

# Chargenkühlung - ein Schritt zur optimalen Sandaufbereitung

Autor: Wolfgang Ernst, Braunschweig

Die Realisierung zweier Chargenkühler bei der dänischen Gießerei Valmar Bim zeigte sehr schnell, daß mit dem Verfahren der Chargenkühlung nicht nur ein effektives Kühlverfahren entstanden ist, das einen höheren Wirkungsgrad aufweist als der klassische Durchlaufkühler, sondern zusätzliche spezielle Aufbereitungsmöglichkeiten bietet. Neben der kastenbezogenen Bindemitteldosierung können mit dem gleichen verfahrenstechnischen Ansatz die Sieblinienverzerrungen kompensiert werden, die sich aus dem unterschiedlichen Kernsandzulauf ergeben.

Altsandkühler werden häufig in den Gießereien in ihrer vielfachen Wirkung unterschätzt, weil sie nicht nur kühlen, sondern sehr massiv auf die Sandqualität einwirken. Sehr bedeutsam ist der Aspekt des Staubentzuges, wobei in einem Chargenkühlverfahren gezielter gegengesteuert werden kann.

In den folgenden Ausführungen sollen die zuvor genannten Punkten näher beschrieben werden.

## Vorgeschichte

Die Idee für eine Chargenkühlung entsprang nicht aus der Vorgabe, ein effektiveres Kühlverfahren für Altsande zu entwickeln, sondern ergab sich eher zufällig, als es um die Optimierung im Anlagenbau ging. 1996/97 wurde in der Zorger Gießerei AEK Interform ein Sandaufbereitungsverfahren umgesetzt, das konzeptionell eine Sandaufbereitung komplett

auf den Kopf stellt und tatsächlich sehr spektakuläre Verbesserungen in der Sandqualität hervorgebracht hat. [1] [2] [3].

Bedingt durch die extrem variierenden Gußstücke in Bezug auf das Eisen-Sand-Verhältnis und den Kernsandzulauf und ihren Stückzahlen, traten sehr ungleichmäßige Sandverhältnisse auf. Mit der klassischen händischen Vorbeugung über die Rezeptdosierung war keine ausreichende Optimierung möglich. So entstand die Idee, wie in **Bild 1** und **2** dargestellt, einen Vormischer unmittelbar hinter dem Sandkühler einzufügen, um den eintreffenden Altsand direkt aufzubereiten unter Verwendung der frischen Information aus dem Kastenverfolgungsprogramm. Über eine gekoppelte Formstoffbilanzierung werden die Bindemittel so dosiert, daß sie die gußbezogenen Verluste kompensieren.

Dieser verfahrenstechnische Ansatz hatte einen unangenehmen Schönheitsfehler - die Altsandaufbereitung wird apparativ noch aufwendiger. Es war daher zwingend notwendig, Lösungen zu entwickeln, diesen Aufwand zu reduzieren, indem die beiden Aggregate Kühler und Vormischer zu einem Aggregat verschmelzen, wie in **Bild 3** skizziert. Sehr schnell einsichtig ist die Problematik, daß in einen Durchlaufkühler - gleich welchen Typs: Fließbett oder Mischkühler - die feinstäubigen Bindemittel nicht dosiert werden

können, weil sie sofort in die Filteranlagen der Absaugung von der schnell durchstömenden Luft gezogen werden.

Die entscheidende Idee war die Umwandlung der parallelen Prozesse - Sandzufuhr, Wasserzugabe und Luftdurchgang - in sequentielle Abläufe. Im Chargenbetrieb werden hintereinander Altsand und Wasser in den Kühler dosiert und anschließend für eine Zeit die Luft ein- und ausgeschaltet. Nach Abschalten der Luft können die Bindemittel eingebracht werden, ohne sie dann in der Filteranlage wiederzufinden.

## Der erste Chargenkühler mit extremen Anforderungen

1998 wurden erste Versuche mit einem Mischkühler gefahren und sie erbrachten ganz überraschend sehr vielversprechende Ergebnisse bei der Kühlung. Drei Jahre später wurden bei der dänischen Gießerei V. Bim zwei Großchargenkühler erfolgreich in Betrieb genommen. Das Sandaufkommen ist hoch, weil sieben Formanlagen von einer Sandaufbereitung versorgt werden. Die Anforderungen in der Ausschreibung waren recht extrem, wobei von zwei Situationen ausgegangen wurde. Für den hauptsächlichen Tagesbetrieb sollen 300 to/h von 120°C auf 40°C heruntergekühlt werden. Weiterhin wurde ein Extremfall angenommen, bei dem es gilt 400 to/h von 170°C auf 40°C herunterzukühlen.

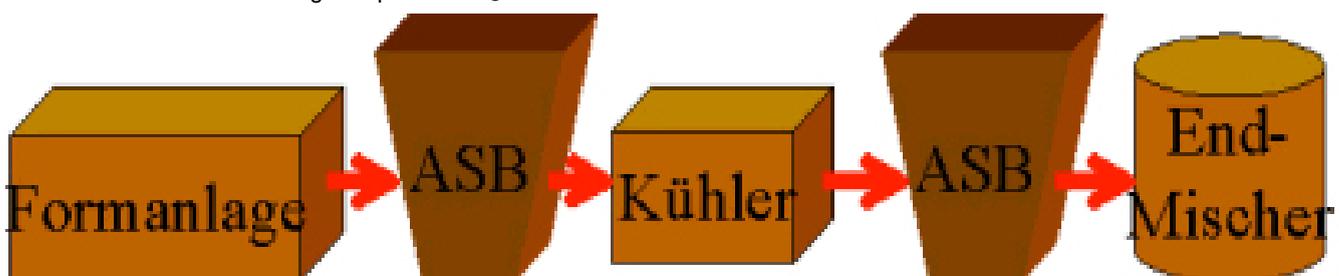


Bild 1: Anlagenschema einer konventionellen Sandaufbereitung mit Kühler

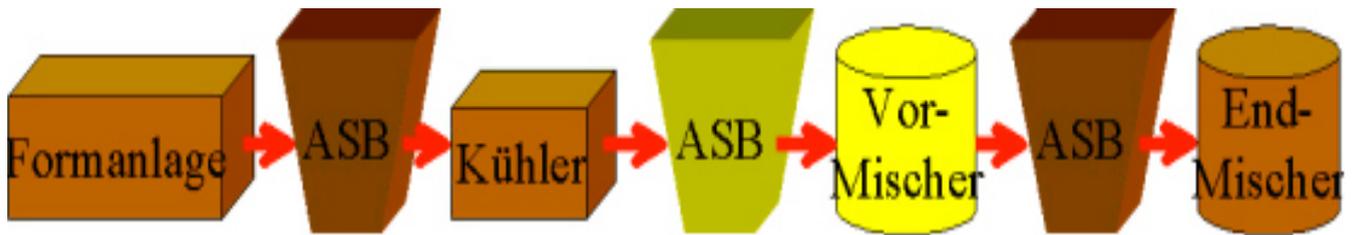


Bild 2: Anlagenschema mit Vormischer hinter dem Kühler

**Exkurs: Die Physik des Kühlers**

Bei der Altsandkühlung muß die vorhandene Wärme-Energie aus dem Sand gezogen werden, indem diese Energie für einen neuen Vorgang verbraucht wird. Dieser neue Vorgang ist die Verdunstung von Wasser in Luft, wobei diese Verdunstung ein recht energie-intensiver Prozeß ist. Für die Auslegung eines Kühlers interessieren folgende Fragen:

- Wieviel Wärme-Energie muß abgeführt werden?
- Wieviel Wasser muß verdunstet werden?
- Wieviel Luft ist dafür erforderlich?

Zur Beantwortung dieser Fragen, um auch nachvollziehbare Zahlen zu erhalten, ist der erste physikalische Ansatz die Energiebilanz.

Abzuführende Wärme — Energie  $Q = M \cdot AT \cdot c$

Dabei ist mit dem o.g. Extremfall spezifiziert:

$M = 400.000 \text{ kg}$  Sandmasse  
 $AT = 130 \text{ K}$  Temperaturdifferenz, um die der Sand heruntergekühlt werden soll  
 $0,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg-K}}$  die spezifische Wärmekapazität für Altsand

Mit diesem Ansatz ergibt sich eine Wärmeenergie von 43,6 GJ, die durch Verdunstung von Wasser aus dem Sand abgeführt werden muß. Für die Verdunstung bzw. Verdampfung von ein Liter Wasser mit einer Anfangstemperatur von 15°C ist ein Energiebedarf von 2316 kJ erforderlich. Dies ergibt für 43,6 GJ einen Wasserbedarf von 16.716 l. Allgemein dargestellt ist der Wasserbedarf

Dieser Ansatz ist für jedes Kühlverfahren gültig. Die Verfahrenstechnik muß nun Wege finden, diese Wassermenge zur Verdunstung zu bringen. Eine dominante Rolle spielt die Luft, die temperaturabhängig

Wasser aufnehmen kann, wobei dieser Vorgang nichtlinear ist. Für 1 m<sup>3</sup> Luft beträgt die maximale Wasseraufnahmefähigkeit (= 100% relative Luftfeuchte) bei den folgenden Temperaturen:

20°C	17,30 g/m <sup>3</sup>
40°C	51,15 g/m <sup>3</sup>
50°C	83,00 g/m <sup>3</sup>

Erfahrungsgemäß ist bei einem gut dimensionierten Durchlaufkühler die Ablufttemperatur annähernd der Altsandtemperatur im Auslauf. Damit ergibt sich das unangenehme Paradoxon, daß hierbei mit sinkender Sandtemperatur die Lufttemperatur auch fällt und somit immer weniger Wasser aufnehmen kann. Für die o.g. Extremforderung ergibt sich bei 40°C Lufttemperatur ein Luftbedarf von 327.764 m<sup>3</sup> Luft und für den Tagesbetrieb 150.830 m<sup>3</sup>.

Das besondere Interesse bei der Chargenkühlung ist es, eine effektivere Kühlung zu erzielen, die deutlich weniger Luft benötigt. Die Vorversuche ergaben die Erkenntnis, daß die Ablufttemperatur deutlich die Altsandtemperatur übersteigt und somit

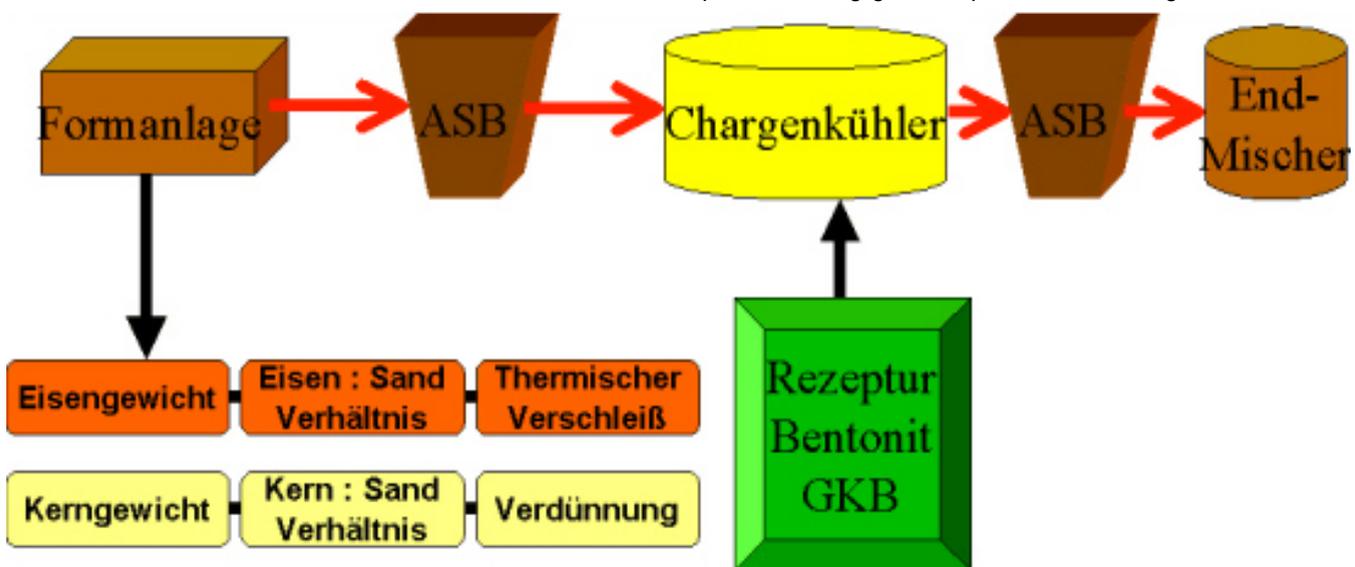


Bild 3: Anlagenschema mit Chargenmischer

weniger Luft benötigt wird. Die o.g. enge Temperaturkopplung zwischen Abluft und Austragsand konnte nicht beobachtet werden.

Aus der Projektierung ergab sich eine Chargengröße von 7 bis 8 to um etwa 170 bis 200 to/h zu erreichen, wobei die Zykluszeit bei ca. 150 sec liegt und die Nettokühlzeit bei ca. 120 sec. Für die Abluft wurden pro Kühler 40.000 m<sup>3</sup> Luft projiziert. Für den Extremfall wurde eine Wasserzufuhr vorgesehen, die es erlaubt 500 Liter in einer Minute in den Kühler zu bringen.

### Erfahrungen mit der Kühlung im Chargenbetrieb

Nach bald 14 Monaten Einsatz haben sich eindeutige Erfahrungen herauskristallisiert.

Der Chargenkühler kühlt schneller als ein Durchlaufkühler. Während bei einem Durchlaufkühler Verweilzeiten von ca. 180 sec notwendig sind, reichen bei einem Chargenkühler 120 sec. Bei einer Kühlzeit von 120 sec konnten gute Ergebnisse erreicht werden. Von 120°C Einlauftemperatur wurde der Sand auf 41°C heruntergekühlt und bei 164°C wurden sogar 48°C erreicht.

Im Vergleich zwischen Chargen- und Durchlaufkühler liegt durchschnittlich die Temperatur um 5 K niedriger und die Gebläseleistung kann um ca. 25% geringer angesetzt werden.

Die positive Wirkung erklärt sich über zwei Effekte.

Im Durchlaufkühler vermischen sich gekühlter und frisch einlaufender, warmer Sand, was die Durchschnittstemperatur herabsenkt. Dadurch bleibt die Ablufttemperatur bei einem niedrigeren Wert und kann nicht so viel Wasser aufnehmen.

Beim Chargenkühler lag die Ablufttemperatur immer bei 50°C und mehr, sodass die Luft bis zu 40% mehr Wasser aufnimmt.

### Steuerung des Schlammstoffgehaltes

Im Kühler finden massive Eingriffe auf die Altsandstruktur statt, denn ein Kühler ist zugleich ein Trockner und Sieb. Die Sieb- und Trocknerfunktion wird offenbar durch die herausgerissenen Feinanteile, die über den Zyklon

rückgeführt werden oder sich in der Filteranlage wieder finden lassen. Diese Sieb- und Trocknerfunktion wird in vielen Gießereien nicht erkannt und somit auch nicht problematisiert. Eine Montage über die Bilder dargestellt, soll das dahinterstehende Problem illustrieren. Die im Bild 4 gezeigten Mandarinen entsprechen Sandkörnern wie sie in den Kühler gelangen. Die



**Bild 4:** "Die ungeschälten Mandarinen sind wie Altsandkörner mit ihren Binderhüllen vor dem Kühler"

Mandarinschalen sind als Binderhüllen um das Sandkorn zu betrachten. Nun werden wie in Bild 5 die Mandarinen geschält und Mandarinen und Schalen separiert. Das entspricht der Situation, wenn die Feinanteile aus dem Kühler herausgezogen werden. Der dritte anschließende Schritt ist das Zurückbringen der Schalen zu den geschälten Mandarinen, wobei die Fehlerwartung dahinter steht, daß sich die Schalen irgendwie wieder um die Mandarinen legen (Bild 6). Diese Erwartung ist mit der ähnlich, wenn der



**Bild 5:** "Schale und Mandarine sind separiert wie der Altsand von seiner Binderhülle im Kühler bzw. im Zyklon"

Staub aus dem Zyklon hinter dem Kühler auf das Kühleraustragsband gegeben wird. Diese Feinanteile werden sich ebenfalls nicht um die Sandkörner legen, sondern wie eine Goldader im Bergwerk konzentriert zusammenbleiben. Die Probleme müssen dann im Mischer gelöst werden.



**Bild 6:** "Beide Teile werden zusammengeworfen und finden nicht zur alten Struktur wie hinter dem Auslauf von Zyklon auf das Band"

Tatsächlich geht es um beträchtliche Mengenströme. Exemplarisch wurde an einem Mischkühler der Austrag hinter dem Zyklon aufgenommen. Dabei konnte eine Staubmenge festgestellt werden, die ca. 3,5 bis 4% der gesamten Sandeinlaufmenge in den Kühler betrug. Zusätzlich wurde an einem anderen Kühler ein Sieblinienvergleich aufgenommen, indem der Sand vor dem Polygonsieb über dem Kühler zum einen und zum anderen der Sand hinter dem Kühler aber noch vor dem Zyklon verglichen wurde. Dabei konnte wie aus Bild 7 hervorgeht festgestellt werden, daß die Zusammensetzung im Feinkornbereich sich sehr deutlich verschoben hat. Die dargestellte Kurve zeigt die Differenzen in % an. Daraus ist ersichtlich, daß der Bodensatz (<0,063) komplett zu 100% abgesaugt wurde. Bei der Körnung >0,063 sind es immer noch ca. 60%. Erst bei der Körnung 0,25 ist nur noch ein geringer Unterschied zu verzeichnen.

Auch beim Chargenkühler ist ein Sichtungseffekt zu verzeichnen, indem noch recht viele Feinanteile herausgerissen werden. Über vereinzelte Versuche wurde dieser Effekt näher untersucht. Dabei wurde festgestellt, daß eine 7 to - Charge mit einer Kühlzeit von 110s einen Feinanteilaustrag von 190 kg (ca. 2,7%) ergab. Bei halber Kühlzeit reduzierte sich der Staubaustrag auf 104 kg. Bei reduziertem Luftstrom aber mit verlängerter Kühlzeit (140 s), um die gleiche Endtemperatur zu erreichen, betrug der Austrag 200 kg.

### Eine intelligente Staubbehandlung ist erforderlich

Die Mengenbilanz ist eindeutig, insbesondere der Effekt, daß bei unter-

läßt den Schlämmstoffgehalt anwachsen und entsprechend umgekehrt sinken, wenn die Luftgeschwindigkeit ansteigt.

### **Der Innovationsbedarf in der Altsandaufbereitung**

Der Chargenkühler ist ein Aggregat, mit dem mehr umgesetzt werden kann als nur kühlen. Er bietet die Chance, die Sandaufbereitung innovativ weiterzuentwickeln. Eine Sandaufbereitung, wie sie vor 20 Jahren gebaut wurde, unterscheidet sich nicht viel von der, wie sie heute gebaut wird. Dabei ist der Bedarf hoch, weil es bislang nicht möglich ist, den Altsand so aufzubereiten, daß er über einstellbare Werte in seinen Zieleigenschaften aus dem Mischer herauskommt. Fehlende Meßtechnik und Behandlungsmethoden lassen die Aufbereitung wie ein Blindflug werden. Bislang gibt es nur eine Meßgröße - die Feuchte - die online während der Dosierung gemessen werden kann und eine angepasste Reaktion über die Wassergabe erlaubt. Alle anderen Parameter bleiben im Dunkeln.

Die bislang vorgestellten Ansätze bezogen sich in erster Linie auf die Homogenisierung des Sandhaushaltes. Völlig unbeachtet bleibt der Aspekt, wenn bei gleicher quantitativer Zusammensetzung abweichende Festigkeitswerte sich einstellen, weil die thermische Belastung und der Austrocknungsgrad variiert. Dann sind modifizierte Behandlungsmethoden gefragt und nicht mehr angepasste Dosiermenge der Zugabestoffe.

Ein nicht zu vernachlässigender Effekt ist der unterschiedliche Grad des Aufschließens. Trockene Bentonite schließen langsamer auf als feuchtere, was über die Diffusionsquotienten dargestellt wird [4] [5]. Ein Altsand mit 1,5% Eigenfeuchte maukt zwanzigmal schneller als ein Altsand mit 0,8% Feuchte. Bei diesem Effekt werden neue Behandlungsmethoden und nicht Dosiermethoden erforderlich. Eine erste Idee ist die Ausnutzung der vorhandenen Prozeßwärme und dem hohen Wasserbedarf für die Verdunstungskühlung, um die Diffusionsgeschwindigkeit zu begünstigen. Erste einfache Laborversuche lassen die

Vermutung aufkommen, daß "Altsand in der Sauna" mit anschließender konventioneller Aufbereitung im Mischer vergleichsweise bessere Werte für die Aufbereitung bringt.

Der Chargenkühler ist in seinem Ablauf prädestiniert, eine anfängliche "Saunaphase" vorzuschalten, um den Maukprozeß zu beschleunigen.

### **Zusammenfassung**

Der Chargenkühlung erweist sich nach seiner Einführung in den Produktionsalltag als ein effektives System zur Altsandkühlung, wobei er im Vergleich zu anderen Systemen sogar noch ressourcensparend funktioniert. Daneben bietet er die Möglichkeit zur Sandhaushaltshomogenisierung durch den Aufbau von entsprechenden Dosiereinrichtungen, um über das Verfahren der Formstoffbilanzierung mit Hilfe von Kastenverfolgungsprogrammen die sich aus dem Gußprogramm einstellenden Defizite zu kompensieren.

Darüberhinaus bietet dieses Aggregat Möglichkeiten, die Behandlung und die Aufbereitung an den Zustand des eintreffenden Rücklaufsand anzupassen, indem der Altsand einem "Saunagang" unterzogen wird.

### **Literaturverzeichnis:**

- [1] Ohlmes, H.; Ernst, W.; Schmidt, W.; Klitsch, K.; Die kastenbezogene Rücklaufsandsteuerung bei der Firma Harzer Graugußwerke GmbH in Zorge, Giesserei (1998), 6, S.47-53
- [2] Ernst, W.; Ohlmes, H.; Die gußbezogene Formsandsteuerung zur Vergleichmäßigung des Sandhaushaltes, Gießerei-Erfahrungsaustausch (1999), 7, S. 345-351
- [3] Ernst, W.; Biehl, L.; Rixen, J. Chargenkühlung - ein optimiertes Kühlverfahren für Altsand, Giesserei (2001), 8, S.49-54
- [4] Kleimann, W.; Einsatz von Bentoniten und C-Trägern in modernen Formsanden, Gießerei-Erfahrungsaustausch (1997), 7, S. 315-320
- [5] Tilch, W.; Grefhorst, C.; Kleimann, W., Bentonite als Formstoffbinder - eine praxisnahe Bewertung der Eigenschaften, Gießerei-Praxis (2002) 2, S.53 - 62

Bild 7: Prozentuale Angabe der Mengendifferenz in der Sieblinie im Vergleich der Altsande vor dem Polygonsieb und hinter dem Kühler

schiedlicher Verweildauer im Kühler unterschiedliche Mengen Feinanteile herausgezogen werden. Diese Ergebnisse bedingen Konsequenzen sowohl für den Durchlaufkühler als auch für den Chargenkühler.

Bei einzelnen Durchlaufkühlern wird die Einlaufmenge in den Kühler variiert, um Beschickungsprobleme im Vorbunker abzufangen. Durch die Variation der Einlaufmenge wird auch die Durchgangszeit verändert und somit der Staubaustrag. Die Folge ist ein inhomogener Sand, der speziell im bedeutsamen Feinanteil schwankt. Diese Betriebsart führt zur Verschlechterung des Gesamthaushaltes. Dieser Effekt tritt auch ein, wenn kalte Sande nicht durch den Kühler geschickt, sondern im Bypass vorbei geführt werden. Dieses Verfahren trägt auch zur Inhomogenisierung bei.

Die Optimierung beim Chargenkühler ist einfach. Die Staubmenge wird in einem Zwischenbehälter während der laufenden Zykluszeit aufgefangen und nach dem Luftabschalten mit der Bindemitteldosierung zugegeben. Die Feinanteile werden zwar nicht wieder um das Korn gebracht, aber die Verteilung ist wesentlich besser, weil keine Staubnester auftreten.

Der Sichtungseffekt ist nur bedingt nachteilig, weil bei einem Altsand ohne Feinteilaustrag, der Schlämmstoffgehalt sich hochschaukeln würde und erst über teure Neusandzugabe reduziert werden kann. Der Chargenkühler bietet da die Möglichkeit mit der Luftmenge und der daraus resultierenden Luftgeschwindigkeit den Umfang des Feinaustrages gezielt zu steuern. Eine Verringerung der Luft