



**A TEC**

World Leader in Cement Pyroprocess Technology

## **Eight years of progress in burning technology**

Kasernstraße 16-18  
3500 Krems an der Donau  
AUSTRIA

Tel.: +43 2732 75 680  
Fax: +43 2732 75 680 201  
E-Mail: [sales@atec-ltd.com](mailto:sales@atec-ltd.com)

**[www.atec-ltd.com](http://www.atec-ltd.com)**

**Please note:**

In the following article A TEC GmbH could also be mentioned as A TEC Advances Process Technologies GmbH, PMT; PMT-Zyklontechnik GmbH, Zyklontechnik GmbH (= company name before 1<sup>st</sup> June 2005).

# Eight years of progress in burning technology, Part 1\*)

## Acht Jahre Fortschritt in der Brenntechnik, Teil 1\*)

### 1 Introduction

World cement production has risen by about 450 million t/a, or 36 %, during the last eight years (► Fig. 1). Around 200 new or modernized kiln lines with an estimated total output of about 200 million t/a clinker have come into operation during the same period (► Fig. 2). These kiln plants were equipped with components incorporating numerous innovations and improvements which made it possible to increase the cost-effectiveness still further. Growing environmental awareness in recent years represents an additional challenge for the cement industry. The associated risks and opportunities mean that the cement industry must be aware of its responsibilities. Only those who take advantage of this development will be successful.

The heart of every cement works is still the kiln plant. Its availability and output determine the annual production of the entire works and therefore contribute crucially to the economic success. There is an obvious trend towards ever larger production plants. This is determined essentially by the enormous development potential in Asia and America and by the continually increasing pressure for rationalization in the western industrialized nations, as well as by the more favourable specific capital costs for large kiln lines. Pre-calcining technology has definitely become established, with the result that in the last eight years practically all new plants and the majority of modernization projects have made use of the advantages of this technology.

This article summarizes the most important developments and improvements of the last eight years in the field of clinker burning technology.

### 1 Einleitung

Die weltweite Zementproduktion hat sich in den letzten acht Jahren um ca. 450 Mio. t/a oder 36 % erhöht (► Bild 1). Im gleichen Zeitraum wurden weltweit ca. 200 neue oder modernisierte Ofenlinien mit einem geschätzten Gesamtdurchsatz von ca. 220 Mio. t/a Klinker in Betrieb genommen (► Bild 2). Diese Ofenanlagen konnten mit Komponenten ausgerüstet werden, deren zahlreiche Neuerungen und Verbesserungen eine weitere Steigerung der Wirtschaftlichkeit ermöglichte. Das in den letzten Jahren wachsende Umweltbewusstsein stellt auch für die Zementindustrie eine zusätzliche Herausforderung dar. Durch die damit verbundenen Risiken und Chancen ist die Zementindustrie gefordert, ihre Verantwortung wahrzunehmen. Nur wer sich diese Entwicklung zunutze macht, wird Erfolg haben.

Das Kernstück jedes Zementwerks ist auch heute noch die Ofenanlage. Deren Verfügbarkeit und Durchsatz bestimmen die Jahresproduktion des gesamten Werks und tragen somit entscheidend zum wirtschaftlichen Erfolg bei. Der Trend zu immer größeren Produktionsanlagen ist unübersehbar. Er wird im Wesentlichen durch die enormen Entwicklungspotenziale im asiatischen und amerikanischen Raum sowie durch den weiterhin zunehmenden Rationalisierungsdruck in den westlichen Industrienationen und durch die günstigeren spezifischen Investitionskosten für große Ofenlinien bestimmt. Die Vorcalciniertechnik hat sich endgültig durchgesetzt, sodass sich in den letzten acht Jahren praktisch sämtliche Neuanlagen und die meisten Modernisierungsprojekte die vielfältigen Vorteile dieser Technik zunutze machten.

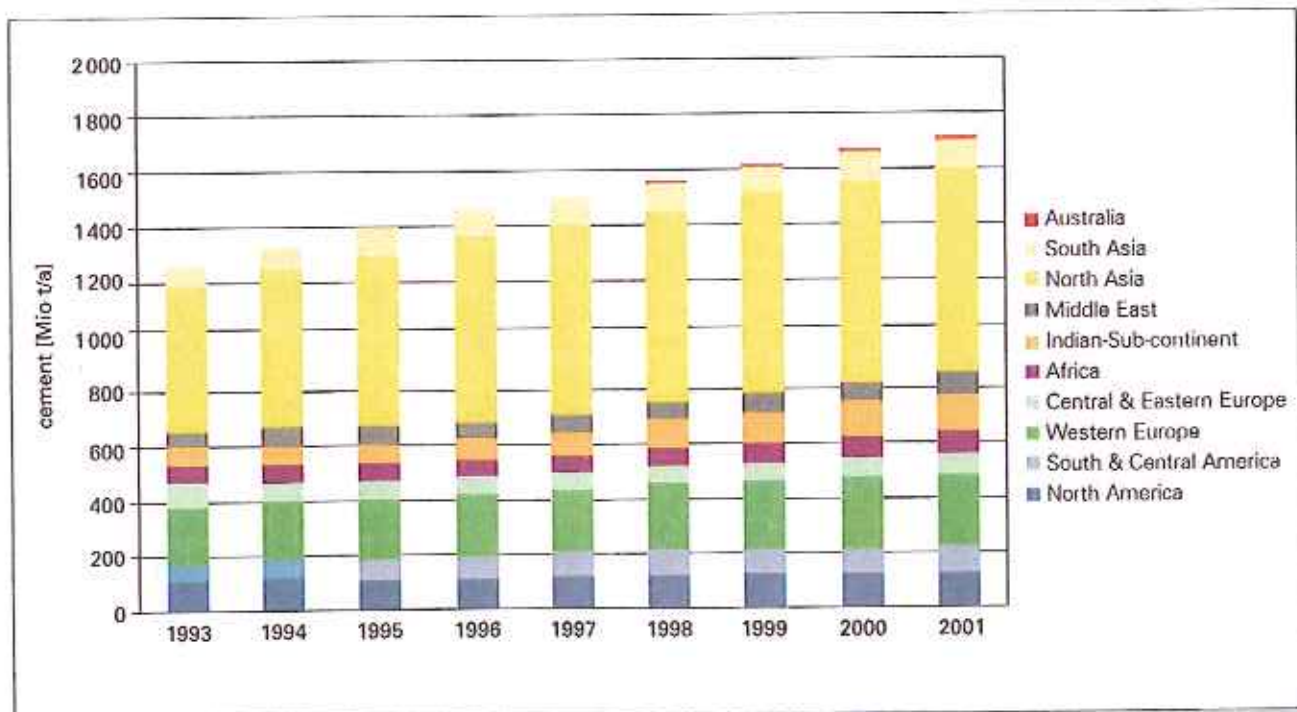


Figure 1: Worldwide cement production between 1993 and 2001 (source: Cembureau)

Bild 1: Weltweite Zementproduktion zwischen 1993 und 2001 (Quelle: Cembureau)

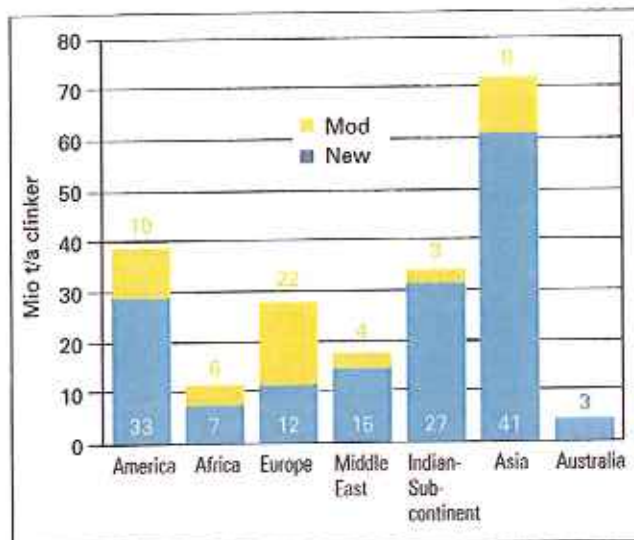


Figure 2: Newly constructed and modernized cement plants worldwide between 1993 and 2001 (contracts awarded between 1991 and 1999)

Bild 2: Weltweit neu errichtete und modernisierte Ofenanlagen zwischen 1993 und 2001 (Auftragserteilung zwischen 1991 und 1999)

## 2 Processes

In certain regions, such as North America and Eastern Europe, cement clinker is still largely produced by the wet process in spite of the rise in fuel costs throughout the world. Plants with grate preheaters have survived, primarily in Europe, thanks to their good heat utilization and clinker quality. On the other hand, new plants operate almost exclusively by the dry process using the now common 5-stage cyclone preheater with precalciner and high-efficiency grate cooler (cf. Fig. 3). Only in special cases, e.g. with high and natural raw material moisture levels, are modern semi-wet plants preferred as the more cost-effective solution. The average size of the new kiln lines commissioned in the last eight years with throughputs of 3700t/d confirm the unbroken trend towards large plants.

Dieser Beitrag fasst die wichtigsten Entwicklungen und Verbesserungen der letzten acht Jahre im Bereich der Klinkerbronnentechnik zusammen.

## 2 Verfahren

Trotz des weltweiten Anstiegs der Brennstoffkosten wird Zementklinker in bestimmten Regionen wie z.B. Nordamerika und Osteuropa auch heute noch zu einem großen Teil nach dem Nassverfahren hergestellt. Anlagen mit Rostvorwärmern konnten sich vor allem in Europa dank ihrer guten Wärmenutzung und Klinkerqualität behaupten. Neuanlagen arbeiten hingegen fast ausschließlich nach dem Trockenverfahren, wobei die heute üblichen 5-stufigen Zyklonwärmetauscher mit Vorcalcinator und hocheffiziente Rostkühler zur Anwendung kommen (cf. Bild 3). Lediglich in besonderen Fällen, z.B. bei hohen natürlichen Rohmaterialfeuchten, werden moderne Halbnassanlagen als wirtschaftlichere Lösung bevorzugt. Die mittlere Größe der in den letzten acht Jahren neu in Betrieb genommenen Ofenlinien mit Durchsätzen von 3700t/d bestätigt den ungebrochenen Trend zu Großanlagen.

## 3 Modernisierung

Die Wirtschaftlichkeit von Nass- und Halbnassanlagen sowie älteren Trockenlinien lässt sich in vielen Fällen durch Einsatz moderner Technik wesentlich verbessern. Die Modernisierung von Ofenlinien kann aus unterschiedlichen Gründen sinnvoll sein:

- › Bessere Nutzung von Reserven in vorhandenen Anlagenteilen
- › Schlechter mechanischer Zustand (z.B. Planetenkühler)
- › Konzentration der Klinkerproduktion von mehreren auf eine Linie
- › Senkung des Wärmeverbrauchs
- › Einsatz von Sekundärbrennstoffen
- › Fehlender Platz für zusätzliche neue Linie am Standort
- › Komplizierte Genehmigungsverfahren für Neuanlagen.

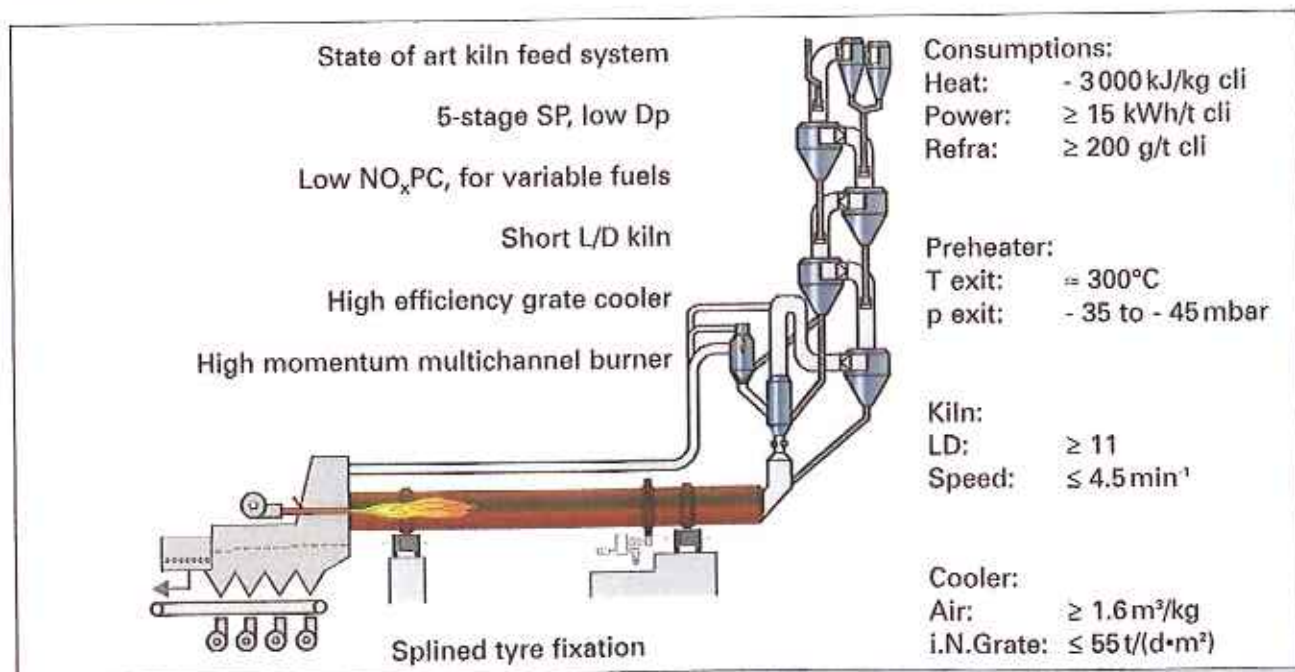


Figure 3: Basic structure of a modern kiln plant

Bild 3: Grundsätzlicher Aufbau einer modernen Ofenanlage



Figure 4: Installation of a pre-assembled grate cooler  
Bild 4: Einbau eines vormontierten Rostkühlers

### 3 Modernization

The cost-effectiveness of wet and semi-wet plants as well as of older dry process lines can in many cases be substantially improved by using modern technology. Modernization of a kiln plant can be appropriate for various reasons:

- › Better utilization of reserve capacity in existing sections of plant
- › Poor mechanical condition (e.g. planetary coolers)
- › Concentration of the clinker production from several lines to a single line
- › Reduction of heat consumption
- › Use of secondary fuels
- › Lack of space for additional new line at site
- › Complicated authorization procedures for new plants.

Basically, it is a matter of optimum utilization of the potential available in the existing plant with the lowest possible expenditure. Kiln modernization projects allow the production to be increased at quite low specific costs and often also offer the only feasible alternative.

When the conversion concept is being defined it is an advantage to start from the technical solution for a corresponding new plant and only then to make concessions for the existing conditions. When arriving at the solution the duration of the kiln stoppage is of crucial importance for maintaining the market share. It is recommended that innovative solutions are used for bridging the production gap.

In most cases the duration of the kiln stoppage is determined by the modification of the preheater and clinker cooler. In both cases it is now possible to slide completely pre-assembled units into their final position, which can substantially reduce the loss of production. Experience with pre-assembled grate coolers is available from several modification projects. › Fig. 4 shows the replacement of a satellite cooler by a pre-assembled grate cooler. With such projects the kiln stoppage time is usually  $\geq 8$  weeks; moving the grate cooler takes only a few hours and the connection takes less than a week.

### 4 Preheaters

Most of the gas suspension preheaters used nowadays operate on the Humboldt principle dating from 1953 (› Fig. 5). One important objective when designing modern cyclone pre-

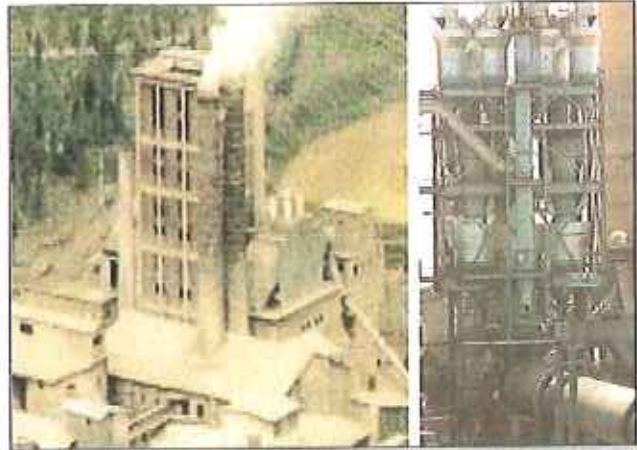


Figure 5: Preheaters in 1953 and today (type: KHD Humboldt Wedag AG)  
Bild 5: Wärmetauscher 1953 und heute (Bauart: KHD Humboldt Wedag AG)

Grundsätzlich geht es darum, das im bestehenden Werk vorhandene Potenzial mit möglichst geringem Aufwand optimal zu nutzen. Ofenmodernisierungen erlauben eine Produktionserhöhung zu niedrigeren spezifischen Kosten und sind oftmals auch die einzige realisierbare Alternative.

Bei der Festlegung des Umbaukonzepts ist es vorteilhaft, von der technischen Lösung einer entsprechenden Neuanlage auszugehen und erst dann Zugeständnisse an die vorhandenen Verhältnisse zu machen. Um den Marktanteil zu halten, ist die Dauer des Ofenstillstands von entscheidender Bedeutung bei der Lösungsfindung. Hier empfiehlt sich auch der Einsatz innovativer Lösungen zur Überbrückung der Produktionslücke.

Meist bestimmen der Umbau des Wärmetauschers und des Klinkerkühlers die Dauer des Ofenstillstands. Für beide besteht heute die Möglichkeit des Verschiebens ganzer vormontierter Einheiten in ihre endgültige Position, was den Produktionsausfall erheblich vermindern kann. Erfahrung mit vormontierten Rostkühlern liegt aus mehreren Umbauprojekten vor. › Bild 4 zeigt den Austausch eines Satellitenkühlers durch einen vormontierten Rostkühler. Bei derartigen Vorhaben liegt die Ofenstillstandszeit üblicherweise bei  $\geq 8$  Wochen, das Verschieben des Rostkühlers nimmt nur einige Stunden in Anspruch, das Anschließen weniger als eine Woche.

### 4 Wärmetauscher

Die heute eingesetzten Schwebegas-Wärmetauscher arbeiten meist nach dem Prinzip von Humboldt aus dem Jahre 1953 (› Bild 5). Bei der Auslegung moderner Zyklon-Wärmetauscher besteht ein wichtiges Ziel darin, durch Optimieren von Abscheidegrad, Druckabfall und Baugröße sowie Mehlerverteilung im Gasstrom einen möglichst hohen Wärmerückgewinnungsgrad bei niedrigen Anlagekosten zu erzielen. Je nach Anforderungen unterscheiden sich Wärmetauscher durch die Anzahl der Stufen und der Stränge.

Die Anzahl Stufen wird durch den jährlichen Verlauf der Rohmehlfeuchte bestimmt. Das Abwärmepotenzial einer modernen Ofenanlage mit 5-stufigem Wärmetauscher reicht üblicherweise zur Trocknung von Rohmehl mit einem Feuchtegehalt bis zu 7 % aus. Möglichkeiten, diese Grenze etwas anzuheben sind:

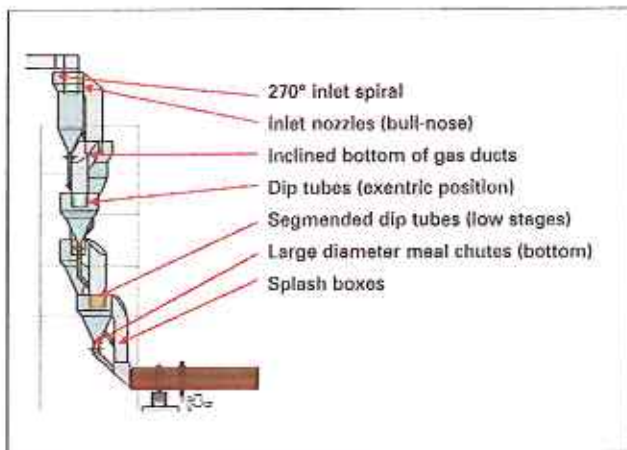


Figure 6: Features of modern preheaters

Bild 6: Merkmale moderner Wärmetauscher

heaters is to achieve the highest possible degree of heat recovery with low plant costs by optimizing the collecting efficiency, pressure drop and structural size as well as by distributing the meal in the gas flow. Preheaters differ in the number of stages and strings, which are adjusted to suit the requirements.

The number of stages is determined by the annual behaviour pattern of the raw mix moisture content. The waste heat potential of a modern kiln plant with 5-stage preheater is usually sufficient for drying raw meal with a moisture content of up to 7%. Possible ways of raising this limit slightly are:

- 1 Co-application of the cooler exhaust air
- 1 Adaptation of the mill operation (for moisture peaks of limited duration)
- 1 Distribution of the kiln meal feed to top/second-top stage
- 1 Auxiliary firing system (for moisture peaks of limited duration).

Six preheater heater stages are generally cost-effective where there are very high fuel costs or with low drying requirement and expensive water for the injection cooling tower. Three or four stages are used primarily in semi-wet plants, utilizing heat-protected kiln fans.

Five-stage preheaters satisfy the requirements in the majority of cases. Five stages, combined with calciner technology and optimized cyclone shapes with up to 30% lower pressure drop, have now become established as a quasi standard. Plants with three, four or six stages are also built in special cases.

Strings are being built in steps for ever higher throughputs with larger cyclones. A short while ago a throughput of 3000 t/d per string with a cyclone diameter of 7 m was considered the upper limit, but single-string plants with throughputs of 6000 t/d and cyclones with diameters of 10 m have been commissioned recently. With large plants of this type it is necessary to pay particular attention to the following critical points:

- 1 Meal distribution/splash boxes
- 1 Collection efficiencies
- 1 Meal deposits
- 1 Partial load characteristics
- 1 Refractory lining of the cyclone tops.

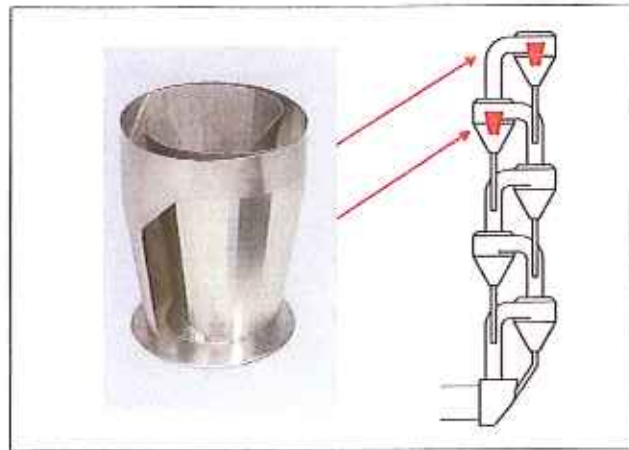


Figure 7: Diverters in the cyclone dip tubes (type: PMT Zyklontechnik)

Bild 7: Leitapparat am Tauchrohr von Zyklonen (Bauart: PMT Zyklontechnik)

- 1 Mitverwendung der Kühlerabluft
- 1 Anpassen des Mühlenbetriebs (bei zeitlich begrenzten Spitzenfeuchten)
- 1 Ofenmehlaufgabe aufteilbar auf oberste/zweitoberste Stufe
- 1 Zusatzfeuerung (bei zeitlich begrenzten Spitzenfeuchten).

Sechs Vorwärmerstufen sind im Allgemeinen bei sehr hohen Brennstoffkosten oder bei geringem Trocknungsbedarf und teurem Wasser für den Einspritzkühlturm wirtschaftlich. Drei oder vier Stufen werden vor allem unter Verwendung von hitzegeschützten Ofengebläsen bei Halbnassanlagen eingesetzt.

Fünfstufige Wärmetauscher genügen in den meisten Fällen den Anforderungen. In Verbindung mit der Calciniertechnik sowie optimierten Zyklonformen mit bis zu 30% niedrigerem Druckabfall haben sich fünf Stufen heute als Quasi-Standard etabliert. In besonderen Fällen wurden auch Anlagen mit drei, vier oder sechs Stufen ausgeführt.

Schrittweise werden Stränge für immer höhere Durchsätze mit größeren Zyklonen gebaut. Galten bis vor kurzem noch ein Durchsatz von 3000 t/d pro Strang und ein Zyklondurchmesser von 7 m als Obergrenze, so wurden jüngst einsträngige Anlagen mit Durchsätzen von 6000 t/d und Zyklonen mit Durchmessern von 10 m in Betrieb genommen. Die folgenden kritischen Punkte müssen bei solch großen Anlagen besonders beachtet werden:

- 1 Mehlmehlfestlegung/Streukästen
- 1 Abscheidegrade
- 1 Mehlablagerungen
- 1 Teillastverhalten
- 1 Feuerfestauskleidung der Zyklondecken.

Moderne Wärmetauscher zeichnen sich durch folgende Merkmale aus (1 Bild 6):

- 1 270°-Einlaufspiralen
- 1 Düse um Andrücken der Strömung an die Zyklonwand am Eintritt
- 1 Vermeiden von horizontalen Böden am Zyklon-Eintrittskanal
- 1 Exzentrisch angeordnete Tauchrohre
- 1 Tauchrohre in unteren Stufen segmentiert

# Providing Tomorrow's Innovations - Today.

Raw Meal Grinding

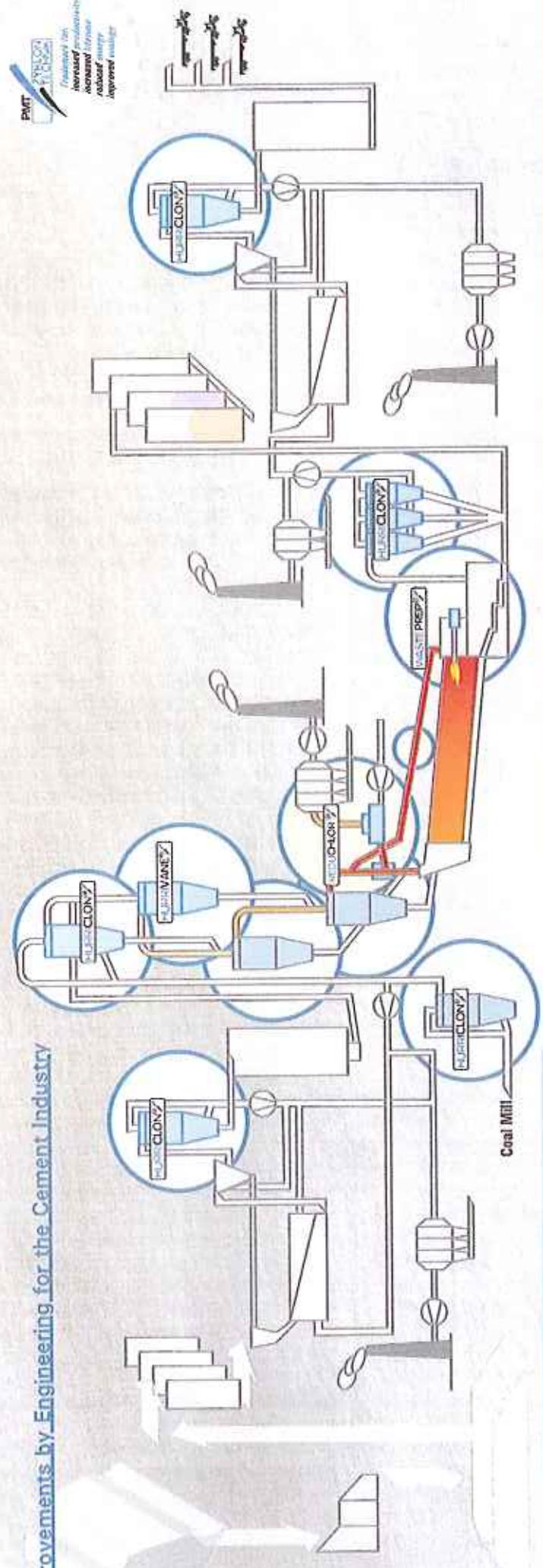
Preheater

Kiln

Clinker Cooler Dedusting

Cement Grinding

Improvements by Engineering for the Cement Industry



[www.pmt-zyklontechnik.com](http://www.pmt-zyklontechnik.com)

## Optimised Cyclone Technologies for:

- Preheater
- Cement grinding
- Raw meal grinding
- Separation of raw meal between preheater and coal mill
- Clinker cooler exhaust gas dedusting

## Kiln Technologies:

- Reduction of chlorine content
- Calciner technologies
- Engineering for duct work and loop duct
- Preparation of plastic, wood, tyre, domestic waste or animal meal
- Alternative fuel storage and feeding into kiln



PMT-ZYKLONTECHNIK GmbH  
 Kasernstrasse 16-18  
 A-3500 Krems, Austria  
 Tel: +43 2732 75680  
 Fax: +43 2732 75680 15  
 E-mail: [sales@pmt-zyklontechnik.com](mailto:sales@pmt-zyklontechnik.com)

Modern preheaters are characterized by the following features (► Fig. 6):

- 1 270° inlet spirals
- 1 Nozzles to force the flow against the cyclone wall at the inlet
- 1 Avoidance of horizontal bases at the cyclone inlet duct
- 1 Eccentrically positioned dip tubes
- 1 Segmented dip tubes in the lower stages
- 1 Large meal duct cross-sections in the hot region with robust flaps
- 1 Optimized splash boxes after adequate freefall height.

Dip tube segments made of fibre-reinforced monolithic refractory material are currently being used for the first time on a trial basis.

The pressure drop over a cyclone can be reduced by up to 30 % while retaining approximately the same collecting efficiency by installing special flow diverters in the dip tube (► Fig. 7). This technology has been used successfully in several plants in the top, and in some cases also in the second-top, cyclones. In some cases, however, the collection efficiency appears to have deteriorated by considerably more than the expected 2 %.

If the meal flow has to be divided in the preheater, as for example with Hot-Spot calciners, then change-over flaps are an important element. Different designs are used which in some cases differ in cost and reliability.

## 5 Bypass

It is well known that there is a tendency for coating to form in the lower parts of preheaters if there are substantial recirculating sulfur or chloride systems. If the inputs exceed certain limits then the recirculating system must be relieved by using a kiln gas bypass; this is more efficient in kiln plants with calciners than in plain preheater kilns. If such problems are discovered then the scope of operational measures should be exhausted first:

- 1 Reduce the input of substances which form recirculating systems
- 1 Lower the vaporization rate (sulfur)
- 1 Skillful cleaning of the plant sections at risk.

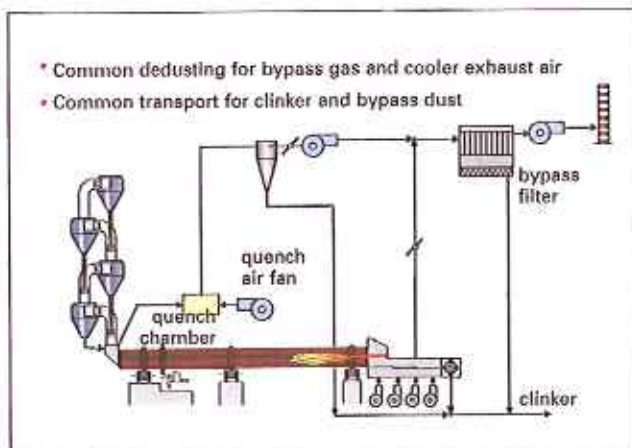


Figure 8: Bypass with common filter for bypass gas and cooler exhaust air

Bild 8: Bypass mit gemeinsamem Filter für Bypassgas und Kühlerabluft

- 1 Grosse Mehlleitungsquerschnitte im Heißbereich mit robusten Klappen
- 1 Optimierte Streukästen nach ausreichender freier Fallhöhe.

Zurzeit werden erstmals Tauchrohrsegmente aus faserverstärktem monolithischem Feuerfestmaterial versuchsweise eingesetzt.

Durch Anbau besonderer Leitapparate am Tauchrohr (► Bild 7) kann der Druckabfall über einen Zyklon bei einer etwa gleichbleibender Abscheideleistung um bis zu 30 % vermindert werden. Diese Technik wurde in mehreren Anlagen in obersten und teilweise auch zweitobersten Zyklonen erfolgreich eingesetzt. In einzelnen Fällen scheint sich der Abscheidegrad allerdings um erheblich mehr als die erwarteten 2 % verschlechtert zu haben.

Muss der Mehlstrom im Wärmetauscher aufgeteilt werden, wie beispielsweise bei Hot-Spot Calcinatoren, sind Umstellklappen ein wichtiges Element. Unterschiedliche Konstruktionen werden eingesetzt, die sich teilweise durch Kosten und Zuverlässigkeit unterscheiden.

## 5 Bypass

Bekanntlich neigen Wärmetauscher im unteren Bereich bei erhöhten Schwefel- und Chloridkreisläufen zur Ansatzbildung. Übersteigen die Einträge gewisse Grenzen, muss ein Ofengasbypass den Kreislauf entlasten, was an Ofenanlagen mit Calcinator effizienter als an reinen Wärmetauscher-Öfen erfolgt. Werden solche Probleme festgestellt, sollten erst die Möglichkeiten von betrieblichen Maßnahmen ausgeschöpft werden:

- 1 Mindern der Einträge kreislaufbildender Stoffe
- 1 Senken der Verflüchtigungsrate (Schwefel)
- 1 Geschicktes Abreinigen der gefährdeten Anlagenteile.

Als praktischer Indikator eignet sich das Heißmehl aus der untersten Zyklonstufe, welches Konzentrationen von 5 %  $SO_3$  bzw. 2 % Cl (glühverlustfrei) möglichst nicht überschreiten sollte; bei gleichzeitigem Auftreten beider Stoffe liegen die Grenzen sogar tiefer.

Zeigen die betrieblichen Maßnahmen nicht den gewünschten Erfolg, muss ein Ofengas-Bypass in Betracht gezogen werden. Dieser sollte so konzipiert sein, dass er eine höchste Kreislaufentlastung bei geringsten Wärme- und Mehlverlusten ermöglicht. Im Falle von Chlorid setzt dem jedoch die problematische Handhabung hochangereicherter Stäube Grenzen. Andererseits kann dank der praktisch vollständigen Verflüchtigung von Chlorid im Drehofen mit vergleichsweise geringer Bypassrate eine starke Entlastung erreicht werden. Der Einsatz von Sekundärbrennstoffen bringt oft erhöhte Chlorid-Einträge mit sich, weshalb das Interesse an effizienten Chlor-Bypassanlagen zurzeit groß ist.

Außer den bekannten Maßnahmen, dem Verwerfen von Ofenstaub sowie dem Einbau eines Heißmehl- oder konventionellen Ofengas-Bypasses, sind in den letzten Jahren einige innovative Bypassanlagen in Betrieb gegangen, beispielsweise:

- 1 Staubrezirkulation zur Agglomeration von feinen Staubpartikeln mit anschließender Zyklonabscheidung

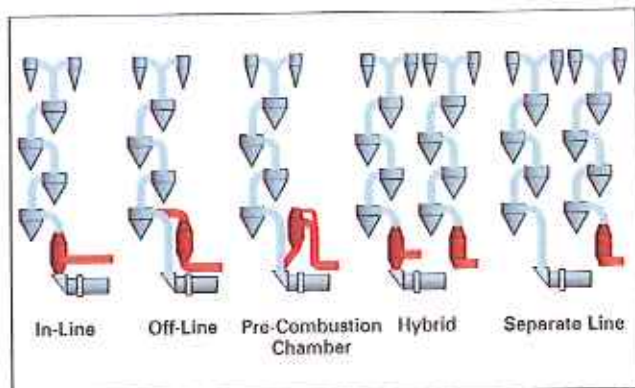


Figure 9: Diagrammatic representation of different calciner designs  
 Bild 9: Schematische Darstellung unterschiedlicher Calcinator-Konzepte

The hot meal from the bottom cyclone stage, which if possible should not exceed concentrations of 5%  $\text{SO}_2$  or 2% Cl (loss-on-ignition-free), is a suitable practical indicator; the limits are even lower if both substances occur simultaneously.

If the operational measures do not meet with the required success then a kiln gas bypass must be considered. This should be designed so that it achieves the highest possible relief of the recirculating system with very low losses of heat and meal. In the case of chloride, however, the limits are set by the difficulties of handling highly enriched dusts. On the other hand, it is possible to achieve strong relief with a comparatively low bypass rate thanks to the practically complete volatilization of chloride in the rotary kiln. The use of secondary fuels often entails increased chloride inputs, which is why there is currently great interest in efficient chloride bypass systems.

Apart from the well known measures, such as removal of kiln dust and installation of a hot meal or conventional kiln gas bypass, some innovative bypass systems have also come into operation in recent years, for example:

- 1 Dust recirculation to agglomerate fine dust particles, with subsequent collection in a cyclone
- 1 Fluidized bed for greater enrichment of the dust
- 1 Bypass with common filter for bypass gas and cooler exhaust air (► Fig. 8)
- 1 Quench chamber with water injection
- 1 Two-stage off-take probe and air/air heat exchanger with system for returning coarse particles.

However, the question of utilizing the resulting bypass dust remains of central importance. If it is not possible to sell all of it via the cement or other useful products then the operation of a bypass is associated with environmental problems caused by disposal of the dust.

Different conditions apply to bypasses for producing low-alkali cement clinker. In this case the volatilization of materials which form recirculating systems, and hence the bypass rate, can only be influenced by controlling the inputs via the raw meal or the fuel and by adjusting the flame. In this case the dust cannot be utilized in the cement.

- 1 Wirbelschicht zur höheren Anreicherung des Staubs
- 1 Bypass mit gemeinsamem Filter für Bypassgas und Kühlerabluft (► Bild 8)
- 1 Quenchkammer mit Wassereindüsung
- 1 Zweistufige Entnahmesonde und Luft/Luft-Wärmetauscher und Grobkornrückführung.

Von zentraler Bedeutung bleibt jedoch die Frage nach der Verwendung des entstehenden Bypass-Staubs. Wenn dieser nicht vollständig über den Zement oder andere wertvolle Produkte verkauft werden kann, ist der Betrieb eines Bypasses aufgrund der Staubentsorgung mit Umweltproblemen verbunden.

Anders liegen die Verhältnisse bei Bypassen zur Herstellung von Zementklinkern mit niedrigen Alkaligehalten. Dort kann die Verflüchtigung von Kreislaufbildnern und somit die Bypassrate nur über eine Anpassung der Einträge durch das Rohmehl oder den Brennstoff sowie durch Justierung der Flamme beeinflusst werden. Die Verwertung des Staubs im Zement ist hier nicht möglich.

## 6 Calcinator

Der Calcinator hat sich als integraler Bestandteil jeder modernen Zementofenanlage durchgesetzt. Als statischer Reaktor und Brennkammer zwischen Wärmetauscher und Drehofen angeordnet, wird dort das Rohmehl unter Einsatz von etwa 65% der gesamten thermischen Energie fast vollständig entsäuert, bevor es in den Drehofen eintritt.

Die bekannten Bauformen Volumencalcinator und Rohrcalcinator werden weiterhin eingesetzt. Vorgesaltete Brennkammern (wie von Onoda als RSP seit rund 20 Jahren gebaut) werden heute für Sekundärbrennstoffe vermehrt eingesetzt, oft auch für die Nachrüstung bestehender Rohrcalcatoren.

Ergänzend zur klassischen Separate-Line Anordnung für mehrsträngige Anlagen und der bewährten In-Line Anordnung können bei gewissen Anlagegrößen auch Hybridlösungen vorteilhaft sein (► Bild 9). Nicht nur der Calcinatorstrang sondern auch der Ofenstrang wird mit einem Calcinator ausgerüstet, um gleich große Gasmengen und Zykclone für beide Stränge zu erhalten.

War der Durchbruch der Vorcalciniertechnik anfangs mit der Schaffung großer Durchsätze verbunden, werden die Vorzüge dieser Technik vermehrt auch für kleinere Anlagen bis unter 1500 t/d genutzt, nämlich:

- 1 Thermische Entlastung des Drehofens, dadurch längere Lebensdauer der Ausmauerung und höhere spezifische Drehofenleistung
- 1 Kontrollierbarer Entsäuerungsgrad des Rohmehls am Ofeneintritt, dadurch stabilerer Ofenbetrieb
- 1 Minderung von  $\text{NO}_x$ -Emissionen aus Haupt- und Calcinatorfeuerung im Calcinator (Low- $\text{NO}_x$  Technologie)
- 1 Einsatz von Alternativbrennstoffen verschiedenster Art und Konsistenz, sofern keine thermische Behandlung in der Brennzonen erforderlich ist.

Da die früher als AT (air through) bekannten Zweitfeuerungen lediglich einen Brennstoffanteil von 15 bis 20% zulassen, werden heute bei Neuinstallationen ausschließlich Calcinatoren mit separater Tertiärluftleitung (AS = air separate) eingesetzt. Zweitfeuerungen werden angewandt beim Einsatz

## 5 Calciners

The calciner has become established as an integral part of every modern cement kiln plant. It is located between the preheater and rotary kiln as a static reactor and combustion chamber in which the raw meal is almost completely calcined before it enters the rotary kiln, using about 65 % of the total thermal energy.

The familiar structural shapes of three-dimensional and tubular calciners continue to be used. Upstream combustion chambers (of the type built by Onoda as RSPs for about 20 years) are now being used increasingly for secondary fuels, and often also for retrofitting to existing tubular calciners.

In addition to the classical separate-line configuration for multi-string plants and the proven in-line configuration it can also be advantageous to use hybrid solutions for certain sizes of plant (Fig. 9). The calciner string and the kiln string are both equipped with calciners in order to maintain equal quantities of gas and numbers of cyclones in both strings.

The break-through of precalciner technology was initially associated with the creation of large outputs, but the advantages of this technology are also being increasingly utilized for smaller plants down to less than 1 500 t/d, namely:

- 1 Relief of the thermal load in the rotary kiln, resulting in longer service life of the brickwork and higher specific rotary kiln outputs
- 1 Controllable degree of calcination of the raw meal at the kiln inlet, resulting in more stable kiln operation
- 1 Abatement of  $\text{NO}_x$  emissions from the main and calciner firing systems in the calciner (Low- $\text{NO}_x$  technology)
- 1 Use of alternative fuels of a wide variety of types and consistencies, provided no thermal treatment is necessary in the burning zone.

The secondary firing systems formerly known as AT (air through) can only use a fuel percentage of 15 to 20 %, so calciners with separate tertiary air ducts (AS = air separate) are always used nowadays for new installations. Secondary firing systems are employed for using whole tyres in preheater kilns and sometimes also for small increases in output of heavily loaded rotary kilns.

The main developments in the last eight years have been:

- 1 Complete combustion, even of less reactive fuels (e.g. petcoke)
- 1 Abatement of harmful emissions (e.g. nitrogen oxides)
- 1 Simultaneous use of different fuels of fluctuating composition with increasing percentage in lump form
- 1 Cost-saving, compact configurations, incorporation into existing plants.

The following three conditions must be fulfilled for complete combustion in the calciner:

- 1 Rapid initial ignition
- 1 Adequate gas residence time
- 1 Intensive mixing of the fuel with the air.

The dimensioning also depends on the fuel used, and with solid fuels the fineness can also have an effect.

von Ganzreifen in Wärmetauscher-Öfen und gelegentlich für geringe Durchsatzsteigerungen hoch belasteter Drehöfen.

Die Entwicklungsschwerpunkte der letzten acht Jahre waren:

- 1 Vollständige Verbrennung auch reaktionsträger Brennstoffe (z.B. Petrolkoks)
- 1 Minderung von Schadstoffemissionen (z.B.  $\text{NO}_x$ )
- 1 Gleichzeitiger Einsatz von verschiedenen Brennstoffen bei wechselnder Zusammensetzung mit wachsendem Anteil an grobstückigem
- 1 Kostensparende kompakte Anordnung, Einbau in vorhandene Anlagen.

Folgenden drei Voraussetzungen müssen für eine vollständige Verbrennung im Calcinator erfüllt sein:

- 1 Rasche Initialzündung
- 1 Ausreichende Gasverweilzeit
- 1 Intensive Mischung des Brennstoffs mit der Luft.

Die Dimensionierung hängt auch vom eingesetzten Brennstoff ab, bei festen Brennstoffen kann zusätzlich über die Feinheit Einfluss genommen werden.

Folgende Elemente zeichnen moderne Calcinatoren aus:

- 1 Zonen mit erhöhter Temperatur (Hot Spot), z.B. Mehlstufung
- 1 Verbrennung in reiner Tertiärluft, z.B. in Vorbrennkammern (RSP etc.)
- 1 Gestufte Brennstoff- oder Tertiärluftzufuhr
- 1 Wirbelerzeuger im Reaktor, z.B. Einschnürungen
- 1 Wirbelerzeuger im Rohrcalcinator (Pyrotop etc.)
- 1 Besondere Einrichtungen für den Einsatz von stückigen Sekundärbrennstoffen, z.B. Hot Disc, Verschweler.

Die hohen Sekundärlufttemperaturen als Folge der wesentlich höheren Wirkungsgrade moderner Kühler stellen erhöhte Anforderungen an das Tertiärluftsystem. Häufig werden unbefriedigende Standzeiten von Tertiärluftregelklappe, Ofenauslaufsegmenten und Brennerummantelung festgestellt. Die Verbindung von hohen Temperaturen (bis 1 200 °C) und große Mengen abrasiven Klinkerstaubs in der Tertiärluft schaffen für diese Bauteile erschwerte Betriebsbedingungen.

Der Staubgehalt in der Tertiärluft kann zwar mittels einer Abscheidungskammer vermindert werden, dabei können aber neue Probleme mit Staubanbackungen, zusätzlichen Förderern und Staub-Rückführung in den Prozess auftreten. Große Entnahmequerschnitte und tiefe Luftgeschwindigkeiten ergeben auch ohne Abscheider geringe Staubmengen in der Tertiärluft. Entsprechende Tertiärluftleitungs-Querschnitte ergeben hohe Geschwindigkeiten mit Selbstreinigungseffekt, sodass Ablagerungen vermieden werden und die Kompensatoren sauber bleiben.

Die Entnahme von Tertiärluft am Ofenkopf führt im Vergleich zur Entnahme heißerer Tertiärluft und kälterer Sekundärluft an der Kühlerdecke zu weniger extreme Bedingungen für die Ofenauslaufsegmente und den Brennermantel. Zahlreiche Anlagen wurden in den vergangenen Jahren so gebaut. Die Größe des Ofenkopfs wird allerdings durch die Feuerfestaufhängung der Ofenkopfdecke und die Länge der Brennerlanze limitiert. Um die Länge des Ofenkopfs und der Brennerlanze zu begrenzen, kann es daher bei Anlagen mit Durch-

Modern calciners are characterized by the following elements:

- › Zones with increased temperature (Hot Spot), e.g. graduated meal feed
- › Combustion in pure tertiary air e.g. in pre-combustion chambers (RSP, etc.)
- › Staged fuel or tertiary air supply
- › Fluidized bed generators in the reactor, e.g. constrictions
- › Fluidized bed generators in the tubular calciner (Pyrotop, etc.)
- › Special equipment for using secondary fuels in lump form, e.g. Hot Discs, carbonizers

The high secondary air temperatures caused by the substantially higher efficiencies of modern coolers place increased demands on the tertiary air system. Tertiary air control dampers, kiln outlet segments and burner casings are often found to have unsatisfactory service lives. The combination of high temperatures (up to 1200°C) and large quantities of abrasive clinker dust in the tertiary air create aggravated operating conditions for these components.

The dust content in the tertiary air can in fact be reduced by using a settling chamber but there may then be fresh problems with dust deposits, additional conveyors and dust return to the process. Large off-take cross-sections and low air velocities also produce low quantities of dust in the tertiary air even without collectors. Appropriate tertiary air duct cross-sections produce high velocities with a self-cleaning effect, so that deposits are avoided and the expansion joints remain clean.

Withdrawal of tertiary air at the kiln hood leads to less extreme conditions for the kiln outlet segments and the burner casing when compared to the withdrawal of hotter tertiary air and colder secondary air at the cooler roof. Large numbers of plants were constructed in this way in past years. However, the size of the kiln hood is limited by the suspension system for the refractories in the kiln hood roof and the length of the burner lance. In order to limit the length of the kiln hood and the burner lances it may therefore be appropriate for plants with outputs above about 5000 t/d to draw off the tertiary air from the kiln hood and the cooler roof (► Fig. 11). Sophisticated equipment for fuel feeding and gas analysis is essential for the calciner firing system as well as for the kiln firing system.

Even the possibility of using solar energy in the calciner has been examined on the basis of experience with a laboratory plant. Capital costs for a "solar window" of industrial size and the necessary solar concentrator area make such an installation cost-effective only with very high CO<sub>2</sub> taxes. The number of possible locations is also limited as a raw material deposit, high annual insolation and a sufficiently large cement market must all be available simultaneously. ◀

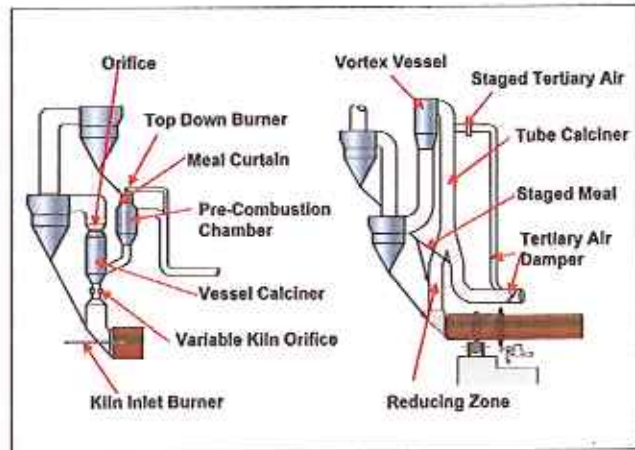


Figure 10: Features of modern calciners

Bild 10: Merkmale moderner Calcinatoren

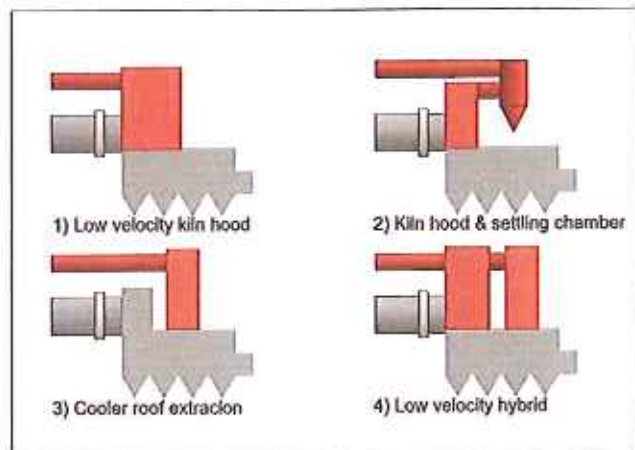


Figure 11: Different possible ways of drawing off tertiary air

Bild 11: Verschiedene Möglichkeiten der Tertiärluftentnahme

sätzen ab ca. 5000 t/d sinnvoll sein, die Tertiärluft vom Ofenkopf und der Kühlerdecke abzuführen (► Bild 11). Wie für die Ofenfeuerung sind auch für die Calcinatorfeuerung hochwertige Geräte zur Brennstoffdosierung und Gasanalyse unerlässlich.

Ausgehend von den Erfahrungen mit einer Laboranlage wurde sogar die Möglichkeit der Nutzung von Solarenergie im Calcinator untersucht. Investitionskosten für ein „Solares Fenster“ industrieller Größe sowie die erforderliche Solarkonzentratorfläche machen eine solche Installation erst bei sehr hohen CO<sub>2</sub>-Abgaben wirtschaftlich. Zudem ist die Zahl der möglichen Standorte beschränkt, da gleichzeitig ein Rohmaterialvorkommen, eine hohe jährliche Sonneneinstrahlung sowie ein genügend großer Zementabsatz vorhanden sein müssen. ◀