

Dr. Martin Kirschbaum, KiProCon GmbH & CoKG

Effizienz in der Maschinentechnik

Flaschenhals erkennen – nur ganzheitliche Betrachtung hilft

Meine Vorredner haben in ihren Referaten eine Vielzahl von Hinweisen auf mögliche Effizienzsteigerungen in den Bereichen Gewinnung, Transport und Aufbereitung gegeben.

Der Gesamtprozess der Baustoffproduktion ist komplex und besteht aus einer Reihe verschiedener Teilprozesse und Maschinensysteme mit jeweils eigener Einsatzcharakteristik, die über unterschiedliche Systemschnittstellen verbunden sind.

(Typische Systemschnittstellen sind z.B. Bagger – SKW, SKW – Vorbrecher, Vorbrechstufe – Nachbrecher)

Der Begriff der **Effizienz** hat mehrere Komponenten und kann sich z.B. auf den Wirkungsgrad, den Energieeinsatz oder auch die Wirtschaftlichkeit beziehen. Effizienz ist damit ein Maß für das Verhältnis zwischen einer erbrachten Leistung und der Größe des benötigten Aufwandes.

Störungen und Engpässe im Zusammenspiel oder einzelnen Teilen pflanzen sich im Gesamtsystem fort und senken in der Regel die Gesamtleistung empfindlich, d.h. hier entsteht ein **Flaschenhals**.

Eine **ganzheitliche Betrachtung** berücksichtigt daher die einzelnen Teilsysteme, deren Zusammenspiel und somit den gesamten Verfahrensablauf unter technischen, organisatorischen und

wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Eine isolierte Betrachtung von einzelnen Aspekten oder Einzelmaßnahmen in Teilbereichen führt nicht zur Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems.

Zur Verdeutlichung sollen an dieser Stelle einige typische praktische Beispiele aufgezeigt werden:

1 Technischer Flaschenhals: Brecherschaltungen

- Ein Nachbrecher arbeitet mit einer Durchsatzleistung von 400 t/h, einem Austrag von 0 bis 80 mm, davon 20 % oder 80 t \geq 56 mm Grobkornanteil. Dieser Anteil wird von einem 2. Brecher mit 85 t/h Kapazität nachzerkleinert. Solange der Grobkornanteil unter 80 t/h bleibt, können beide Systeme im optimalen Bereich arbeiten. Wird dagegen die Spalteinstellung des Nachbrechers vergrößert, steigt der Anteil $>$ 56 mm und bei der üblichen Verriegelung wird die Materialzufuhr zum Nachbrecher gestoppt, bis der 2. Brecher das Grobkorn nachzerkleinert hat. Geht man vom einem Extrembeispiel von 160 t/h Grobkornanfall aus, kann der Nachbrecher nur 0,5 Stunden betrieben werden. Die Leistung des Gesamtsystems sinkt auf 200 t/h, d.h. 50 %.


Abhilfe: Schaffung von Pufferkapazitäten, Optimale Spalteinstellung beider Brecher, Ordnungsgemäße Beprobung der Brecher um das Einsatzverhalten zu kennen.

2 Organisatorischer Flaschenhals: Pausenzeiten

Im vorliegenden Fall wurde eine automatisierte Aufbereitungsanlage in 10 Monaten täglich in 2 Schichten betrieben. Das An- und Abfahren der Anlage erfolgte innerhalb der Regelzeit von 16 Stunden.

Je Schicht wurde eine Pause von 30 Minuten gewährt, zu der jeweils die komplette Anlage angehalten wurde. Teilweise wurde zum Schichtwechsel ebenfalls die gesamte Anlage angehalten. Durch die Personalsituation sowie die Automatisierung wäre ein Weiterlaufen der Gesamtanlage ab Nachbrecher möglich gewesen.

An den Großgeräten erfolgte zum Schichtwechsel kein fliegender Wechsel, sondern die Übergabe erfolgte an der Kaue, so dass die Wegzeiten unproduktiv waren.

 Nebenzeiten				
Betrieb XY	Schicht 1	Schicht 2	Summe	[%]
	[h]	[h]	[h]	
Stunden Soll	8,00	8,00	16,00	100,00
Nebenzeiten				
Weg zum Arbeitsort	0,25	0,25	0,50	3,13
An-Ablaufen Anlage	0,25	0,25	0,50	3,13
Duschen	0,25	0,25	0,50	3,13
Zwischensumme	0,75	0,75	1,50	9,38
Pausenzeiten				
Pausen	0,50	0,50	1,00	6,25
Ablaufen Anlage	0,25	0,25	0,50	3,13
Weg zum Arbeitsort *2	0,50	0,50	1,00	6,25
Anlaufen Anlage	0,25	0,25	0,50	3,13
Zwischensumme	1,50	1,50	3,00	18,75
Stunden Ist	5,75	5,75	11,50	71,88

Die Auswirkung waren erheblich, da durch die Pausenregelung täglich 3 Stunden oder 18,75 % der Kapazität verschenkt wurden.

Geht man von der Produktionsmenge in Höhe von 670.000 t aus, ergibt sich nur durch Nutzung der Pausenzeiten in der Anlage ein zusätzliches Potential in Höhe **von bis zu 19 %, d.h. ca. 127.000 t oder zwei durchschnittlichen Monatsproduktionen!**

Zusätzliche Einsparungen ergeben sich nach Änderung der Organisation z.B. in den Bereichen Arbeits- und Überstunden, Betriebsstunden Anlagen und Großgeräte.

3 Wirtschaftlicher Flaschenhals: Investitionshöhe vs. Betriebskosten, hier Radladereinsatz Rückverladung

Beim Neubau von Aufbereitungsanlagen stehen neben den bekannten stationären Systemen heute auch ausgereifte mobile oder semi-mobile Lösungen zur Verfügung. Eine mögliche Auslegungsvariante ist der Verzicht auf Siloeinheiten zugunsten von Freihalden ohne Unterflurabzug. In dieser Anlagenkonzeption müssen die gesamten Fertigprodukte mit Radlader rückverladen werden. Im vorliegenden praktischen Fall wurden vorab beide Varianten untersucht. Ein Konzept ohne Silos hätte den Investitionsbetrag um 3,5 Mio. € gesenkt. Durch den Radladerbetrieb entstehen im Gegenzug Zusatzkosten von ca. 0,5 €/t, d.h. jährlich 600.000 €. Der Kapitalrückfluss der Zusatzinvestition würde 6 bis 7 Jahren (mit Zinsen) betragen. Unter dem Aspekt, dass Aufbereitungsanlagen über 25 Jahre betrieben werden, ist die Entscheidung für eine der Varianten kritisch zu prüfen.

Produktion soll [t/a]		1.200.000	1.200.000		2.000.000	2.000.000
Stundenleistung Soll [t/h]		441	333		735	556
Investübersicht		Mobil		Stationär	Mobil	Stationär
(Richtpreise)		[€]	ND	[€]	[€]	[€]
			[Bh]			
Bagger	80 t	450.000	16.000	450.000	550.000	520.000
Vorbrecher mobil	Lt 125	850.000	30.000	850.000	1.000.000	950.000
Landband		800.000	30.000	800.000	800.000	800.000
Brecher Splitt 1	H 6000	250.000	30.000	250.000	300.000	350.000
Brecher Splitt 2	H 4000	180.000	30.000	180.000	220.000	250.000
Siebanlage		600.000	30.000	600.000	800.000	850.000
Radlader 1	Cat 980	220.000	16.000	220.000	220.000	220.000
Radlader 2	Cat 980	220.000	16.000	220.000	220.000	220.000
Infrastruktur		400.000		400.000	500.000	600.000
Sonstiges		400.000		400.000	400.000	450.000
Stahlbau				1.500.000	-	2.000.000
Silos				1.500.000	-	1.900.000
Elektrik				500.000	-	600.000
Summe		4.370.000		7.870.000	5.010.000	9.710.000
Zusatzkosten per anno	0,50 €	600.000		-	1.000.000	-

Anhand der aufgeführten praktischen Beispiele sollten ansatzweise folgende Aspekte verdeutlicht werden:

- Möglichkeiten der Effizienzsteigerung sind vielfältig und bereichsübergreifend
- Störungen und deren Ursache müssen aus verschiedenen Blickwinkeln analysiert und behoben werden
- Teilsysteme beeinflussen durch das Betriebsverhalten und Zusammenspiel die Gesamtleistung und damit den Erfolg

Effizienzsteigerungen sind nur durch umfassende und ganzheitliche Maßnahmen möglich.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Effizienz in der Maschinentechnik

Flaschenhals erkennen – nur ganzheitliche Betrachtung hilft

Dr. Martin Kirschbaum

KiProCon GmbH & CoKG
Dr. Kirschbaum Project-Consulting

Charakteristik der Baustoffproduktion:

- Gesamtablauf ist komplex
- verschiedene Teilprozesse und Maschinensysteme
- jeweils eigene Einsatzcharakteristik
- unterschiedliche Art der Systemschnittstellen

(Typische Systemschnittstellen sind z.B. Bagger – SKW, SKW – Vorbrecher,
Vorbrechstufe – Nachbrecher)

Effizienz =

- Maßzahl Verhältnis erbrachte Leistung zu Größe benötigter Aufwand
- hat mehrere Betrachtungskomponenten
(z.B. Wirkungsgrad, Energieeinsatz oder Wirtschaftlichkeit)

Flaschenhals = Störungen und Engpässe

- im Zusammenspiel oder einzelnen Teilen
- pflanzen sich im Gesamtsystem fort
- senken in der Regel die Gesamtleistung

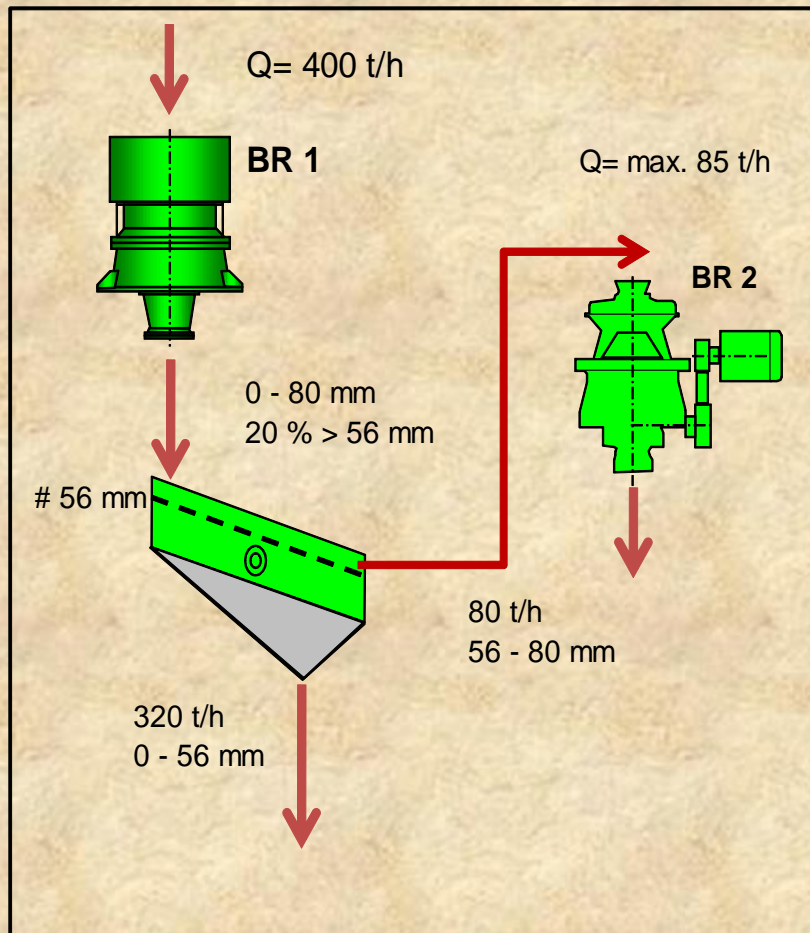
ganzheitliche Betrachtung

Berücksichtigt:

- die einzelnen Teilsysteme und deren Zusammenspiel
- den gesamten Verfahrensablauf
- die technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

**Isolierte Betrachtung einzelner Aspekte oder Maßnahmen
in Teilbereichen führt nicht zur Steigerung
der Effizienz des Gesamtsystems!**

Beispiel technischer Flaschenhals: Brecherschaltungen




Grobkornanteil > 56 mm :

Q_{BR2} unter 80 t/h = optimal

Q_{BR2} über 85 t/h = Leistungsminderung

Beispiel organisatorischer Flaschenhals: Pausenzeiten

 Nebenzeiten				
Betrieb XY	Schicht 1	Schicht 2	Summe	[%]
	[h]	[h]	[h]	
Stunden Soll	8,00	8,00	16,00	100,00
Nebenzeiten				
Weg zum Arbeitsort	0,25	0,25	0,50	3,13
An-Ablaufen Anlage	0,25	0,25	0,50	3,13
Duschen	0,25	0,25	0,50	3,13
Zwischensumme	0,75	0,75	1,50	9,38
Pausenzeiten				
Pausen	0,50	0,50	1,00	6,25
Ablaufen Anlage	0,25	0,25	0,50	3,13
Weg zum Arbeitsort *2	0,50	0,50	1,00	6,25
Anlaufen Anlage	0,25	0,25	0,50	3,13
Zwischensumme	1,50	1,50	3,00	18,75
Stunden Ist	5,75	5,75	11,50	71,88

Aufbereitung

- 10 Monate
- 2 Schichten
- 670.000 t/a

Pause:

Anhalten der Anlage

Folge:

- minus 3 h/a
- Kapazität – 19 %
- - 2 Monate

Beispiel wirtschaftlicher Flaschenhals: Investitionshöhe vs. Betriebskosten

Produktion soll [t/a]	1.200.000	1.200.000	2.000.000	2.000.000	
Stundenleistung Soll [t/h]	441	333	735	556	
Investübersicht (Richtpreise)	Mobil [€]	ND [Bh]	Stationär [€]	Mobil [€]	Stationär [€]
Bagger 80 t	450.000	16.000	450.000	550.000	520.000
Vorbrecher mobil Lt 125	850.000	30.000	850.000	1.000.000	950.000
Landband	800.000	30.000	800.000	800.000	800.000
Brecher Splitt 1 H 6000	250.000	30.000	250.000	300.000	350.000
Brecher Splitt 2 H 4000	180.000	30.000	180.000	220.000	250.000
Siebanlage	600.000	30.000	600.000	800.000	850.000
Radlader 1 Cat 980	220.000	16.000	220.000	220.000	220.000
Radlader 2 Cat 980	220.000	16.000	220.000	220.000	220.000
Infrastruktur	400.000		400.000	500.000	600.000
Sonstiges	400.000		400.000	400.000	450.000
Stahlbau			1.500.000	-	2.000.000
Silos			1.500.000	-	1.900.000
Elektrik			500.000	-	600.000
Summe	4.370.000		7.870.000	5.010.000	9.710.000
Zusatzkosten per anno 0,50 €	600.000		-	1.000.000	-

Investvolumen

Ohne Silos = 4,37 Mio €
Mit Silos = 7,87 Mio €
Delta I = 3,50 Mio €

Delta Betriebskosten =
600.000 €/a

Kapitalrückfluss =
6 bis 7 Jahre

Nutzungsdauer Anlage?
Alternativprojekte?

- Möglichkeiten der Effizienzsteigerung sind vielfältig und bereichsübergreifend
- Störungen und Ursache müssen aus verschiedenen Blickwinkeln analysiert und behoben werden
- Teilsysteme beeinflussen das Gesamtsystem durch ihr Betriebsverhalten und Zusammenspiel

Effizienzsteigerungen sind nur durch umfassende und ganzheitliche Analysen und Maßnahmen möglich!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!