

Energieeffizienz in der Gießereiplanung

Einsatz der logistischen Simulation

Energiebedarf und Einsparungspotential in Gießereien

Gießen ist einer der umweltfreundlichsten Herstellungsprozesse von metallischen Produkten. Allerdings – und zu Unrecht – haben Gießereien ein umweltbelastendes Image. Bei der Gussteilherstellung in der Gießerei werden aus den Einsatzstoffen Roheisen, Stahlschrott und Kreislauf neue Produkte in nur einem Produktionsschritt hergestellt, und dies häufig in sehr komplexen Geometrien. Im Vergleich mit anderen Herstellungsverfahren ist das Herstellungsverfahren Gießen grundsätzlich auch sehr energieeffizient.

Trotz dieser Effizienz sind dennoch die Kosten für Energie, bezogen auf die Gesamtkosten pro Kilogramm guter Guss, immer noch erheblich. Benchmarking-Daten zeigen, dass zum Beispiel in einer hochautomatisierten Grünsandgießerei annähernd 12 bis 20 % der Gesamtkosten Energiekosten sind. In einer Gießerei mit einem Induktions-Schmelzbetrieb beläuft sich mehr als 90 % des Energieaufwandes auf Elektrizität (Stromverbrauch). Von diesem Stromverbrauch geht der Großteil (ca. 70 %) in den Schmelzbetrieb und die restlichen 30 % werden für die übrigen Anlagen benötigt.

Anlässlich oben erwähnter Zahlen könnte man folgern, dass die notwendige Energieeinsparung innerhalb des Schmelzbetriebes gewonnen werden könnte. Allerdings sind Induktionsöfen technisch bereits sehr effizient, wobei bei der optimalsten Nutzung der Gesamtwirkungsgrad bei ca. 75 % liegen kann. Ob eine Gießerei schließlich energieeffizient arbeitet, hängt demnach davon ab, wie optimal der Schmelzbetrieb genutzt wird und inwiefern alle Anlagen auf eine optimale Zusammenarbeit miteinander zugeschnitten sind.

Logistische Simulation

In einer Gießerei wird der Energiebedarf pro Kilogramm guter Guss von drei Faktoren bestimmt:

- 1) Gewähltes Gießverfahren für das Produkt
- 2) Auswahl und Anordnung der Anlagen, Medienversorgung und Gebäude
- 3) Produktionsplanung, Arbeitsprozesse, Zeitvorgaben und Instandhaltung

Zur Verwirklichung einer energieeffizienten Gießerei ist eine optimale Abstimmung dieser drei Faktoren genau in dieser Reihenfolge erforderlich.

Als Gießereiplanungs- und engineering-unternehmen ist GEMCO sehr häufig in die Entwicklung von Neubau-Gießereien oder die Modernisierung bestehender Betriebe involviert. Der Fokus liegt dabei auf der Konzeption neuer Gießereien bzw. der Modernisierung vorhandener Produktionsstätten unter Berücksichtigung einer optimalen Auswahl und dem effektiven Zusammenwirken von Anlagen. Aufgrund der zunehmenden Komplexität der Gießereien hat GEMCO zur Unterstützung der Gießereiplanung diverse Werkzeuge entwickelt, zu denen auch die logistische Simulation gehört.

Ein Simulationsmodell besteht aus einer Kombination von einzelnen Modellteilen. Diese Modellteile korrespondieren mit den Anlagen welche in der Gießerei benutzt werden. Jede Anlage in einem Simulationsmodell verarbeitet einen oder mehrere „Inputs“ (z. B. Sand oder Flüssig-Eisen) zu einem oder mehreren „Outputs“ (z. B. Sandformen oder Gussteile).

Die konkreten Bedingungen, wie Zeitverlauf und Kapazität, werden für jede Einzel-Anlage eingegeben und hinterlegt. Abhängig davon wie die Anlagen im Simulationsmodell verbunden werden, entsteht ein Gesamtverlauf. Während der Optimierung des Simulationsmodells sind von jeder Einzel-Anlage in dem Modell Information über die Mengen an Materialien vorhanden, welche jede Anlage zu verarbeiten hat. Daraus wird grafisch dargestellt, wie hoch die jeweilige Auslastung war. Die logistische Simulation ermöglicht die Gesamtleistung von zusammenarbeitenden Anlagen (Gießereientwurf) festzustellen, wobei Parameter wie Produktionsprogramm, Logistik und alle Anlagenspezifikationen variabel sind.

Der Einsatz dieser Simulationstechnik ist in Zusammenarbeit mit den Technischen Universitäten von Eindhoven und Twente entwickelt worden. Seit 2005 wird das Simulationsprogramm von GEMCO eingesetzt, um Gießereientwürfe logistisch zu simulieren. Dazu sind die (Standard-)Bibliotheken von logistischen Komponenten wie Förderrinnen, Bändern, Gabelstaplern usw. mit vielen unterschiedlichen und gängigen Ausrüstungsteilen von Gießereianlagen ergänzt worden. Diese können in kundenspezifischen Gießereientwürfen zusammengefügt und kombiniert werden.

Die Komplexität eines Simulationsmodells resultiert aus den vielen veränderbaren Parametern. Eine Anpassung in den Anlagenspezifikationen ergibt eine Änderung im Verhalten der individuellen Maschine und somit auch im Verhalten von zusammengestellten Systemen bzw. hintereinander geschalteten Anlagen. Bei der Zusammenstellung eines Systems ist von wesentlicher Bedeutung, mögliche Systemengpässe festzustellen. Innerhalb eines effektiven Gießereibetriebes ist es wichtig, dass die Formanlage konsequent weiterarbeiten kann und die umliegenden Anlagen über eine ausreichende, aber nur kleine Überkapazität verfügen.

Anhand der logistischen Veränderungen, wie beispielsweise einer Anpassung des Layouts und/oder dem Einbau von Puffern, kann die Gesamtleistung optimiert werden, ohne die Kapazität der Einzelanlage zu vergrößern. Mit dem Einbau ausgerichteter Puffer-Kapazitäten wird die Auslastung der Anlagen optimiert, während der Einfluss der vor- oder nachgeschalteten Produktionsschritte abnimmt. Auch wird in der Praxis häufig die Wichtigkeit eines guten Layouts für die Effizienz der Gießerei unterschätzt.

Nach Auswahl der Anlagenspezifikationen, des Layouts und der Puffer kann anhand durchgespielter Variationen im Produktionsprogramm die Leistung eines Modells verbessert werden. Oft ist es so, dass bei großen Produkt-Gussgewichten der Schmelzbetrieb zeitweise den Engpass darstellen kann. Bei kernintensiven Produkten ist es dagegen kurzzeitig die Kerneinlagestrecke oder die Kernmacherei, die den Flaschenhals darstellt. Eine Simulation ermöglicht beispielsweise, innerhalb des Gießereientwurfes mit unterschiedlichen Seriengrößen zu experimentieren, um somit ein optimales Produktionsprogramm festzulegen. Sofern die programmierten Produktionsabläufe nicht wunschgemäß verlaufen, kann statt dem Programm selber auch

Autoren:
Dipl.-Ing. **Bas van Gemert**,
Dr.-Ing. **Dirk Wijnker**
Gemco Engineers b.v. Eindhoven, NL

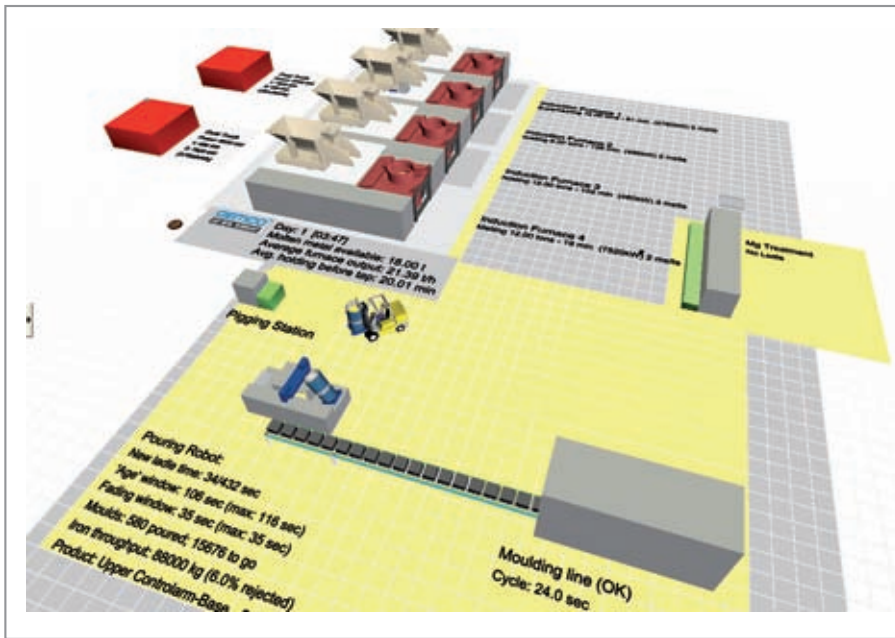


Bild 1: Schmelzbetrieb

das Modell angepasst werden, bis die Abläufe optimal ausgeführt werden können.

Energieeffizienz in der logistischen Simulation

In den neuesten Entwicklungen wird Energie als logistisches Element mit aufgenommen. Energie wird, wie Sand und Eisen, als Input und/oder Output einer Anlage modelliert. Logistische Simulation ist eine Form der ereignisorientierten, diskreten Simulation. Materialströme finden durch logistische Elemente statt, um zu einem bestimmten Zeitpunkt von der einen zu einer anderen Anlage übertragen zu werden. Wenn die Energie in der Realität

anhand einer kontinuierlichen Strömung ($\text{kW} = \text{kJ/s}$) übertragen wird, ist für den Input der Energie in die Simulation eine besondere Lösung implementiert. Dabei wird es möglich diese Energie in Pakete (kW-Stunden) einzuteilen und durch vorhandene Ereignisse zu steuern und somit als logistische Einheit einzusetzen. Gegenwärtige Schmelztechnologien wie „Powersharing“ sind dabei berücksichtigt. Dazu werden die Verluste der Anlage und die Einflüsse auf den Energieverbrauch von Ofenführung, Materialeigenschaften und Schmelzbehandlungen realistisch modelliert. Es wird somit möglich, bei der Simulation von der Gießereiauslegung auch die Energieströme und den Verbrauch mit einzubeziehen.

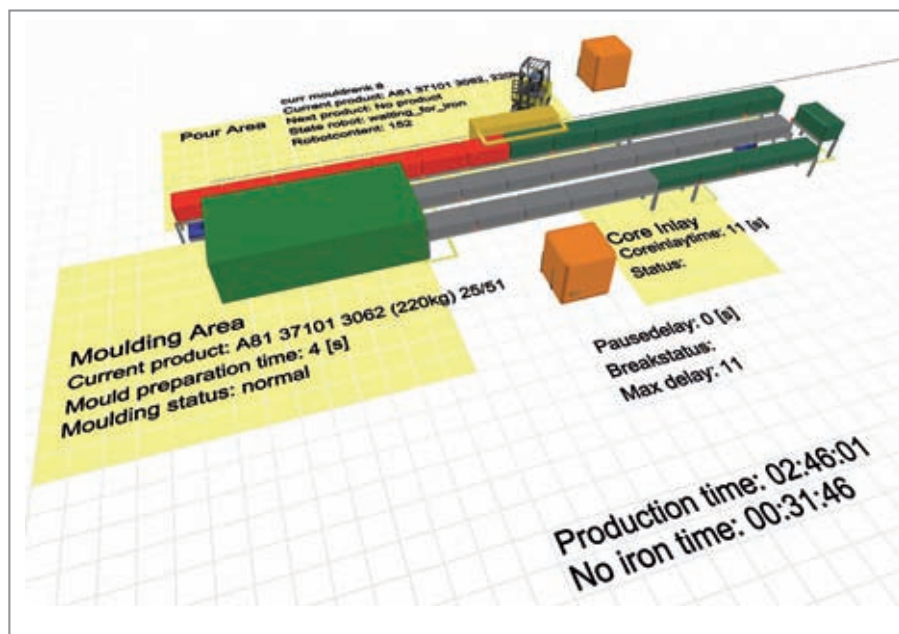


Bild 2: Formanlage mit Gießroboter

Beispiele von Simulationsmodellen Beispiel 1

Bild 1 zeigt eine Schmelzbetriebssimulation. Die Simulation war Bestandteil des Detail-Engineerings bei dem Bau einer neuen Gießerei für Sicherheitsteile. Gemäß Vorschlag vom Schmelzofenbauer wurden 4 Öfen mit je 12 Tonnen Fassungsvermögen mit einer Leistung von 8 MW eingeplant und in dem Simulationsmodell berücksichtigt. Danach ist der Parameter „Inhalt“ von jedem Ofen auf 10 Tonnen verkleinert worden. Normalerweise oder erfahrungsgemäß wird mit dem Verkleinern die Energieeffizienz etwas schlechter, denn größere Öfen sind meistens energieeffizienter. Jedoch konnte festgestellt werden, dass beim Entleeren in mehreren Schritten von einem größeren Ofen, relativ mehr Zeit zum Entleeren gebraucht wird. Bei einem 8-Tonnen-Ofen und einer 4-Tonnen-Transportpfanne kann man die ersten 4 Tonnen gleich am Ende vom Schmelzzyklus entnehmen und wartet dann auf die Entnahme der letzten 4 Tonnen. Bei einem 12-Tonnen-Ofen und der gleichen 4-Tonnen-Pfanne (das heißt der Ofen ist 1,5 mal größer) muss der Ofen zwei Mal warten bis er leer ist. Das ist relativ mehr Warmhaltezeit und Wartezeit und das kostet Effizienz. Die Simulation zeigte, dass für die Pufferkapazität mit dem gewünschten Produktionsprogramm vier Stück 10-Tonnen-Öfen ausreichend sind. Folgerung war, dass in dieser Zusammenstellung, und mit 8 MW Leistung, vier x 10 Tonnen Öfen weniger Investition bei gleicher Leistung bedeuten als vier 12-Tonnen-Öfen. Deshalb wurden letztendlich auch die 10-Tonnen-Öfen ausgewählt.

Beispiel 2

Für einen Kunden, welcher am Gießroboter oft auf Eisen warten musste, ist untersucht worden wie die Systemleistung durch eine Erweiterung der Schmelzkapazität erhöht werden kann. Zum Beantworten dieser Frage ist im Simulationsmodell die aktuelle Ist-Situation der betrachteten Gießerei nachgestellt worden. Das Modell (Bild 2) zeigte wie erwartet, dass der Schmelzbetrieb der Engpass war. Aber das Modell zeigte auch, dass der nächste Engpass, das heißt der Engpass nach dem Hinzufügen eines zusätzlichen (dritten) Ofens, in der Gießstrecke und bei der Kernmacherei lag. Die Leistung wurde nur 3% höher durch Einsatz von einem dritten Ofen und das war nicht wirtschaftlich. Die Empfehlung lautete darum,

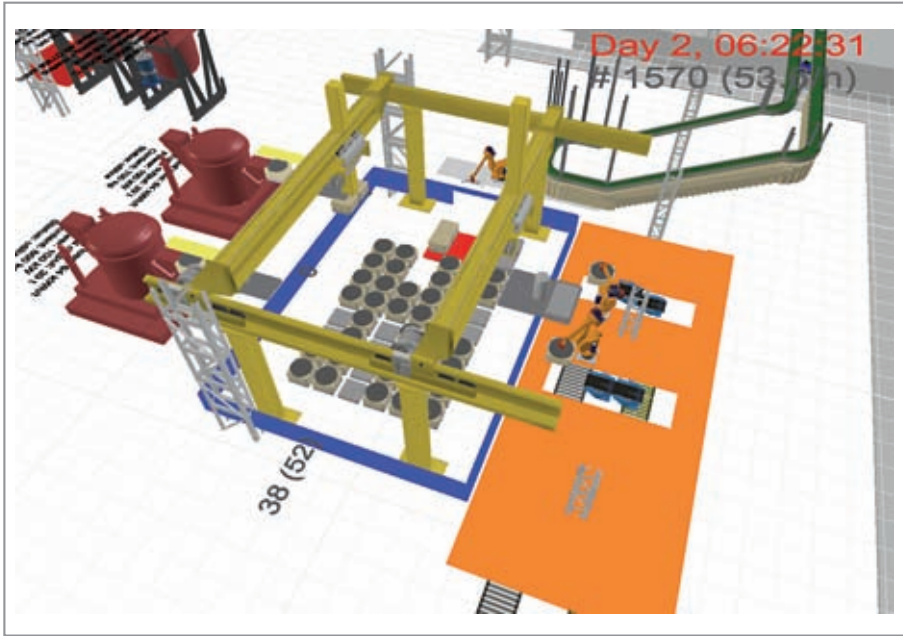


Bild 3: Portalroboter

den Schmelzbetrieb optimal zu nutzen, anstatt zu investieren, so dass das Produktionsprogramm schnell zwischen verschiedenen Gussteilsortimenten variiert werden kann.

Beispiel 3

Bild 3 illustriert einen Teil einer Gießerei, in der Kernpakete abgegossen werden. Für diese Gießerei sind zwei Varianten für die Logistik zwischen Kernmacherei, Schmelzbetrieb und Gießöfen, Abkühlplätzen und Auspackrobotern simuliert worden. Die erste Variante ist eine traditionelle Lösung mit Rollenbahnen.

Während dieser Simulation wurde festgestellt, dass dieses System ein stark verkettetes System ist. Wenn eine der Bahnen oder Hubtische steht, steht alles. Nach dem Einführen von realistischen Störungszeiten sank deshalb der Mittelwert der Produktionsgeschwindigkeit unter das gestellte Minimum der erforderlichen Anzahl Formen/Stunde. In dem zweiten Entwurf sind alle Rollenbahnen und Hubtische durch zwei Portalroboter und Kräne ersetzt worden. Die Abkühlung findet einfach durch das Abstellen der Kästen für einige Zeit auf dem Boden statt. Damit sinkt die Anzahl der Transportgeräte von knapp 20 auf

nur 2. Das Ausbringen hat sich im Vergleich mit der ersten Lösung um 12% erhöht. Auch wenn einer der beiden Kräne fehlt, kann der andere seine Arbeit übernehmen. Damit kann, zwar mit reduzierter Leistung, noch weiter gearbeitet werden. Als Folge daraus ist auch Energieeinsparung zu erwarten. Wenn der Eisenbedarf beim Gießen zuverlässiger ist und mit weniger Unterbrechungen, wird Warmhaltezeit in den Öfen eingespart und die Schmelze kann „Just in Time“ aufbereitet werden. Somit wird weniger Energie verschwendet.

Die Simulation kann damit auch ein Werkzeug sein, um unterschiedliche Varianten zu beurteilen und die am besten geeignete zu wählen.

Beispiel 4

Bild 4 bezieht sich auf eine Strangguss-Gießerei mit mehreren Strangguss-Linien, wobei viele Stränge in unterschiedlichen Eisenlegierungen gegossen werden. Zur Beurteilung, wie die Produktion ablaufen soll, ist die Anwendung von Excel unzureichend. In einer solchen Situation ist die Simulation bei der Optimierung des Gießereientwurfs und der Produktionsplanung sehr nützlich.

Simulation zum Entwurf wettbewerbsfähiger Gießereien

Als Ingenieure und Gestalter von Gießerei-Konzepten besteht unser Ziel darin, den gesamten Gießerei-Prozess inklusive der Anlagen, Installationen, Medienversorgung und Gebäude so effizient wie möglich zu realisieren. Simulation hat sich als geeignetes und angemessenes Werkzeug zur Optimierung des Entwurfes einer Gießerei oder von Abteilungen innerhalb einer Gießerei erwiesen.

Die Simulation unterstützt den Gießereiplaner/Ingenieur bei der optimalen Planung und Umsetzung von Gießereiprozessen. Die Simulation erlaubt nicht nur die Visualisierung der Zusammenarbeit zwischen Anlagen (Engpässe, Stau, Auslastung, Gesamtleistung), sondern sie unterstützt auch die Optimierung der Gießereiplanung (Bilanz zwischen Investition, Verbrauch und Leistung). Außerdem bietet die Simulation eine ausgezeichnete Kommunikations-Plattform für die Gießereiplaner und die Gießereifachleute. Schon während der Entwurfsphase gibt es ein dreidimensionales, dynamisches Bild von der neuen Gießerei. Simulation ist bei der Entwicklung und Auslegung wettbewerbsfähiger Gießereien nicht mehr wegzudenken. ◀

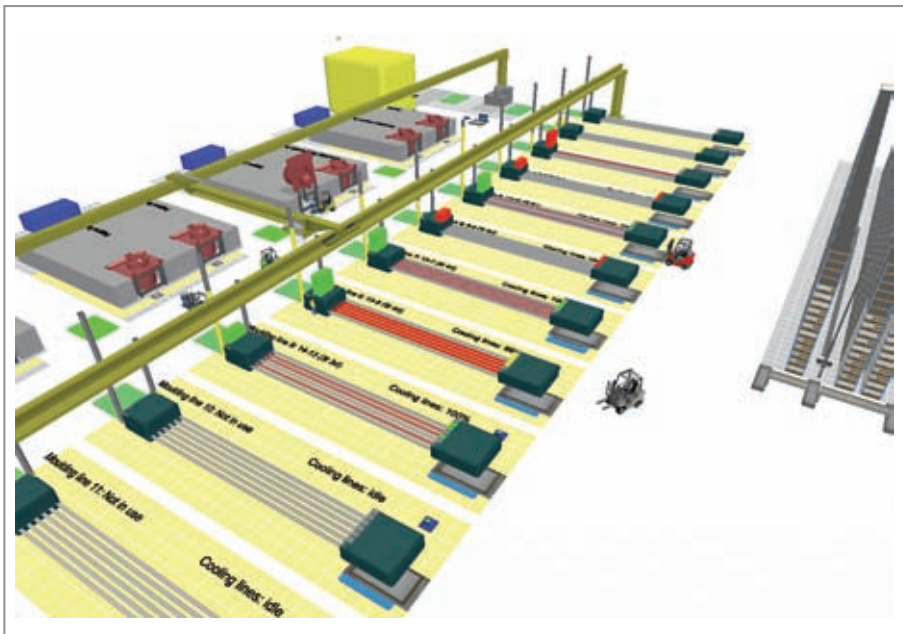


Bild 4: Stranggusslinien