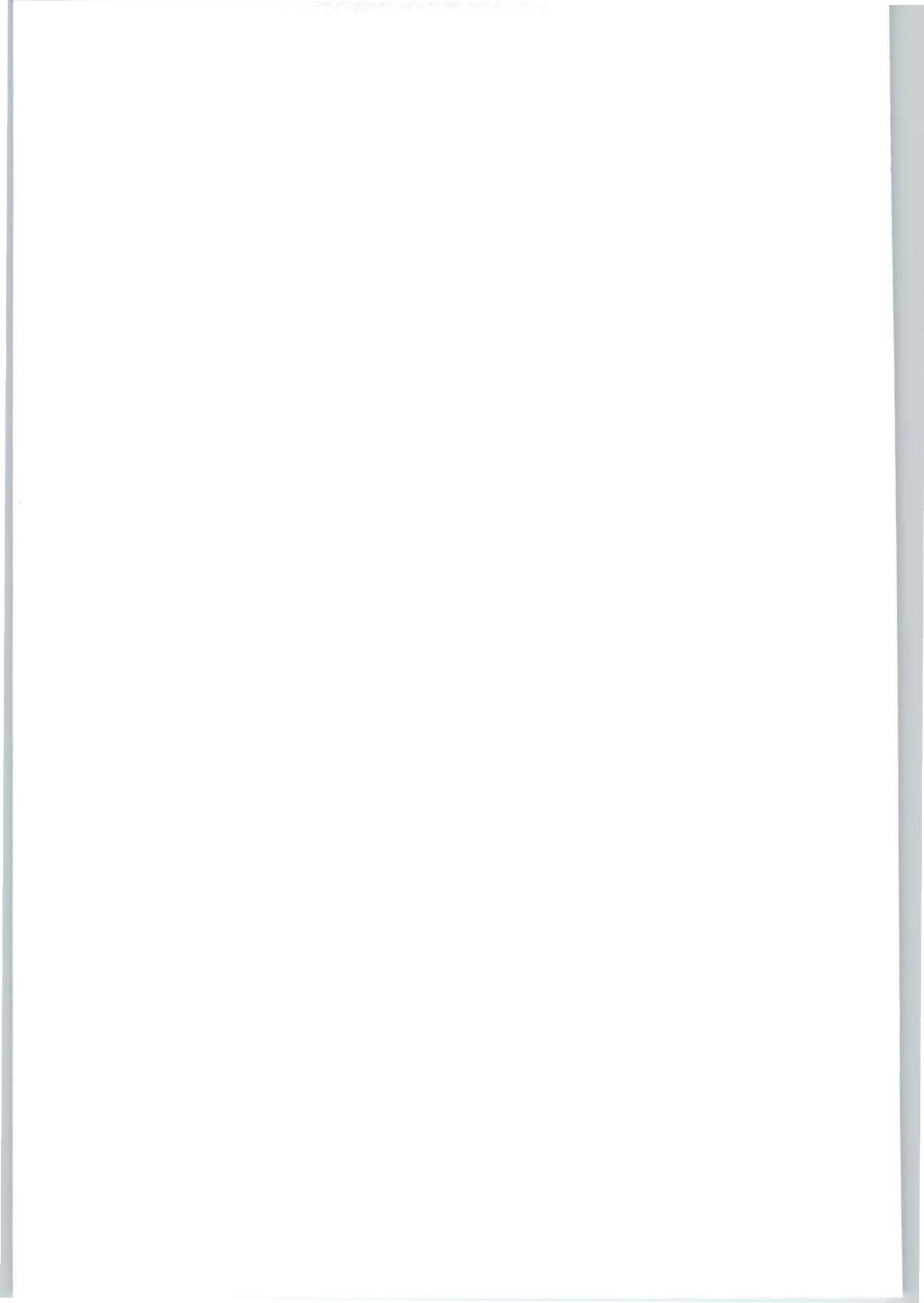
Kunde Schindler GmbH
Angebot AN05-00597/1

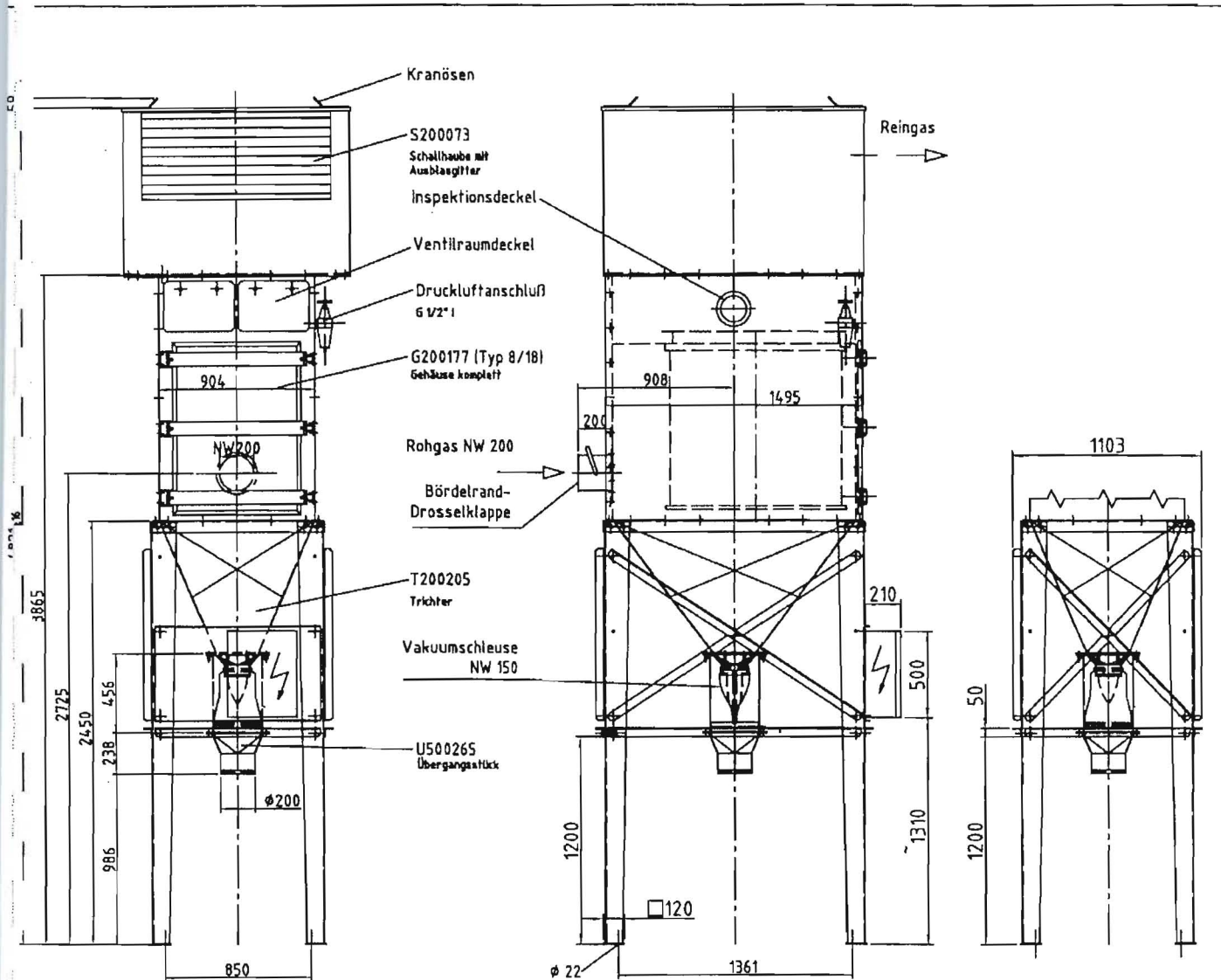


- | | | | |
|----|-----|--|----------------------------------|
| 1. | 40. | HSL-Filter 1500/18 3K
(Mit Dichtung D-40140)
Typ Filterelement | HSL 1500/18 3K |
| | | Einbausituation | rohgasseitig |
| | | Filterfläche (Filterelement) | 7,64 m² |
| | | Abmessungen (LxBxH) | 1047 x 62 x 1555 mm |
| | | Max. Betriebstemperatur
(Filterelement) | 70 °C |
| | | Bescheinigung | BIA-Prüfzeugnis Nr. 9701957/6210 |
| | | Reingaskonzentration in Abluft | < 1 mg/m³ |
| | | Reinluftrückführung | möglich |
| | | Garantierte Standzeit (Filterelement) | 15000 Bh |
| 1. | 50. | Trichter komplett
Typ 8/18 - 12/18 Z | |
| 1. | 60. | Vakuumschleuse Ø 150 mm
g-400 | |
| 1. | 70. | HE-MP12K-0400-1VS06-A-15-U
230 VAC, 380x380x210, RAL 7032 | |
| | | Werkstoff | Stahl |
| | | Farbe | RAL 7032 |
| | | Schutzart | IP 54 |
| | | Einspeisung | 400 V AC |
| | | Steuerspannung Schaltschrank | 24 V DC |
| | | Motorleistung | 15 kW |

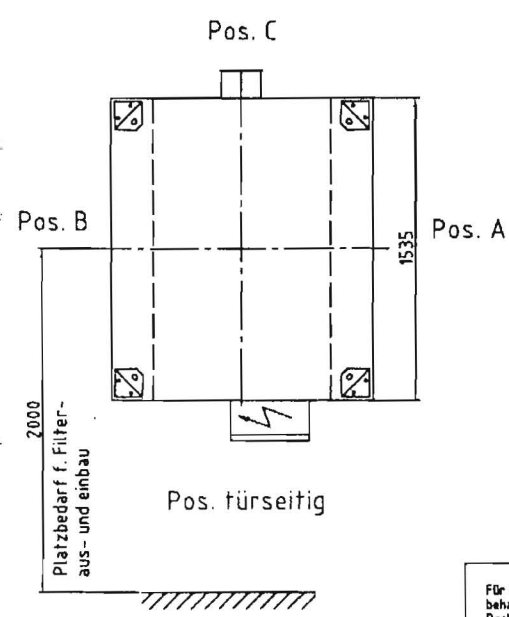
III. Preiszusammenstellung

Position	Beschreibung	Stk.	Einzelpreis	Gesamtpreis
1.	HERDING - Filteranlage HSL 1500-12/18 SU	1		28.987,00 EUR
1.	Rabatt (XX)	1		-3.557,00 EUR
1.	Gesamtsumme für HERDING - Filteranlage HSL 1500-12/18 SU	1		25.430,00 EUR



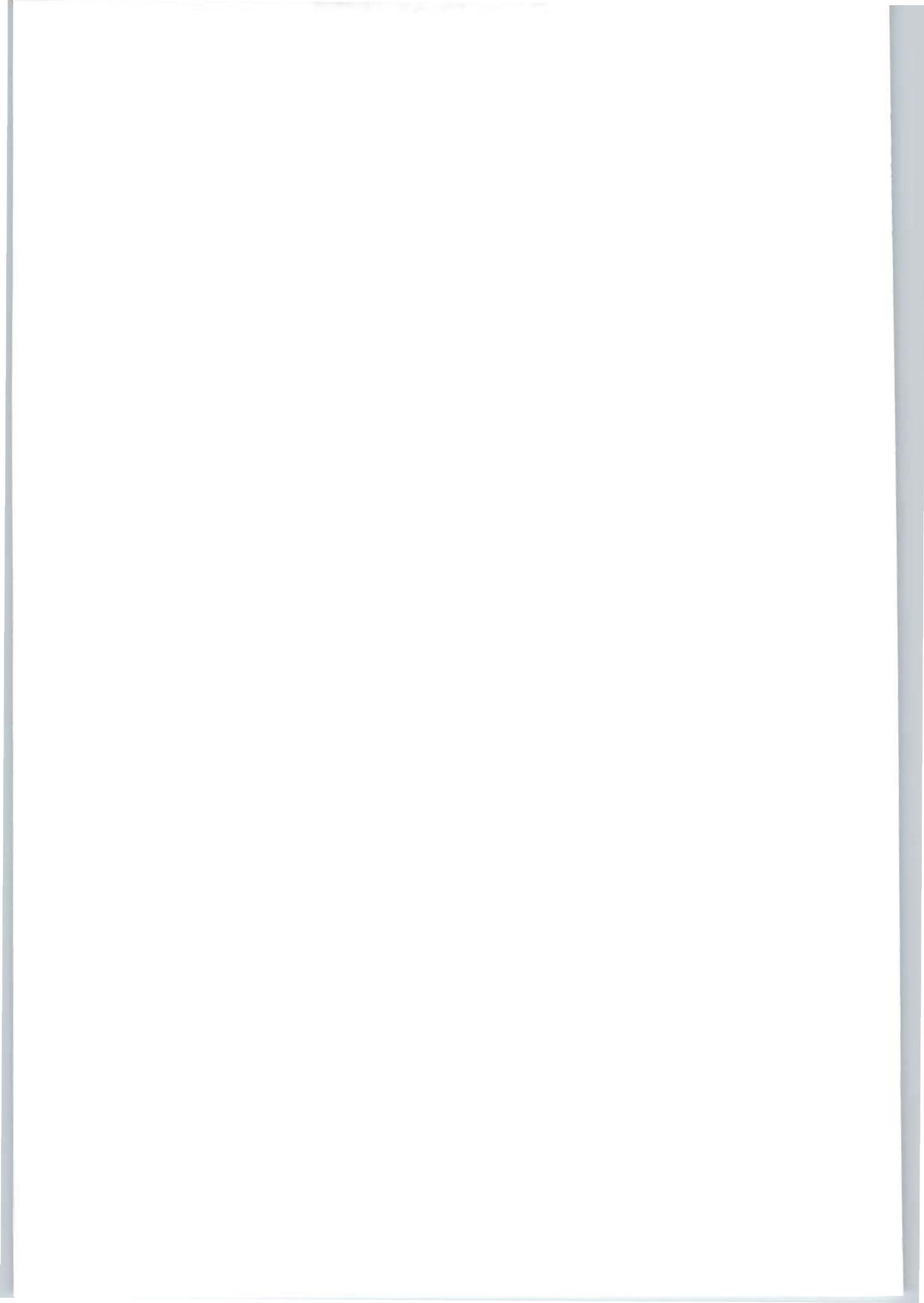


Ansicht der Fußverbreitungen in Pos. C



Gewicht (max.) 1200 kg
 Betriebsdruck: -0,1 / +0,1 bar

Für diese Zeichnung behalten wir uns die Rechte nach DIN 34		Allgemeintoleranzen DIN 8570 A		Maßstab: 1:25	Gewicht Übertrag
				Werkstoff: Rohr: entstanden 1110 X 4	
h		Datum	Name	HERDING-Filteranlage Typ HSL 900-8-12/18 SV	
g		Bearb.	16.02.05 Pleistainer		
f		Gepr.			
e		Norm			
d				1103074	
c					
b				Blatt DW A3	
a	Fußstreben eingez.	23.02.05	stl. August-Bergr-Str. 3, D-92224 Amberg	Bl. 81.	
Zust	Mitteilung	Datum	Name	Tel.: 09621/430-0	





Ambergborner Weg 1a
31787 Hameln
Telefon: (0 51 51) 98 71-0
Telefax: (0 51 51) 98 71-11

Email: lufa.hameln-lwkh@t-online.de
Internet: www.lufa-nord-west.de
Bank: Landessparkasse Oldenburg
BLZ: 280 501 00 - Kto.: 660 886



DAP-PL-1564.99/28U98

Firma
Diephaus Betonwerk GmbH
Zum Langenberg 1-3

49377 Vechta

Hameln, den 22.10.2003 li

Auskunft erteilt: Dr. Matter
Telefon : 05151/9871-35

Auftrags-Nr. 222842
Labor-Nr.: AS 0321234

Eingangsdatum: 08.10.2003

Art der Probe: Rückstandkalk
Bezeichnung: Schleifschlamm 12/00 grau

Prüfbericht

	i.d. Originalsubstanz	i.d. Trockensubstanz
Trockensubstanz	66,2 %	
Calcium (Ca)	14,7 %	22,2 %
Calciumoxid (CaO)	20,5 %	31,0 %
Magnesium (Mg)	5,2 %	7,8 %
Magnesiumoxid (MgO)	8,6 %	12,9 %
basisch wirksame Stoffe berechnet als Calciumoxid (CaO)	31,4 %	47,4 %
Reaktivität	42,5	
Gesamtposphat (P ₂ O ₅)	0,05 %	0,08 %
Bor, wasserlöslich (B)	0,13 mg/kg	0,2 mg/kg
Blei (Pb)	4,0 mg/kg	6,0 mg/kg
Cadmium (Cd)	0,11 mg/kg	0,17 mg/kg
Nickel (Ni)	3,9 mg/kg	5,9 mg/kg
Quecksilber (Hg)	0,06 mg/kg	0,08 mg/kg
Thallium (Tl)	0,03 mg/kg	0,04 mg/kg
Siebdurchgang (Naßsiebung)	bei 4,0 mm 71,7 % bei 3,0 mm 70,4 % bei 1,0 mm 68,2 %	

Im Auftrag

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header, which is mostly illegible due to blurring. Some faint characters are visible, including what appears to be "1911" and "No. 1000".

A small handwritten mark or character, possibly a page number or a signature, located in the lower-left quadrant of the page.

EG-Konformitätserklärung

im Sinne der EG-Maschinenrichtlinie 98/37/EG, Anhang II B

S C H I N D L E R
STEINBEARBEITUNGSMASCHINEN
- ANLAGENTECHNIK GMBH
Hofer Straße 24
93057 Regensburg

Hiermit erklären wir, daß die Anlage

Produktbezeichnung: **Plattenschleifmaschine**

Serien/Typenbezeichnung: SFM-850-005

Baujahr: 2005

Com.:

den Bestimmungen der EG-Richtlinien entspricht. Bei einer nicht mit uns abgestimmten Änderung der Maschine verliert diese Erklärung ihre Gültigkeit.
Die Inbetriebnahme ist so lange untersagt, bis durch oder nach Integration in das Endprodukt die Anforderungen der EG-Maschinenrichtlinie erfüllt sind.

Einschlägige EG-Richtlinien:

98 / 37 / EG Maschinenrichtlinie
89/336/EWG EMV-Richtlinie und alle Änderungen
73/ 23 /EWG Niederspannungsrichtlinie und alle Änderungen

Datum
16.09.2005

Rechtsverbindliche Unterschrift
Richard Scheuerlein

Angaben zum Unterzeichner
Geschäftsführer

