

# Verwertung von Abfällen in Zementwerken

**In Zementwerken werden geeignete Abfälle sowohl als Brennstoff als auch als Rohstoffersatz eingesetzt. Das hilft, natürliche Ressourcen zu schonen, und ist finanziell interessant. Wichtig ist dabei, dass nur Abfälle eingesetzt werden, welche die Umwelt nicht zusätzlich belasten.**

Es braucht mehrere Arbeitsschritte und sehr viel Energie, bis aus geeignetem Gesteinsmaterial der Baustoff Zement entsteht.

## Zement

Zement ist das Ausgangsmaterial für Beton. Mit Wasser vermischt, bekommt das Pulver die Eigenschaft eines Bin-

demittels. Zusammen mit Sand, Kies, gebrochenen Steinen sowie Zusatzstoffen wird

**Dr. Peter Kuhn**  
**Christian Spiess**  
**Abteilung für Umwelt**  
**062 835 33 60**

es zu Beton. Zement ist also ein Klebstoff, der Bauwerke zusammenhält und bei jeder Witterung und Jahreszeit höchste Ansprüche erfüllen muss.

Die Zementwerke gehören zu den letzten Schwerindustriebetrieben unseres



Der Steinbruch Jakobsberg

Foto: Stefan Binder

Landes. Zum heutigen Zeitpunkt stellen zwei Firmen im Kanton Aargau noch Zement her: das Werk der Holcim in Würenlingen und das Werk der Jura Cement in Wildegg. Sie decken mit ihrer Produktion einen beachtlichen Teil des Schweizer Zementbedarfs ab.

## Sprengen, brechen, fördern...

Für die Zementherstellung braucht es Kalk, Quarz, Tonerde und Eisenoxid.

Diese natürlichen Materialien lagern in der Erdkruste als Kalkstein und Mergel. Sie werden in Steinbrüchen durch Sprengungen gewonnen.

Das Sprenggut wird mit Baggern auf Muldenkipper geladen und zu einem Brecher gefahren. Der Brecher zerkleinert die Felsbrocken von einem Meter Kantenlänge zu Korngrößen von einem bis acht Zentimeter Durchmesser. Das Feinmaterial wird anschliessend mit einem Transportband ins nahe Zementwerk gefördert.



Die Jura Cement in Wildegg

Foto: Jura Cement



Das Zementwerk Holcim in Würenlingen

Foto: Stefan Binder



Foto: Stefan Binder

*Brechanlage der Jura Cement in Wildegg*

**M**ischen, mahlen, trocknen...

Die gebrochenen Komponenten Kalkstein und Ton werden einheitlich gemischt, indem man das Material im richtigen Verhältnis lagenweise auf einer langen Halde verteilt und dieses Mischbett anschliessend scheibenweise wieder abbaut. Das so gemischte Rohmaterial ist für die Feinvermahlung bereit. In der Rohmehlmühle drücken grosse Rollen auf einen Drehteller und zermahlen den dazwischen liegenden groben Schotter zur gewünschten Feinheit. Die heissen Abgase aus dem Ofen trocknen das Rohmehl.

Der Einsatz der Ofenluft trägt zu einer sehr effizienten Ausnutzung der Wärmeenergie bei. Bevor das Abgas in die Atmosphäre gelangt, wird es über Filteranlagen gereinigt.

**V**orwärmen, brennen, kühlen...

Bevor das Rohmehl im Drehrohrföfen gebrannt wird, wird es im Wärmetauscherturm in mehreren Kammern durch die heisse Ofenluft auf 900 °C

erhitzt. Das Vorwärmen verkürzt die Verweilzeit im Drehrohrföfen und erhöht damit die Produktionskapazität.

Die Flamme im Drehrohrföfen brennt das Rohmehl bei 2000 °C. Die Hitze wandelt das Ofenmehl bei 1450 °C in einem chemischen Prozess zu Kalzium-Silikat-Kristallen um, dem so genannten Zementklinker. Ein kräftiger Luftstrom kühlt den Klinker sehr schnell auf unter 100 °C ab.

Die erhitzte Luft wird am Ausgang des Ofens in den Wärmeaustauscher geleitet. Die Wärmerückgewinnung der Kühlluft und der Einsatz der heissen Ofenluft im Wärmetauscher sorgen für eine optimale Ausnutzung der eingesetzten Energie.

**Z**wischenlagern, mahlen, analysieren...

In grossen Silos oder Halden lagert der gekühlte Klinker, bevor er zu Zement verarbeitet wird. Die Zementmühle ver-

mahlt den Klinker zusammen mit zirka fünf Prozent Gips zum eigentlichen Zementpulver. Um die Eigenschaften des Zements für spezielle Anwendungen anzupassen, können weitere Zusätze wie Kalkstein oder Flugasche beim Mahlprozess beigemischt werden.

Der gesamte Produktionsprozess wird mit verschiedenen Probenahmen überwacht. Dafür verwenden die Zementwerke die modernsten Mess- und Analysegeräte und garantieren eine konstant hohe Qualität des Zements.

**A**bpacken, verladen, transportieren...

Von der Mühle wird der Zement zu den Zementsilos gefördert. Modernste Anlagen packen einen Teil des fertigen Zements in Säcke ab. Den weitaus grösseren Teil transportieren Silofahrzeuge zu den Kundinnen und Kunden. Der Versand erfolgt hauptsächlich per Bahn und im Nahbereich per Lastwagen.



Foto: Stefan Binder

*Den weitaus grösseren Teil des Zements transportieren Silofahrzeuge zu den Kundinnen und Kunden.*

**Ablaufschema der Zementherstellung**

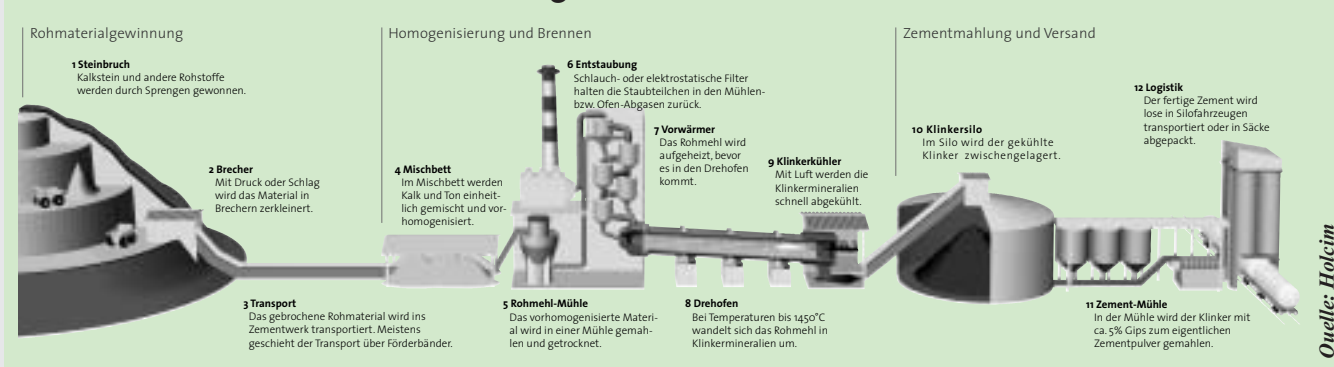




Foto: Stefan Binder



Foto: Stefan Binder

In der Jura Cement Wildegg werden alternative Brennstoffe eingesetzt, zum Beispiel Altreifen.

## Abfälle als Ersatzbrennstoffe

Um im Drehofen Temperaturen bis 2000 °C zu erreichen, ist neben einer aufwändigen und ausgefeilten Technologie eine grosse Menge geeigneter Brennstoffe erforderlich. Kohle und Mineralöl sind schon seit Jahrzehnten die Energieträger, die bei der Zementherstellung in grossen Mengen eingesetzt werden. Sie bilden auch heute noch einen wichtigen Bestandteil bei der Zementproduktion. Ein Teil der Kohle und des Mineralöls wurde jedoch in neuerer Zeit durch brennbare Abfälle mit hohem Heizwert, zum Beispiel Altreifen und Kunststoffabfälle, ersetzt.

## Abfälle als Rohstoffersatz

Grosse Mengen von mineralischen Abfällen finden als Rohmehlersatzstoffe den Weg in die Zementwerke. Es sind dies beispielsweise mit Öl oder anderen organischen Schadstoffen verunreinigtes Erdreich oder verunreinigter Betonabbruch. Allerdings ist die Verwertung solcher Abfälle im Zementwerk nur erlaubt, wenn dieses über eine geeignete Rauchgasreinigung verfügt.

## Abfälle als Ersatzkorrekturstoffe

Im Steinbruch abgebautes Rohmaterial für die Zementproduktion muss genügend Silizium aufweisen. Ist dies nicht der Fall, muss Quarzsand zugegeben werden. Dafür kann zum Beispiel Giesserei-Altsand eingesetzt werden. Voraussetzung ist, dass die am Sand anhaftenden Rückstände wie Schwermetalle und Bindemittel die Abluftqualität des Zementwerks nicht verschlechtern und sich im Zement keine Schadstoffe anreichern.

## Gründe für den Einsatz von Abfällen

Es gibt mehrere Gründe, die den Einsatz von geeigneten Abfällen im Zementwerk wirtschaftlich attraktiv und ökologisch sinnvoll machen:

- Der Verbrauch an Primärenergie Erdöl und Kohle wird gesenkt.
- Der Abbau von Gesteinen im Steinbruch kann reduziert werden.
- Die im Zementwerk eingesetzten Abfälle müssen nicht aufwändig deponiert werden.
- Die Kosten bei der Abfallentsorgung sinken.

Bereits im Umweltschutzgesetz (USG) vom 7. Oktober 1983 wurde die Verwertungspflicht gesetzlich verankert. Als Folge davon hat die stoffliche und/oder energetische Verwertung von Abfällen gegenüber der Deponierung an Bedeutung gewonnen. Der Einsatz von geeigneten Abfällen im Zementwerk kommt dieser Verwertungspflicht nach.

## Grundsätze für den Einsatz von Abfällen

Abfälle dürfen nur dann in der Zementindustrie entsorgt werden, wenn dies für die Umwelt vorteilhafter oder mindestens gleichwertig ist als ein anderer Entsorgungsweg. Dem Einsatz von Abfällen sind klare Grenzen gesetzt. Die physikalischen oder chemischen Eigenschaften der Abfälle können den Herstellungsprozess des Zements erschweren, zu Störungen führen oder gar die Qualität des Zements beeinträchtigen. Schadstoffreiche Abfälle eignen sich deshalb nicht für die Zementherstellung. Es liegt im Interesse der Zementwerke, die eingesetzten Abfälle ständig auf ihren Schadstoffgehalt zu überprüfen. Nur möglichst sortenreine, in der

Qualität gleich bleibende, schadstoffarme Abfälle eignen sich für den Einsatz in der Zementproduktion.

Der Schadstoffgehalt des Zements soll sich durch das Ersetzen von Rohstoffen und Energieträgern mit Abfallstoffen nicht erhöhen, und die Umweltauswirkungen des Zementwerks sollen sich nicht verschlechtern.

## Regelungen auf Bundesebene

Um diese Grundsätze beim Einsatz von Abfällen im Zementwerk einzuhalten, wurde vom Bund ein Regelwerk erarbeitet. Mitgewirkt haben Zementindustrie, Entsorgungsbranche, Wissenschaft und die Kantone. Zentrales Dokument ist die «Richtlinie zur Abfallentsorgung in den Zementwerken» (BUWAL 1998). Sie enthält verbindliche Vorgaben, beispielsweise die allgemeinen Richtwerte für den maximalen Schadstoffgehalt eines Abfalls oder eine Liste zugelassener Abfälle (Positivliste). Das Regelwerk ist für die Zementindustrie eine zuverlässige Basis



Foto: Stefan Binder

Nur möglichst sortenreine, in der Qualität gleich bleibende, schadstoffarme Abfälle, zum Beispiel Kunststoffabfälle, eignen sich für den Einsatz in der Zementproduktion.



für die längerfristige Planung des Einsatzes von Alternativstoffen und der notwendigen Investitionen. Die Richtlinie ist für die Kantone Grundlage, um ihre Funktion als Aufsichtsbehörde wahrzunehmen.

Für die Aktualisierung der Richtlinie, beispielsweise die Änderung von Richtwerten oder der Einsatz neuer Abfallarten, hat das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) eine ständige Revisionskommission eingesetzt. Darin sind die gleichen Kreise wie bei der Erstellung der Richtlinie vertreten.

### **S** Standortgemeinde wird mit einbezogen

Die Hauptverantwortung beim Einsatz von Abfällen liegt bei den Zementwerken selbst (Eigenverantwortung). Sie haben mit den geeigneten Mitteln den Nachweis zu erbringen, dass diese ohne nachteilige Umweltauswirkungen bei der Zementproduktion eingesetzt werden können.

Die kantonale Behörde steht in regelmässigem Kontakt zu den Verantwort-

lichen des Zementwerks. Sie führt von Zeit zu Zeit Kontrollen vor Ort durch. Die Zementwerke haben die kantonalen Fachstellen in regelmässigen Abständen über die Art und Menge der eingesetzten Abfälle zu informieren (Halbjahres- und Jahresberichte). Die Resultate der von den Zementwerken durchgeführten Eingangskontrollen und chemischen Analysen des eingesetzten Materials dienen der Behörde dazu, den vorschriftsmässigen Einsatz der Abfallstoffe zu überprüfen. Bezüglich der Auswirkungen auf die Umwelt verlangt die kantonale Behörde ein entsprechendes Umweltmonitoring (Umweltüberwachung).

Der Einsatz einer neuen Abfallart, die in den Aargauer Zementwerken eingesetzt werden soll, muss bei der Abteilung für Umwelt (AfU) vorgängig schriftlich angemeldet werden. Nach der Prüfung des Antrags mithilfe der Umweltschutzgesetzgebung und der Richtlinie zur Entsorgung von Abfällen in Zementwerken wird der Entscheid mit der entsprechenden rechtlichen Begründung in Form einer schriftlichen Zustimmung oder Ablehnung eröffnet. Dabei wird

auch die Gemeinde als Baubehörde und lokale Umweltbehörde mit einer Vernehmlassung eingebunden. Gewisse Fragestellungen über den Abfalleinsatz im Zementwerk werden bereits im Rahmen von Baubewilligungsverfahren geregelt, z. B. mithilfe einer Umweltverträglichkeitsprüfung. Eine gute Zusammenarbeit zwischen Standortgemeinde, kantonaler Behörde und Zementwerk ist somit unabdingbar.

### **A** bluft wird regelmässig gemessen

Die Zementherstellung ist ein komplexer technischer Prozess. Die grössten Auswirkungen auf die Umwelt haben

- die Rohstoffaufbereitung;
- der Brennprozess;
- das Mahlen des Klinkers zu Zement.

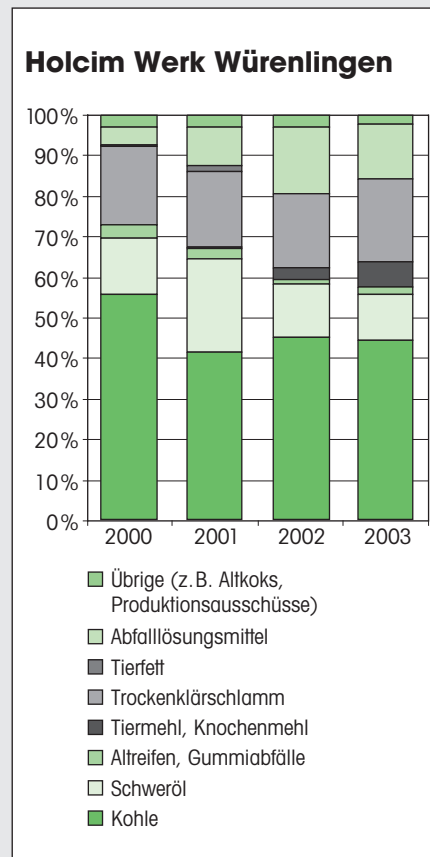
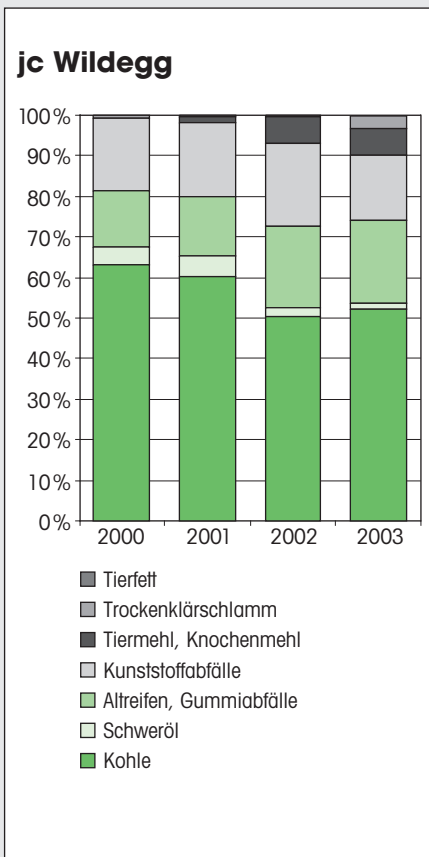
Bei diesen drei Prozessen werden am meisten Schadstoffe freigesetzt. Bei den Emissionen im Zusammenhang mit dem Einsatz von Abfällen als Brennstoff, Korrektur- oder Rohstoff gilt der Grundsatz, dass sich die Abluftqualität durch den Abfalleinsatz nicht verschlechtern darf.

Der Einsatz von Abfällen mit flüchtigen Schadstoffen wie Kohlenwasserstoffen ist nur im Zementwerk in Würenlingen erlaubt. Nur dieses Werk verfügt über eine Abluftreinigung mit einem Aktivkohlefilter. Damit wird sichergestellt, dass keine flüchtigen Schadstoffe über die Abluft in die Umwelt entweichen können.

Durch den gezielten Einsatz bestimmter Abfälle kann die Abluftqualität des Zementwerks sogar verbessert werden. So werden beispielsweise ammoniakhaltige Fotoabwässer zur Reduktion der Stickoxidemissionen eingesetzt.

Neben der kontinuierlichen Überwachung der Stickoxidemissionen führen die Zementwerke periodische Emissionsmessungen aus. Dabei werden unter anderem folgende Schadstoffe gemessen: Kohlenmonoxid, Stickoxide, Staub, verschiedene Schwermetalle, die kancerogenen Stoffe Cadmium und Benzol, Chlor- und Ammoniumverbindungen sowie Dioxine und Furane.

Die bisherigen Messergebnisse der beiden Aargauer Zementwerke zeigen, dass die Emissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung eingehalten werden.



Eingesetzte Brennstoffe in Prozent des Energieverbrauchs pro Werk