

GESTEINS PERSPEKTIVEN

Offizielles Organ des Bundesverbandes
Mineralische Rohstoffe und seiner Landesverbände

Zuviel Verschleiß? CRACO hat was dagegen!

CRACO

MARKE
DES JAHRES 2012

maXforce

Hochleistungs-Zahnsysteme

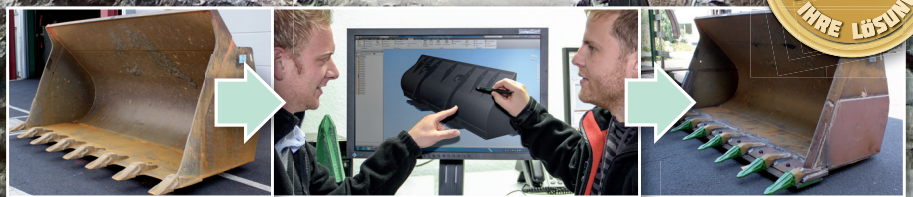
75 Jahre
Erfahrung

zum Vorteil des Kunden

LongLife

Zusatz-Vergütungsverfahren

Im Dialog mit Ihnen entwickeln wir Lösungen zur
Verbesserung der Wirtschaftlichkeit Ihrer Maschinen.



ZUR SACHE Leserwahl 2012

Die interessanten Ergebnisse des Auftaktwettbewerb

WIRTSCHAFT Steueränderungen

Verhaltensknigge und nützliche Last-Minute-Steuerstrategien

SPEZIAL Anlagenneubauten

Passendes für jede Aufgabe und Unternehmensgröße

ENERGIE Verbrauch reduzieren

Die Potenziale technischer Lösungen beim Energiesparen

E² – wie Energie mal Effizienz

Umbau, Modernisierung oder Neuanschaffung? Wer sich entschließt, eine solche Aufgabe anzupacken, wird in der heutigen Zeit unbedingt auch daran arbeiten wollen, den Energieverbrauch ganz deutlich zu reduzieren. Wo aber bieten sich die größten Potenziale und was wird möglicherweise leicht übersehen? Dieser Expertenbeitrag ergänzt nicht ohne Grund unser Spezialthema und liefert einen Überblick zum E²-Thema an ausgewählten Verbrauchern.

In diesem Beitrag werden Effizienzsteigerungen und Sparpotenziale bezüglich der elektrischen Energie für die Sand- und Kiesindustrie betrachtet. Wenn wir von einem Jahresenergieverbrauch von einer Gigawattstunde (1 GWh) ausgehen und einen Preis pro Kilowattstunde von 15 Cent ansetzen, so reden wir über Kosten in Höhe von 150.000 Euro. Dies entspricht den Kosten für eine Leistung von 500 kW bei 2000 Bh.

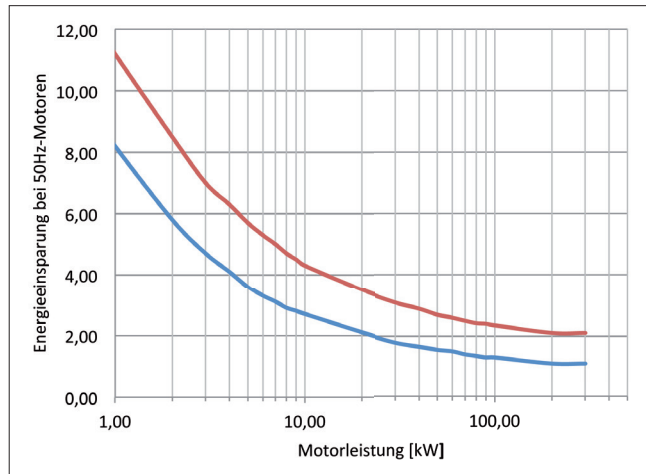
Der Energiebedarf an elektrischer Energie und an Wärmeenergie, der bei der Gewinnung und Aufbereitung von Rohstoffen wie Sand und Kies oder Hartstein entsteht, liegt in Größenordnungen, bei denen es sich durchaus lohnt, in den Prozess hineinzuschauen und zu analysieren, wo die Energie denn verbraucht wird, und vor allem zu klären, ob der Verbrauch denn so sein muss oder ob es möglicherweise auch mit weniger geht.

Wir können davon ausgehen, dass der Großteil der elektrischen Energie für motorische Antriebe verbraucht wird. Förderbänder, Siebe und Pumpen bewegen sich in einem weiten Leistungsbereich von wenigen Kilowatt bis zu Leistungen von einigen hundert Kilowatt.

Wird ein Aggregat genauer betrachtet, so haben wir es in der Regel mit einer Hintereinanderschaltung von Motor, Kupplungen, Getriebe und Arbeitsmaschine zu tun. Die im Folgenden dargestellten Überlegungen sollen dazu anregen, Prozesse aus einem anderen Blickwinkel zu betrachten.

Motoren

Die wohl in der Regel häufigste Last in einem Energieversorgungsnetz für die Anlagen der Rohstoffgewinnung und Aufbereitung sind sicher die Motoren. Die Motoren werden beschrieben über ihre Bauform, ihre Größe, die Nennleistung und die Drehzahl. Die Nennleistung gibt an, wie viel Leistung der Motor bei Nenndrehzahl an eine Arbeitsmaschine abgeben kann. Da in vielen Fällen die Motordrehzahl nicht direkt zur gewünschten Drehzahl an der Arbeitsmaschine passt, wird entweder noch ein Getriebe benötigt oder ggf. zusätzlich oder alternativ ein Frequenzumrichter, wenn die Arbeitsdrehzahl für den Prozess auch noch in einem bestimmten Bereich variabel sein muss. Zurück zu unserer Energiediskussion. Da der Motor nicht über einen Wirkungsgrad von 100 % verfügen kann, muss von der Energieversorgung her die Energie für den Prozess und die Energie zur Deckung der gesamten Verluste im Antriebsstrang bereitgestellt werden.



VIER WIRKUNGSGRADKLASSEN (IE1 bis IE4). Die Grafik zeigt die möglicherweise einzusparende Energie, wenn man einen Motor der Klasse IE1 durch einen Motor auswechselt, der einer Klasse mit niedrigeren Verlusten angehört. Grafiken und Tabellen: Autor

P(Motor)	IE1	IE1	IE2	IE3
[kW]	[%]	Gesamtenergie bei 2.000 h		
11	88,5	24.859	24.188	23.864
355	95,2	745.798	738.340	730.137
		Verlustkosten bei 2.000 h; 0,15 €/kWh		
11		429	328	280
355		5.370	4.251	3.020

VERÄNDERUNG der Verlustkosten, wenn man einen Motor der Effizienzklasse IE1 durch einen Motor der Klasse IE2 oder IE3 ersetzt.

Der Wirkungsgrad entscheidet darüber, wie viel Energie im Motor in Wärme umgesetzt wird. Der $\cos(\varphi)$ beeinflusst die Höhe des Stromes, die am Anschlusspunkt bereitgestellt werden muss, um neben der Wirkleistung auch die Blindleistung decken zu können. Der Gesamtstrom ist schlussendlich für die Dimensionierung der Zuleitung, des Schutzes und des eventuell nötigen Frequenzumrichters verantwortlich.

Bei einem Antrieb mit relativ großer Leistung oder einer Vielzahl von Antrieben kleiner Leistung ergeben sich je nach Wahl der Wirkungsgradklasse der Motoren erhebliche Unterschiede in den Verlusten. Es gibt vier Wirkungsgradklassen (IE1 bis IE4). Die Grafik zeigt die möglicherweise einzusparende Energie, wenn man einen Motor der Klasse IE1 durch einen Motor auswechselt, der einer Klasse mit niedrigeren Verlusten angehört.

Energieeinsparung durch besseren Wirkungsgrad (VDE v 0530-31/2011-08)

Wenn man einen Motor der Effizienzklasse IE1 durch einen Motor der Klasse IE2 oder IE3 ersetzt, verändern sich die Verlustkosten gemäß der Tabelle oben.

Die Verlustminimierung durch die Auswahl einer entsprechenden Verlustklasse wird unter Umständen durch andere Aspekte der Auslegung eines Antriebsstranges deutlich überlagert. Ob sich die Umstellung auf eine bestimmte Effizienz

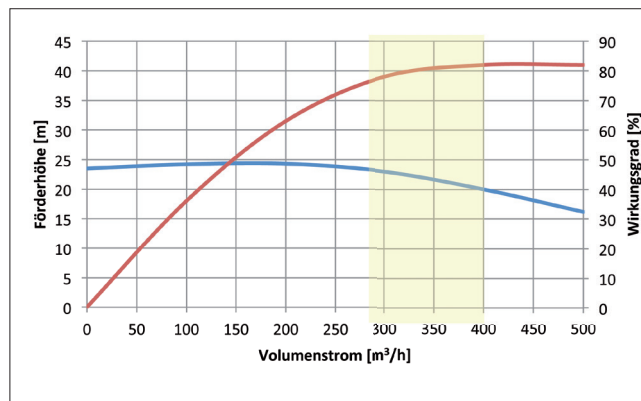
zienzauswahl, ist im Einzelfall zu prüfen. Bei leistungsstarken Antrieben ist der Einfluss der Motordrehzahl, des entsprechenden Getriebes und der Einsatz sowie die Ausnutzung des Motors bezüglich der Nennleistung in der Regel ein Faktor der auf der Seite der Investitionskosten von noch größerer Bedeutung ist.

Pumpen für Prozesswasser

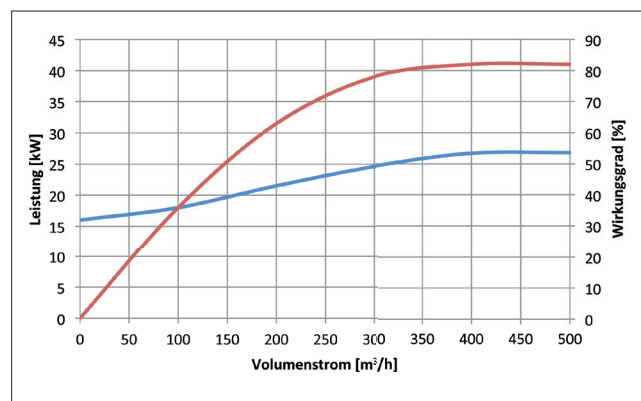
Für Pumpen zur Bereitstellung von Prozesswasser ist es durchaus spannend, sich einmal eine typische Kennlinie für eine Pumpe anzusehen. Neben der eigentlichen Pumpenkennlinie sollten wir unser Augenmerk auf den Wirkungsgradverlauf legen.

Die Kennlinie zeigt, dass ab einem Volumenstrom von ca. 280 m³/h der Wirkungsgrad der Pumpe über 75 % liegt (2,4 bar) und im Maximum ca. 82 % (2 bar) erreicht. Vergleicht man nun den Arbeitspunkt bei 300 m³/h mit einem Arbeitspunkt bei 100 m³/h, so liegt der Wirkungsgrad der Pumpe nur noch bei 35 %. Betrachtet man nun den Leistungsbedarf, so wird deutlich, dass für die 100 m³/h ca. 18 kW Leistung benötigt werden. Für 300 m³/h beträgt der Leistungsbedarf nur 25 kW.

Mit passend ausgelegter Pumpe würde der Leistungsbedarf der Pumpe bei 100 m³/h nur ca. 9 kW betragen. Eine solche unangepasste Betriebsweise wie in diesem Beispiel würde also zu einem unnötigen Energieverlust von ca. 9 kW pro Stunde führen. Bei 2000 Bh ergäbe das Verlustkosten in Höhe von ca. 2.800 Euro/a.



WIRKUNGSGRADVERLAUF: Die Kennlinie zeigt, dass ab einem Volumenstrom von ca. 280 m³/h der Wirkungsgrad der Pumpe über 75 % liegt (2,4 bar) und im Maximum ca. 82 % (2 bar) erreicht. Vergleicht man nun den Arbeitspunkt bei 300 m³/h mit einem Arbeitspunkt bei 100 m³/h, so liegt der Wirkungsgrad der Pumpe nur noch bei 35 %. Betrachtet man nun den Leistungsbedarf, so wird deutlich, dass für die 100 m³/h ca. 18 kW Leistung benötigt werden. Für 300 m³/h beträgt der Leistungsbedarf nur 25 kW.



MIT PASSEND AUSGELEGTER Pumpe würde der Leistungsbedarf der Pumpe bei 100 m³/h nur ca. 9 kW betragen. Eine solche unangepasste Betriebsweise wie in diesem Beispiel würde also zu einem unnötigen Energieverlust von ca. 9 kW pro Stunde führen. Bei unseren 2000 Bh ergäbe das Verlustkosten in Höhe von ca. 2800 Euro/a.

beispielsweise 5 % höherer Geschwindigkeit betreiben, so wird auch der Leistungsbedarf um ca. 5 % zunehmen, in unserem Fall also von 289 kW auf 303 kW. Bei 2000 Bh würde sich eine Energiekostensteigerung von 4200 Euro/a ergeben. Es wird noch spannender, wenn wir ein wenig über die Dichte des Gemisches philosophieren, aber das würde an dieser Stelle zu weit gehen.

Jetpumpen

Die Auswahl und Dimensionierung von Jetanlagen ist eine technische Fragestellung, die im Allgemeinen nicht so leicht optimal zu lösen ist. Dem ganz speziellen Thema der Düsen wollen wir uns an dieser Stelle nicht widmen. Zum einen benötigt man ausreichend Druck, zum anderen hat auch das Wasservolumen der Jetanlage einen erheblichen Einfluss auf den Erfolg beim Lösen des Materials.

Betrachtet man eine Jetanlage mit einer Leistung von 240 m³/h und ca. 9,5 bar Druck, so hat diese Anlage einen Antriebsmotor von 90 kW. Der Arbeitspunkt der Pumpe wird

QUALITÄT SEIT 65 JAHREN
RUSSIG
ERU FÖRDERTECHNIK



- Becherwerke
- Schneckenförderer
- Zellenradschleusen
- Doppelwellenmischer

RUSSIG Fördertechnik
GmbH & Co. KG



Auf dem Tigge 58
D-59269 Beckum

T +49 2521 / 14091
F +49 2521 / 13621

www.russig.de

Pumpen für den Feststofftransport

Bei Pumpen für den Feststofftransport wie der Sandverspülung oder dem Einsatz auf Saugschiffen liefert das Zusammenspiel von Strömungsgeschwindigkeit und Gemischdichte interessante Gesichtspunkte in Bezug auf den Energieverbrauch.

Wenn wir von einer Konstellation ausgehen, bei der mit 1250 m³/h Gemisch ca. 400 t/h Feststoff zu transportieren sind, könnten wir zu einem Arbeitspunkt kommen, wie er in Tabelle auf Seite 77 dargestellt ist. Für die angegebene Situation muss die Pumpe einen Druck von 4,2 bar aufbauen.

Bei einem Pumpenwirkungsgrad mit Wasser-Feststoff-Gemisch in Höhe von 60 % würden sich dann ein Leistungsbedarf von 289 kW und eine Fließgeschwindigkeit des Gemisches von 4,46 m/s ergeben.

In erster Näherung hängt im Arbeitspunkt der Leistungsbedarf linear von der Fließgeschwindigkeit ab. Wenn wir die Anlage also mit

Gemischberechnung V(%) und M(%) aus Gemisch														
Nummer	Gemischvolumen	Materialmasse	Schüttdichte	Rohdichte	Innendurchmesser	Querschnitt	Wasservolumen	Materialvolumen	Massenstrom	Volumenanteil Material	Massenanteil Material	Edbeschleunigung	P(Wasser)	P(Material)
	[m ³ /h]	[t/h]			[m]	[m ²]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[t/h]	[%]	[%]		[kW]	[kW]
1.1	1.250,0	400,0	1,65	2,60	0,315	0,078	1.096,2	153,8	1.496,2	12,3	26,7	9,81	230,82	84,23
Fließgeschw. v aus Q und D				Pumpenleistung P(elekt.) aus Gemisch										
Gemischdichte	Geschwindigkeit				Förderhöhe			Wirkungsgrad	P(Gemisch)	Wirkungsgrad	P(Gemisch)	Wirkungsgrad	P(Gemisch)	
[t/m ³]	[m/s]				[m]				[kW]		[kW]		[kW]	
1,20	4,46				42,50			0,55	315,04	0,60	238,79	0,65	266,57	

BEI PUMPEN für den Feststofftransport wie der Sandverspülung oder dem Einsatz auf Saugschiffen liefert das Zusammenspiel von Strömungsgeschwindigkeit und Gemischdichte interessante Gesichtspunkte in Bezug auf den Energieverbrauch.

Leistung	90 kW		
Arbeitspunkt	80 kW		
Jahresbetriebszeit	2000 h		
Betrieb	Leistung	Zeit	
	100 %	80,0 kW	35 %
	80 %	64,0 kW	30 %
	60 %	48,0 kW	30 %
	25 %	20,0 kW	5 %
Summe			125.200 kWh
Dauerbetriebsenergie			168.421 kWh
Differenz			43.221 kWh
Kostendifferenz	bei	0,15 €/kWh	6.483 €/anno

GESAMTKOSTENBE-TRACHTUNG beim Jet-pumpenbetrieb mit einer Betriebsdauer von 2000 Bh. Von den Gesamtkosten entfallen ca. 1200 Euro auf die Verluste im Motor. Mit einer Frequenzregelung könnte eine durchaus realistische Bilanz auch ganz anders aussehen.

Betriebsstunden	2000 h						
Wirkleistungsbedarf	500 kW						
Leistungsfaktor	0,9						
Energiekosten	0,15 €/kWh						
	E-V	CU-V	LL-V	B-V	G-Verluste	Verlustkost.	Differenz
	[Watt]	[Watt]	[kWh/Jahr]	[kWh/Jahr]	[kWh/Jahr]	[€/Jahr]	[€/Jahr]
B 1 Standard	1.400	10.500	12.264	10.127	22.391	3.359	
B 2 Red. Eisenverluste	930	8.400	8.147	8.102	16.249	2.437	-921
B 3 Red. Eisen- und Kupferverl.	930	7.000	8.147	6.752	14.898	2.235	-1.124

BEISPIELSITUATION: Transformator mit reduzierten Eisenverlusten (B2) gegenüber einem Transformator in Standardausführung (B1). Die Preisdifferenz bei der Investition zwischen der Standard-Klasse und der Ausführung mit reduzierten Eisenverlusten liegt in der Größenordnung der Verlustkosten eines Jahres.

sich dann im Bereich um 80 kW bewegen. Bei einer Betriebsdauer von 2000 Bh pro Jahr ergibt sich daraus unter der Berücksichtigung eines realistischen Wirkungsgrades des Motors (95 %) ein Gesamtenergiebedarf von 168.421 kWh/Jahr. Rechnen wir weiter mit 15 Cent pro Kilowattstunde, so ergeben sich Kosten in Höhe von 25.200 Euro/Jahr. Von den Gesamtkosten entfallen ca. 1200 Euro auf die Verluste im Motor.

Würde man bei dieser Anlage über eine Frequenzregelung verfügen und wüsste man aus der Betriebserfahrung heraus, dass die volle Leitung der Jetanlage nicht immer benötigt wird, so könnte eine durchaus realistische Bilanz auch ganz anders aussehen.

Betrachtet man diese Situation unter dem Aspekt der erforderlichen Investitionskosten, so könnte man den Frequenzregler mit rund 5000 Euro ansetzen und die erforderliche zusätzliche Infrastruktur mit etwa 2500 Euro, also insgesamt ca. 7500 Euro. Bezogen auf das angeführte Betriebsprofil läge die Amortisationszeit dann bei 2220 Bh.

Transformatoren

Nicht selten gehören die Transformatoren, die die Mittelspannung auf die Niederspannung heruntertransformieren, zur Kundenanlage. Diese Transformatoren sind im Jahr 8.760 Stunden eingeschaltet. Bleiben wir bei unseren 2000

Bh der Anlage pro Jahr, so laufen die Transformatoren 6760 Stunden fast im Leerlauf, ein wenig Energie für Licht, Heizung und den Betrieb von Steuerungen und Nebenaggregaten mal nicht berücksichtigt.

Die Verlustkosten, die so ein Transformator verursacht, setzen sich aus den Leerlaufverlusten und den Betriebsverlusten zusammen. Hergestellt werden die Transformatoren in verschiedenen Verlustklassen und deren Kombination. Zur Veranschaulichung werden hier die drei Klassen eines Transformators mit einer Nennleistung von 800 kVA verglichen.

Für unsere Beispielsituation ergibt sich, dass ein Transformator mit reduzierten Eisenverlusten (B2) gegenüber einem Transformator in Standardausführung (B1) pro Jahr um 920 Euro geringere Verlustkosten aufweist. Eine weitere Optimierung des Transformators mit reduzierten Eisen- und Kupferverlusten bietet dann bei den beispielhaft angenommenen Betriebsdaten keinen wesentlichen Vorteil mehr. Die Preisdifferenz bei der Investition zwischen der Standard-Klasse und der Ausführung mit reduzierten Eisenverlusten liegt in der Größenordnung der Verlustkosten eines Jahres.

Zusammenfassung

Die aufgeführten Beispiele, die allesamt nicht akademischer, sondern praktischer Natur sind, veranschaulichen, dass es im Bereich der Planung und des Betriebes von Anlagen möglicherweise Sparpotenziale gibt, die nicht zwangsweise augenfällig sind. Wie im Einzelfall eventuell erforderliche Investitionen in Relation zur Betriebskostensenkung liegen, muss im Einzelfall überprüft werden.

Da in absehbarer Zeit mit einer Senkung der Energiepreise kaum zu rechnen ist und auch die CO₂-Problematik auf lange Sicht ein wichtiger Aspekt bleiben wird, ist die Auseinandersetzung mit dem sachgerechten Verbrauch von Energie ein wichtiger Aspekt im Rahmen der Betriebsführung und Planung von Anlagen. Das Einsparpotenzial in bestehenden Anlagen darf durchaus als „erheblich“ eingeschätzt werden. Ein Beitrag von Dr. Dirk Blume Geschäftsführer TEAM Technology, Engineering & Marketing GmbH

■ www.dredgertech.de