



Qualitätssicherung und Prozesskontrolle im modernen Zementwerk

Dr. Peter Boos, Leiter Zentrallabor Ennigerloh

Die Qualitätssicherung und Produktionsüberwachung in der Zementindustrie hat eine lange Tradition, die bis in die Zeit der Produktnormung in den Jahren 1877/78 zurückreicht. Damals wie heute gibt die gültige Produktnorm den Mindestprüfaufwand vor, mit dem die Normkonformität der Zemente sichergestellt wird.

Die Aufgaben eines heutigen Werklabors sind vielfältig, müssen zeitnah erfolgen und übersteigen den normativ geforderten Prüfaufwand. Neben der selbstverständlichen Sicherstellung der Normkonformität der Produkte ist das übergeordnete Ziel von HeidelbergCement, den Kunden Produkte von gleichmäßig hoher Qualität zu bieten.

Um diesem Qualitätsziel gerecht zu werden, muss an jedem Produktionsschritt in den Zementwerken, beginnend bei den Ausgangsstoffen bis hin zur Verladung, das Produkt durch regelmäßige Probenahmen überwacht werden.

Am Standort Ennigerloh wird die Produktionskontrolle und Eigenüberwachung des Zementwerkes im Dreischichtbetrieb über 24 Stunden sichergestellt. Neben dem Schichtbetrieb gehören zur Qualitätssicherung des zuständigen Zentrallabors Ennigerloh ein physikalisches und ein chemisch-mineralogisches Labor sowie ein Betonlabor.

Obwohl die Produktionsschritte in den Zementwerken prinzipiell vergleichbar sind, unterscheiden sie sich dennoch in Details, so dass sich die Akzente der Qualitätssicherung in den einzelnen Werken unterscheiden können.

Das beginnt bereits bei den vorhandenen Rohmaterialien aus den Steinbrüchen: beispielsweise besitzen in Ennigerloh die eingesetzten Kalksteine



Überprüfung des SO_3 -Gehalts im Zement mit dem Multi EA.

bzw. Kalksteinmergel eine sehr hohe Gleichmäßigkeit, so dass pro Tag lediglich an einer Tagesdurchschnittsprobe die Qualitätskriterien Calciumcarbonatgehalt, Glühverlust und chemische Zusammensetzung überprüft werden müssen.

Die Probenahme der Ausgangsstoffe erfolgt regelmäßig durch den Schichtlaboranten. Sind die Rohmehlmahlanlagen in Betrieb, erfolgt je Schicht zweimal eine händische Probenahme an den Bandwagen unterhalb der Kalksteinschottersilos. Alle Proben werden zu der obengenannten Tagesdurchschnittsprobe gemischt und vom chemisch-mineralogischen Labor übernommen.

Im ersten Prozessschritt wird im Zementwerk in der Rohmehlmahlanlage aus den Ausgangsstoffen das ofenfertige Rohmehl hergestellt. Jeweils über 30 Minuten wird hinter der Mahlanlage vor dem Rohmehlsilo vollautomatisch eine Durchschnittsprobe gesammelt, in einen Behälter gefüllt und mit einer Rohrpostanlage zum

Zentrallabor transportiert. Im Labor wird dann im vollautomatischen Laborautomationssystem (POLAB®) halbstündlich die Probe entgegengenommen, aufbereitet und die chemische Zusammensetzung mit dem Röntgen-Fluoreszenz(RF)-Gerät ermittelt. Die digital erstellten Ergebnisprotokolle der Analysen werden kontinuierlich vom Schichtbetrieb überprüft. Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung des Rohmehls vom Soll-Wert werden automatisch korrigiert. ▶



Bestimmung des CO_2 -Gehalts und des Glühverlusts an einer Kalksteinprobe mit dem Eltra CW 800 im Zentrallabor Ennigerloh.

► QUALITÄTSSICHERUNG UND PROZESSKONTROLLE IM MODERNEN ZEMENTWERK

Auf diese Weise können selbst geringe Schwankungen im Chemismus des natürlichen Kalksteins und Kalksteinmergels ausgeglichen werden. Daraus resultiert ein sehr homogen zusammengesetztes Rohmehl, welches eine Grundvoraussetzung für eine qualitativ gleichmäßige Klinkerherstellung ist. Das Rohmehl wird in großen Rohmehlsilos bis zur Aufgabe in den Ofen gelagert. Silos sind große Materialspeicher, die jeweils von oben befüllt werden. Das gespeicherte Material (Rohmehl, Klinker, Zement, etc.) wird von unten entnommen, wobei sich über dem Auslassstutzen ein Trichter bildet, so dass beim Materialabzug das Produkt unterschiedlicher Füllschichten gleichzeitig abgezogen wird. Daher führt jegliche Silolagerung im Zementwerk zu einer weiteren Homogenisierung der Materialien.

Im folgenden Produktionsschritt, dem Ofenprozess, wird das Rohmehl über eine Schnecke am oberen Ende des zwei-strängigen Zyklonvorwärmers kontinuierlich in das Ofensystem eingeschleust. Der Zyklonvorwärmer ist ein wichtiger Bestandteil wirtschaftlich optimaler



Bestimmung verschiedener chemischer Parameter mit dem Photometer Cadas 200 im nasschemischen Labor.

Zementofensysteme. Das Rohmehl wird in den Gasstrom aufgegeben und mit dem Gasstrom der jeweils tiefer gelegenen Zyklonenstufe zugeführt. Die Wärmeenergieübertragung, d.h. die Wärmenutzung, ist durch die hohe Dispergierung (die hohe Feinheit) des Rohmehls besonders effektiv und damit besonders wirtschaftlich. Die Nummerierung der Zyklonenstufen erfolgt von oben nach unten.

Das Werk Ennigerloh hat einen vierstufigen Zyklonvorwärmer. Am vierten – dem untersten – Zyklonen wird kontinuierlich und automatisch eine Tagesmittelheißmehlprobe aus dem Ofenbetrieb genommen und chemisch-mineralogisch untersucht. Aus den Analyseergebnissen dieser Probe kann auf die Stabilität der Drehofenatmosphäre rückgeschlossen werden.

Innerhalb von rund 45 Minuten wandert das Material vom Zyklonvorwärmer durch den Drehrohrföhrer in Richtung Hauptbrenner zum Klinkerkühler. In der heißesten Zone werden Temperaturen von mehr als 1.450°C erreicht, so dass das Material teilweise aufgeschmolzen ist und sich die Hauptzementklinkerphasen (C_3S , C_2S) bilden können. Um die Eigenschaften des Zementklinkers zu erhalten, muss der Klinker unmittelbar hinter dem Hauptbrenner im Klinkerkühler schnell mit Luft auf < 250-300 °C abgekühlt werden. Der Klinker wird auf Plattenbändern zu den Klinkersilos transportiert. Auf dem Weg zu den Silos ist ein automatischer Probennehmer installiert. Stündlich werden definierte Probemengen aus dem Materialstrom gezogen und in einem Behälter gesammelt. An dieser Sammelprobe, die von dem Schichtlaboranten geholt wird, werden täglich die chemisch-mineralogischen Produktionsparameter im Labor ermittelt. Beispielsweise wird mit der quantitativen Röntgenbeugungsdiffraktometrie (Rietveld) der Mineralbestand im Klinker überwacht. Auf diese Weise werden Abweichungen des Mineralbestandes von den Zielvorgaben des Werkes zeitnah



Bestimmung der Erstarrungszeiten im Wasserbad mit dem Nadelgerät nach Vicat gemäß DIN EN 196-3.

registriert und Korrekturmaßnahmen können sehr schnell vom Labor in enger Zusammenarbeit mit der Produktion in die Klinkerproduktion eingeleitet werden.

Durch die standortspezifischen Gegebenheiten sind in Ennigerloh Tagesmittelproben des Klinkers mehr als ausreichend, da im Vorfeld mit der halbstündlichen Rohmehlkontrolle die notwendige Homogenität im Produkt sichergestellt ist. In anderen Werken von HeidelbergCement werden z.B. im Ofeneinlauf noch weitere Korrekturstoffe aufgegeben, deren Zugabemengen über die chemisch-mineralogischen Parameter des Klinkers gesteuert werden. In diesen Werken wird der Klinker kontinuierlich (z. B. stündlich) analysiert. Beide Methoden gewährleisten die erforderliche Gleichmäßigkeit der Produkte.

Neben den im Werk selbst produzierten Materialien werden in modernen Zementwerken weitere Ausgangsstoffe wie Hütensand, Flugasche, Trass, Gips, Anhydrit, usw. eingesetzt. Von allen angelieferten Ausgangsstoffen werden Eingangsproben genommen und die jeweiligen werkspezifischen chemisch-physikalischen Produktanforderungen überprüft. ►

► QUALITÄTSSICHERUNG UND PROZESSKONTROLLE IM MODERNEN ZEMENTWERK



Das Röntgenlabor des Zentrallabors Ennigerloh besteht aus einem Röntgen-Diffraktometer (XRD) sowie einem Röntgen-Fluoreszenz (RF)-Gerät. Mit dem Axios Cement (RF) werden unter anderem die Klinkerproben analysiert. Das Gerät ist an das automatische Probenahmesystem des Werkes angeschlossen. So werden beispielsweise die chemischen Zusammensetzungen von Rohmehlproben bzw. Zementproben ½-stündlich bzw. stündlich bestimmt.

So werden am Standort Ennigerloh beispielsweise an den angelieferten Hüttenсандen die chemische Zusammensetzung mittels Röntgenfluoreszenzanalyse, der chemische und physikalische Wassergehalt, der SO_3 -Gehalt und weitere Parameter ermittelt. Da der Standort zudem über eine Hüttenсандtrocknung verfügt, erfolgt eine weitere Überwachung des Hüttenсандes nach der Trocknungsanlage.

Der Klinkerproduktion schließt sich die Mahlung der Ausgangsstoffe zum Zement an. Wie die Rohmehlproben werden vollautomatisch Zementdurchschnittsproben kontinuierlich zwischen den Zementmühlen und dem Silo genommen und mit dem Rohrpostsystem des Werkes zum Laborautomationssystem transportiert. Während der Produktion wird stündlich die Korngrößenverteilung sowie der Sulfatgehalt kontrolliert; bei hüttenсандhaltigen Zementen wird mit der Röntgenfluoreszenzanalyse zudem der Hüttenсандgehalt im Zement überprüft. Der Schichtlaborant vergleicht die Analyseergebnisse mit den von der Qualitätsleitung vorgegebenen Zielwerten. Sollten einmal die Analysenwerte einer Probe außerhalb des Toleranzbereiches liegen, kontaktiert der Laborant den Leitstand und den Schichtmeister. Während der Leitstand die vorgegebenen Korrekturmaßnahmen einleitet oder ggf. die Mahlung stoppt,

überprüft der Schichtmeister bereits die Anlage.

Die Europäische Zementnorm DIN EN 197-1 legt die Eigenschaften und Anforderungen an die Normalzemente und ihre Bestandteile fest. Für eine normkonforme Produktion muss das Produkt auf der Grundlage von Stichprobenprüfungen fortlaufend bewertet werden. Die Norm definiert hierfür die Mindestprüfhäufigkeit. Von jeder Zementsorte müssen zweimal pro Woche Proben am Versandsilo gezogen werden, an denen die physikalischen Normparameter, wie Anfangs- und Normfestigkeit, Erstarrungsbeginn, Raumbeständigkeit (Dehnungsmaß) usw., bestimmt werden. Die Probennahme erfolgt händisch an den Versandsilos. Insgesamt

werden so im Zentrallabor Ennigerloh an rd. 4.700 Zementstichproben im Jahr die physikalischen Normparameter ermittelt. Darüber hinaus werden monatlich an Durchschnittsproben chemische Parameter (Glühverlust [CEM I, CEM III], unlöslicher Rückstand [CEM I, CEM III], Sulfatgehalt, Chloridgehalt, Puzzolanität [CEM IV], Zusammensetzung) dokumentiert. Bei neu produzierten Zementarten verdoppelt sich der normative Prüfaufwand im Anfangszeitraum der Produktion.

Alle Ergebnisse werden in Ennigerloh in das unternehmensinterne Laborinformationssystem (LIMS) eingetragen und von der Laborleitung regelmäßig mit den werkspezifischen Zielwerten abgeglichen.

Zusätzlich zu den Prüfanforderungen nach DIN EN 197-1 kommen noch Prüfanforderungen bzgl. Sondereigenschaften (NA, HS oder Fahrbahndeckenzulassung usw.) und länderspezifische Überwachungsprüfungen (z.B. NL-KOMO-, Benor-Zeichen) für Märkte außerhalb Deutschlands hinzu. So wurden im Rahmen der Eigenüberwachung der drei HeidelbergCement Werke Ennigerloh, Paderborn und Geseke im Zentrallabor Ennigerloh im Prüfzeitraum 2009 mehr als 18.500 Festigkeitsprüfungen durchgeführt.

Die Normkonformität der Zementproduktion wird durch eine anerkannte Zertifizierungsstelle sichergestellt. Dieser Fremdüberwacher führt regelmäßig



Im physikalischen Labor wird die Qualität der in den Werken Paderborn, Geseke und Ennigerloh produzierten Zemente kontinuierlich überwacht. Die Geräte im Labor sind optimal auf effizientes Arbeiten angepasst.

► QUALITÄTSSICHERUNG UND PROZESSKONTROLLE IM MODERNEN ZEMENTWERK



Neben den kontinuierlich durchgeführten physikomechanischen Messungen (Druck- und Biegezugfestigkeitsprüfungen) wird im Zentrallabor bei speziellen Kundenanfragen auch die Polarisationsmikroskopie angewendet.

unangekündigt eigene Probennahmen durch und prüft detailliert alle die werkeigene Produktionskontrolle betreffenden Parameter des Qualitätslabors.

Neben der Qualitätssicherung rund um die Uhr ist das Zentrallabor auch stets Ansprechpartner für Kunden. In interdisziplinärer Zusammenarbeit mit der Bauberatung werden schnell Lösungen für Anwendungen oder Produktionsprobleme der Kunden erarbeitet. Dieser spezielle Service ist eine zusätzliche Leistung, die ein hohes Engagement sowie hohe Fachkompetenz bei den Mitarbeitern im Labor voraussetzt.

Auch bei der Mitgestaltung des zukünftigen Zementangebots der Werke ist das Labor maßgeblich beteiligt. Die Zusammensetzung eines neuen Zements erfolgt zunächst aufgrund der Erfahrung der Mitarbeiter des Qualitätswesens. In großtechnischen Mahlversuchen wird die Sorte produziert und anschließend im Labor die Performance des Zements selbst und des Zements im Beton umfangreich geprüft. Die Ergebnisse werden zusammen mit Bauberatung und Werksleitung ausgewertet und ggf. Anpassungen beschlossen oder aber dem Verkauf als mögliches weiteres Zementprodukt vorgestellt.

Die ständig steigenden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit moderner Baustoffe erfordern auch in Zukunft im Bereich der Entwicklung, Produktion und Qualitätskontrolle erfahrene Mitarbeiter. Das Zentrallabor ist aufgrund der hohen fachlichen Kompetenz der Laboranten in allen drei Laboreinheiten, der umfangreichen instrumentellen Ausstattung, der unmittelbaren Nähe zur Zementproduktion sowie der Produktvielfalt der drei überwachten Standorte als Ausbildungslabor geradezu prädestiniert. Derzeit werden sechs junge Menschen in Ennigerloh zum Baustoffprüfer ausgebildet: Damit wird die Zementindustrie auch in Zukunft bei der Qualitätssicherung, Produktionsüberwachung und Produktentwicklung auf hochqualifizierte Mitarbeiter zählen können.

[\[zurück ...\]](#)

Impressum: Schlussverantwortung Eckhard Bohlmann, Leiter Entwicklung und Anwendung, Deutschland.

Hinweis: Sollten Sie diesen Newsletter abbestellen wollen, schicken Sie uns bitte eine kurze E-Mail mit dem Betreff „Abbestellung Newsletter Technik“ an tecletter@heidelbergcement.com