

**Das Ton-Abbaugelände** der Firma Nottenkämper liegt im Gartroper Busch bei Hünxe in Nordrhein-Westfalen. Lkw transportieren den Ton aus der Grube zu den Kunden. Foto: Nottenkämper

# Der gute Ton

Bei der Herstellung von Zement können durch den Einsatz von Ton in Deutschland und weltweit Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Die alte Technik der Römer wurde von der Firma Nottenkämper aus Nordrhein-Westfalen in Zusammenarbeit mit der Bauhaus Universität Weimar für den an ihrem Standort befindlichen Ton weiterentwickelt.

*Thomas Eckerth*

**Z**ement ist der wichtigste Baustoff der Welt. Fast kein Neubau kommt ohne ihn aus. Sein wichtigster Bestandteil ist Zementklinker. Und ausgerechnet dieser Ze-

mentklinker ist ein globaler CO<sub>2</sub>-Sünder. Schlimmer als die Mobilität und alle Rechenzentren weltweit zusammen.

Doch durch die Nutzung von Ton bei seiner Herstellung können die hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen dramatisch verringert

werden – wissenschaftliche Tests, die die Firma Nottenkämper aus Hünxe in Nordrhein-Westfalen gemeinsam mit der Bauhausuniversität Weimar durchführt hat, sind erfolgreich verlaufen. Erste Gespräche mit großen Playern in der Zementin-



dustrie laufen. Global werden laut WWF Deutschland jährlich mehr als 4,6 Mrd. t Zement verbaut, bei dessen Herstellung 2,8 Mrd. t CO<sub>2</sub> anfallen.

Das sind fast 8 % der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Wäre die Zement-Industrie ein Staat, sie läge bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen an dritter Stelle hinter China und den USA. Die weltweite Bautätigkeit wird in Zukunft noch zunehmen. Also muss dringend eine Lösung her.

## So entsteht das CO<sub>2</sub>

Wird eine Tonne Zementklinker hergestellt, entstehen etwa 800 kg CO<sub>2</sub>. Denn Zementklinker als Hauptbestandteil des herkömmlichen Zementes muss bei Temperaturen von mehr als 1 450 °C gebrannt werden. Für den hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei der Zementherstellung sind vor allem zwei Prozesse verantwortlich:

- Die Beheizung des Drehrohrofens, in dem der Zementklinker hergestellt wird sowie
- der chemische Prozess bei der Entsäuerung von Kalkstein.

Durch Verbesserungen in der Ofentechnik und Filteranlagen wurden die Emissionen seit 1990 kontinuierlich gesenkt. Der Wert der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Tonne Zement im Jahr ist heute immerhin um etwa 22 % niedriger als damals.

Heute entsteht bei Temperaturen von 1 450 °C aus dem Kalziumcarbonat des Kalksteins unter Kohlenstoffdioxidabspaltung Kalziumoxid. Das ist der Hauptbestandteil des Zements. Die chemische Formel für die Umwandlung ist:



Diese chemische Reaktion ist für etwa 60 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Produktion des Baustoffs verantwortlich.

## Die Lösung

Deutschland soll spätestens bis zum Jahr 2045 klimaneutral sein. Dafür muss der Anteil von Klinker im Zement dringend gesenkt werden. Wichtige Zusatzstoffe wie Hüttensand und Flugasche werden nach dem Umbau der Stahlindustrie und der Energiewirtschaft in Deutschland allerdings kaum mehr oder gar nicht mehr zur Verfügung stehen.

Aber es gibt eine Lösung: Der klimaschädliche Zementklinker lässt sich vollständig durch kalzinierten Ton ersetzen. Das haben die Versuche an der Bauhausuniversität Weimar unter der Leitung von Prof. Horst-Michael Ludwig gezeigt. Die 800 kg CO<sub>2</sub> je produzierter Tonne Zementklinker können so auf bis zu 120 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne gesenkt werden.

Und es gibt mehr Argumente für den Einsatz „kalzinierten Tons“ in der Zementindustrie:

- Sie sind weltweit als natürliche Ressource verfügbar und haben einen relativ geringen Preis.
- Kalzinierte Tone, die bei der Zementherstellung eingesetzt werden können, emittieren im Herstellungsprozess kein CO<sub>2</sub>, lediglich Wasserdampf. Sie generieren aber eine hohe Festigkeit, und
- Ton kann in Massenzementen ebenso eingesetzt werden wie als Problemlöser in Betonapplikationen. Auch bei der Gipsherstellung kann Ton in Zukunft eine Hauptrolle spielen.

## Kalziniierung

Der Begriff „Kalziniierung“ oder „Kalzinieren“ bezeichnete ursprünglich das Kalkbrennen, also die Entsäuerung von Kalkstein. Der Wortstamm von „Calcinieren“ oder „Calcination“ kommt vom lateinischen „Calx“ für Kalkstein.

Auch wenn der Begriff im engeren Sinn nur das Dekarbonisieren und die Dehydratisierung benennt, wird er heute für eine Vielzahl thermischer Prozesse genutzt, bei denen eine Hochtemperaturbehandlung stattfindet. Ziel kann es dabei sein, feste Stoffe zu erhitzen, zu entwässern, zu zersetzen oder chemisch umzuwandeln.

Können Tonmineralien wie Zement auch „Puzzolane“ sein? So werden Stoffe genannt, die bei Wasserzugabe festigkeitsbildend reagieren können. Beim Zement sind das Anteile von Kalziumoxid (CaO), Siliziumdioxid (SiO<sub>2</sub>) und Aluminiumoxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), die in Gegenwart von Wasser erhärtungsfähige Kalziumsilikathydrate bilden.

Um sogenannte „puzzolanische“ Eigenschaften zu erreichen, die den Beton nachhärten lassen, müssen die Tone durch den Kalzinierungsprozess in einen weitgehend amorphen Zustand überführt werden. Die hierfür notwendige Temperatur hängt von der Sorte des Tonminerals ab. Sie steigt in der Reihung Kaolinit (600 - 700 °C) über Montmorillonit (800 - 900 °C) bis hin zum Illit (900 - 1 000 °C) an, wobei neben der Maximaltemperatur noch andere Brennbedingungen wie die Verweilzeit eine große Rolle spielen.

## Neue Chancen

Für Deutschland tun sich durch den Einsatz kalzinierten Tons bei der Zementherstellung neue Chancen auf. Denn Deutschland exportiert Zement in alle Welt. Auch die Innovationskraft des deutschen Anlagenbaus kann durch die Entwicklung und die Ausfuhr CO<sub>2</sub>-minimierter Zementwerke neue globale Märkte erschließen.

Auch im Binnenmarkt werden sich Geschäftsfelder verändern. Traditionsbetriebe wie die Hünxer Firma Nottenkämper bauen seit vielen Jahren Ton ab. Jetzt hat das Familienunternehmen, das die Forschungen gemeinsam mit der Universität Weimar betreibt, erste vielverspre-

chende Kontakte zu großen Zementherstellern aufgenommen, die sich für den Einsatz kalzinierten Tons interessieren.

## Geeigneter Ton

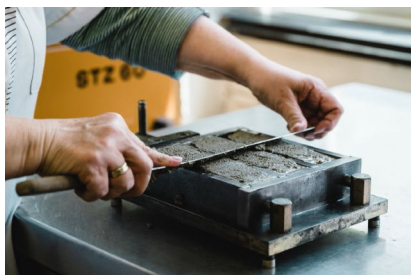
Tone bestehen nach geologischer Nomenklatur aus Mineralpartikeln kleiner 20 µm und einem silicatischen Tonmineralanteil mit Partikelgrößen kleiner 2 µm. Für die Verwendung in der Zementherstellung sind Tone mit hohem Anteil an Schichtsilikaten von Bedeutung. Ein typisches Zweischicht-Tonmineral ist Kaolinit: Die eine Schicht besteht aus Silikat ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) in Tetraeder-Form, die andere aus Oktaedern aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) oder Magnesiumoxid ( $\text{MgO}$ ). Diese Schichtstruktur ist für die thermische Aktivierbarkeit entscheidend und Voraussetzung für das puzzolanische Reaktivitätsvermögen.

Um kalzinierte Tone zukünftig als Hauptbestandteil im Zement zu nutzen, braucht es keine reinen Tone, sondern muss auf stärker „verunreinigte“ Tone zurückgegriffen werden. Sie weisen etwa als Haupttonmineral nicht nur Kaolinit sondern auch Montmorillonit oder gar Illit auf. Solche verunreinigten Tone sind sehr weit verbreitet – auch auf dem Gelände der Firma Nottenkämper.

Die Zementindustrie muss dadurch, anders als bei kaolinitreichen Tönen, nicht in einen kostenintensiven Wettbewerb mit anderen Industrien wie der Papierindustrie oder der keramischen Industrie treten. 20 % der Kaoline werden bei der Herstellung von Gummi, Farben, Lacken und Kunststoffen eingesetzt. Als Füll- und Trägerstoff wird Kaolin auch



An der Bauhaus-Universität Weimar wird mit Zement und unterschiedlichen Anteilen von Ton experimentiert ... Foto: Henry Sowinski



... anschließend wird der Baustoff geglättet, getrocknet und auf Eigenschaften wie Druckfestigkeit getestet. Foto: Henry Sowinski



Ein gebrannte Test-Ziegel aus Zement mit Ton wird einer Druckprüfung unterzogen. Foto: Henry Sowinski

für Medikamente, Insektizide, Herbizide, Düngemittel genutzt.

## Die Stimmen

Der Ton der Firma Nottenkämper weist alle Voraussetzungen für den Prozess auf. „Wir freuen uns, dass unser Ton sich so gut für die nachhaltige Herstellung von Zement eignet“, sagt Geschäftsführerin Pia Nottenkämper. Das erschließe der Firma neue Geschäftsfelder und „wir können gleichzeitig helfen, die  $\text{CO}_2$ -Emissionen in Deutschland zu senken“.

Sehr zuversichtlich ist auch Prof. Horst-Michel Ludwig, Institutsdirektor für Baustoffkunde an der Bauhaus-Universität. Er hat in vielen Versuchsreihen das neue Verfahren getestet und erinnert sich: „Die Firma Nottenkämper hat uns 2018 einen Vertreter nach Weimar geschickt, der hatte einen Beutel mit Ton dabei. Dann haben wir erste Versuche gemacht.“

Die Zementindustrie ist gezwungen, auf neue Rohstoffe zu setzen, wenn sie in Zukunft wirtschaftlich und nachhaltig arbeiten will. Zunächst wären wegen der technischen Umstellung hohe Anfangsinvestitionen nötig. Doch das wird offenbar in Kauf genommen. Hans Günter Nottenkämper ist Co-Geschäftsführer der Firma Nottenkämper: „Wir sind mit den Versuchen an der Uni Weimar schon sehr weit fortgeschritten. Der technischen Umsetzung steht nichts mehr im Wege. Kontakte zur Zementindustrie sind vorhanden. Das ist Interesse ist sehr groß.“

Kalzinierte Ton als neuer Hoffnungswert in der Industrie und beim Kampf gegen die Erderwärmung. In diesem Fall gibt es eigentlich nur Gewinner. Vor allem das Klima, erklärt Ludwig. „Im Grunde arbeiten wir gerade am Zement der Zukunft: am grünen Zement.“

www.nottenkaemper.de

VDI Fachmedien GmbH & Co. KG, Düsseldorf 2022



Die durch den Tonabbau entstehenden Gruben werden mit ungiftigen, mineralischen Abfällen gefüllt, mit einem Deckel aus Ton geschlossen und anschließend aufgeforstet. Foto: Nottenkämper



Thomas Eckert

Mitglied der  
Geschäftsführung  
Nottenkämper

t.eckert@nottenkaemper.de

Foto: Nottenkämper