

WIE GRÜN WIRD DIE ZUKUNFT? VORGABEN UND MÖGLICHE TECHNISCHE AUSWIRKUNGEN

Stefan KRISPEL ^a

^a *Smart Minerals GmbH, Vienna, Austria*

* *Corresponding Author: Stefan KRISPEL, krispel@smartminerals.at*

Abstract. Der Baustoff Beton und damit der gesamte Beton- bzw. Stahlbetonbau stehen vor großen Herausforderungen. Als tradierter Baustoff, ohne den sowohl die heutige Infrastruktur als auch die urbane Entwicklung kaum vorstellbar sind, ist Beton insbesondere in letzter Zeit verstärkt in den Mittelpunkt gesellschaftlicher Diskussionen gerückt. Leider hat Beton in der Öffentlichkeit ein mäßig gutes Image. Positive Eigenschaften wie z.B. die Dauerhaftigkeit und Regionalität werden – im Gegensatz zu nachteiligen, insbesondere die mit der Zementherstellung verbundenen CO₂-Emissionen – kaum transportiert.

Als beratender Materialtechnologe wird man demzufolge immer öfter – nahezu bei allen Bauvorhaben, jedenfalls in der Planungsphase – mit dem Umwelt- bzw. Klimaimpact des Baustoffes Beton bzw. Stahlbeton konfrontiert.

Der vorliegende Beitrag hat zum Ziel die Möglichkeiten bzw. limitierende Faktoren der Ökologisierung des Baustoffs Beton und dessen wesentliche Ausgangsstoffe Zement und Gesteinskörnungen darzustellen.

Keywords: Zement, Beton, Nachhaltigkeit, Ökologisierung, Wertschöpfungskette, Maßnahmen

1 EINFÜHRUNG

Auf Basis der politischen und gesellschaftlichen Forderungen werden seitens der Auftraggeber (auch als Vertreter der Öffentlichkeit) von den Baustofflieferanten Maßnahmen zur Reduktion der Umweltwirkungen gefordert. Dies trifft grundsätzlich die gesamte Betonbranche und naturgemäß die Zement- und Bindemittelproduzenten als Hersteller des für den Beton wesentlichsten Ausgangsstoff. Zur Erfüllung dieser Forderungen werden sowohl seitens der Industrie als auch der verschiedensten Forschungseinrichtungen große Anstrengungen zur Entwicklung optimierter Produkte wie klinkerärmere Zemente (z.B. CEM II/C-Zemente) oder Betone mit geringerem Klimaimpact unternommen. Naturgemäß bedeutet dies u. a. den vermehrten Einsatz von Zuschlagstoffen, wobei aufgrund der

Dekarbonisierungsstrategien anderer Branchen altbekannte und bewährte Stoffe wie Flugasche oder Hüttensand zukünftig nicht mehr bzw. nicht in gewünschtem Ausmaß zur Verfügung stehen werden. Dies erfordert auch hier ein Umdenken und produktionstechnische Maßnahmen wie z.B. den Einsatz von getemperten Tonen. Weiters sind neben den Maßnahmen am Produkt auch Schritte entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Planung (Optimierung des Materialeinsatzes) bis hin zum Recycling (Kreislaufwirtschaft) zu evaluieren.

Ein wesentlicher Aspekt hinsichtlich der Nachhaltigkeitsbetrachtung ist eine entsprechende Dauerhaftigkeit der errichteten Betonbauwerke – eine Verkürzung der Lebensdauer bringt eine Verschlechterung der umweltrelevanten Kennwerte mit sich. Es ist demgemäß erforderlich, neue Zementarten und adaptierte Betonzusammensetzungen auf ihre entsprechende Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Dauerhaftigkeitseigenschaften zu beurteilen. Zu diesem Zweck ist auch die Kenntnis der Leistungsfähigkeit der bewährten zurzeit üblicherweise eingesetzten Betonzusammensetzungen erforderlich, denn damit kann eine Evaluierung möglicher Alternativen erfolgen.

Neben der Umsetzung dieser Maßnahmen wird es auch erforderlich sein, neuartige Technologien zur Dekarbonisierung und zur Erreichung von Klima-Neutralität (z.B. CCS/CCU) zu etablieren.

2 GRUNDLAGEN

Seit einigen Jahrzehnten ist eine deutliche Zunahme der Treibhausgasemissionen und einer damit einhergehenden Erderwärmung feststellbar. Änderungen des Klimas und vermehrte Extremwetterereignisse sind nicht nur global, sondern auch auf regionaler bzw. nationaler Ebene feststellbar (siehe Abbildung 1).

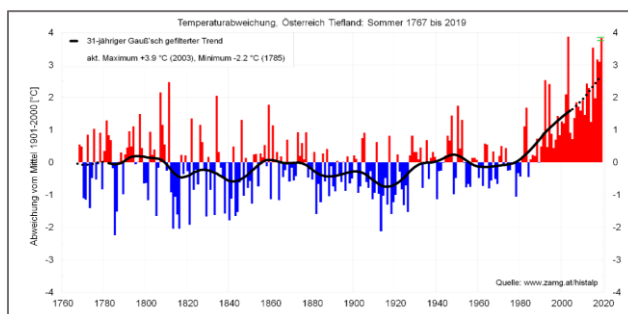


Abbildung 1. Temperaturentwicklung im Sommer [1]

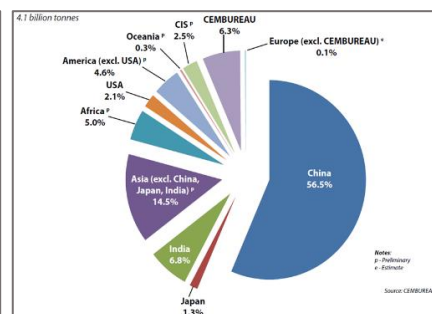


Abbildung 2. Verteilung der weltweiten Zementproduktion [2]

Zur Erreichung des vereinbarten Ziels einer maximalen Erwärmung der Erdatmosphäre von 1,5 °C haben alle Sektoren einen Beitrag zu leisten.

Auch die Bauindustrie hat demgemäß Maßnahmen zu setzen um die Treibhausgasemissionen massiv zu reduzieren. Einen wesentlichen Anteil haben die Beton- bzw. Zement- und Bindemittelproduzenten als Hersteller des für den Beton wesentlichsten Ausgangsstoff zu leisten, obwohl natürlich – aufgrund der Größe von Österreich – der Beitrag global betrachtet relativ klein ist (siehe Abbildung 2).

Auf Basis der in Abbildung 2 dargestellten Verteilung beträgt der nationale Anteil etwa 0,1 %.

3 MASSNAHMEN

Mögliche Maßnahmen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen (vereinfacht auf CO₂-Emissionen bezogen) können sein:

- Maßnahmen bei der Klinkerproduktion
- Einführung neuer Zementsorten
- Maßnahmen bei der Planung und Konstruktion von Bauwerken
- Einsatz neuartiger Technologien zur Dekarbonisierung und zur Erreichung von Klima-Neutralität (z.B. CCS/CCU)

Der Anteil der Zementproduktion an den weltweiten Treibhausgasemissionen beträgt etwa 4,5 %. In Österreich beträgt der Anteil etwa 3,1 %. Die österreichische Zementindustrie weist mit 539 kg CO₂-eq./t Zementäquivalent im internationalen Vergleich die geringsten Emissionsmengen auf [3].

Die Einführung neuer, klinkerärmerer Zemente befindet sich in Umsetzung; normative Grundlagen für diese Produkte wurden sowohl europaweit als auch auf nationaler Ebene bereits umgesetzt (siehe Abbildung 3).

Hauptarten	Bezeichnung der Produkte (Zementarten)		Zusammensetzung (Massenanteil in Prozent) ^a										Nebenbestandteile
			Hauptbestandteile								Kalkstein		
	Produktname	Produktbezeichnung	Klinker K	Hütten-sand S	Silica-staub D ^b	Puzzolan		Flugasche		Gebraannter Schiefer T	Kalkstein		
						natürlich P	natürlich getempert Q	kieselsäure-reich V	kalk-reich W		L ^c	LL ^c	
CEM II	Portland-komposit-zement ^d	CEM II/C-M	50 bis 64	←----- 36 bis 50 -----→								0 bis 5	
CEM VI	Komposit-zement	CEM VI (S-P)	35 bis 49	31 bis 59	—	6 bis 20	—	—	—	—	—	—	0 bis 5
		CEM VI (S-V)	35 bis 49	31 bis 59	—	—	—	6 bis 20	—	—	—	—	0 bis 5
		CEM VI (S-L)	35 bis 49	31 bis 59	—	—	—	—	—	—	6 bis 20	—	0 bis 5
		CEM VI (S-LL)	35 bis 49	31 bis 59	—	—	—	—	—	—	—	6 bis 20	0 bis 5

^a Die Werte in der Tabelle beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile.
^b Im Fall einer Verwendung von Silicastaub ist der Anteil an Silicastaub auf 6 % bis 10 % Massenanteil begrenzt.
^c Im Fall einer Verwendung von Kalkstein ist der Anteil an Kalkstein (Summe von L, LL) auf 6 % bis 20 % Massenanteil begrenzt.
^d Die Anzahl der Hauptbestandteile, außer Klinker, ist auf zwei begrenzt und diese Hauptbestandteile müssen durch die Bezeichnung des Zements angegeben werden (Beispiele: siehe Abschnitt e).

Abbildung 3. Auszug aus der ÖNORM EN 197-5 [4]

Zurzeit wird beispielsweise intensiv am möglichen Einsatz von calcinierten Tonen als zukünftiger Zusatzstoff für die Herstellung von klinkerreduzierten Zementen geforscht [5]. Künftig sollen calcinierte Tone eine größere Rolle als Zementbestandteil spielen. Calcinierte Tone weisen einen niedrigen Kalkgehalt und puzzolanische Eigenschaften auf, deren Aktivierung erfolgt bei niedrigeren Temperaturen als bei der klassischen Klinkerherstellung (1450 °C). Erste Versuche zeigen adäquate Ergebnisse bei 700 bis 900°C. Diese Randbedingungen führen dementsprechend zu einem deutlich geringeren CO₂-Ausstoß aufgrund des herabgesetzten Energieaufwands und der Rohstoffeigenschaften.

Zur Beurteilung der Dauerhaftigkeitseigenschaften bzw. der Leistungsfähigkeit dieser neuen Zemente werden auch, bis dato noch nicht übliche – Prüfungen wie z.B. die Bestimmung des Chloridwiderstands [6] oder des Karbonatisierungswiderstandes [7] herangezogen. Die resultierenden Ergebnisse sind einer Interpretation bzw. Beurteilung zu unterziehen, dies ist nicht immer trivial, da beispielsweise bei der Chloridprüfung [6] verschiedene Lagerungsbedingungen möglich sind und dementsprechend die Prüfergebnisse variieren (siehe Abbildung 4).

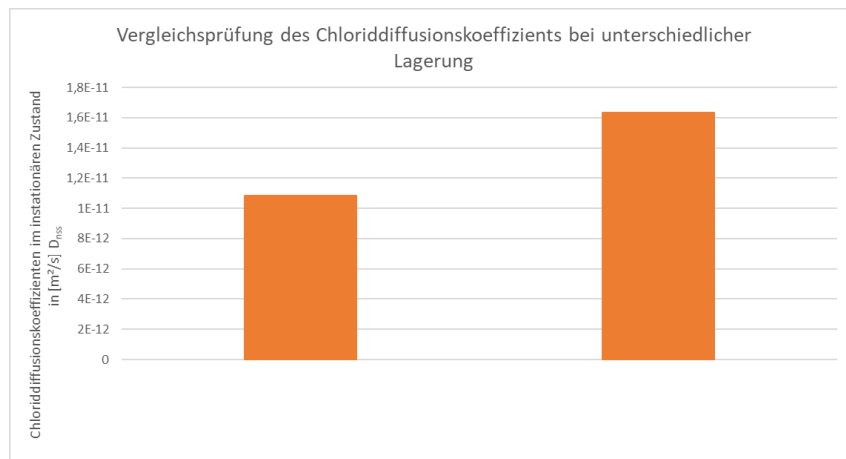


Abbildung 4. Chloriddiffusionskoeffizienten bei unterschiedlicher Lagerung (Versuchsergebnisse Smart Minerals GmbH)

Ein nicht unerheblicher Anteil an möglichen Optimierungen können im Bereich der Planung und Ausführung von Bauwerken erfolgen. Beispielhaft sei hier die Nachbildung der Natur („bionische Strukturen“) erwähnt.

Den naturgemäß größten Einfluss auf die Nachhaltigkeit im Bauwesen liefert die Dauerhaftigkeit von Bauwerken. Bei einer Verdoppelung der Lebensdauer kann der Klimainput des betrachteten Bauwerks um annähernd die Hälfte reduziert werden. Dieser Aspekt sollte zukünftig nicht unterschätzt und demgemäß der Umsetzung von Bauvorhaben auch in Betracht gezogen werden.

Eine vollständige Dekarbonisierung, bezogen auf die Zementproduktion, kann schließlich mit sogenannten CCUS Technologien erreicht werden. Im Zuge dieser Technologie werden CO₂-Emissionen aus dem Zementerzeugungsprozess abgetrennt und gespeichert oder zu Produkten weiterverarbeitet.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Eine signifikante Reduktion der Treibhausgasemissionen ist nur mittels abgestimmter Vorgehensweise und Berücksichtigung aller Maßnahmen anhand der kompletten Wertschöpfungskette von Zement und Beton erreichbar. Dies bedeutet, dass Minimierungsbemühungen von Beginn der Planung eines Bauwerks bis hin zur Bauwerksumsetzung bzw. Produktion der Ausgangsstoffe (z.B. Zement) anzustellen sind.

5 LITERATUR

- [1] <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/zweitwaermster-sommer-der-messgeschichte>
- [2] Cembureau Activity Report 2018
- [3] Vereinigung der österreichischen Zementindustrie, Jahresbericht 2018/2019.
- [4] ÖNORM EN 197-5 „Zement Teil 5: Portlandkompositzement CEM II/C und Kompositzement CEM VI“. Ausgabe 2021.06.15, Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- [5] Forschungsprojekt „Einsatz natürlicher getempelter Tone in der österreichischen Zementindustrie“, FFG - Projektnummer: 881671
- [6] ÖNORM EN 12390 Teil 11 „Prüfung von Festbeton – Teil 11: Bestimmung des Chloridwiderstandes von Beton – Einseitig gerichtete Diffusion“. Ausgabe 2015-12-01, Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2015
- [7] ÖNORM EN 12390 Teil 12 „Prüfung von Festbeton – Teil 12: Bestimmung des Karbonatisierungswiderstandes von Beton – Beschleunigtes Karbonatisierungsverfahren“. Ausgabe 2020—03-01, Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2020