

Fa. SR Schindler
Regensburg

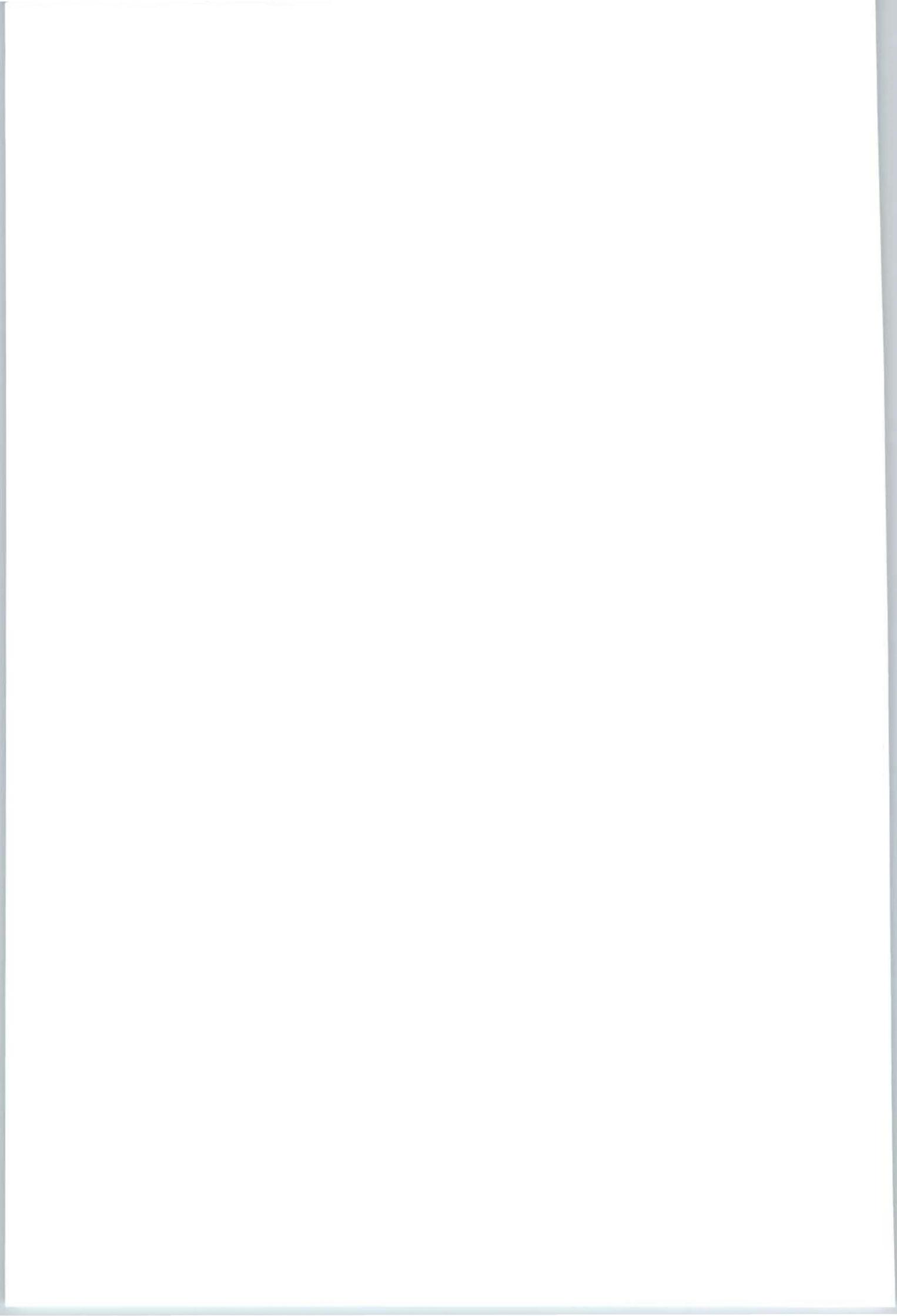
**Entwicklung eines neuartigen Dosier-Verfahren zur Umwelt-, Energie-
und Ressourcen schonenden Herstellung von Gießbetonfertigteilen**

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem AZ: 23738 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Werner Groß

März 2008



Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	23738	Referat	21/0	Fördersumme	96.000,00 €
----	--------------	---------	-------------	-------------	--------------------

Antragstitel Entwicklung eines neuartigen Verfahrens zur Umwelt-, Energie- und Ressourcen schonenden Herstellung von Gießbetonfertigteilen

Stichworte Verfahren, Energie, Betonbau

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
24 Monate			

Zwischenberichte: alle 6 Monate Kurzbericht

Bewilligungsempfänger SR-Schindler	Tel 0941/69682-0
Steinbearbeitungsmaschinen	Fax 0941/69682-18
Anlagentechnik GmbH	Projektleitung
Hofer Str. 24	Herr Scheuerlein
93057 Regensburg	Bearbeiter
	Herr Groß

Kooperationspartner

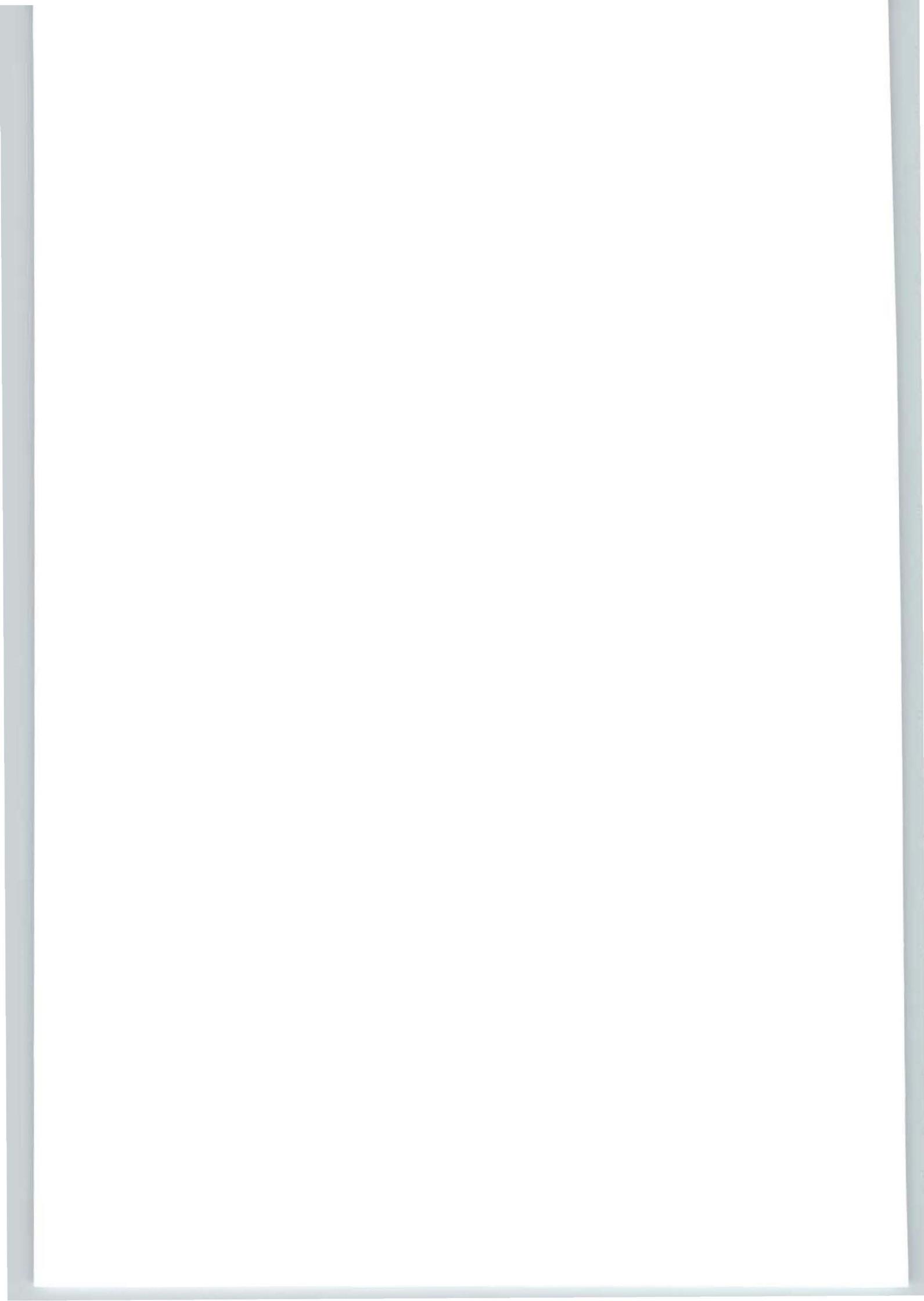
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Wenn es gelingt, durch die Entwicklung einer neuen Maschinengeneration, die Dosiergenauigkeit des Beton-Gemisch zu optimieren, ergeben sich gegenüber der derzeit verwendeten Dosier-Abfüllanlagen zahlreiche praktische, wirtschaftliche und umweltrelevante Vorteile:

- Verminderung des Materialeinsatz
- Schleifschlammanfall Reduzierung
- Wasserverbrauch / Wasserbelastung kann enorm reduziert werden

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 Produzieren von Betonwaren. Die Motivation dazu besteht darin, neben Produkten auch Fertigungstechnologien mit minimalen Belastungen für die Umwelt zu gestalten.

Bisher erfolgt die Produktion von Betonwaren, speziell von Betonplatten mit einer herkömmlichen Dosieranlage, wo das Dosiervolumen zwischen 8 bis 12 Prozent schwankt. Durch die starke Dosierschwankung, müssen alle Betonplatten einem Schleifendenprozess unterzogen werden, dieser basiert meistens auf der Nassbasis.

Das anfallende Abfallprodukt beim Schleifprozess, der unnötige Verbrauch von Ressourcen wie Zement, Steinbruch-Material, Zusatzstoffen und Chemikalien (Materialmehreinsatz zwischen 8 und 12 Prozent), der hohe Wasserverbrauch und die Leistungsaufnahme der Wasseraufbereitung für den Schleifprozess zählen zu den ökologischen Nachteilen. Die über 2.300 to anfallenden Filterkuchen pro Dosieranlage im Jahr, müssen in der Regel wegen der Umweltgefährdeten Stoffen und Chemikalien auf Deponien entsorgt werden. Zusätzlich kommt das darin enthaltene verbrauchte Wasser von ca. 2.000 m³ hinzu.

Bei der neu entwickelten Dosieranlage, können all diese Nachteile, wie Materialmehreinsatz, schleifenden Bearbeitung, Entsorgung des Filterkuchens und Wassermehreinsatz erheblich vermindert werden.

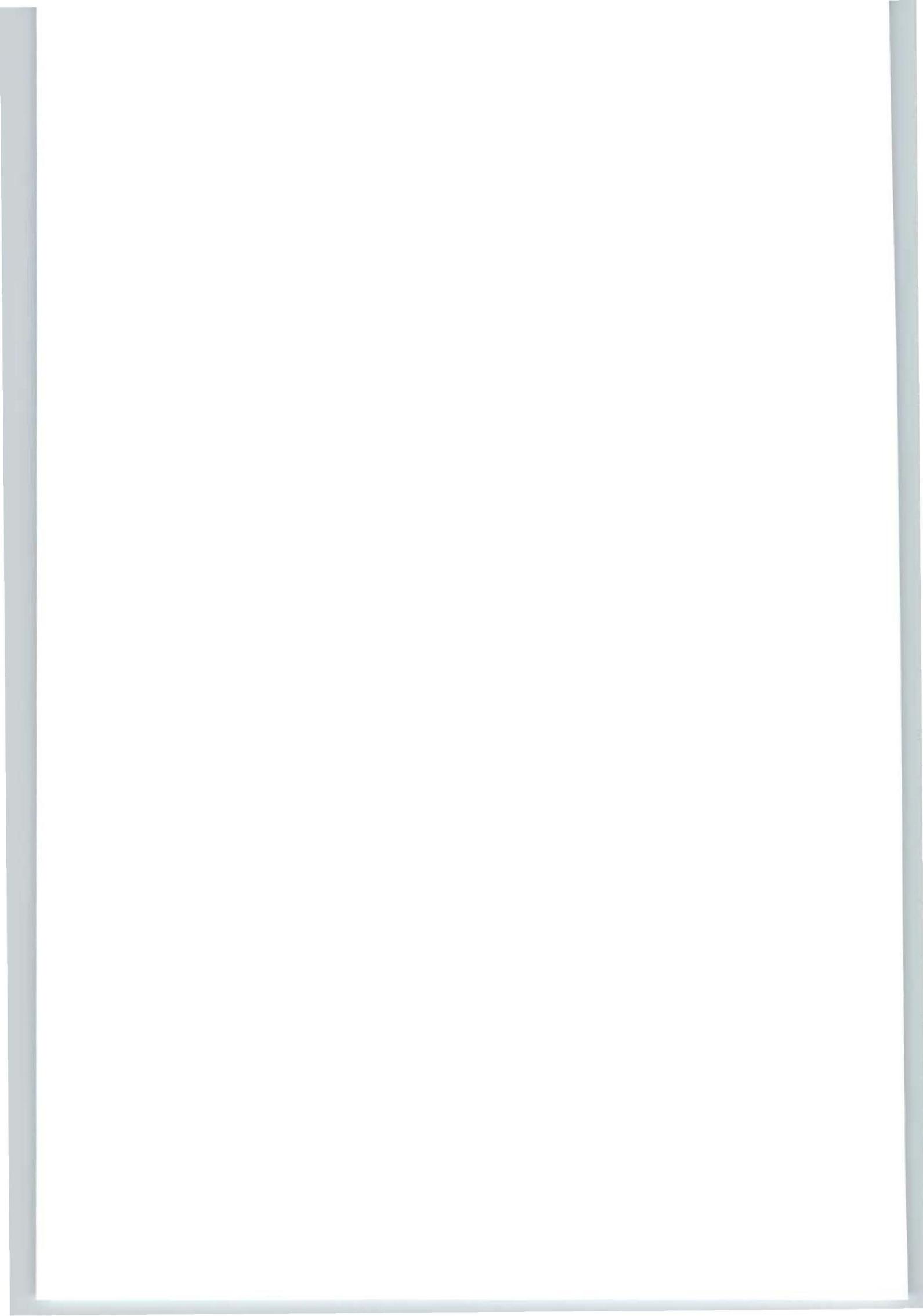
Es entstehen dadurch ökologische als auch ökonomische Vorteile für unsere Kunden der Betonbranche.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Diese Neuentwicklung wird unseren potentiellen Kunden im Verkaufgespräch präsentiert.

Fazit

Durch die Entwicklung der neue, sehr exakten Dosieranlage, reduziert sich der Materialmehraufwand stark, folglich kann der Schleifprozess sehr stark reduziert werden und somit auch die umweltproblematische Schleifschlamm Entsorgung.



Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt
Inhaltsverzeichnis
Abbildungsverzeichnis
Tabellenverzeichnis
Zusammenfassung

1. Einleitung (Problematik, Umweltvorteil)

2. Hauptteil

2.1. Grundlagen

- 2.1.1. Betonwaren
- 2.1.2. Abfüllen von Betonwaren

2.2. Herkömmliche Verfahren

- 2.2.1. Produktionsablauf
- 2.2.2. Schleifende Bearbeitung der Produkte
- 2.2.3. Kosten der Schleifschlamm Entsorgung

2.3. Dosator Abfüllverfahren

- 2.3.1. Ausgangssituation
- 2.3.2. Arbeitsschritt/Funktionsweise
 - 2.3.2.1. Detaillierte Vorversuche
 - 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. Leistungshydraulik
 - 2.3.3.2. Steuerhydraulik
- 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

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Schleifprozess
Abbildung 2	Aufbau einer Schleifscheibe
Abbildung 3	Bindungen
Abbildung 4	Kornwerkstoffe
Abbildung 5	Hermetik Plattenpresse
Abbildung 6	Dosier- Mischerschnecke
Abbildung 7	Betonplatten unterschiedlicher Dicke
Abbildung 8	Wasseraufbereitung
Abbildung 9	Funktionsaufbau Dosator
Abbildung 10	Aufbau Dosator
Abbildung 11	Dosierbereich
Abbildung 12	Befüllung Dosator
Abbildung 13	Abfüllbereich Dosator
Abbildung 14	Prinzipskizze Füllvorgang
Abbildung 15	Prinzipskizze Dosiervorgang
Abbildung 16	Prinzipskizze Entleervorgang
Abbildung 17	Datenblatt Fr. END- Armaturen; Dosierventil DN 150
Abbildung 18	Hydraulik Arbeitszylinder
Abbildung 19	Steuerhydraulikplan
Abbildung 20	Leistungshydraulikplan
Abbildung 21	Display der Volumensteuerung
Abbildung 22	Display der Volumensteuerung
Abbildung 23:	In- und Output Nassschleifen mit herkömmlicher Dosiereinheit
Abbildung 24:	In- und Output Nassschleifen mit neuer Dosiereinheit

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Übersicht verschiedener Zuschlagstoffe
Tabelle 2	Berechnung des Dosiervolumens
Tabelle 3	Volumenberechnung Dosierventil
Tabelle 4	Dosiervolumen mit 4 Dosierventilen
Tabelle 5	Dosiervolumen mit 8 Dosierventilen
Tabelle 6	Dosiergenauigkeit
Tabelle 7	Produktionsgenauigkeit pro Betonplatte
Tabelle 8:	Fixkostensparnisse
Tabelle 9:	Variable Kostensparnisse

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 besonders die Umweltverträglichkeit der Fertigung im Vordergrund. Doch nicht nur das ökologische Gewissen gegenüber nachfolgenden Generationen fördert den Umweltgedanken. Auch große wirtschaftliche Vorteile können durch eine umweltfreundliche Fertigung realisiert werden. Steigende Kosten für Energie, Ressourcen 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 das Verbauen der Betonwaren zu erleichtern, müssen diese nach bestimmten Qualitätskriterien gefertigt werden. Einer der wichtigsten Kriterien, ist die Maßgenauigkeit der Betonwaren.

Da bis dato in der Herstellung von Betonprodukten nur sehr ungenaue Dosier-Abfüllanlagen verwendet wurden, war eine Nachbearbeitung in Form von Fräsen oder Schleifen so gut wie immer erforderlich.

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 abgefräste Material aus der Maschine. Beide Stoffe vermischen sich und müssen in einer aufwändigen 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 2.300 to im Jahr anfallen. Für den Betrieb der Wasseraufbereitung ist ein hoher Energiebedarf notwendig.

Wenn es gelingt, durch die Entwicklung einer neuen Maschinengeneration, die Dosiergenauigkeit des Beton-Gemisches zu optimieren, ergeben sich gegenüber der derzeit verwendeten Dosier-Abfüllanlagen zahlreiche praktische, wirtschaftliche und umweltrelevante Vorteile:

- Verminderung des Materialeinsatz
- Reduzierung der Steinbruch-Abbaukosten
- Reduzierung der Zementherstellung
- Verminderung der Zuschlagstoffe
- Verminderung der chemischen Produktzusatzstoffe
- Schleifschlammanfall wird vermindert
- Energieeinsparung bis zu 50%
- Frischwasserverbrauch wird vermindert
- Abwasserbelastung wird reduziert
- Handhabung mit gefährlichen Chemikalien reduziert sich
- Platzeinsparung aufgrund kleiner Peripherieanlage für die Schleifschlamm Entsorgung
- Enorme Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten

Da die innovative Dosiertechnologie eine enorme Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten mit sich bringt, ist das Interesse bei vielen Betonwerken weltweit sehr groß.

2. Hauptteil

2.1 Grundlagen

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Grundlagen des Abfüll-Dosierprozess und des Werkstoffs Beton. Dazu wird zunächst der Abfüllprozess definiert und schematisch beschrieben.

2.1.1 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.¹

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 werden Kies und Splitt als Sand bezeichnet. Dabei ist gewaschener Sand aus Flüssen und Seen rund, gebrochener Sand scharfkantig.

¹ Vgl. [Ebe 02] Ebeling, K. et al.: 2002, (S. 6ff)

Neben diesen Grundstoffen können Zusatzstoffe eingemischt werden. Das sind zumeist chemische Stoffe, die die Optik beeinflussen oder das Verarbeiten des Betons vereinfachen. Abbildung 1 zeigt ein Betonelement im Schnitt.

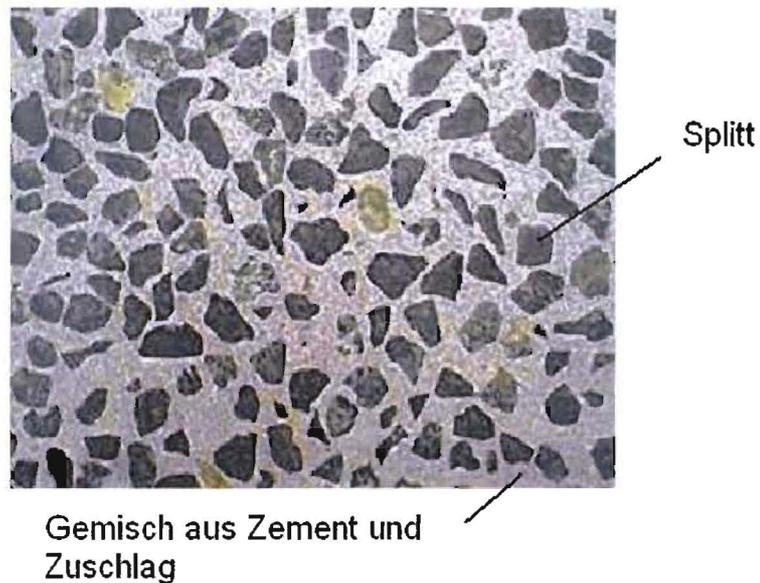


Abbildung 1: Betonelement

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.²

² Vgl. [VDZ 00] Verein Deutscher Zementwerke e.V.: 2000, (S. 179ff)

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.³



Abbildung 2: Pflastersteine



Abbildung 3: 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.

³ Vgl. [Fel 99] Feldmann, H. et al.: 1999, (S. 465)

Material	Rohdichte	Wasseraufnahme	Druckfestigkeit	Biegezugfestigkeit	Schleifabnutzung
	g/cm ³	Gew.-%	N/mm ²	N/mm ²	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 1: Übersicht verschiedener Zuschlagstoffe⁴

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 eines Stoffes. Die Druckfestigkeit gibt die Widerstandsfähigkeit eines Werkstoffs bei der Einwirkung von Druckkräften an. Sie wird als Quotient aus Kraft und Fläche

⁴ Vgl. [Dil 05] Dillman, O.-O.: 2005, (Die Welt der Gesteine)

ausgedrückt. Damit ist der Wert ein Maß dafür, wie leicht das Material zerstört werden kann.

Die Schleifabnutzung drückt die Abspannleistung 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 1 lassen sich so z.B. Granit und Tholeiitbasalt als harte Zuschlagstoffe identifizieren, während z.B. Marmor und Kalkstein weiche Materialien sind.⁵

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.⁶

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 4 deutlich zu erkennen. Bei dem Stein wird die Offenporigkeit angestrebt, damit Wasser durch den Stein ins Erdreich gelangen kann.



Abbildung 4: Wasserdurchlässiger Pflasterstein⁷

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.⁸

⁵ Vgl. [VDZ 00] Verein Deutscher Zementwerke e.V.: 2000, (S. 209ff)

⁶ Vgl. [Sch 05] Schulze, R.: 2005, (S. 2.5)

⁷ Vgl. [BSL 05] Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten: 2005, (Versickerung)

⁸ Vgl. [VDZ 00] Verein Deutscher Zementwerke e.V.: 2000, (S. 305ff)

2.1.1 Herstellung von Betonwaren

Das gängigste Verfahren zur Herstellung von Betonplatten ist das Hermetikverfahren. Es eignet sich für dickere Platten von ca. 4 bis 12 cm Dicke. Die Herstellung geschieht meist auf einer Drehtischpresse mit meist 7, manchmal auch nur 2 Stationen. Dabei werden zwei verschiedene Betonsorten verwendet: Der relativ dünnflüssige Vorsatzbeton und der sehr trockene Hinterbeton. Der Vorsatzbeton bildet später die sichtbare Oberseite der Platte und ist bezüglich Farbe und Körnung entsprechend individuell gestaltet. Für den Hinterbeton wird meist eine einheitliche Betonsorte verwendet.



Abbildung 5: Hermetik Plattenpresse

Zunächst wird der Vorsatzbeton in die Form eingefüllt und durch Rütteln verteilt. Danach wird der Hinterbeton eingefüllt und die gesamte Füllung (meist in zwei Schritten) durch Pressen verdichtet. Durch den hohen Druck von bis zu 1200 Tonnen wandert ein Teil der Feuchtigkeit aus dem Vorsatz- in den Hinterbeton, wodurch sich beide Lagen homogen verbinden. Nach dem Öffnen der Form wird die rohe Platte entnommen, auf eine Palette aus Metall, Holz oder (seltener) Kunststoff gelegt und in ein Lager gebracht, damit der Beton abbinden kann.

Das Nasspressverfahren ähnelt dem Hermetikverfahren, jedoch wird hier nur eine Betonsorte verwendet. Dadurch können sehr dünne Platten hergestellt werden. Da der Beton beim Einfüllen noch relativ dünnflüssig ist, muss während des Pressvorgangs der größte Teil des Wassers aus der Form entweichen können.

Bestimmte Platten werden auch in Formen (z.B. aus Polyurethan) gegossen und erst nach dem Abbinden entnommen. Früher wurden Betonplatten auch gestampft. Dieses Verfahren gilt heute aber als veraltet.

Besondere Effekte:

Ist der Boden der Form nicht glatt, sondern weist ein Muster auf, so wird dieses auf der fertigen Platte reliefartig abgebildet. Auf diese Weise kann man beispielsweise ein sandsteinähnliches Aussehen erreichen.

Durch das Einsprühen von zusätzlicher Farbe vor dem Einfüllen des Hinterbetons kann ein Marmoriereffekt erzielt werden.

Bei der Direktauswaschung werden die Platten sofort nach der Entnahme aus der Presse mit einem Hochdruck-Wasserstrahl bearbeitet. Dabei werden die feinen Bestandteile des Betons an der Oberfläche entfernt, während die gröberen Körner erhalten bleiben.

2.2 Herkömmliche Verfahren

2.2.1 Produktionsablauf

Bei der herkömmlichen Betonherstellung erfolgt die Dosierung mit einer sog. Mischerschnecke bzw. Dosierschnecke.

Diese arbeitet nach dem Prinzip des Bewegungsgewindes, bei dem das Betonwerkstein wie eine Mutter durch die sich drehende Schnecke im Rohr verschoben wird. Das Mitdrehen des Dosiergutes wird durch die Reibung aus seiner Gewichtskraft verhindert. Dieses Prinzip funktioniert jedoch nur, wenn das Schneckengewinde nicht vollständig vom Dosiergut (Betonwerkstein) umgeben ist. Aus diesem Grund werden meistens die Dosierschnecken mit progressivem Außendurchmesser und progressiver Steigung verbaut.

Problematik dieser Technik ist eine sehr ungenaue Dosiermöglichkeit des Betonwerkstein, je nach Verdreckung bzw. Ablagerung bereits verfestigten Betons in der Mischerschnecke (siehe Abbildung 6) variiert das Dosiervolumen verhältnismäßig stark.



Abbildung 6: Dosier- Mischerschnecke

Durch die ungenaue Dosierung des Betonwerksteines entstehen große Produktdifferenzen (siehe Abbildung 7). Die ausgehärteten Produkte müssen deshalb nachträglich auf die gewünschte Dicke gefräst und geschliffen werden, die Nachbearbeitungsschritte sind mit enormem Energieaufwand und somit Kosten verbunden.

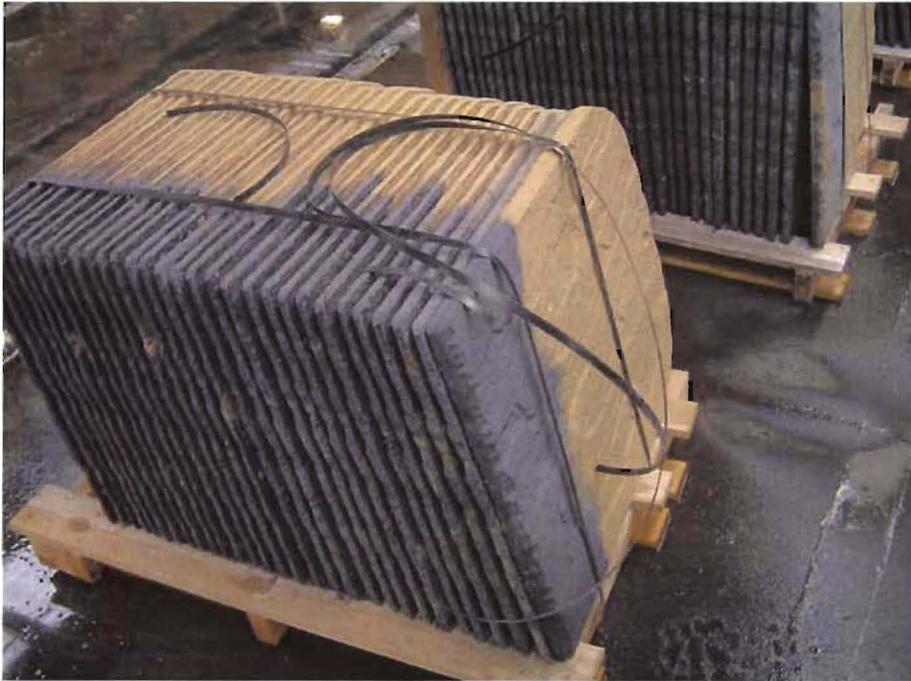


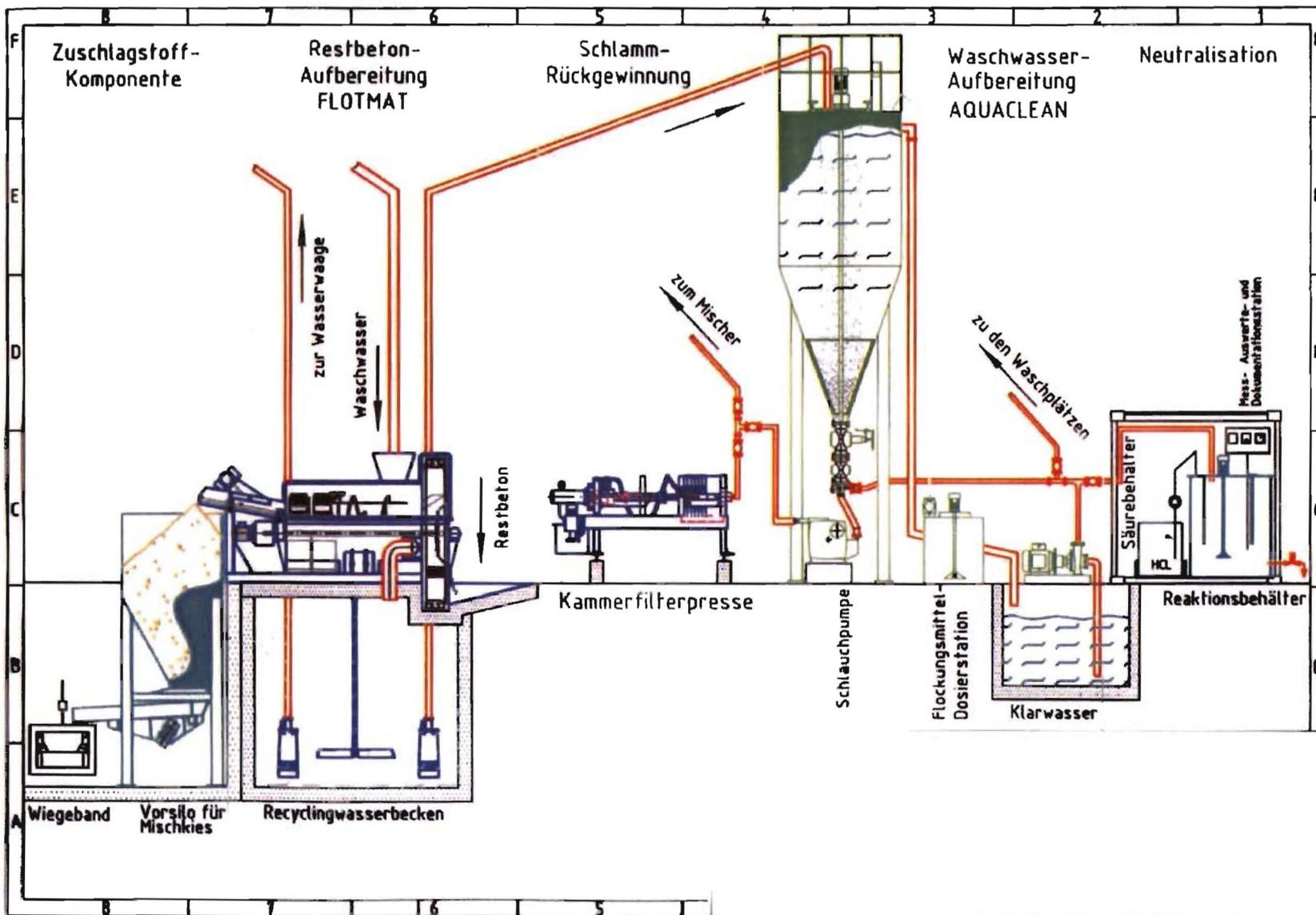
Abbildung 7: Betonplatten unterschiedlicher Dicke

2.2.2 Schleifende Bearbeitung der Produkte

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 Schöpfleinrichtung 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 8: Wasseraufbereitung



2.2.3 Kosten der schleifenden Bearbeitung (Schleifschlammmentsorgung)

Das Schleifen und Fräsen der fertigen Betonprodukte (siehe Seite 14-15) bringt sehr hohe Investitionskosten für die Anschaffung der Schleifschlammmentsorgungsanlage 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.

Neben den (Seite 14-15) dargestellten Umweltproblematiken erfordert die derzeitige Produktionsmethode zusätzlich einen Materialmehreinsatz zwischen 8 und 12 Prozent.

Durch die Einführung bzw. Entwicklung der präzisen Dosieranlage entfallen alle diese oben angeführten Kosten und vor allem die umweltproblematische Schleifschlammmentsorgung.



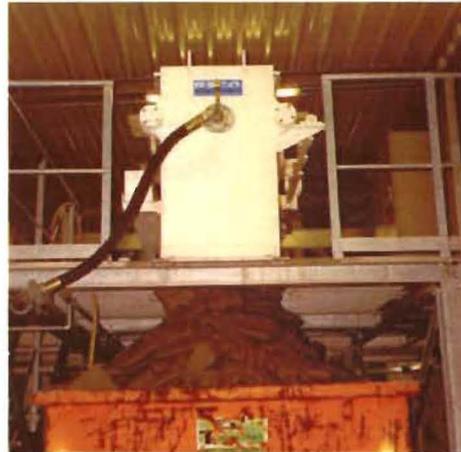
Schleifwasserabfluss (1)



Schleifwasserbecken (2)



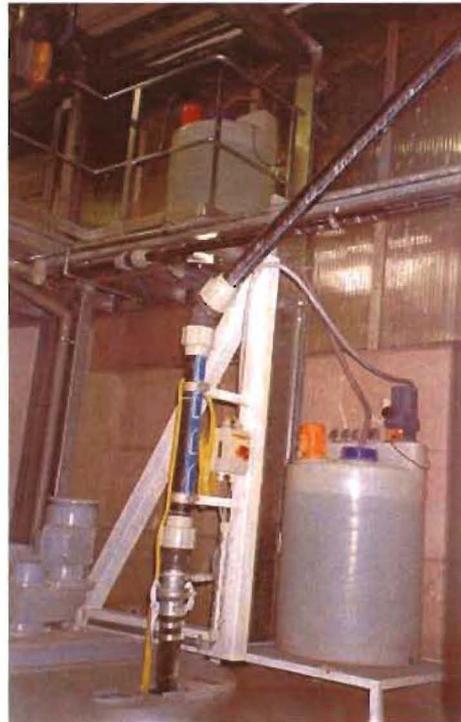
Brauchwasser (2)



Kammerfilterpresse (8)



Sedimentation (3)



Flockungsmitteldosierstation (4)

2.3 Dosator Abfüllverfahren

2.3.1 Ausgangssituation

Das anfallende Abfallprodukt, der unnötige Verbrauch von Ressourcen wie Zement, Steinbruch-Material, Zusatzstoffen und Chemikalien (Materialmehreinsatz zwischen 8 und 12 Prozent), der hohe Wasserverbrauch und die Leistungsaufnahme der Wasseraufbereitung zählen zu den ökologischen Nachteilen. Im Jahr fallen pro Dosieranlage über 2.300 to Filterkuchen an, der in der Regel wegen der umweltgefährdeten Stoffe und Chemikalien auf Deponien entsorgt werden muss. Zusätzlich kommt das darin enthaltene, verbrauchte Wasser von ca. 1.600 m³ hinzu.

Zu den ökonomischen Nachteilen zählen alle Kosten, die durch den Mehrverbrauch an Material/Stoffen entstehen; hinzu kommen die Zusatzkosten für den erhöhten Wasserverbrauch. 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. Diese 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 die Entwicklung eines neuen innovativen Dosierverfahrens könnte dieser Materialmehreinsatz und die Wasseraufbereitungsanlage stark reduziert werden. Hinzu kommt die Reduktion der gesamten Steinbruch-Abbaukosten und der Zementherstellkosten für die gesamte Fertigungskette.

2.3.2 Arbeitsschritte

2.3.2.1. DETAILLIERTE VORVERSUCHE UND GROBANALYSE (ca. 1-2 Monate)

Entwicklung einer Laborversuchsmaschine

bestehend aus:

- 1.1) Maschinenkonstruktion
- 1.2) Maschinenbau
für eine Dosiereinheit einschließlich Betonkübel
- 1.3) Mess- und Regeltechnik und Elektronik
Dosierventile mit hydraulischer Einheit mit Messbereich in 1/10 l zur Volumenbestimmung
- 1.4) Steuerung
bestehend aus einer SPS und Steuerpult zur Feinstbestimmung der Versuchsvolumina
- 1.5) Versuchslauf
Ziel ist die Erprobung der optimalen Volumenbestimmung bei unterschiedlichen Betonmischungen

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, Dosiereinheiten 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

2.3.2.3. BAU DES PROTOTYPEN UND TESTLAUF (4 Monate)

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

2.3.2.4. TESTLAUF (2 Monate)

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

2.3.3 Funktionsweise / Innovation

2.3.3.1 Aufbau des Dosators

Der Dosator besteht aus vier Grundteilen. Diese sind die Grundmaschine (1), der Abfüllbereich bzw. die Hermetikpressen (2), der Dosierbereich (3) und das Rührwerk (4).

Das Betonwerkstein wird in das Rührwerk (4) eingefüllt; je nach Füllstand im Rührwerk wird die Zufuhr gestoppt bzw. erhöht, um die Homogenität des Betonwerkstein zu gewährleisten muss das Rührwerk in ständiger Bewegung sein.

Von dort aus gelangt der Betonwerkstein in den Dosierbereich (3), wo das voreingestellte Volumen mit Hilfe einer Steuerhydraulik millilitergenau dosiert wird. Im Anschluss verfährt der Dosierbereich in die Abfüllstellung und befüllt die Hermetikpressen (2).

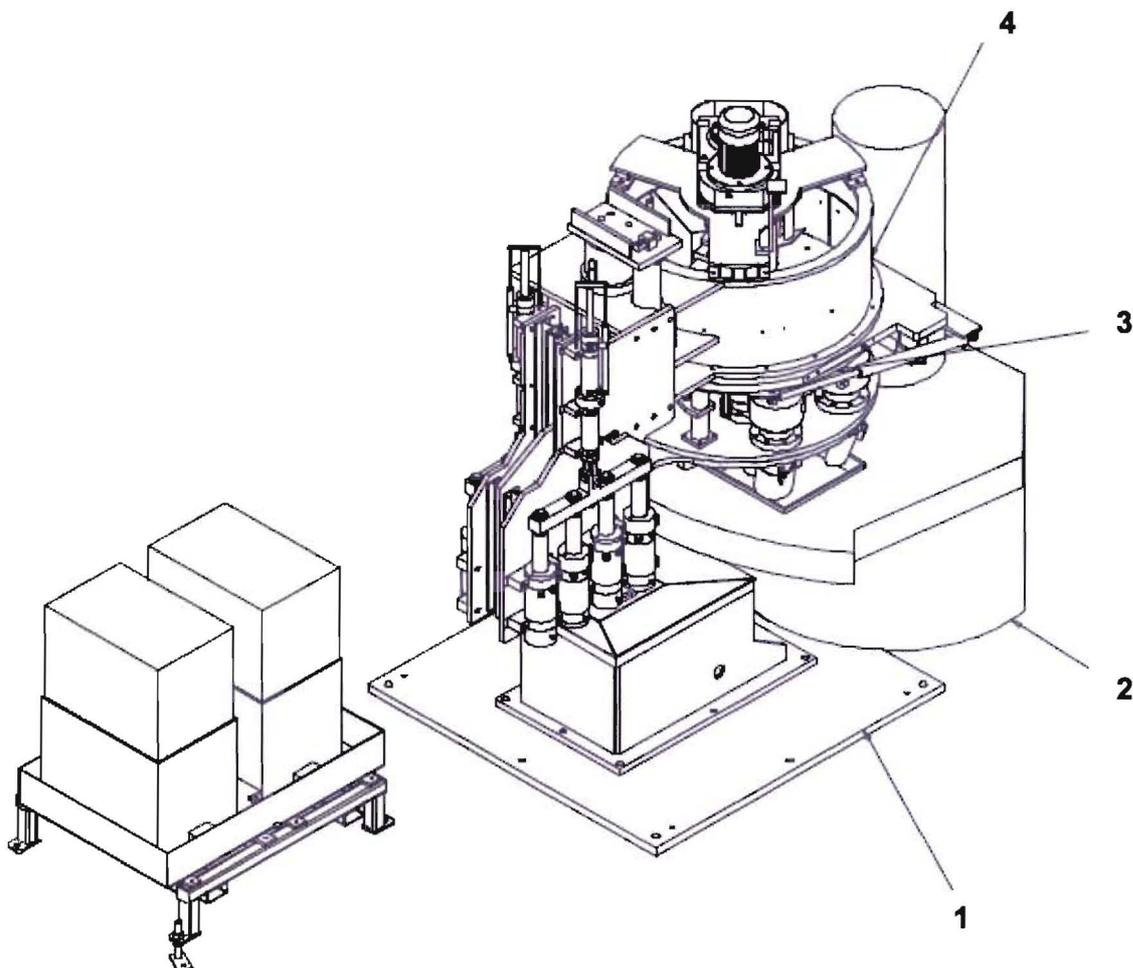


Abbildung 9: Funktionsaufbau Dosator



Abbildung 10: Aufbau Dosator



Abbildung 11: Dosierbereich



Abbildung 12: Befüllung Dosator



Abbildung 13: Abfüllbereich Dosator

2.3.3.1 Funktionsweise des Dosierbereich

Das Dosierprinzip wird mit Hilfe drei Prinzip Bilder verdeutlicht:

1.Füllvorgang:

Das Dosierventil wird mit dem Betonwerkstein gefüllt, wobei das Dosierventil maximales Volumen an Medium aufnimmt, d.h. es befindet somit zu viel Beton im Dosierventil.

Der Arbeitszylinder befindet sich in der Endposition.

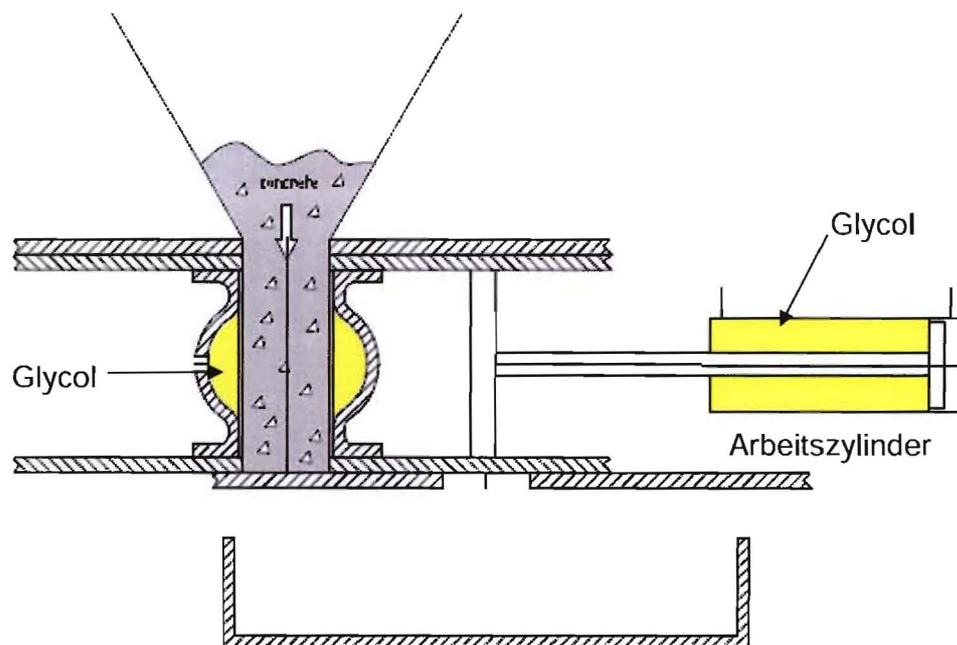


Abbildung 14: Prinzipskizze Füllvorgang

2. Dosiervorgang:

Der Arbeitszylinder verfährt in die Endlage, dadurch wird in das Dosierventil die genau voreingestellte Glycol-Menge eingepresst. Folglich stellt sich im Dosierventil die exakte Volumenmenge an Betonwerkstein ein.

Nach dem Vorgang verfährt der Dosierbereich in die Abfüllstellung, d.h. der Betonwerkstein befindet sich jetzt in einem abgeschlossenen Raum (siehe Prinzipskizze)

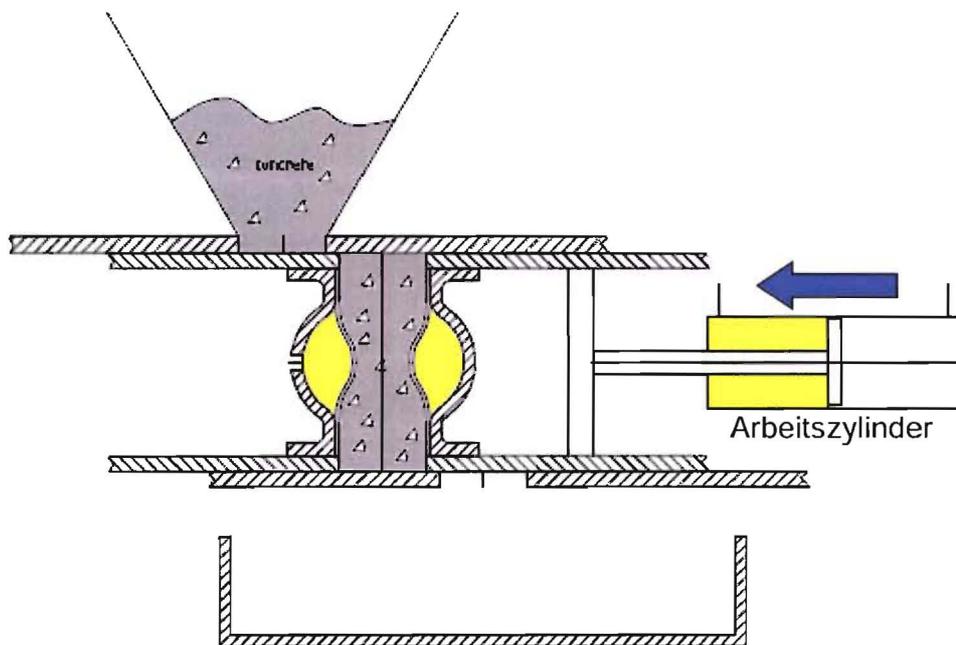


Abbildung 15: Prinzipskizze Dosiervorgang

3. Entleervorgang:

Der Dosierbereich verfährt in die Entleerstellung, d.h. der Betonwerkstein kann nach unten zu den Hermetikpressen entleert werden.

Währenddessen bewegt sich der Arbeitszylinder wieder in die ursprüngliche Lage um den Entleervorgang zu beschleunigen.

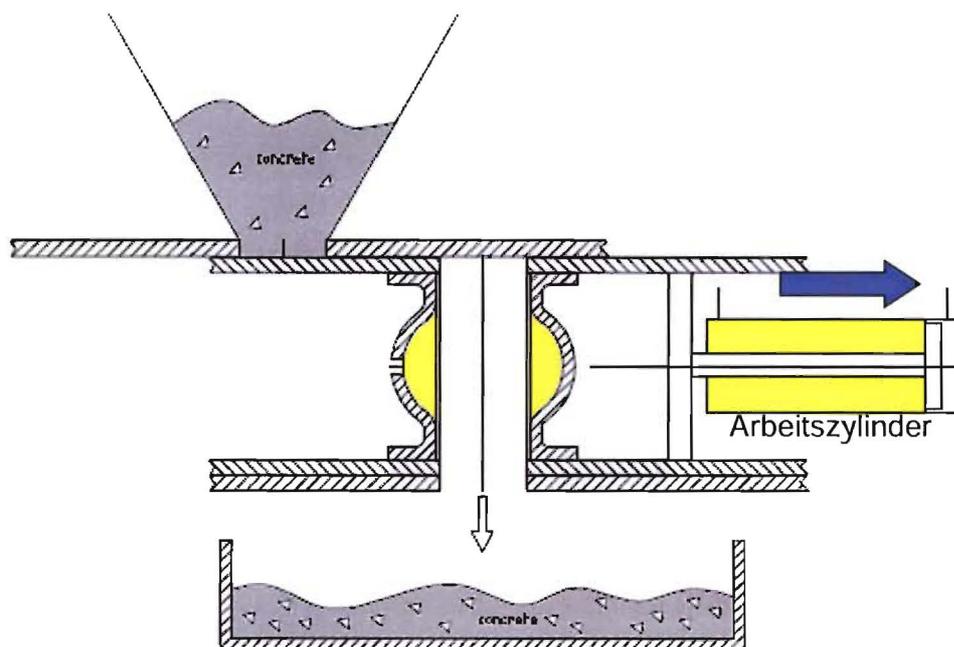
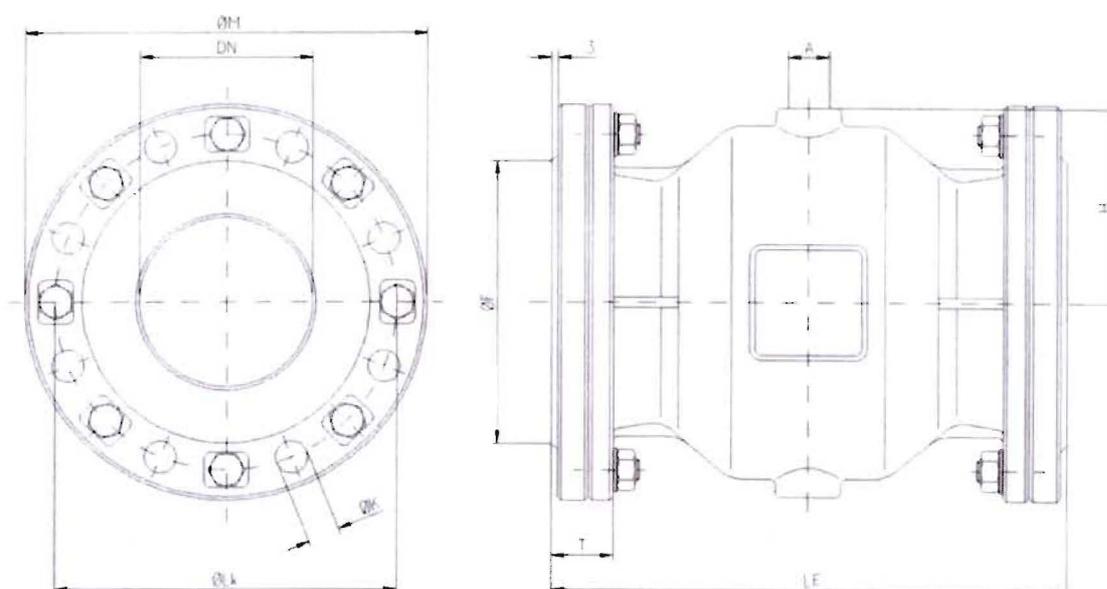


Abbildung 16: Prinzipskizze Entleervorgang

2.3.3.3 Dosiergenauigkeiten des Dosators

Um die Dosiergenauigkeit genau bestimmen zu können muss auf die technischen Daten der Dosierventile eingegangen werden, hierfür wird das Datenblatt der verwendeten Dosierventile der Fa. END- Armaturen verwendet.

In der kompletten Abfüllmaschine sind insgesamt 8 Dosierventile verbaut um den Flexibilitäts- Anforderungen unserer Kunden gerecht zu werden. Wird mit jeweils 4 der Dosierventile eine Betonform bzw. Hermetikpressen befüllt, je nach zu dosierendem Volumen, können auch wahlweise nur 4 der 8 Dosierventilen in Betrieb genommen werden.



G	DN	Ø D	L	LF	ØE	ØM	ØLk	ØK	ØF	T	A	H	PN	kg ¹	kg ²
3/8	-	10	122	-	46	-	-	-	-	-	G 1/4	-	6	-	-
1/2	-	15	134	-	60	-	-	-	-	-	G 1/4	-	6	0,4	-
3/4	-	20	140	-	60	-	-	-	-	-	G 1/4	-	6	0,5	-
1	-	25	145	-	75	-	-	-	-	-	G 1/4	-	6	0,6	-
1 1/4	-	32	169	-	85	-	-	-	-	-	G 1/4	-	6	0,8	-
1 1/2	40	40	200	155	101	150	110	18	88	32	G 1/4	63	6	1,6	3,2
2	50	50	213	183	120	165	125	18	102	30	G 1/4	60	6	2,1	3,5
-	65	-	-	183	-	185	145	18	122	32	G 1/4	77	6	-	5,0
-	80	-	-	227	-	200	160	18	133	32	G 1/4	89	6	-	6,0
-	100	-	-	281	-	220	180	18	158	35	G 1/4	107	6	-	8,0
-	125	-	-	350	-	250	210	18	184	30	G 1/4	130,0	6	-	12,0
-	150	-	-	420	-	286	240	22	212	43	G 1/4	155,5	6	-	17,0
-	200	-	-	555	-	340	295	22	269	60	G 3/8	201,0	4	-	35,0
-	250	-	-	610	-	395	350	22	320	49	G 3/8	258,0	2	-	84,0

Abbildung 17: Datenblatt Fr. END- Armaturen; Dosierventil DN 150⁹

⁹ Vgl. [END-150] END-Automation GmbH & Co. KG, (Datenblatt Schlauchquetschventil)

Die Berechnung erfolgt mit Hilfe eines Excel-Programms:

Vorüberlegung, welches Dosiervolumen benötigt man für die verschiedenen Plattenhöhen.

Platten-Höhe von 35 mm	
Volumenberechnung Form	
Platten-Breite [mm]	596
Platten-Länge [mm]	596
Anzahl [Stck]	2
Platten-Höhe [mm]	35
Fläche [mm ²]	355216
Volumen [ltr]	12,43
14,5% Überdosierung (Wasseranteil)	
	1,80
Füllvolumen	28,48

Platten-Höhe von 45 mm	
Volumenberechnung Form	
Seite 1 [mm]	596
Seite 2 [mm]	596
Anzahl [Stck]	2
Höhe [mm]	45
Fläche [mm ²]	710432
Volumen [ltr]	31,97
14,5% Überdosierung (Wasseranteil)	
	4,64
Füllvolumen	36,61

Platten-Höhe von 73 mm	
Volumenberechnung Form	
Platten-Breite [mm]	596
Platten-Länge [mm]	596
Anzahl [Stck]	2
Platten-Höhe [mm]	73
Fläche [mm ²]	710432
Volumen [ltr]	51,86
14,5% Überdosierung (Wasseranteil)	
	7,52
Füllvolumen	59,38

Tabelle 2: Berechnung des Dosiervolumens

Welches Dosiervolumen kann man mit den Dosierventilen erreichen, hier ist darauf zu achten, dass die Dosierventile in 2 Bereiche eingeteilt werden, nämlich einen festen Volumenanteil und einen variablen Volumenanteil. Folgende Berechnungen beziehen sich auf alle 8 Dosierventile bzw. auf beide zu produzierende Betonplatten.

Volumenberechnung Dosierventil:	
∅ Innen [mm]	150
Höhe fest [mm]	90
Höhe variabel [mm]	420
Volumen fest [ltr]	1,59
Anzahl der Dosierventile [Stck]	8
Volumen variabel [ltr]	7,42
Füllgrad	1,00
Gesamtvolumen fest	12,7
Gesamtvolumen variabel	59,3
Gesamtvolumen	72,1

Tabelle 3: Volumenberechnung Dosierventil

$$Volumen = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot H$$

⇒ Bei einem Füllgrad von max. 45 % der Dosierventile, ergeben sich daraus folgende Dosiervolumina:

Dosiervolumina mit 4 Dosierventilen

Volumen [ltr]	max. (100%) Dosiervol. [ltr]	Füllgrad [%]	min. (45%) Dosiervol. [ltr]	Volumen fest [ltr]	Anzahl Dosierventile	ges. Dosiervol. [ltr]
Dosierventil	7,42	0,45	3,34	1,59	4,00	19,7
∅150 x 420	7,42	1	7,42	1,59	4,00	36,0

Tabelle 4: Dosiervolumen mit 4 Dosierventilen

Dosiervolumina mit 8 Dosierventilen

Volumen [ltr]	max. (100%) Dosiervol. [ltr]	Füllgrad [%]	min. (45%) Dosiervol. [ltr]	Volumen fest [ltr]	Anzahl Dosierventile	ges. Dosiervol. [ltr]
Dosierventil	7,42	0,45	3,34	1,59	8,00	39,4
∅150 x 420	7,42	1	7,42	1,59	8,00	72,1

Tabelle 5: Dosiervolumen mit 8 Dosierventilen

Um nun die Dosiergenauigkeit bestimmen zu können, muss das komplette Regelsystem betrachtet werden, d.h. die Dosierventile mit den Arbeitszylindern zusammen. Die Arbeitszylinder werden mit einem Positionsregelsystem gesteuert, was eine Regeltoleranz von einem Millimeter hat, daraus lässt sich mit Hilfe der technischen Daten/Größen der Arbeitszylinder die exakte Dosiergenauigkeit berechnen.

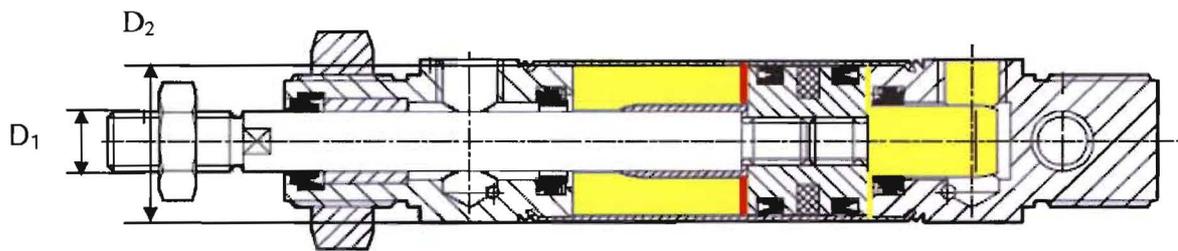


Abbildung 18: Hydraulik Arbeitszylinder¹⁰

Dosiergenauigkeit pro produzierende Betonplatte

Dosiergenauigkeit	
Positionsgenauigkeit [mm]	1
Stangen- \varnothing D_1 [mm]	80
Zylinder- \varnothing D_2 [mm]	150
Arbeitsfläche Zylinder [mm²]	17671
Dosiergenauigkeit 1 Dosierventil [ltr]	0,0177
Dosiergenauigkeit 4 Dosierventile [ltr]	0,0707

Tabelle 6: Dosiergenauigkeit

Produktionsgenauigkeit pro Betonplatte

Produktionsgenauigkeit pro Betonplatte	
Dosiergenauigkeit [ltr]	0,0707
Platten-Breite [mm]	596
Platten-Länge [mm]	596
Anzahl [Stck]	1
Δ Platten-Höhe [mm]	0,20

Tabelle 7: Produktionsgenauigkeit pro Betonplatte

¹⁰Vgl. [TRY-HD] Tyroller Hydraulik Herzberg GmbH, (Datenblatt Hydraulikzylinder)

2.3.3.4 Steuerhydraulik

Die Steuerhydraulik, regelt die Wegmesszylinder sowie auch die Arbeitszylinder, wahlweise können 4 oder 8 Dosierventile in Betrieb genommen werden.

Beim Betrieb von 4 Dosierventilen, ist darauf zu achten, dass alle Dosierventile wechselweise in Betrieb genommen werden, um ein Verfestigen des Betonwerksteins zu verhindern. Das Prinzip der Steuerhydraulik ist aus dem Plan ersichtlich.

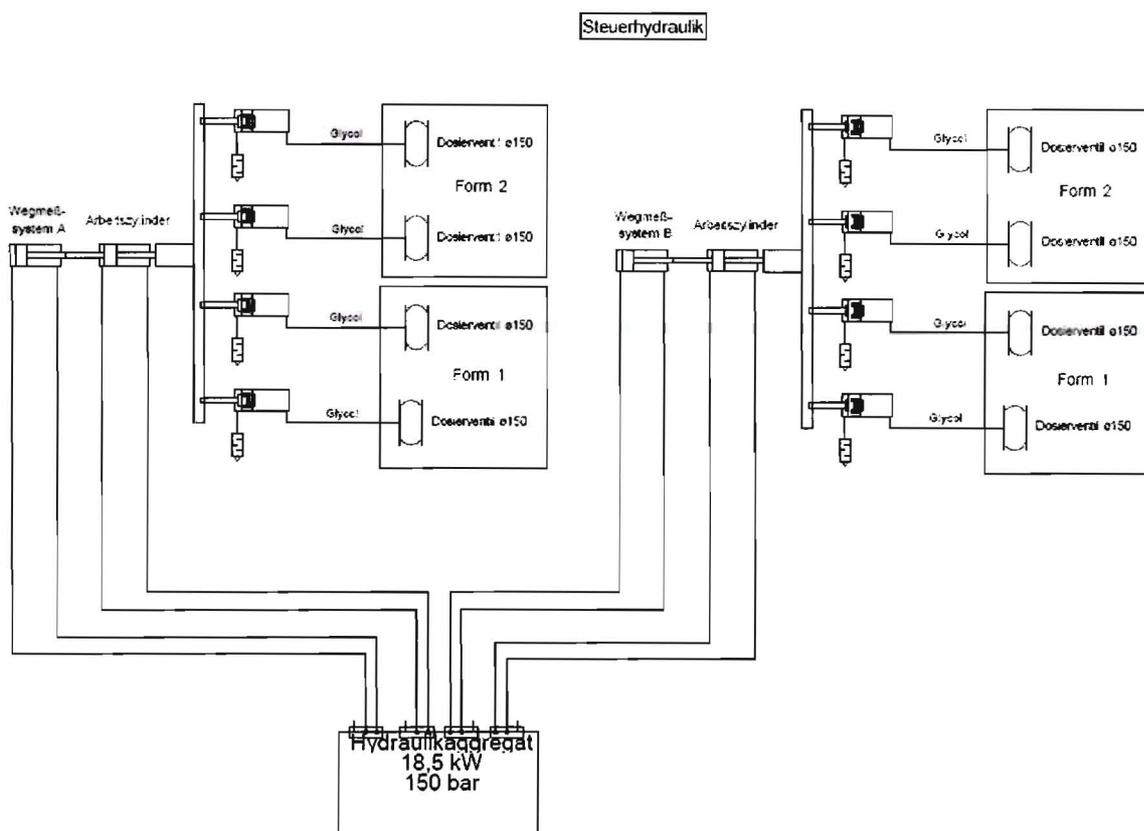


Abbildung 19: Steuerhydraulikplan

2.3.3.5 Leistungshydraulik

Die Leistungshydraulik ist für das Positionieren des Dosierbereichs zuständig, weiterhin wird hiermit die Drehscheibe in die jeweilige Position verschoben. Ein ganz wichtiger Punkt der Leistungshydraulik ist das Absenken des Dosierbereichs, um ein gründliches Säubern der Maschine nach Schichtwechsel zu ermöglichen.

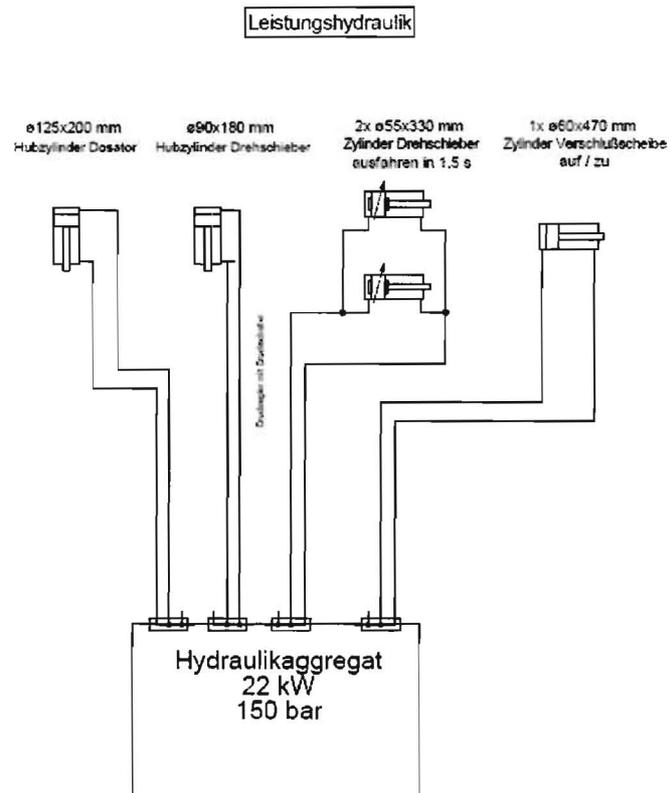


Abbildung 20: Leistungshydraulikplan

2.3.4. Diskussion der Ergebnisse

Die Versuche bzw. die Berechnung bezüglich der Dosiergenauigkeit des Dosators haben ergeben, dass durch die Verwendung dieser Maschine, sich eine sehr exakte Dosiergenauigkeit ergibt.

Dies bedeutet, dass die produzierten Betonplatten auf eine Dickentoleranz von 0,20mm gefertigt werden können. Diese genaue Fertigungstoleranz sowie die große Flexibilität der Maschine bringen für unsere Kunden der Betonverarbeitung einen enormen Vorteil mit sich.

Zum einen bedeutet dies einen sehr flexiblen Einsatzbereich der Maschine, d.h. Betonplatten unterschiedlicher Fertigungsgröße können an ein und derselben Maschine produziert werden ohne aufwändige und teure Umrüstzeiten. Ein weiterer mehr als positiver Vorteil ist die schnell und einfach bedienbare Steuerung bzw. Regelung der Maschine. Durch einfach verstellbare Parameter am Display der Regeleinheit kann jeder Arbeiter das Dosiervolumen millilitergenau variieren. Speziell bei der Umrüstung auf andere Betonplatten kann ohne großen unnötigen Materialverbrauch und somit Ressourcenverbrauch das neue Plattenvolumen für die neu zu fertigenden Platten eingestellt werden.

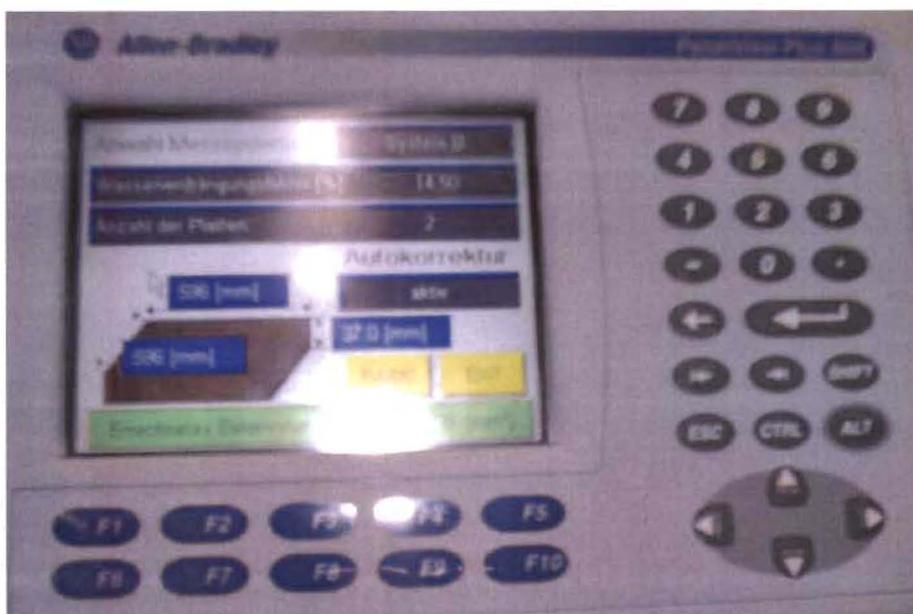


Abbildung 21: Display der Volumensteuerung

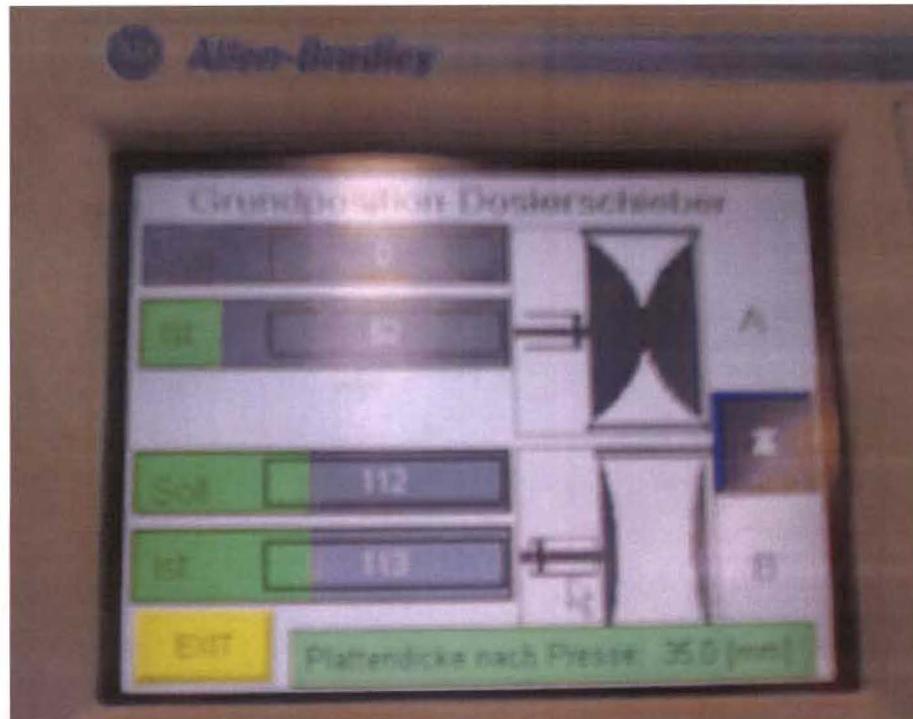


Abbildung 22: Display der Volumensteuerung

Jedoch der Hauptvorteil birgt sich darin, dass durch sehr exakte Dosiergenauigkeit und somit der exakten Fertigungstoleranz der komplette Schleifprozess stark reduziert werden kann. Unsere Kunden müssen die produzierten Betonprodukte keinem aufwändigen Schleifprozess unterziehen, da sie durch die genaue Fertigung voll in der Fertigungstoleranz liegen. Somit wird nur die exakte Menge an Betonmaterial verbraucht.

D.h., der Mehrmaterialeinsatz von 8 bis 12 Prozent, was nicht nur für Zement gilt, sondern auch für die Zusatzstoffe wie Sand, Kies, Splitt und natürlich auch den recyclingproblematischen chemischen Zusatzstoffen, kann vollkommen eliminiert werden. Zusätzlich bedeutet dies, dass der hohe Energieverbrauch für den aufwendigen Schleifprozess extrem reduziert wird.

Das neue Maschinensystem bringt nicht nur einen enormen wirtschaftlichen Vorteil mit sich, sondern vielmehr ist auf die umweltschonenden Aspekte wie oben genannt zu achten.

2.3.5. Ökologische Bewertung

Der Abschnitt untersucht den ökologischen Nutzen der Entwicklung im Gegensatz zur herkömmlichen Dosiermaschine.

Dazu wird speziell das Produktionsverfahren mit der herkömmlichen Dosiermaschine und das mit der umweltschonenden Dosiermaschine betrachtet.

In Abbildung 23 sind die Anschlusswerte für Strom und Wasser, der Flockungsmittelverbrauch und das entstehenden Abfallprodukt bei der Betonplattenproduktion mit dem herkömmlichen Dosator und daraus nachfolgenden Nassschleifenprozess aufgeführt. Insgesamt hat der Nassschleifprozess eine Leistungsaufnahme von 595 KW, einen Wasserverbrauch von 6 m³/h und einen Flockungsmittelverbrauch von 80 g/h. Als Abfallprodukt entsteht 2.471 kg Filterkuchen pro Stunde

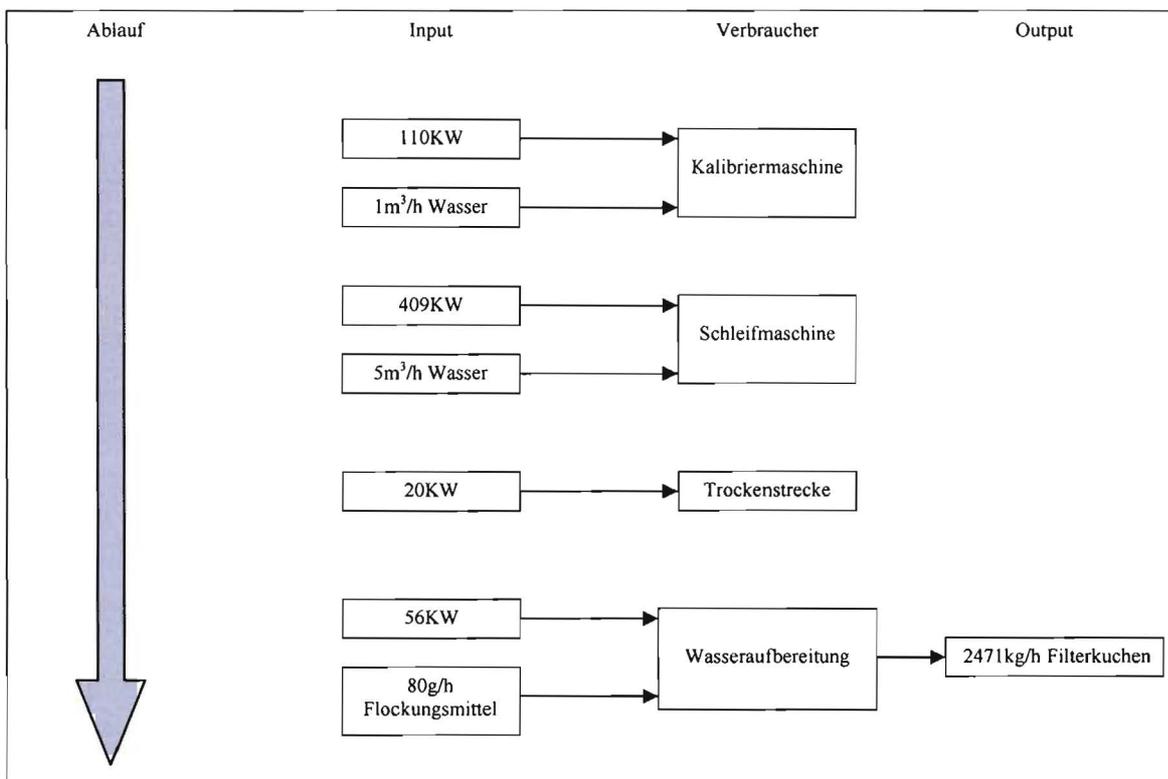


Abbildung 23: In- und Output Nassschleifen mit herkömmlicher Dosiereinheit

Durch den Einsatz der neuen flexiblen und innovativen Dosiermaschine wird dieser unnötige Energie- und Ressourcenverbrauch von Wasser und Betonmaterial stark reduziert.

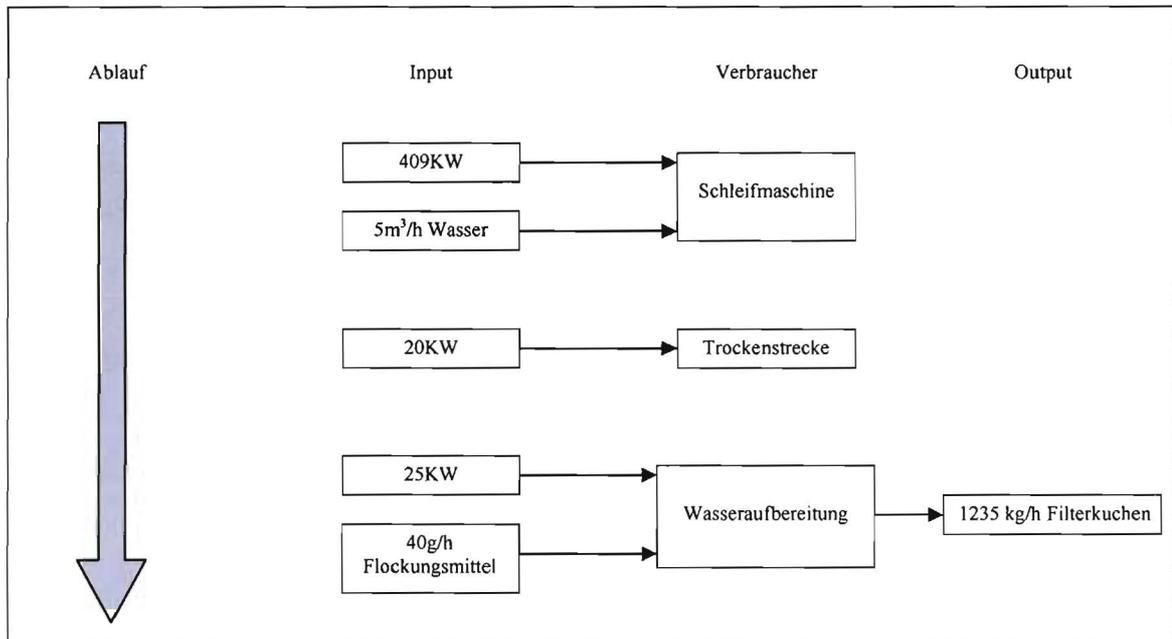


Abbildung 24: In- und Output Nassschleifen mit neuer Dosiereinheit

D.h., der Energieaufwand wird von 595 kW auf 454 kW reduziert, sowie der Wasserverbrauch von 6 m³/h auf 5 m³/h und Flockungsmittelverbrauch von 80 g/h auf 40 g/h reduziert. Des Weiteren halbiert sich der Filterkuchen von 2471 kg/h auf 1235 kg/h.

2.3.6. Ökonomische Bewertung

Bei der ökonomischen Betrachtung werden die fixen und die variablen Kosten betrachtet.

Um eine einheitliche Basis zu schaffen wird eine Dosiermaschine betrachtet, die zwei Betonplatten mit der Größe 596mm x 596mm x 35mm pro Takt produziert. Die Dosiermaschine benötigt 10 Sekunden pro Takt; damit ergeben sich pro 8 Stunden Schicht 5670 produzierte Betonplatten.

Als erstes werden die Fixkostensparnisse d.h. die Maschinensparnisse betrachtet.

Hierbei geht man davon aus, dass die jeweiligen Maschinen etwa 10 Jahre, mit etwa 250 Arbeitstagen durchschnittlich in Betrieb sind.

Somit ergibt sich pro Schicht eine Fixkostensparnis von 88 €

	Maschinenkosten	Kostensparnis pro Schicht
keine Kalibriermaschinen	120.000 €	48 €
keine Wendeeinheit / Dreheinheit	50.000 €	20 €
geringere Filterpresse	100.000 €	40 €
Fixkostensparnisse gesamt	280.000 €	88 €

Tabelle 8: Fixkostensparnisse

Als zweites werden die variablen Kostenersparnisse betrachtet; hierfür werde die Werkzeugkostenersparnisse, Materialersparnisse, sowie folglich die daraus entstehenden geringeren Kosten für Schleifschlamm Entsorgung, Wasserverbrauch und Stromverbrauch herangezogen.

Somit ergibt sich pro Schicht eine Kostenersparnis von 1.941 €.

		Kostenersparnisse pro Schicht
geringer Werkzeugkosten (Fräsdiamanten)		287 €
Fräsdiamantkosten	5.600 €	
Materialersparnis		1.208 €
Materialkosten	200 € / m ³	
weniger Schleifschlamm		260 €
Schleifschlamm Entsorgungskosten	30 € / m ³	
Wassersersparnis		10 €
Wasserkosten	1,25 € / m ³	
Stromersparnis		176 €
Stromkosten	0,20 € / kWh	
Kostenersparnisse gesamt		1.941 €

Tabelle 9: Variable Kostenersparnisse

Als Gesamtkostenersparnis ergibt sich beim Einsatz der neuen Dosiereinheit ein beträchtlicher Betrag von 2.029 € pro Schicht.

Diese neue Dosiereinheit 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 neue Dosiereinheit 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 war es möglich, die generelle Funktionsweise der neuen, sehr genauen Dosiermaschine zu bestätigen. Um jedoch genauere Messergebnisse zu erhalten, wurde ein Versuch unter realen Produktionsbedingungen durchgeführt. Dadurch konnte besonders die Flexibilität der Maschine sowie das Verschleißverhalten der kompletten Maschine getestet werden.

Der Anwendungsbereich dieser neu entwickelten Dosiermaschine liegt in der gesamten Beton verarbeitenden Industrie. Besonders aber in der Branche, die sich auf die Herstellung von Betonplatten spezialisiert hat.

Nicht nur Betonplatten für den Außenbereich, auch hochwertigere Produkte für Innenbereiche oder Betonplatten mit Natursteincharakter, können mit dieser Maschine gefertigt werden. Das bedeutet, dass unsere Neuentwicklung weltweit auf Interesse bei unseren Kunden stoßen wird und somit sich auch langfristig als neue, flexible und vor allem umweltschonenden Maschine in der Betonindustrie etablieren wird.

3. Fazit

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

Bisher erfolgt die Produktion von Betonwaren, speziell von Betonplatten mit einer herkömmlichen Dosieranlage, bei der das Dosiervolumen zwischen 8 bis 12 Prozent schwankt. Durch die starke Dosierschwankung müssen alle Betonplatten einem Schleifend- Prozess unterzogen werden; dieser basiert meist auf der Nassbasis.

Das anfallende Abfallprodukt beim Schleifprozess, der unnötige Verbrauch von Ressourcen wie Zement, Steinbruch-Material, Zusatzstoffen und Chemikalien (Materialmehreinsatz zwischen 8 und 12 Prozent), der hohe Wasserverbrauch und die Leistungsaufnahme der Wasseraufbereitung für den Schleifprozess zählen zu den ökologischen Nachteilen. Die über 2.300 to anfallenden Filterkuchen pro Dosieranlage im Jahr, müssen in der Regel wegen der Umweltgefährdeten Stoffen und Chemikalien auf Deponien entsorgt werden. Zusätzlich kommt das darin enthaltene verbrauchte Wasser von ca. 2.000 m³ hinzu.

Bei der neu entwickelten Dosieranlage kann der Materialmehreinsatz vollkommen eliminiert werden. Alle weiteren umweltproblematischen Nachteile wie schleifende Bearbeitung, Entsorgung des Filterkuchens und Wassermehreinsatz werden sehr stark reduziert.

Es entstehen dadurch ökologische als auch ökonomische Vorteile für unsere Kunden der Betonbranche.

Aus diesen Gründen wird diese Neuentwicklung in der gesamten Betonbranche auf Zuspruch treffen und sich nach und nach in den meisten Betonproduktionsstätten etablieren.

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
- [Dil 05] Dillmann, O.-O.:**
Die Welt der Gesteine, Geowissenschaftlicher Dienst Dr. Olaf Otto
Dillmann, <http://www.geodienst.de>, 06.06.2005
- [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
- [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
- [VDZ 00] Verein Deutscher Zementwerke e.V.:**
Zement-Taschenbuch 2000, Verlag Bau + Technik GmbH, Düsseldorf,
2000
- [END 150] END-Automation GmbH & Co. KG:**
Datenblatt Druckgesteuertes Schlauchquetschventil PN6; DN 150
- [TRY HD] Tyroller Hydraulik Herzberg GmbH:**
Datenblatt; Hydraulikzylinder

