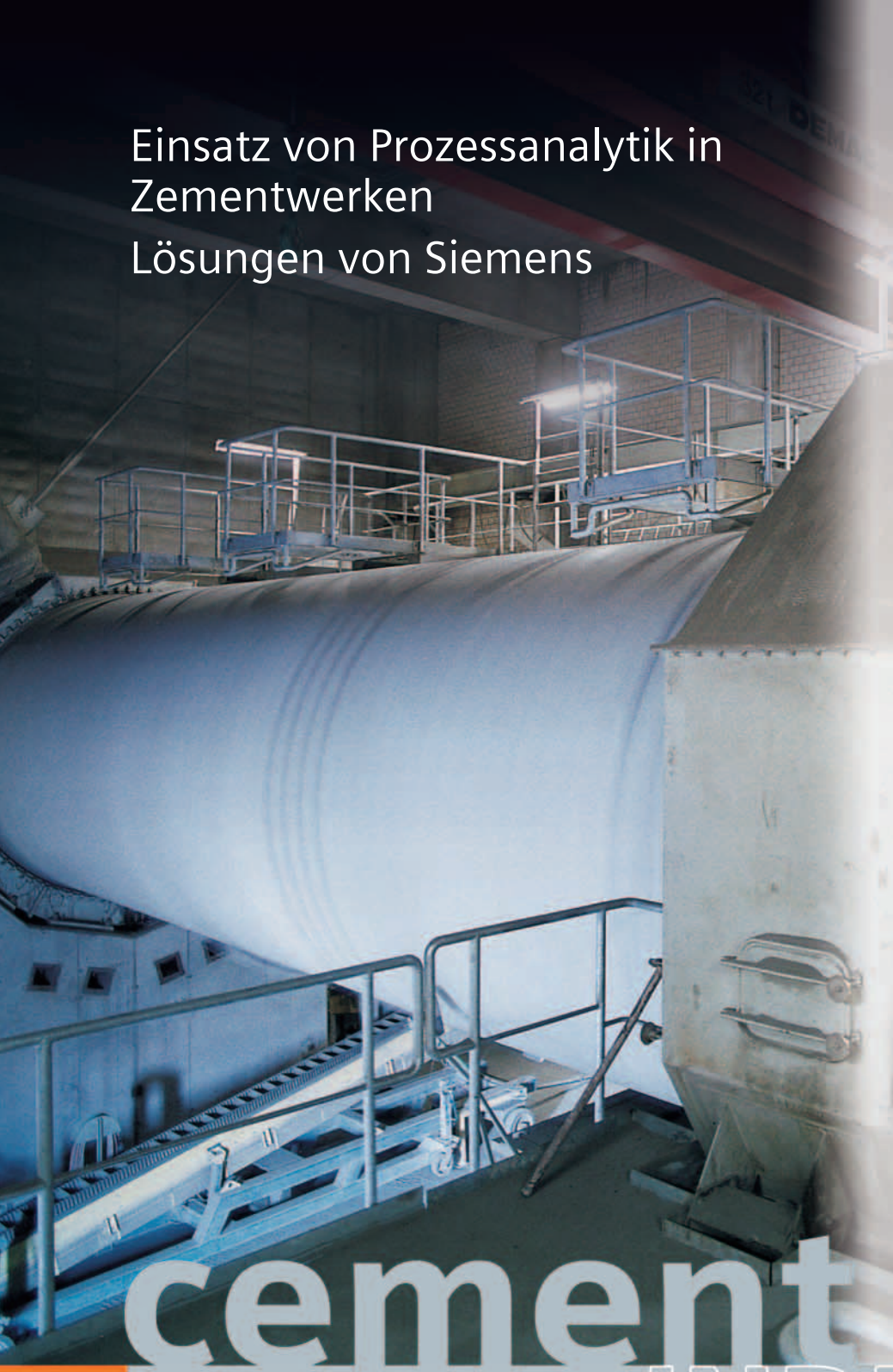
Einsatz von Prozessanalytik in Zementwerken
Lösungen von Siemens



Zement

Zement ist der wichtigste Zuschlagsstoff zur Herstellung von Beton, dem weitaus gebräuchlichsten Baumaterial.

Zement wurde erstmals zu Beginn des 19. Jahrhunderts durch Brennen von pulverisiertem Kalkstein und Ton hergestellt. Heute bildet die Zementindustrie einen wichtigen Teil einer jeden Volkswirtschaft.
Der weltweite jährliche Bedarf an Zement wird heute auf über 2 Mt geschätzt, mit China (45%) als dem größten Bedarfsträger und Produzenten, gefolgt von Indien und den USA. Die Zementproduktion erfolgt weitgehend dezentral in weltweit mehr als 1600 Zementwerken, die zur Minimierung der Transportkosten in der Nähe der jeweiligen Rohstoffquellen errichtet werden.

Zement, fast ausschließlich Portland-Zement, wird aus einer Mischung von Kalziumcarbonat (in der Regel in Form von Kalkstein), Quarz, Eisenoxid und Tonerde hergestellt. In einem Hochtemperaturofen mit Befeuerung durch Kohle, Erdgas, Öl oder ggf. alternativen Brennstoffen (Altreifen, Öl, Lösungsmittel, ...) wird das Gemisch auf 1450 °C erhitzt und partiell geschmolzen. Dabei erfolgt eine chemische und physikalische Umwandlung des Rohstoffgemisches in Klinker in Form von nussgroßen, graugrünen Körpern. Der eigentliche Zement entsteht durch die Vermahlung mit Zuschlagsstoffen wie Gips, Hüttensand oder Flugasche, je nach Zementsorte.

Prozessoptimierung sowie Überwachung der Betriebsbedingungen und des Emissionsverhaltens der Anlagen sind Aufgaben, die den Einsatz einer leistungsfähigen Messtechnik erfordern. In diesem Zusammenhang leisten Geräte und Systeme der Prozessanalytik unverzichtbare Dienste an vielen Teilanlagen und Messstellen in einem Zementwerk.

Case Study · April 2006

cement INDUSTRY

Zement ist ein hydraulisches Bindemittel und das wichtigste Ausgangsmaterial für die Herstellung von Beton. Vor allem wegen des starken Wachstums in Asien nimmt der Verbrauch an Zement derzeit weltweit mit 8% pro Jahr zu. Parallel dazu steigt auch die Zementproduktion, bei gleichzeitiger Optimierung des Herstellprozesses bezüglich seiner Wirtschaftlichkeit. Dabei spielt die Prozessanalytik eine große Rolle, da sie durch die zuverlässige und genaue Ermittlung von Prozessdaten eine wichtige Voraussetzung zur Prozessoptimierung liefert.

Siemens ist einer der führenden Hersteller von Prozessanalytik. Über Jahrzehnte hat Siemens immer wieder seine Fähigkeit bewiesen, Zementwerke mit Systemen der Prozessanalytik auszurüsten, zuverlässig von der ersten Planung bis zur Wartung im laufenden Betrieb.
Diese Case Study bietet einen Überblick über die Zementherstellung und beschreibt, wie Siemens bestimmte Analysenaufgaben mittels seiner Geräte- und Systemtechnik und seiner großen Applikationserfahrung erfolgreich löst.

SIEMENS

Die Herstellung von Zement

Zementproduktion

Die Produktion von Zement (Bild 1) ist im wesentlichen die Verschmelzung einer genau definierten und in ihrer Zusammensetzung überwachten Mischung aus Rohstoffen mit Gehalt an Kalzium, Silizium, Aluminium, Eisen und geringem Anteil anderer Stoffe unter hohen Temperaturen. Typische Rohstoffe sind Kalkstein, Quarz, Kreide, Mergel, Ton, Sand, Hochofenschlacke und Eisenerz. Kalkstein und Quarz machen dabei etwa 85% der Gesamtmasse aus.
Die Herstellung von Zement kann in drei grundlegende Prozessschritte unterteilt werden:

- *Aufbereitung, Mischen und Mahlen* der Rohstoffe zu Rohmehl, welches dem Brennofen zugeführt wird
- *Kalzinierung und Brennen* des Rohmehls im Drehrohrofen und dessen zugeordneten Anlagenteilen
- *Vermahlung* des Klinkers zur Herstellung von Zement.

Die Herstellung von Zement ist ein sehr energieintensiver Prozess, da die Rohstoffe getrocknet und auf etwa 1400 °C erhitzt werden müssen, um die chemische Reaktion des Sinterns in Gang zu setzen.

Ofentechnologie

Die Kerntechnologie eines Zementwerks ist der Drehrohrofen (Bild 2). Das ist der Bereich mit den höchsten Investitionskosten, dem größten Energiebedarf und der allentscheidenden Prozesskontrolle. Alle Zementöfen basieren auf dem gleichen Grundprinzip: Der zugeführte Rohstoffmix wandert durch den Ofen, wird dabei hoch aufgeheizt und physikalisch und chemisch zu Klinker umgewandelt.

Ofentechnologie und Verfahrentechnik im Zementwerk haben sich über die Jahre stark gewandelt, von senkrecht stehenden Schachtöfen zu horizontalen, leicht geneigten Drehrohröfen und von nassen Verfahren zu trocken ablaufenden Prozessen.

Es gibt Nassdrehöfen, Drehöfen mit Rostvorwärmer und Drehöfen mit Zyklonvorwärmer (mit und ohne Vorkalzinator). Nassverfahren und die entsprechenden Öfen sind generell älter als die trocken ablaufenden Verfahren.

Öfen mit einem Vorkalzinator haben eine Zweitbrennstufe vor dem Drehrohrofen.

Bild 2: Drehrohrofen

Die Zyklonvorwärmer - und Vorkalzinator-Technologie wurde zur Verbesserung der Energieeffizienz eingeführt. Die Energieeinsparung kann bis zu 50% betragen.

Vorverarbeitung

Der wichtigste Rohstoff für die Herstellung von Klinker bzw. Zement ist kalkhaltiges Material, bevorzugt Kalkstein (nahezu reines $CaCO_3$) und Tonschiefer mit einem hohen Gehalt an SiO_2 und geringeren Anteilen an Al_2O_3 und Fe_2O_3. Nach Förderung aus dem Steinbruch (Bild 3) werden die Materalien einzeln gebrochen und gelagert und anschließend in dem benötigten Mengenverhältnis gemischt. Der Feuchtigkeitsgehalt spielt eine große Rolle wegen des Energiebedarfs für die zur chemischen Reaktion erforderlichen Trocknung.

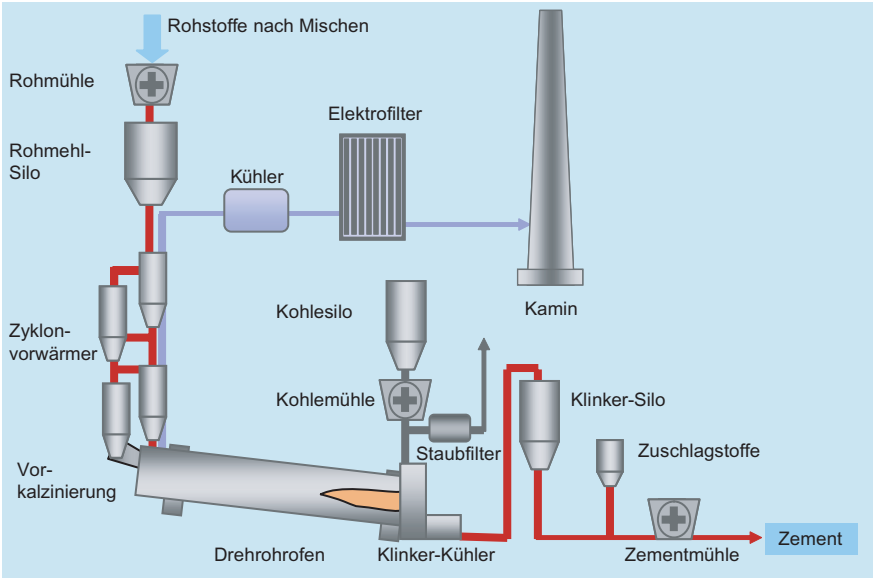


Bild 1: Drehrohrofen

Bild 3: Steinbruch

Zuführung der Rohstoffe

Nass-Prozesse

In Nass-Prozessen werden die aufgeschlämmten Rohstoffe gemahlen, in Wasserbecken homogenisiert und dann als Schlamm (slurry) in den Ofen eingebracht. Dieses Verfahren ist sehr energieintensiv und erfordert einen relativ langen Drehrohrofen, da der Trockenprozess im Ofen selbst vorgenommen wird, bevor die chemische Umsetzung beginnen kann.

Trockene Prozesse

In trocken ablaufenden Prozessen werden die Rohstoffe gemahlen (Bild 5), gemischt und dann - bei neuen oder modernisierten Anlagen - über die Vorwärmer und ggf. den Vorkalzinator dem Drehrohrofen zugeführt. Diese Anlagenteile sind in schlanken Türmen oberhalb des Ofeneinlasses angeordnet (Bild 4).

Vorwärmer enthalten eine Anzahl von vertikal angeordneten Zyklonen. Durch diese strömen die heißen Ofenabgase aufwärts und erhitzen dabei das abwärts „fließende" Rohmehl im Gegenstrom auf ca. 800 °C bei gleichzeitiger Abkühlung des Gases auf ca. 350 °C. Bedingt durch die hohen Temperaturen wird der Kalzinierungsvorgang (Austreiben von chemisch locker gebundenen

Bild 4: Preheater/Precalciner-Turm

Bild 5: Rohmühle

Komponenten, wie z.B. CO_2) bereits hier eingeleitet. Bei Temperaturen von etwa 850 °C findet in der untersten Zyklonstufe eine partielle Entsäuerung des Rohmehls von etwa 20-40 % statt.

Im **Vorkalzinator** wird bei einer Temperatur von etwa 950 °C eine Entsäuerung (Kalzinierung) von etwa 90 % erreicht.

Zusammengefasst bedeutet das:

- Trocknung, Vorheizung und eine begrenzte Kalzinierung des Rohmahls erfolgt im Vorwärmer (Preheater),
- Vervollständigung der Kalzinierung erfolgt im Kalzinator und
- der Drehrohrofen dient im wesentlichen für die Prozessstufe der Klinkerbildung (Sinterung).

Diese Technologie spart Brennstoff, ermöglicht kürzere Öfen und steigert die Ofenkapazität.

Brennen des Klinkers

Das Brennen des Rohmehls zu Klinker erfolgt im Drehrohrofen, einer langen Stahlröhre, die leicht geneigt angeordet und innen mit feuerfestem Material ausgekleidet ist. Der Ofen dreht sich langsam und wird von seinem unteren Ende her mit Kohle, Gas oder Öl und häufig zusätzlich mit Abfallmaterial befeuert. Die Ofendrehung transportiert das am oberen Ende aufgegebene Rohmehl langsam in Richtung der Verbrennungszone.

Grundsätzlich verläuft der Brennprozess im Ofen bei den trockenen Verfahren in drei Stufen:

- Die *Kalzinierung* erfolgt bei 800-900 °C und trennt das Kalziumkarbonat in CaO und CO_2 auf, wobei letzteres entweicht.
- Mit bis auf 1500 °C steigender Temperatur beginnt der *Sinter-Prozess (Klinkerbildung)*, wobei eine lava-ähnliche Masse mit komplexer chemischer Zusammensetzung entsteht.
- Der Klinker wird zur Abkühlung am unteren Ende des Ofens in einen Luft-Kühler geführt. Die aufgeheizte Kühlluft wird in den Ofen zurückgeführt. Nach der Abkühlung hat das Produkt Ähnlichkeit mit dunkelgrauem Schotter; es wird als Zement-Klinker bezeichnet.

Der Herstellprozess von Klinker ist entscheidend für die Qualität des Zements und erfordert daher u. a. eine genaue Kontrolle der Energiezufuhr. Eine unzureichende Energiemenge (zu niedrige Temperatur) bewirkt eine unvollstänige Reaktion mit Verbleib von Resten von Kalkstein im Klinker; übermäßig hohe Temperaturen verkürzen die Lebensdauer der Ofenauskleidung, können den Ofen beschädigen und die Reaktionsfähigkeit des Produks beeinträchtigen.

Feinmahlung des Klinkers

Durch Feinmahlung (Finish grinding, Bild 6) des Klinkers entsteht ein graues Pulver, welches mit Gips ($CaSO_4$) und anderen Zusatzstoffen vermischt das endgültige Produkt Zement bildet. Der Gips bestimmt die Rate der Hydration während des Abbindeprozesses des Zements.

Zum Betrieb der Zementmühlen ist ein erheblicher Energieeinsatz erforderlich mit Abhängigkeit vom Feinheitsgrad und der Korngrößenverteilung. Je feiner er gemahlen wir, desto höher ist die Reaktivität des Zements.

Wirtschaftlichkeit

Die Zementindustrie hat in der Vergangenheit ihre Wirtschaftlichkeit durch Investitionen in neue, nach dem Trockenprinzip arbeitende Anlagen und gleichzeitige Stilllegung älterer „nasser" Anlagen erheblich gesteigert. Derzeit nutzen etwa 80% aller Zementwerke die moderne „trockene" Technologie.

Durch Entwicklung der Preheater- und Precalciner- Technologie hat die Nutzung der eingesetzten Energiemenge in Zementwerken ein sehr hohes Maß nahe der thermodynamisch möglichen Grenze erreicht.
Weitere Optimierungsbestrebungen werden sich daher vor allem auf eine noch genauere Prozessüberwachung und -steuerung konzentrieren.

Gasanalyse

Die Zementherstellung beruht auf dem Ablauf verschiedener chemischer Reaktionen unter hohen Temperaturen. Daher liefert die **chemische Analyse des Prozessgases** auf seine Zusammensetzung an den einzelnen Stufen des Herstellprozesses sehr wichtige Informationen

- zur Optimierung des Verbrennungsprozesses und des Brennstoffeinsatzes,
- zur Verbesserung bzw. Einhaltung der geforderten Produktqualität,
- zur Verlängerung der Standzeit und Verfügbarkeit der Anlagen und
- zur Reduzierung des Wartungsaufwands.

Optimierte Verbrennung

Der Betrieb des Brennofens ist ein empfindlicher Balanceakt zwischen Verbrennungsbedingungen, Energieeinsatz, Emissionsverhalten und Produktqualität. Wirtschaftlicher Energieeinsatz und Emissionsverhalten von Industrieöfen sind in hohem Umfang von der richtigen Verteilung von Energie- und Luftzufuhr abhängig. Der zur Verbrennung benötigte Sauerstoff wird als Teil der Brennluft zugeführt. In einer idelaen (stöchiometrischen) Verbrennung reicht die zugeführte Sauerstoffmenge gerade zur vollständigen Verbrennung aller brennbaren Komponenten aus. In einer realen Verbrennung dagegen muss Sauerstoff im Überschuss verfügbar sein, um die unvollständige Vermischung von Brennstoff und Sauerstoff zu kompensieren. Zu wenig Sauerstoff bedeutet wegen der unvollständigen Verbrennung einen Anstieg der CO-Emission. Zu viel Sauerstoff dagegen verursacht einen erhöhten NOx-Gehalt und Energieverluste durch Verdünnung mit der kühlen Luft. Je 1% Sauerstoffüberschuss steigt der Energieverbrauch um etwa 15 kcal je kg Klinker, was für einen Ofen mit einer Leistung von 3.500 t/Tag einen täglichen Mehrbedarf von 50 Mio. kcal bedeutet.
Daher ist die **Analyse des Prozessgases** am Ofeneinlass (Bild 7) auf seine Zusammensetzung von größter Bedeutung für die gesamte Prozessoptimierung. Trotz der sehr schwierigen Betriebsbedingungen werden die Gasproben direkt aus dem Bereich des Ofeneinlasses entnommen. Dazu dient ein sehr spezielles High-tech-Entnahmesystem. Mehr Informationen dazu auf Seite 9.

Bedeutung für die Umwelt

Urspünglich konzentrierten sich die Vorschriften zur Luftreinhaltung in der Zementindustrie lediglich auf die Emission von Staub. In den vergangenen Jahrzehnten wurden jedoch auch Begrenzungen für die Emission von

Bild 6: Zementmühle

Bild 7: FLK Gasentnahmesonde am Ofeneinlass

Stickoxiden (NO_x) und anderen Schadstoffen eingeführt. Die Zahl der limitierten Schadstoffe stieg weiter an, als zunehmend Abfallstoffe wie Altreifen, Öl, Lösungsmittel u.ä. als zusätzliche Brennstoffe (*Mitverbrennung*) eingesetzt wurden.

Heute fordern die Emissionsrichtlinien für die Zementindustrie die Abgasüberwachung hinsichtlich der Komponenten Staub, NO_x, SO_x, CO, C_{ges}, HCl, HF, Hg, Schwermetalle und andere Substanzen. Allerdings sind im Einzelfall auch Abweichungen möglich, in Abhängigkeit von den speziellen Bedingungen vor Ort in der Anlage.

Die kontinuierliche Analyse der Abgase im Kamin auf ihre Zusammensetzung gewährleistet die Einhaltung der gesetzlichen Emissionsvorschriften. Mehr Informationen dazu auf den Seiten 8 und 11.

Prozess-Gasanalyse in einem Zementwerk

Aufgabenstellung

In Zementwerken ist der Einsatz von kontinuierlich messenden Analysatoren und Messgeräten an vielen Stellen erforderlich. Die Messungen dienen der

- **Funktion und Wirtschaftlichkeit** des Anlagenbetriebes durch laufende Überwachung aller Verfahrensschritte und daraus folgenden Optimierungsmaßnahmen mit dem Ziel der Energieeinsparung und Qualitätsüberwachung,
- **Sicherheit** von Personen und Anlagen durch Überwachung auf Explosions- oder Brandgefahr (Elektrofilter, Kohlesilo) und dem
- **Umweltschutz** durch Steuerung und Kontrolle der zur Rauchgasreinigung eingesetzten Anlagen sowie zur Überwachung der Restkonzentrationen von Schadstoffen im Rauchgas auf Einhaltung der zulässigen Grenzwerte.

Bei der Zementproduktion bildet der Energieverbrauch den größen Anteil der Produktionskosten. Für die Minimierung von Schadstoffen im Abgas ist eine vollständige Verbrennung bei ausreichendem Sauerstoffgehalt erforderlich, während ein Überschuss an Sauerstoff Ressourcenverschwendung bedeutet. Daher müssen neben Staub weitere Gaskomponenten im Abgas bestimmt werden:

- Die Kenntnis der **Kohlenmonoxid (CO)- und Sauerstoff (O_2)**-Konzentrationen gestatten dem Anlagenfahrer die Verbrennungsoptimierung im Drehrohrofen bezüglich der gewünschten Klinkerqualität, der Emissionsreduzierung und der Brennstoffeinsparung.
- Die Konzentration der **Stickoxide (NO_x)** ist ein wichtiger Indikator für die Verbrennungstemperatur. Da eine konstante Temperatur in der Sinterzone ausschlaggebend für die Klinkerqualität ist, liefert die NO-Analyse einen wichtigen Anhaltpunkt für die Produktqualität und darüber hinaus Hinweise für einen optimalen Ofenbetrieb.
- **Schwefeldioxid (SO_2)** bildet sich aus dem Schwefelgehalt der Roh- und Brennstoffe. Seine Bestimmung wird wegen der zunehmenden Verwendung alternativer Brennstoffe mit hohem Schwefelgehalt immer wichtiger. Hohe SO_2-Konzentrationen im Prozessgas haben eine verstärkte Korrosion und ein unerwünschtes Zusammenbacken im Materialfluss zur Folge. Ein plötzlicher SO_2-Anstieg ist auch ein frühzeitiger Hinweis auf eine fehlerhafte Verbrennung.
- **Andere Gaskomponenten** die als Schadstoffe mit festgelegten Grenzwerten bewertet werden, wie C_{ges}, HCl, HF, Hg.

Forderungen an die Probengas-Entnahme

Äußerst schwierige Umgebungsbedingungen im Drehrohrofen stellen höchste Anforderungen an die Entnahmetechnik. Gastemperaturen bis 1400 °C, Staubkonzentrationen bis zu 2000 g/m^3 und hohe Alkali-, Sulfat- und Chloridanteile sind typisch für die Umgebung der Gasentnahme. Die Schwefel- und Alkalianteile verursachen häufig ein Verstopfen der Gaswege, was eine intensive Wartung erfordert.

Messprinzipien der Gasanalyse

Analysengeräte sind keine „Universalisten“, für jede Aufgabe müssen geeignete Geräte und Messprinzipien ausgewählt werden, wozu Erfahrung und Expertenwissen erforderlich ist. Von Einfluss sind hier analytische Erfordernisse ebenso wie wirtschaftliche Überlegungen oder die örtlichen Gegebenheiten an der Messstelle.

Bei den Messprinzipien ist ein genereller Unterschied zu beachten:

Das **extraktive Messprinzip** (Bild 8) beruht auf der Messung einer dem Prozessstrom entnommenen und geeignet aufbereiteten (u. a. definierte Trocknung durch Kühlung) Probe *außerhalb* der Prozessatmosphäre. Hier wird unter optimalen Messbedingungen, jedoch nicht zeitgleich gemessen.

Das **In-Situ-Messprinzip** (Bild 9) bedeutet Messung *direkt* im Gaskanal, zeitgleich mit den Prozessabläufen und daher mit der Möglichkeit einer sehr schnellen Reaktion. Allerdings sind Teile des Messgerätes den oft sehr rauen Bedingungen im Prozess direkt ausgesetzt. Weiterhin erfolgt die Messung in dem in der Regel *feuchtem* Prozessgas, was bei Vergleich der Messergebnisse mit denen anderer Methoden berücksichtigt werden muss.

Beide Messprinzipien haben sinnvolle Einsatzgebiete und ergänzen sich. Ein Anbieter beider Messprinzipien kann dem Anwender daher die für dessen aktuelle Aufgabe jeweils beste Lösung bieten.

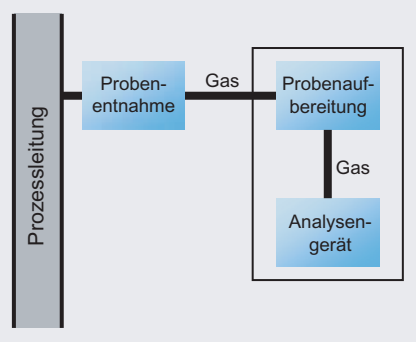


Bild 8: Extraktives Messprinzip

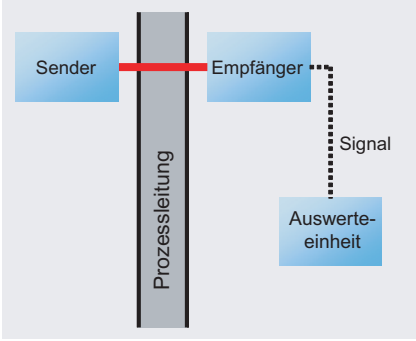


Bild 9: In-situ Messprinzip

Typische Messstellen und Messkomponenten in einem Zementwerk

Typische Messpunkte

Bild 10 zeigt die Lage typischer Messpunkte (Probengasentnahme) in einem Zementwerk. In Bild 11 sind die entsprechenden Messkomponenten und Messbereiche, die Messaufgaben sowie die jeweils besonders geeigneten Analysatoren aus dem Lieferspektrum von Siemens aufgelistet. Außerdem wird auf detaillierte Angaben im Rahmen einer „Siemens-Lösung" hingewiesen.

Reale Anlagen können je nach Erbauer und Betreiber sowie speziellen Bedingungen vor Ort abweichend von Bild 10 konzipiert sein.

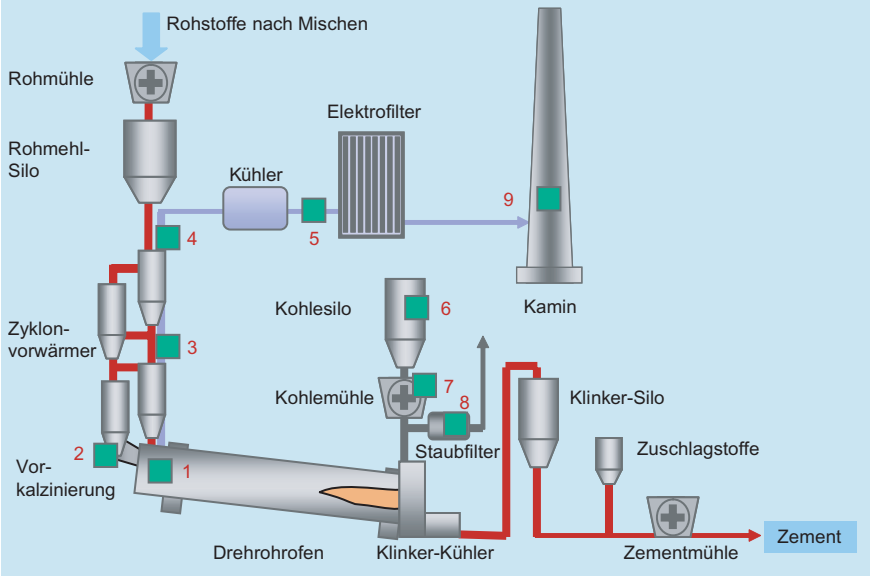


Bild 10: Typische Messstellen zur Gasanalyse in einem Zementwerk

MP	Ort der Probennahme	Komponente	Typische Messbereiche	Messaufgabe	Siemens Analysengerät	Siemens Lösung
1	Drehrohrofen-Einlass	CO O_2 NO SO_2	0 ... 1 % 0 ... 5 % 0 ... 1500 vpm 0 ... 2 %	Feuerungskontrolle Feuerungskontrolle Thermische Situation und Emissionskontrolle Feuerungs-Störfallüberwachung	**ULTRAMAT 23** **OXYMAT 6** **FLK Gasentnahme-Sonde**	**Seite 9**
2	Vorkalzinator	CO O_2	0 ... 1 % 0 ... 5 %	Feuerungskontrolle Feuerungskontrolle	**ULTRAMAT 23** **OXYMAT 6**	
3	Zyklonvorwärmer	CO O_2 NO	0 ... 1 % 0 ... 5 % 0 ... 1500 vpm	Feuerungskontrolle Feuerungskontrolle Thermische Situation und Emissionskontrolle	**ULTRAMAT 23** **OXYMAT 6**	
4	Vorwärmer Ausgang	CO CO_2	0 ... 1 % 0 ... 50 %	CO-Überwachung Kalzinierungsgrad	**ULTRAMAT 23**	
5	Vor dem elektrostatischen Filter	CO O_2	0 ... 1 % 0 ... 5 %	CO-Überwachung Falschluft-Überwachung	**LDS 6** **ULTRAMAT 23**	**Seite 10**
6	Kohlesilo	CO	0 ... 3 %	CO-Überwachung	**LDS 6** **ULTRAMAT 23**	**Seite 10**
7	Kohlemühle	O_2	3 ... 10 %	Falschluft-Überwachung	**OXYMAT 6** **ULTRAMAT 23**	
8	Staubfilter hinter Kohlemühle	CO	0 ... 3 %	CO-Überwachung	**LDS 6** **ULTRAMAT 23**	
9	Kamin	CO, NO_x, SO_2, O_2 Cges HCl HF, Hg Staub		Emissionskontrolle	**ULTRAMAT 6** **ULTRAMAT 6** **OXYMAT 6** **FIDAMAT 6** **LDS 6** **LDS 6** **NN**	**Seite 11**

Bild 11: Messstellen, Messkomponenten und Messbereiche gemäß Bild 10

Abgas von Zementöfen

Abgas

Bei der Verbrennung von organischem Material wie Kohle, Öl oder Abfallstoffen im Zementofen entstehen Abgase (Rauchgase), die im Rahmen des Umweltschutzes nicht ohne reinigende Nachbehandlung (Rauchgasreinigung) an die Atmosphäre abgegeben werden dürfen. Von internationalen und nationalen Behörden werden in Richtlinien und Verordnungen Konzentrationsgrenzwerte für Staub und bestimmte chemische Verbindungen spezifiziert, die im Rauchgas vor Verlassen des Kamins nicht überschritten werden dürfen. Die Festlegungen können für Anlagen mit bzw. ohne Mitverbrennung von Abfallstoffen unterschiedlich sein.

Abgaszusammensetzung

Das Abgas eines Zementwerkes enthält die nachfolgend dargestellten wesentlichen Komponenten. Einige davon sind Schadstoffe mit national und international festgelegten Grenzwerten, siehe Bild 12 sowie Seite 8.

Staub

Zur Sammlung der prozessbedingten Stäube werden Gewebefilter oder Elektrofilter eingesetzt.
Elektrofilter (Electrostatic precipitators, ESP) nutzen zur Staubabscheidung die Anziehungskraft, die in einem elektrischen Feld auf geladene Partikel ausgeübt wird. Dadurch wird der Staub im Filter an einer der Elektroden gesammelt und kann entnommen und wieder dem Prozess oder einer anderen Verwendung zugeführt werden.

Elektrofilter stellen generell eine Explosionsgefahr dar, sobald ein auf Grund seiner Zusammensetzung explosibles (Ab)Gasgemisch in das Filter bzw. dessen elektrisches Feld gelangt. Zur Verhinderung einer solchen Explosion wird die CO-Kontentration im Abgas vor dem Filter kontinuierlich überwacht (Seite 10).

Stickstoff

Als Hauptbestandteil der Verbrennungsluft bildet Stickstoff auch die Hauptkomponente des Abgases. Stickstoff ist kein Schadstoff.

CO, CO_2 und O_2

- Kohlenmonoxid (CO) wird bei einer unvollständigen Verbrennung gebildet, d. h. bei Sauerstoffmangel. Dieser Effekt kann durch entsprechende Überwachung der Brennluftzufuhr minimiert werden.
- Kohlendioxid (CO_2) entsteht während der Verbrennung und Kalzinierung und ist als wesentlicher Verursacher des „Treibhauseffekts" bekannt.
- Sauerstoff (O_2) wird für den Verbrennungsvorgang benötigt und als Teil der Brennluft zugeführt. Da die Verbrennung unter Sauerstoffüberschuss erfolgt, ist im Abgas auch ein gewisser Anteil Sauerstoff enthalten. Dieser wird bei der Emissionsmessung am Kamin als Referenzwert benutzt.

Stickoxide

In Zementwerken gibt es zwei Quellen für die Bildung von Stickoxiden:
Die Oxidation von elementarem Stickstoff in der Brennluft und die Oxidation von Stickstoffverbindungen im Brennstoff. Die NO_x-Konzentration hängt stark von der Verbrennungstemperatur ab.

Maßnahmen zur NO_x-Minderung sind:

- Kontrolle der Verbrennungstemperatur und der Überschuss-Luftzufuhr durch kontinuierliche Überwachung der Konzentrationen von O_2 und CO.
- Verfahrenstechnische Maßnahmen wie gestufte Luftzufuhr, NO_x-arme Brenner, Abgasrückführung, SCR-Katalysatoren etc.

Schwefeldioxid

Schwefeldioxid entsteht aus dem Schwefelgehalt des Brennstoffs und Spuren von Sulfidverbindungen im Rohmaterial. Früher wurden die SO_2-Emissionen vor allem dem Schwefelgehalt der Rohstoffe zugeordnet, die in den oberen Ebenen des Preheaters ausgetrieben wurden.

Heute nimmt, angesichts der zunehmenden Verwendung von Abfallstoffen, auch die SO_2-Emission aus den Brennstoffen an Bedeutung zu.

Andere Komponenten

Im Falle der Mitverbrennung von Abfallmaterialien müssen zusätzlich noch weitere Komponenten wie HCl, HF, Hg und Kohlenwasserstoffe (als Gesamtkohlenwasserstoff, C_{ges}) bestimmt werden.

Gas-Komponente	Emissions-Grenzwerte [mg/m³]		
	Europäische 2000/76/EC Verordnung zur Abfallverbrennung Tagesmittelwerte	Deutsche 17. BImSchV Mit-Verbrennung in Zementöfen Halbtages-Mittelwerte	Deutsche TA-Luft (neu) Zement und Klinker Halbstunden-Werte
CO		100	
NOx*	500	1000	500
SO_2	50	200	350
THC	10	20	
HCl	10	60	30
HF	1	4	3
Hg	0.05	0.05	0.05
Dust	30	40	20

(*) Messbereiche für NO als NO_2 angegeben (Faktor 1,53)

Bild 12: Grenzwerte für Schadstoffe gemäß verschiedener Richtlinen

Emissionsüberwachung

Richtlinien zur Emissionsüberwachung

Europa

In der Europäischen Union gelten heute unterschiedliche Richtlinien zur Emissionsüberwachung von Zementwerken in Abhängigkeit davon, ob die Brennöfen mit oder ohne Abfallstoffe als zusätzliche Brennstoffe befeuert werden.

Anlagen mit Abfallstoff-Beimengung unterliegen der neuen EU Richtlinie *76/2000/EC on the incineration of waste* und müssen die Emission von Gesamtstaub, SO_2, NO_x, C_{ges}, CO, HCl, HF und O_2 (als Bezugsgröße) kontinuierlich messen. Allerdings lässt die Verordnung Ausnahmen zu, und daher können die tatsächlichen Vorgaben in Europa von Land zu Land unterschiedlich sein. Zusätzlich müssen noch andere Parameter wie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit bestimmt werden. Periodische (nicht kontinuierliche) Messungen sind vorgeschrieben für Spurenelemente, Dioxine und Furane und in manchen Fällen auch polyzyklische Kohlenwasserstoffe. Die zulässigen Grenzwerte sind als Tages- oder Halbstunden-Mittelwerte angegeben.

In Deutschland wurde die genannte Richtlinie 76/200/EC durch die Novellierung der seit langem bestehenden 17. BImSchV per 14. August 2003 in nationales Recht umgesetzt.

Anlagen ohne Abfallstoff-Beimengung
unterliegen unverändert den Bestimmungen der Technischen Anleitung Luft (TA Luft) von 1986 und ihrer Novellierung per Juli 2002. Zu beachten sind hier vor allem die auf 500 mg/Nm^3 abgesenkten Grenzwerte für NO_2.

Bild 12 zeigt die zulässigen Grenzwerte einiger Schadstoffe, wie sie in den verschiedenen Verordnungen festgelegt sind.

Qualitätssicherung durch CEN-Normen

Die 17. BImSchV forderte von Beginn ihres Bestehens an die Anwendung von einschlägigen CEN-Normen, soweit vorhanden. Heute folgt daraus, dass die 2002 in Kraft gesetzten und in nationales Recht der CEN-Mitgliedsstaaten umgesetzten Normen EN 14181 und EN 14956 angewendet werden müssen. Beide Normen befassen sich mit Maßnahmen zur Qualitätssicherung (Quality Assurance Levels, QAL) beim Einsatz von automatischen Messsystemen.

Für Zementwerke wird derzeit noch diskutiert, ab wann die genannten CEN-Normen Gültigkeit erlangen.

EN 14181

Die EN 14181 *"Emissionen aus stationären Quellen - Qualitätssicherung für automatische Messeinrichtungen"* schreibt vor, welche Eigenschaften automatische Messeinrichtungen (AMS) haben müssen und wie sie zu installieren, zu kalibrieren und zu warten sind.

Die Norm beschreibt die notwendigen Verfahren der Qualitätssicherung, damit automatische Messeinrichtungen (AMS) die von Behörden oder Richtlinien festgelegten Anforderungen an die Unsicherheit von Messwerten einhalten können.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden in der Norm drei Qualitätssicherungsstufen **(QAL 1-3)** und eine Funktionsprüfung **(AST)** festgelegt

- **QAL 1**
  Grundsätzliche Eignung der Messeinrichtung für die Messaufgabe (Details in EN ISO 14956)
- **QAL 2**
  Einbau und Kalibrierung der AMS, Ermittlung der Messunsicherheit sowie Überprüfung der Einhaltung zulässiger Messunsicherheiten
- **QAL 3**
  Regelmäßige Driftkontrolle der AMS im Betrieb
- **AST** (Annual Surveillance Test)
  Jährliche Funktionsprüfung

EN ISO 14956
In der EN ISO 14956 *"Luftbeschaffenheit - Beurteilung der Eignung eines Messverfahrens durch Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit"* werden Feststellung der Eignung einer automatischen Messeinrichtung und des Messverfahrens behandelt, was der Qualitätssicherungsstufe QAL 1 entspricht. Das beschriebene Verfahren beruht auf der Berechnung der Gesamtunsicherheit der Messwerte der Messeinrichtung auf Basis einzelner, zur Unsicherheit beitragender Verfahrenskenngrößen.

USA

In den USA bildet der „Clean Air Act" die oberste Verordnungsebene, während die spezifischen Festlegungen darunter im Code of Federal Regulations (CFR) mit seinen zahlreichen "titles" enthalten sind.

Für die Zementindustrie ist Title 40, *Protection of the Environment,* relevant. Zementwerke speziell werden in Teil 60 von Title 40 **(40CFR60)**, Sektion 60, behandelt.

Jeder Staat der USA kann die Vorgaben von CFR durch eigene Bestimmungen erweitern, er darf jedoch keine der CFR-Festlegungen unbeachtet lassen.

Gemäß EPA müssen SO_x, NO_x und Staub kontinuierlich am Kamin gemessen werden, zusammen mit Temperatur, Gasfluss und O_2 als Bezugswert.

Für die Zukunft wird ein verstärktes Interesse an der Messung von HCl und HF erwartet.

Asien

Die meisten asiatischen Länder folgen den amerikanischen EPA-Festlegungen; jedoch werden von einigen Ländern oder Unternehmen auch europäische Vorschriften angewandt.

Lösungen von Siemens-Prozessanalytik: Gasanalyse am Drehrohrofen-Einlauf

Gasanalyse am Drehrohrofen

Die kontinuierliche Bestimmung von Sauerstoff (O_2), Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxid (NO) im Drehrohrofen ist entscheidend für die Qualität des produzierten Zement-Klinkers, den optimalen Brennstoffeinsatz und den Schutz der Umwelt vor Schadstoffemissionen:

- Die Analyse erlaubt die genaue Beurteilung des Verbrennungsprozesses und ist damit eine Voraussetzung für die Brennersteuerung, die Anforderungen an die Brennstoffversorgung und die Einhaltung der Produktqualität.
- Fehlfunktionen können rechtzeitig erkannt und durch geeignete Gegenmaßnahmen verhindert werden.
- Eine konstante Ofensteuerung verhindert die Emission von Schadstoffen und trägt damit zum Umweltschutz bei.

Anforderungen an die Probennahme

Äußerst schwierige Umgebungsbedingungen im Drehrohrofen stellen höchste Anforderungen an die Gasentnahmetechnik. Eine Gastemperatur bis 1400 °C, Staubkonzentrationen bis zu 2000 g/m^3 und hohe Alkali-, Sulfat- und Chloridanteile sind typisch für die Probennahmebedingungen.

Die Schwefel- und Alkalianteile verursachen häufig ein Verstopfen der Gaswege, was eine intensive Wartung erfordert. Zusätzlich ist das System hohen mechanischen Belastungen durch den Materialfluss und herabfallende Anbackungen ausgesetzt.

Gasentnahme mit der FLK-Sonde

Die FLK-Gasentnahmesonde (Bild 13) von Siemens ermöglicht die direkte Entnahme der Gasprobe in der Einlaufkammer des Ofens (Bild 14). Die FLK-Sonde ist ein sehr leistungsfähiges und bewährtes Gerätesystem, welches weltweit in mehr als 140 Zementwerken in Betrieb ist. Mehr Informationen dazu auf Seite 14.

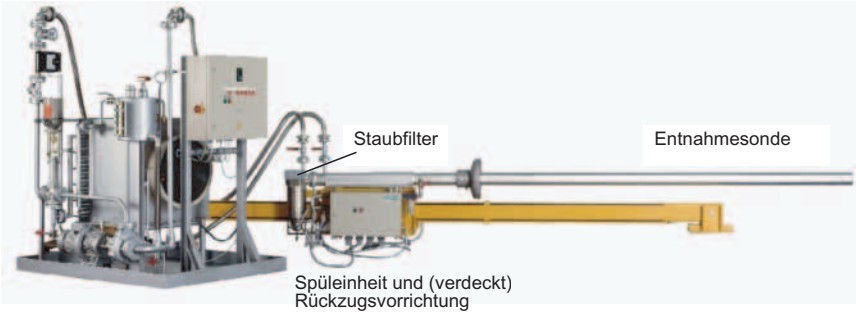


Bild 13: FLK-Probenentnahmesystem

Anwendernutzen der FLK-Sonde

- Die hohe Gasentnahmetemperatur von 200 °C vermindert Kondensationseffekte, wie Verstopfungen der Gaswege, deutlich gegenüber wassergekühlten Systemen mit nur 90 °C Betriebstemperatur.
- Die Verwendung eines synthetischen Kühlmittels verhindert Ablagerungen oder Korrosion im Kühlkreislauf und spart Kosten, da kein System zur Wasseraufbereitung notwendig ist.
- Anbackungen am Sondenmantel werden durch automatisches Herausziehen der Sonde und durch die dann kalte Umgebungsluft beseitigt, unterstützt durch Drucklufteinsatz.
- Die Wartungsintervalle können wegen der hohen Gastemperatur und der wirksamen Reinigung von Sonde und Gaswegen durch regelmäßige Rückspülungen auf ca. 3 Monate ausgedehnt werden.
- Wichtige Betriebsparameter wie Spülfrequenz und -dauer können jederzeit über die eingebaute Bedieneinheit den Bedingungen angepasst werden.
- Das innere Sondenrohr kann im Falle einer dauerhaften Verstopfung, bedingt z. B. durch die Verwendung alternativer Brennstoffe, leicht ausgetauscht werden.

Probengasaufbereitung

Nach Entnahme über die FLK-Sonde wird das Probengas über ein Staubfilter und einen Kondensatvorabscheider geleitet und schließlich über die Probenaufbereitung den Gasanalysatoren zugeführt.

Gasanalyse

Die Gasanalysatoren sind üblicherweise in einem Messschrank angeordnet, der in einem Analysenhaus installiert ist (Bild 17).

Bild 14: Gasentnahmebereich am Ofeneinlass

Lösungen von Siemens-Prozessanalytik: Explosionsüberwachung von Kohlesilo und Elektrofilter

Schutz des Kohlesilos

Der Betrieb von Kohlesilos birgt ein beachtliches Gefährdungspotenzial durch das mögliche Auftreten partieller Selbstentzündungen der Kohle mit Anstieg der CO-Konzentration im Leerraum des Silos. Dadurch entsteht die Gefahr einer Explosion und/oder toxischer Belastungen. Diese Selbstentzündungen der Kohle sind kaum vorherzusehen, da ihr Entstehen von mehreren Parametern abhängig ist. Als wirksame Schutzmaßnahme wird die CO-Konzentration im Leerraum des Silos überwacht, da ein plötzlicher Anstieg der CO-Konzentration in diesem Bereich einen Brandherd signalisiert und sofortige Gegenmaßnahmen ermöglicht.

Lösung mit dem LSD 6

LDS 6 ist ein Laserdioden-Gasanalysator zur In-Situ-Bestimmung von Komponenten direkt in einem Prozessgas. Der LDS 6-Analysator wird zur Messung der CO-Konzentration direkt am Kohlesilo angebracht, wobei die Sensoren in der Regel in einem Abstand von einigen Metern gegenüber an der Silowand montiert werden (Bild 15). Das Sensorpaar ist über Lichtleiter mit der zentralen Analysatoreinheit verbunden. Es können bis zu drei Silos gleichzeitig mit nur einer LDS 6- Analysatoreinheit überwacht werden, wobei diese bis zu 1000 m von den Messstellen entfernt sein kann.

Die Sensoren selbst sind sehr robust aufgebaut und für die rauen Betriebsbedingungen eines Kohlesilos voll geeignet. Die Sensoren sind eigensicher und zugelassen für den Betrieb in jeder EEx-Zone einschließlich denen für Stäube.

Der LDS 6-Analysator verfügt auch über eine dynamische Kompensation der Staubbeladung und ist daher in der Lage, zu jeder Zeit und unter jeder Umgebungsbedingung korrekte CO-Messwerte zu ermitteln. Bei einem signifikanten Anstieg der CO-Konzentration liefert der LDS 6-Analysator unverzüglich ein Warnsignal, welches einen Brandherd im Kohlesilo signalisiert. Die Reaktionszeit ist sehr kurz, da keine Gasleitungen zur Probennahme erforderlich sind und die Konzentrationswerte in Echtzeit bereitgestellt werden.

Lösung mit dem ULTRAMAT

Zur genauen und zuverlässigen CO-Überwachung an Kohlesilos haben sich sowohl der ULTRAMAT 6 (in Feld- oder Einschubtechnik) als auch der ULTRAMAT 23 in zahllosen Installationen bestens bewährt. Verbunden mit einer geeigneten Gasentnahme und Gasaufbereitung bilden sie ein Gerätesystem, welches den Anforderungen dieser Applikation voll gerecht wird.

Schutz des Elektrofilters

Elektrofilter zur Staubabscheidung aus dem Rauchgas durch elektrostatische Anziehung der Staubpartikel gehören zur Standardausrüstung von Zementwerken. Auf Grund der hohen Feldstärke besteht in Elektrofiltern grundsätzlich die Gefahr von Überschlägen mit Funkenbildung. Es muss daher Vorsorge (durch schnelle Abschaltung des Filters) getroffen werden für den Fall, dass die eintretenden Rauchgase auf Grund eines zu hohen CO-Gehaltes eine explosionsfähige Zusammensetzung haben. Hierzu muss die CO-Konzentration im Rauchgas direkt im oder dicht vor dem Elektrofilter bestimmt werden.

Lösung mit dem LDS 6

LDS 6 ist für die Filterüberwachung hervorragend geeignet. Ein Sensorpaar erfasst die Messgröße direkt vor dem Gaseintritt in das Filter (Bild 16) und überträgt sie an die zentrale Analyseneinheit. Im Fall einer zu hohen CO-Konzentration wird das Filter automatisch abgeschaltet. Da LDS 6 die CO-Konzentration in Echtzeit und mit hoher Genauigkeit bereitstellt, kann bei der Festlegung des Sicherheitsgrenzwertes auf einen unnötig hohen Sicherheitszuschlag verzichtet und die Zahl der gesteuerten Filterabschaltungen minimiert werden. Mehr Informationen zu Eigenschaften und Anwendernutzen des LDS 6 zeigt Bild 26 auf Seite 13.

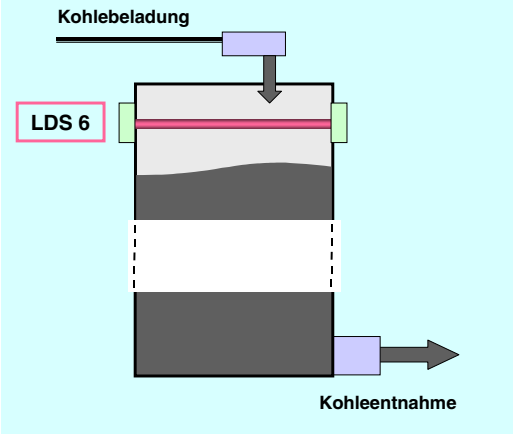


Bild 15: Messanordnung LDS 6 am Kohlebunker

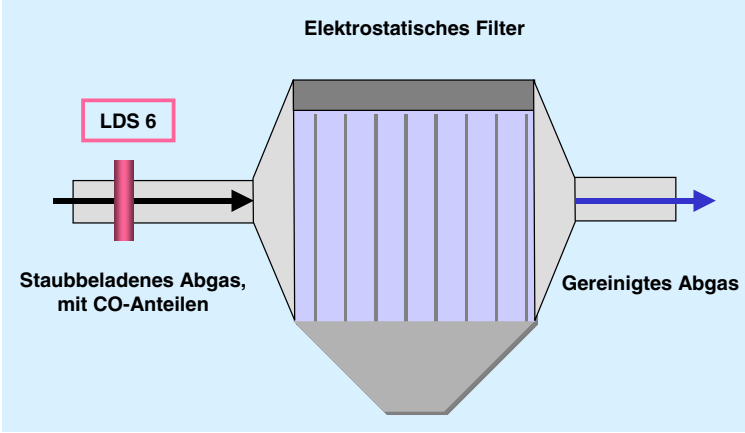


Bild 16: Messanordnung LDS 6 am Elektrofilter

Lösungen von Siemens-Prozessanalytik: Emissionsüberwachung am Kamin

Kontinuierliche Emissionsüberwachung am Kamin

Abhängig von der Art der eingesetzten Brennstoffe und in Übereinstimmung mit den gültigen nationalen und internationalen Verordnungen müssen am Kamin von Zementwerken eine Reihe von Gaskomponenten (vor allem CO, NO_x und SO_2, aber zunehmend auch C_{ges}, HF, HCl und Hg) sowie Staub kontinuierlich bestimmt werden.
Siehe hierzu Bild 11 auf Seite 6.

Siemens Prozessanalytik kann hierfür verschiedene Systeme konzipieren und liefern, so dass der Anwender die für seine speziellen Anforderungen geeignetste und wirtschaftlichste Lösung erhält.

Lösung für Anlagen *ohne* Abfall-Mitverbrennung

Für Anlagen ohne Mitverbrennung von Abfallstoffen ist der NDIR-Gasanalysator ULTRAMAT 23 (Bild 23) zur gleichzeitigen Bestimmung von CO, NO, SO_2 und O_2 am Kamin bestens geeignet.

Seine besonderen Eigenschaften und der Kundennutzen daraus sind:

- Kompakte und sehr wirtschaftliche Ausführung
- Hohe Selektivität und Wirtschaftlichkeit durch das Einstrahlverfahren mit Doppel- und Dreischicht-Detektoren
- Höchste Langzeitstabilität ohne Verwendung kostspieliger Prüfgase durch Autokalibrierung mit Umgebungsluft
- Erfüllung der Anforderungen gemäß den Normen EN 14181 und 14956.

Packagelösung für Anlagen *mit* Abfall-Mitverbrennung

Für Anlagen mit Mitverbrennung von Abfallstoffen wurde ein spezielles System (Bild 17) konzipiert, welches als Package alle Anforderungen dieser Applikation erfüllt. Das Package enthält

- einen ULTRAMAT 6 (Bild 22) zum Nachweis von CO, NO and SO_2 in einem Analysator
- einen FIDAMAT zum Nachweis von Gesamtkohlenwasserstoff
- einen OXYMAT 6 zum Nachweis von O_2 als Bezugswert
- zwei LDS 6 zum Nachweis von HF und HCl
- einen Hg-Analysator (DURAG)
- Einrichtungen zur Probennahme, Probenaufbereitung, Messwertverarbeitung, etc.

Besondere Eigenschaften und Anwendernutzen von ULTRAMAT 6 und OXYMAT 6: siehe Bilder 20 und 21.

ULTRAMAT 6 und OXYMAT 6 sind bezüglich ihrer kleinsten Messbereiche für die Emissionsüberwachung zugelassen (Bild18).

Bild 17: Analysensyteme zur Emissionsüberwachung in europäischer (l.) und US- (r.)-Ausführung

Analysator	Komponente	Niedrigste zugelassene Messbereiche	
ULTRAMAT 23		Geräteausführung zur Messung von 1-2 Komponenten	Geräteausführung zur Messung von 3 Komponenten
	CO	0 - 150 mg/m³	0 - 250 mg/m³
	NO*	0 - 100 mg/m³	0 - 400 mg/m³
	SO_2	0 - 400 mg/m³	0 - 400 mg/m³
ULTRAMAT 6		Geräteausführung zur Messung von einer Komponente	Geräteausführung zur Messung von 2 Komponenten
	CO	0 - 50 mg/m³	0 - 75 mg/m³
	NO*	0 - 100 mg/m³	0 - 200 mg/m³
	SO_2	0 - 75 mg/m³	
*Angabe als NO_2, Umrechnungsfaktor zu NO_2 = 1,53			

Bild 18: Niedrigste Messbereiche ULTRAMAT 23 (TA Luft) und ULTRAMAT 6 (17. BImSchV)

Siemens-Prozessanalytik im Überblick

Siemens-Prozessanalytik

Die Siemens-Prozessanalytik ist einer der weltweit führenden Lieferanten von Geräten, Einrichtungen und Dienstleistungen der Prozessanalytik, mit Systemhäusern in Deutschland, USA und Singapur sowie Kompetenzentren in China und Dubai.

Neben einem breiten Angebot leistungsfähiger Analysatoren (Bild 19) entwickelt und liefert die Siemens-Prozessanalytik in großem Umfang auch Analysensyteme. Der Leistungsbereich erstreckt sich hier von Planung und Engineering über die Fertigung bis hin zu Montage, Inbetriebnahme und der späteren Wartung.

Siemens entwickelt und fertigt auf spezielle Anwenderbedürfnisse ausgerichtete Systeme und unterstützt so den Anwender, seine individuelle Anlage und seinen Prozess so wirtschaftlich wie möglich zu betreiben.

In **Zementwerken** sind kontinuierlich arbeitende Gasanalysatoren (mit extraktiver Probennahme oder nach dem In-situ-Messprinzip) die bei weitem wichtigste Klasse von Analysengeräten.

Kontinuierliche Gasanalysatoren Extraktive Technik

Baureihe 6-Analysatoren

Die meisten Gerätetypen der Baureihe 6 nutzen die bewährte *extraktive Probennahme* mit Installation der Geräte getrennt vom Prozess (z. B. in Analysenhäusern) unter anwenderseitig optimierbaren Umgebungsbedingungen. Wegen ihrer unterschiedlichen Messprinzipien können die Geräte der Baureihe 6 für eine Vielzahl von Applikationen eingesetzt werden. Für bestimmte Einsatzbereiche bzw. Betriebsbedingungen sind spezifische Gerätevarianten verfügbar, z. B. Einschub- oder Feldgeräte (Bild 22), korrosionsbeständige oder explosionsgeschützte Versionen sowie Kommunikationsschnittstellen wie Ethernet oder PROFIBUS. Wichtige Eigenschaften dieser Geräte zusammen mit dem daraus resultierende Anwendernutzen zeigen Bild 20 und 21.

Siemens Prozessanalytik für Einsatz im Zementwerk	
Kontinuierliche Gasanalysatoren	• Gasanalysatoren der Baureihe 6: OXYMAT 6/61, ULTRAMAT 6, CALOMAT 6 und FIDAMAT 6 • Mehrkomponenten-Gasanalysator ULTRAMAT 23 • In-situ-Laser-Gasanalysator LDS 6
Gasentnahme	• Geräte zur Gasentnahme und -konditionierung für extraktive Technik • FLK Gasentnahmesonde speziell für Zementöfen
Systembau	• Planung, Engineering, Installation und Service von Analysensystemen weltweit • Fertigungen in Deutschland, Singapur und USA

Bild 19: Produkt- und Leistungsspektrum der Siemens Prozessanalytik (Auszug)

Geräteeigenschaften ULTRAMAT 6	Anwendernutzen
Zweischichtdetektor mit spezifisch einstellbarer optischer Weglänge (Optischer Koppler)	Bestmögliche Selektivität und damit Messgenauigkeit Optimierung für aktuelle Analysenaufgabe
Detektor mit Mikroströmungsfühler als Messwertgeber ohne bewegte Teile	Keine Mikrophonie-Effekte; minimales Signal-Rauschen, hohe Genauigkeit
Sehr stabiler mechanischer Aufbau Elektronik und Physik gasdicht getrennt in einem robusten Gehäuse, Schutzart IP 65 im Feldgehäuse	Sehr hohe Betriebssicherheit und Standzeit
Messkammer leicht und vor Ort zu reinigen	Geringer Wartungs- und Ersatzteilaufwand
SIPROM GA Softwarepaket für Fernbedienung und -wartung. Schnittstelle für PROFIBUS PA (Option)	Leichte Einbindung in automatisierte Anlagen
In einem Gehäuse kombinierbar mit dem Sauerstoff-Analysator OXYMAT 6	Kostensenkung durch Bearbeitung mehrerer Messaufgaben mit einem Gerät

Bild 20: Geräteeigenschaften und Anwendernutzen des ULTRAMAT 6

Geräteeigenschaften OXYMAT 6	Anwendernutzen
Sehr einfacher und robuster Geräteaufbau ohne bewegte Teile	Hohe Betriebssicherheit, Verfügbarkeit und Lebensdauer; sehr geringer Wartungsbedarf
Streng lineares Messprinzip	Höchste Messgenauigkeit
Sehr kurze Ansprechzeit	Kurze Reaktionszeiten
Differenzmessung von zwei Gasströmen in einem Gerät mit nur einem Messsystem. Keine elektronische Nullpunktsunterdrückung	Realisierung sehr kleiner Messbereiche bei hohen (Absolut-)konzentrationen und damit sehr hohe Messgenauigkeit
Messwertdrift < 0,5%/Monat der jeweiligen Messspanne	Sehr hohe Messgenauigkeit Seltener Rekalibrierungsbedarf
SIPROM GA Softwarepaket für Fernbedienung und -wartung Schnittstelle zu PROFIBUS PA (Option)	Leichte Einbindung in automatisierte Anlagen
In einem Gehäuse kombinierbar mit dem NDIR-Analysator ULTRAMAT 6	Kostensenkung durch Bearbeitung mehrerer Messaufgaben mit einem Gerät

Bild 21: Geräteeigenschaften und Anwendernutzen des OXYMAT 6

Gasanalysator ULTRAMAT 23

Mit seiner Ausführung als Mehrkomponentengerät zur gleichzeitigen Erfassung der Komponenten CO, NO, SO_2 (NDIR) und O_2 (elektrochemische Zelle) in einem Gerät ist der ULTRAMAT 23 (Bild 23) ein besonders wirtschaftlicher und kompakter, raumsparender Analysator. Eine ganz besonders vorteilhafte Eigenschaft ist sein Kalibrierprinzip unter Verwendung von Raumluft: eine Überprüfung mit kostspieligen Prüfgasen ist nur einmal jährlich notwendig.

Eine menügeführte Bedienung in Klartext ermöglicht die Handhabung ohne Handbuch, die im Logbuch abgelegten Information erleichtern eine vorbegende Wartung. Der Mehrschicht-Detektor liefert eine sehr hohe Selektivität und reduziert die Wasserdampf-Querempfindlichkeit. Die Messzellen sind sehr robust und können im Falle einer Verschmutzung leicht gereinigt werden. Weitere Eigenschaften und Anwendernutzen zeigt Bild 25.

Bild 22: Serie 6-Gasanalysator (Feldgerät)

Bild 23: Gasanalysator ULTRAMAT 23

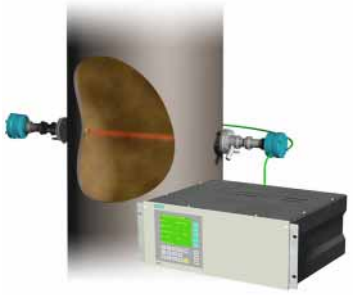


Bild 24: In-Situ-Gasanalysator LDS 6

Geräteeigenschaften ULTRAMAT 23	Anwendernutzen
Einstrahlphysik mit Mehrschicht-Detektor und integrierter AUTOCAL-Funktion	Hohe Selektivität und Stabilität Keine Vorhaltung von Prüfgasen durch den Betreiber erforderlich Justierung mit Umgebungsluft
Modulare Bauweise mit 1-3 IR-Kanälen und zusätzlicher Option für O_2-Messung mit elektrochemischer Zelle	Hohe Wirtschaftlichkeit durch Messung von bis zu 4 Komponenten in einem Gerät und hohe Standzeit der O_2-Zelle
Küvetten leicht zu reinigen O_2-Zelle sehr leicht austauschbar	Geringer Wartungsaufwand
SIPROM GA Softwarepaket für Fernbedienung und -wartung. Schnittstelle zu PROFIBUS PA (Option)	Leichte Einbindung in automatisierte Anlagen

Bild 25: Geräteeigenschaften und Anwendernutzen des ULTRAMAT 23

Kontinuierliche Gasanalysatoren In-situ-Prinzip

LDS 6 ist Teil der Baureihe 6 und nutzt das In-Situ-Messprinzip zur Bestimmung der Komponenten direkt im Prozessstrom. LDS 6 (Bild 24 and 26) ist ein Laserdioden-Gasanalysator auf Basis der Absorptionsspektroskopie. Als Lichtquelle dient eine Laserdiode, deren Wellenlänge auf eine Absorptions-Wellenlänge der zu messenden Gaskomponente eingestellt ist. LDS 6 besteht aus einer zentralen Analysatoreinheit und bis zu drei Sensorpaaren, die als Sender/Empfänger quer über den Messkanal angeordnet sind. Die Zentraleinheit ist räumlich getrennt über Lichtleiter mit den Sensoren verbunden und kann somit immer außerhalb von Gefahrenzonen installiert werden. Die Messwerte entstehen frei von spektralen Überlagerungen in Echtzeit, wodurch eine Steuerung dynamischer Vorgänge ermöglicht wird. Durch sein Messprinzip ist LDS 6 speziell für Echtzeit-Anwendungen in vielen Industriebereichen geeignet. Die sehr kurze Ansprechzeit ermöglicht eine schnelle Reaktion auf ungewünsche Änderungen der Prozessbedingungen. Mögliche Messkomponenten sind: O_2, NH_3/H_2O, HF/H_2O, HCl/H_2O, CO/CO_2, low ppm H_2O, ...

Die volle Netzwerkfähigkeit über Ethernet ermöglicht eine Fernwartung.

Geräteeigenschaft LDS 6	Anwendernutzen
Verwendung von Lichtwellenleiter-Technik zur Entkopplung des Lasers von der/den Messstellen	Einfache Installation und robuster Betrieb auch unter schwierigen Messbedingungen Bis zu 1000 m Distanz zwischen Messgerät und Messstelle möglich
Interner Referenzkanal mittels eingebauter Referenzgasküvette	Stabiler Langzeitbetrieb, Selbstkalibrierung, automatische Fehlerdiagnose/ -behebung
Bis zu drei externe Messkanäle	Kostengünstiger Systemaufbau/ -Erweiterung
Vollwertiger Steuerungsrechner mit Remote-Access-Schnittstelle	Einfache Parametrierung am Gerät Schnelle Fehlerdiagnose und ggf. -behebung aus der Ferne
Eigensichere Ex-Ausführung	Einfache Installation und sicherer Betrieb in Ex-Bereichen
Robustes, modulares Sensor-Design	Einfache Anpassung an unterschiedliche Installationsbedingungen
Sehr breites Anwendungsspektrum	Synergiegewinn aus verschiedenen Anwendungsbereichen; gleichzeitige Überwachung sehr unterschiedlicher Messstellen/Prozessstufen möglich

Bild 26: Geräteeigenschaften und Anwendernutzen des LDS 6

FLK Probennahmesystem

Das FLK Probennahmesystem wurde speziell für die Gasentnahme im Drehrohrofen entwickelt.

Es besteht aus folgenden Bausteinen:

- *Flüssigkeitsgekühlte Gasentnahmesonde* für Prozess-Gastemperaturen bis 1400 °C mit seitlicher Gaseintrittsöffnung für reduzierte Staubansaugung.
- *Luft/Flüssigkeitswärmetauscher* (Bild 27) mit Verwendung einer synthetischen Wärmeträgerflüssigkeit mit einem Siedepunkt von über 300 °C ; ermöglicht eine Gasentnahmetemperatur von 200 °C. Druckfreier Betrieb im geschlossenen Kreislauf, mit ständiger Überwachung von Temperatur, Durchfluss und Füllstand.
- *Beheiztes, wartungsfreies Entstaubungsfilter* (Bild 28) zur Reinigung des aus dem Prozess entnommenen Gas/Staubgemisches. Geeignet für Staubbeladungen bis zu 2000 g/m^3. Elektrische Beheizung bis ca. 200 °C schützt vor Verschlammung und Verbackung des Filterrohres.
- *Automatische Auszugsvorrichtung* ermöglicht das automatische Herausziehen der Sonde im Störungsfall zur Verhinderung von thermischer Überlastung. Sehr robuste Bauweise.
- *Spüleinheit* zur Durchführung der regelmäßigen Reinigungsprogramme für die Spülung des Gasentnahmesystems. Die Spülung kann manuell oder automatisch durch die Sondensteuerung (SPS) erfolgen.
- *SPS-basierte Steuerung:* Siemens (SIMATIC), Alan Bradley, Schneider.

Bild 27: Wärmetauscher der FLK-Sonde

Bild 28: Staubfilter der FLK-Sonde

Systemintegration

Systemintegration

Analysatoren von Siemens sind bekannt für ihre hohe Verfügbarkeit, lange Betriebsdauer und Messgenauigkeit. Um den Nutzen aus diesen Eigenschaften voll auszuschöpfen, sollten die Analysatoren in einer sicheren und für den Betrieb optimalen Umgebung installiert sein. Das schließt auch die Einrichtungen zur Probennahme, die Versorgungs- und Sicherheitstechnik sowie Komponenten zur Datenverarbeitung und -kommunikation mit ein.

Siemens ist seit über 30 Jahren ein zuverlässiger Partner für die Fertigung von Analysensystemen und bietet dem Anwender ein umfassendes Angebot an Dienstleistungen von der Beratung bis zur Lieferung von Turnkey-Systemen und Analysenhäusern einschließlich Wartung und Schulung.

Breite Erfahrung

Als Hersteller von Analysengeräten und Spezialist in Automatisierungstechnik verfügt Siemens über eine einzigartige Mischung aus Erfahrung in der Analysentechnik und Wissen um Prozesse und Prozesssteuerung. Abhängig von den Anforderungen der jeweiligen Applikation ist Siemens in der Lage, auf vielfach erprobte Lösungen zurückzugreifen oder neue, innovative Lösungen zu erarbeiten. Siemens installiert dabei bevorzugt eigene Analysatoren, integriert jedoch auch die Geräte anderer Hersteller. Die Logistiker bei Siemens haben Expertenwissen im weltweiten Versand von großen Systemen gleichermaßen wie von dringenden Ersatzteilen. Und dank des weltweiten Service-Netzwerks sind unsere Spezialisten sowie Ersatzteile schnell vor Ort.

Bild 29: CGA-Schrank

Durch alle Stationen eines Projektes hindurch steht ein definierter Projektleiter dem Anwender als zentraler und voll verantwortlicher Ansprechpartner zur Verfügung. Und nicht zuletzt erhalten die Anwender eine komplette Lösung von einem einzigen Lieferanten mit Gewährleistung für das gesamte System.

Leistungsspektrum

Unser Leistungsspektrum ist nicht auf das Engineering und den Bau von Systemen beschränkt. Wir bieten dem Anwender auch Unterstützung und Zusammenarbeit bei der Planung, dem Basic engineering und der Projektabwicklung an. Dadurch helfen wir, den Projektzeitplan und die Projektkosten unserer Kunden im Plan zu halten und ungewünschte Überraschungen auszuschließen.

Bei der Siemens-Prozessanalytik sind alle beteiligten Abteilungen unter einem organisatorischen Dach vereint. So besteht direkter Zugriff zu den Fertigungen und Werkstätten ebenso wie zu den Entwicklungs- und Applikationslaboren. Das ermöglich eine hohe Flexibilität und kurze Reaktionszeiten.

Weltweit vor Ort

Siemens verfügt über Systemhäuser in Karlsruhe, Houston und Singapore sowie Kompetenzzentren in Dubai und Shanghai. Auf diese Weise sind wir weltweit präsent und mit allen lokalen und regionalen Anforderungen, Bestimmungen und Standards bestens vertraut. Jedes Kompetenzzentrum verfügt über Mitarbeiter für Beratung und Support sowie alle Einrichtungen für Service und Kundentraining. Unsere Systemhäuser verfügen darüber hinaus über eine eigene Engineering- und Fertigungsabteilung.

Für Zementwerke aller Art hat Siemens weltweit unzählige Analysensyteme von der Planung bis zum After-Sales-Service erfolgreich abgewickelt.

Houston, Texas, USA

Karlsruhe, Deutschland

Singapur

Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an unsere lokalen Partner oder an folgende Adressen:

Siemens AG
A&D PI 2 Process Analytics
Oestliche Rheinbrückenstr. 50
D-76187 Karlsruhe
Germany
Tel.: +49 721 595 3180
Fax: +49 721 595 6375

E-Mail: processanalytics@siemens.com
www.siemens.de/prozessanalytik

Siemens Applied Automation

7101 Hollister Road
Houston, TX 77040
USA
Tel.: +1 713 939 7400
Fax: +1 713 939 9050

E-Mail: saasales.sea@siemens.com
www.sea.siemens.com/ia

Siemens Pte. Limited
A&D PI 2 Regional Headquarter
The Siemens Center
60 MacPherson Road
Singapore 348615
Tel.: +65 6490 8702
Fax: +65 6490 8703

E-Mail: splanalytics.sgp@siemens.com
www.siemens.com/processanalytics

Siemens AG
Automation and Drives (A&D)
Process Instrumentation and Analytics
76181 KARLSRUHE
GERMANY

www.siemens.de/prozessanalytik

© Siemens AG 2006
Änderungen vorbehalten