



# Sandaufbereitung in einer Aluminium-Sandgießerei



UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM  
DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Vorhabenummer 20126  
UBA-FB AP 20126

## **Sandaufbereitung in einer Aluminium- Sandgießerei**

von

**Dr. Ludger Ohm**  
**Dr. Georg Dieckhues**  
Ohm&Häner Metallwerk GmbH & Co KG, Olpe

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

**UMWELTBUNDESAMT**

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter  
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4134.html>  
verfügbar.

Durchführung  
Des Vorhabens: Ohm&Häner Metallwerk GmbH & Co KG  
Im Grüntal 1  
D-57462 Olpe

Abschlussdatum: September 2008

Herausgeber: Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel.: 0340/2103-0  
Telefax: 0340/2103-0  
E-Mail: [info@umweltbundesamt.de](mailto:info@umweltbundesamt.de)  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>  
<http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>

Redaktion: Fachgebiet III 2.2, Ressourcenschonung, Stoffkreisläufe, Mineral- und  
Metallindustrie  
  
Fabian Jäger

Dessau-Roßlau, Juni 2011

## Berichts-Kennblatt:

Aktenzeichen: UBA	Vorhaben-Nr.: ZG II 4-42155 – 5/224
Titel des Vorhabens: <b>Sandaufbereitung in einer Aluminium-Sandgießerei</b> Förderkennzeichen: ZG II 4-42155 – 5/224	
Autoren: Dr.-Ing. Ludger Ohm Dr.-Ing. Georg Dieckhues	Vorhabensbeginn: 12.11.2007
	Vorhabensende: 30.09.2008
Fördernehmer/-in: Ohm&Häner Metallwerk GmbH & Co KG Im Grüntal1 D-57462 Olpe	Veröffentlichungsdatum: 27.5.2011
	Seitenzahl: 46
gefördert im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums	
Kurzfassung/Summary: siehe unten	
Schlagwörter: Sandaufbereitung, Aluminium-Sandguss, Bentonit, Cold-Box-Kernsand	
Anzahl der gelieferten Berichte: Papierform: 5 Elektronischer Datenträger: 1 CD	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet geplant auf der Homepage: <b>www.ohmundhaener.de</b>



## Kurzfassung

Ohm&Häner ist eine inhabergeführte mittelständische Aluminium-Sandgießerei für Kundenguss mit 400 Mitarbeitern und einem Jahresvolumen von 4.500 t Aluminiumguss. Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde der Neubau einer Sandaufbereitungsanlage für bentonitgebundenen Gießereiformstoff aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Natur und Reaktorsicherheit gefördert.

Im Sandgussprozess mit bentonitgebundenen Formstoffen werden verfahrensbedingt relativ große Mengen an Verunreinigungen in den Formstoff eingetragen, die in den Aufbereitungsprozessen häufig nur unzureichend wieder entfernt werden können. Durch die Anreicherung von Fremdstoffen kommt es zu einer Notwendigkeit große Mengen an Formstoff zu entsorgen und durch frisches Material zu ersetzen. Dadurch kommt es zu einer erheblichen Ressourcenbelastung und negative Umweltauswirkungen durch erforderliche Transporte.

Der neu errichteten Formstoffaufbereitungsanlage liegt ein Konzept zugrunde, mit dem sich durch eine vollständige Trennung von Formstoff und angereicherten Fremdstoffen verschiedene Umweltvorteile realisieren lassen:

- Minderung der zu entsorgenden Misch-Altsandmenge (Reduzierung von Deponieaufwendungen)
- Reduzierung des Neusandeinsatzes (Schonung von Rohstoffressourcen)
- Entsprechende Verringerung von Transportaufwendungen und damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen

Neben den Umweltvorteilen lassen sich für das Unternehmen deutliche wirtschaftliche Vorteile aus der neu konzipierten Anlage ableiten:

- Deutliche Reduzierung von prozessbedingten Materialkosten
- Verbesserung der Gussteilqualität
- Ausschussreduzierung und damit verbundene verbesserte Produktivität

Das Neubauprojekt „Sandaufbereitung“ wurde zwischen Oktober 2007 und September 2008 baulich realisiert. Die Anlage wurde ab September 2008 in Betrieb genommen und im Juni 2009 endgültig für die Fertigung abgenommen. Das Projekt umfasste ein gesamtes Investitionsvolumen von 4,44 Mio €.

Hinsichtlich der relevanten Kenngrößen, die basierend auf den bestehenden Verhältnissen in der existierenden Gießerei von Ohm&Häner in Olpe in der Antragsphase ermittelt wurden, konnten im Untersuchungszeitraum zwischen Oktober 2008 und März 2011 im Anlagenbetrieb erhebliche Potenziale aufgezeigt werden, die die ursprünglich gesetzten Ziele zum Teil deutlich übertreffen:

<b>Kenngröße</b>	<b>Zielstellung</b>	<b>Potenzial</b>
Reduzierung der Deponiemenge	ca. 9.000 t/a	12.650 t/a
Reduzierung Neusandeinsatz	ca. 9.000 t/a	13.800 t/a
Einsparung von Bentonit (Formstoffbindekomponente)	ca. 100 t/a	92 t/a
Reduzierung CO <sub>2</sub> -Emissionen durch Transporte	100 t/a	140 t/a
Kosteneinsparung / Jahr	ca. 0,5 Mio €	ca. 1,18 Mio €

Neben den antragsrelevanten Kenngrößen hinsichtlich einer Ressourceneffizienz konnten auch wesentliche technologische Vorteile ermittelt werden, die im Gießereialltag von großer Bedeutung sind in Bezug auf die Bauteilqualität:

- deutliche Reduzierung von Bindertongehalten und Wassergehalt im Formstoff
- sehr feinkörnige Formstoffzusammensetzung zur Erzielung glatter Oberflächen
- Reduzierung von Oberflächenfehlern aufgrund von Verunreinigungen im Formstoff

Die neu errichtete Anlage besitzt Modellcharakter aufgrund zahlreicher Innovationen, die anlagentechnisch und konzeptionell realisiert wurden.

## Summary

Ohm&Häner is a family owned business for aluminum sand casting operating as a jobbing foundry with a total production of 4.500 tons of aluminum castings. Subject of this program is the projection and installation of a fully new sand reclamation system for clay bonded molding sand. The program was supported with funds from the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.

Process related factors are causing an accumulation of impurities in the molding material in sand casting. In standard sand reclamation systems these impurities (core sand, insulating material, metal scrap) cannot sufficiently be cleaned out of the molding material. Significant agglomeration of impurities is causing the necessity to dispose comparatively high amounts of molding material and refresh the system with new silica sand and clay binder. This has a big impact on resourcing and environment due to necessary transporting efforts.

The new sand reclamation system and Ohm & Haener is based on a concept realizing a complete separation of all accumulated impurities from the molding material to gain the following advantages for the environment:

- Reduction of mixed sand deposit (protection of waste site resources)
- Reduction of raw material consumption (protection of resources for silica sand and bonding clay)
- Significant reduction of heavy transport efforts and the related carbon dioxide emissions

Additionally the operation of the new system adds significant economical advantages for Ohm&Häner:

- High reduction of process related material costs
- Improvement of the overall casting quality
- Scrap reduction and enhanced productivity

The new installation of the sand reclamation was realized between October 2007 and September 2008. After start of operation in fall 2008 the system was launched an optimized until final approval in June 2009. The total investment was 4,44 million euros.

The relevant basic data for the central goals of the program were discharged from the exiting production of Ohm&Haener in Olpe. The potentials of the system were analyzed during operation of the sand reclamation system between October 2008 and March 2011. As a result the projected goals could mainly be achieved and in most cases even exceeded

<b>Parameter</b>	<b>Goal</b>	<b>Potential</b>
Reduction of mixed sand deposit	ca. 9.000 t/a	12.650 t/a
Reduction of raw material consumption: silica sand	ca. 9.000 t/a	13.800 t/a
Reduction of raw material consumption: bonding clay	ca. 100 t/a	92 t/a
Reduction of carbon oxide emissions due to transportation	100 t/a	140 t/a
Cost reduction / year	ca. 0,5 Mio €	ca. 1,18 Mio €

Besides the parameters relevant in the funded program regarding resource efficiency improvement also technical advantages could be activated by means of the new sand reclamation system which are of great importance in the foundry production:

- Significant reduction of bonding clay and water in the molding material
- Fine-grained molding sand composition to achieve smooth surfaces in the castings
- Reduction of surface defects due to impurities accumulated in the molding material

The new facility is a showcase installation because of various innovations which were realized both technically and conceptual.

## 1. Einleitung

### 1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die Firma Ohm&Häner GmbH & Co. KG ist ein inhabergeführtes, mittelständisches Unternehmen und fertigt mit insgesamt 400 Mitarbeitern davon 37 Auszubildenden (Stand April 2011) einbaufertige Gussteile aus Norm- und Sonderlegierungen von 20 Gramm bis 1500 Kilogramm. Im Sand- und Kokillengießverfahren werden Bauteile im Spektrum von wenigen Gramm bis zu 1.500 kg in Aluminium und Kupfergusswerkstoffen hergestellt. Beliefert werden Unternehmen aller Branchen, vornehmlich aus dem Bereich Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau, der Elektro- und Medizintechnik sowie der Fahrzeug- und Automobilindustrie.

Von Prototypen und Einzelfertigung bis hin zu Mittel- und Großserien werden Einzelaufträge und Just-In-Time-Anlieferungen für die unterschiedlichsten Bedarfe abgewickelt. Ohm&Häner ist eine typische Kundengießerei, die mit hohem Dienstleistungsanteil ein sehr breites Kunden- und Branchenspektrum bedient. Eingeschlossen sind Engineeringleistungen, projektbezogene technische Beratung, CAD/CAM-Dienstleistungen, Bevorratung von Rohteilen, Bearbeitung, Beschichtung und Logistik, z.B. KanBan-Belieferung.

Im ALUMINIUM-Sandguss wird auf 2 hochmodernen und sehr flexiblen Formanlagen in Serien von kleiner 10 bis größer 100.000 Stück Losgröße kostengünstig produziert. Die Rüttel-Press-Formerei erfüllt kundenindividuelle Anforderungen und kann auch ausgefallene Sonderlegierungen verarbeiten sowie kleine Serien in KUPFER-Basislegierungen abdecken. Im ALUMINIUM-Kokillenguss steht ein junger Maschinenpark mit automatischem Ablauf und Roboterintegration bereit. Auf Maschinen mit unterschiedlichen Einsatzbereichen können Schwerkraft- und Kippgießprozesse mit flexiblen Aufspannungen und Formteilungen mit bis zu 10 Kernzügen realisiert werden. Wärmebehandlung, Putzerei, Richtbetrieb und diverse Rohteilprüfungen wie Röntgen-, Riss- und Dichtheitsprüfungen werden unter einem Dach mit eigenem Fachpersonal ausgeführt.

In den Jahren 2007 bis 2009 wurde im Rahmen eines Neubauprojektes eine neue Sandgießerei an einem neu entwickelten Standort errichtet. Die neue Fertigungsstätte wurde nach dem neuesten Stand der Technik geplant und gebaut. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand kann die neue Gießerei als eine der weltweit modernsten Kundengießerei für Aluminium-Sandguss angesehen werden. Hier werden bis Ende 2010 ca. 30 neue Arbeitsplätze entstehen. Im Endausbau der Anlage in Drolshagen (NRW) sind bis zu 100 Arbeitsplätze zu erwarten. Mit der Investition in eine automatisierte Aluminium-Sandgießerei und hochmoderne Sandaufbereitung hat Ohm&Häner seine Wettbewerbsfähigkeit am Standort Deutschland weiter gesichert.

## 1.2 Ausgangssituation

Die Produkte von Sandgiessereien sind hochkomplex. Im Sandgussverfahren produzierte Gussteile werden mit verlorenen Formen unter Einsatz einer großen Menge an kunstharzgebundenen Kernen hergestellt. Sehr anspruchsvolle Bauteile können vor allem in kleinen Serien (< 250 Bauteile/Fertigungslos) konkurrenzfähig am Standort Deutschland gefertigt werden.

Solch anspruchsvolle Sandguss-Rohlinge sind die Basis für innovative Bauteile. Sie sind aufgrund ihrer hohen Multi-Funktionalität, den vergleichsweise kostengünstigen kleinen Losgrößen in besonderem Maße geeignet, den schnellen Veränderungen am Markt mit immer kürzerer Produktlebensdauer und den damit verbundenen hohen Anforderungen an moderne Konstruktionen gerecht zu werden.

Unternehmen, die sich auf diese Anforderungen besonders einstellen, können am Hochlohnstandort Deutschland langfristig Arbeitsplätze sichern.

Alle weltweit angesiedelten Sandgiessereien verarbeiten und "verbrauchen" sehr große Mengen an Sanden (vornehmlich Quarzsand) und entsprechenden Bindemitteln (Bentonit). Auch die seit 1961 kontinuierlich produzierende Sandgiesserei der Fa. OHM&HÄNER am Stammsitz in Olpe arbeitet auf teilweise modernen Anlagen mit diesem Verfahren und stellt sich sehr erfolgreich dem Markt.

Genau wie weite Teile der produzierenden Sandgießereien verfügt auch Ohm&Häner im Stammwerk lediglich über zwar immer wieder renovierte, aber "alteingesessene" Fertigungsverfahren für die Aufbereitung des wiederverwendbaren Formstoffes, des so genannten „Grünsandes“.

Der "Grünsand" besteht aus einer Mischung von Quarzsand in einer definierten Kornfraktion, aufbereitetem Bindeton und Wasser. Bei den eingesetzten Feststoffen handelt es sich also ausschließlich um natürliche mineralische Komponenten, die unter Einsatz von mechanischer Energie in speziellen Mischaggregaten durch Beimengung von Wasser zu einem Gemisch aufbereitet werden. In speziellen Formanlagen wird der Grünsand zu einer verlorenen Form kontaktiert. Dafür stehen verschiedene mechanische Verdichtungsverfahren zur Verfügung. Die verlorenen Formen werden nach dem eigentlichen Abguss zerstört. Die Traube wird von dem Formstoff getrennt und dieser wird einem nachfolgenden Aufbereitungsverfahren zugeführt. Je nach Sorgfalt beim Trennen von Gussstück und Formsand verbleibt ein mehr oder weniger hoher Anteil an der Gusstraube haften. Nach eigenen Erfahrungen der Autoren ist es im Aluminium-Sandgussverfahren durch entsprechende technische Maßnahmen möglich, den Anteil an anhaftenden Formstoffresten auf ein Minimum von < 0,1 % zu senken. Damit wurde als Ausgangspunkt für das Projekt angenommen, dass der Altsand (=wiederverwendbarer Rücklaufsand) zu einem Anteil von 99,9 % wieder für den Prozess eingesetzt werden kann. Um eine solche hohe Recyclingquote erzielen zu können, sind bestimmte Randbedingungen und technische Voraussetzungen erforderlich, die weltweit bisher noch in keiner Anlage umgesetzt wurden.

Quarzsand als hauptsächlicher Rohstoff ist zwar noch in hohen Mengen vorhanden, es bestehen an den Hauptstandorten Genehmigungen für die Gewinnung in der Größenordnung von >100 Jahren, ohne dass die Lagerstätten damit erschöpft wären. Die Gewinnung im Tagebau, die erforderliche Hydroklassierung zur Erzeugung einer definierten Korngrößenzusammensetzung, sowie die nachfolgende Trocknung und Bereitstellung bedeutet einen hohen Verbrauch an Wasser und Energie. Allein für die Trocknung von 1 t klassierten Quarzsandes muss eine Energiemenge aufgewendet werden, die der Verbrennung von 10 l Heizöl entspricht [1]. Bis das Material in der Gießerei verbraucht werden kann, muss der klassierte Quarzsand in Silofahrzeugen auch noch zu den Abnehmern transportiert werden. Dabei liegen die Lagerstätten in der Regel relativ weit von den Gießereien entfernt (> 100 km). Dadurch entsteht zusätzlich ein erheblicher Aufwand an Logistik, Energiekosten und CO<sub>2</sub>-Bildung.

Neben seiner Verwendung im Grünsand wird der Quarzsand auch für die Herstellung von so genannten Kernen eingesetzt. Kerne im Gießprozess sind verlorene Formelemente, die Hohlkörper (Innenkonturen) formen bzw. Hinterschneidungen an Bauteilen darstellen. Für die Herstellung von Kernen werden chemische Bindungsverfahren eingesetzt. Dabei kommen sowohl anorganische (Wasserglas) als auch organische (Cold-Box-Polyurethan) Bindersysteme zum Einsatz.

Je nachdem, wie hoch der Anteil an verwendeten Kernen in den Sandformen ist, kommt es beim Ausformen zwangsläufig zu einer erheblichen Vermischung des Grünsandes mit Kernsandanteilen. Diese Kernsandanteile bringen chemische Verbindungen aus dem Kernsand-Bindesystemen in den Formstoff ein. Dadurch kann das empfindliche tongebundene Sandsystem in erheblichem Maße beeinträchtigt werden. Außerdem verbleiben neben dem fein zermahlten und organisch umhüllten Sand auch relativ harte, kleine Kernsandreste nach dem mechanischen Zerkleinern des Formstoffes im Altsand. Diese wirken sich auf die Qualität des aufbereiteten Fertigsandes sehr negativ aus, da der tongebundene Sand auf diesen "Knoten" aufbaut und relativ grobe Knollen bildet, die im nachfolgenden Formprozess zu erheblichen Störungen führen können. Daher ist die nachträgliche Trennung von Grünsand und Kernsandresten, d.h. die möglichst gründliche Reinigung und Abscheidung der organisch gebundenen Knöllchen aus dem Altsand äußerst wichtig. Bis zum Zeitpunkt der Antragstellung lagen diesbezüglich keine geeigneten und ausreichend funktionierenden Systeme vor.

Durch eine unzureichende Aufbereitung sowie Reinigung der Formstoffsysteme wird eine Reihe von Gussfehlern verursacht [2], [3], [4]:

#### **Fremdstoffe (Kernsandreste, Metallreste und sonstige Fremdkörper):**

Durch die unzureichende Reinigung des Formstoffes ist eine Reihe von Fremdkörpern im Formstoffkreislauf im Umlauf. Es besteht grundsätzlich immer die Gefahr einer oberflächennahen Ablagerung dieser Fremdkörper im Formprozess. Sofern sich die Fremdstoffe unmittelbar in der Oberfläche des Formhohlraumes befinden, kann es zu Oberflächenfehlern in den Gusstücken kommen. Oberflächenfehler verursachen Kosten für eine nachträgliche Reparatur (Schweißen, Schleifen etc.) und führen in ungünstigen Fällen zum Ausschuss.

Außerdem können feste Fremdkörper im Formprozess einen verstärkten Modellverschleiß verursachen.

#### **Organische Bindergehalte:**

Organische Bindergehalte werden durch nicht abgereinigte Kernsandbestandteile in den Formstoff eingetragen. Durch die Einwirkung des schmelzflüssigen Metalls wird beim Gießprozess eine spontane Verbrennung der organischen Binder verursacht. Die gasförmigen Reaktionsprodukte können zu Gussfehlern in Form von internen Gasporositäten und offen sichtbaren Oberflächenfehlern durch Einschluss von Gasblasen. Je nach Bauteilanforderung verursachen diese Fehler zusätzliche Kosten für eine nachträgliche Reparatur (Schweißen, Schleifen etc.) und führen in ungünstigen Fällen zum Ausschuss

#### **Wassergehalte:**

Durch die Anreicherung von Kernsandbestandteilen aufgrund von unzureichender Formstoffreinigung müssen die Gehalte an Bindeton erhöht werden, da die Oberflächen formstofffremder Substanzen Bindeton verbrauchen. Dadurch steigt der spezifische Wassergehalt an. Beim Gießprozess kann es so zu einer vermehrten Wasserstoff-Aufnahme des schmelzflüssigen Aluminiums kommen, die sich in Form einer feinverteilten Wasserstoffporosität ausprägen kann. Je nach Bauteilanforderung verursachen diese Fehler zum Ausschuss, da eine feinverteilte Wasserstoffporosität nicht repariert werden kann.

Mit diesen beeinträchtigenden Voraussetzungen musste bisher im Produktionsalltag entsprechend umgegangen werden. Je nach Gießerei, Gusswerkstoff und Produktspektrum prägen sich entsprechende Verhaltensweisen aus, die prinzipiell gleich sind und sich lediglich quantitativ unterscheiden:

- Im NE-Metallguss kommt es in der Regel zu einer Zugabe von Neusand von mindestens 3-5 % und bis zu 30 % im Bereich der Eisengusswerkstoffe  
Die jeweilige Quote ist ein gießereispezifischer Wert, der in hohem Maße von der technischen Ausstattung, der jeweiligen Betriebsweise, dem Produktprogramm und dem Werkstoff abhängig ist. Daher sind genauere Angaben basierend auf konkreten Informationsquellen nicht möglich.
- Zusätzlich erfolgt eine Zugabe erhöhter Mengen an Bindeton zur Erstumhüllung der eingebrachten Neusand-Menge sowie der organisch umhüllten ehemaligen Kernsandbestandteile.

Neben den erheblichen Kosten für den Bindeton (ca. 250 €/Tonne) kommt es zu Qualitätsverminderung des Formstoffes, da die Binderhülle bei der Erstumhüllung nicht vollständig ausgebildet wird und mehrere Aufbereitungszyklen benötigt, um die volle Bindekraft zu entfalten.

- Durch die unzureichende Trennung von Kernsand und Grünsand entstehen sehr großen Abfallmengen in Form von „Giesserei-Altsanden“. Diese sind sehr heterogen zusammengesetzt, da die individuelle thermische Belastung je nach Gusswerkstoff und Formgröße sehr stark variiert und zudem zahlreiche Binderverfahren für die chemisch gebundenen Sandkerne am Markt etabliert sind.

Da die Sandaufbereitungsanlagen in der Regel geschlossene Systeme sind, muss die Menge an Kernsand, die durch mangelnde Trennung im Formstoff verbleibt, ausgeschleust werden. Das bedeutet, dass bezogen auf die gesamte Umlaufmenge ein Anteil von mindestens 3 %, in vielen Fällen aber sogar deutlich mehr, dem Produktionskreislauf als sogenannte Überlaufmenge entnommen werden muss.

- Eine Wiederverwertung der ausgeschleusten Überlaufmenge gestaltet sich schwierig, da die Grünsandreste viel zu viele Kernsandreste enthalten. Andererseits enthalten die durch thermische Zersetzung zerfallenen Kernsandreste einen viel zu hohen Anteil an Grünsandbestandteilen. Da die Wiederverwendung außerdem noch technische Nachteile hat, z.B. schlechtere mechanische Eigenschaften von recycelten Sanden, gehen viele Gießereien vor allem auch im Bereich Aluminium-Sandguss den vermeintlich einfacheren Weg:

Der Einkauf und Zuschlag von Neusand und Bindeton (Bentonit) wird einer Altsand-Wiederverwertung vorgezogen. Die entsprechenden Mengen müssen entsorgt werden, obwohl große Anteile davon bei geeigneter Trennung weiterhin im Produktionskreislauf genutzt werden könnten.

Nach dem bisherigem Stand der Technik in der Sandaufbereitung ist eine vollständige Trennung von Kern- und Altsand technisch/wirtschaftlich nicht möglich. Hieraus folgen die oben genannten Problemen bezüglich Altsandentsorgung, erhöhter Einsatz von Bindemitteln und Bentonit sowie möglicher Gussteil-Qualitätseinbußen.

### 1.3 Stand der Technik bei Ohm&Häner

Da aufgrund der Vielfalt möglicher technischer Lösungen für die Aufbereitung von Formstoffen eine allgemeine Darstellung zum Stand der Technik an dieser Stelle nicht erfolgen kann, soll im Folgenden der aktuelle Zustand der Formstoff Aufbereitung im Hause Ohm & Häner vorgestellt werden. Da im Zeitraum der Projektierung der Anlage eine ganze Reihe von Referenzanlagen in der deutschen Gießereiindustrie durch Mitarbeiter von Ohm&Häner besucht wurden, kann zumindest hier festgestellt werden, dass die Bestandsanlage war Ohm&Häner durchaus einen repräsentativen Zustand vergleichbarer Anlagen im Bereich Aluminium-Sandguss darstellt. Obwohl es durchaus Unterschiede in Details gibt, weisen fast alle Anlagen einen wesentlichen Mangel auf, der darin besteht, dass der Sand nur unzureichend gereinigt und aufgrund eines zu kleinen Umlaufvolumens sehr stark in Anspruch genommen wird.

Die Sandaufbereitungsanlage im Werk 1 in Olpe hat ein Umlaufvolumen von ca. 100 t Formstoff. Als Mischaggregat wird ein Kollergang eingesetzt, der eine Kapazität von ca. 50 t/h aufweist. Der Formstoff wird somit in einem Zeitraum von 2 h einmal aufbereitet und wieder eingesetzt. Da der Formstoff in verschiedenen Prozessen verwendet wird (konventionelle Formherstellung über Rüttel-Pressen, vollautomatische Formanlage) und nicht in einer Linie zwangsgeführt wird, liegt seine Verwendungszeit zwischen 1-3 Stunden. Das bedeutet, dass der Sand zwischen zwei Aufbereitungszyklen kaum zwischengelagert wird. Das ist im Hinblick auf eine Formstoffregeneration ungünstig. Das eingesetzte Reinigungsaggregat besteht aus einem einstufigen Schwingsieb mit einer Maschenweite von 25 x 8 mm. Das bedeutet, dass Verunreinigung die in der Größenordnung der Siebmaschenweite liegen, nicht aus dem Formstoff entfernt werden können.

Entsprechend kommt es zu einer Anreicherung diverser Verunreinigungen im Formstoff:

- Kernsandbrocken, abgeriebener Kernsand-
- Schlackestücke der exothermen Speiserheizmasse
- Bruchstücke und Segmente der Speiserisolierhülsen
- Reste der Dichtmasse zum Abdichten der konventionellen Formkästen
- Holzstücke / -splitter aus Befestigungshölzern zur Formballenstabilisierung
- Stäube aller Art, häufig von der Fußbodenreinigung
- Metallreste, Aluminium-Flitter oder –Grate, die der Abscheider nicht erfasst hat

Die Anreicherungen führen als Bestandteil der Mischung zu einem Anwachsen der umlaufenden Formstoffmenge. Da sie mit der vorliegenden Technologie nicht betriebssicher abgeschieden werden können, muss der Sand durch Frischsandzugabe immer wieder aufgefrischt werden. Es werden zurzeit bis zu 2 t Formstoff ausgetauscht. Das bedeutet, dass mit der Entnahme eine erhebliche Menge an potenziell gutem Formstoff beseitigt wird, um der schleichenden Anreicherung von Verunreinigungen im Formstoff zu begegnen. Die weitaus größten Sandverluste werden dadurch verursacht, dass das Schwingsieb auch unzureichend zerkleinerte Formstoffknollen abscheidet und eine Reihe von Leckagen in der Abschirmung von Transportbändern und Aggregaten zu weiteren Mengenreduzierungen führen. Bei einer durchschnittlichen Aufbereitungsmenge von 300 t gehen so insgesamt ca. 3%, also 9 t Formstoff am Tag verloren.

## 2. Vorhabensumsetzung

### 2.1. Ziel des Vorhabens

Ziel des Vorhabens war, im Rahmen eines vollständigen Neubaus einer Aluminium- Sandgieserei, die Errichtung einer neuartigen Sandaufbereitung, die erstmalig die vollständige Trennung von Kernsand und Altsand im großtechnischen Maßstab ermöglicht.

Hierdurch sollten folgende Umweltvorteile erreicht werden:

1. **Vollständige Trennung** von Kernsand und Altsand als Basis für die Abfallreduzierung und Ressourcenschonung
2. **Minderung der zu entsorgenden Misch-Altsandmenge**, d.h. der auf die Umlaufmenge bezogene Anteil an zu deponierendem Formstoff sollte von ca. 3% auf ca. 1% reduziert werden. Das entspricht bei einer Jahreskapazität der Sandaufbereitung von ca. 450.00 t einer Reduzierung der Abfallmenge von 9.000 t Altsand, der nicht entsorgt werden muss.
3. **Reduzierung des Neusandeinsatzes**, d.h. die Ersatzmenge an Neusand, die eingespart werden kann entspricht der reduzierten Altsandmenge, also ebenfalls 9.000 t Quarzsand.
4. Hermetische Abschirmung der Anlagen-Elemente zur **Vermeidung von Leckagen und Rie-selsand**. Durch geeignete Maßnahmen kann die Entsorgungsmenge weiter reduziert werden.  
Das ist nur eine qualitative Forderung, die nicht in Mengen beziffert werden kann.
5. Drastische **Verringerung von Transportaufwendungen** und der damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emission  
Aus der vorgesehenen Einsparung an Altsand und Neusand in Höhe von insgesamt ca. 18.000 t ergibt sich unter Berücksichtigung der Entsorgungs- und Lieferantenwege eine Einsparungspotenzial von ca 100 t / Jahr.

Neben den Umweltaspekten wurden auch konkrete Ziele zur Verbesserung der Qualität der Gussprodukte sowie der Kostenreduzierung in der Produktion verfolgt:

6. **Minimierung des Bentonitgehalts** (Bindeton) und der damit verbundenen Wassermengen zur Kostenoptimierung und Qualitätsverbesserung der Gussteile  
Es ist das Ziel zwischen 50 und 100 t Bindeton einzusparen, indem die Bentonit-Zuschlagsmenge je Mischvorgang um 10-20% (= 250 – 500 g/Mischung) reduziert wird.
7. **Aufbau eines sehr feinkörnigen Sandsystems** zur Erzielung glatter Oberflächen auf den Gussteilen  
Es soll eine mittlere Korngröße <0,17 mm eingestellt werden bzw. ein AFS von >80
8. Die **Vermeidung von Fremdstoffen** (Kernsandagglomerate, Metallreste etc.) im Formstoff reduziert das Risiko von formstoffbedingten Oberflächenfehlern in besonderem Maße. Auch ist dadurch das Risiko von Modellbeschädigungen deutlich verringert.
9. **Vollautomatische Überwachung** der Anlage zur Reduzierung von Bedienungspersonal und Wartungskosten

Die Ziele sollen durch einige anlagentechnische Neuerungen erreicht werden, die in dieser Form noch nie in einer Formstoffaufbereitungsanlage für Aluminium-Sandguss realisiert wurden:

- Verwendung von Siebkaskaden (Sizer) zur gründlichen Vorreinigung des Formstoffes
- Optische Formstofftrennung zur intensiven Nachreinigung des Formstoffes
- Einsatz eines Kollermischers für die Altsandkonditionierung und verbesserte Bentonitnutzung bzw. dessen Minimierung
- Einsatz eines Vakuum-Intensivmischers für die Fertigsandaufbereitung

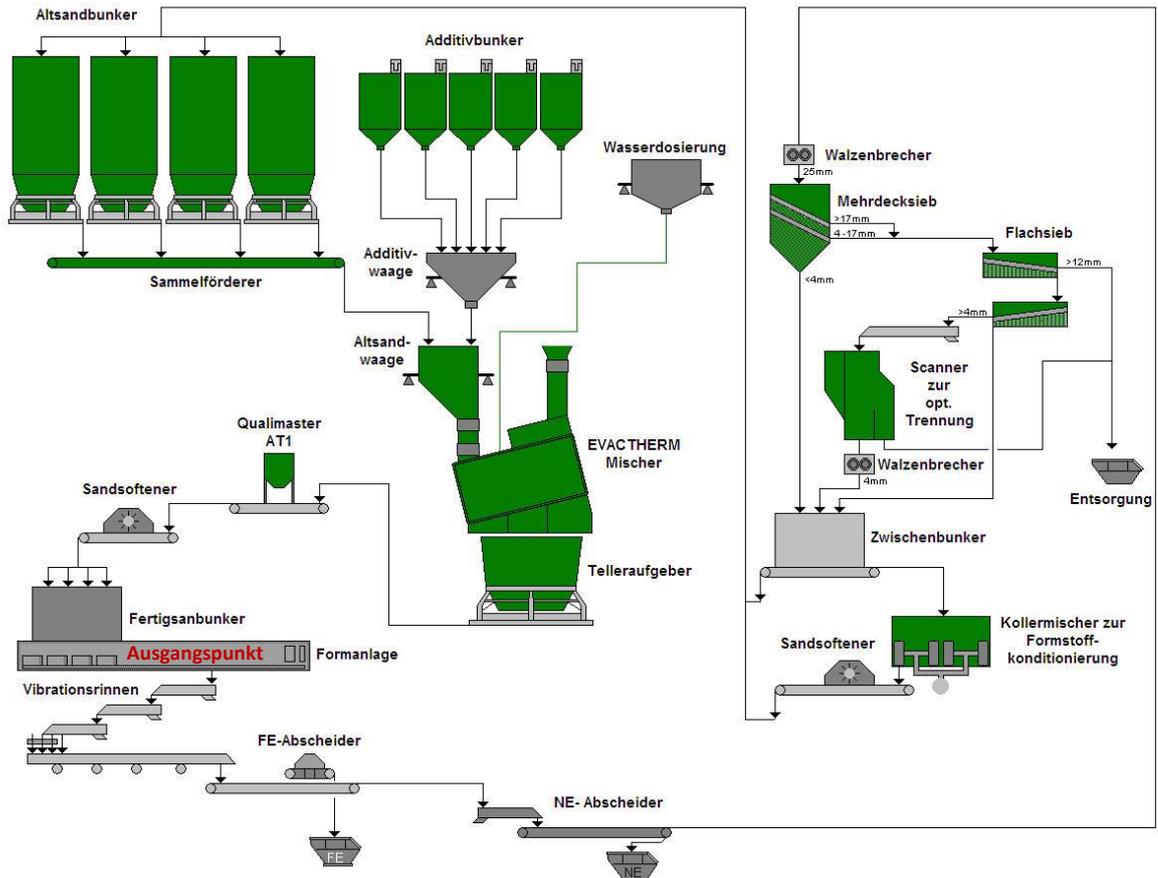
Neben dem Aspekt der Formstofftrennung und –säuberung soll durch den Einsatz eines vergleichsweise großen Formstoffvolumens in Verbindung mit der eingesetzten Mischertechnik eine optimale Bentonitaktivierung erzielt werden. In der Fachsprache wird der Prozess der Lagerung feuchter keramischer Massen zur Erhöhung der Bildsamkeit „Mauken“ genannt. Dieser

Begriff wird auch im Zusammenhang mit der Grünsandaufbereitung in Gießereien verwendet. Der Maukprozess des Bentonitbindersystems ist ein Vorgang, der zeitanhängig ist. Durch eine angemessene Lagerzeit vor einer erneuten Aufbereitung lassen sich die Formstoffeigenschaften hinsichtlich der erreichbaren Festigkeiten verbessern, ohne dass eine zusätzliche Menge an Bindeton eingebracht werden muss. In der neuen Sandaufbereitung bei Ohm&Häner wurde ein Sandspeichervolumen von 240 t realisiert. Bei einer Aufbereitungsleistung von 70 t/h wird der Formstoff also bei Vollaustattung nur alle 4 Stunden einmal verwendet. Dadurch hat der Formstoff eine angemessene Lagerzeit, in der der Prozess des Maukens zur Formstoffregenerierung ablaufen kann.

## 2.2. Aspekte der Neubauentscheidung

Der vollständige Neubau einer ALUMINIUM - Sandgiesserei in Westdeutschland ist kein alltäglicher Vorgang. Mit Ausnahme von wenigen Neubauten konzernabhängiger Sandgiessereien (u.a. NEMAK Dillingen, ehem. VAW) ist die projektierte Größenordnung von 28,5 Mio. Investition mit bis zu 100 Arbeitsplätze in einer ersten Ausbaustufe eine besondere Herausforderung für ein inhabergeführtes mittelständisches Unternehmen.

Im Rahmen des langjährigen Wachstums von Ohm&Häner wurde immer Wert darauf gelegt, neben der Umsetzung von neuen technischen Produktions-Verfahren auch auf umweltschonende und ressourcensparende Prozesse im Unternehmen zu achten. Die errichtete Sandgießerei wurde mit einem neuen technischen Gesamtkonzept so ausgelegt, dass die Produktionsfaktoren Energie und Wasser in erheblichen Umfang eingespart sowie Abfall und Emissionen gegenüber einer bisherigen branchenüblichen Betriebsweise vermieden werden können. Diese umweltoptimierten Fertigungsverfahren haben eine entsprechende Kostensenkung im gesamten Prozess zum Ziel.



**Bild 2.1: Prinzipskizze der neuen Sandaufbereitungsanlage mit Kennzeichnung der innovativen Anlagenelemente (grün gekennzeichnete Anlagenteile)**

### 2.3 Grundkonzept und technische Innovationen

Das Konzept der Anlage ist in der Prinzipskizze, **Bild 2.1**, visualisiert und soll nachfolgend kurz erläutert werden. Die innovativen Anlagenteile sind im Text fett gedruckt und in ihrer Funktion kurz erläutert:

Ausgangspunkt der Betrachtung ist die Formanlage als Aggregat, das den Formstoff für die Formherstellung verbraucht und nach dem Gießprozess wieder in den Zyklus zurück führt, damit der Aufbereitungsprozess ablaufen kann. Die verdichteten Formstoffballen werden auf den anschließenden Vibrationsrinnen gebrochen und grob vorzerkleinert. Hier besteht die Möglichkeit, abbrechende Kernsandbestandteile von Hand auszulesen.

Die metallischen Verunreinigungen im Sand werden anschließend über eine zweistufige Metallabscheidung (magnetischer FE-Abscheider und nachfolgend ein wirbelstrombetriebener NE-Abscheider) aus dem Sand herausgetrennt.

Der Formstoff wird in diesem Zustand über ein 26m-Becherwerk vertikal gefördert und in die Siebreinigung transportiert und zuvor über einen Walzenbrecher vorzerkleinert.

Hier befindet sich die erste innovative Einrichtung der Formanlage: das **Mehrdecksieb** mit nachgeschalteten **Flachsieben** bildet eine effektive Siebkaskade aus, die den Formstoff in mehreren Stufen zerkleinert und verbliebene harte Kernsandreste und Verunreinigungen abtrennt und aus dem System herausfördert.

Nachgeschaltet findet sich der **Scanner** (Mogensen MikroSort) der eine grundlegende Innovation im Bereich der Formstoffaufbereitung darstellt, indem er in den vorangegangenen Sieb-

stufen im Formstoff verbliebene Verunreinigungen optisch erkennt und nahezu rückstandsfrei aus dem Gemisch herausortiert.

Der gesamte aus den verschiedenen Reinigungsstufen stammende saubere Formstoff wird anschließend in einem Zwischenbunker gesammelt und von dort in den nachfolgenden Kollermischer dosiert. Der **Kollermischer** stellt als ein klassisches Aufbereitungsaggregat keine Innovation an sich dar, jedoch wird das Aggregat in dem umgesetzten Konzept nicht für die Formstoffaufbereitung sondern für die Formstoffkonditionierung eingesetzt, was eine neue Herangehensweise darstellt. Durch das Kneten des Formstoffs in dem Aggregat wird der Bindeton noch einmal mit der Restfeuchtigkeit des Formstoffes aufgeschlossen, bevor er als Altsand temporär eingelagert wird. Ein nachgeschalteter Sandsoftener bewirkt ein schonendes Umwälzen des konditionierten Formstoffs.

Die **Altsandbunker** sind mit einer entsprechenden Lagerungskapazität ausgestattet, um das Gesamtsystem so dimensionieren zu können, damit der Formstoff eine angemessene Lagerungszeit von mindestens 4 Stunden zur Verfügung hat, damit sich durch den Ruheprozess nach der Konditionierung eine bestmögliche Bildsamkeit der Bindetonhüllen einstellen kann (Maukprozess), die eine Grundvoraussetzung dafür ist, dass sich bestmögliche Bindungseigenschaften einstellen können.

Nach dem Maukprozess wird der Formstoff in einem modernen Hochleistungsaggregat, dem **Evactherm-Mischer**, aufbereitet. Dazu werden dem dosierten Altsand aus den **Additivbunkern** entsprechende Zuschlagsstoffe in Form von frischem Quarzsand, gesammelten Filterstäuben aus der Sandaufbereitung und frischem Bindemittel (Bentonit) zugeführt. Der Intensivmischer erzeugt eine schnelle Chargenmischung mit einem hohen Durchsatz von 70 t/h. Dabei wird der Formstoff temporär unter Vakuumatmosphäre behandelt. Durch das Vakuum wird der Sand gekühlt und gleichzeitig ein gutes Aufschließen des Bindetons bewirkt. Der nachgeschaltete Telleraufgeber leitet den Formstoff schonend aus dem Mischaggregat auf die Transportbänder, ohne dass ein übermäßiges Vorverklumpen erfolgt.

Über den **Qualimaster AT1** werden online wichtige Formstoffparameter der Sandmischung gemessen und aufgezeichnet, dabei werden aus mehreren Messungen Mittelwerte gebildet. Die Messwerte stellen die Grundlage für den Regelmechanismus dar, der die Dosierung des Bindemittels (Bentonit) und einer entsprechenden Wassermenge einstellt, damit die vorgegebenen Formstoffparameter sicher eingestellt werden können.

Nachfolgend wird der Sand auf dem Weg zur Formanlage noch einmal über einen Sandsoftener geleitet, der den Sand schonend noch einmal zerkleinert, um kleine Agglomerate zu beseitigen und eine optimale Rieselfähigkeit des Formstoffes einzustellen, die für die nachfolgende Verwendung in der Formanlage erforderlich ist.

Neben den innovativen Einzelaggregaten stellt vor allem die gewählte Kombination ein Novum dar, das in dieser Form und in diesem technischen Umfang noch nie zuvor realisiert worden ist. Neben der Möglichkeit einer nahezu vollständigen Formstoffreinigung bis hin zur individuellen Erkennung von Verunreinigungen ist es die Vielzahl von Beeinflussungsmöglichkeiten durch eine Reihe von Aggregaten, die unmittelbar auf die Formstoffeigenschaften einwirken können. Vor dem Hintergrund der Ressourcenschonung und maximalen Ausnutzung der eingesetzten Rohstoffe sowie einer Berücksichtigung technisch äußerst hochwertiger Lieferanten ist die Anlage in ihrer Gesamtheit darauf ausgerichtet, neue technische Maßstäbe zu setzen.

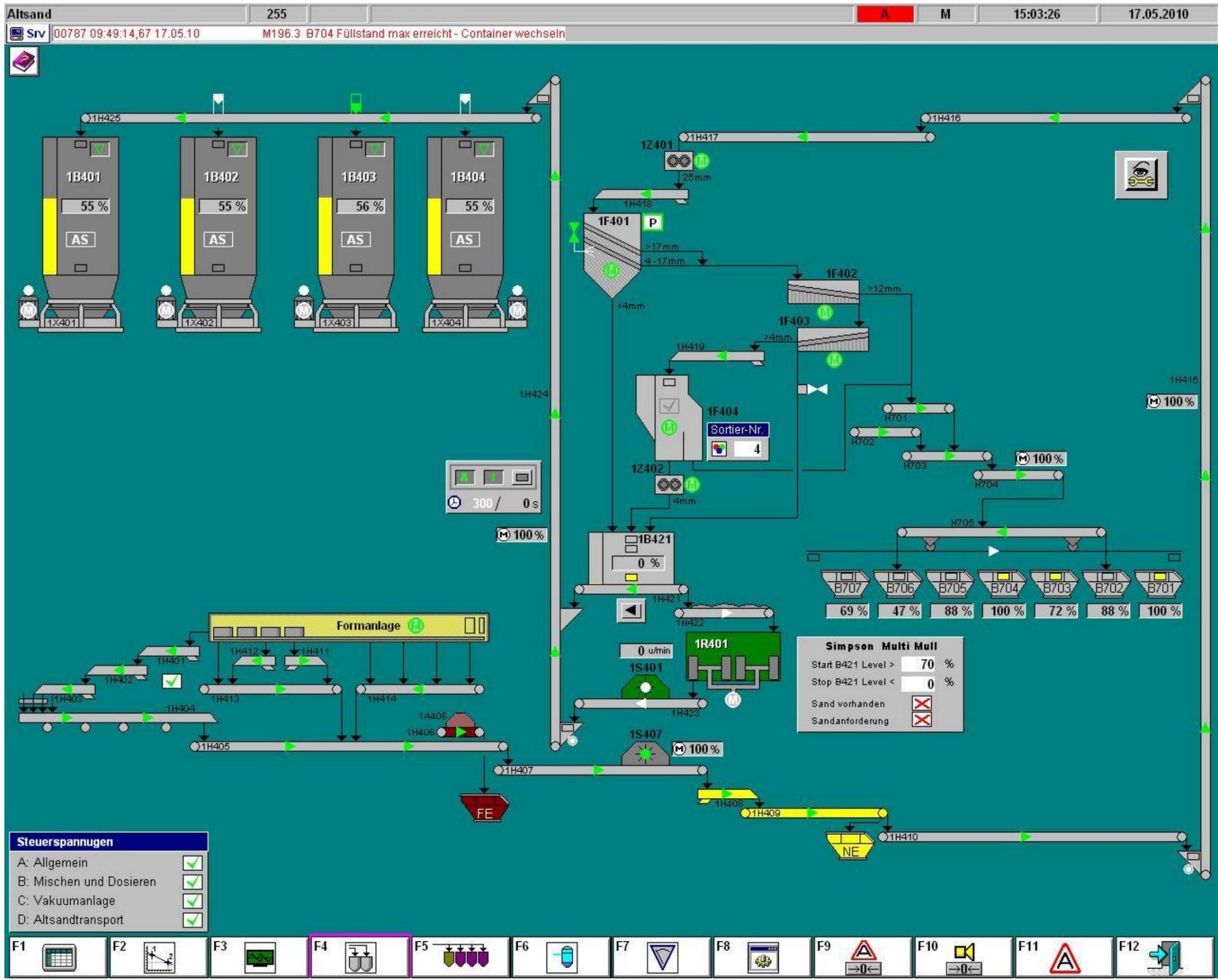


Bild 2.2: Leitstandsgraphik der Altsandstrecke der EIRICH-Sandaufbereitung: Jedes Aggregat ist mit einer entsprechenden Kennzeichnung versehen.

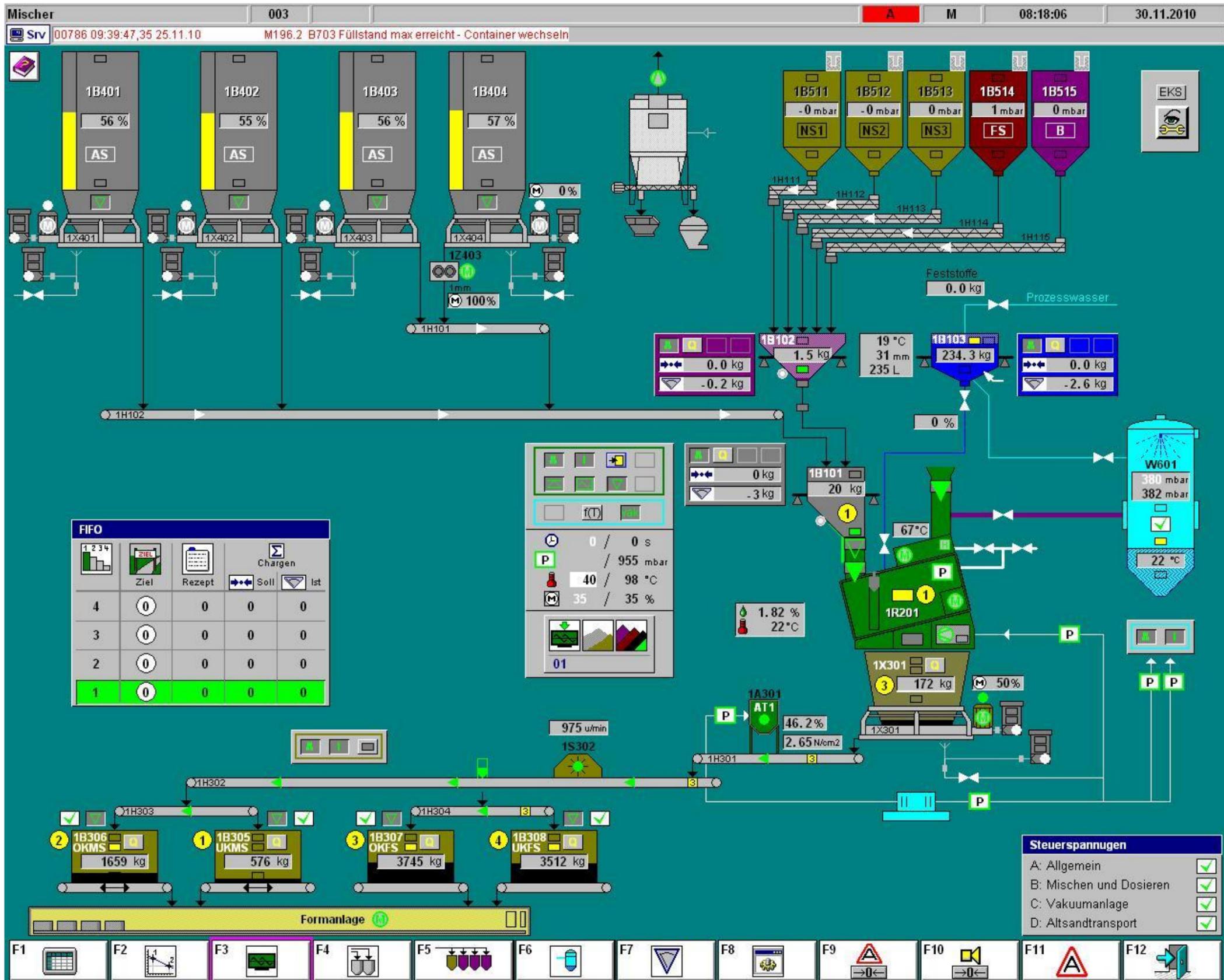


Bild 2.3: Leitstandsgraphik der Frischsandstrecke der EIRICH-Sandaufbereitung: Jedes Aggregat ist mit einer entsprechenden Kennzeichnung versehen.

## 2.4. Darstellung der technischen Lösung des Vorhabens (Prozessablaufbeschreibung)

Nachfolgend wird der technische Ablauf des Prozesses anhand der installierten Aggregate im Detail beschrieben. Dabei wird die Funktionsweise der relevanten Anlagenelemente in Bezug auf die zu Grunde liegende Zielsetzung des Projektes erläutert. Ausgangspunkt ist das Ausleeren der Formkästen in der Formanlage, mit dem der gesamte Aufbereitungsprozesses beginnt. Abschluss des Prozessablaufes ist die Einlagerung des aufbereiteten Formstoffs in die Bunker der Formanlage.

Die Sandaufbereitungsanlage besteht aus:

- Bereich der **Altsandstrecke, Bild 2.2**  
In der Altsandstrecke wird der in der Formanlage verwendete Altsand zerkleinert, gereinigt, aufbereitet und schließlich temporär eingelagert
- Bereich der **Frischsandstrecke, Bild 2.3**  
In der Frischsandstrecke wird der zwischengelagerte Altsand verwogen, mit Neusand, Bindeton und Wasser beaufschlagt und fertig gemischt. Im Bereich der Frischsandstrecke erfolgt auch die Online-Analyse wichtiger Formstoffparameter und der Transport sowie die Einlagerung des Fertigsandes in den Bunkern der Formanlage

Die Kennzeichnung der einzelnen Anlagenelemente erfolgt durch eine Nummerierung gemäß beigefügter Leitstandsgrafiken, **Bild 2.2** und **Bild 2.3**.

1H401/402      Vibrationsrinne zum Aufbrechen der Grünsandformen, **Bild 2.4**  
Nach dem Ausleeren des Formkastens in der Formanlage wird der Formballen mit der Gusstraube auf eine lange Vibrationsrinne geleitet, dort wird der Altsand weitestgehend von der Gusstraube abgerüttelt.

1H403            Vibrationsrinne zum Lesen von Sandbruchstücken und zur Entnahme der größten Verunreinigungen von Hand, **Bild 2.4**  
In diesem Bereich können grober Kernbruch und metallische Verunreinigungen aus dem Sand ausgelesen werden, sofern die Produktionsmitarbeiter dazu Gelegenheit und Zeit haben. Die manuelle Vorreinigung ist aber nicht zwingend erforderlich, um eine vollständige Trennung zu gewährleisten.



**Bild 2.4: Vibrationsrinnen zur Gussteilentnahme und zum gründlichen Abreinigen des Sandes von der Gusstraube**

Am Ende der Vibrationsrinne befindet sich ein Überlauf im Falle starker Knollenbildung. Diese entsteht bei Formen mit hoher Altsandfeuchte, die nicht durch die Einwirkung des Schmelzmetalls beim Abguss thermisch belastet sind.

- 1H404 Schwingförderer (Länge 19 m)  
Auf der vergleichsweise langen Förderstrecke wird durch einfache mechanisch wirkende Belastungen eine weitere „schonende“ Zerkleinerung des Sandgemisches aus Grünsand (=tongebunden) und Kern-Altsand (=chem. gebunden) bewirkt
- 1H405/406 Bandförderer
- 1A406 FE-Abscheider  
Der Eisenabscheider trennt durch die Einwirkung eines starken Magneten sämtliche magnetischen Komponenten aus dem Formstoff (Kühlkörper etc.). Dieser Vorgang ist wichtig, damit die metallischen Verunreinigungen keine Beschädigungen an den Knollenbrechern und Förderbändern verursachen können.
- 1H407 Bandförderer
- 1H408 Vibrationsrinne  
zur Verbreiterung des Sandstromes auf > 1.800 mm Breite  
Die Vibrationsrinne dient dazu, den Sandstrom zu verbreitern und das Fördergut zu vereinzeln, das an dieser Stelle aus Mischsand-Knollen und NE-Metallverunreinigungen besteht. Damit wird das Material für die nachfolgende Abscheidung von metallischen Verunreinigungen vorbereitet.
- 1H409 NE-Abscheider  
Durch einen rotierenden Permanentmagnet werden die im Sandstrom enthaltenen metallischen Partikeln anregt und mittels der kurzzeitig wirksamen Wirbelströme (<< 1 sec.) sowie der resultierenden Kurzzeit-Magnetisierung der Al-Teilchen über ein statisches, ruhendes Magnetfeld ausgetragen. Dadurch wird eine extrem gute Säuberung des Sandstromes von NE-Partikeln bewirkt.
- 1H411/412 Rieselsandbänder unter der Formanlage
- 1H413/414 Zuführbänder für den Formanlagenrieselsand  
Diese Aggregate dienen zur hermetischen Abschirmung der Anlage, um einen übermäßigen Sandverlust durch Rieselsand zu vermeiden.
- 1H410 Sammel-Bandförderer
- 1H415 Becherwerk I  
Vertikale Förderung des über Metallabscheider vorgereinigten Sandgemisches
- 1H416/417 Bandförderer
- 1Z418 Walzenbrecher, der „schonend“ den kompletten Altsandstrom auf < 20-25mm Dicke herunterbricht, ohne die Kernsandreste zu zerstören.  
Die Erhaltung einer gewissen Mindest-Teilchengröße ist hier entscheidend für den Wirkungsgrad der später erfolgenden optischen Erfassung und Aussortierung.
- 1H418 Vibrationsrinne zur Verbreiterung des Sandstromes auf ca. 1.500 mm  
Die Vibrationsrinne dient dazu, den Sandstrom zu verbreitern und das Fördergut zu vereinzeln, das an dieser Stelle aus Mischsand-Knollen (Grünsand und Kernsand) sowie aus nichtmetallischen Verunreinigungen besteht (Papier, Faserresten und dicken Isolier-Speiser-Resten). Damit wird das Material für die

nachfolgende Abscheidung von Kernsandknollen und nichtmetallischen Verunreinigungen vorbereitet.

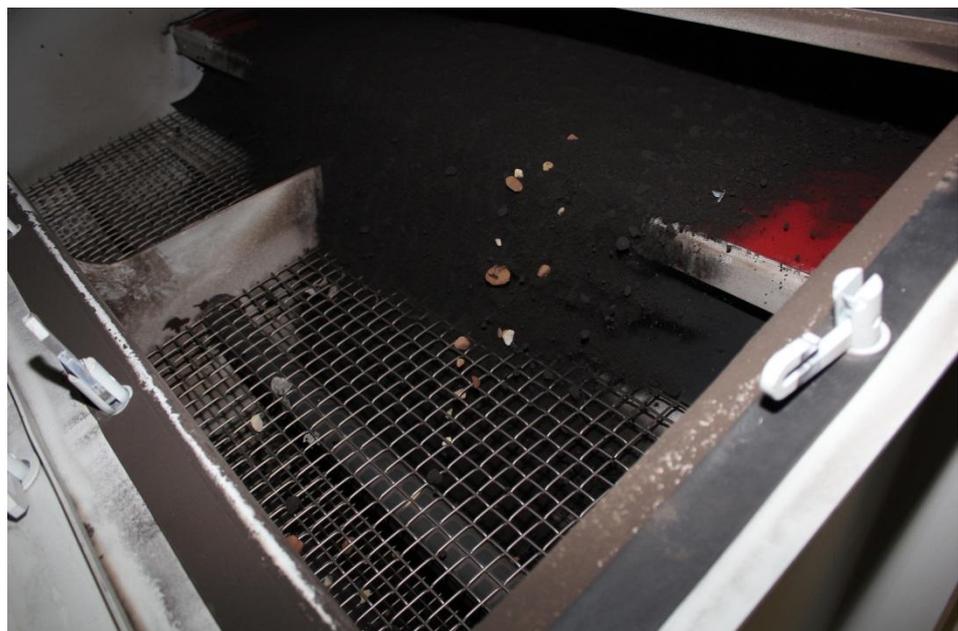
1F401

Mehrdeck-Sieb zur Abscheidung von Kernsandknollen und nichtmetallischen Verunreinigungen, **Bild 2.5 a/b**

Hier werden in einem Aggregat mehrere Siebstufen realisiert. Insgesamt wird ein Teilchenspektrum im Bereich von 4-17 mm abgedeckt. Dabei wird ein Großteil der weichen und relativ leicht zerfallenden Grünsandknollen mit einem Durchmesser von kleiner 4 mm von dem Siebgut getrennt und direkt in den Bunker 1B412 geleitet. Die gröberen und beständigeren nichtmetallischen Verunreinigungen werden zurückgehalten und nachgeschalteten Flachsieben zur weiteren Trennung zugeführt.



**Bild 2.5 a: Mehrdeck-Sieb integriert mehrere Siebstufen in einem Aggregat**



**Bild 2.5 b: Mehrdeck-Sieb: Blick in das geöffnete Aggregat**  
Mehrere übereinander liegende Siebe unterschiedlicher Maschenweite bewirken eine sehr effektive Vorreinigung des Formstoffes  
Deutlich erkennbar sind die enthaltenen hellen Kernsandreste

1F402

1. Flachsieb Maschenweite 12 mm zur Abtrennung von Grünsandresten aus dem Schuttstrom

Die verbliebenen weichen Grünsandknollen werden weiter zerkleinert. Die größeren und beständigeren nichtmetallischen Verunreinigungen mit einem Durchmesser von  $> 12$  mm werden zurückgehalten und der Schutförderstrecke zugeführt. Die gesamte Restmenge, bestehend aus Grünsandknollen und einem Rest von nichtmetallischen Verunreinigungen, wird der finalen Siebstufe zugeführt.



**Bild 2.6 a: Flachsiebe mit unterschiedlicher Maschenweite**



**Bild 2.6 b: Flachsieb #2: Blick in das geöffnete Aggregat  
Deutlich erkennbar sind die enthaltenen hellen Kernsandreste, die an dieser Stelle endgültig ausgeschleust werden**

- 1F403 2. Flachsieb Maschenweite 4 mm zur Abtrennung von Grünsandresten aus dem Schuttstrom, **Bild 2.6a/b**  
Die verbliebenen weichen Grünsandknollen werden weiter zerkleinert. Alle Bestandteile kleiner 4 mm werden direkt in den Bunker 1B412 geleitet. Der Siebrückstand, bestehend aus Grünsandrest und nichtmetallischen Verunreinigungen in einem Partikelspektrum von 4-12 mm, werden der nachfolgenden optischen Trennung zugeführt.
- 1H419 Vibrationsrinne zur Verbreiterung des Sandstromes auf ca. 1.200 mm  
Die Vibrationsrinne dient dazu, den verbliebenen Materialstrom zu verbreitern und das Fördergut zu vereinzeln. Damit wird das Material für die nachfolgende optische Abscheidung (MikroSort-Anlage) der restlichen Kernsandknollen und nichtmetallischen Verunreinigungen optimal vorbereitet.
- 1F402 Scanner zur optischen Trennung: MikroSort-Anlage, **Bild 2.7a/b/c**  
Die MikroSort-Anlage wurde ursprünglich für Recyclingsaufgaben konzipiert, um beispielsweise Altglas nach Farben zu sortieren. Die Anlage wurde hier erstmalig genutzt, um einen Gießerei-Formstoff optimal zu reinigen.  
Der Sandstrom läuft über eine Glasscheibe und wird mittels einer hochauflösenden, schnellen Digitalkamera optisch gescannt. Eine spezielle Bildanalyse-Software wertet die Kamerasignale nach den Farben der erfassten Bildelemente aus. An dieser Stelle haben die einzelnen Elemente des Formstoffes eine Teilchengröße zwischen ca. 4 und 12 mm Durchmesser. Die zu bergenden Grünsandknollen sind dunkelbraun und werden durchgelassen. Alle anderen Komponenten wie Kernsandreste, Faserstückchen, Holzreste, Reste aus den Isolierspeisern, die sich durch ihre helle, graue oder eine in vielen Abstufungen hellbraune bis beige Farbe unterscheiden, werden aussortiert, **Bild 2.6 a/b**.



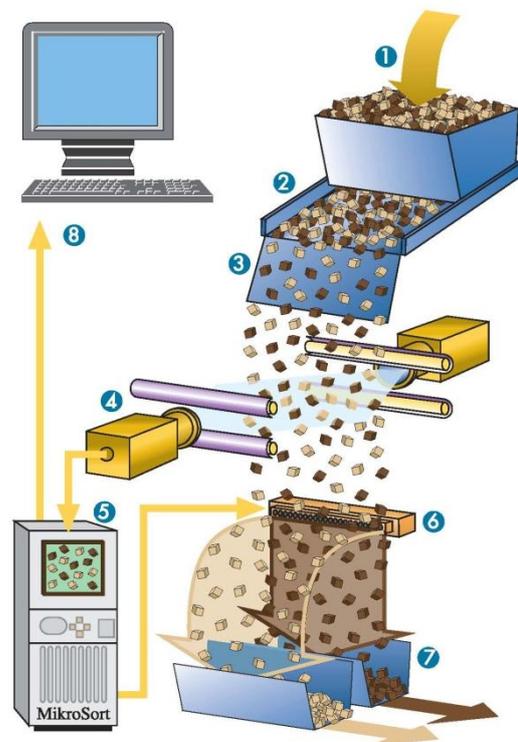
**Bild 2.7a: MikroSort-Anlage zur optischen Trennung von Verunreinigungen aus dem Altsandstrom**



**Bild 2.6b: MicroSort-Anlage: Blick in das geöffnete Aggregat**

Die hellen Kernsandreste heben sich deutlich von der dunklen Grünsandfarbe ab und werden im Fallstrom optisch erkannt und über einen Druckluftimpuls ausgetragen (siehe Skizze Bild 2.7)

Die Aussortierung erfolgt über einen pneumatischen Druckstoß, der mittels sehr präzise ansteuerbarer Luftdüsen geregelt wird. Exakt zu dem Zeitpunkte, wenn der identifizierte Fremdkörper an einer der 200 Luftstrom-Düsen vorbeifällt, wird dieser über einen Luftimpuls über eine Sortierkante geschleudert und der Schutförderstrecke zugeführt, **Bild 2.7c**.



**Legende:**

- 1: Aufgabematerial (Trenngut-Gemisch)
- 2: Vibrationsrinne zur Verbreiterung des Trenngut-Gemisches
- 3: Fallstrecke des Trenngutes
- 4: Kamerasystem zur Erkennung der Bestandteile
- 5: Rechensystem für optische Bildverarbeitung und Steuerung des Trennprozesses
- 6: Düsenleiste zur Trennung der detektierten Komponenten über einen Druckluftimpuls
- 7: Trennfächer für den sortenreinen Austrag der Bestandteile
- 8: Visualisierung

**Bild 2.7c: Funktionsprinzip MikroSorter (Quelle: Fa. Mogensen)**

Die Anlage ist nominell in der Lage, eine Menge von bis zu 35 t Material/Stunde zu sortieren und damit bis zu 50 % des in der konzipierten Anlage möglichen Sandstromes von 70 t/h sehr sauber von Fremdpartikeln zu reinigen. Es wird aber aufgrund der sehr effektiven Vorreinigung durch die eingebauten Siebe nur ein geringer Anteil von bis zu max. 10% des Sandstromes auf den Scanner geleitet. Damit wird die Leistungsgrenze unter keinen Umständen erreicht.

- 1Z402 Walzenbrecher  
Hier werden die Grünsandknollen hinter dem optischen Aggregat bis auf < 4 mm zerquetscht. Damit können diese dem bereits zuvor ausgesiebten Altsandanteil von < 4 mm zugeführt werden.
- 1B421 Zwischenbunker  
Dieser Zwischenbunker dient als Puffervolumen für den Mengenstrom des vollständig gereinigten Formsandes, der nun noch einen Komponentendurchmesser von kleiner 4 mm aufweist.
- 1H421 Reversierbares Abzugsband  
Das reversierbare Förderband zieht das Material aus dem Vorbunker ab und leitet es über ein weiteres Förderband (1H422) dem nachgeschalteten Kollergang zu. Die Förderrichtung des Bandes kann umgekehrt werden und agiert in diesem Falle als Bypass. Das ist eine Vorsichtsmaßnahme, um die Verfügbarkeit der Sandaufbereitung im Falle einer Anlagenstörung am Kollermischer sicherzustellen.
- 1H422 Bandförderer
- 1R401 Kollergang (Durchlaufmischer) zur Formstoffkonditionierung  
Der in die Anlage integrierte Kollermischer dient zur Konditionierung des Altsandes, um die Zielsetzung eines sehr stark reduzierten Bentonit-Gehaltes zu erreichen. Der Kollermischer trägt hohe Scherkräfte in den Formstoff ein. Dieser Prozess diente dazu, die Bentonithüllen durch die Knetwirkung des Mischprozesses aufzuschließen und so eine bessere Nutzung des Bentonits für die Formstoffbindung zu erreichen. So lässt sich der spezifische Bindergehalt im Formstoff senken, der direkt proportional zum Wassergehalt ist. Ein zu hoher Wassergehalt im Formstoff ist für den Aluminiumguss von Nachteil. Der Kollermischer ist als Durchlaufmischer konzipiert. Der Füllstand des Mischers wird über die Motorlast des Mischer Antriebes geregelt.
- 1H423 Abzugsband
- 1S401 Sandsoftener (Aufband-Knollenbrecher)  
Der integrierte Aufband-Knollenbrecher lockert die durch den Knetprozess im Koller gebildeten festen Sandschollen und -knollen auf, bevor der Materialstrom in das Becherwerk geleitet wird
- 1H424 Becherwerk II  
Vertikale Förderung vollständig gereinigten und konditionierten Altsandes
- 1H425 Bandförderer mit Flugschar-Abstreifern zur Füllung der Altsandbunker
- 1B401-404 Großvolumige Altsandbunker  
Das installierte Bunkervolumen entspricht mit ca. 240 t Fassungsvermögen in etwa der vierfachen Menge des maximalen Sandbedarfs von 60-70 t, die von der Formanlage stündlich abgerufen werden können. Das bedeutet, dass der Sand mindestens 4 h im Bunker gelagert wird, bevor er erneut zum Einsatz kommt.

In dieser Zeit kann der Bindeton sich optimal regenerieren. Diese Regenerationsphase, in der Fachsprache "Mauken" genannt, ist besonders wichtig, wenn man das Potenzial des enthaltenen Bindetons möglichst weitgehend ausnutzen will. Während dieser Ruhephase kann die enthaltene Restfeuchte in den Binderhüllen diffundieren und es kommt zu einer Vergleichmäßigung des eingelagerten Altsandes.

- 1X401-404      Austragsteller  
In zylindrischen Siloanlagen kommt es insbesondere bei klebenden Lagermedien leicht zur Brückenbildung, die ein Nachrutschen des Materials verhindert und in ungünstigen Fällen eine Blockade des Silos verursachen kann. Anstelle von konventionellen Abzugsbändern wurden aus diesem Grunde rotierende Austragsteller in die Anlage integriert, die eine Knollenbildung und ein Vorverdichten des Altsandes verhindern, damit es nicht zur Brückenbildung kommen kann.  
Die Anlage ist so gesteuert, dass im Regelbetrieb aus allen vier Silos gleichzeitig eine nahezu identische Menge an eingelagertem Altsand abgezogen wird. Damit wird sichergestellt, dass der gesamte Umlaufsand eine einheitliche und gleichmäßige Lagerzeit hat und sozusagen nach dem First-In-First-Out-(FIFO)-Prinzip verwendet wird.
- 1Z403      Walzenbrecher für hartnäckige Knollen im Bypass-Betrieb.  
Einer der vier Altsandbunker ist hinter dem Austragsteller mit einem zusätzlichen Knollenbrecher ausgestattet. Dieser Knollenbrecher ist in der Lage, feinste residente Knöllchen mit einer Agglomeratgröße von 1-3 mm zu zerkleinern. Diese feinen Knöllchen enthalten sehr häufig einen harten Kern aus Coldbox-Material und sind aus diesem Grunde sehr beständig. Es besteht die Gefahr einer Agglomeration dieser Partikel im Prozess, die sich ungünstig auf die Oberflächenqualität der Gussteile auswirken kann. Der Knollenbrecher wurde nur hinter einer der vier Siloanlagen geschaltet. Es wird davon ausgegangen, dass jedes Volumen Element der Sandmenge nach einer gewissen Zeit diesen Knollenbrecher passiert und fein gemahlen wird.
- 1H101      Sammelförderer  
Die bauliche Anordnung der Altsandbunker macht es erforderlich, den abgezogenen Sand aus den Bunkern 1B403 sowie 1B404 mit einem separaten Sammelband dem Haupt-Bandförderer zuzuführen.
- 1H102      Bandförderer
- 1B511-515      5 Additivbunker für  
- 3 x Neusand  
- 1 x Staub aus der Absaugung/Luftreinhaltung  
- 1 x Bentonit
- Obwohl die Notwendigkeit einer Neusandzugabe aufgrund nicht vorhandener Sandverluste eigentlich entfallen könnte, werden in der Sandaufbereitungsanlage insgesamt 3 Quarzsande verschiedener Körnungen vorgehalten, damit der Sand aufgefrischt und die angestrebte Sieblinie aktiv gesteuert werden kann,  
**Bild 2.8.**



**Bild 2.8: Additivbunker für die Zugabe von 3 x Neusand, Filterstaub und Bentonit**

Außerdem muss jeder Mischung auch Bindeton zugegeben werden. Das ist erforderlich, weil sich der Bindeton bei jedem Sandumlauf durch Einwirkung der Schmelze zu einem gewissen Maß verbraucht. Diese totgebrannten Binderanteile werden an dieser Stelle durch eine entsprechende Zugabe ersetzt.

Der Staub aus der Absaug- und Filteranlage besteht zu einem überwiegenden Anteil aus nutzbaren Rohstoffen (einem sehr feinkörnigen Sandanteil und Bentonit). Zur optimalen Nutzung der eingesetzten Rohstoffe werden die feinkörnigen Bestandteile des Filterstaubes an dieser Stelle wieder zugeführt und sorgen für die notwendige Unterfütterung der Sieblinie mit diesen so genannten Schlämmstoffen. Falls der Anteil an Schleimstoffen zu hoch werden sollte, kann der Staub Alternative auch aus dem System ausgetragen werden. Diese Betriebsart ist aber nicht die Regel, sondern stellt nur eine Ausnahme dar.

1H111-115

Förderschnecken zur Dosierung

1B101

Altsandwaage, **Bild 2.9**

In der Altsand-Waage wird ausschließlich der zugeführte Altsand aus den entsprechenden Silos abgewogen. Die Standard-Einwaage einer Mischung beträgt 2,5 t.



**Bild 2.9: Präzisions-Wiegesystem für den Altsand**

- 1B102      Additivwaage für den Neusandzuschlag  
 In der Neusand-Waage wird ausschließlich das Material aus den fünf Zwischenbunkern (Neusande, Bentonit und Filterstaub) abgewogen und der Gesamtmischung zugeschlagen.
- 1B103      Wasserdosierung  
 In einer separaten Waage wird die entsprechende Wassermenge für die Zugabe vorbereitet. Zu diesem Zweck wird Frischwasser aber auch das kondensierte Wasser aus dem Vakuum-Mischaggregat eingesetzt.
- 1R201      EIRICH-Evactherm-Vakuum-Wirbelmischer RV23VAC  
 Der Evactherm-Vakuummischer ist das zentrale Aufbereitungsaggregat in der Sandaufbereitungsanlage, **Bild 2.10**.
- Das Aufbereiten von Formstoff unter Vakuum hat sich in Formstoffaufbereitungen für Graugussgießereien bereits vielfach weltweit bewährt und wird bei Ohm&Häner erstmals in einer Aluminiumgießerei zum Einsatz.
- In Graugussgießereien wird der EVACTHERM<sup>®</sup>-Mischer zum Kühlen und Homogenisieren in einem Aggregat genutzt. Während des Aufbereitungsprozesses ist der Altsand im EVACTHERM<sup>®</sup>-Mischer von einer Vakuumatmosphäre umgeben. Der Mischer besitzt zusätzlich eine 2. Wandung. Aufgrund dieser aufwendigen Konstruktion (insbesondere bei den Dichtungen) kann der Absolutdruck während der Mischphase auf ca. 70 mbar reduziert werden.



**Bild 2.10: EVACTHERM-Mischer RV23VAC**

Die Vakuumatmosphäre in Verbindung mit Wasser/Dampf sorgt für eine spontane Aktivierung der Bindekräfte des Bentonits.

Durch die Vakuumatmosphäre wird die Luft verdrängt und durch Wasser ersetzt, somit dringt die Feuchtigkeit in die äußere Hülle des mit Bentonit umhüllten Sandkorns wesentlich schneller ein, **Bild 2.11**. Noch vorhandene Luft-einschlüsse brechen das Schichtmineral des Bentonits auf und schaffen so neue Oberflächen.

Die Anlage bietet den Vorteil, dass die Sandtemperatur stets im optimalen Bereich zwischen 25° und 30°C liegt, ohne weitere Aggregate zur Formstoffkühlung einsetzen zu müssen. Die gegenüber Eisengusswerkstoffen geringere Gießtemperatur und die relativ lange Zwischenlagerzeit des Altsandes vor der erneuten Verwendung unterstützen dieses Konzept zusätzlich. Mit der Technologie soll die Umhüllung des Quarzsandes trotz reduzierter Gesamt-Bentonitmenge entscheidend verbessert werden. Durch die Vorkonditionierung des Sandes im Kollermischer ist der Sand für die Aufbereitung im Vakuummischaggregat optimal vorbereitet.

1X301

Telleraufgeber (Teller) für den Fertigsand, **Bild 2.12**.

Bei der Entleerung des Sandes aus dem Mischaggregat wird das gleiche Prinzip angewendet wie bei der Entnahme des Sandes aus der Siloanlage. Der Sand wird über einen Bodenablass aus dem Mischer herausgefördert und dann über einen Drehteller auf das Förderband geleitet.



**Bild 2.12: Telleraufgeber: Fertigsandaufgabe auf den Bandförderer**

1H301

Bandförderer

1A301

Qualimaster AT1 inkl. Softwarepaket SandExpert, **Bild 2.13**.

in die Anlage ist ein voll automatisches Analysegerät integriert, das aus dem Sandstrom auf dem Bandförderer online Proben zieht und ausgewertet. In der automatischen Probennahme werden die Verdichtbarkeit (VD) und die Scherfestigkeit als Kennwerte für die mechanischen Eigenschaften des verdichteten Sandes bestimmt. Die Messergebnisse werden über die Software SandExpert erfasst und ausgewertet. Es handelt sich dabei um ein vollautomatisches Regelsystem, welches den Verlauf der Messwerte über eine Reihe von Chargen betrachtet und die Zugabemengen an Bentonit und Wasser so steuert, dass die vorgegebenen technologischen Werte für die Verdichtbarkeit und die Scherfestigkeit möglichst genau eingehalten werden.



**Bild 2.13: QualiMaster AT1 entnimmt aus dem Fertigsandstrom Sandproben für die Online-Analyse der technologischen Eigenschaften**

- 1H302      Bandförderer  
Über dieses Förderband wird der fertige Formstoff zur Formanlage transportiert.
- 1S302      Sandsoftener:  
Aufbandschleuder zur Auflockerung und Homogenisierung des Sandes  
In der Mitte der Förderstrecke (1H302) befindet sich noch einmal eine Aufbandschleuder. Hier wird der Sand noch einmal aufgelockert und gewendet, damit die Homogenität der Formstoff-Mischung erhalten bleibt und die oberen Lagen des Förderguts nicht austrocknen.
- 1H303/304      Bandförderer mit Pflugscharabstreifern  
Der angelieferte Sand wird hier auf die verschiedenen Fertigsandbunker der Formanlage verteilt
- 1B305-308      Fertigsandbunker der Formanlage  
Die Fertigsandbunker der Formanlage sind die Vorratsbehälter, aus denen die Grünsandformen in der Formanlage hergestellt werden.

Das Ergebnis des vorstehend beschriebenen Prozessablaufes, der eine sehr intensive aber auch schonende Behandlung des Sandes ermöglicht, ist ein Formstoff mit einer nahezu knöllchenfreien und sehr rieselfähigen Konsistenz und einer sehr gleichbleibenden Qualität.

## 2.5. Umsetzung des Vorhabens

Der eigentlichen Umsetzung des Vorhabens ging eine intensive Planungsphase voraus, die sich über einen Zeitraum von ca. 24 Monaten erstreckte. Auf der Basis der eigenen Erfahrung im Bereich der Grünsand-Aufbereitung im Hause Ohm & Häner wurde das Gesamtkonzept abgeleitet. Gemeinsam mit verschiedenen potenziellen Lieferanten wurde eine Reihe von Anlagen besichtigt, die den technischen Status-Quo zum Planungszeitraum darstellten und somit einen repräsentativen Querschnitt der im Markt befindlichen Lösungen repräsentierten. Im Dialog mit Fachkollegen aus der Industrie wurden verschiedene Aspekte betrachtet, die für die Umsetzung der geplanten Referenzanlage von Bedeutung waren.

Das Gesamtprojekt wurde schließlich als schlüsselfertige Anlage bei einem einzigen Lieferanten (Fa Eirich, Hardheim) bestellt. Es wurden lediglich einige wenige individuelle Anlagenelemente (z.B. Simpson-Kollermischer, MikroSort-Anlage) vom Antragsteller separat bestellt und in die Gesamtanlage integriert. Für die mechanische und steuerungstechnische Einbindung war dann ebenfalls der Gesamtauftragnehmer verantwortlich.

Die Bestellung der Gesamtanlage wurde Anfang Oktober 2007 getätigt und von der Firma Eirich am 15.10.2007 bestätigt. Die vorläufige Inbetriebnahme der Anlage erfolgte am 30.08.2008. Von der Inbetriebnahme bis zur endgültigen Abnahme der Anlage am 30.06.2009 wurde die Anlage hinsichtlich ihrer Funktionalität optimiert. Diese Optimierungen bezogen sich in erster Linie auf steuerungstechnische Anpassungen, die Abdichtung der Anlage (Vermeidung von Rieselsand) und die Abstimmung der Aufbereitungsparameter und Formstoff-Zusammensetzung. Ein wichtiger Aspekt des Gesamtprojektes war die Entscheidung, die Anlage vollständig mit Neusand anzufahren. Das bedeutet, dass das gesamte Volumen der Anlage von ca. 240 t Sand vollständig neu aufgebaut werden musste.

Hintergrund:

Die Verwendung von bestehendem Altsand (zum Beispiel aus Werk 1) hätte den Vorteil gehabt, einen bestehenden und bereits "eingefahrenen" Altsand einsetzen zu können, der durch zahlreiche Sandstromläufe bereits gut mit Bindeton umhüllt ist und damit gute Bindeeigenschaften aufweist. Aufgrund des sehr großen Verunreinigungsgrades des Umlaufsand im Werk 1 wurde diese Option allerdings nicht gewählt. Durch das im Werk 1 von O&H betriebene technisch nicht optimale Sandaufbereitungssystem ist der Altsand mit relativ großen Mengen an Kernsandresten, Resten von Speiserhülsen sowie diversen zusätzlichen Verunreinigungen in Form von Metallresten etc. verunreinigt. Damit wären als Ausgangspunkt für das Projekt keine guten Startbedingungen gegeben gewesen. Ein weiterer Grund für die ausschließliche Verwendung von Neusand war der Aufbau eines wesentlich feineren Kornspektrums für den Sand im Werk 2. Wäre der Formsand aus Werk 1 verwendet worden, hätte man die beabsichtigte Kornstruktur nicht gezielt einstellen und erreichen können.

Der Nachteil der ausschließlichen Verwendung von Neusand ist der wesentlich höherer Aufwand, der betrieben werden muss, um den Umlaufsand in einen Zustand zu bringen, der für die Herstellung von Gussteilen hinreichend ist. Neusand benötigt eine Vielzahl an Mischprozessen, bis sich eine ausreichende Umhüllung der einzelnen Formsandpartikel mit Bindeton einstellt. Zu diesem Zweck muss anfänglich mit einer wesentlich höheren Bindetonmenge gearbeitet werden (siehe Abschnitt 3: Ergebnisse). Das bedingt zusätzlich einen wesentlich höheren Wassergehalt im Formstoff, der sich im Aluminiumguss negativ auswirken kann.

Um möglichst schnell in einen ordentlichen Produktionsbetrieb hinein kommen zu können, wurde zunächst nur eine Teilmenge von 25% = 60 Tonnen in das System eingebracht. Diese Teilmenge wurde in wesentlich kürzeren Durchlaufzyklen behandelt und somit schneller in einen verwendbaren Zustand überführt. Die ursprünglich eingebrachte Gesamtmenge wurde zwischen September 2008 und Ende Februar 2009 konstant gehalten, d.h. es wurde kein zusätzlicher Sand in das System eingebracht. Danach wurde aufbauend auf dieser Basismenge das Gesamtsystem über einen langen Zeitraum durch einen geringfügigen Überschuss bei der Neusand-Zugabe kontinuierlich aufgebaut.

## 2.6. Behördliche Anforderungen

Seitens der genehmigten Behörden wurden keinerlei spezielle Anforderungen an die Errichtung der Sandaufbereitung gestellt.

## 2.5. Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

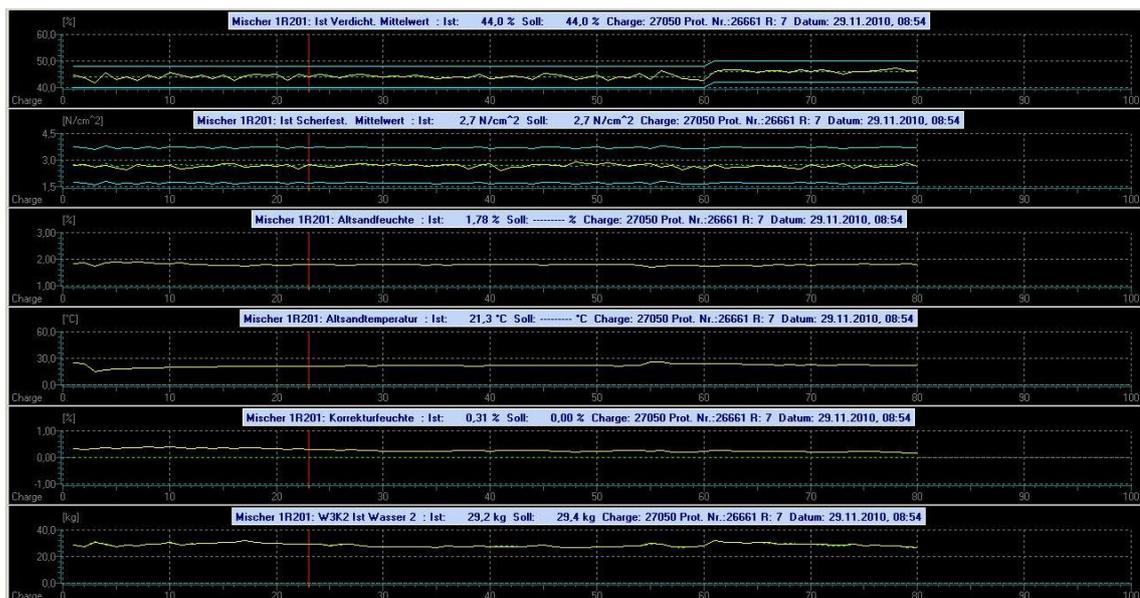
Als Grundlage für die Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten dient das SandExpert-System von Eirich. Hier werden die wesentlichen Aufbereitungsdaten von jedem Mischzyklus hinsichtlich der zugegebenen Mengen erfasst und archiviert:

- Altsand
- zugewogener Neusand
- Bentonit-Zugabe
- Wasserzugabe

Jede hergestellte Sandcharge von ca. 2,5 t Fertigsand wird mit dem Qualimaster-System hinsichtlich der technologischen Eigenschaften untersucht. Hier wird die Verdichtbarkeit (VD) gemessen und die Scherfestigkeit des Sandes bestimmt. Die Verdichtbarkeit ist ein Kennwert für die Fließfähigkeit des Sandes und seinen Bentonit bzw. Wassergehalt. Anhand der Scherfestigkeit wird ermittelt, welche Widerstandsfähigkeit der Formstoff gegenüber mechanischen Belastungen bei der Formherstellung bzw. im Gießprozess aufweist. Diese technologischen Kennwerte werden online analysiert, ausgewertet und archiviert, **Bild 2.14**. Sie stellen die Grundlage für einen Regelkreis dar, der innerhalb der Software für eine Variation der Zugabemengen an Bindeton und Wasser sorgt, um über den Durchschnitt der ermittelten Kennwerte eine möglichst genaue Einhaltung der vorgegebenen Prozessgrenzen einzustellen.

Die Zusammensetzung des Sandes hinsichtlich des Kornspektrums sowie der entsprechenden Gehalte an Bindeton und Schlammstoffen wird seit der Inbetriebnahme des Systems über ein externes Formstofflabor bestimmt. Diese wöchentlichen Analysen bilden die Grundlage für die Variation der Formstoffrezepturen. Zu diesem Zweck wird einmal wöchentlich eine Sandprobe von 10 kg dem Fertigsand-Strom entnommen und in einem luftdichten Beutel verschlossen. Die Probe wird dann umgehend an das Institut für Gießereitechnik (IfG) in Düsseldorf verschickt und dort gemäß dem Stand der Technik mit den genormten Methoden der Sandanalyse untersucht. Die Ergebnisse werden in einem Formstoff-Bericht zusammengefasst und unmittelbar an Ohm & Häner zurückgemeldet.

Diesem Bericht liegen außerdem einige phänomenologische Beobachtungen zu Grunde, die im Laufe des Projektes während des Anlagenbetriebes gemacht wurden.



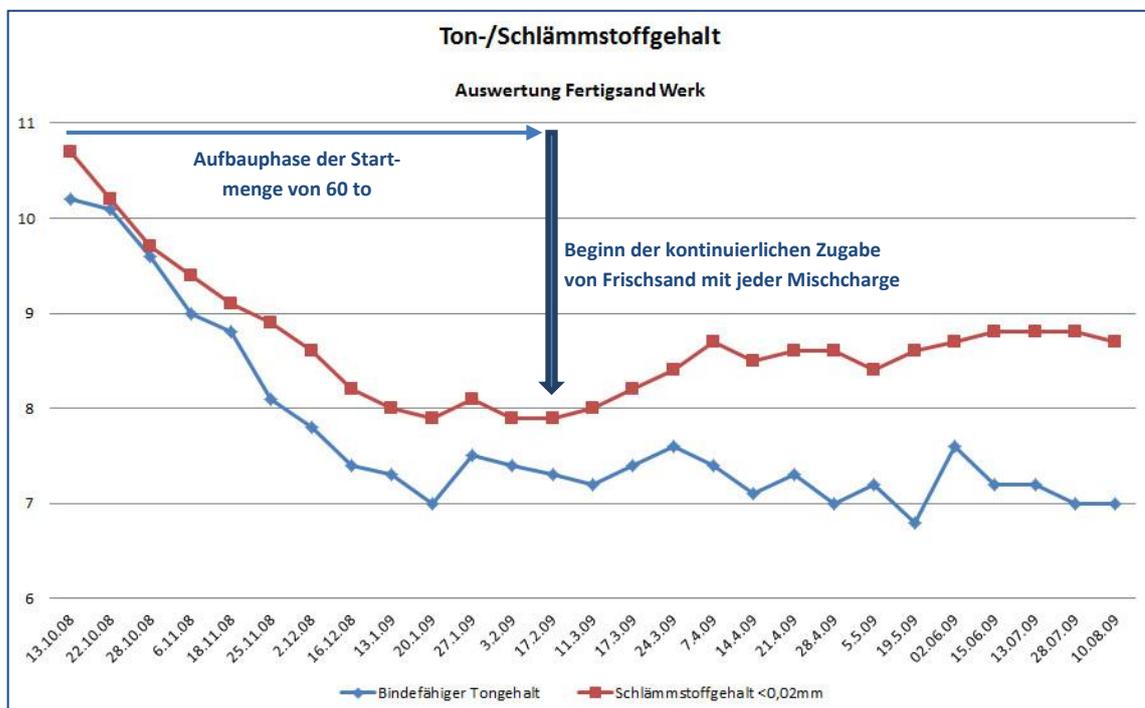
**Bild 2.14:** Online-Messauswertung der technologischen Eigenschaften der Sandmischungen mit dem Eirich-SandExpert

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Technologie

Da es sich bei dem Vorhaben nicht um eine wissenschaftliche Grundlagenuntersuchung handelt, sondern innerhalb eines Fertigungsverfahrens durch eine innovative Anlagenkonzeption ganz pragmatische Ziele erreicht werden sollten, beschränkt sich die Auswertung auf die erfassten Daten, die in dem Berichtszeitraum über die beschriebenen anlagegebundenen Systeme aufgezeichnet wurden.

Die Gesamtanlage wurde nach Festlegung der Spezifikation in relativ kurzer Zeit errichtet. Zwischen der Inbetriebnahme der Anlage am Anfang September 2008 und der endgültigen Leistungsabnahme am 30.06.2009 lagen nur 9 Monate. Das ist bei einer völlig neuartigen und relativ komplexen Anlage ein vergleichsweise kurzer Zeitraum. Dabei muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der gegen Ende 2008/Anfang 2009 bereits voll durchschlagenden Konjunkturkrise nur ein teilweiser Betrieb der Anlage möglich war.



**Bild 3.1: Verlauf des Bentonit und Schlammstoffgehaltes in der Aufbauphase des Sandsystems**

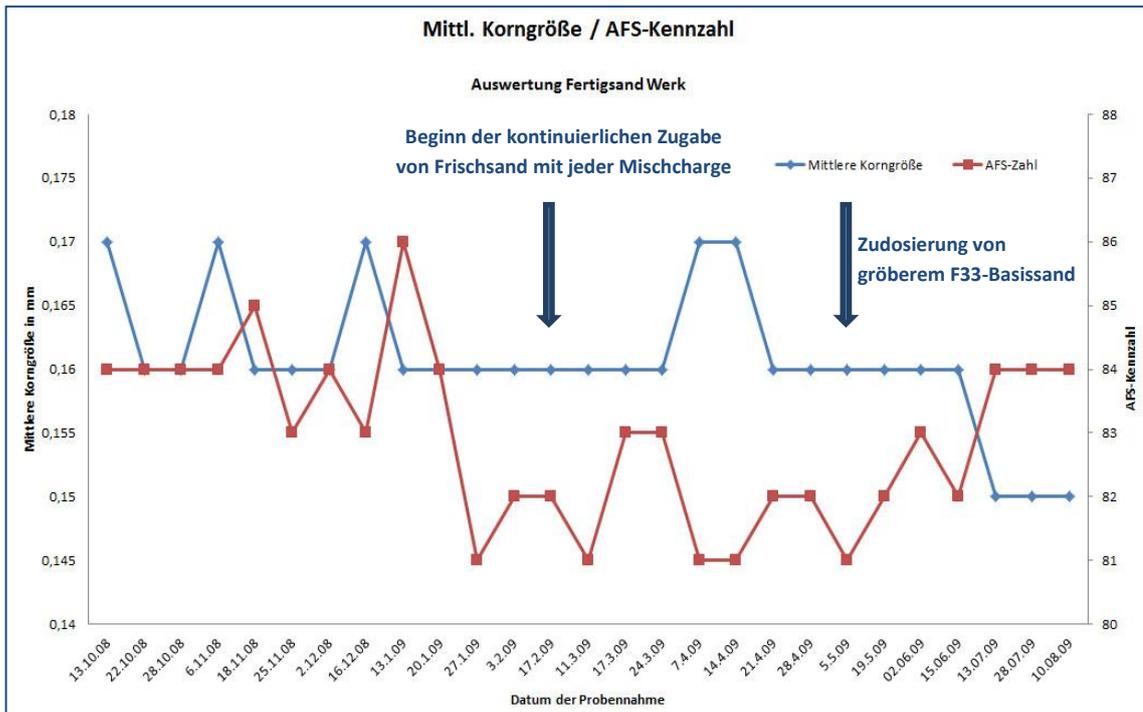
Im **Bild 3.1** ist erkennbar, wie sich der Bentonit-Gehalt im Frischsand in einer relativ kurzen Zeit von etwa fünf Monaten auf einen Analyse-Wert von 7 % eingepegelt hat.

In der ersten Projektphase war ein etwas höherer Bentonitgehalt von 7 % durchaus beabsichtigt, um dem frisch aufgebauten Sand eine höhere Stabilität zu verleihen und damit bereits in einem frühen Stadium betriebsicher produzieren zu können. An der Grafik ist ablesbar, dass eine äußerst wirksame Aufbereitung des Sandes mit der Anlage möglich ist.

Neben dem Bindetongehalt war auch die Betrachtung des Schlammstoffgehaltes wichtig. Schlammstoffe sind Formstoffbestandteile mit einer Korngröße kleiner 0,02 mm. Schlammstoffe sind ein heterogenes Gemisch aus aktivem nicht an Formstoffpartikel gebundenem Bindeton, Kornabrieb und totgebranntem Bindeton. Insbesondere die nicht-binefähigen Anteile in den Schlammstoffen schwächen die Klebekräfte im Formstoff [5]. Hohe Schlammstoffgehalte sind grundsätzlich zu vermeiden, da ihrer negativen Wirkung meist nur mit zusätzlichen Bentonitzugaben und damit erhöhten Wassergehalten im Formstoff begegnet werden kann.

Der aktive Bindeton macht bei der Analyse in den ausgeschlammten Feinstbestandteilen von < 0,02 mm den weitaus größten Anteil aus. In günstigen Fällen liegt er bei > 90% in ungünstigen Fällen bei unter 70%. Der gemessene Bentonitgehalt im Formstoff ist somit zwar prinzipiell an den ermittelten Schlämmstoffgehalt gekoppelt, es stellt sich aber nicht unbedingt ein konstantes Verhältnis beider Größen ein.

Zum Berichtszeitpunkt liegen der Gehalt an bindefähigem Ton bei 6,7 % und der Schlämmstoffgehalt bei 9,6 %.



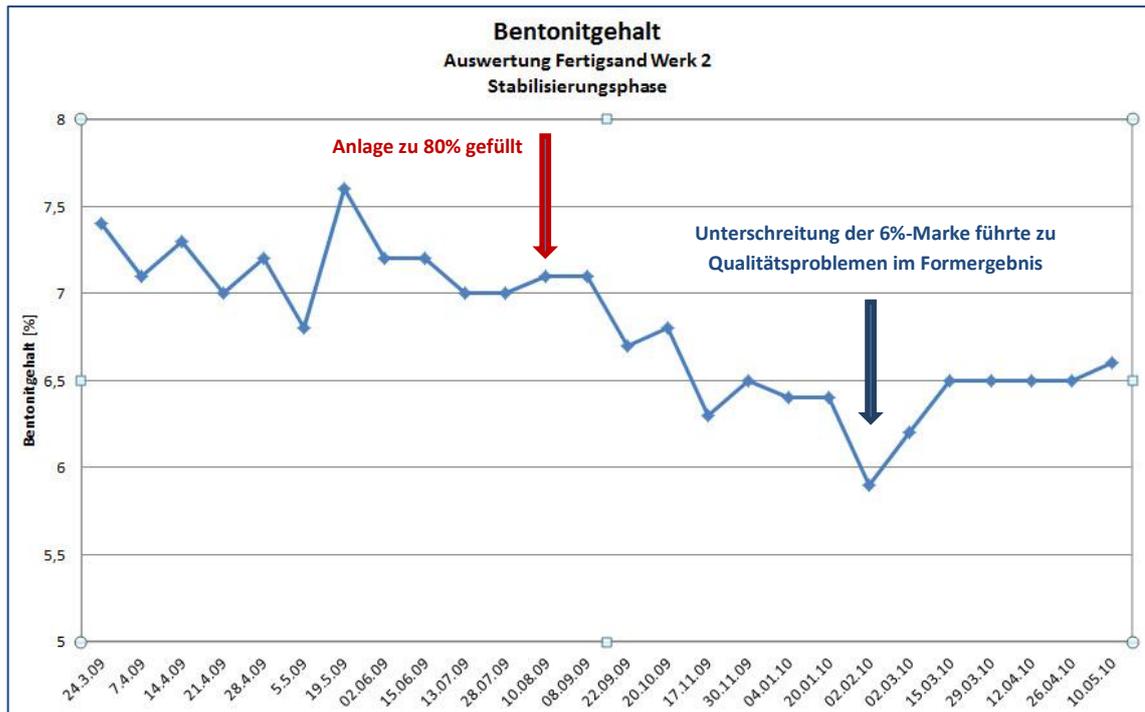
**Bild 3.2: Korngröße und AFS-Kennzahl**

Die mittlere Korngröße der Formstoffmischung bzw. die AFS-Kennzahl (Feinheitsgrad des Formstoffes nach einer Festlegung der AFS, American Foundrymen Society) bestimmt die Qualität der Gussoberflächen entscheidend mit. Je kleiner die mittlere Korngröße und je größer die AFS-Kennzahl, umso glatter sind die resultierenden Gussteiloberflächen.

Das ursprüngliche Ziel war eine mittlere Korngröße von < 0,17 % und eine AFS-Kennzahl > 80.

In **Bild 3.2** ist der Verlauf der Korngröße bzw. die AFS-Kennzahl dargestellt, so, wie sie sich nach Einbringen der Grundmenge in das Sandsystem darstellten. Aufgrund einer entsprechenden Basisrezeptur der verwendeten Rohstoffe konnte direkt eine sehr feine Sandstruktur eingestellt werden. Es zeigt sich, dass sich die mittlere Korngröße tendenziell verringert. Das kommt dadurch zustande, dass sich der Feinkornanteil erhöht, da durch die mechanischen Belastungen bei der Sandaufbereitung Abriebeffekte ergeben. Diesen Effekt kann durch gezielte Zugabe von größerem Formgrundstoff sehr wirksam begegnet werden. Auch hier ist erkennbar, dass die Anlage in der Lage ist, die gewünschten technologischen Eigenschaften durch eine Anpassung der Zugabemengen an Frischsand beeinflusst werden können. Allerdings können messbare Veränderungen aufgrund des relativ großen Gesamtvolumens nicht in kurzfristigen Zeiträumen erreicht werden. Das System ist insofern relativ träge, was aber nach Erreichen stabiler Produktionsparameter eher als Vorteil denn als Nachteil anzusehen ist.

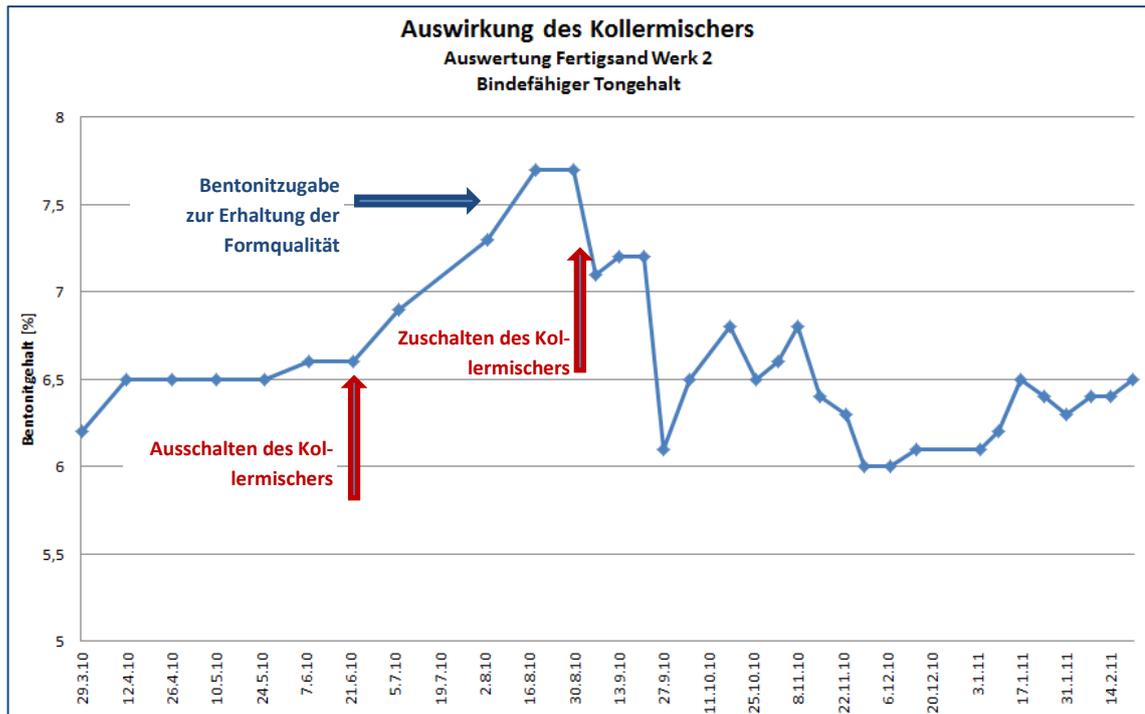
Zum Berichtszeitpunkt liegt die mittlere Korngröße bei 0,17 und die AFS-Kennzahl bei 80-81.



**Bild 3.3: Binfähiger Tongehalt (Bentonitgehalt) in der Stabilisierungsphase**

Nach Erreichen eines Füllstandes im Gesamtsystem von über 80 % (gleich ca. 200 t Altsand) war die Aufbauphase des Sandsystems im Herbst 2009 abgeschlossen. In der Folge konnte damit begonnen werden, den Bentonit-Gehalt kontinuierlich abzusenken. Durch eine schrittweise Reduzierung der Zugabemengen an Bentonit wurde schließlich Anfang Februar 2010 ein Bentonitgehalt von 6 % erreicht, **Bild 3.3**. Es zeigte sich, dass eine Unterschreitung dieses Grenzwertes, der ursprünglich an den Zielen festgelegt worden war, zu einer Verschlechterung der Sandqualität führte, die sich dadurch äußerte, dass komplexe und schwierige Formen nicht mehr fehlerfrei darstellbar waren.

Es wurde schließlich ein Bentonitgehalt von 6,5 % eingestellt. Dieser Richtwert erwies sich in der laufenden Produktion als günstig. Aufgrund der sehr heterogenen Fertigung bei Ohm & Häner mit ständig wechselndem Programm, schwanken die Anforderungen an den Formstoff in sehr kurzen Zeiträumen. Das bedeutet, dass unter Umständen bei aufeinander folgenden Produktionsaufträgen sehr unterschiedliche technologische Eigenschaften von dem Sandsystem abgefordert werden müssen. So können in einem Fall relativ flache und großflächige Bauteile hergestellt werden, bei denen es auf eine gute Abbildungsgenauigkeit des Formstoffes ankommt. In einem nächsten Fall werden unter Umständen Bauteile gefertigt, die stark zerklüftete und tiefe Formtaschen aufweisen. In diesem Fall muss der Formstoff relativ hohe Festigkeiten aufweisen und ein gutes plastisches Verhalten an den Tag legen. Um das Formstoff-System nicht mit ständigem Rezepturwechseln zu belasten, wurde schließlich dazu übergegangen, einen einheitlichen Sand zu verwenden, der so eingestellt ist, dass die stark unterschiedlichen Erfordernisse im Produktionsalltag bestmöglich abgedeckt sind. Durch die äußerst präzise Regelung des Sandaufbereitungssystems, lässt sich der Gehalt an bindefähigem Ton auch über einen längeren Zeitraum konstant halten. Damit sind mit der konzipierten Sandaufbereitungsanlage sehr gute Voraussetzungen geschaffen, um mit einem "Einheitssand" sehr gute und konstante Produktionsergebnisse bei einer sehr breiten Produktpalette zu erzielen.



**Bild 3.4: Erprobung der Auswirkung des Kollermischers**

Ein zentraler Bestandteil des Gesamtkonzeptes war die Verwendung des Kollermischers in der Altsand-Strecke. Es war das Ziel, den Bentonit-Gehalt weitgehend abzusenken und damit auch den spezifischen Wassergehalt im Formstoff zu minimieren. In der Konzeption sollte das erreicht werden, indem der Bentonit durch einen Kollermischer vor der Einlagerung in den Silos durch mechanische Einwirkung aufgeschlossen und der Formstoff mit diesem Prozess konditioniert wird.

Um die Wirksamkeit im Hinblick auf die Verbesserung der Bentonitnutzung (Ziel: Reduzierung des Bentonitgehaltes) zu untersuchen, wurde der Kollermischer nach Erreichen einer stabilen Phase im Frühjahr 2010 abgeschaltet. Es zeigte sich unmittelbar, dass der Bentonitgehalt durch Steigerung der Zugabemengen erhöht werden muss, um den Qualitätsverlust an den Sandformen auszugleichen. Es war erforderlich, den Bentonit Gehalt im Einheitssand von dem ermittelten Optimalwert von 6,5% auf Werte von über 7,5 % zu steigern. Da der Wassergehalt im Formstoff direkt proportional zum Bindeton ist, musste die Formstoff-Feuchtigkeit ausgehend von einem Niveau von ca. 2,9 % auf Werte von 3,5 % und mehr angehoben werden. Eine solche Maßnahme ist grundsätzlich von negativer Wirkung auf den Aluminium-Sandguss, da durch ein erhöhtes Feuchtigkeitsniveau in der Form die Wasserstoffaufnahme begünstigt wird.

Nach einem Zeitraum von drei Monaten wurde der Kollergang im September 2010 wieder zugeschaltet. In kürzester Zeit bildeten sich durch den hohen spezifischen Bentonitgehaltes vergleichsweise feste und kompakte Knollen mit einem durchschnittlichen Durchmesser von etwa 20-25 mm. Wie in **Bild 3.5** zu sehen ist, konnte das System mit dieser sehr ungünstigen Knollenbildung kurzfristig nicht umgehen. Das Mehrdeckersieb und das nachgeschaltete erste Flachsieb (1F402) mit einer Maschenweite von 12 mm vermochte es nicht, die festen Knollen zu zerkleinern. Da das Siebgut auf den Siebelägen nicht beschwert wird, um einen übermäßigen Kernsandabrieb zu vermeiden, wurden die Grünsandknollen in dieser Situation auf dem gleichen Wege wie die harten Kernsandknollen über die Schüttgutstrecke ausgetragen.



**Bild 3.5: Knollenbildung bis zur letzten Siebstufe – dadurch großer Sandverlust**

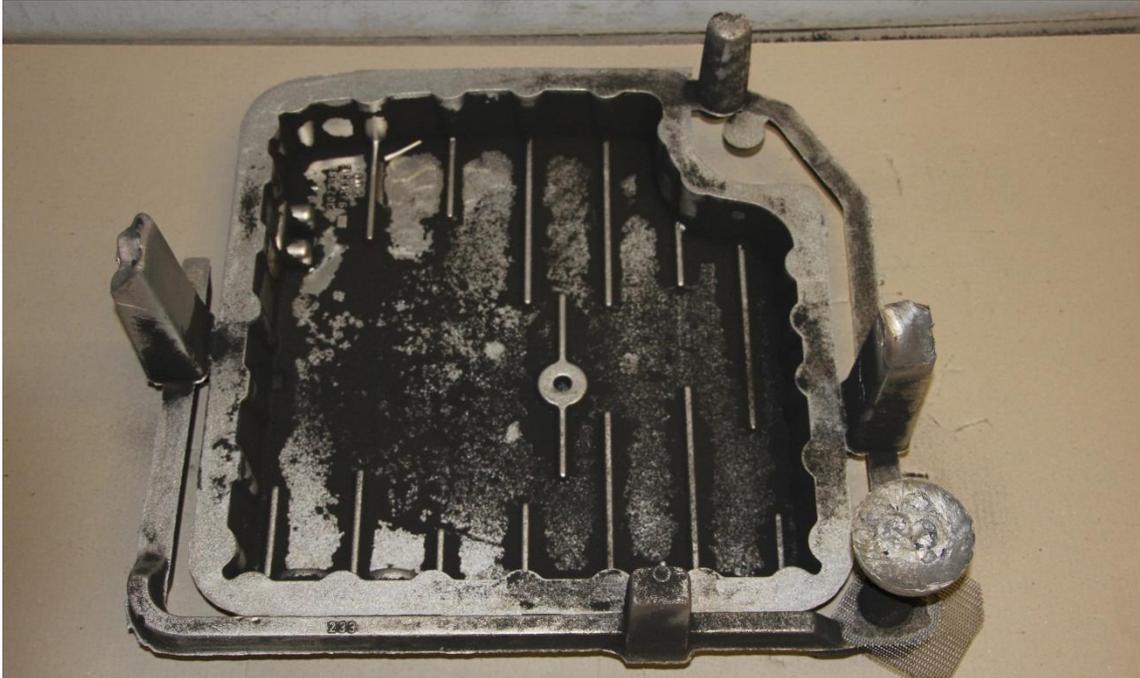
In sehr kurzer Zeit kam es dazu, dass erhebliche Mengen an sehr gutem, wertvollem Formstoff auf diese Art und Weise verloren gingen. Das Sandsystem verringerte sich innerhalb weniger Stunden von einem Niveau von über 80 % Füllstand auf unter 25 %. Durch die Systemträgheit konnte auch durch die sofortige Abschaltung weiterer Bentonitzugaben keine unmittelbare Verbesserung erzielt werden. Weitere Sandverluste wurden dadurch vermieden, dass die letzte Siebstufe entfernt wurde, und an dieser Stelle vorhandene Mischsandmenge zur Abtrennung der Verunreinigungen über den MikroSort-Scanner geschickt wurde. Damit konnte dessen Funktionssicherheit auch im Hinblick auf größere Beschickungsmengen getestet werden.

Innerhalb von 4 Wochen regulierte sich der Bentonitgehalt auf ein Niveau von unter 6,5 %. Es wurde weiterhin auf zusätzliche Zugaben von Bentonit verzichtet, damit herausgefunden werden konnte, auf welchem Bentonitgehalt sich die offensichtlich übermäßige Bentonitmenge im Formstoff einpendelt. Es konnte etwa zwölf Wochen ohne zusätzliche Bentonitzugaben produziert werden. Der Bentonitgehalt stellte sich dann ohne merkliche Qualitätseinbußen im Bereich der Formerstellung auf ein Niveau von etwa 6 % ein. Schließlich wurde mit gezielten Bentonit-Zugaben das ursprüngliche Niveau von 6,5 % Gehalt an bindfähigem Ton wieder erreicht.

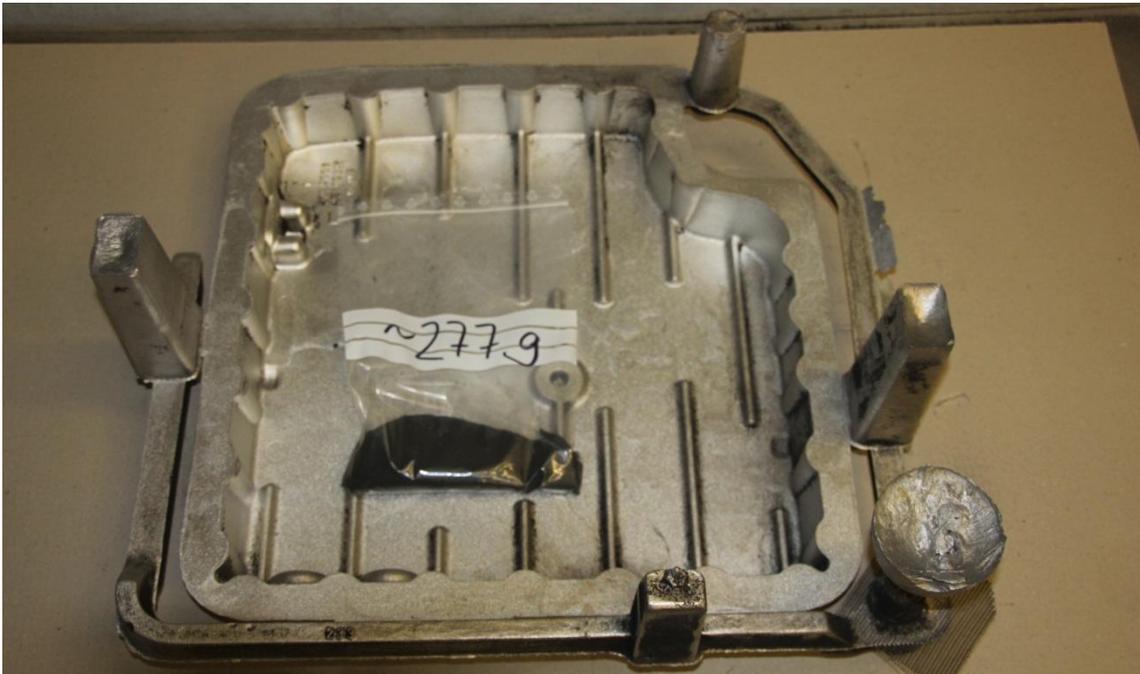
Über einen Versuchszeitraum von sechs Monaten konnte so nachgewiesen werden, dass der Kollermischer als Aggregat zur Konditionierung des Formstoffes äußerst große Wirkung entfaltet. Der Mischer bildet eine Grundvoraussetzung dafür, den Bentonit Gehalt entscheidend absenken zu können. Allerdings konnte in der gegebenen Konstellation keine Minimierung des Bindetongehalt auf Werte unter 6 % erreicht werden, ohne erhebliche Qualitätseinbußen im Bereich der Formherstellung zu erleiden.

### 3.2. Stoffmengen

Die durchschnittlich gemessene Menge an anhaftenden Formstoff beträgt je nach Ausprägung der Geometrie zwischen 600 g und 200 g. Im Durchschnitt können ca. 300 g angenommen werden. Für die Herstellung einer kompletten Gussform werden durchschnittlich ca. 400 kg Formstoff eingesetzt (200 kg Unterkastenform und 180-240 kg Oberkastenform). Somit beträgt der spezifische durchschnittliche Gesamtverlust an Formstoff, der über die Gusstraube aus dem Sandsystem ausgetragen wird ca. 0,075 %. Diese anhaftende Formstoffmenge kann mit vertretbarem Aufwand nicht zurück gewonnen werden, **Bild 3.6 / 3.7.**



**Bild 3.6:** Gusstraube mit anhaftendem Restformstoff



**Bild 3.7:** Gesäuberte Gusstraube mit abgewogener Sandmenge

Die Traube wird im weiteren Prozess mit Edelstahlkorn abgestrahlt. Bei diesem Vorgang geht die anhaftende Formstoffmenge verloren und wird über das Entstaubungssystem entsorgt.

Durch die hermetische Abriegelung und Abdichtung der Sandaufbereitung tritt nur eine sehr geringe Menge an Rieselsand aus dem System aus. Der Sandaufbereitungsturm ist so aufgebaut, dass alle Ebenen mit Gitterrost ausgelegt sind. So kann der überwiegende Teil an Rieselsand durch die gesamte Anlage hindurch fallen und wird auf der untersten Ebene auf der Betonfläche aufgefangen. Diese Fläche wird regelmäßig gereinigt. Der gesamte anfallende Formstoff, der zum überwiegenden Teil aus sauberem Grünsand besteht wird in einer Transportmulde gesammelt und dem System wieder zugeführt. Das gleiche gilt für den Aufbereitungsbereich im Keller unterhalb der Formanlage. Auch hier ist die Betonfläche gut zugänglich und kann sehr gut gereinigt werden. Der überlaufende bzw. in den Aggregaten (Formanlage, Transportbänder etc.) "abstaubende" Sand kann fast vollständig geborgen werden und steht für eine Rückführung in die Aufbereitungsanlage zur Verfügung.

Ein Verlust von Formstoff über die Entstaubung der Sandaufbereitungsanlage ist weit gehend ausgeschlossen, da wie in der Verfahrensbeschreibung dargelegt, das Material aus den Staub und Anlage in ein Silo (1B514) zurückgeführt wird. Diese Rohstoffe aus dem Entstaubungssystem werden der zu gewogenen Neusandmenge in einem entsprechenden Verhältnis wieder zugeführt, so dass an dieser Stelle kein Material verloren geht.

Ein entscheidender Aspekt in Bezug auf die Einsparung von Rohstoffen ist die Wirksamkeit der Trennung des Grünsandsystems von den prozessbedingt einlaufenden Kernsandresten. Wie in der Verfahrensbeschreibung ausgeführt, wie diese Trennung durch die verschiedenen Siebstufen im Mehrdecksieb und in den Flachsieben erwirkt. Der restliche Anteil wird über das erstmalig in einer Gießereianwendung installierte MikroSort-System herausgebracht. Eine Quantifizierung ist durch die hermetische Abriegelung des Systems schwierig, allerdings ist es möglich eine qualitative Aussage zu treffen, die auf Beobachtungen beruht. Hier zeigt sich, dass die im restlichen Altsandstrom befindlichen Kernsandbestandteile (**Bild 2.6, Seite 14**) über das pneumatische Sortiersystem sehr sicher entfernt werden. Der Nachweis ist auch darüber möglich, dass in der aufbereiteten Fertigsandmenge überhaupt keine Kernsandreste zu finden sind. Die Erfahrung aus herkömmlich betriebenen Sandaufbereitungsanlagen zeigt, dass hier in jeder Volumeneinheit zum Teil erhebliche Mengen an Kernsandresten auftreten, die auch den Mischprozess überstehen, obwohl dieser in der Regel erhebliche mechanische Kräfte in den Formstoff einbringt.

Ohne aus geeigneten Messverfahren entsprechende Werte ableiten zu können, gehen wir davon aus, dass der Grad der Aussortierung durch die Siebe und dem nachgeschalteten Scanner bei deutlich größer 99 % liegt. Damit ist die Reinigungswirkung wesentlich besser als in der Antragsphase angenommen. Hier war von einer Reinigungswirkung von > 95 % ausgegangen worden, da aus den Vorversuchen, die im Technikum des Lieferanten durchgeführt worden waren, entsprechende Ergebnisse abgeleitet worden sind. In diesen Versuchen waren in den ausgeschiedenen Mengen an „unerwünschtem Abfall“ lediglich ca. > 5 % an „guten“ Teilchen enthalten. Diese Versuche waren mit stark verunreinigtem Altsand aus der herkömmlichen Produktion bei Ohm & Häner durchgeführt worden. Da der im Umlauf befindliche Altsand in der neuen Anlage einen äußerst geringen Verunreinigungsgrad aufweist, ist die Reinigungswirkung des Scanners wesentlich höher, da sich in dem zu scannenden Sandstrom spezifisch gesehen wesentlich weniger Fremdmaterial befindet und dieses demzufolge auch wesentlich besser erkannt werden kann.

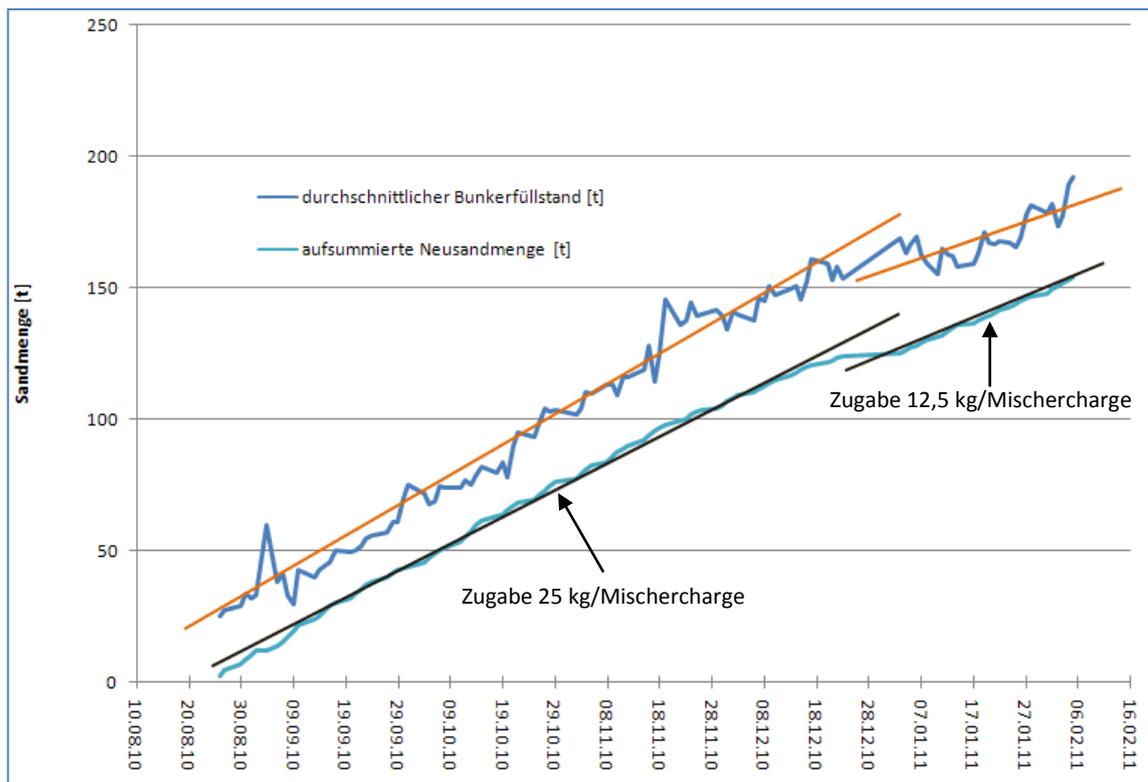
Damit konnte das alte Problem der mechanischen Siebung der Gemische aus tongebundenen (klebrigen) Grünsandknollen und heißen, verbrannten Kernsandresten durch die Integration eines Scannersystems aus dem Recyclingsbereich gelöst werden, der eine nahezu vollständige sortenreine Trennung ermöglicht.

Wurden bisher oftmals Gemische mit 50/50%-Anteilen wg. der hohen Kosten der weiteren Trennung einfach „entsorgt“, kann in der neuen Fertigung bei Ohm & Häner die Altsand-Entsorgung aufgrund von Anreicherung von Kernsandbestandteilen und die damit verbundene Zunahme des Altsandvolumens vollständig entfallen. Damit beschränkt sich die Zugabe an

Neusand auf den Betrag, der unwiederbringlich verloren geht, indem -wie beschrieben- anhaf-tender Formstoff von der Gusstraube abgestrahlt wird und Rieselsand nicht zu 100 % erfasst und zurückgeführt werden kann.

Ein wichtiger Aspekt bei der Betrachtung von Stoffmengen ist die Auswirkung der Neusand-Zugabe in Bezug auf die umlaufende Formstoffmenge. Diese Betrachtung ist sehr langwierig, da das System ein sehr großes Volumen aufweist und die Zuschlagsmengen stark begrenzt werden müssen, damit das Formstoffsystem weiter verwendbar bleibt und durch die Neusand-Zugabe in seinen technologischen Eigenschaften nicht zu stark beeinträchtigt wird.

Zu diesem Zweck wurde in einem Zeitraum zwischen August 2010 und Februar 2011 das Sand-system vollständig neu aufgebaut. Ausgehend von einem Bunker-Füllstand von etwa 10 % gleich ca. 25t wurde jeder Sandmischung einen Neusandmenge von zunächst 1% = 25 kg und später 0,5 % = 12,5 kg zugeschlagen. In **Bild 3.8** ist der durchschnittliche Bunker Füllstand aller vier Altsandbunker über den Zeitraum aufgetragen. Die teilweise starken Ausschläge der Kurve sind dadurch begründet, dass der individuelle Bunker-Füllstand davon abhängt, wie viel Sand zum Zeitpunkt der Aufzeichnung des Kennwertes (zu Beginn des jeweiligen Produktionstages) in der Formanlage gebunden ist und demnach nicht in den Füllstand wird der Silo-Bunker ein-geht. Daher ist eine Trendlinie eingezeichnet. Unterhalb ist die aufsummierte Menge an Neusand aufgetragen, die in dem betreffenden Zeitraum in das Sandsystem eingebracht wurde. Der linke Kurvenabschnitt zwischen August und Dezember 2010 entspricht einer Zu-schlagsmenge von 25 kg (1 %) für jeden Misch-Vorgang von 2,5 t, der rechte Kurvenabschnitt von Januar bis Februar 2011 steht für eine Zuschlagsmenge von 12.5 kg (0,5 %) bezogen auf jeden Mischvorgang von 25 t.



**Bild 3.8: Auswirkung der Neusandzugabe auf die Bunkerfüllstände**

Es ist deutlich erkennbar, dass die Zugabe von 1 % an Neusand einen direkt proportionalen Anstieg der Bunkerfüllstände ergibt. Eine gezielte Reduzierung der Zuschlagsmenge an Neusand auf einen Wert von 12,5 kg / Mischercharge ergibt zwar eine Verlangsamung des Anstieges der Bunkerfüllstände, jedoch ist auch hier praktisch ein paralleler Anstieg ersichtlich. Das bedeutet, dass das neu konzipierte Sandaufbereitungssystem nicht durch die Zugabe von Neusand kompensiert werden muss, da die Menge an Sand, der aus dem System ausgetragen wird, äußerst gering ist. Die geringe Verlustmenge wird bereits dadurch ausgeglichen, dass

vollständig zerfallener Kernsand und Kernabrieb als rieselfähigen Sand in den Formstoff einlaufen und in dieser Form nicht mehr abgetrennt werden können. Aus dem Blickwinkel der Mengenbilanz kann also auf die Zugabe von Neusand vollständig verzichtet werden. Gleichwohl muss davon ausgegangen werden, dass eine gewisse Zuschlagsmenge zur Auffrischung des Sandes regelmäßig in den Sand hinein gegeben werden muss. Die Erfahrungen aus der 3-jährigen Fertigung haben gezeigt, dass die Frischsandzugabe bis auf einen Anteil von max. 0,25% reduziert werden kann. Der sich ergebende Sandüberschuss der Anlage wird nicht direkt entsorgt sondern einer sekundären Nutzung zugeführt. Der gereinigte Altsand wird in der Produktion von Ohm&Häner im Gießereiwerk in Olpe in das Sandsystem eingeschleust und dort weitergenutzt. Durch diese Maßnahme reduziert sich die Neusandzugabe an dem zweiten Standort um einen entsprechenden Betrag. In Bezug auf die beantragte Anlage kann man davon ausgehen, dass keine zu entsorgende Menge anfällt. Damit kann festgehalten werden, dass das konzipierte System die Anforderungen an eine Reduzierung der Neusand-Zugabe zu dem Formstoff-System mehr als erfüllt. Es konnte bei der Antragstellung nicht davon ausgegangen werden, dass es möglich sein würde, ein Formstoff-System aufzubauen, das in der Lage ist, mit einem Recyclingsfaktor von nahezu 100 % zu arbeiten und gleichzeitig sämtliche Fremdstoffe und Verunreinigungen aus dem Umlaufsand heraus zu trennen. Insofern sind diesbezüglich die bestmöglichen Voraussetzungen für eine nachhaltige Fertigung gegeben, die gleichermaßen umweltschonend und kosteneffizient betrieben werden kann.

Hinsichtlich einer quantitativen Bewertung der Qualitätsverbesserung und Ausschussreduzierung können an dieser Stelle keine konkreten Angaben gemacht werden. Zum Berichtszeitpunkt fehlen diesbezüglich Vergleichswerte, da die Verhältnisse in der Altanlage nicht mit denen der neu gebauten Anlage direkt vergleichbar bzw. übertragbar sind. Es können jedoch durchaus qualitative Bewertungen vorgenommen werden. Die Gussteile, die mit Formstoff aus der neuen Sandaufbereitungsanlage hergestellt werden, sind wesentlich gleichmäßiger und in ihrer Oberflächenbeschaffenheit deutlich glatter und mit weniger individuellen Fehlern versehen. Daraus leiten sich tendenziell geringere Aufwendungen für das Putzen und Verschleifen sowie für die Fehlerkorrektur (Schweißen) ab.

### 3.3 Umweltbilanz

Die aus dem positiven Gesamtergebnis hervorgehenden Effekte auf eine Reduzierung von umweltbelastenden Einflüssen aus der Fertigung ergeben sich aus der Einsparung von Ressourcen und einer gleichermaßen deutlichen Minimierung von Entsorgungsmengen.

Die Leistung des konzipierten Sandaufbereitungssystems und die sich daraus ergebenden Ressourceneinsparungen lassen sich wie folgt darstellen:

Genehmigte Betriebsstunden der Anlage:	365 Tage x 24 h	8.760 h
Nutzungsgrad der Anlage:	75 %	6.570 h
Leistung der Formsandaufbereitungsanlage:	70 t / h	460.000 t / a
Neusandzuschlag bei konventioneller Fertigung:	ca. 3 %	13.800 t / a
Entsorgungsmenge bei konventioneller Fertigung:	ca. 3 %	13.800 t / a
Neusandzuschlag Ohm&Häner Werk 2:	0,25 %	1.150 t / a
Entsorgungsmenge Ohm&Häner Werk 2 (Sekundär-Nutzung):	0 %	0 t / a

Einsparung Neusandmengen:	12.650 t / a
Einsparung an Entsorgungsmengen:	13.800 t / a
Gesamtmenge aus Einsparungseffekten:	26.450 t / a

Es kann also davon ausgegangen werden, dass eine gesamte Stoffmenge von bis zu 26.450 t / a nicht angeliefert bzw. entsorgt werden muss.

Transportmenge / LKW-Transport	25 t	
Anzahl an notwendigen LKW-Transporten	26.450 t / 25 t	1.058

Ausgehend davon, dass für jeden erforderlichen Transport sowohl für die Anlieferung (Lagerstätte Frechen) als auch die Entsorgung (Deponie Lünen) entsprechende Entfernungen gefahren werden müssen ergibt sich daraus eine umweltrelevante Gesamtmenge an Entfernungskilometern von:

Frechen-Drolshagen-Frechen	100 + 100 km	200 km/Lieferung
Olpe-Drolshagen-Lünen-Olpe	15 + 80 + 95 km	190 km/Entsorgung

Daraus ergibt sich eine Gesamtstrecke bei Vollausslastung, die eingespart werden kann von:

1.058 Fahrten x 380 km	ca. 400.000 km
------------------------	----------------

Die Rohstoffe werden mit speziellen Tankfahrzeugen angeliefert und müssen leer zurückfahren. Die Entsorgung erfolgt mit Abfallcontainern von 10 m<sup>3</sup> Volumen. Die Entsorgungsmenge beträgt bestenfalls 25 t. Es werden lokale Entsorgungsunternehmen eingesetzt, die in der Regel ebenfalls leer zurück fahren müssen.

Bei der vorstehenden Betrachtung ist zu berücksichtigen, dass bei der Berechnung von einer sehr geringen Zuschlags- bzw. Entsorgungsmenge von 3 % ausgegangen wird. Wie bereits an früherer Stelle ausgeführt wurde, liegt dieser Wert in konventionellen Al-Gießereien oder auch im Eisenguss bei mindestens 3 % und zum Teil deutlich darüber. Ausgehend von diesen Werten liegen die Einsparungseffekte unter Umständen deutlich höher.

## CO<sub>2</sub>-Berechnung

Der Berechnung der potenziellen CO<sub>2</sub>-Einsparung liegen folgende Annahmen zugrunde [6],[7]:

- spezifischer Treibstoffverbrauch LKW	je t Gewicht	1l / 100 km
- spezifische CO <sub>2</sub> -Ausstoß je 1 l Diesel		2,6 kg

Berechnung der potenziellen CO<sub>2</sub>-Einsparung

### a.) Anlieferung Neusand:

Eingesparte Gesamtmenge [t]		12.650
Anzahl erforderlicher LKW-Fahrten	25 t/Fahrt	506
Streckenkilometer Anlieferung [km]	100 km / Fahrt	50.600
spezifischer Dieserverbrauch Anlieferung a 40 t [l]	40 l / 100 km	20.240
Streckenkilometer Rückfahrt [km]	100 km / Fahrt	50.600
spezifischer Dieserverbrauch Rückfahrt a 18 t [l]	15 l / 100 km	7.590
Kraftstoff-Gesamtverbrauch Anlieferung [l]		27.830

### b.) Entsorgung Altsand

Eingesparte Gesamtmenge [t]		13.800
Anzahl erforderlicher LKW-Fahrten	25 t/Fahrt	552
Streckenkilometer Entsorgung [km]	80 km / Fahrt	44.160
spezifischer Dieserverbrauch Anlieferung a 40 t [l]	40 l / 100 km	17.664
Streckenkilometer Rückfahrt [km]	110 km / Fahrt	60.720
spezifischer Dieserverbrauch Rückfahrt a 18 t [l]	15 l / 100 km	9.108
Kraftstoff-Gesamtverbrauch Entsorgung [l]		26.772

**Eingesparte Kraftstoff-Gesamtmenge aus a.) und b.) [l] 54.602**

**Daraus errechnet sich eine jährliche Gesamteinsparung an CO<sub>2</sub> in Höhe von 142.000 kg, also ca. 140 t.**

Durch die hohe Sortenreinheit der Sandtrennungen im Grünsand- und Kernaltsand erhöht sich als Nebeneffekt auch die Verwertbarkeit (Recyclbarkeit) der chemisch gebundenen Kernaltsande unabhängig vom eingesetzten Bindersystem. Die dabei einzusparenden Kosten nebst Umweltauswirkungen sind nicht Gegenstand dieses Förderprojektes, können jedoch in Zukunft mit einer weiteren Investition als zusätzliche Einsparung umgesetzt werden.

### 3.4. Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Basis für die Analyse der Wirtschaftlichkeit der konzipierten Anlage sind die Betrachtungen aus **Abschnitt 3.3 Umweltbilanz**, da sich die Kosteneinsparungen unmittelbar aus den eingesparten Materialien und den damit verbundenen Entsorgungskosten ergeben.

Wie vorstehend dargelegt liegt die Gesamtmenge aus Einsparungseffekten in der Größenordnung von 26.420 t / Jahr, dabei entfallen auf die Einsparung an Neusand 12.650 t und auf die Verringerung der zu entsorgenden Altsandmenge 13.800 t.

Zum Berichtszeitpunkt ergeben sich daraus folgende Kosteneinsparungen:

Neusandeinsparung:	12.650 t	45 €/t	569.250 €/a
Entfallende Entsorgung:	13.800 t	43 €/t	593.400 €/a
Gesamteinsparung:			1.162.650 €/a

Die mengenbezogenen Kosten sind Inklusivpreise und beinhalten sämtliche Transportkosten.

Durch die wesentlich höhere Effizienz des Formstoffes ergibt sich zusätzlich eine wesentliche Einsparung an Bentonit im Formstoff, der sich ebenfalls in nennenswertem Maße in einer Kostenreduzierung auswirkt.

Wie bereits ausgeführt wurde kann mit der neukonzipierten Anlage der Bentonitgehalt von konventionell etwa 8% Gehalt im Formstoff auf 6,5 % reduziert werden, ohne dass sich nennenswerte technisch relevante Auswirkungen auf die Produktion erkennen lassen. Bei einer gesamten Umlaufmenge von jährlich 460.000 t entspricht das etwa einer Einsparung von 92 t, da bei jeder der ca. 184.000 Mischungen ca. 0,5 kg an Bentonit eingespart werden kann.

Die aktuellen Kosten je Tonne Bentonit liegt bei 228 €.

Daraus ergibt sich zusätzlich eine gesamte Kosteneinsparung von rd. 21.000 €.

Mit der Gesamtanlage lassen sich so direkt durch Rohstoffeinsparungen und Reduzierung von Abfallkosten rd. 1,18 Mio.-€ einsparen. Die Gesamtkosten der Anlage belaufen sich auf ca. 4.500.000 €. Die theoretische direkte Amortisation infolge der aufgezeigten Einsparungen wäre somit in einem Zeitraum von ca. 4 Jahren möglich, sofern die Anlage voll ausgelastet ist.

Die durch die KfW eingeräumten Fördermittel betragen nominell ca. 475.000 € in Form von indirekten Zuschüssen durch reduzierte Zinsen und einer gestreckten Kreditlaufzeit von 14 Jahren anstatt 10 Jahren. Da der Betrag sich über die Finanzierungslaufzeit erstreckt und nicht als direkte Summe ausgezahlt wird, wird die Amortisation der Anlage dadurch nicht unmittelbar beeinflusst.

Die Betriebskosten der Anlage sind in dieser Betrachtung nicht erfasst.

Zusätzliche Einsparungen durch Qualitätsverbesserungen auf eine unmittelbare Reduzierung von Ausschuss in der Produktion ist bei dieser Betrachtung ebenfalls nicht berücksichtigt, hat aber einen zusätzlichen positiven Effekt auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

### 3.5 Vergleich der beantragten Ziele zu den konkret erreichbaren Kenngrößen:

<b>Kenngröße</b>	<b>Zielstellung</b>	<b>Potenzial</b>
Reduzierung der Deponiemenge	ca. 9.000 t/a	12.650 t/a
Reduzierung Neusandeinsatz	ca. 9.000 t/a	13.800 t/a
Einsparung von Bentonit (Formstoffbindekomponente)	ca. 100 t/a	92 t/a
Reduzierung CO <sub>2</sub> -Emissionen durch Transporte	100 t/a	140 t/a
Kosteneinsparung / Jahr	ca. 0,5 Mio €	ca. 1,18 Mio €

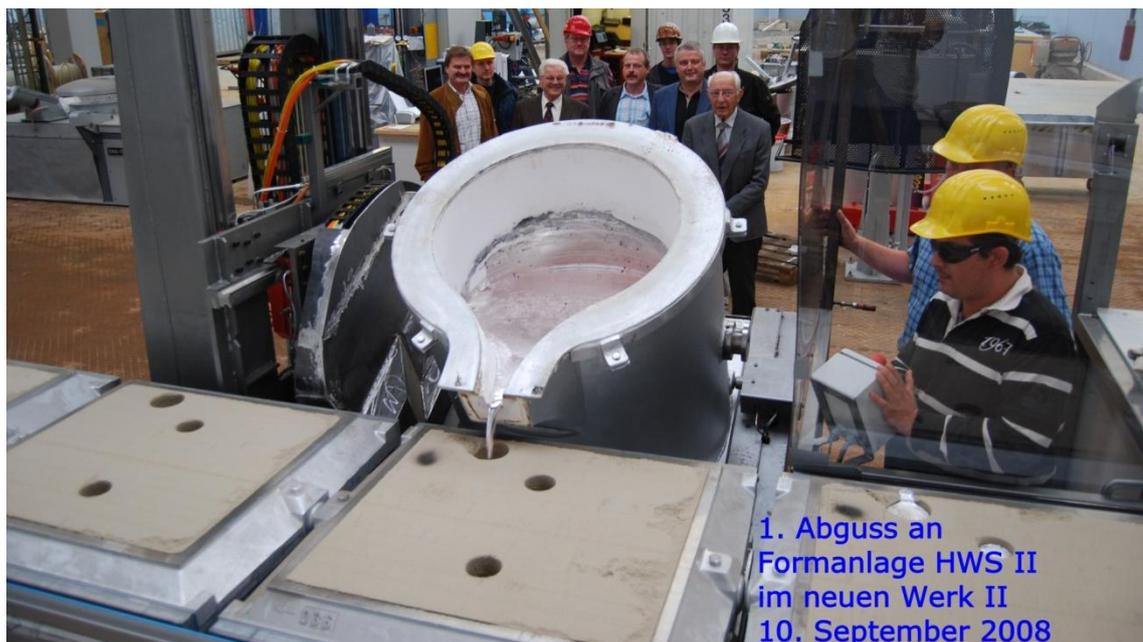
Eine Gegenüberstellung der ursprünglich beantragten Ziele hinsichtlich der Reduzierung von Deponiemengen und zu ersetzenden Einsatzstoffen zeigt, dass die ursprünglich angesetzten Mengen deutlich übertroffen werden können, wenn die Sandaufbereitungsanlage in der projektierten Art und Weise ausgelegt wird. Das Einsparpotenzial und die sich daraus ergebenden Kostenvorteile hängen allerdings entscheidend davon ab, wie hoch der Verunreinigungsgrad im Formstoffgemisch ist und wie viel Formstoff zur Auffrischung und Regeneration ausgetauscht werden muss. Je nach Formstoffaufbereitungsanlage fällt diese Betrachtung unterschiedlich aus und kann die angegebenen Werte noch deutlich übersteigen. Die angegebenen Daten beruhen auf einer Abschätzung der bei Ohm&Häner vorliegenden Verhältnisse.

## 4. Empfehlungen

### 4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Wie bereits aus der Darstellung der Ergebnisse (Abschnitt 3.) hervorgeht, ist die Konzeption der Anlagen voll aufgegangen. Es wurde vor der Inbetriebnahme der Anlage von den meisten Fachleuten, die mit dem Projekt betraut waren, davor gewarnt, ausschließlich mit Neusand, also frisch zubereitetem Sand, zu starten. Es war empfohlen worden, einen gewissen Anteil von Altsand, also einem Umlaufsand aus einem anderen Werk, einzusetzen. Es zeigt sich jedoch, dass das Wagnis, die Anlage vollständig im Frischsand anzufahren, sich schließlich ausgezahlt hat. So konnte von Beginn an ein feinkörniger und vollständig verunreinigungsfreier Formstoff hergestellt werden. Dabei wurde zunächst in Kauf genommen, die Startmenge von etwa 40 t Umlaufsand einige Male im Kreis zu fahren und mit einem großvolumigen, schweren Dummy-Gussteil thermisch zu belasten. Das war eine Grundvoraussetzung dafür, nach relativ kurzer Zeit mit der eigentlichen Produktion beginnen zu können. Außerdem war es möglich, mit der Sandaufbereitung von Beginn an auch bei komplexen Modellen gute Formen zu erzeugen und abzugießen. Somit konnte schon relativ kurz nach Inbetriebnahme der Gesamtanlage im September 2008 mit einer ordentlichen Produktion begonnen werden. Wie die dargestellten Auswertungen zeigen, war es möglich, die Zielwerte in Bezug auf den Bentonitgehalt sowie die Kornzusammensetzung in relativ kurzer Zeit zu erreichen und zu stabilisieren.

In Bezug auf die beabsichtigte vollständige Trennung von Kernsand und Umlaufsand wurden die Ziele zunächst nicht erreicht. Die Rest-Verunreinigungen im Formstoff, die von den Flachsieben nicht zurückgehalten werden, konnten mit dem optischen Trennverfahren in dem frühen Stadium des Produktionsanlaufs nicht abgetrennt werden. Der Grund dafür war, dass der Formstoff in seinem Frischsand-Stadium eine helle Färbung hat und sich im Kontrast nicht von den Verunreinigungen unterscheidet. Das optische Trennsystem konnte also erst seine Wirkung entfalten, als der Umlaufsand eine dunkelbraun-schwarze Färbung angenommen hatte, die mit der Zeit durch die Einwirkung der hohen Temperatur des geschmolzenen Aluminiums verursacht wird. Die in der Zwischenzeit im Formstoff angesammelten Menge an Verunreinigungen konnte dann nach Einstellung und Kalibrierung der Kamerasysteme zur farblichen Unterscheidung der Formstoff Komponenten sicher heraus getrennt werden. Das optische System, das erstmals in einer Gießerei für die Formstoff-Trennung eingesetzt wurde, bewährt sich im Praxisalltag hervorragend.



**Bild 4.1:** Erster Abguss im neuen Werk, deutlich ist die zunächst helle Färbung des Formstoffs zu erkennen.

Eine wichtige Erfahrung aus dem Anlagenbetrieb ist auch die Erkenntnis, dass auf die Zufuhr einer geringen Neusandkomponente nicht verzichtet werden kann, da der Formstoff eine zwar geringfügige aber kontinuierliche Auffrischung benötigt. Der vollständige Verzicht auf die Zugabe von Neusand wirkt sich nach einer bestimmten Anzahl von Sandumläufen aus, indem die Qualität der Gussteil-Oberflächen deutlich beeinträchtigt wird. Auch hat sich das erklärte Ziel, den Bentonitgehalt auf einen Wert von unter 6 % zu senken, in dem bisherigen Betrieb der Anlage als nicht realisierbar herausgestellt. Ein Absenken des Bentonitwertes auf Werte unterhalb von 6,5 % führt zu einer Destabilisierung des Sandsystems und zu vermehrten Fehlern bei der Formherstellung. Es sind inzwischen weiterführende Konzepte erarbeitet worden, die in einem späteren Abschnitt umgesetzt werden sollen. Hier geht es darum, den Formstoff unmittelbar nach dem Reinigungsprozess anzufeuchten und nicht ausschließlich mit der Restfeuchte einzulagern, die der Formstoff nach einem Umlauf noch enthält. Möglicherweise wird dadurch der Prozess des "Maukens" insofern unterstützt, dass die Bindewirkung des enthaltenen Bentonits noch besser zur Entfaltung kommt und somit eine Absenkung des Bentonitgehaltes unter die zurzeit eingesetzten Werte möglich erscheint.

#### 4.2 Modellcharakter

Die von der Firma Eirich in Hardheim gebaute Anlage beruht -wie bereits vorstehend ausgeführt- auf einer Konzeption, die im Hause Ohm & Häner entwickelt wurde. Die bestehende Anlage stellt insofern eine Pilotanlage dar, die in dieser Form zum Zeitpunkt der Projektplanung und -umsetzung weltweit einzigartig war und weiterhin ist.

Folgende technischen Merkmalen sind für den Aluminium Sandguss beispielhaft und besitzen Modellcharakter:

- Vorreinigung des Umlaufsandes über Mehrdeck-Siebe
- Vorreinigung des Umlaufsandes über das optische MikroSort-Sandsystem
- Anwendung eines Durchlauf-Kollermischers zur Konditionierung des Altsandes
- Zwischenlagerung des Altsandes in groß dimensionierten Bunkern zwecks Bentonitregenerierung
- Fertigsand Aufbereitung über Vakuum-Mischtechnik
- hermetische Versiegelung der gesamten Aufbereitungsanlage gegen Rieselsand zwecks weitgehender-Vermeidung von Sandverlusten
- vollständige Erfassung aller Aufbereitungsparameter und Formstoffkennwerte sowie kastengenaue Zuordnung in der Formanlage

Es wurde zwischenzeitlich eine Reihe von Referenzbesichtigungen der Anlage durch interessierte Gießereien durchgeführt, die mit dem Lieferanten bereits im Auftragsstadium und in der konkreten Projektabwicklung vereinbart worden waren.

Trotz der überzeugenden Resultate sowohl in technologischer als auch wirtschaftlicher Hinsicht wurde bisher –soweit bekannt- kein weiteres vergleichbares Projekt realisiert.

Die teilweise Verwendung innovativer Aggregate ist je nach Ausgangszustand durchaus denkbar, wenn die Platzverhältnisse dies zulassen. So nehmen die großen Mehrdecksiebe und die verwendeten Flachsiebe relativ viel Raum ein und benötigen entsprechende Bauhöhe. Das gleiche gilt für eine Ausweitung des Speichervolumens für den Umlaufsand.

Der Einsatz eines Vakuummischers ist durchaus auch für kleiner dimensionierte Anlagen denkbar, da durch den Kühlungseffekt bei der Aufbereitung Regenerierungseffekte eintreten.

Der Scanner ist ein relativ kompaktes Aggregat, das sich womöglich am leichtesten in Bestandsanlagen integrieren lässt. Durch die überaus positiven Erfahrungen mit dem Scanner ist dessen Verwendung in jedem Falle sinnvoll, um einen positiven Effekt zu erzielen, selbst wenn keine wirkungsvollen Siebanlagen zur Vorreinigung eingebaut werden können.

Auch ein Transfer in den Eisengussbereich ist grundsätzlich denkbar und sinnvoll, da die grundsätzlichen Zusammenhänge auch hier bestehen, zum Teil sogar noch mit gravierenderen Auswirkungen, da die Problematik von Kernsandbestandteilen im Formstoff je nach Produktprogramm noch stärker ausgeprägt sein kann.

## Literatur

- [1] Persönliche Mitteilung, Quarzwerke Frechen
- [2] Boenisch, D. :Recycling von Kernaltstoffen. Teil 2: Kernabfall - ein vielseitiger Wertstoff - GIESSE-REI 79 (1992), Nr.11, S. 428 - 436
- [3] Kögler, H.; Scholich, K.: Wiederverwendung von chemisch gebundenen und bentonitgebundenen Formstoffen - Sonderdruck "Sandguss 2000", GIFA 1994
- [4] Untersuchung zur Verträglichkeit regenerierter organisch und anorganisch gebundener Produktionsande mit verschiedenen Kunstharzbindersystemen sowie zur Regenerierbarkeit von Gießerei-reststoffen - Abschlussbericht zum AiF-Forschungsvorhaben Nr. 10224 N – IfG-Institut für Gießereitechnik, Düsseldorf 1997
- [5] Schrey, A.: Informationen aus dem Institut für Gießereitechnik Nr. 1/2004
- [6] Schäfer F., Handbuch Verbrennungsmotor: Grundlagen, Komponenten, Systeme, Perspektiven, Verlag Vieweg+Teubner, Wiesbaden 2009, S. 19 ff.
- [7] Holloh, K.-D., Daimler AG, Technologie für einen energieeffizienten Straßenverkehr, Vortrag an der TU Berlin, 2008