

# ZEMENT BAUT VOR

NACHHALTIGKEITSUPDATE 2017  
DER ÖSTERREICHISCHEN ZEMENTINDUSTRIE



# GEMEINSAM GESTALTEN

## LIEBE LESERINNEN, LIEBE LESER!

Die Zementindustrie hat 2017 rund 4,9 Millionen Tonnen Zement produziert und damit um 2,1 Prozent mehr als im Jahr davor. Auch der Jahresumsatz konnte gesteigert werden (+3,2 %). Der eingeleitete Aufwärtstrend gibt Anlass zu vorsichtigem Optimismus. Die wirtschaftlichen Einbrüche in Folge der Finanzkrise 2008 dürften endlich überwunden sein. Beflügelt wird die Auftragslage vor allem durch den Hochbau. Der Tiefbau hinkt, abseits der großen Infrastrukturachsen, weiterhin hinterher.

Grundsätzlich positiv bewertet die Branche auch, dass im Emissionshandel nach langem Ringen die Randbedingungen für die kommende Zehnjahresperiode festgelegt wurden. Den neuerdings kursierenden Forderungen nach einem Mindestpreis für CO<sub>2</sub>-Zertifikate stehen wir allerdings kritisch gegenüber.

Auch wenn dieser nur für Elektrizitätserzeuger gelten würde, wäre die Zementindustrie als großer Stromabnehmer betroffen, da die Stromproduzenten die Kosten für CO<sub>2</sub>-Emissionen auf den Preis aufschlagen. Eine Möglichkeit, die Carbon Leakage gefährdete Branchen wie die Zementindustrie nicht haben, wie erst kürzlich von der EU-Kommission bestätigt wurde.

Dass die Politik Beschlossenes gleich wieder in Frage stellt, schadet der Planungssicherheit. Nicht die besten Voraussetzungen also, um langfristige und tiefgreifende Investitionsentscheidungen in Richtung Dekarbonisierung treffen zu können. Die grundsätzliche Bereitschaft der Zementunternehmen, in die österreichischen Werksstandorte zu investieren, ist jedenfalls vorhanden. 2017 haben sie 51,3 Millionen Euro in die Modernisierung der Produktionsanlagen investiert, 19,4 Millionen Euro davon in Umweltschutzmaßnahmen.

Was die laufenden Investitionen bewirken, zeigt sich etwa an der stark rückläufigen Entwicklung der NO<sub>x</sub>-Emissionen, aber auch daran, dass die österreichische Zementindustrie mittlerweile einen Alternativbrennstoffanteil von 80,6 Prozent aufweisen kann. Damit ist sie weltweit mit Abstand führend. In Kombination mit dem niedrigen Klinkeranteil von 70 Prozent liegt die Branche auch bei der CO<sub>2</sub>-Effizienz im internationalen Spitzenfeld. Die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen sind 2017 um 3,1 Prozent auf 525 Kilogramm pro Tonne Zement gesunken. Damit hat die Zementindustrie in Österreich, trotz gesteigerter Produktionsmenge, auch absolut weniger CO<sub>2</sub> ausgestoßen als im Jahr davor.

Diese positiven Entwicklungen sind nicht allein den Leistungen der Zementindustrie zuzuschreiben. In Sachen alternative Brennstoffe gründet unser Erfolg einerseits auf der hoch ent-

wickelten Abfallwirtschaft und andererseits auf der proaktiven Zusammenarbeit mit den Umweltbehörden und zuständigen Ministerien. Der niedrige Klinkeranteil wiederum ist nur realisierbar, wenn geeignete Sekundärstoffe, z.B. Hochofenschlacke, lokal verfügbar sind. Und auch hier liegt der Schlüssel zum Erfolg in der sektorübergreifenden Kooperation. Zwischen der Zement-, der Stahl- und der Kraftwerksindustrie besteht eine seit Jahrzehnten gewachsene Zusammenarbeit. Qualitätsmanagement und gemeinsame Forschung stehen dabei im Vordergrund.

Diese Beispiele machen deutlich, dass wirtschafts- und umweltpolitische Strategien nur dann Erfolg haben können, wenn sie sektorübergreifende Innovationen auslösen und unterstützen. Erfreulicherweise wird das zunehmend auch von den politischen Entscheidungsträgern erkannt. So hebt die österreichische Klima- und Energiestrategie explizit die Potenziale der Nutzung von Gebäudemassen als thermische Speicher für Raumwärme und Kühlung hervor. Sie sieht darin einen möglichen Beitrag zur Flexibilisierung der Energiesysteme sowie zur optimalen Integration erneuerbarer Energie in den Energiemarkt. Welches Potenzial darin liegt, zeigt sich daran, dass derzeit etwa 40 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs der EU auf Gebäude entfällt.

Die österreichische Zementindustrie befasst sich schon seit zehn Jahren mit dem Thema Heizen und Kühlen mit Beton durch Thermische Bauteilaktivierung. Diese Technologie bietet hervorragende Möglichkeiten, volatil anfallende Energie aus Sonne und Wind ohne nennenswerte Mehrkosten zu speichern. Eine breitere Anwendung der Thermischen Bauteilaktivierung könnte somit wesentlich dazu beitragen, den Anteil erneuerbarer Energien bei der Wärme- und Kältebereitstellung im Gebäudesektor zu erhöhen.

In Kooperation mit Pionieren wie Harald Kuster und mit österreichischen Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen haben wir zur praxisnahen Erforschung und Weiterentwicklung der Thermischen Bauteilaktivierung beigetragen. Die umfassenden wissenschaftlichen Daten und praktischen Erfahrungen, die wir seither gesammelt und für die unterschiedlichen Zielgruppen aufbereitet haben, definieren heute den modernsten Stand der Technik. Wir sind davon überzeugt, dass die Thermische Bauteilaktivierung aus wirtschaftlicher, ökologischer und sozialer Perspektive sinnvoll und zukunftsweisend – also nachhaltig ist.



Ihr DI Sebastian Spaun

# HEIZEN UND KÜHLEN MIT BETON: BEHAGLICH UND UMWELTFREUNDLICH WOHNEN

Beton ist ein hervorragender Wärmespeicher und Wärmeleiter und kann daher nicht nur zur Konstruktion, sondern auch zum Heizen und Kühlen von Gebäuden genutzt werden. Wie das geht? In Betonbauteile mit großer Oberfläche werden Rohrleitungen eingelegt. Durch diese wird je nach Bedarf warmes oder kühles Wasser geleitet, das die Wärme oder Kälte an den Beton abgibt. Das gesamte durchflossene Betonelement wird dadurch als Speicher- und Übertragungsfläche thermisch aktiviert. Techniker bezeichnen diesen Vorgang daher als Thermische Bauteilaktivierung (TBA).

Im Büro- und Gewerbebau kommt diese Technologie bereits häufig zum Einsatz, im Wohnbau bisher noch wenig. Dass sich das nun zunehmend ändert, ist auch ein Verdienst der österreichischen Zementindustrie. Die VÖZ hat in den vergangenen Jahren zahlreiche Forschungsprojekte initiiert und gemeinsam mit Kooperationspartnern zur Weiterentwicklung, Standardisierung und Verbreitung der TBA beigetragen.

Aktuell ist die TBA Gegenstand mehrerer Forschungs- und Demonstrationsprojekte. Die VÖZ ist in einigen Konsortien vertreten und insbesondere an solchen Projekten

beteiligt, die das Potenzial von Beton zur Einlagerung und Speicherung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Wind, Sonne) in Phasen des Überangebots ausloten. Nachdem die Zahl der eingereichten, in Bau befindlichen und realisierten Wohnbauprojekte mit thermisch aktivierten Bauteilen aus Beton kontinuierlich steigt, konzentriert sich unser Forschungsinteresse zunehmend auf die TBA im laufenden Betrieb. Generell geht es dabei um Monitoring, Evaluierung und Optimierung der jeweils eingesetzten Systemvarianten der Bauteilaktivierung.



Projekt: Gebäude als Speicher, Haus H

## HAUSH

Das Monitoring-Projekt „Gebäude als Speicher“ wird im Rahmen des Programms „Stadt der Zukunft“ gefördert und steht kurz vor Abschluss. Untersuchungsgegenstand der VÖZ ist das Haus H – ein seit Anfang 2016 bewohntes Einfamilienhaus im Passivhausstandard.

Das Projekt läuft bis Ende 2018. Die Phase des Monitorings umfasste zwei Heizperioden und ist mittlerweile abgeschlossen. Die Ergebnisse werden derzeit noch vertieft ausgewertet und mit den theoretischen Grundlagen verglichen.

Das Monitoring hat gezeigt, dass die Thermische Bauteilaktivierung reibungslos funktioniert, ebenso wie die Ansteuerung der Wärmepumpe mittels Freigabesignal durch den Windparkbetreiber und Projektpartner WEB. Der Anteil aus Überschüssen der Windstromproduktion am elektrischen Energieverbrauch der Wärmepumpe für das Heizen lag im Durchschnitt der beiden Heizperioden bei 80 Prozent. Die jährlichen Kosten für Heizung und Warmwasser bei einer durchschnittlichen Raumtemperatur von 23 °C beliefen sich auf 365 Euro.

Neben den geringen Kosten haben auch Behaglichkeit und Wohnkomfort zur Zufriedenheit der Bewohner beigetragen. Die gemessenen Daten und die Rückmeldungen der Bewohner zeigen: Heizen und Kühlen mit Beton ist technisch ausgereift, komfortabel, umweltfreundlich und zudem kostengünstig.

- » Objekt: Einfamilienhaus im Weinviertel in Passivhausbauweise mit ca. 120 m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche
- » Bauzeit: Juli bis Dezember 2015
- » Haustechnik: FIN – Future is Now
- » Heizung und Warmwasser: TBA mit Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erd-Flächenkollektor inkl. Warmwasser-Pufferspeicher
- » Energie: Wärmepumpe mit Strom aus Windkraft betrieben, 80 % des Stromverbrauchs für Raumwärme durch überschüssigen Spitzenstrom gedeckt
- » Kosten: für Heizung und Warmwasser 365 € pro Jahr bei durchschnittlich 23 °C Raumtemperatur



Projekt: MGG22 - Mehr als Wohnen

## MGG22 - MEHR ALS WOHNEN

Großes Potenzial des Energiespeichers Beton zur vermehrten Einbindung von erneuerbarer Energie in den Energiemarkt liegt zweifellos in den dicht bebauten Ballungsräumen. Die Thermische Bauteilaktivierung sollte daher künftig auch in großen, mehrgeschoßigen Gebäuden eingesetzt und – den dortigen Anforderungen entsprechend – optimiert werden.

Ein städtisches Wohnbauvorhaben, das die VÖZ unterstützt, ist das Projekt MGG22. MGG steht für Mühlgrundgasse und 22 für den Wiener Bezirk Donaustadt, in dem sich diese befindet. Dort werden derzeit auf drei Bauplätzen sieben Gebäude mit insgesamt 155 Wohnungen errichtet. Ein Großteil der Ein- bis Vier-Zimmer-Wohnungen in durchschnittlichen Größen von 31 bis 97 m<sup>2</sup> ist gefördert.

Die mehrgeschoßigen Gebäude werden im Niedrigenergiehausstandard ausgeführt und verfügen über eine Gemeinschaftstiefgarage mit 105 Stellplätzen.

Die thermische Aktivierung der Geschoßdecken zum Heizen und Kühlen der Gebäude erfolgt über Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärme-Tiefensonden. Ein Windstrom-Lastmanagement des Anbieters WEB sorgt dafür, dass der Strom zum Betrieb der Wärmepumpen weitestgehend aus Überschussproduktion stammt. Damit wird einerseits eine bessere Auslastung der Windparks gewährleistet und andererseits den Nutzern ein günstiger Stromtarif zur Verfügung gestellt.

Das Projekt mit angrenzendem Wald- und Wiesengürtel ist eine urbane Alternative zum Reihenhaus mit Garten. Der Leitgedanke „Mehr als Wohnen“ spiegelt sich auch im Grün- und Freiraumkonzept „essbare Stadt“ wider. Eigene Anbauflächen und Gemeinschaftsgärten fördern eine gute Garten-Nachbarschaft, die Ruhe und Privatheit verspricht, aber auch zwanglose Begegnung und Kommunikation ermöglicht.



© VÖZ/Spaun

© Rendering: Neues Leben

- » Ort: Mühlgrundgasse, 1220 Wien
- » Bauträger: Neues Leben
- » Planung: thaler thaler / Thalbauer / Charamza
- » Thermische Bauteilaktivierung: FIN – Future is Now
- » Dimension: 3 Bauplätze, 7 Gebäude, 155 Wohnungen
- » Heizwärmebedarf: 24-28 kWh/m<sup>2</sup>a
- » Heizung: TBA in Kombination mit Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärme-Tiefensonden
- » Strom für Wärmepumpe: weitestgehend aus überschüssiger Windenergie
- » Wohnungen: Ein- bis Vier-Zimmer-Wohnungen mit 31 bis 97 m<sup>2</sup>
- » Baubeginn: Frühjahr 2018
- » Bezugstermin: Sommer 2019

# VORBEUGENDER UMWELTSCHUTZ IN DER PRODUKTION

## WOHNPAK WOLFSBRUNN

Während es zur Anwendung der Thermischen Bauteilaktivierung in kleinen Wohngebäuden bereits umfassende Forschungsergebnisse, praktische Erfahrungen und einen detaillierten Planungsleitfaden<sup>1</sup> gibt, stellt sich die Situation im großvolumigen Wohnbau etwas anders dar. Hier gibt es noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Die VÖZ unterstützt und koordiniert daher die Begleitforschung des von den AW Architekten innovativ entwickelten Wohnparks Wolfsbrunn in der Gemeinde Sommerein.

Gebaut wird dort ein zweigeschoßiges Gebäude mit 22 Wohneinheiten für Betreutes Wohnen sowie 14 Reihenhäuser. Baubeginn war im Juni 2018. Eine zweite Bauphase mit 14 weiteren Reihenhäusern ist vorgesehen.

Sämtliche Gebäude sind mit einer TBA zum Heizen und passiven Kühlen ausgestattet. Den Strom für die Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärme-Tiefensonden liefert die EVN, die in unmittelbarer Nähe einen Windpark betreibt und als Projektpartner gewonnen werden konnte. Der Energieversorger steuert in einer Vorstufe der Smart-Grid-Technologie die Verfügbarkeit des Überschussstroms.

Schon in der Planungsphase wurde das Bauvorhaben durch ein vom Land Niederösterreich unterstütztes Projekt mit dem Kurztitel „Netzflexibler Wohnbau“ begleitet. In der Bauphase werden die Umsetzung der TBA und der Einbau der Monitoring-, Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik unterstützt. Abgeschlossen wird das Projekt nach Auswertung und Analyse der Monitoringdaten, die im laufenden Betrieb des Systems gesammelt werden.

Die VÖZ wird bei dem Projekt gemeinsam mit den Kooperationspartnern die Leistungsfähigkeit der TBA im großvolumigen Wohnbau prüfen und optimieren. Das Monitoring wird zeigen, wie gut die selbstregulierende Anlagensteuerung anhand des Temperaturverhaltens der Gebäude funktioniert. Analysiert wird außerdem der Aufwand für Betrieb und Wartung der technischen Anlagen und deren Bedienungsfreundlichkeit.

Wie hoch der Anteil netzgebundener erneuerbarer Überschussenergie an der Versorgung des Wohnparks sein wird und wie stark sich unterschiedliches Nutzerverhalten darauf auswirkt, ist eine zentrale Forschungsfrage im Projekt. Einerseits werden die Energiekosten der Nutzer für

Heizung, Kühlung und Warmwasser dadurch beeinflusst, andererseits werden die Ergebnisse auch zeigen, inwieweit größere netzflexible Wohnbauten zur Nivellierung von Stromüberschüssen aus erneuerbaren Quellen beitragen können.

## FAZIT

Die Forschungs- und Demonstrationsprojekte der VÖZ zeigen deutlich, dass Heizen und Kühlen mit Beton auch im Wohnbau den höchsten Ansprüchen genügt. Darüber hinaus tragen sie dazu bei, dass das Potenzial von Beton als Energiespeicher im Hinblick auf die angestrebten und viel diskutierten Smart Grids und Smart Cities zunehmend erkannt wird. Das ist erfreulich, denn die Thermische Bauteilaktivierung hat im Gegensatz zu vielen anderen Technologien schon in der Praxis bewiesen, dass sie tatsächlich zukunftsfähig ist.

- » Ort: Wolfsbrunn, 2453 Sommerein, Niederösterreich
- » Bauträger: SÜDRAUM
- » Planung: AW Architekten
- » Thermische Bauteilaktivierung: FIN – Future is Now
- » Dimension: 1 großvolumiges Gebäude mit 22 Wohneinheiten (Betreutes Wohnen) und 14 Reihenhäuser (28 im Endausbau)
- » Heizung, passive Kühlung u. Warmwasser: TBA in Kombination mit Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärme-Tiefensonden
- » Strom für Wärmepumpe: weitestgehend aus überschüssiger Windenergie durch Windstrom-Lastenmanagement
- » Reihenhäuser: Wohnnutzfläche 107 m<sup>2</sup> verteilt auf zwei Geschoße
- » Betreutes Wohnen: Wohnnutzfläche 59-62 m<sup>2</sup>
- » Baubeginn: Juni 2018
- » Bezugstermin: Herbst 2019

© Rendering: AW Architekten



Projekt: Netzflexibler Wohnbau, Wohnpark Wolfsbrunn

Am Beispiel Heizen und Kühlen mit Beton wird deutlich, dass nicht der Baustoff alleine, sondern seine kluge Anwendung und sein Beitrag im „Gesamtsystem“ eines Bauwerks entscheidend sind, wenn es etwa um die Bewertung der Nachhaltigkeit geht.

Ungeachtet dessen tragen die Zementunternehmen die unmittelbare Verantwortung dafür, in der Produktion so umweltfreundlich und sicher wie möglich zu arbeiten. Einen Beitrag dazu werden künftig die „Technischen Grundlagen für den Einsatz von Abfällen als Ersatzrohstoffe in Anlagen zur Zementerzeugung“ leisten.

## REGELUNG ZUM EINSATZ VON ERSATZROHSTOFFEN

Zur Schonung natürlicher Ressourcen forciert die heimische Zementindustrie den Ersatz der Primär- durch sogenannte Sekundärrohstoffe: Produkte aus dem Baustoffrecycling sowie industrielle Reststoffe ersetzen primäre kalk-, silizium-, eisen- und aluminiumhaltige Rohstoffe. Handlungsempfehlungen dazu, wie die verschiedenen Ersatzrohstoffe am besten eingesetzt und Reststoffe somit umweltfreundlich entsorgt werden können, bietet eine 2015 im Auftrag der VÖZ von internationalen Experten erstellte Studie<sup>2</sup>.

Die österreichische Zementindustrie verarbeitet im internationalen Vergleich große Mengen dieser Sekundärrohstoffe, 2017 waren es rund 700.000 Tonnen. Seit längerer Zeit besteht daher ein gemeinsames Interesse der Zementindustrie und der zuständigen Ministerien daran, dass es dem Stand der Technik entsprechende und klar definierte verbindliche Vorgaben zum Einsatz von Sekundärrohstoffen gibt.

Für die Entwicklung eines entsprechenden Regelwerks haben die Zementwerke den Behörden proaktiv sämtliche Informationen zum Prozess und zu den Anlagen der Zementerzeugung zur Verfügung gestellt. 2017 wurden vom Ministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus die „Technischen Grundlagen für den Einsatz von Abfallstoffen als Ersatzrohstoffe in Anlagen zur Zementerzeugung“<sup>3</sup> in endgültiger Fassung veröffentlicht.

Bisher gibt es in keinem EU-Land eine ähnlich detaillierte und strenge Regelung wie in Österreich. Sie enthält Vorgaben zum Einsatz organischer Bestandteile, Begrenzungen von Schadstoffgehalten im Rohstoffinput, Einschränkungen bei den Zumahlstoffen und Vorsorgewerte für Zemente inklusive Überwachungsprüfungen. Diese Vorgaben wurden im nationalen Bundesabfallwirtschaftsplan 2017 zum Stand der Technik erklärt. Sie sind somit verbindlich gültig und werden behördlich geprüft.

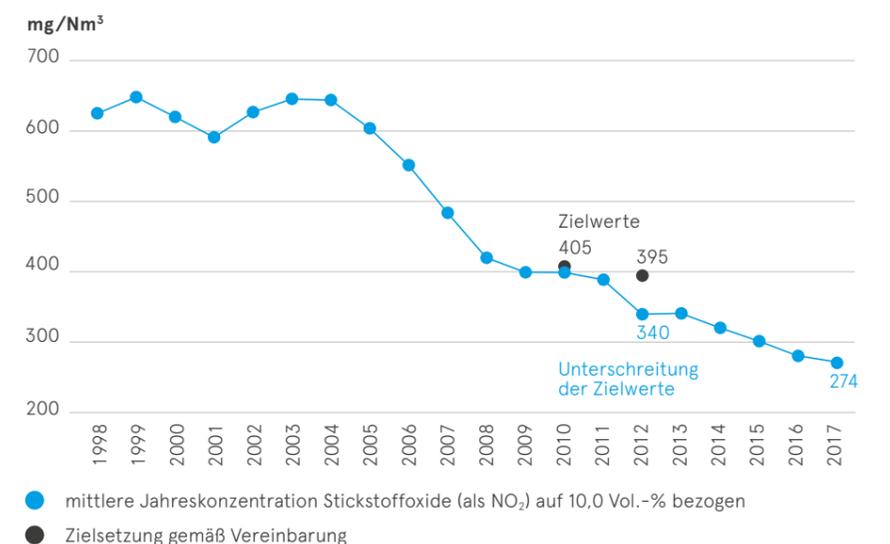
## REDUKTION DER NO<sub>x</sub>-EMISSIONEN

Die gute Zusammenarbeit der Zementindustrie mit den Behörden und Ministerien und unsere Bereitschaft, in den Umweltschutz zu investieren, zeigt sich auch an der Entwicklung der Stickoxidemissionen. Im Jahr 2008 hat die Branche mit dem Umwelt- und dem Wirtschaftsministerium eine freiwillige Vereinbarung zur Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emissionen abgeschlossen. Darin haben sich die Zementunternehmen dazu verpflichtet, die Jahresemissionen der Ofenanlagen in Österreich als Branchenmittelwert in zwei Stufen zu reduzieren und Abgasminderungsanlagen

kontinuierlich zu optimieren. Die nachfolgende Grafik zeigt, dass die vereinbarte Reduktion für die Jahre 2010 und 2012 erreicht bzw. deutlich unterschritten wurde und dass es den Werken gelungen ist, die NO<sub>x</sub>-Emissionen auch in den Folgejahren weiter zu senken.

An mehreren Standorten haben die Zementunternehmen in Kooperation mit Anlagenbauern hochinnovative Entstickungsanlagen entwickelt und in Betrieb genommen. Jüngst hat das Zementwerk Leube mit dem Bau einer sogenannten DeCONOX-Anlage begonnen. Diese kombiniert die Reinigung der Abgase per Katalysator und per Verbrennung. So säubert sie die bereits gefilterte Abluft aus dem Zementwerk ein weiteres Mal. Vor allem Kohlenstoffverbindungen werden verbrannt und in unschädliche Stoffe umgewandelt. Stickoxide werden, ähnlich einem Katalysator eines Autos, reduziert beziehungsweise vernichtet. Die Stickoxidemissionen des Zementwerks werden damit voraussichtlich um rund 50 Prozent sinken, organische Kohlenstoffe und Kohlenmonoxid sogar um 90 Prozent.

## Spezifische NO<sub>x</sub>-Emissionen



<sup>1</sup> [www.zement.at](http://www.zement.at) unter Service > Publikationen > Energiespeicher Beton

<sup>2</sup> [www.zement.at](http://www.zement.at) unter Service > Publikationen > Leitfaden Ersatzrohstoffe

<sup>3</sup> [www.bmmt.gv.at](http://www.bmmt.gv.at) unter Umwelt > Abfall und Ressourcenmanagement > Verwertung / Behandlung von Abfällen

# KENNZAHLEN DER ZEMENTINDUSTRIE

<b>Wirtschaft und Forschung</b>	<b>Einheit</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>Δ 2017/16 [%]</b>
Zementproduktion *)	Mio. t	4,612	4,777	4,880	+2,1
Jahresumsatz	Mio. Euro	388,3	399,4	412,2	+3,2
Anlageinvestitionen	Mio. Euro	24,2	26,4	51,3	+94,1
Anlageinvestitionen / Jahresumsatz	%	6,2	6,6	12,4	+88,0
F&E Aufwand der Zementindustrie (ZI)	Mio. Euro	11,3	11,5	11,6	+1,6
F&E Aufwand ZI / Jahresumsatz	%	2,9	2,9	2,8	-1,6
Anzahl der Mitarbeiter in F&E		97	96	97	+1,0
Anteil der Mitarbeiter in F&E	%	8,3	8,3	8,4	+1,5
<b>Mitarbeiter</b>	<b>Einheit</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>Δ 2017/16 [%]</b>
Mitarbeiter		1.168	1.156	1.151	-0,4
Lehrlinge		99	89	76	-14,6
Lehrlingsanteil	%	8,5	7,7	6,6	-14,2
Frauen im Unternehmen		144	146	164	+12,3
Frauenanteil	%	12,3	12,6	14,2	+12,8
Mitarbeiterfluktuation	%	6,8	5,9	8,0	+35,9
Zugänge		66	66	94	+42,4
Abgänge		80	68	92	+35,3
Pensionierungen		30	25	22	-12,0
Lehrlings-Zugänge		26	14	20	+42,9
Lehrlings-Abgänge		30	24	27	+12,5
Aus- und Weiterbildung	Mio. Euro	0,626	0,628	0,595	-5,2
Weiterbildung pro Mitarbeiter	Euro pro MA	536	543	517	-4,8
<b>Energie und Umwelt</b>	<b>Einheit</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>Δ 2017/16 [%]</b>
Investitionen in Umweltschutzmaßnahmen	Mio. Euro	11,2	12,5	19,4	+54,8
Anteil der Investitionen in Umweltschutzmaßnahmen an den gesamten Anlageinvestitionen	%	46,2	47,3	37,8	-20,2
Aufwendungen für Umweltschutzmaßnahmen	Mio. Euro	8,2	9,1	9,8	+8,3
Anteil der Aufwendungen für Umweltschutzmaßnahmen an der Bruttowertschöpfung	%	5,2	5,4	6,8	+25,3
kg Sekundärstoffe pro t Zement (einschließlich Ersatzbrennstoffe) „Ressourcenschonungsfaktor“ *)	kg/t Zement	465,7	461,2	456,0	-1,1
Ersatzbrennstoff-Energieanteil am thermischen Energieeinsatz „Substitutionsgrad“ *)	%	76,1	78,3	80,6	+3,0
Spezifischer thermischer Energieeinsatz *)	MJ/t Zement	2.675	2.704	2.607	-3,6
Spezifische CO <sub>2</sub> -Emission gesamt „Klimaschutzfaktor“ *)	kg/t Zement	549	542	525	-3,1
Staubförmige Emissionen *)	g/t Klinker	7,2	7,2	8,2	+14,0
Stickstoffoxide *)	g/t Klinker	685	653	634	-2,9
Schwefeldioxide *)	g/t Klinker	84,2	79,2	88,2	+11,3

\*) Datengrundlage: G. Mauschwitz: „Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie“, Ausgaben 2015, 2016, 2017  
Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., Wien; Download auf [www.zement.at](http://www.zement.at) > Service > Publikationen > Emissionsberichte