

# ZEMENT GESTALTET VISIONEN

NACHHALTIGKEITSUPDATE 2015  
DER ÖSTERREICHISCHEN ZEMENTINDUSTRIE

**VÖZ**  
VEREINIGUNG DER ÖSTERREICHISCHEN  
ZEMENTINDUSTRIE



# VISIONEN REALISIEREN

## SEHR GEEHRTE DAMEN UND HERREN,

die Redewendung, in jeder Krise liegt auch eine Chance, ist mittlerweile überstrapaziert. Das wundert nicht, denn Europa taumelt von einer Krise in die nächste. Die Wirtschaftskrise ist noch nicht überwunden, da katapultiert uns der Flüchtlingsstrom in eine handfeste innere Vertrauens- und Solidaritätskrise. Bei allem Verständnis für die Schwierigkeiten, hier einen Ausgleich zu finden, ist dieser

wichtiger denn je. Doch Europa steckt seit Jahren auch in einer politischen Krise und findet ungeachtet der immer größer werdenden Herausforderungen keinen Ausweg.

Wie können wir also diese Krisen überwinden? Wo liegen die Chancen, die es zu erkennen und zu nutzen gilt? Die zunehmende Abkehr von einer Politik des Miteinanders, hin zu einer der nationalen Einzelinteressen, scheint mir jeden-



falls kein aussichtsreicher Weg zu sein. Denn wie uns der internationale Terror jüngst schmerzlich vor Augen führte, können wir uns nicht abschotten vor globalen Entwicklungen. Im Gegenteil, wir müssen die nationalen Selbstbezogenheiten überwinden und den Mut aufbringen, Europa wieder groß zu denken. Nur so können wir verhindern, dass die EU weiter an Einfluss verliert und letztlich ihre Interessen und Werte nicht mehr durchzusetzen vermag.

Auch aus wirtschaftspolitischer Sicht brauchen wir ein starkes, handlungsfähiges Europa, das die Rahmenbedingungen für einen wettbewerbsfähigen Standort schafft. Davon sind wir derzeit weit entfernt. Zu groß ist die Abhängigkeit im Bereich Rohstoffe und Energie, und das noch vor zwei Jahren gefeierte europäische Ziel einer Reindustrialisierung ist mittlerweile völlig in der Versenkung verschwunden.

In der öffentlichen Wahrnehmung könnte man selbigen auch vom Emissionshandel behaupten, was wohl daran liegt, dass dieser – elf Jahre nach seiner Einführung – noch immer keine innovationsfördernden Impulse entfaltet. Im Gegenteil, er hat sich zu einem hoch bürokratischen Zertifikateverwaltungsregime entwickelt, das den Wettbewerb durch seine Rückwärtsgeandtheit empfindlich stört. In den nächsten Monaten hat Europa die Chance, das gescheiterte Emissionshandelssystem auf neue Beine zu stellen. Meine Hoffnung ist, dass sich die Reformer gegenüber den Bewahrern durchsetzen.

Angesichts der anhaltend schwierigen Rahmenbedingungen ist es umso erfreulicher, dass die heimische Zementindustrie im letzten Jahr, bei einer um ca. 4% gestiegenen Zementversandmenge, den Umsatz um 4,4% steigern konnte. Auch bei den Investitionen in den Umweltschutz hat die Branche Mut zur Innovation gezeigt und zwei weltweit erstmals in der Zementindustrie eingesetzte Emissionsminderungstechnologien gebaut. Im Zementwerk Wiedersdorf wurde eine Forschungsgroßanlage zur Quecksilberabscheidung errichtet und erfolgreich in Betrieb genommen, im Zementwerk Kirchdorf eine sogenannte DeCONOX-Anlage. Letztere ermöglicht durch die erstmalige Kombination von thermischer Nachverbrennung und Katalysatorstechnologie, dass sowohl organische Schadstoffe zerstört als auch Stickoxide reduziert werden.

Nach den Ereignissen im Kärntner Görtschitztal, die dort zu einer Freisetzung und Anreicherung von HCB geführt haben, hat die Zementindustrie im Rahmen eines 3-Punkte-Programms versprochen, das Umwelt-Investitionsprogramm fortzusetzen. Die oben angeführten Beispiele zeigen, dass wir dieses Versprechen einlösen und trotz mangelnder Planungssicherheit weiterhin in den Umweltschutz investieren. Darüber hinaus hatten wir angekündigt, einen wissenschaftlich fundierten Leitfaden zum Einsatz zukünftiger Ersatzrohstoffe zu beauftragen und zu diesem Thema intensiv mit den Behörden zusammenzuarbeiten. Der Leitfaden „Einsatz alternativer Rohstoffe im Zementherstellungsprozess“ ist seit September 2015 fertiggestellt und kann auf unserer Webseite unter Service > Publikationen heruntergeladen werden. In Fertigstellung befindet sich

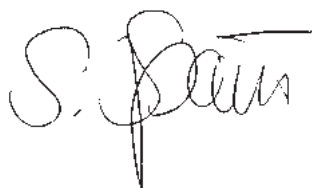
aktuell eine vom BMLFUW und den Ländern erarbeitete Richtlinie zum Einsatz von Ersatzrohstoffen.

Eine von der VÖZ beauftragte und jüngst veröffentlichte Studie über die sozial- und regionalwirtschaftlichen Effekte der Zementindustrie zeigt auf, wie wichtig die einzelnen Werke als Impulsgeber in den Standortregionen sind. Neben den direkten Beschäftigungs-, Umsatz- und Wertschöpfungseffekten wurden im Zuge dieser Studie auch die indirekten Effekte berechnet, die durch die Zementindustrie induziert werden und von denen großteils die jeweiligen Standortregionen profitieren. Die regionale Verankerung und Bedeutung der Zementindustrie wird unter anderem daran deutlich, dass über 96% der Mitarbeiter im Standortbundesland der jeweiligen Werke wohnhaft sind, mehr als 79% im Standortbezirk. Die Studie steht ebenfalls auf unserer Webseite unter Service > Publikationen zur Verfügung.

Der Nutzen der Zementindustrie wird allerdings nicht ausschließlich durch die wirtschaftlichen Effekte bestimmt, die mit der Produktion einhergehen, sondern vor allem über die Qualität der Produkte und deren Anwendungsmöglichkeiten. Damit sind wir im Wirkungsbereich der Smart Minerals GmbH. Diese Gesellschaft, die zu je 50% im Eigentum der TU Wien und der VÖZ steht, wurde vor drei Jahren gegründet. Erste Erfolge der vertieften Zusammenarbeit mit der TU Wien belegen die Richtigkeit dieses Schrittes. Stellvertretend möchte ich die geplante Forschungs Kooperation „Textile reinforced concrete for maintenance“ mit dem Institut für Tragkonstruktionen, Forschungsbereich Stahlbeton- und Massivbau, erwähnen, welche sich gemeinsam mit weiteren Partnern (w&p und V-Trion) mit der Anwendbarkeit textiler Bewehrung für die Betoninstandsetzung beschäftigt.

Welche Bedeutung Zement im „Bauwerk der Zukunft“ haben und welchen Nutzen die Gesellschaft daraus ziehen kann, wird deutlich, wenn man sich mit der Thematik Energiespeicher Beton befasst. Die Zementindustrie tut das in ihrem Bestreben, über den Tellerrand zu blicken und nicht nur den Baustoff, sondern das gesamte Bauwerk zu optimieren. Die jahrelange praxisnahe Forschung, die durch die VÖZ initiiert und begleitet wurde, belegt eindrucksvoll, welches Potenzial diese Technologie für das nachhaltige Bauen und Sanieren der Zukunft hat.

Dementsprechend ist der Titel „Zement gestaltet Visionen“, mit dem wir dieses Nachhaltigkeitsupdate 2015 überschrieben haben, durchaus wörtlich zu verstehen. Ich wünsche eine anregende und informative Lektüre.



Ihr DI Sebastian Spaun





Die VÖZ hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Forschung und Entwicklung im Bereich der Bauteilaktivierung zu forcieren und das gesicherte Wissen den relevanten Personengruppen näherzubringen. Aktuelles Beispiel: Der Planungsleitfaden „Energiespeicher Beton“.

## ENERGIESPEICHER BETON

### „WIE DIE ENERGIE IN DEN BETON KOMMT UND SIE IHR HAUS DAMIT KOMFORTABEL HEIZEN UND KÜHLEN KÖNNEN“

„Weil der Beton is ned deppert“, sagt Karl Merkatz in einem bekannten TV-Werbespot. Und recht hat er! Beton hat tatsächlich viele Eigenschaften, die – wenn man sie intelligent nutzt – für höchsten Wohnkomfort sorgen. So ist Beton ein hervorragender Wärmespeicher und im Gegensatz zu anderen Baustoffen auch ein sehr guter Wärmeleiter. Das kann man sich für die Temperierung von Gebäuden zunutze machen.

Bei der Thermischen Bauteilaktivierung (TBA), so der Fachbegriff, werden in konstruktive Betonbauteile mit großen Oberflächen – ideal eignen sich Geschoßdecken – Rohrleitungen eingelegt. Durch diese wird je nach Bedarf warmes oder

kühles Wasser geleitet, das die Wärme oder Kälte an den Beton abgibt. Die gesamte durchflossene Betondecke wird dadurch als Speichermasse und Übertragungsfläche thermisch aktiviert.

Ein Bauteil thermisch zu aktivieren, bedeutet zunächst, bewusst eine Änderung der Temperatur dieses Bauteils herbeizuführen. Eine Temperaturerhöhung löst einen eigenständig tätigen Wärmefluss in die angrenzenden Räume und Bauteile aus. Die Übertragung der Wärme erfolgt überwiegend in Form von Strahlungswärme und Wärmeleitung, die Konvektion spielt wegen der sehr geringen Temperaturunterschiede eine sehr untergeordnete Rolle. Der Wärmetransport findet statt,

bis die Raumtemperatur und die Oberflächentemperatur der raumbildenden Bauteile ausgeglichen sind. Im Fall der Kühlung von Räumen wird die aktivierte Decke abgekühlt und dient so zur Speicherung von überschüssiger Raumwärme.

Diese nach den Gesetzen der Thermodynamik ablaufende Selbstregulierung der Temperatur ist das zentrale Element der Funktionsweise der TBA.



## IST DAS ETWAS NEUES?

Vom Prinzip her nicht. Vor allem im Gewerbebau kommt die TBA schon seit einigen Jahren zum Einsatz. Oft dient sie als ergänzendes System, meist zur Kühlung des Gebäudes. Mittlerweile ist der Stand der Technik so weit entwickelt, dass auch Wohngebäude alleine mit diesem System komfortabel beheizt und gekühlt werden können. Gerade dann, wenn sichergestellt ist, dass keine zusätzliche Heizung benötigt wird, stellt die Bauteilaktivierung eine sehr attraktive Planungsvariante dar.

## WELCHE VORAUSSETZUNGEN MÜSSEN ERFÜLLT SEIN?

Möchte man ein Bauwerk ausschließlich mit diesem System temperieren, gilt es darauf zu achten, dass die Heizlast nicht zu groß ist und dass im Gebäude ausreichend thermisch aktivierbare Bauteile vorgesehen sind. Mittlerweile belegen zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen und empirisch gesicherte Daten, dass in sehr gut gedämmten Gebäuden die zur Verfügung stehende Deckenfläche leicht ausreicht, um die Heizlast allein über eine TBA zu decken. Eine Lüftungsanlage mit inte-

grierter Wärmerückgewinnung ist nicht unbedingt nötig, aber von Vorteil.

Wichtig ist außerdem, dass schon in der Planungsphase und auch später in der Bauausführung eine gute Kommunikation und Abstimmung zwischen Architekt oder Baumeister und den Fachplanern besteht und dass diese mit dem Stand der Technik vertraut sind.

## WOHER KOMMT DIE BENÖTIGTE ENERGIE?

Aufgrund der großen Übertragungsflächen reichen Vorlauftemperaturen, die im Heizfall knapp über und im Kühlfall knapp unter der Solltemperatur der Räume liegen. Daher ist die TBA prädestiniert für den Einsatz von Umweltenergie. Die am häufigsten genutzten Energiequellen sind die Luft, die Sonne, das Erdreich oder das Grundwasser. Auch für die eventuell benötigte Elektrizität eignen sich erneuerbare Quellen sehr gut. Witterungsbedingte Schwankungen, wie sie vor allem bei Windkraft, Solarthermie und Photovoltaik auftreten, können durch das Speichervermögen des Betons gepuffert und die Kosten für den Betrieb dadurch sehr niedrig gehalten werden.

## PILOTPROJEKT

- » Einfamilienhaus in Passivbauweise mit ca. 120 m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche
- » Bauzeit von Juli bis Dezember 2015
- » Sole/Wasser-Wärmepumpe für Raumwärme und Warmwasser
- » Erd-Flächenkollektor mit einer Länge von rund 200 Laufmetern, geteilt auf zwei Kreise
- » Warmwasser-Pufferspeicher mit 1.000 Liter Fassungsvermögen
- » Wärmepumpe wird weitestgehend mit überschüssigem Spitzenstrom aus Windkraft betrieben
- » Errechneter jährlicher Strombedarf der Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser: 1.650 kWh



Pilotprojekt: Der Einbau der Rohrleitungen zur thermischen Aktivierung der Decke ist unkompliziert und kostengünstig.





## WIE FUNKTIONIERT DAS TECHNISCH?

*Grundsätzlich kann der Bauherr zwischen vielen Systemvarianten und Energiequellen wählen, die sich je nach Gegebenheiten vor Ort (z.B. Beschaffenheit des Bauwerks, Sonneneinstrahlung, Einspeisemöglichkeit von Überschussenergie) und Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Kosten für Betrieb und Wartung) anbieten.*

Nachfolgend werden drei grundlegende Systemvarianten beschrieben, mit denen man sich die Speicherfähigkeit des Betons bestens zunutze machen kann.

### 1. SYSTEMVARIANTE: BAUTEILAKTIVIERUNG MIT SOLAROTHERMIE

Diese Variante kommt vor allem an Standorten mit ausreichender Besonnung in den Übergangszeiten in Frage. Wenn Solarwärme zur Verfügung steht, wird diese über das Rohrsystem im Beton eingelagert. Sobald die maximale Kerntemperatur der Geschoßdecke oder die Obergrenze der gewünschten Raumtemperatur erreicht ist, wird keine weitere Wärme zugeführt. Überschüssige Energie wird zur Bereitstellung des Warmwassers verwendet und kann

gegebenenfalls auch in lokale Wärmenetze eingebracht werden.

Obwohl unter günstigen Voraussetzungen ein solarer Deckungsgrad von bis zu 100% erreicht werden kann, ist es bei dieser Systemvariante notwendig, einen zusätzlichen Wärmeerzeuger vorzusehen. Die einfachste Variante ist der Einbau eines Heizstabes in den Wasserspeicher.

Diese relativ einfache Systemvariante überzeugt durch hohe solare Erträge und geringe Investitionskosten. Die Kühlung eines Gebäudes über die Bauteilaktivierung ist bei dieser Variante, im Gegensatz zu den beiden folgenden, allerdings nicht möglich.

### 2. SYSTEMVARIANTE: BAUTEILAKTIVIERUNG MIT PHOTOVOLTAIK UND WÄRMEPUMPE

Die Kombination Wärmepumpe und PV-Anlage erfreut sich in Österreich zunehmender Beliebtheit. Mittels intelligenter Regelstrategien wird dabei versucht, einen möglichst großen Anteil des Stromverbrauchs der Wärmepumpe mit vor Ort produziertem PV-Strom abzudecken. Dieses Konzept lässt sich durch die Funktionsweise des Energiespeichers Beton optimieren.

Mit dem Strom der PV-Anlage wird eine reversibel arbeitende Wärmepumpe betrieben, die wahlweise Wärme oder Kälte erzeugt. Diese wird wiederum in die zu aktivierenden Betonbauteile eingeleitet. Überschüssig erzeugter Strom wird von anderen Verbrauchern genutzt oder in das öffentliche Netz eingespeist. Zeiträume ohne ausreichender PV-Stromproduktion können durch die im Beton gespeicherte Energie überbrückt werden, weil die Kerntemperatur der Bauteile nur sehr langsam sinkt und sie somit weiterhin Wärme abgeben. Wird die gewünschte Raumtemperatur dennoch unterschritten, wird die Wärmepumpe kurzzeitig mit Strom aus dem Netz versorgt.

### 3. SYSTEMVARIANTE: BAUTEILAKTIVIERUNG MIT WINDENERGIE UND WÄRMEPUMPE

Im Zuge der Energiewende besteht eine der drängendsten Aufgaben darin, die phasenweise überschüssig anfallende Energie zu speichern. Die TBA stellt hier einen interessanten dezentralen Lösungsansatz dar. Natürlich müssten für eine wirksame Glättung der problematischen Netzspitzen viele bauteilaktivierte Gebäude am Stromnetz hängen. Doch jede Reise beginnt mit dem ersten Schritt - und dieser ist bereits getan.

Im Weinviertel wurde 2015 als Pilotprojekt für diese Systemvariante ein massives Einfamilienhaus mit Bauteilaktivierung errichtet. Der Strom für die Wärmepumpe wird von einem regionalen Windenergieanbieter bezogen. Das Besondere daran ist, dass es durch die Speicherkapazität des Betons möglich ist, die Wärmepumpe meist nur dann zu aktivieren, wenn der Anbieter überschüssigen Windstrom produziert. Ähnlich wie bei der Variante mit eigener PV-Stromerzeugung kann so durch die Speicherleistung von Beton und eine intelligente Regelung der Wärmepumpe ein besonders wirtschaftlicher Betrieb der Anlage erfolgen.

Als Planungsgrundlage für die Bau- und Haustechnik dieses Einfamilienhauses dienten die jahrelangen Erfahrungen eines Pioniers der TBA. Die Planwerte konnten durch Simulationen der TU Wien bestätigt werden. Dabei wurde auf Basis der regionalen Windverhältnisse vergangener Jahre berechnet, wie viel Strom für den Betrieb der Wärmepumpe unter gewissen Voraussetzungen (z.B. mit oder ohne Warmwasseraufbereitung) nötig ist und wie hoch jeweils der Anteil ist, der durch überschüssigen Windstrom gedeckt werden kann.

Die Berechnungen haben unter anderem gezeigt, dass der Strombedarf für die TBA deutlich geringer ist als für das Warmwasser und dass selbst im Szenario mit TBA und Warmwasseraufbereitung der überwiegende Teil des Strombedarfs durch überschüssigen Windstrom gedeckt werden kann.

Mit dem Einfamilienhaus im Weinviertel treten wir den Beweis an, dass das System auch in der Praxis wie berechnet funktioniert. Die VÖZ hat dazu einen Teil der Planungskosten übernommen und finanziert gemeinsam mit dem BMVIT die wissenschaftliche Begleitforschung und das Monitoring der Daten, die laufend gemessen und ausgewertet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse werden von der VÖZ und ihren Forschungspartnern veröffentlicht und aktiv an die relevanten Anwendergruppen herangetragen.

#### WAS GIBT ES ZU BEDIENUNGSKOMFORT UND TEMPERATURREGELUNG ZU SAGEN?

In einem Haus mit thermisch aktivierten Betonbauteilen übernehmen diese die Funktion einer Flächenheizung bzw. Flächenkühlung, die selbstregulierend Wärmestrahlung an den Raum abgibt und ihn dadurch temperiert. Je kleiner die Differenz zwischen der Oberflächentemperatur und anderer Objekte bzw. der Raumluft ist, desto geringer ist die Wärmeabgabe oder – im Fall der Kühlung – die Wärmeaufnahme des thermisch aktivierten Bauteils.



*Ästhetik, Komfort und Nachhaltigkeit – wer die bauphysikalischen Eigenschaften von Beton intelligent nutzt, kann mit einfacher Gebäudetechnik und geringen Betriebskosten sein Haus im Winter heizen und im Sommer kühlen.*

Dieser „Selbstregelungseffekt“ tritt nur bei Heiz- und Kühlsystemen auf, die mit sehr niedrigen Heizmitteltemperaturen bzw. verhältnismäßig hohen Kühlmitteltemperaturen arbeiten. Aufwendige Regelungsstrategien sind beim Heizen und Kühlen mit Beton daher nicht erforderlich, ebenso wenig wie laufende Eingriffe seitens der Nutzer.

#### WARUM IST DAS HEIZEN UND KÜHLEN MIT BETON BESONDERS BEHAGLICH?

Die Wärmeübertragung erfolgt fast ausschließlich über Wärmestrahlung, die als sehr angenehm empfunden wird. Der konvektive Anteil ist verschwindend gering. Es kommt daher weder im Heizfall noch im Kühlfall zu einer nennenswerten Luftzirkulation. Eine „Staubwalze“, die etwa beim Heizen mit Radiatoren auftritt und zu gesundheitlichen Beschwerden wie Reizhusten, Schnupfen oder Allergien führen kann, ist damit ausgeschlossen.

Temperaturunterschiede im Raum sind beim Heizen und Kühlen mit Beton sehr gering und selbst wenn der Boden nicht geheizt wird, ist die Befürchtung, wonach bei beheizter Decke der Fußboden kalt bleibt, unbegründet. Der Strahlungsaustausch zwischen der thermisch aktivierten Betonfläche und anderen Objekten im Raum führt dazu, dass sich die Temperaturen angleichen. Besonders wirksam funktioniert das, wenn verschieden tem-

perierte Flächen einander gut „sehen“, wie das bei Decke und Boden der Fall ist.

#### WIE VIEL KOSTET ES?

Die Investitionskosten für die TBA sind in erster Linie davon abhängig, welche Systemvariante gewählt wird. Auch die technische Ausführung einzelner Komponenten ist preisrelevant. Generell kann man jedoch sagen, dass die Investitionskosten nicht höher sind als bei einer konventionellen Fußbodenheizung.

Auch die laufenden Kosten für das Heizen und Kühlen mit Beton sind äußerst gering. Ein Grund dafür ist, dass die Vorlauftemperatur zwischen 20°C (im Kühlfall) und 30°C (im Heizfall) mit relativ geringem Energieaufwand erreicht wird. Nachdem lediglich ein niedriges Energieniveau benötigt wird, bietet es sich an, Umweltenergie zu nutzen. Denn die Sonne schiekt bekanntlich keine Rechnung und auch der Boden oder das Grundwasser tun das nicht. Aufgrund des Speichervermögens des Betons ergeben sich Möglichkeiten, den Strom, der z.B. für den Betrieb einer Wärmepumpe benötigt wird, vor allem dann zu beziehen, wenn dieser überschüssig im Netz vorhanden und damit günstiger ist.

Aufgrund der relativ unkomplizierten Haustechnik und einfachen Steuerung der Anlage ist das System außerdem sehr wartungsarm. Letztlich trägt auch das zu seiner Wirtschaftlichkeit bei.

# KENNZAHLEN DER ZEMENTINDUSTRIE

Wirtschaft und Forschung	Einheit	2013	2014	2015	Δ 2015/14 [%]
Zementproduktion *)	Mio. t	4,385	4,435	4,612	+4,0
Jahresumsatz	Mio. Euro	365,1	372,2	388,3	+4,3
Bruttowertschöpfung	Mio. Euro	160,4	160,0	157,5	-1,5
Bruttowertschöpfung / Jahresumsatz	%	44,0	43,0	40,6	-5,6
Anlageinvestitionen	Mio. Euro	23,8	25,7	24,2	-5,7
Anlageinvestitionen / Jahresumsatz	%	6,5	6,9	6,2	-9,6
Anlageinvestitionen / Bruttowertschöpfung	%	14,8	16,1	15,4	-4,2
F&E Aufwand der Zementindustrie (ZI)	Mio. Euro	10,8	10,9	11,3	+3,9
F&E Aufwand ZI / Jahresumsatz	%	3,0	2,9	2,9	-0,4
Anzahl der Mitarbeiter in F&E		99	93	97	+4,0
Anteil der Mitarbeiter in F&E	%	8,4	7,8	8,3	+6,6
Mitarbeiter	Einheit	2013	2014	2015	Δ 2015/14 [%]
Mitarbeiter		1.183	1.197	1.168	-2,4
Lehrlinge		115	111	99	-10,8
Lehrlingsanteil	%	9,7	9,3	8,5	-8,6
Frauen im Unternehmen		135	142	144	+1,4
Frauenanteil	%	11,4	11,9	12,3	+3,9
Mitarbeiterfluktuation	%	5,2	6,0	6,8	+13,9
Zugänge		60	53	66	+24,5
Abgänge		61	72	80	+11,1
Pensionierungen		15	16	30	+87,5
Lehrlings-Zugänge		31	17	26	+52,9
Lehrlings-Abgänge		13	23	30	+30,4
Aus- und Weiterbildung	Mio. Euro	0,525	0,586	0,626	+6,8
Weiterbildung pro Mitarbeiter	Euro pro MA	444	489	536	+9,4
Energie und Umwelt	Einheit	2013	2014	2015	Δ 2015/14 [%]
Investitionen in Umweltschutzmaßnahmen	Mio. Euro	7,7	9,0	11,2	+24,9
Anteil der Investitionen in Umweltschutzmaßnahmen an den gesamten Anlageinvestitionen	%	32,4	34,9	46,2	+32,5
Aufwendungen für Umweltschutzmaßnahmen	Mio. Euro	6,8	7,1	8,2	+15,6
Anteil der Aufwendungen für Umweltschutzmaßnahmen an der Bruttowertschöpfung	%	4,2	4,4	5,2	+17,4
kg Sekundärstoffe pro t Zement (einschließlich Ersatzbrennstoffe) „Ressourcenschonungsfaktor“ *)	kg/t Zement	479	485	466	-3,9
Ersatzbrennstoff-Energieanteil am thermischen Energieeinsatz „Substitutionsgrad“ *)	%	72,4	75,5	76,1	+0,9
Spezifischer thermischer Energieeinsatz *)	MJ/t Zement	2.698	2.737	2.675	-2,3
Spezifische CO <sub>2</sub> -Emission gesamt „Klimaschutzfaktor“ *)	kg/t Zement	560	555	549	-1,1
Staubförmige Emissionen *)	g/t Klinker	8,6	6,9	7,2	+5,2
Stickstoffoxide *)	g/t Klinker	835	776	685	-11,7
Schwefeldioxide *)	g/t Klinker	76,7	101,3	84,2	-16,8

\*) Datengrundlage: G. Mauschwitz: „Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie“, Ausgaben 2013, 2014, 2015  
Zement & Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., Wien; Download auf [www.zement.at](http://www.zement.at) > Service > Publikationen > Emissionsberichte