

„Bindemittel, Spezialzemente und Ternäre Systeme“

Thomas A. Bier

Was sind Bindemittel?

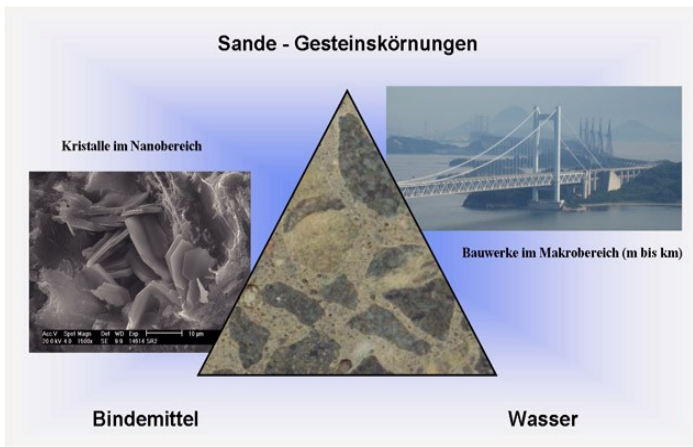


Abbildung 1: Beton - ein Baustoff vom Nano/Mikro- bis zum Makrobereich

Bindemittel können als anorganisch-nichtmetallische, feinteilige Pulver definiert werden. Sie bilden bei Anmischen mit Wasser eine verarbeitbare Paste, die anschließend steinartig erhärtet und somit einen künstlichen Stein bildet. Zur Herstellung von Baustoffen wie Mörtel und Beton werden die Bindemittel noch mit Gesteinskörnungen (70 - 80 Masseprozent) gemischt und binden so diese Gesteine ein. Abbildung 1 zeigt dazu einen Schnitt durch einen Beton mit den eingebundenen Gesteinen und der erhärteten Bindemittelmatrix. Die bei der Erhärtung durch eine chemische Reaktion

entstehenden Mineralphasen liegen größenordnungsmäßig im Nano- bis Mikrometerbereich (links im Bild). Bis zum Bauwerk werden so etwa 10 bis 12 Zehnerpotenzen überspannt. Neben der Erhärtung spielt die Chemie auch bei der Herstellung eine große Rolle, da fast alle Bindemittel durch Hochtemperaturreaktionen in einem Sinter oder Schmelzprozess hergestellt werden.

Klassisch werden im Bereich der Baustoffe Zement, Kalk und Gips als Bindemittel eingesetzt - die dem oben Gesagten entsprechend - Zement-, Gips- und Kalkstein bilden. Tabelle 1 zeigt die Zusammensetzung und Eigenschaften dieser klassischen Bindemittel.

Bindemittel	Komponenten	Chemische Zusammensetzung	Erhärtung	Temperatur der Herstellung
Zement	Calciumsilikate	Ca_3SiO_5 , Ca_2SiO_4 , $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$, $\text{Ca}_4\text{Al}_4\text{Fe}_x\text{O}_{10}$	Hydraulisch	1450 °C
Kalk	Brandkalk, gelöschter Kalk	CaO , Ca(OH)_2	Carbonatisch	1000 °C
Gips	Anhydrit, Halbhydrat, Dihydrat	CaSO_4 , $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Hydratisch	bis 500 °C

Tabelle 1: Eigenschaften der klassischen Bindemittel - Zement, Kalk, Gips

Eine Klassifizierung kann nach der Herstellungstemperatur und nach den Erhärtungsmechanismen d.h. nach der Art der chemischen Reaktion vorgenommen werden. Kalk und Gips werden hauptsächlich für Mörtel, Putze, Estriche - also Ausbauprodukte eingesetzt. Die konstruktiv einsetzbaren, d.h. für tragende Bauteile verwendeten Bindemittel sind die hydraulisch erhärtenden Bindemittel, die mit Wasser und

unter Wasser erhärten. Chemisch kann diese technologische Definition als eine Reaktion mit Wasser angesehen werden, bei der das Löslichkeitsprodukt der Reaktionsprodukte so klein ist, dass diese in Wasser mehr oder weniger stabil sind. Dies gilt für die oben dargestellten Bindmittel nur für Zement - genauer gesagt für Portlandzement. Die Calciumsilikate des Portlandzementes reagieren bei der Erhärtung zu Calciumsilikathydraten (C-S-H Phasen) und Calciumhydroxid.

Portlandzement

Portlandzement (PZ) ist das im Massivbau eingesetzte Bindmittel par Excellence. Weltweit wurden 2008 etwas über 2,3 Mrd. Tonnen Portlandzement von den 17 größten Zementproduzenten hergestellt verarbeitet. Seine Zusammensetzung, Herstellung, Hydratation und Eigenschaften sind hinlänglich bekannt und ausführlich erforscht. Besonders für konstruktive Anwendungen regeln weltweit Normen und Standards z.B. die DIN EN 197 in Deutschland seine Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien.

Sonderzemente

Sonderzemente werden hauptsächlich dann verwendet, wenn die geforderten Eigenschaften bzw. Funktionen nicht von Portlandzement erfüllt werden können. Dazu gehören schnelles Abbinden, zügige Erhärtung, hohe Frühfestigkeiten, Sulfatwiderstand, Säurewiderstand, Temperaturverhalten etc. Tabelle 2 zeigt die gebräuchlichsten, anorganischen Spezialzemente bzw. Sonderbindemittel. Neben den gezeigten anorganischen Bindemitteln können im Bereich der Baustoffe auch noch organische Bindemittel wie Bitumen, Thermoplaste oder Reaktionsharze Anwendung finden.

Die drei erstgenannten Spezialzemente sind in bauchemischen Anwendungen wahrscheinlich mehr zu finden, bilden meist die Basis für Mischbinder und werden im Folgenden näher beschrieben.

Bindemittel	Komponenten	Erhärtung
Tonerdezement	Calciumaluminat	Hydraulisch
Portlandschnellzement	Calciumsilikate, Anhydrit	Hydraulisch
Calciumsulfoaluminatzement	Ye'elimit, Belit, Anhydrit	Hydraulisch
Sulfathüttenzement	Hüttensand, Anhydrit, Calciumsilikate	Hydraulisch
Polymerzement	Calciumsilikate, Kunststoffpulver	Hydraulisch, Filmbildung
Magnesiabinder	Magnesia, Magnesiumsalze	Hydratisch
Wasserglas	Alkalisilikate, Natronlauge	Polymerisation, Karbonatisierung
Geopolymere	Alumosilikate, Natronlauge	Polymerisation
Schwefelzement	Schwefel	Erstarren v. Schwefelschmelze

Tabelle 2: Zusammensetzung von Sonderbindemitteln

Tonerdezement

Tonerdezement ist ein Sonderzement auf Basis von Kalkstein und Bauxit, die entweder im Schmelzprozess (Tonerdeschmelzzement - TSZ) oder im Sinterprozess (Tonerdezement - TZ) bei Temperaturen von 1450 °C bis etwa 1500 °C hergestellt wird. Dabei bilden sich Calciumaluminat. Die reaktive, mineralogische Hauptphase ist das Monocalciumaluminat CaAl_2O_4 . Daneben können je nach chemischer Zusammensetzung der Rohstoffe und

Brandbedingungen $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ und CaAl_4O_7 gebildet werden. Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien sind in DIN EN 14647 dargestellt. Tonerdezement zeigt bereits nach wenigen Stunden extrem hohe Festigkeiten, die von PZ normalerweise erst nach 28 Tagen erreicht werden, kann jedoch durch eine Umwandlung metastabiler Hydrate in stabile Hydratphasen unter bestimmten Umständen einen Festigkeitsabfall zeigen.

Portlandschnellzement

Portlandschnellzement (PSZ) wird, was das Verfahren und die Rohstoffe betrifft, im Wesentlichen wie Portlandzement - jedoch bei niedriger Sinter Temperatur - hergestellt, da beim Brand ein Flussmittel eingesetzt wird. So wird auch die Bildung einer hydraulisch reaktiven, mineralogischen Phase $\text{Ca}_{11}\text{Al}_{14}\text{CaF}_2\text{O}_{32}$ gefördert. Zusammen mit einer gegenüber PZ erhöhten Menge an zugegebenem Anhydrit wird ein Bindemittel erreicht, das kurze Abbindezeiten und hohe Frühfestigkeiten aufweist. Portlandschnellzement kann so als modifizierter Portlandzement angesehen werden.

Calciumsulfaluminatzement

Calciumsulfaluminatzement (CSA) ist ein Schnellzement der als Rohstoff Bauxit, Kalkstein und Gips verwendet. Man könnte ihn so als eine Mischung zwischen Portland und Tonerdezement ansehen. Die eingesetzten Rohstoffe bilden entsprechend der Zusammensetzung des Rohmehls während des Sinterprozesses bei etwa 1350 °C hauptsächlich das wasserfreie Sulfat Ye'elimit $\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{O}_{12}(\text{SO}_4)$. Daneben werden noch Belit gebildet sowie Anhydrit zugegeben. Als Hydratationsprodukte können Ettringit, Monosulfat, Aluminiumhydroxid, CSH-Gel, Strätlingit und Calciumhydroxid auftreten. Bei der Verwendung von eisenreichen Rohstoffen ergibt sich ein ferritischer CSA Zement.

Ternäre Bindemittel

Allgemein

Ternäre Bindemittel werden meist für sogenannte bauchemische Produkte oder Trockenmörtel verwendet, wo zum Beispiel kurze Abbindezeiten, schnelle Erhärtung kombiniert mit hohen Frühfestigkeiten und eine Schwindkompensation erreicht werden sollen. Diese Produkte werden normalerweise nicht konstruktiv sondern als Ausbauprodukte (Fliesenkleber, Spachtelmassen, Vergussmörtel etc.) verwendet. Ternäre Bindemittel sind üblicherweise eine Mischung von Portlandzement, Tonerdezement oder

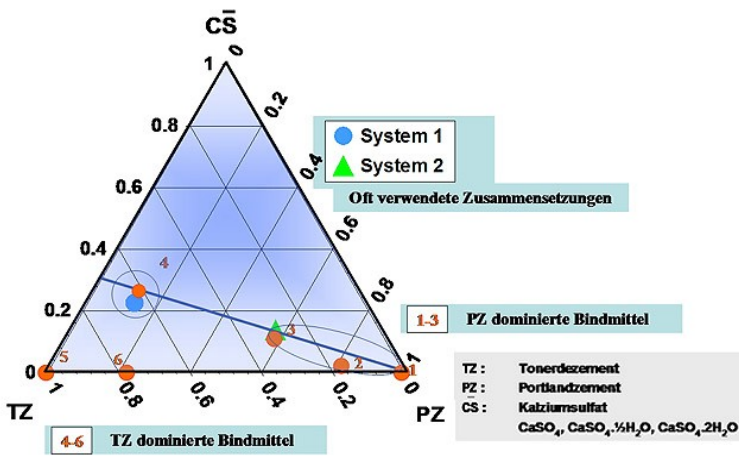


Abbildung 2: Gebräuchliche Zusammensetzungen von ternären Bindemitteln mit gezielt eingestellten Eigenschaften

einem Spezialzement und Calciumsulfat. Die üblicherweise genutzten Zusammensetzungen sind im Mischungs-dreieck in Abbildung 2 dargestellt. So können prinzipiell Portlandzement dominierte Zusammensetzungen (Beispiele 1-3 und System 2) und Tonerdezement dominierte Zusammensetzungen (Beispiele 4-6 und System 1) unterschieden werden. Mit einer Mischung wie in Punkt 2 gezeigt werden zum Beispiel wesentlich kürzere Abbindezeiten erreicht. Allerdings sinken die Frühfestigkeiten. Mit Mischung 3 wird zusätzlich die Frühfestigkeit erhöht. Mischung 4 hat neben hohen Frühfestigkeiten und einer schnellen Hydratationskinetik noch den Vorteil, dass ein

wasserreiches Hydratationsprodukt gebildet wird - der Ettringit. So ist ein schnelles Trocknen möglich. Diese Eigenschaft ist für Mörtel zur Anwendung im Bodenbereich sehr wichtig, wenn z.B. beim Bauen Bodenbeläge rasch auf den Estrich aufgebracht werden sollen. Mischungen 5 und 6 sind entweder reiner Tonerdezement, der einen hohen Widerstand gegen chemischen Angriff (Expositionsklasse XA) bietet oder Tonerdezement mit Portlandzement. Im letzteren Fall werden niedere Abbindezeiten bei hohen Frühfestigkeiten erreicht.

Für die Mischungen werden deshalb besondere Eigenschaften erreicht, weil durch die kontrollierte Kombination unterschiedlicher hydraulischer und hydratischer aktive Mineralien wie zum Beispiel Monokalziumaluminat (CaAl_2O_4), Trikalziumaluminat ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$), Mayenit ($\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$), Kalziumaluminiumoxidsulfat Ye'elimit ($\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{O}_{12}(\text{SO}_4)$) und Anhydrit (CaSO_4) die Hydratationskinetik und die Art der Hydratphasen eingestellt werden können.

Kontakt:		Schlauer Fuchs
	<p>Prof. Dr. Thomas A. Bier Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik Lehrstuhl Baustofftechnik Leipziger Straße 28 09599 Freiberg Tel.: +49 (0)3731 39-4242 Fax: +49 (0)3731 39-2223</p>	<p>Unsere Schlaue-Fuchs-Frage zu diesem Beitrag lautete:</p> <p>Wie viele Tonnen Portlandzement stellten die 17 größten Zementproduzenten 2008 weltweit her?</p>
	<p>http://tu-freiberg.de/fakult4/ikgb/bau</p>	