

Praktische Erfahrungen beim Einsatz des Evactherm-Vakuummischers

VON BERTHOLD HOHL,
MARCUS MÜLLER, WERNER TILCH UND
CORNELIS GREFHORST

Ausgehend von einer Pilotanlage Anfang der neunziger Jahre in Frankreich über die weltweit erste Produktionsanlage in Japan bei Mazda Motors gelang 1996 der große Durchbruch in Japan und Europa. Mittlerweile sind mehr als 30 Evactherm-Anlagen in Betrieb oder im Bau, darunter auch 8 Anlagen in Deutschland.

Nunmehr wurden die Auswirkungen des neuen Verfahrens auf Qualität und Wirtschaftlichkeit der Sandaufbereitung anhand von Formsandproben der Gießereien DaimlerChrysler, Buderus, Düker und Silbitz untersucht. Die Auswertung erfolgte im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Gießern, Anlagenhersteller und Rohstofflieferant und unter wissenschaftlicher Begleitung durch das Gießereinstitut der TU Bergakademie Freiberg.

Die Aufbereitung bentonitgebundener Umlaufformstoffe

Formstoffkühlung. Die zunehmende thermische Belastung der bentonitgebundenen Umlaufformstoffe hat zur Erhöhung der Altsandtemperaturen geführt, die sich negativ auf die Eigenschaften des frisch aufbereiteten Formstoffes auswirken und eine Reihe von Gussfehlern hervorrufen können. Die Kühlung des Altsandes auf Temperaturen < 40 °C ist daher eine unabdingbare Voraussetzung zur Erzielung optimaler Formstoffeigenschaften und fehlerfreier Gussteile.

Entwicklung der Formstoffeigenschaften

Die Herstellung einer formfähigen Mischung beschränkt sich bei den tongebundenen Formstoffen nicht allein auf die Homogenisierung der Komponenten Altformstoff, Neusand, Bindeton, Zusätze und Wasser. Um einen verarbeitungsgerechten Formstoff zu erhalten, sind vielmehr auch das Aufschließen und die Dispergierung des Bindetons, die Umhüllung der Quarzkörner mit dem Bindeton und die Auflockerung des Formstoffes notwendig.

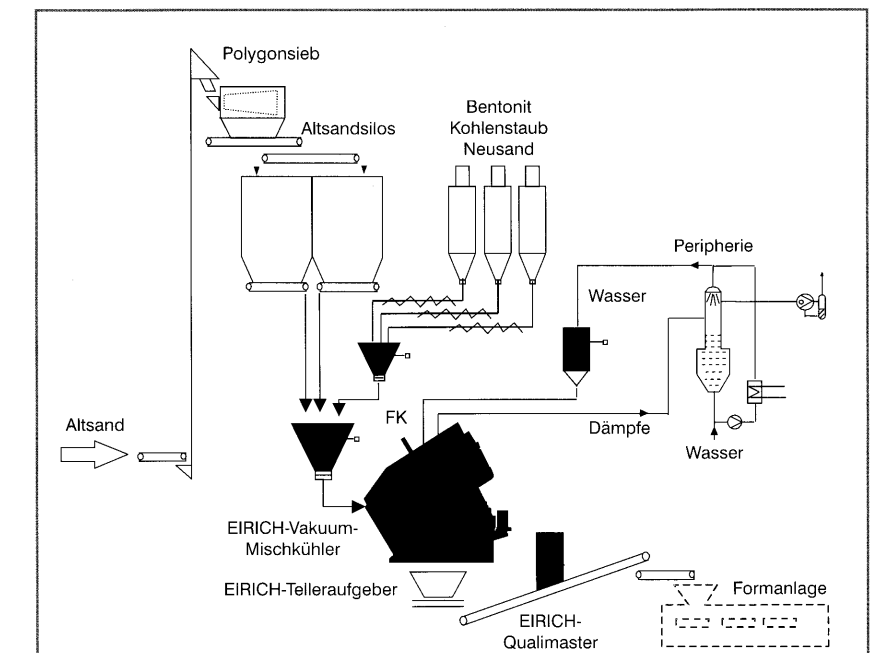


Bild 1: Komplette Evactherm-Anlage

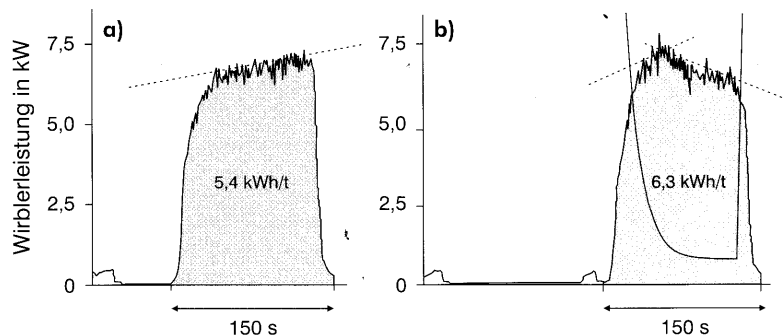


Bild 2: Mischenergie: a) bei konventioneller Aufbereitung; b) bei Evactherm-Aufbereitung

Bentonite sind nur bei Anwesenheit von Wasser aufschließbar und entwickeln auch erst im Zusammenwirken mit dem Wasser ihre Bindefähigkeit.

Die technologischen Eigenschaften bentonitgebundener Formstoffe werden ent-

scheidend vom Aufschließverhalten und von der Dispergierung beeinflusst, die in enger Wechselbeziehung stehen. Erst dadurch wird eine gute Ausbildung der Binderhülle auf den Quarzkörnern erreicht und ein hoher Aufbereitungsgrad gesichert.

Definition des Aufbereitungsgrades. Die Umlaufformstoffe (besonders der Bentonit) haben in ihrer „Lebensgeschichte“ mehrere Aufbereitungszyklen (Wasserzugabe – Quellen – Aufschließen – Dispergieren – Umhüllen) durchlaufen. Die erreichten Formstoffeigenschaften sind die Summe daraus. Der Aufbereitungsgrad kann zum Vergleich der Wirksamkeit verschiedener Maschinen bzw. Aufbereitungsverfahren verwendet werden.

Er lässt sich wie folgt ermitteln:

$$\eta_A = \sigma_{dBw} / \sigma_{dBp} \times 100 \text{ in } \%$$

mit

- η_A = Aufbereitungsgrad
- σ_{dBw} = wirksame Grundruckfestigkeit (gemessen)
- σ_{dBp} = potentielle, maximale Grundruckfestigkeit

Beschreibung der Evactherm-Anlage

Durch das Evactherm-Verfahren kann eine ganze Reihe von Verfahrensschritten in einer einzigen Maschine, dem „Vakuumkühlmischer“, kombiniert werden, was die Anlagenkonfiguration im Vergleich zur konventionellen Luftkühlung entscheidend vereinfacht. Folgende wesentlichen Unterschiede werden beobachtet (**Bild 1**):

- > Der konventionelle Luftkühler mitsamt der Peripherie entfällt.
- > Beim Bau einer Turmanlage verringert sich die Anzahl der erforderlichen Becherwerke.
- > Vorratsbehälter und Dosiergeräte für Wasser und ggf. Bentonit am Luftkühler entfallen.
- > Sämtliche lufttechnischen Einrichtungen für den Luftkühler werden nicht mehr gebraucht, insbesondere sind dies: Gebläse, Zyklon, Einrichtungen zur Reduzierung von Kondensation und Anbackungen sowie Staubrückführung.
- > Größe und Energieverbrauch des zentralen Entstaubungsfilters können bis zu 50 % reduziert werden.
- > Ein geringerer Abluftvolumenstrom bedeutet entsprechend geringere Kosten für die Entsorgung des Filterstaubes und weniger Verlust an wertvollen Feinstoffen.
- > Die Kosten für Stahlbau und Fundamente können bis zu 35 % und die erforderliche Grundfläche kann bis zu 40 % reduziert werden.

Beim Evactherm-Verfahren werden diese Maschinen und Geräte durch ein Vakuummisch- und -kühlsystem ersetzt, das aus folgenden wesentlichen Teilen besteht und nach außen hermetisch dicht abgeschlossen ist (**Bild 1**):

- > Mischkühler (erfordert nicht mehr Platz als Mischer in konventionellen Anlagen mit Luftkühlung),
- > Kondensator (etwas kleiner als ein Zyklon in luftgekühlten Anlagen),

- > Wärmetauscher,
- > Vakuumpumpenstand (ca. 2 m x 3,5 m x 2,5 m) und
- > Kühlturm (wenn kein Kühlwasser für den Wärmetauscher vorhanden ist).

Funktion der Vakuumkühlung. Bei Umgebungsluftbedingungen beginnt Wasser bei ca. 100 °C zu sieden. Wird der Druck auf etwas unter 0,1 bar gesenkt, so beginnt das Sieden bereits bei 40 °C. In der Praxis findet die Vakuumkühlung gleichzeitig während des Mischvorganges statt. Durch Druckabsenkung im hermetisch dicht abgeschlossenen Kühlmischer setzt eine kontrollierte Verdampfung des im Formstoff enthaltenen Wassers ein, welche den Kühleffekt nach sich zieht – der Mechanismus ist übrigens derselbe wie bei der konventionellen Luftkühlung, nur wird er mit anderen Mitteln erreicht und dadurch wesentlich effektiver und präziser. Die Formstofftemperatur kann auf diese Weise allein über den Druck im Mischer sehr genau geregelt werden. Dem Mischkühler wird zu Chargenbeginn zwei Mal Wasser zugegeben, in der Praxis zwei Mal etwa gleich viel:

- > zum einen das Wasser, das benötigt wird, um den Formstoff auf die gewünschte Endfeuchte zu bringen; dieses Wasser bleibt definitiv im Sand;
- > zum anderen das Wasser, das zusätzlich für den Verdampfungsvorgang benötigt wird, um den Formstoff auf die gewünschte Endtemperatur zu kühlen. Dieses Wasser wird danach rückkondensiert und wieder verwendet. Dabei handelt es sich übrigens um genau dieselbe Wassermasse, wie sie auch ein konventioneller Kühler verbraucht, nur mit dem Unterschied, dass es sich hier um Kreislaufwasser handelt und dass Luft als Transportmedium nicht erforderlich ist.

Zu Beginn eines Misch-/Kühlzyklus trägt die Feuchte, bedingt durch die beiden zusammen eingesetzten Wassermassen, ca. 5,5 %. Dadurch ergeben sich optimale Aufbereitungsbedingungen und eine Mischenergiekurve, welche sich deutlich von der konventionellen Fahrweise unterscheidet (**Bild 2**).

Betriebsuntersuchungen

Vergleichsversuche an Betriebssanden. Ziel dieser Untersuchungen war, die erreichbaren Formeigenschaften verschiedener Betriebssande durch Laborversuche nach unterschiedlichen Aufbereitungsverfahren zu ermitteln:

Untersucht wurden Betriebssande in vier deutschen Gießereien mit sehr unterschiedlichem Gussprogramm, welche alle über mehrjährige Erfahrungen mit Evactherm-Anlagen verfügen.

Die Ergebnisse hinsichtlich Grundruckfestigkeit, Nasszugfestigkeit und Gasdurchlässigkeit zeigt **Bild 3**:

- > Die Grundruckfestigkeit erhöht sich um durchschnittlich 13 %.

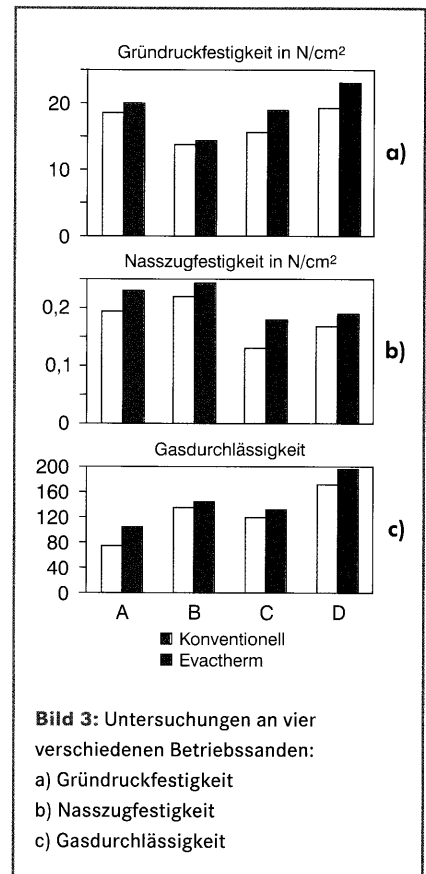


Bild 3: Untersuchungen an vier verschiedenen Betriebssanden:
a) Grundruckfestigkeit
b) Nasszugfestigkeit
c) Gasdurchlässigkeit

- > Die Nasszugfestigkeit steigt um durchschnittlich 19 %.
- > Die Gasdurchlässigkeit steigt durchschnittlich um 18 %.
- > Eine nachträgliche Maukzeit erhöht die Festigkeitseigenschaften bei konventioneller Aufbereitung; bei der Evactherm-Aufbereitung bleiben sie konstant.

Wie lassen sich diese verbesserten Formstoffeigenschaften begründen und wie ist das „spontane Mauken“ unter Vakuum erklärbar?

Die erhöhten Festigkeitswerte von unter Vakuum gemischtem und gekühltem Fertigsand sind auf die erheblich höheren Dampfolumina zurückzuführen, die bei der Vakuumkühlung im Gegensatz zur Luftkühlung erzeugt werden.

Beim konventionellen Luftkühler ist die Vorbefeuchtung auf 2,0 bis 2,2 % begrenzt und die erforderliche Maukzeit in den Altsandsilos beträgt mindestens zwei bis drei Stunden, die jedoch in Anlagen mit hohem Sanddurchsatz oft nicht erreicht wird.

Dagegen arbeitet man während des Vakuummischvorgangs mit einer anfänglichen Sandfeuchte von mindestens 5,5 %. Durch die Verdampfung dieses Wassers bei im Vergleich zur Luftkühlung deutlich niedrigerem Druck entsteht ein mehrfach größeres Dampfolumen. Bei einem Altsand, der von 80 °C auf 40 °C gekühlt wurde, beträgt das spezifische Dampfolumen bei Luftkühlung ca. 32 m³/t, bei der Vakuumtechnologie jedoch 175 m³/t. Außerdem läuft dieser Vorgang praktisch unter Luftausschluss ab. Die-

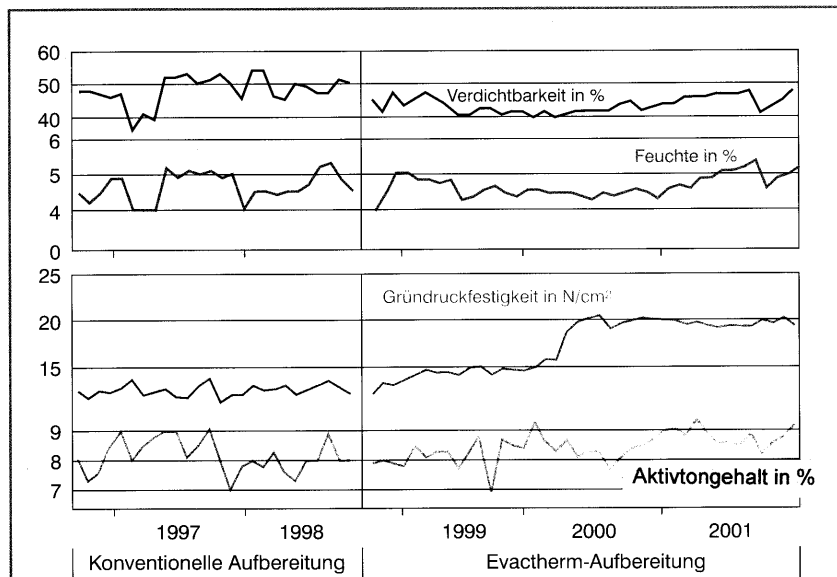


Bild 4: Formstoffkennwerte beider Aufbereitungssysteme (Sept. 1996 bis Jan. 2002)

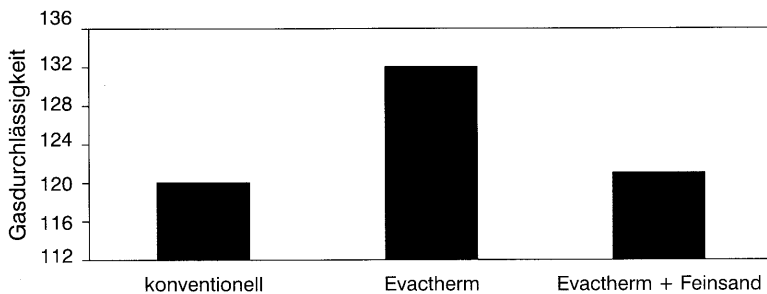


Bild 5: Entwicklung der Gasdurchlässigkeit

ser verfahrenstechnische Unterschied lässt die Schlussfolgerung zu, dass sich beim konventionell aufbereiteten Formstoff relativ hohe Wassergehalte in der äußeren Bentonitschicht befinden, während bei der Vakuumaufbereitung das Wasser gleichmäßig bis in die tieferen Schichten eindringt.

Ergebnisse von vergleichenden Langzeituntersuchungen (Gießerei D).

In einer Eisengießerei mit stark schwankendem Produktionssortiment wurde der Umlaufformstoff zunächst mit Hilfe eines konventionellen Intensivmischers (EIRICH RV 19) aufbereitet. Die Formstoffeigenschaften unterlagen starken Schwankungen; wegen fehlender Sandkühlung traten Altsandtemperaturen zwischen 70 und 90 °C auf. Als zudem eine größere Mischerleistung erforderlich wurde, entschloss sich die Gießerei zur Installation einer neuen Formsandaufbereitung mit einem Evactherm-Vakuummischer (RV 23 Vac).

In Bild 4 ist die Entwicklung ausgewählter Formstoffeigenschaften nach Inbetriebnahme des neuen Evactherm-Vakuummischers (1999) im Vergleich zum früheren Zeitraum

dargestellt. Es zeigen sich

- > eine deutliche Vergleichmäßigung der Formstoffeigenschaften,
- > eine deutliche Erhöhung der Gründruckfestigkeit von durchschnittlich 13 N/cm² auf 18 N/cm² bei gleichem Aktivtongehalt von durchschnittlich 8,5 % aufgrund der intensiveren Aufbereitung im Vakuummischer.

Einfluss auf die Gussstückoberfläche (Gießerei C).

Mit der Vakuumaufbereitung wird bei sonst gleicher Zusammensetzung des Formstoffes eine höhere Gasdurchlässigkeit erreicht (Bild 3c). Dies kann auf die glattere Ausbildung (Gestalt/Oberfläche) der Bentonithüllen zurückgeführt werden, denn dadurch verringert sich der Strömungswiderstand in den Porenräumen des Formstoffes. Eine Verschlechterung der Oberflächengüte tritt nicht auf, da sich der Porenraum (Porenvolumen) in seiner Größe nicht verändert. Es wurde nach Umstellung auf Evactherm sogar mehrfach eine Verringerung des Putzaufwandes beobachtet.

Wegen der erhöhten Gasdurchlässigkeit kann mit feineren Sanden gearbeitet werden, was zu einer Verbesserung der Oberflächengüte

führt, ohne dass eine Gefahr zur Gasblasenbildung auftritt (Bild 5).

Aufbereitungsgrad bei variablen Verfahrensparametern (Gießerei B).

Unter Verwendung eines betrieblichen Umlaufformstoffes wurde der Einfluss einer variablen Mischtechnologie auf das erreichte Eigenschaftspotenzial ermittelt. Durch kumulatives Nachaufbereiten des Formstoffes wurden die potentiellen Formstoffeigenschaften bestimmt und daraus entsprechend Abschnitt „Definition des Aufbereitungsgrades“ der Aufbereitungsgrad nach verschiedenen Mischverfahren errechnet.

Dabei wurden die Einflussgrößen bewusst in einem sehr weiten Bereich variiert (siehe Tabelle 1). Die Ergebnisse aus Tabelle 1 lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- > Die Vakuumaufbereitung (VAC 1) erreicht wesentlich höhere Aufbereitungsgrade als das konventionelle Verfahren (KON 2). Dies gilt im besonderen Maße für die Kennwerte Nasszugfestigkeit und Gasdurchlässigkeit.
- > Eine Verlängerung der Vakuumkühlzeit (VAC 11) und ein zusätzliches Nassmischen vor dem Kühlen (VAC 5) bzw. nach der Vakuumkühlung (VAC 14) erhöhen den Aufbereitungsgrad. Dies ist auf den höheren Energieeintrag zurückzuführen. Dies verlängert jedoch die Zykluszeit und verringert damit die Mischerleistung.
- > Eine – in der betrieblichen Praxis allerdings unübliche – Erhöhung der Trockenmischzeit (VAC 12) führt zur Verringerung des Aufbereitungsgrades.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Standardmischzeit aus VAC 1 zu günstigen Aufbereitungsgraden bei gleichzeitig hoher Durchsatzleistung des Mischers führt. Werden höhere Formstoffeigenschaften angestrebt, kann dies durch eine Verlängerung der Vakuumkühlzeit oder durch Nassmischen vor dem Kühlen erreicht werden.

Zusammenfassung

- > Bei der Vakuumkühlung wird zu Beginn des Aufbereitungsprozesses mit Wasserüberschuss gearbeitet. Dadurch ergibt sich eine optimale Arbeitsweise von „überfeuchtet“ zu Beginn bis zu „relativ trocken“ am Ende des Mischzyklus, d. h., es ergeben sich anfänglich außerordentlich gute Dispergierbedingungen und schließlich eine hohe Fließfähigkeit und günstige Verdichtbarkeit.
- > Das „Mauken“ ist in den Mischprozess integriert. Zusätzlicher anlagentechnischer Aufwand sowie Maukzeit entfallen.
- > Der hermetisch abgeschlossene Mischraum und das geringe Abluftvolumen verringern den Wertstoffaustrag erheblich. Die Wertstoffe verbleiben im Formstoff und müssen nicht aufwändig abgeschieden und wieder zugeführt werden.
- > Auch bei starken Schwankungen von Altsandtemperatur und -feuchte sowie Umge-

bungsbedingungen wird eine hohe Konstanz des Umlaufformstoffes erreicht, z. B. Verdichtbarkeitsschwankungen im Bereich von nur 2 Prozentpunkten. Diese Gleichmäßigkeit

der Kennwerte garantiert konstante Verarbeitungseigenschaften.

> Der Umlaufformstoff wird mit dem Wasser des eigenen Kondensatkreislaufes befeuchtet,

sodass wesentlich weniger Salze in den Formstoff eingetragen werden – keine Gefahr von Desaktivierung. Die Nasszugfestigkeit steigt, ohne dass sich Bindertyp und Verbrauch ändern.

> Die günstigen Aufbereitungsbedingungen (hohe Anfangsfeuchte, große Dampfvolumina, keine Wertstoffverluste) führen zu signifikant höheren Formstofffestigkeiten.

> Das wirtschaftliche Potential des Verfahrens ist erheblich, da den aufgeführten Vorteilen nur relativ geringe Mehrkosten auf der Investitionsseite gegenüberstehen. Eine problemlos zu erreichende Verminderung des Ausschusses um 0,2 Prozentpunkte gleicht den Mehraufwand bereits sicher aus. Was darüber hinausgeht, sind zusätzliche Einsparungen.

Die Vakuumaufbereitung von Gießereiumlaufstoffen ist eine zukunftssträchtige innovative Technologie. Neben anlagentechnischen Vorteilen ist vor allem die gute und gleichmäßige Formstoffqualität trotz schwankender Prozessparameter von entscheidender Bedeutung. Die reduzierte Staubmasse entlastet die Umwelt und verringert die notwendigen Rohstoffressourcen.

Dipl.-Ing. Berthold Hohl und Dipl.-Ing. Marcus Müller, Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH, Hardheim; Prof. Dr. Werner Tilch, TU Bergakademie Freiberg; Cornelis Grefhorst, IKO Minerals GmbH, Marl


Versuch	Einheit	VAC1	KON2	VAC5	VAC11	VAC12	VAC14
Mischer		R08VAC	R08W	R08VAC	R08VAC	R08VAC	R08VAC
Trockenmischen	s	16	16	16	16	136	16
Nassmischen	s	-	80	45	-	-	-
Vakuunkühlung	s	80	-	80	125	80	80
Nassmischen	s	-	-	-	-	-	45
Summe	s	96	96	141	141	216	141
$\eta_A - \sigma_{dB}$	%	89,6	83,1	99,6	100	88,4	95,3
$\eta_A - \sigma_{zB}$	%	90,1	58,8	94,9	100	84,5	93,0
$\eta_A - \sigma_{NB}$	%	85,7	51,6	100	84,2	80,2	79,3
$\eta_A - Gd$	%	87,7	70,3	100	89,0	95,5	87,1
η_A (Mw.)	%	88,3	65,9	98,6	93,3	87,2	88,7

σ_{dB} = Gründruckfestigkeit; σ_{zB} = Grünzugfestigkeit; σ_{NB} = Nasszugfestigkeit; Gd = Gasdurchlässigkeit

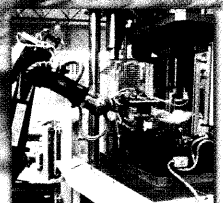
Tabelle 1. Aufbereitungsgrad η_A nach unterschiedlicher Mischtechnologie

REIS - HYDRAULISCHE ENTGRATPRESSEN

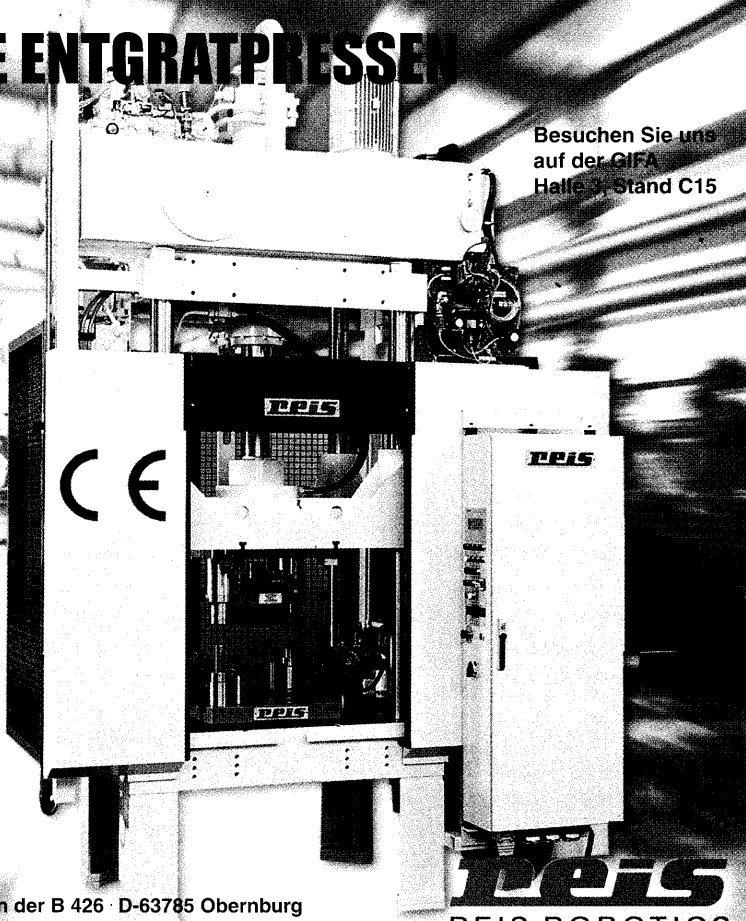
**Kostensparendes
Entgraten und Bearbeiten
in allen Ebenen - manuell
und automatisch**



Einfache Bedienung



**Automatisierte
Be- und Entladung**



**Besuchen Sie uns
auf der GIFA
Halle 21 Stand C15**

REIS ROBOTICS

Reis GmbH & Co. Maschinenfabrik · Industriegebiet an der B 426 · D-63785 Obernburg
 Tel: ++ 49 (0) 60 22-5 03-0 · Fax: ++ 49 (0) 60 22-5 03-10 · Internet: www.reisrobotics.de