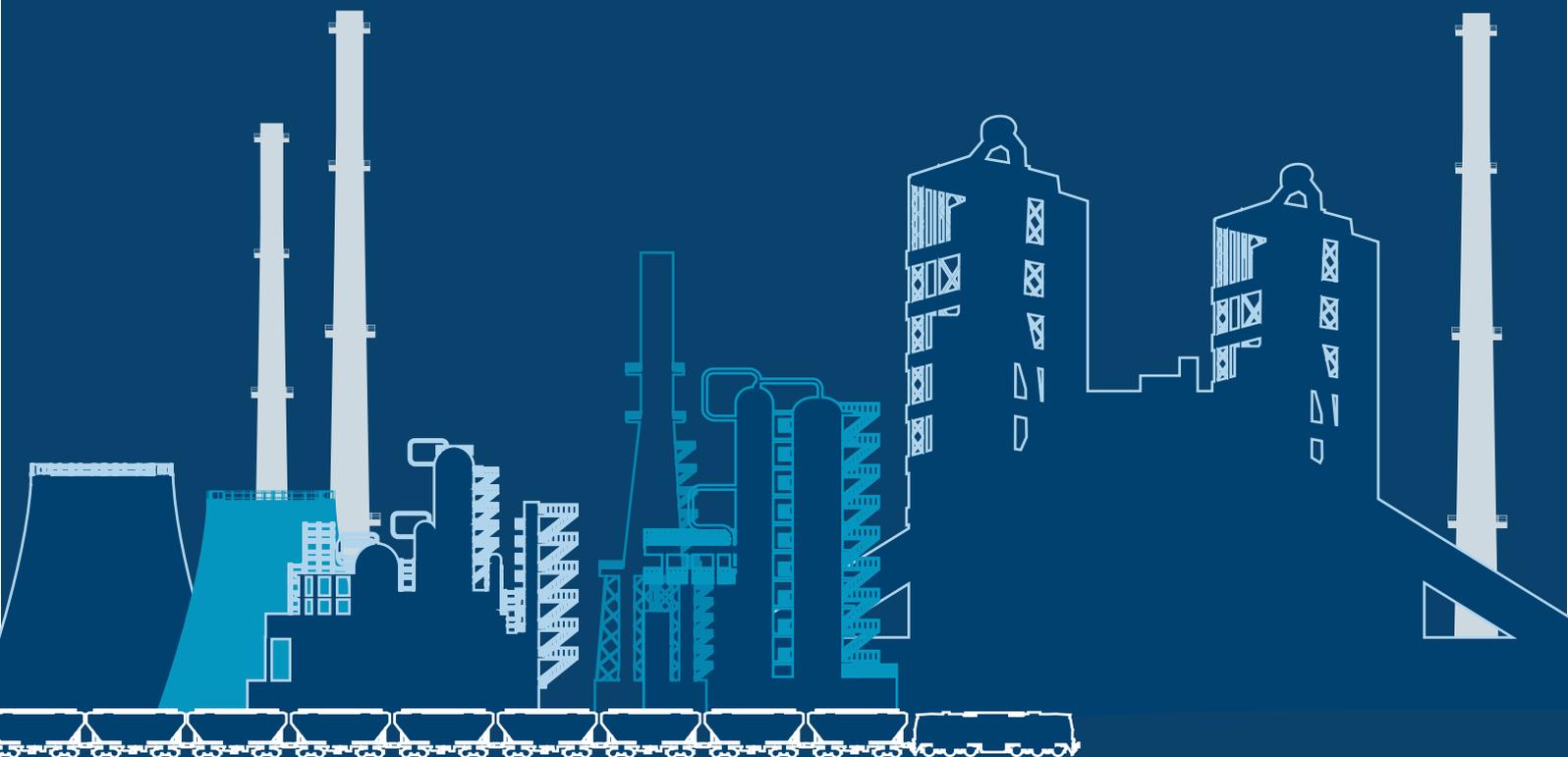


WHITEPAPER

# NACHHALTIGE UND RESSOURCEN- SCHONENDE PROZESSE IN DER ZEMENTHERSTELLUNG



**AERZEN**



## AERZEN LÖSUNGEN ZUR VERBESSERUNG DER PYROVERARBEITUNG

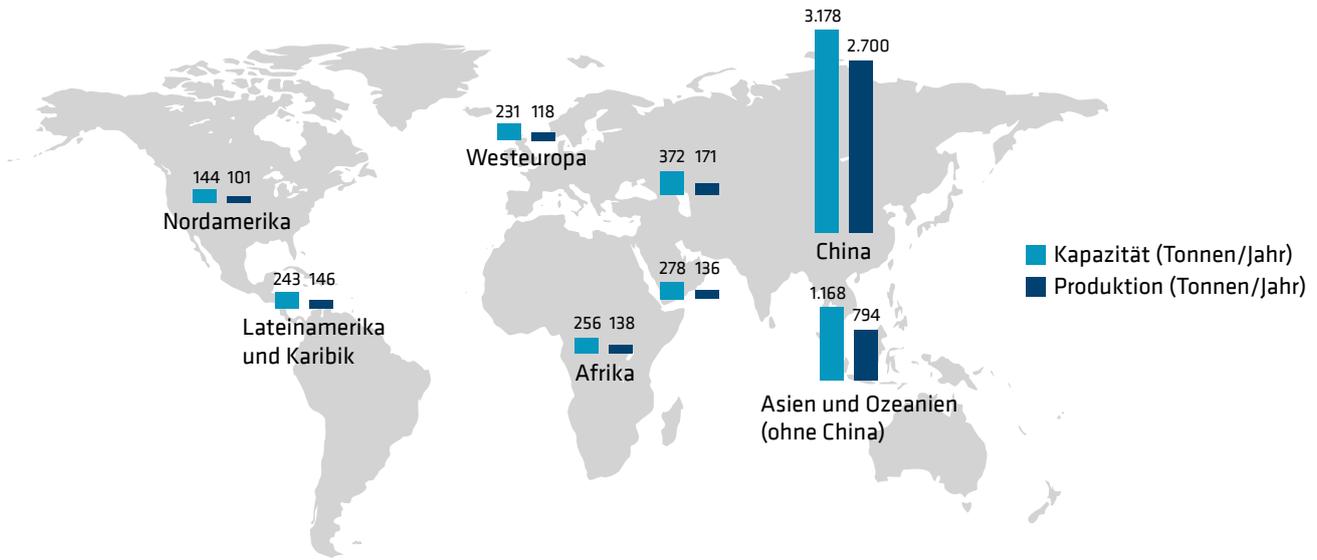
**Im Jahr 2016 wurden weltweit 4,1 Milliarden Tonnen Zement produziert, was zu einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von rund 2,2 Milliarden Tonnen führte (8 % der globalen CO<sub>2</sub>-Gesamtproduktion). Seither bemüht sich die Branche, die belastenden Folgen ihrer Tätigkeit für die Umwelt zu reduzieren, wobei die bisherigen Bemühungen noch längst nicht ausreichen.**



**Trotz der Auswirkungen von Covid-19 auf die globalen Märkte erreichte die Zementindustrie das gleiche Produktionsniveau wie 2019.**

Laut dem neuesten Bericht der International Energy Association (IEA) wurden 2019 und 2020 weltweit 4,1 Milliarden Tonnen Zement produziert. Das heißt: Trotz der Auswirkungen von Covid-19 auf die globalen Märkte erreichte die Zementindustrie das gleiche Produktionsniveau wie 2019. Dadurch wurden 2,17 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> erzeugt, was im Vergleich zu 2016 einer Reduzierung um 1,5 % entspricht.

Die Industrie hat sich gegenüber der internationalen Gemeinschaft verpflichtet, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 2030 auf 0,48 t CO<sub>2</sub> pro produzierter Tonne Zement zu senken – ein ehrgeiziges Ziel. Die geschätzte Zementproduktion wird bis 2030 etwa 4,8 Milliarden Tonnen Zement betragen, wobei aber nur 2,3 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> ausgestoßen werden sollen. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro produzierter Tonne Zement muss im Vergleich zu 2020 also um 5,5 % sinken.

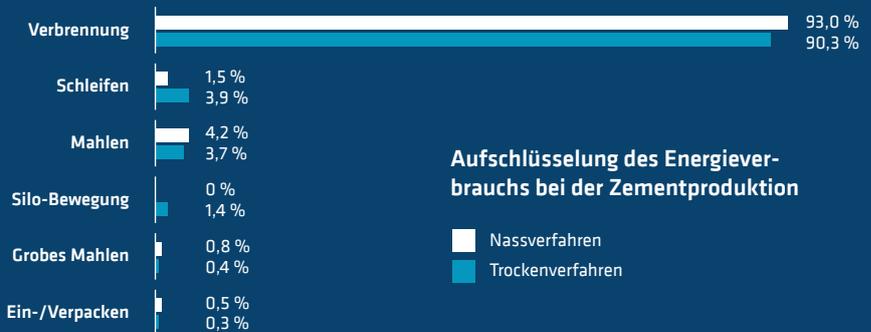


Darstellung der globalen Zementkapazität  
Quelle: CW Research 2020



AERZEN ist sich der Herausforderung bewusst und verpflichtet sich, bei der Erreichung der Ziele für die Zementindustrie mitzuwirken.

Bei der Aufschlüsselung des Energieverbrauchs fällt auf, dass der Trockenzementherstellungsprozess der energieintensivste Prozess ist, da während des Kalzinierungsvorgangs eine Temperatur von bis zu 1.450 °C erreicht werden muss. Dabei handelt es sich größtenteils um thermische Energie, die die meisten CO<sub>2</sub>-Emissionen produziert.

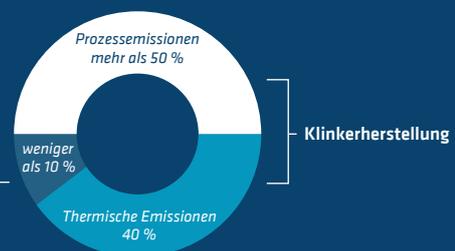


Aufschlüsselung des Energieverbrauchs bei der Zementproduktion

AERZEN ist sich der Herausforderung bewusst und verpflichtet sich, bei der Erreichung der Ziele für die Zementindustrie mitzuwirken. Von den 2,3 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>, die 2020 in der Zementindustrie erzeugt wurden, entstanden über 90 % beim Kalzinierungsvorgang (Bild 3: Klinker\_CO<sub>2</sub>). Das hängt natürlich mit der Aufschlüsselung des Energieverbrauchs im Produktionsprozess zusammen, bei dem sowohl der elektrische als auch der thermische Verbrauch berücksichtigt wird.

Die Produktion von „Klinker“ ist für den Großteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zementherstellung verantwortlich

- Abbau & Transport
- Schleifen & Aufbereitung von Rohstoffen
- Kühlen, Schleifen, Mischen



Quelle: Chatham House

# ANWENDUNGEN AUS DER PRAXIS

AERZEN unterstützt seit über 150 Jahren zahlreiche Unternehmen weltweit als zuverlässiger Lieferant, dies beinhaltet auch die Bereiche Kundendienst und Technologie-Beratung. Wir bauen enge, starke und vertrauensvolle Kooperationen mit unseren Kunden auf, die es dem AERZEN-Team ermöglicht haben, sich im Laufe der Jahre an vielen Erneuerungs-, Erweiterungs- und Optimierungsprojekten aktiv zu beteiligen.

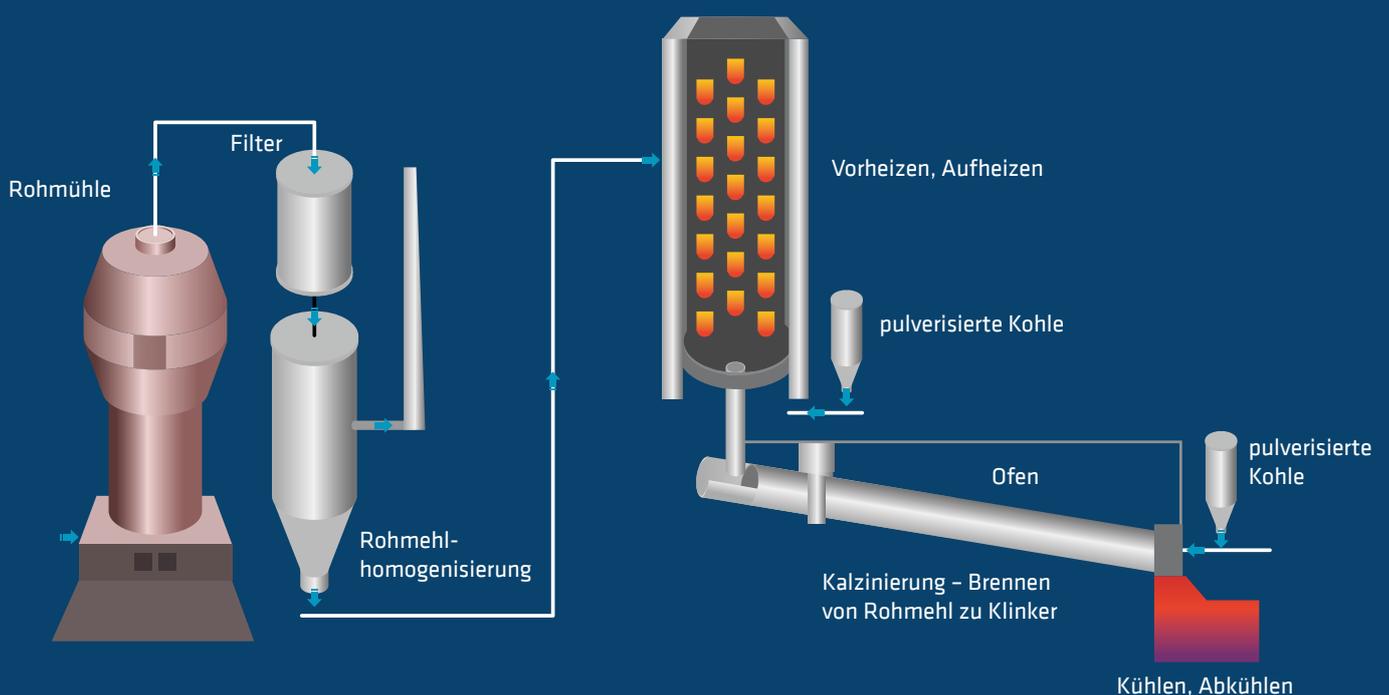


AERZEN unterstützt seit über 150 Jahren namhafte Zementunternehmen weltweit.

Das vorliegende Whitepaper konzentriert sich auf drei Schlüsselanwendungen rund um die Pyroprozessoptimierung in einem herkömmlichen Zementwerk, das unter folgenden Bedingungen arbeitet:

- Produktionskapazität der Anlage: 5,4 Mt/Jahr
- Zementproduktion im Jahr 2020: 4,05 Mt/Jahr
- Produktionsüberkapazitäten: 25 %
- Brennstoffart zur thermischen Energieerzeugung: Hauptsächlich Kohle (Umstellung auf einige alternative Brennstoffe)
- Brenntechnologie: Kurzofen mit Vorwärmerturm und Kalzinator
- Mahltechnologie für die Rohstoffe: Vertikalmühle
- Mahltechnologie für den fertigen Zement: Kugelmühle

## Der Pyro-Prozess



# FALL 1: ERHÖHUNG DER ROHSTOFFFÖRDERKAPAZITÄT VON 2700 KG/H AUF 3500 KG/H

Die Zementindustrie benötigt, wie fast alle anderen Branchen, eine Mischung aus Rohstoffen zur Herstellung des Endprodukts: Klinker, also im Wesentlichen fertiger Zement vor dem abschließenden Mahlprozess. Dabei spielen die Qualität der Rohstoffe und die richtige chemische Zusammensetzung dieser Materialien eine zentrale Rolle für den ordnungsgemäßen Brennprozess, bei dem eine geringere Wärmeübertragung auf Chargen von schlechter Qualität vermieden werden soll. Der Rohstoff ist genauso wichtig wie alle anderen Prozessbestandteile. Er spielt eine entscheidende Rolle für die Qualität des Endproduktes. Zement wird durch eine streng kontrollierte chemische Kombination hergestellt (Bild 5: Rohmehl für Zement), die aus Kalzium, Silizium, Aluminium, Eisen und anderen Stoffen

besteht. Die Hauptbestandteile sind Calciumoxid und Siliziumdioxid, gemischt mit einem geringeren Anteil an Aluminium- und Eisenkomponenten. Der Gewichtsprozentsatz des Originalmehls wird im Labor getestet und muss die Standardklassifizierung nach ASTM C1157 erfüllen, um die Bezeichnung Portlandzement zu erhalten. Bei Abweichungen in der Zusammensetzung erhält man immer noch einen gültigen Baustoff, der jedoch nicht als Portlandzement bezeichnet werden darf und folglich nicht für hochfeste Betonanwendungen wie Gebäude, Brücken, Straßen usw. verwendet werden kann. AERZEN ist sich der Herausforderung bewusst und verpflichtet sich, bei der Erreichung der Ziele für die Zementindustrie mitzuwirken. Von den 2,3 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>, die 2020 in der

Zementindustrie erzeugt wurden, entstanden über 90 % beim Kalzinierungsvorgang (Bild 3: Klinker\_CO<sub>2</sub>). Das hängt natürlich mit der Aufschlüsselung des Energieverbrauchs im Produktionsprozess zusammen, bei dem sowohl der elektrische als auch der thermische Verbrauch berücksichtigt wird.

Inhalt	Bereich in Gewichts-%
CaO	60-69
SiO <sub>2</sub>	18-24
AlO <sub>2</sub>	4-8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1-8
MgO	weniger als 5
K <sub>2</sub> O	weniger als 2



## Weltweit homogenisieren und befördern Hochleistungsanlagen von AERZEN Millionen Tonnen Rohstoffe.

Alle diese Materialien müssen in den Homogenisierungssilos richtig gemischt werden, damit die endgültige Zusammensetzung so rein wie möglich ist, und sie die erforderliche Körnung für den Vorwärmerturm hat. Die Homogenisierung in den Silos und die pneumatische Förderung der Rohstoffe zum Vorwärmerturm sind zwei der wichtigsten Anwendungen in einem Zementwerk. Weltweit homogenisieren und befördern Hochleistungsanlagen von AERZEN Millionen Tonnen Rohstoffe.

Die hier vorgestellte Anlage betreibt insgesamt 10 GM25 S-Gebläseaggregate, um das Gemisch in drei Silos mit einer Kapazität von 12.000 Tonnen zu homogenisieren. Wenn anstelle der Gebläse ein Drehschieberkompressor eingesetzt wird, um die Rohstoffe pneumatisch in den Vorwärmerturm zu befördern, lauten die Betriebsbedingungen für diese beiden Prozesse wie folgt:

Für die pneumatische Rohstoffförderung wird Dichtstrom verwendet. Die Förderleistung beträgt 2.700 kg/h Rohmehl bei einer Fördergeschwindigkeit von 16 m/s in einem Rohr mit der Nennweite DN200 auf einer Länge von 250 m. Der Drehschieberkompressor erzeugt einen Volumenstrom von 24 m<sup>3</sup>/min bei einer Druckdifferenz von 1730 mbar. Hierfür benötigt er eine Leistung von 115 kW.

Die 2 GM25 S-Delta Blower, die in der Homogenisierungsanwendung betrieben werden, erzeugen hingegen einen Volumenstrom von 22 m<sup>3</sup>/min bei einem Differenzdruck von 450 mbar. Sie verzeichnen eine Leistungsaufnahme von 22,1 kW. Diese Maschinen arbeiteten in den letzten 10 Jahren störungsfrei rund um die Uhr.

## Fall 1: Die Herausforderung

Ende 2017 wurde die Produktion gesteigert, so dass sich damit auch der Rohstoffeinsatz signifikant erhöht hat. Für den reibungslosen Betrieb des Drehschieberkompressors ist eine extrem hohe Ölmenge erforderlich, eine permanente Wasserversorgung zur Kühlung und eine mindestens einmal pro Jahr durchgeführte Überholung. Nur so kann sichergestellt werden, dass der Abstand im Innern zwischen den Schiebern und dem Zylinder frei bleibt und das Effizienzniveau gehalten wird. Die Maschine lief nahe an der Kapazitätsgrenze, und eine Optimierung der Maschine war nicht einfach umzusetzen. Das AERZEN-Team unterstützte den Pre-Engineering-Prozess und half bei grundlegenden Berechnungen für die neue pneumatische Förderleistung, die das System benötigte.



Das AERZEN-Team unterstützte den Pre-Engineering-Prozess und half bei grundlegenden Berechnungen für die neue pneumatische Förderleistung.

Die eigentliche Herausforderung bei diesem Projekt bestand darin, die Förderleistung von 2.700 kg/h auf die maximale Kapazität zu erhöhen und dabei das gleiche Rohrleitungssystem für das homogenisierte Rohmaterial zu nutzen. Die gängigste Fördermethode für diese Art Material und Dichte ist die Dichtstromförderung. Das bedeutet im Wesentlichen, dass das Material mit einer langsameren Geschwindigkeit, im Allgemeinen weniger als 20 m/s im Rohrboden, von einer Stelle zur nächsten transportiert wird. Der Rohrdurchmesser stellte eine besondere Herausforderung bei diesem Projekt dar. Dennoch konnten wir durch die Erhöhung des Volumenstroms um 50 % und des Differenzdrucks um 15 % die Förderleistung der Leitung von 2.700 kg/h auf 3.500 kg/h steigern (dies entspricht einer Steigerung um 30 %). Die Fördergeschwindigkeit nimmt ab und der Differenzdruck steigt auf 2.200 mbar, da mehr Material durch den gleichen Rohrdurchmesser bewegt werden muss. Die Prozessgeschwindigkeit wurde auf 12 m/s reduziert, um ein Verstopfen der Rohre durch das zusätzliche Material im System zu vermeiden.

## Wichtige Erkenntnisse aus Fall 1

- Erhöhung der Produktionskapazität um fast 30 % bei nahezu gleichem Energieverbrauch unter Verwendung der gleichen Hauptbestandteile wie Rohrleitungen, elektrische Leitungen und Stellfläche. Keine großen bautechnischen oder mechanischen Investitionen. (Das Zuführventil musste an die neue Umschlagkapazität angepasst werden.)
- Kostenintensive Wartungen an Ölbehältern und der Wasserversorgung zur Kühlung sowie komplette Reparaturen an dem Drehschieberverdichter werden vermieden.

## FALL 2: DELTA HYBRID-TECHNOLOGIE, PERFEKT GEEIGNET FÜR ANWENDUNGEN ZUR FÖRDERUNG FESTER BRENNSTOFFE

Die Zementherstellung ist aufgrund der erforderlichen, extremen Hitze ein sehr energie- und emissionsintensiver Prozess. Zur Herstellung von einer Tonne Zement werden 4,7 Milliarden BTU Energie benötigt, wobei fast eine Tonne CO<sub>2</sub> erzeugt wird. Um die erforderliche Temperatur zur Herstellung von Klinker zu erreichen, können verschiedene Arten von Brennstoffen verwendet werden, die alle ihre Vor- und Nachteile haben – sowohl für den Prozess als auch für die Umwelt. Thermische Energie ist der elementare Faktor des Brennprozesses, da das Material höhere Temperaturen erreichen muss, um die richtige chemische Reaktion der Rohstoffkomponenten zu gewährleisten. Bei 1.450 °C sind Belite und Calcite vollständig in das Klinkergestein eingeformt und haben die nötige mikroskopische Form, um zu garantieren, dass nach dem Pulverisieren und Mischen des Zements mit Zuschlagstoffen eine gleichmäßige Wasseraufnahme entlang der Partikel erfolgt, was letztendlich die Qualität und Festigkeit von Beton ausmacht. Haben Sie zum Beispiel schon einmal Risse in der Straße gesehen? Eine mögliche Ursache davon ist eine schlechte Zementqualität.



Brennstoffe mit hohem Kohlenstoffgehalt, wie Kohle, die eine leuchtende Flamme erzeugt, werden bevorzugt für die Ofenbefeuerung eingesetzt.



Welcher Brennstoff wird in der Zementindustrie am häufigsten verwendet?

Kohle ist seit langem der beliebteste Brennstoff in der Zementindustrie. Ein breites Spektrum anderer Brennstoffe wie Gas, Öl, flüssige Abfallstoffe, feste Abfallstoffe und Petrolkoks wurden einzeln oder in verschiedenen Kombinationen erfolgreich als Energiequelle für die Befeuerung von Zementöfen genutzt.

Klinker wird hauptsächlich durch Strahlungswärmeübertragung auf seine Spitzentemperatur gebracht, wobei eine helle und heiße Flamme benötigt wird (das bedeutet hohe Emissivität). Brennstoffe mit hohem Kohlenstoffgehalt, wie Kohle, welche eine leuchtende Flamme erzeugt, werden bevorzugt für die Ofenbefeuerung eingesetzt. Unter günstigen Umständen kann hochwertige bituminöse Kohle bei 2.050 °C eine Flamme erzeugen. Erdgas, das eine Spitzentemperatur von 1.950 °C erreicht und zudem weniger leuchtend ist, führt tendenziell zu einer geringeren Ofenleistung. Klinker muss eine Temperatur von bis zu 1.450 °C erreichen, damit der chemische Prozess zum Kalzinieren des Kalksteins in Gang kommen und eine Verschmelzung mit anderen Materialien stattfinden kann. Ein wichtiges Thema ist auch die Verfügbarkeit von Brennstoffen in verschiedenen Teilen der Welt. Erdgas ist an den meisten Orten günstiger als Kohle. Die Verfügbarkeit ist jedoch unsicher, da Erdgas für die Primärversorgung die erste Option ist, und Zementwerke es sich nicht leisten können, die Zugänglichkeit des Brennstoffs einzuschränken.



Ein weiteres weit verbreitetes Material ist Petrolkoks, ein Öl-Subprodukt mit ähnlicher Wärmeübertragung wie Kohle, aber mit einem erheblich höheren CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro verbrannter Tonne. Am Referenzstandort wurde Kohle als primärer Brennstoff verwendet. Es wurde jedoch auch genau überprüft, ob alternative Brennstoffe eine Option sein könnten, hauptsächlich weil die Kohlepreise in den letzten Jahren zum Teil erheblichen Preisschwankungen ausgesetzt waren, und die Verfügbar-

keit des Materials schwierig war. Darüber hinaus wurde ein wichtiges Erweiterungsprojekt umgesetzt, um die Kapazität der Anlage von 3,2 Mio. t/Jahr auf die bestehende Kapazität von 5,2 Mio. t/Jahr zu erhöhen.

Vor diesem Hintergrund beschloss das Zementwerk, die Brennerkapazität zu erhöhen und die Anlage so umzurüsten, dass sie für alternative Brennstoffe und für erdölbasierte Brennstoffe wie Petrolkoks geeignet ist. Der bis-

herige Brenner, der nur für Kohle und Schweröl (ausschließlich für die Inbetriebnahme) geeignet war, wurde durch einen Brenner für Gas, flüssige und feste Brennstoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften bis hin zu alternativen Brennstoffen ersetzt. Der Prozess erforderte eine bedeutende Investition in das Engineering und die Optimierung der bestehenden Ausrüstung. Die nächste Grafik zeigt die Erstausrüstung und Daten bei der Brennstoffförderung im Werk:

### Pneumatische Förderung von Festbrennstoffen

**Ausgangstechnologie:** Aerzen Delta Blower GM 355 (3 Stück)

**Umgeschlagenes Material:** Kohle

**Fördermethode:** Flugförderung

**Förderleistung:** 7.500 kg/h

**Fördergeschwindigkeit:** 25 m/s

**Rohrnenneweite:** DN200

**Volumenstromkapazität:** 37 m<sup>3</sup>/min (1306 cfm)

**Druckdifferenz:** 600 mbar (8,7 psi)

**Maximaler Druck:** 800 mbar (11,5 psi)

**Leistungsbedarf:** 53 kW (70 PS)

**Motorleistung:** 55 kW (75 PS)

**Gebläsedrehzahl:** 3640 U/min

**Motorendrehzahl:** 3560 U/min

**Weitere Daten:** 1,15 SF, 460 V, 60 Hz



**Der Prozess erforderte eine bedeutende Investition in das Engineering und die Optimierung der bestehenden Ausrüstung.**

Das Förderverfahren ist in diesem Fall die Flugförderung. Aufgrund der Materialdichte und Partikelgröße betrug die anfängliche Förderrate 7500 kg Kohle/Stunde, wobei zwei AERZEN GM35 S-Aggregate in Betrieb waren und eines davon im Standby-Modus lief. Die Aggregate erzeugen einen Volumenstrom von 37 m<sup>3</sup>/min bei einer Druckdifferenz von 600 mbar. Die Rohr-Nenneweite beträgt DN200, die Leistungsaufnahme 53 kW.

Gleichzeitig ersetzte die Anlage den Brenner. Für das Brennstofffördersystem waren neue Betriebsbedingungen erforderlich, die sowohl das Anlagenerweiterungsprojekt als auch die Bedingungen der alternativen Brennstoffe berücksichtigen. Wie bei den meisten Erweiterungsprojekten in Zementwerken mussten die Rohrleitungen die gleiche Länge und Nenneweite beibehalten, da ein kompletter Austausch einen komplexeren Eingriff mit längerer Stillstandszeit bedeutet hätte.

## Fall 2: Die Herausforderung

Die größte Herausforderung bei diesem Projekt bestand darin, den Grenzwert von 28 m/s für die Festbrennstoffförderung nicht zu überschreiten. Der Rohrdurchmesser war die größte physikalische Einschränkung, die den zulässigen Gesamtmassenstrom für den Betrieb in einer DN200- Rohrleitung beeinflusst.

In diesem Fall war die gesamte äquivalente Rohrlänge (ein pneumatischer förderbezogener Wert, der sowohl horizontale als auch vertikale Rohrsegmente berücksichtigt) kurz, nicht länger als 20 Meter. Für die Berechnungen ist das von Vorteil, da der Druckabfall aufgrund von Reibung und Biegungen nicht ausschlaggebend für die Systemkapazität ist.



Am Ende des Prozesses lieferte das AERZEN-Team zwei D98 S Delta Hybrid-Aggregate mit über 60 % mehr Volumenstromkapazität und 30 % mehr Druckkapazität.

### Vorteile einer laminaren Strömung bei der Förderung fester Brennstoffe

Die Fördergeschwindigkeit ist für diese spezielle Anwendung entscheidend, da die Aufrechterhaltung einer laminaren Strömung den Prozess durch eine stabile und ausreichend lange Flamme aus dem Brenner unterstützt. Die mit dem Festbrennstoff mitgeführte Luft wird auch Sekundärluft genannt, weil sie auch bei den Verbrennungs- und Wärmeübertragungsprozessen eine große Rolle spielt.

Die AERZEN Drehkolbenverdichter der Baureihe Delta Hybrid waren perfekt für diese Anwendung geeignet, da durch ihre interne Konfiguration und die höhere Rotationsgeschwindigkeit die Luftpulsationen reduziert werden und die zugeführte Luft glatt und laminar wird. Eine Überschreitung der in die Rohrbegrenzung zugeführten Luft führt jedoch zu einem Bruch der Reynolds-Zahl, sodass die Luft turbulent wird. Dies ist zu vermeiden, da es zu einer erwarteten Verbrennung und einer kürzeren Flamme führen kann.

Das Resultat könnte sogar sein, dass die Brennerspitze Feuer fängt. Am Ende des Prozesses lieferte das AERZEN-Team zwei D98 S Delta Hybrid-Aggregate mit einem um 60% höheren Volumenstrom und einem 30% höheren Differenzdruck. Alle Berechnungen mußten gewissenhaft durchgeführt werden, um eine Überschreitung der Luftgeschwindigkeit im Rohr (28 m/s) zu vermeiden.

### Wichtige Erkenntnisse aus Fall 2

- Steigerung der Förderleistung für Kohle oder alternative Brennstoffe um 30 %
- Reduzierung der Betriebskosten um 40 %, einschließlich Energieeinsparungen für technologische Erneuerungen und verlängerte Wartungsintervalle durch Hybridtechnologie
- Erhöhen der laminaren Luftströmung, was die Stabilität der Flamme verbessert und ein Feuer an der Brennerspitze verhindert, indem der anfängliche Flammenabstand vergrößert wird
- Beibehaltung des Rohrleitungssystems
- Das System kann künftig erweitert werden, indem der Volumenstrom durch Drehzahlerhöhung des Hybrids angepasst wird und das Zufuhrventil für feste Brennstoffe vergrößert werden

# FALL 3: DIE AERZEN HIGH SPEED TURBOTECHNOLOGIE VEREINT LEISTUNG UND ZUVERLÄSSIGKEIT

Um einen Drehrohrofen in einem Zementwerk erfolgreich zu betreiben, benötigt man eine ausreichende Wärmequelle. Sie muss den Ofen zunächst auf die Betriebstemperatur von 1.450 °C erhitzen und diese Temperatur durch Kompensation der im Ofensystem auftretenden unterschiedlichen Wärmeverluste halten. Die Wärme wird durch die Verbrennung von Brennstoffen, hauptsächlich Kohle, in Verbindung mit Luftsauerstoff gewonnen. Um eine ordnungsgemäße Verbrennung zu erreichen, müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Ausreichend Sauerstoff in der Brennstoffmischung und
2. Eine konstante und stabile Brennstoffzufuhr in das System

Je nach Region gibt es in der Anlage Primärluft, Strahlluft oder Verbrennungsluft. Alle Begriffe bezeichnen dasselbe, nämlich die Luftzufuhr in den Primärbrenner. Ziel ist es dabei, eine lange und breite Flamme zu erzeugen, die sich über den gesamten Ofen erstreckt und den höchsten Wärmeübergang in den Ofen sicherstellt, sodass eine ordnungsgemäße Verbrennung erzielt werden kann. Bei der Auswahl der richtigen Ausrüstung für diese Luftzufuhr spielen viele Variablen eine Rolle. Es gibt jedoch eine besonders wichtige Variable für die Produktionsprozesse, nämlich den Impuls oder Massenstrom: Diese Variable definiert den Sauerstoffmassenstrom, der dem System zugeführt wird, und gewährleistet dadurch eine ordnungsgemäße Verbrennung. Umgebungsvariablen wie die Höhe über dem Meeresspiegel oder die Umgebungstemperatur können den Impuls und damit die Wärmeübertragung in den Ofen dramatisch beeinflussen.

Darüber hinaus ist Verbrennungsluft die einzige Ressource für Zementwerksbetreiber, um die Ofentemperatur zu steuern und anzupassen, wenn eine Roh-

stoffcharge von schlechter Qualität in den Ofen gelangt oder ein neuer Brennstoffeinsatz erforderlich ist. AERZEN bot in der Vergangenheit qualitativ hochwertige Beratungsleistungen und stellte zuverlässige Maschinen für diese Anwendung bereit. Deshalb bevorzugten die meisten der großen Zementunternehmen weltweit AERZEN für diese spezielle Anwendung.

Im Zementwerk des Kunden war die Situation kritisch, da die vorhandenen Gebläse für den Prozess sehr nahe an ihrer Betriebsgrenze betrieben wurden. In Anbetracht des Brennertausches und zusätzlicher Produktionskapazitäten war der variable Bereich des Volumenstroms sehr eingeschränkt. Bestehende Maschinen konnten nicht in Ihrer Förderleistung gesteigert werden und es bestand die Notwendigkeit, die vorhandenen Maschinen durch größere Gebläse zu ersetzen. Die AERZEN-Ingenieure analysierten die Situation und stellten fest, dass die High Speed Turbotechnologie perfekt zu den zu erwartenden Einsatzbedingungen passt. Die technischen Daten lauten wie folgt: Die Verbrennungsluft wurde zunächst von zwei Schraubenkompressoren mit einem Luftmassenstrom von 5350 kg/h und einer Fördergeschwindigkeit von mehr als 40 m/s bei einer Rohrenweite von DN 200 geliefert. Der Volumenstrom pro Maschine betrug 74 m<sup>3</sup>/min bei einer Druckdifferenz von 300 mbar und einer Leistungsaufnahme von 55 kW.

Die Herausforderung bestand in diesem Fall darin, den Massenstrom durch das gleiche Rohrsystem von 5350 kg/h auf 6800 kg/h zu erhöhen. In diesem Fall wird die Anwendung auch als Prozessluft bezeichnet, da keine pneumatische Förderung von Material durch die Rohre erfolgt, sondern nur Luft zur Beschickung des Ofens gefördert wird. Aber wenn kein Material durch das Rohr gefördert wird, wie wird dann der Diffe-

renzdruck im System erzeugt?

Die Antwort geht auf die Kontinuitätsgleichung zurück, bei der die Reduzierung des Rohrdurchmessers am Ende der Rohrleitung die Geschwindigkeit und Luftturbulenz erhöht, um zusätzlichen Impuls zu erzeugen und den Verbrennungsprozess zu unterstützen. Die kritischste Grenze war in diesem Fall der Rohrdurchmesser. Die Erhöhung des Massenstroms war, neben zusätzlichen Turbulenzen im System, sehr wichtig. Wenn zu viel Luft durch diesen Rohrdurchmesser geleitet wurde, konnte das jedoch die Luftleistung aufgrund extremer Turbulenzen drosseln. Im Gegensatz zur Brennstoffförderung gilt bei Verbrennungsluft: Je turbulenter die Luft, desto besser die Wärmeübertragung in den Ofen und desto höher der Wirkungsgrad der Anlage.

Angeht die Bedingungen vor Ort schlug das AERZEN-Team vor, ein High Speed Turbo-Gebläse zu installieren, das einen konstanten Massenstrom durch ein schnelllaufendes Laufrad liefert und so für maximale Kontrolle, Zuverlässigkeit und den zusätzlichen Massenstrom sorgt, der unter Berücksichtigung der Rohrdurchmesserbegrenzung erforderlich ist. Zusätzlich zu diesem Vorteil bietet Aerzen Turbo einen integrierten Umrichter, der hilft, das System und den Luftstrom im Falle eines alternativen Brennstoffs oder eines Wechsels der Rohmaterialmischung zu steuern. Diese Anwendung hilft dem Bediener, den Prozess auf die gleiche Weise zu regeln, wie bei der Sauerstoffzufuhr und Einstellung eines Brenners.



**Im Zementwerk des Kunden war die Situation kritisch ...**



### Wichtige Erkenntnisse aus Fall 3

- Durch den Einsatz der Turbotechnologie konnte die Luftgeschwindigkeit erhöht werden, die zusätzliche Turbulenzen im Massenstrom erzeugt, wodurch die Flamme größer und robuster wird
- Das Turbo-Aggregat wurde mit einem integrierten Frequenzumrichter geliefert, um den Prozess nach Bedarf regeln zu können
- Reduzierter Platzbedarf im Vergleich zu anderen Technologien
- Erhebliche Reduzierungen der Wartungskosten
- Der Stromverbrauch sinkt um 30 % im Vergleich zur alternativen Technologie
- Zusätzliche Kontrolle des Prozesses zur Handhabung unterschiedlicher Rohstoffchargen und neuer alternativer Brennstoffe
- Fernüberwachung des kritischsten Prozesses durch HMI-Datenübertragung
- Hohe Zuverlässigkeit für die kritischste Anwendung in der Anlage



Wir kombinieren  
das Beste aus über  
150 Jahren Erfahrung.

*„Mit unserem Anwendungswissen konnten wir von AERZEN zahlreiche Projekte weltweit unterstützen. Wir kombinieren das Beste aus über 150 Jahren Erfahrung in der Herstellung von hochzuverlässigen Gebläsen, Verdichtern und Turbos mit den Anforderungen des Anlagenbetriebs, um sicherzustellen, dass jedes Material, das durch ein pneumatisches Fördersystem gefördert wird, zuverlässig und effizient von der Quelle bis zum Ziel geliefert wird.“*

*David Salazar – AERZEN-Regionalleiter für pneumatische Förderanwendungen*



MEHR INFORMATIONEN ZU DEN  
AERZEN-LÖSUNGEN FÜR DIE  
ZEMENTINDUSTRIE FINDEN SIE UNTER:  
[www.aerzen.com](http://www.aerzen.com)

### **AERZEN. Verdichtung als Erfolgsprinzip.**

Die Aerzener Maschinenfabrik wurde 1864 gegründet. 1868 haben wir das erste Drehkolbengebläse Europas gebaut. 1911 folgten die ersten Turbogebläse, 1943 die ersten Schraubenverdichter und 2010: das erste Drehkolbenverdichter-Aggregat der Welt. Innovationen made by AERZEN treiben die Entwicklung der Kompressortechnik immer weiter voran. Heute zählt AERZEN weltweit zu den ältesten und bedeutendsten Herstellern von Drehkolbengebläsen, Drehkolbenverdichtern, Schraubenverdichtern und Turbogebläsen. Und in vielen An-

wendungsbereichen zu den unangefochtenen Marktführern. In über 50 Tochtergesellschaften auf der ganzen Welt arbeiten mehr als 2.500 erfahrene Mitarbeiter mit Hochdruck am Fortschritt in der Kompressortechnologie. Ihre technische Kompetenz, unser internationales Expertennetzwerk und die stetige Rückkopplung mit unseren Kunden sind die Basis unseres Erfolgs. Produkte und Dienstleistungen von AERZEN setzen Maßstäbe. In puncto Verlässlichkeit, Wertbeständigkeit und Effizienz. Fordern Sie uns heraus.



**FINDEN SIE  
IHREN LOKALEN  
ANSPRECHPARTNER**

[www.aerzen.com/worldwide](http://www.aerzen.com/worldwide)



Aerzener Maschinenfabrik GmbH  
Reherweg 28 – 31855 Aerzen / Deutschland  
Telefon: +49 5154 81 0 – Fax: +49 5154 81 9191  
[info@aerzen.com](mailto:info@aerzen.com) – [www.aerzen.com](http://www.aerzen.com)



**AERZEN**  
EXPECT PERFORMANCE