

Neue Möglichkeiten zur rechnergestützten Gattierungsoptimierung – ein Anwendungsbeispiel

N. Dankof

Die technischen Anforderungen an hochwertige Gusswerkstoffe sind in den letzten Jahren stetig gestiegen. Um sie erfüllen zu können, stieg technisch bedingt auch die Anzahl der Einsatzstoffe, deren sinnvolle Kombination die Qualität eines Gusswerkstoffes bestimmt. Nimmt man z. B. eine Gattierung für EN-GJS -400-18-LT, können bis zu 15 Einsatzstoffe im Hinblick auf die zu erreichende Qualität kombiniert werden.

Dazu kommt, dass viele Einsatzstoffe gleiche chemische Elemente in unterschiedlichen Mengen enthalten, z. B. Kohlenstoff, Silizium, Mangan, um nur einige zu nennen. Diese sind in Roheisen, Stahl, aber auch in den unterschiedlichen Kreisläufen enthalten. Das ergibt für eine Zielanalyse schnell tausende von rechnerisch möglichen Kombinationsmöglichkeiten.

Dabei ist die zu erzielende Qualität nur eine Seite der Medaille. Steigen, wie in letzter Zeit geschehen, die Preise für Einsatzstoffe stark an, dürfen auch Kostengesichtspunkte bei der Gattierung, immer unter dem Gesichtspunkt einer optimalen Qualität, nicht mehr außer Acht gelassen werden.

Hohe Qualitätsanforderungen bei minimalen Kosten zu erfüllen, ist realistisch betrachtet von Hand, oder auch mit Hilfsmitteln wie Excel, nur noch unvollkommen möglich. Das ist vielmehr eine Aufgabe für die rechnergestützte Gat-

tierungsrechnung bzw. Gattierungsdatenbanken. Die an eine moderne Gattierungsoptimierung zu stellenden Anforderungen gehen allerdings weit über die optimale Zuordnung von Einsatzstoffen

unter Qualitäts- und Kostengesichtspunkten hinaus.

Das im schweizerischen Bevaix ansässige Institut für angewandte Optimierung hatte vor zwei Jahren

auf Einladung des VDG auf der GIFA in Düsseldorf eine solche Datenbank zur Gattierungsrechnung vorgestellt. Im Folgenden soll das Programm Melt-IQ vorgestellt werden. Heute ist im Praxiseinsatz schon

nachgewiesen, dass durch die Anwendung von Melt-IQ eine Einsparung von 5 bis 15 Prozent bei Einsatzstoffen zustande kommt.

Das Programm ist übersichtlich in die Bereiche Arbeitsvorbereitung, Arbeit am Ofen, Controlling, Einkauf und Verwaltung aufgliedert. Die im Netzwerk auf die gleichen Datenbestände zugreifenden Bereiche sind logisch miteinander verknüpft.

Arbeitsvorbereitung

Hier werden die zu schmelzenden Gattierungen vorbereitet. In der Datenbank befinden sich alle „Standard- und Spezialrezepte“ der Gießerei. Es werden diejenigen mit

» Durch Melt-IQ können Einsparungen von 5 bis 15 % erreicht werden «

The screenshot shows the Melt-IQ software interface. It includes a menu bar with options like 'Löschen', 'Name ändern', 'Historie', 'Optimieren', 'Kopieren', and 'Beenden'. Below the menu is a table for 'Einsatzstoffe' (raw materials) with columns for 'Menge(kg)', 'Menge(%)', 'Fix(%)', 't/kg', and 'Preis(€)'. The table lists materials like 'G.J.L.-K', 'Hämatit', 'Stahl 1', 'Stahl 2', 'C', 'Cr', 'FeMn', and 'FeSi'. At the bottom, there is a 'Zielanalyse' (target analysis) table with columns for 'Menge(kg)', 't/kg', 'Preis(€)', and 'C', 'Si', 'Mn', 'P', 'S'.

Einsatzstoff	Menge(kg)	Menge(%)	Fix(%)	t/kg	Preis(€)	C	Si	Mn	P	S
G.J.L.-K	77,5	78,2	10,00	1,1	17,11	3,519	2,769	0,347	0,038	0,041
Hämatit	100,0	10,00		0,20	20,00	4,029	2,739	0,729	0,057	0,021
Stahl 1	80,6	8,06		0,13	10,46	0,184	0,217	0,658	0,017	0,012
Stahl 2	91,5	9,19		0,15	13,79	0,025	0,017	0,267	0,008	0,009
C				0,28		98,058				0,488
Cr				1,95						
FeMn				0,54		6,838	1,360	78,650	0,180	0,160
FeSi				0,73		0,074	78,650		0,017	0,038

Zubrand:	Menge(kg)	t/kg	Preis(€)	C	Si	Mn	P	S	
Abbrand:									
Ofenverbr:									
min. %:									
Zielanalyse:	1.000,0			3,950	2,300	0,400			
max. %:									
Ergebnis:	1.000,0	100,00	0,15€	153,39€	2,973	2,300	0,400	0,035	0,033

Bild 1. Übersicht Gattierungsoptimierung

Dipl.-Ing. Norbert Dankof
Institut für angewandte Optimierung IfaO GmbH
CH-2022 Bevaix /Schweiz
www.opti.ch

einem Mausklick geladen, die in die Fertigung gehen.

Pro Gattierung sind die zu verwendenden Einsatzstoffe am Bildschirm übersichtlich untereinander mit ihrer chemischen Zusammensetzung aufgelistet. In der Zielanalyse gibt der Bearbeiter die zu schmelzende Menge ein. Mit einem Mausklick markiert er die Elemente, für die bestimmte Vorgaben eingehalten werden müssen und gibt deren Werte ein (z. B. 3,6 % C, 2,1 % Si, 0,5 % Mn). Sind Mindest- oder Höchstwerte einzuhalten, werden diese in die entsprechenden Spalten der Einsatzstoffe eingetragen.

Alle Daten sind übersichtlich und verständlich am Bildschirm dargestellt, durch Anklicken des Knopfes „Optimieren“ wird im Bruchteil einer Sekunde die unter Beachtung der Restriktionen der Zielanalyse **unter Kostengesichtspunkten** optimale Gattierungszusammenstellung mit ihren Kilowerten angezeigt.

Bevor die Fertigungsfreigabe erfolgt, prüft das Programm die Verfügbarkeit der Einsatzstoffe im Lagermodul ab und gibt einen Hinweis, wenn ein Einsatzstoff nicht mehr ausreichend vorhanden ist. Ist dies der Fall, wird sofort die nächstbeste kostenoptimale Gattierung berechnet.

Ohne den Anwender mit speziellen EDV- oder Mathematikkenntnissen zu überfordern, erlaubt das Programm

- Zielanalysen mit bis zu 22 Elementen gleichzeitig
- aufs Kilo genau definierbare Chargenmengen
- Definition von Abbrand und Zubrand für bis zu 25 Elemente
- Mindest- / Maximalwerte für alle Elemente
- Festbestandteile in Kilo und/oder Prozent
- Berücksichtigung von Ofensumpf mit eigener chemischer Zusammensetzung
- ‚Was wäre wenn‘ Analysen bei Preisänderungen oder neuen Werkstoffen

Am Ofen

Der Mitarbeiter am Ofen hat nur Zugriff auf die Bildschirmmasken, die er für seine Arbeit benötigt. In MeltIQ ist dies der Bildschirm „Chargen-

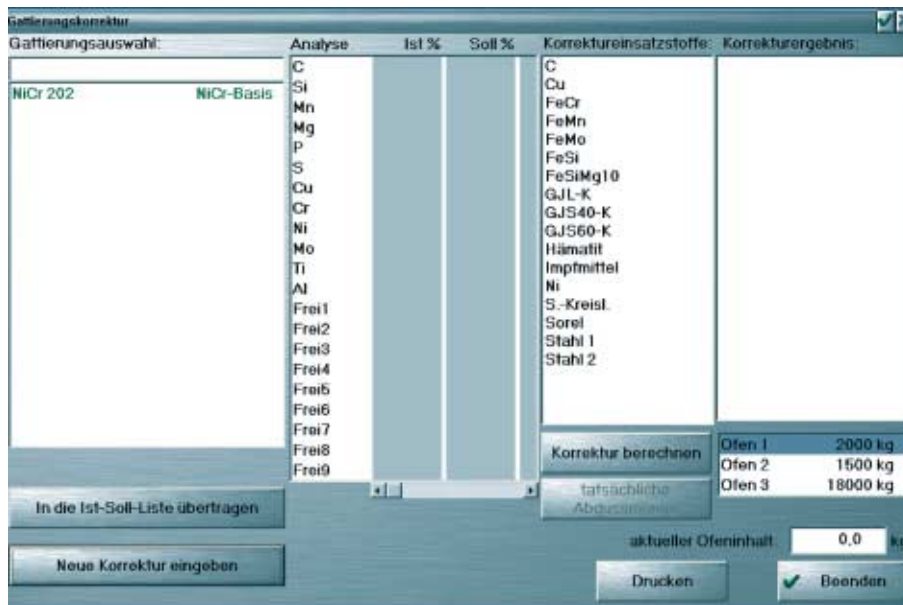


Bild 2. Gattierungskorrektur

buch“. Nach der Eingabe seines Namens erhält er Zugriff auf die für seinen Ofen freigegebenen Gattierungen und wählt eine aus. Das Programm fragt ihn, ob er eine neue Charge mit oder ohne Ofensumpf beginnen möchte und zeigt ihm dann die Verfahrensweisung mit den zu chargierenden Einsatzstoffen und deren Mengen an.

Je nach technischer Ausstattung werden die Mengen der chargierten Einsatzstoffe per Hand eingegeben oder von der Kranwaage übernommen. Liegen die Analyseergebnisse des Spektrometers vor, werden diese entweder von Hand eingege-

ben oder ebenfalls automatisch übernommen. Sind Abweichungen vorhanden, kann das Programm auf Knopfdruck eine kostenoptimierte Nachsatzrechnung erstellen, die dem Anwender als neue Verfahrensweisung angezeigt wird, und die er dann abarbeitet.

Dabei hat der Bediener je nach Situation die Auswahl zwischen einer Korrektur mit oder ohne Abgießen. Die jeweils entstehenden Kosten können angezeigt werden.

Hier liegt nach Meinung von Anwendern offensichtlich eines der großen Sparpotentiale. Durch präzi-

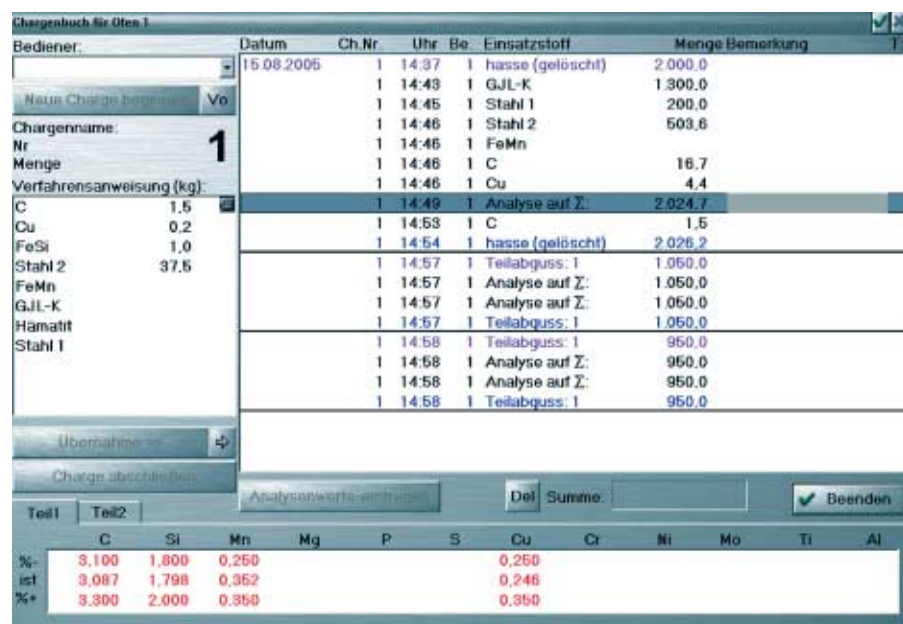


Bild 3. Chargenbuch für Ofen 1

se Verfahrensanweisungen wird die Anzahl der notwendigen Korrekturen reduziert und Einsatzmaterial und Energie gespart.

In der Praxis waren dem Ofenpersonal diese Punkte sehr wichtig:

- Einlesen der chargierten Mengen direkt von der Kranwaage,
- einfache Bedienerführung bei manueller Chargierung,
- Einlesen von Analysen über Schnittstelle direkt vom Spektrometer,
- kostenoptimierte Nachsatzrechnungen direkt am Ofen,
- kostenoptimierte Umlagerungen direkt am Ofen,
- einfache Handhabung von Teilabgüssen und Zugabe von Impfmitteln,
- Kein „Schreibkram“ mehr am Ofen. Das Programm dokumentiert automatisch alle Schritte im Hintergrund.

Controlling

Alle Vorgänge am Ofen werden im Hintergrund automatisch protokolliert. Ein wichtiger Punkt für Unternehmen, die im Rahmen der Qualitätssicherung Zugriff auf Produktionsdaten u. a. für Qualitätsaudits benötigen.

Dem Controlling stellt das Programm detaillierte Kostenauswertungen nach Chargen, Einsatzstoffen und Öfen zur Verfügung. Die Übernahme dieser Daten in Excel ist für weitere Auswertungen möglich.

In die Auswertungen können jedoch auch Werte wie Energieverbrauch pro Ofen und Tiegelstandzeiten einbezogen werden. Das zeitaufwendige Erstellen der Statistiken von Hand entfällt.

Einkauf

Der Einkauf hat Zugriff auf die Bestände der einzelnen Einsatzstoffe, wird bei Unterschreiten von definierten Mindestbeständen informiert und kann Materialeingänge und Preisänderungen buchen. Das erhöht die Sicherheit der Verfügbarkeit benötigter Einsatzstoffe.

Verwaltung

Im Modul Verwaltung sind die Grundelemente enthalten. Hier

Datum	Ch.Nr.	Uhr	Bin	Einsatzstoff	Menge	Bemerkung
15.08.2005	1	14:37	1	hause (gelöscht)	2.300,0	
	1	14:43	1	G.J.L-K	1.300,0	
	1	14:45	1	Stahl 1	200,0	
	1	14:46	1	Stahl 2	503,6	
	1	14:46	1	FeMn		
	1	14:46	1	C	16,7	
	1	14:46	1	Cu	4,4	
	1	14:49	1	Analyse auf Z:	2.024,7	
	1	14:53	1	C	1,5	
	1	14:54	1	hause (gelöscht)	2.026,2	
	1	14:57	1	Teilabguss: 1	1.350,0	
	1	14:57	1	Analyse auf Z:	1.350,0	
	1	14:57	1	Analyse auf Z:	1.350,0	
	1	14:57	1	Teilabguss: 1	1.350,0	
	1	14:58	1	Teilabguss: 1	350,0	
	1	14:58	1	Analyse auf Z:	350,0	
	1	14:58	1	Analyse auf Z:	350,0	

Bild 4. Kosten- und Chargenauswertung nach Gattierungsaufstellung Ofen 1

Einsatzstoff	Ofen 1 (kg)	Ofen 2 (kg)	Ofen 3 (kg)	Gesamt(kg)	Preis (€)	G/kg
C	18,2			18,2	5,01	0,28
Cu	4,4			4,4	8,58	1,95
G.J.L-K	1.300,0			1.300,0	195,00	0,15
Stahl 1	200,0			200,0	26,00	0,13
Stahl 2	503,6			503,6	75,54	0,15
Gesamt:	2.026,2			2.026,2	318,13	0,16

Bild 5. Kosten- und Chargenauswertung nach Einsatzstoffen

Ofen	Ofeninhalt	Mindestabgussmenge	Überfüllung
Ofen 1	2000	250	200
Ofen 2	1500	100	200
Ofen 3	18000	300	2000
Ofen 4	0	0	0
Ofen 5	0	0	0
Ofen 6	0	0	0
Ofen 7	0	0	0

Bild 6. Verwaltung, allgemeine Einstellungen

werden die Grundgattierungen mit ihren Einsatzstoffen und deren chemische Zusammensetzung definiert, auf die später bei der Gattierungsoptimierung zugegriffen wird. Auch die Namen der Ofenbediener sowie notwendige technische Daten der Öfen sind hier zu finden.

Ausblick

Melt-IQ zeigt eine erstaunliche Praxisnähe. Es ist mehr als eine Gattierungsoptimierung – man müsste es eigentlich als Prozesssteuerung bezeichnen. Komplexe Abläufe und Kombinationsmöglichkeiten werden nicht mehr von Hand erarbei-

tet, definiert und abgearbeitet, sondern mit ausgefeilten Algorithmen unter Kostengesichtspunkten optimiert, ohne dass der Anwender durch Anforderungen an Mathematik- oder EDV-Kenntnisse überfordert wird. Das lässt die von Anwendern berichteten Kosteneinsparungen als plausibel erscheinen. ◀

Interview mit dem Gießereileiter der Kolbus GmbH & Co. KG, Herrn Dipl.-Ing. Oliver Buchmann

■ Kolbus entwickelt, produziert und vermarktet Buchbindemaschinen sowie komplette Inlineproduktionssysteme für die Druckweiterverarbeitende Industrie. Das mittelständisch geprägte Unternehmen mit seinen mehr als 1.000 Mitarbeitern ist weltweit vertreten und einer der führenden Anbieter der Branche.

In der eigenen Gießerei wird Gusseisen mit Lamellen- und Kugelgraphit erzeugt.

GP: Gattierungsoptimierung, ist das nicht ein alter Hut?

O. Buchmann: In der Form, wie sie jetzt mit dem Programm Melt-IQ dargeboten wird, sicher nicht.

GP: Aber die Basis ist doch nur die Optimierung einer so genannten Mischungsrechnung, also doch ein alter Hut.

O. Buchmann: Mir gefällt das „Nur“ in Ihrer Frage. Denn Tatsache ist, dass die Zusammensetzung der Gattierungen heute so komplex geworden ist, dass man die optimale Zielanalyse unter Kostengesichtspunkten von Hand oder mit einer Tabellenkalkulation praktisch nicht mehr erreichen kann. Aber für uns war noch etwas Anderes ausschlaggebend.

GP: Ja?

O. Buchmann: Es ist angenehm, dass man als Anwender mit der Mathematik nichts mehr zu tun hat. Ich würde deshalb das Programm eher als eine intelligente Prozessoptimierung bezeichnen, bei der man überall die Handschrift des Praktikers sieht.

GP: Das heißt, das Programm wird in mehreren Arbeitsbereichen eingesetzt, ist also netzwerkfähig?

O. Buchmann: Genau. Man kann das Programm zwar als Einzelplatz einsetzen, für uns war es aber wichtig, dass alle am Produktionsprozess Beteiligten von der Installation profitieren können.

GP: Können Sie das erklären?

O. Buchmann: Man kann das Programm in drei große, zusammenhängende Bereiche unterteilen:

Der erste Bereich deckt die reine Gattierungsrechnung ab. Der zweite Bereich betrifft die praktische Arbeit am Ofen von der Verfahrensanweisung über die Analysen bis hin zu den Korrekturen, und der dritte Bereich liefert Informationen für das Controlling, die Qualitätssicherung und den Einkauf.

GP: Lassen Sie uns doch beim ersten Bereich beginnen. Wo sehen Sie denn hier Vorteile für Sie, im Vergleich zu Ihrer bisherigen Arbeitsweise?

O. Buchmann: Wir haben zuerst einmal alle Gattierungen unter Kostengesichtspunkten bei strikter Einhaltung der Zielanalyse optimiert. Das ist, wenn Sie so wollen, die Basisarbeit. Die Optimierung dauert ja nur den Bruchteil einer Sekunde und ist mit Herumprobieren von Hand einfach nicht mehr zu vergleichen. Was wir aber sofort feststellen konnten, waren niedrigere Kosten im Verhältnis zu den vorher in Excel gerechneten Gattierungen.

GP: Was meinen Sie mit Basisarbeit, das ist doch das, was die Gattierungsoptimierung ausmacht?

O. Buchmann: Nein. Richtig interessant wird es erst nachher. Lassen Sie mich das an einem Beispiel erklären: Sie haben eine optimierte

Gattierung für die Fertigung freigegeben und stellen irgendwann fest, dass die Analysewerte der vorgesehenen Kreislaufsorte stark von den Sollwerten abweicht. Jetzt müssen Sie schnell eine kostenoptimale Alternative „hervorzaubern“. In Melt-IQ geht das so: Das gesperrte Kreislaufmaterial wird auch in der Gattierungsrechnung gesperrt und die Optimierung berechnet die nächstbeste kostenoptimale Zusammensetzung mit verfügbaren Einsatzstoffen.

GP: Das kommt aber doch nicht täglich vor, es muss also noch andere Gründe geben?

O. Buchmann: Natürlich, das Programm leistet uns sehr gute Dienste bei der Vorkalkulation von neuen Werkstoffrezepturen, bei denen wir Vorgaben mit fixen Prozentwerten für die verschiedenen Elemente haben. Es kommt auch immer häufiger vor, dass wir für bestimmte Kunden auch eine kundenspezifische Analyse einstellen müssen. Sei es in der Endanalyse oder/und in der Wahl bestimmter Einsatzstoffe.



Dipl.-Ing. Oliver Buchmann

Hierbei leistet das Programm große Hilfe bei der Kalkulation. Mit Melt-IQ kann man sowohl Fixwerte in Kilogramm, als auch Prozentwerte vorgeben, und das zusammen in einer Gattierungsoptimierung! Später lässt sich sogar nach diesen Kundenlösungen auch im Controlling unterscheiden. Genauer geht es nicht mehr.

Außerdem können wir sehr komfortable „Was wäre wenn“ Analysen rechnen lassen. Das ist interessant bei Preisschwankungen oder Materialproblemen, und erlaubt es uns, schnell und kostenoptimal zu reagieren.

GP: Sie haben also eine Fertigungsfreigabe für eine Gattierung erteilt, was geschieht am Ofen?

O. Buchmann: Die Mitarbeiter am Ofen erhalten am Bildschirm die Anweisung, welche Mengen welcher Einsatzstoffe chargiert werden sollen und geben die tatsächlichen Werte ein. Wenn die Kranwaage es erlaubt, können deren Werte auch direkt in die Charge übernommen werden. Sobald vom Spektrometer die Analysewerte vorliegen, werden sie automatisch in Melt-IQ übernommen, und es wird bei Bedarf eine Korrekturrechnung durchgeführt.

GP: Dafür hat man doch das Korrekturdiagramm am Ofen, wo liegt denn hier der Unterschied?

O. Buchmann: Der große Unterschied liegt darin, dass es keine Hinweise auf eine kostenoptimale Korrektur, die alle Einsatzstoffe berücksichtigt, gibt.

GP: Das Wort kostenoptimal kommt in Ihrer Argumentation aber sehr häufig vor.

O. Buchmann: Natürlich. Bei einer Korrekturrechnung berücksichtigt das Programm außer den Kosten auch das Fassungsvermögen des Ofens und die tatsächliche Füllmenge und berechnet Korrekturen mit oder ohne Ausschanken unter Angabe der Kosten für die jeweilige Variante. Das war bisher so von Hand nicht möglich.

Die Anzahl der Korrekturen pro Charge ist seit Einsatz des Programms stark zurückgegangen, die wohltuenden Auswirkungen auf die Kosten können Sie sich sicher vorstellen.

GP: Nun ist es ja übliche Praxis, dass mehrmals abgestochen oder umgelegt wird oder ein Ofensumpf übrig bleibt. Das sprengt dann wahrscheinlich die Möglichkeiten des Programms?

O. Buchmann: In keiner Weise. Ich habe ja schon einmal die Handschrift des Praktikers erwähnt. Alle von Ihnen genannten Punkte und mehr lassen sich einfach mit einigen Mausclicks kostenoptimal berücksichtigen und ausführen.

GP: Unsere Leser wird hier sicher ein Beispiel interessieren.

O. Buchmann: Aber gerne.

Nehmen wir einmal an, dass wir 1,5 Tonnen Basiseisen in Chargenmengen von 0,5 Tonnen entnehmen müssen. Jede Charge soll eine eigene Chargennummer erhalten, und die jeder Charge zugefügten Legierungsmittel soll mit ihren verwoogenen Mengen und Kosten erfasst werden.

Der Mitarbeiter am Ofen wird über ein Menü geführt und braucht lediglich die zutreffenden Daten anzuklicken, und das Programm erfasst und verarbeitet sie. Das ist im Gegensatz zur manuellen Erfassung (die ja sonst sehr zeitaufwendig war) einfacher und trotzdem wesentlich genauer.

GP: Nun ist es ja nicht ungewöhnlich, dass mit Ofensümpfen weitergearbeitet werden muss.

O. Buchmann: Genau. Dabei gibt es meistens zwei Möglichkeiten. Entweder soll mit dem Sumpf eine möglichst kostengünstige neue Zielanalyse erreicht, also umgelegt werden, oder die Restmenge soll als Basis für z. B. eine neue 1,5 Tonnen Charge dienen. Diese beiden Varianten lassen sich mit wenigen Mausclicks als neue, kostenoptimale Gattierungsanweisung erstellen, ohne dass der Mann am Ofen auch nur auf irgendwelche anderen Hilfsmittel wie Taschenrechner usw. zurückgreifen muss.

Das hat dazu geführt, dass in der Regel keine weiteren Korrekturen mehr notwendig sind. Auch der Zeitvorteil liegt hier klar auf der Hand. Es ist nicht selten, dass wir im gleichen Zeitraum eine ganze Charge mehr fahren können. Oder anders ausgedrückt, meine Chargenzeiten sind gesunken, und ich

kann besser mit dem Takt der Formanlagen mithalten.

GP: Kommen wir zum dritten Bereich.

O. Buchmann: Dieser Bereich läuft automatisch im Hintergrund ab und bedarf keines Arbeitsaufwandes. Das Controlling kann auf sehr detaillierte Kostenauswertungen zurückgreifen, bis hin zu Energieverbrauch und Tiegelstandzeiten, der Einkauf wird informiert, wenn Material unter die Bestellschwelle sinkt und die Qualitätskontrolle hat alle notwendigen Informationen für jede einzelne Charge, vom Material bis hin zu den Korrekturen, die durchgeführt wurden.

Alleine die Erfassung dieser Daten und ihre Aufbereitung würde von Hand mehrere Stunden pro Monat in Anspruch nehmen und wahrscheinlich so detailliert gar nicht gemacht werden.

GP: Nun gibt es ja im täglichen Gießereialltag noch mehr Dinge, die berücksichtigt werden müssen. Was ist z. B. mit Ofenabbrand und Zubrand? Andere Einsatzstoffe wiederum können zwischen bestimmten Ober- und Untergrenzen, also mit variablen Werten, vorhanden sein. Wie sieht es damit aus?

O. Buchmann: Das kann man mit Melt-IQ auch problemlos in die Optimierung einbeziehen.

GP: Dann lassen Sie uns doch jetzt einmal zu dem wahrscheinlich wunden Punkt bei der ganzen Sache kommen, nämlich dem Preis. Ein solches Programm ist wahrscheinlich doch nur zu einem sehr hohen Preis zu haben?

O. Buchmann: Bevor wir über den Preis reden, möchte ich noch einen anderen ganz wichtigen Punkt erwähnen: Die problemlose Akzeptanz des Programmes durch die Mitarbeiter im Schmelzbetrieb. Was den Preis betrifft, rechnen Sie selbst: Das Programm hat sich seinen Kaufpreis durch Kosteneinsparungen in nur drei Monaten verdient, das hat unser Controlling ganz genau nachgewiesen, wobei ich sagen muss, dass wir auch vorher schon nicht schlecht organisiert waren.

GP: Herr Buchmann, wir danken Ihnen für dieses Gespräch. ◀