

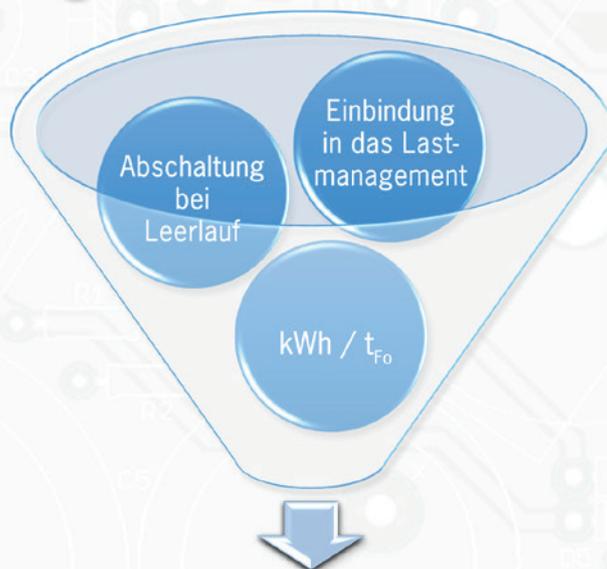
GIESSEREI

Die Zeitschrift für Technik, Innovation und Management

**CASTING
THE FUTURE**
SINCE 1914

Ein Schritt in Richtung grünere Gießerei

mit unserer Energieeffizienz in der **Sandaufbereitung**



**Kosten und Energie sparen:
ein Schritt zur CO₂-neutralen Gießerei**





Formsandschleuder zur Auflockerung von Fertigsand. Wird der Energieverbrauch der zahlreichen Anlagenbestandteile für die Sandaufbereitung addiert, ist dieser Prozessschritt der zweitgrößte Energieverbraucher in der Gießerei.

FOTOS: ERICH

Energieeinsparpotenziale bei der Sandaufbereitung

Schalt doch mal ab ...

Die Sandaufbereitung ist in vielen Gießereien nach dem Schmelzbetrieb der zweitgrößte Energieverbraucher. Schon mit überschaubarem Aufwand können hier bis zu zehn Prozent Energie eingespart werden.

VON WOLFGANG ERNST, BRAUNSCHWEIG

Das Motiv der Energieeinsparung mag in einer Gießerei sicherlich dadurch getragen sein, das Image durch eine ökologische Maßnahme aufzubessern oder, auch bedingt durch die ISO Serie 50000, eine Verpflichtung zur fortlaufenden Optimierung übernommen zu haben. Aber letztendlich ist das treibende Moment die Ausgabeneinsparung für den Energiebedarf. Nachdem im Schmelzbetrieb markante Einsparungen erzielt, die Druckluftkompressoren erneuert und sämtliche Lampen im Werk auf LED umgestellt wurden, werden nun andere Betriebsbereiche interessant. In vielen Nassgussgießereien ist nach dem Schmelzbetrieb die Sandaufbereitung der

zweitgrößte Energieverbraucher! Exemplarische Untersuchungen ergaben mit überschaubarem Aufwand ein Einsparpotenzial von bis zu 10 %.

Für die Einsparung elektrischer Energie in der Sandaufbereitung sind zwei Interventionsebenen zu betrachten: Es ist die elektrische Ausrüstung, genauer gesagt die Motoren und ihr Verbrauch bei Volllast und zum weiteren die Fahrweise, speziell im Modus des Leerlaufbetriebes, wenn alle Motoren laufen und kein Sand transportiert oder behandelt wird. Beide Interventionsebenen sollen im Folgenden einer Betrachtung unterzogen werden, wobei über die Energiesparmotoren nur einige Anmerkungen gemacht werden. Hingegen sollen exemplarische Erfahrungen bei der Umstellung der Fahrweise aufgezeigt werden, wenn in Phasen des Leerlaufbetriebes

Anlagenteile zeitweilig abgeschaltet werden. Erste Erfahrungen aus zwei Gießereien werden dokumentiert, wo dieses Konzept praktisch umgesetzt wurde.

Einsatz von Energiesparmotoren

Üblicherweise hat eine Sandaufbereitung einige wenige Großverbraucher wie Mischer (Bild 1), Altsand-Kühler (Bild 2), Becherwerke und Ventilatoren. Bei Nennlast sind ihre Verbrauchswerte zwischen 50 und 500 kW anzusetzen. Deutlich geringer im Verbrauch sind Transportbänder, Schnecken, Rüttler etc. Ihre Verbrauchswerte liegen von 1 kW beginnend und gehen meistens nicht über 5 kW Nennleistung hinaus. Für die dominante Verbrauchseinsparung haben sie nur eine geringe Bedeutung – 20 Bänder verbrauchen



Bild 1: Intensivmischer mit energiesparenden Torque-Motoren.

chen in etwa so viel wie ein Mischer. Für die folgende Betrachtung wurden die Bereiche der Entstaubung, Druckluftherzeugung, eventuell auch Hydraulik außen vor gelassen.

Seit einigen Jahren hat es intensive und erfolgreiche Bemühungen gegeben, Motoren insgesamt sparsamer aufzubauen – es sind die Energieeffizienzmotoren, die aktuell bereits mit der Bezeichnung Klasse 4 eingestuft sind. Besonderes Augenmerk verdient nun die Auswahl der Motoren. Zum einen wird nicht ganz einfach ein 100-kW-Motor alter Bauart gegen einen 100-kW-Motor neuer Bauart ausgetauscht. Vielmehr ist bei der Wahl eines neuen Motors darauf zu achten, dass zum Erreichen einer hohen Effizienz die zugeführte elektrische Leistung nur gering über der abgegebenen mechanischen Leistung liegt. Der definierte Wirkungsgrad (Eta), das Verhältnis der abgegebenen zur zugeführten Leistung sollte so dicht wie möglich beim Wert 1 liegen (Bild 3).

Motorendimensionierung

Bereits diese Vorgabe ist nicht einfach umzusetzen, weil der tatsächliche Bedarf mechanischer Energie nicht einfach feststellbar ist. Aber viel kritischer ist ein weiteres konzeptionelles Problem. Gerade bei wichtigen Großverbrauchern wie den Motoren des Mixers oder des Kühlerantriebs wird gerne ein deutlich größerer Motor dimensioniert, als für den Normalbetrieb erforderlich ist. Der Motor soll

nach einem Not-Halt unter Volllast wieder hochfahren können, um langes Leer-schaufeln mit entsprechendem Anlagenstillstand zu vermeiden. Hier kollidiert der Wille der Energieeinsparung durch einen kleineren Motor mit dem Wunsch, im Falle einer Panne ohne großen Zeitverzug wieder starten zu können.

Anschaffungskosten fallen kaum ins Gewicht

Die Vorstellung, sämtliche Motoren einer Sandaufbereitung wechseln zu müssen,

lässt viele zurückschrecken, da der Aufwand recht schnell hoch wird. Trotz alledem lohnt es sich, die Zahlen genauer anzuschauen. Je nach Alter und Bauart variieren die tatsächlichen Verbräuche, aber die Hersteller energieeffizienter Motoren sehen Einsparpotenziale von bis zu 40 %. Im Zweifel ist der Elektriker gefragt und sollte selbst mal die Verbrauchswerte in verschiedenen Lastfällen über alle drei elektrischen Phasen messen, um dann mit dem Motorenlieferanten seines Vertrauens die realistischen Einsparpotenziale auszuloten. Bemerkenswert ist hingegen eine weitere Kostenbetrachtung, die über die Lebenszeit eines Motors die tatsächlichen Kostenanteile aufschlüsselt. Auf Bild 4 ist deutlich zu erkennen, dass die Anschaffungskosten über die Jahre hinweg mit einem Anteil von ca. 1 % aller Kosten zu vernachlässigen sind. Dominant sind eben die Betriebskosten und damit die eingesetzte elektrische Energie.

Priorisierung beim Motorenwechsel

Trotzdem, die zu veranschlagenden Investitionen schrecken ab, und wenn sie sich über einen längeren Zeitraum verteilen lassen, dann sind sie besser zu verkraften. Dabei ist dann die Frage zu klären, mit welchen Motoren anzufangen ist. Eine geeignete Strategie ist die Aufteilung aller betroffenen Motoren in vier Gruppen, nämlich nach Betriebsalter und Jahresverbrauch der elektrischen Leistung. Im Bild 5 zur Strategie über den Motorenwechsel sind beispielhaft alle Motoren in



Bild 2: Intensivkühler für eine effiziente Kühlung.

Definition Wirkungsgrad η [%] = $\frac{\text{abgegebene mech. Leistung}}{\text{zugeführte elektr. Leistung}}$

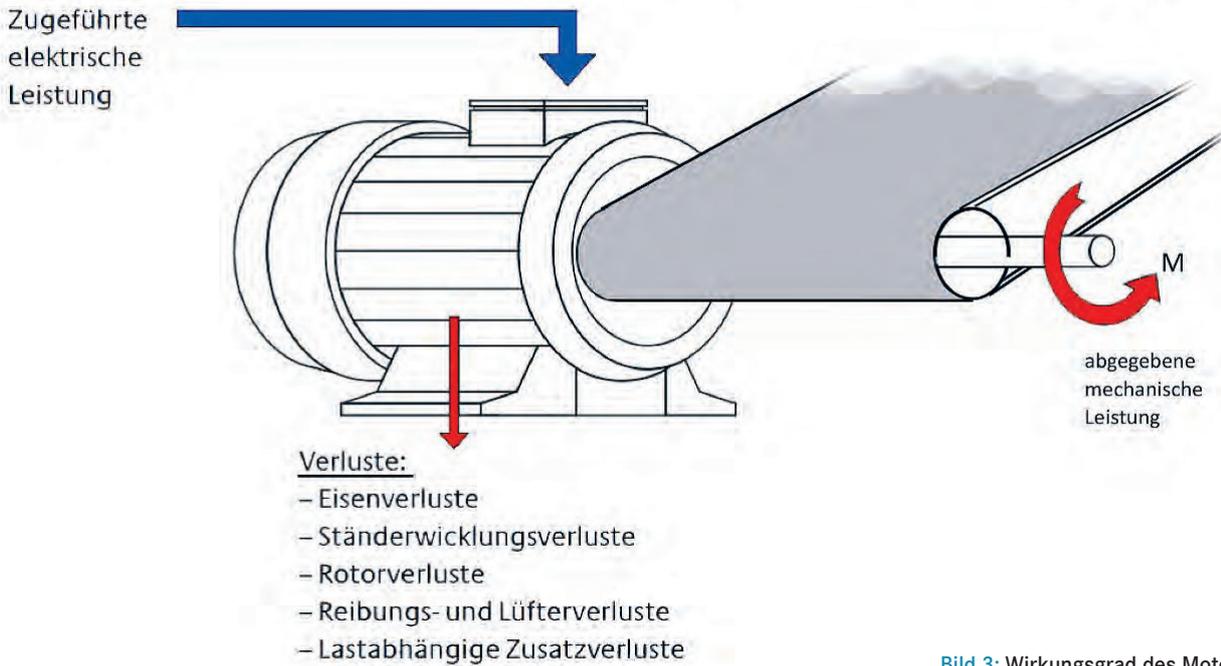
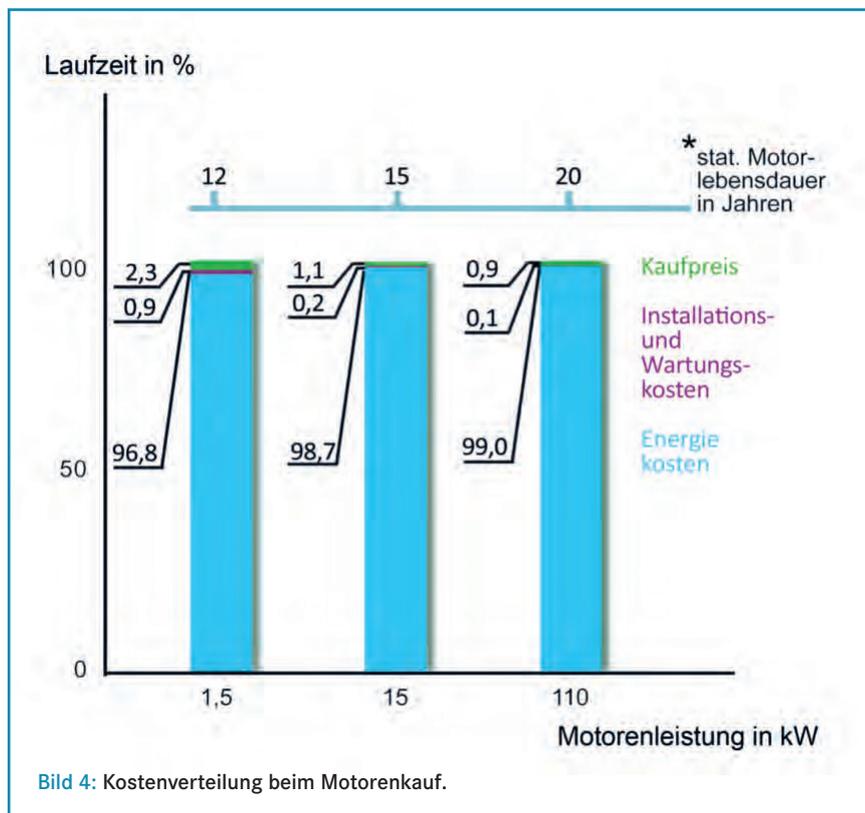


Bild 3: Wirkungsgrad des Motors.



von Ergänzungen. Es beginnt mit dem Frequenzumrichter (FU), um über die Variation der Frequenz die abzugebende mechanische Leistung, die notwendige elektrische Leistung zu drosseln. Gerade bei der Vergabe von Fördergeldern wird auf diese Investition genauestens geachtet. In vielen Fachartikeln wird gerne auf das Beispiel von Versorgungspumpen verwiesen, die im Tagesbetrieb fortlaufend unterschiedliche Mengen transportieren sollen und die Pumpe dann mit ihrem Leistungsvermögen angepasst wird. Nun ist das Beispiel derartiger Pumpen nicht unbedingt für jeden Anlagenteil übertragbar. Gerade Bänder oder Dosierschnecken kennen eigentlich nur zwei Betriebszustände: „gefüllt“ oder „leer“. Eine Regelung per FU entzieht sich schnell einer Sinnhaftigkeit. Insbesondere ergeben sich Folgeaufwendungen. FUs sind keine kleinen Gerätschaften, der Platzbedarf im Schaltschrank übersteigt garantiert die übliche Platzreserve. Neue Schaltschränke und ein größerer Umbau ergeben sich zwangsläufig. Weiterhin sind sämtliche Motoren mit einem Fremdlüfter zur Kühlung ausgestattet, die mechanisch mit der Antriebsachse gekoppelt sind. Sollte tatsächlich die Drehzahl variiert werden, dann geht in dem Moment auch die Ventilatorleistung zurück. Demzufolge wird für den Ventilator ein zusätzlicher, eigener Motor mit allem erforderlichen Aufwand

die vier Quadranten eines Koordinatenkreuzes gesetzt worden, um auch optisch/grafisch die Verteilung besser zu veranschaulichen. So bietet es sich an, mit den alten Großverbrauchern zu beginnen, weil diese Einsparungen sich am deutlichsten zu Buche schlagen.

Die kontraproduktiven Kostentreiber

Eines soll in diesen Ausführungen nicht verschwiegen werden: Beim Austausch zum energieeffizienten Motor bleibt es nicht. Es ergeben sich noch eine Reihe

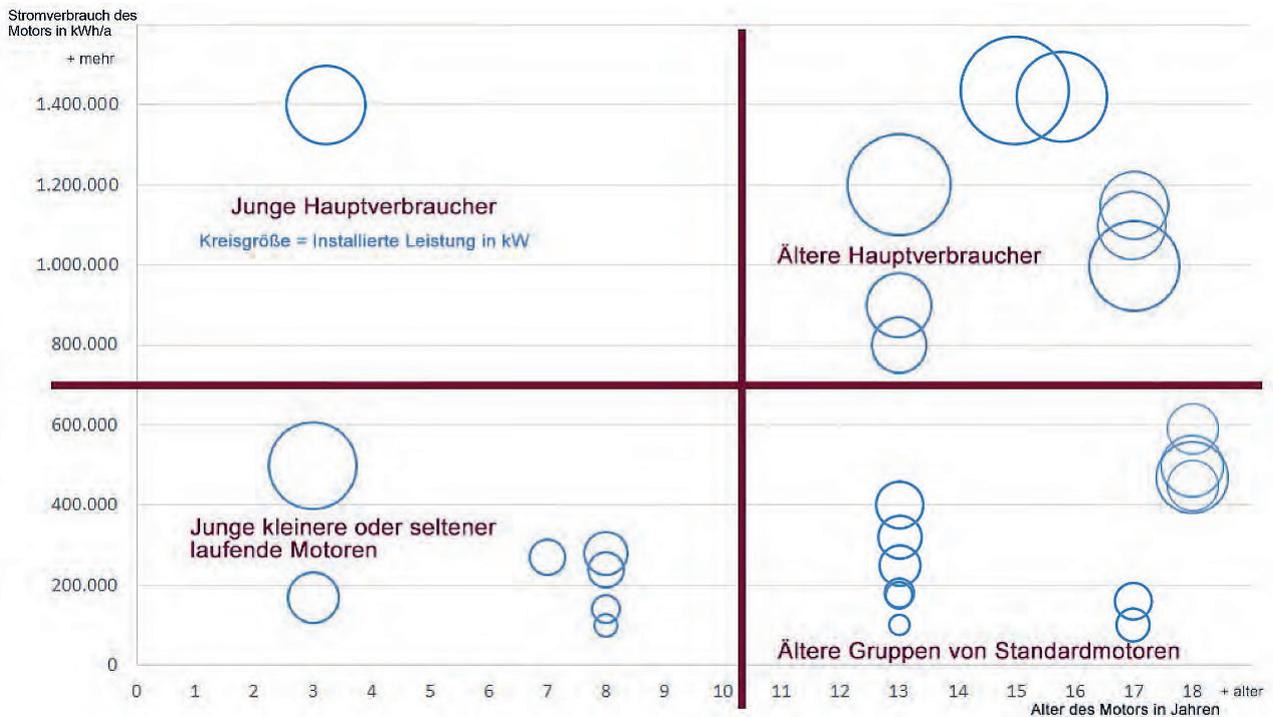


Bild 5: Vorschlag eines Modernisierungsprogrammes älterer Motoren auf die aktuelle Effizienzklasse.

benötigt. Und letztendlich ist die Verkabelung zu erneuern. Die Zuführleistung bei FU-gesteuerten Motoren haben durch das Frequenzspiel die unangenehme Begleiterscheinung, EMV-Störungen (Elektromagnetische Verträglichkeit) gerade in der empfindlichen Elektronik hervorzurufen. Da helfen in der Regel nur abgeschirmte Kabel.

Ein letzter Aspekt soll noch erwähnt werden. Größere FUs erzeugen eine beträchtliche Abwärme im Schaltschrank, die nicht mehr ignoriert werden kann. Dort müssen dann Kühleinrichtungen in den Schaltschränken vorgesehen werden. Der Aufwand für den Motorenwechsel steigt beträchtlich. Ob das dann noch in Summe als energieeffizient betrachtet werden kann, sei dahingestellt.

Aufwandsreduktion in Phasen des Leerlaufs

Ging es beim Einsatz von energieeffizienten Motoren darum, die gleiche Transport- und Aufbereitungsmenge mit weniger elektrischer Energie zu erreichen, so geht es jetzt darum den anfallenden Leerlaufstrom soweit wie möglich zu vermeiden. Eine gut dimensionierte Sandaufbereitung wird immer etwas mehr leisten als die geforderte Sandmenge vorgibt. Stillstand durch Sandmangel soll vermieden werden. Also ergeben sich Leerlaufphasen. Sie werden noch ausgeprägter, wenn gerade beim Kundenguss Sandmenge und

Firma Mischer	Anz.Chargen 72.182
Daten von bis	Φ Chargengewicht 2.200 Kg
02.01.2018 14.12.2018	Arbeitstage 268
Filter: nicht > 07:00 hh:mm	Betriebsstunden: 5465

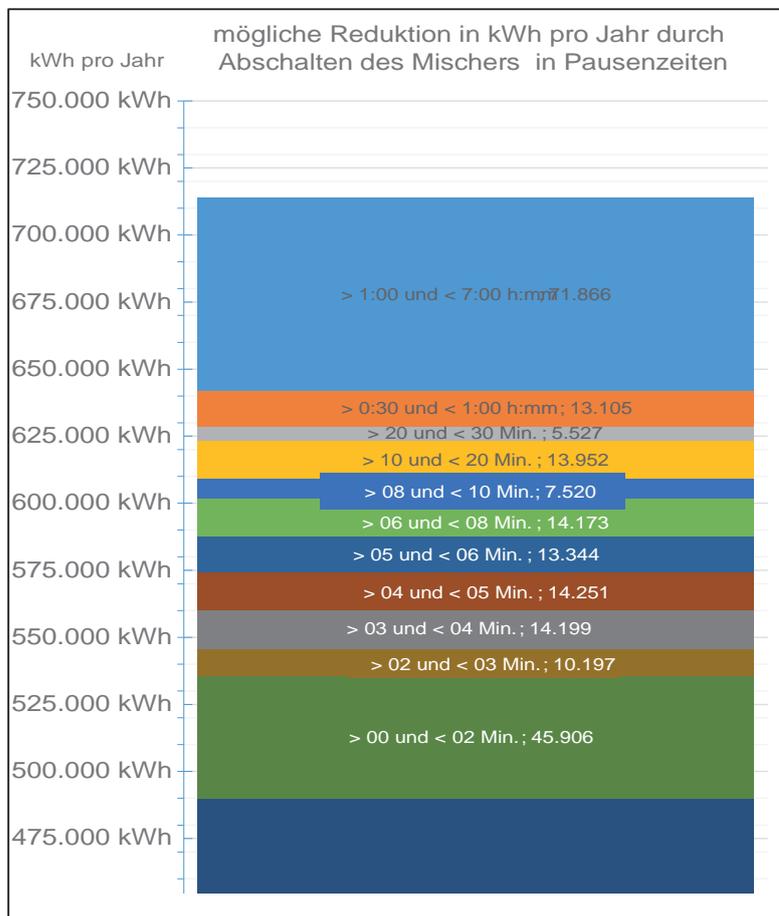
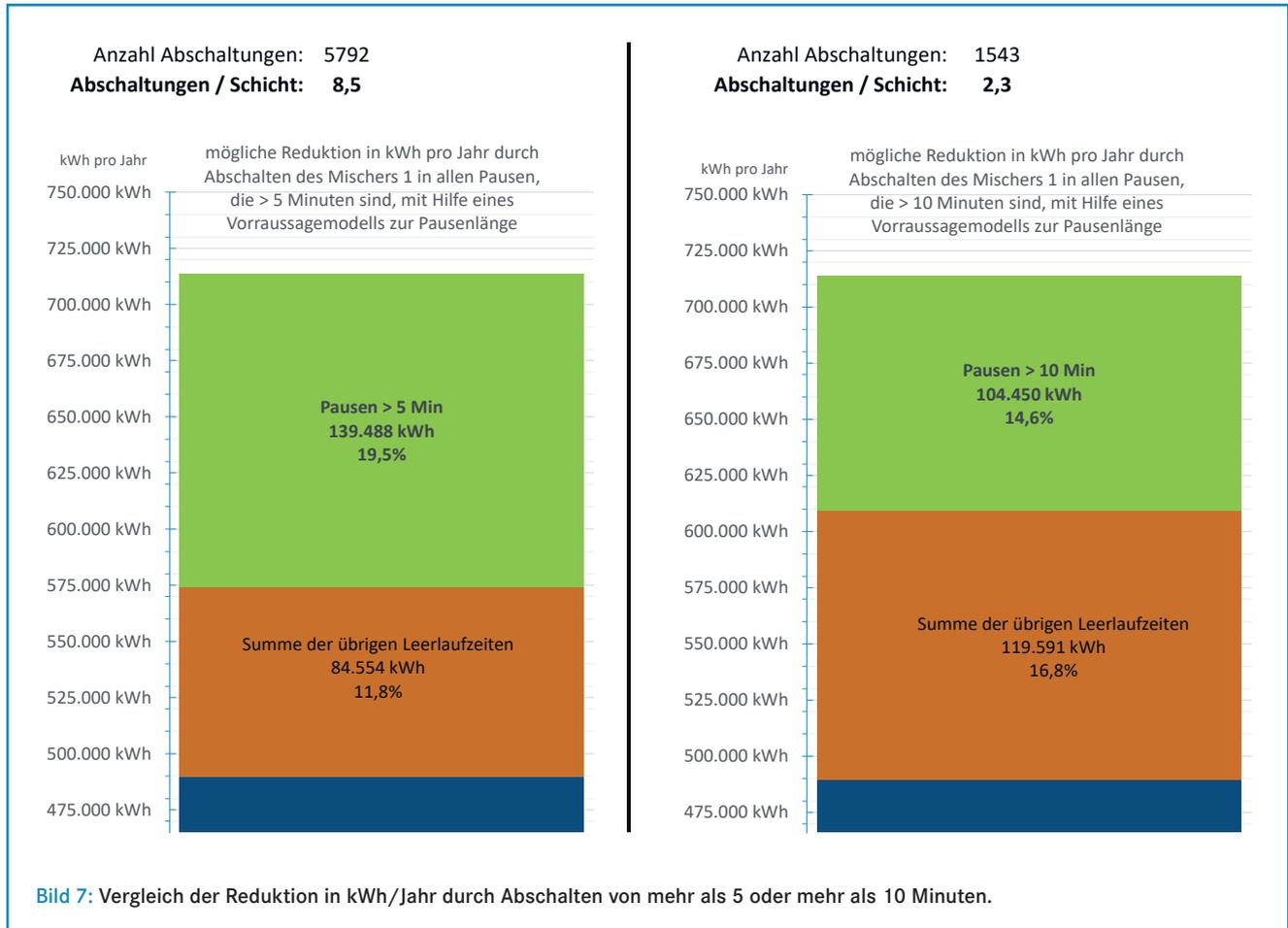


Bild 6: Gesamtenergieverbrauch.



Firma					
Datum	1.Charge	02.01.2018	Chargen	gesamt	72.183
Datum	letzte Charge	14.12.2018	Schicht	06:00 - 14:00	31.632
Arbeitstage	(Ist)	268	Schicht	14:00 - 22:00	29.017
Wochen	(Zeitraum)	49	Schicht	22:00 - 06:00	11.534
Formsandproduktion					
mittleres Chargengewicht im Auswertungszeitraum	2.200 Kg	pro Tag	pro Jahr		
	158.803 t	593 t	158.803 t		
Energieverbrauch					
pro Jahr	715.469 kWh				
davon für Produktion	489.782 kWh				
davon im Leerlauf	225.688 kWh				
Pausen nicht länger als:	> 08:00 hh:mm	result. Abschaltungen			
Sparpotential 2	106.097 kWh	Anz. ges.	Anz./Schicht		
(alle Pausen > 10 Minuten)	14,8%	1.546	2,3		
Sparpotential 1	141.134 kWh				
(alle Pausen > 5 Minuten)	19,7%	5.795	8,4		
Kennzahlen					
	Mischer 1		Istzustand		
kWh pro Tonne Formsand	4,51 kWh/t				
kWh pro Tonne Formsand	3,84 kWh/t		bei Sparpotential 2		
Sparpotential (pro Jahr)	106.097 kWh				
Sparpot. (bei 0,14€ pro kWh)	14.854 €				

Bild 8: Potenzialanalyse auf einen Blick.

unterschiedlich wahrgenommen. Zur eindeutigen Klärung empfiehlt sich eine Potenzialanalyse durch Auswertung von Chargenprotokollen. Betrachtet werden die Chargenstartzeiten (mit Sekundenangaben) und daraus lassen sich bei festen Zykluszeiten genau ableiten, wie sich der Leerlauf verteilt.

Im dargestellten Beispiel (Bild 6) wurden fast über ein Kalenderjahr 72 182 Chargen analysiert, was sich über 268 Werktage auf 5487 Betriebsstunden verteilt. Da kein Verbrauch der elektrischen Energie pro Zyklus dokumentiert wurde, sind vereinfachend Mittelwerte für die Zyklusleistung und Leerlaufphase angesetzt. Die Darstellung zeigt die Anteile über den tatsächlichen Verbrauch für die Stillstandszeiten in jeweiligen Minutenabständen. Bemerkenswert ist schon die Verteilung verbrauchter Energie für Nennlast und Leerlauf. Fast ein Drittel wird für den Leerlauf verbraucht. Diese Betrachtung gilt nur für den Mischer und nicht für den Rest der Sandaufbereitung.

Abschalten spart Energie

Der sich anbietende einfache Ansatz lautet: abschalten, wenn kein Sand transportiert oder aufbereitet wird. Nun steht

Taktzeit pro Modell variieren. Aber das stellt nicht unbedingt das größte Verschwendungspotenzial dar. Der größte Verbrauch ergibt sich bei längeren Leer-

laufphasen wie Pausen und Störzeiten, wenn die Sandaufbereitung nicht gezielt abgeschaltet wird. Erfahrungsgemäß laufen die Anlagen durch. Der Eindruck wird

immer die berechtigte Sorge dahinter, wie oft ein Motor pro Tag ohne Schaden ein- und ausgeschaltet werden darf. Leider liegen bislang keine abgesicherten umfassenden Erfahrungswerte vor. Sicherlich kann mit einem FU oder auch Sanftstarter viel großzügiger ein- und ausgeschaltet werden. Jedoch wird bei einer klassischen Beschaltung über Schütze die Mechanik im Motor und auch im Aggregat belastet und kann auch verschlissen werden. Daher wurde die Betrachtung in Bild 7 auf zwei Zeitbereiche reduziert. Eine Abschaltung erfolgt für fünf Minuten und länger bzw. sogar für zehn Minuten und länger. Bei Pausen größer fünf Minuten werden 11,8 % mit angenommenen 84 554 kWh quasi verschenkt. Diese nicht eingesparte Leerlaufleistung vergrößert sich bei Pausen ab zehn Minuten auf 16,7 % also 119 591 kWh.

Bild 8 fasst die wesentlichen Untersuchungsergebnisse noch mal zusammen. Kernaussage ist das Sparpotenzial, das 15 % vom gesamten Verbrauch beitragen kann. Eine zweite wichtige Aussage stellt die Kennzahl kWh/t (Kilowattstunde pro Tonne Formsand) dar. Sie sollte sich unabhängig von Durchsatz nicht besonders verändern, wenn eine intelli-

gente Fahrweise für die Sandaufbereitung programmiert wurde.

Dieses Konzept, im Leerlauf Anlagenteile abzuschalten, ohne den Durchsatz zu gefährden, wurde in zwei unterschiedlichen Gießereien umgesetzt. In einem Fall wurde eine größere Sandaufbereitung im Doppelmischbetrieb so gefahren. Das Balkendiagramm in Bild 9 gibt exemplarischen Aufschluss für einen Betrieb über 24 Stunden. Die Anlage wird pro Tag 18 Stunden gefahren, der Mischer hat eine Chargengröße von 2200 kg. In dem dargestellten Zeitraum variiert die stündliche Sandmenge von 42,6 t bis 97,3 t. Überlagert zu den blauen „Sandsäulen“ wurde der elektrische Energieverbrauch der gesamten Dosier- und Mischergruppe aufgezeichnet (schwarze Linie), der naturgemäß Schwankungen aufweist. In der zusätzlichen türkisen Linie ist die Kennzahl kWh/t mit knapp 5,5 kWh eingetragen worden. Mit dieser Kennzahl lässt sich einfach eine Sichtkontrolle darstellen, um die effiziente Fahrweise zu prüfen. Den tatsächlichen Energieverbrauch in Kilowattstunde pro Tonne Formsand zeigt die dunkelgrüne Linie.

Auch im Fall einer im Vergleich kleinen Aluminiumgießerei mit einem Mischer der

Chargengröße 250 kg bewegt sich die Kennzahl bei ca. 3,5 kWh pro Tonne Formsand.

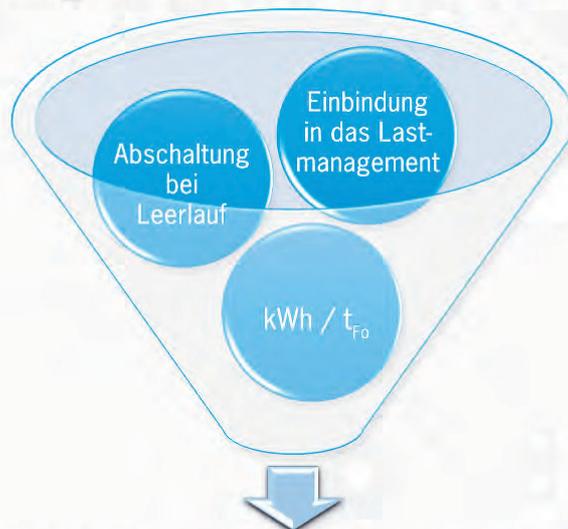
Umsetzungsstrategie

Im Gegensatz zum Einsatz von Energieeffizienzmotoren ist mit dem Ansatz „Abschalten bei Leerlauf“ nur ein geringer Hardwareaufwand nötig. Er spielt sich in der Steuerung ab. Dabei müssen Algorithmen entwickelt werden, die ein ständiges Beschalten der Motoren vermeiden. Vielmehr muss vorausschauend erkannt werden, wenn der Mischer eine Charge entleert hat, ob noch weiterer Formsand benötigt wird oder sich eine Wartezeit von einigen Minuten ergeben könnte. Dazu ist eine enge Kommunikation zur Formanlage nötig, weil sie letztendlich für den Formsandbedarf verantwortlich ist, um so früh wie möglich signalisiert zu bekommen, ob sie gerade gestoppt oder gestört ist bzw. ob sie läuft und Sand benötigt.

Des Weiteren wurde eine gewichtige Modifikation der Beschickung und Befüllung der Formsandbunker umgesetzt. Klassische Steuerungen sind so ausgelegt, dass bei Abfall des Vollsignals so schnell wie möglich Sand nachgeschickt

Ein Schritt in Richtung grünere Gießerei

mit unserer Energieeffizienz in der Sandaufbereitung



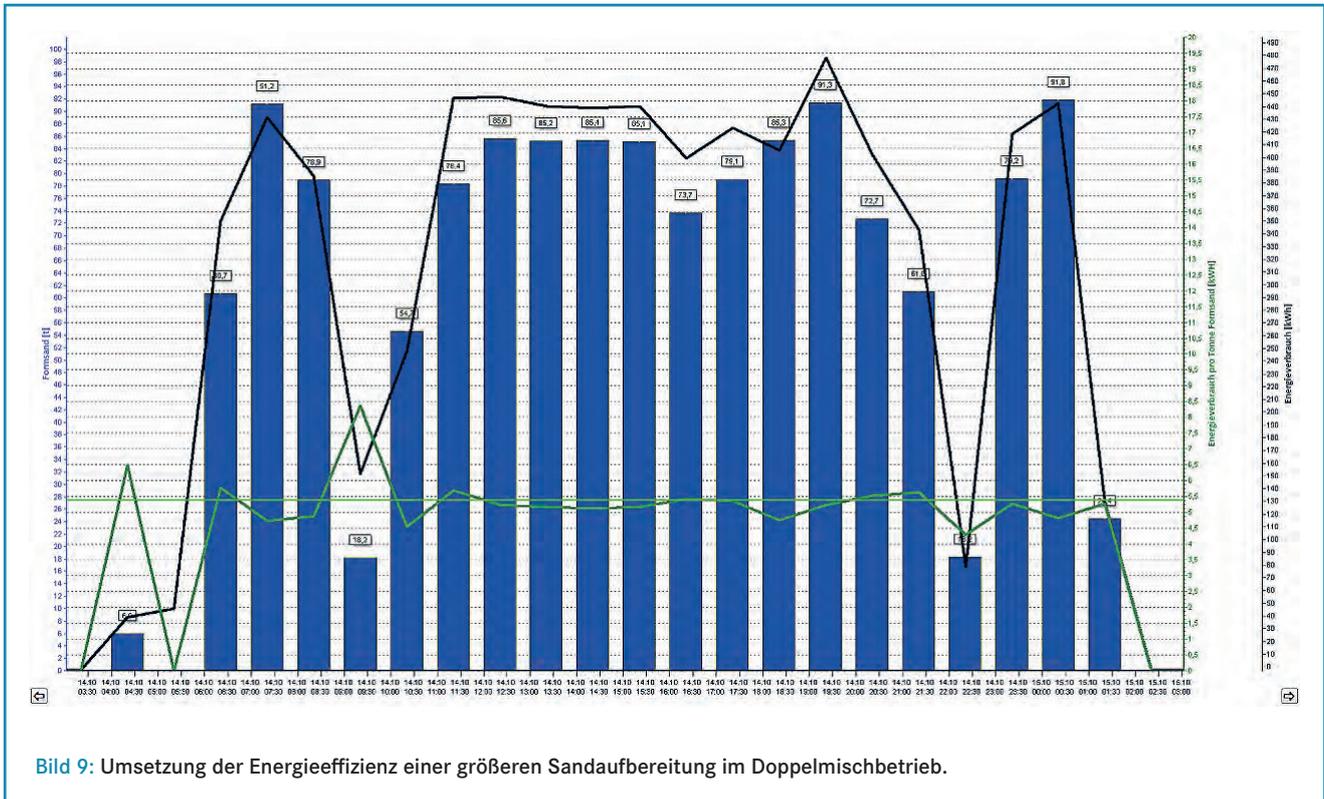


Bild 9: Umsetzung der Energieeffizienz einer größeren Sandaufbereitung im Doppelmischbetrieb.

wird. Häufig stellt sich heraus, dass hier unnötig zu schnell reagiert wird. Es fehlt eine Hysterese, also eine verzögerte Wirkung im Signalspiel um den Volllevel. Deswegen wurden die bisherigen Grenzwertmelder gegen analoge Füllstandssignale (0 - 100 %) ausgetauscht. Sie erlauben eine fein abgestimmte Einstellung der Schaltschwellen per Menü und ermöglichen eine längere Stillstandszeit und eine längere zeitlich zusammenhängende Befüllzeit. In dem einen umgesetzten Fall der Aluminiumgießerei mit insgesamt sieben Formsandbunkern wurde der Befüllmechanismus noch weiter ausgeklügelt, indem die Spannweite der Hysterese noch flexibler gestaltet wurde. Immer wieder kommt es vor, dass die Befüllung eines Bunkers beginnt und nach einer Charge der Mischer wieder gestoppt werden müsste. Nur wenige Sekunden später meldet der nächste Bunker Bedarf und der Mischer muss wieder hochlaufen. Daher wird immer beim Start einer neuen Charge und der Reihumabfrage, welcher Bunker auch Sand benötigt, die Anforderungsschwelle aller Bunker angehoben, um einen zeitnahen Bedarf erkennen zu können. Der Mischer wird dann nicht abgeschaltet, sondern er produziert quasi zu früh für die anderen Bunker weiter.

In einer weiteren Ausbaustufe sollen die Schaltschwellen aus den Auftragsdaten entnommen werden, um die Steuerung somit noch besser auf variierende

Taktzeiten und Sandmengen im Kasten anpassen zu können.

Ziel ist es, den Sandbedarf und den Durchsatz für den Mischer so anzupassen, dass maximale Stillstandszeiten ohne Energieverbrauch erreicht werden. Passé sind die Steuerungsalgorithmen, in denen die gesamte Sandaufbereitung im kompletten Stand-by gehalten wurde, um sofort bei Abfall des Vollsignals Sand zu liefern.

Zusammenfassung

Der Energieeffiziente Betrieb der Sandaufbereitung lässt sich über zwei Ansätze verfolgen:

Umrüstung der Hardware durch Tausch alter Motoren gegen Energiespartmotoren und Modifikation der Steuerung, um bei Leerlauf die Sandaufbereitung in den Stillstand zu bringen.

Zur Beurteilung eines ausgeglichenen Betriebes ist der Kennwert kWh/t anwendbar. Im Idealfall bleibt dieser Kennwert in jeder variierenden Stundendurchsatzmenge unverändert. Ob bei Volllast oder im langsamen Stotterbetrieb, der Energieverbrauch in der Sandaufbereitung für eine Tonne Formsand verändert sich nicht, weil bei Leerlauf die Sandaufbereitung stehen bleibt. Kern und auch Herausforderung ist das Mischerspiel für eine angepasste Formsandbunkerbefüllung, die vorausschauend funktionieren muss. Dazu sind eine unverzögerte Sig-

nalisation des Betriebszustandes der Formanlage und die Ausstattung der Formsandbunker mit analoger Füllstandsmessung zur Umsetzung einer flexiblen Hysterese für die Sandbedarfsanforderung erforderlich.

Es gibt Erfahrungen, die sich vielleicht übertragen lassen, aber es gibt keine Standardlösung, die für jede Sandaufbereitung Gültigkeit hat.

Mit eine Potenzialanalyse vor der Umsetzung lassen sich die Ersparnismöglichkeiten recht gut erfassen. Jedoch sei darauf hingewiesen, dass die illusionsgeprägten Amortisationsraten hipper Finanzjonglierer von unter einem Jahr nicht im Bereich des Möglichen liegen. Amortisationen unter einem Jahr sind immer nur dort möglich, wo über Jahre hinweg nichts investiert wurde und der Anlagenstatus sich von einem Museum nicht wesentlich unterscheidet.

www.datecgmbh.de

Wolfgang Ernst, Geschäftsführer der datec GmbH, Braunschweig