

Geopolymere

Der Begriff Geopolymere wurde in den 1970er Jahren von dem französischen Chemiker Joseph Davidovits geprägt. Geopolymere entstehen durch Reaktion aus einem reaktiven pulverförmigen Feststoff, der im Idealfall aus amorphem SiO_2 und Al_2O_3 besteht und einer alkalischen Aktivatorlösung. Im Verlauf der Geopolymerisation härtet das Stoffgemisch aus und bildet ein Alumosilikatnetzwerk, das sich ähnlich verarbeiten lässt wie herkömmlicher Zement. Dabei ist das Si-Al-Verhältnis entscheidend für deren Qualität.

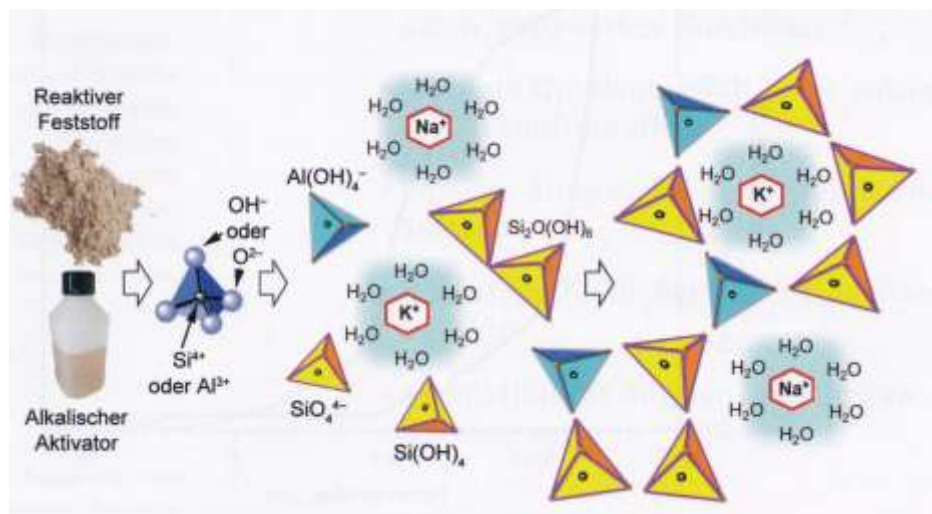
Rohstoffe

Für Geopolymere eignet sich vorzugsweise das amorphe Metakaolin ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$) als pulverförmiger reaktiver Feststoff. Typische Aktivatoren sind alkalische Lösungen auf Basis von Kalium- und Natriumsilikatlösungen.

Das molare Verhältnis von SiO_2 , K_2O oder SiO_2 und Na_2O entscheidet darüber, ob sich das Wasserglas für die Synthese des Geopolymeren eignet. Die Konsistenz des frischen Geopolymeres und dessen Endfestigkeit wird ebenfalls dadurch beeinflusst, ob Na^+ oder K^+ vorliegt.

Geopolymerisation

Sie unterscheidet sich grundlegend von der Hydratation des Zements und lässt sich vereinfacht wie folgt erklären: Die OH^- -Ionen der Aktivatorlösung lösen zunächst die amorphen Bestandteile des reaktiven Feststoffes. Dadurch brechen die Bindungen von SiO_2 und Al_2O_3 , und es entstehen unter anderem Monomere wie $\text{Si}(\text{OH})_4$ und $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ sowie weitere komplexe Verbindungen in Lösung. In der anschließenden Polykondensation, ballen sich die kolloidalen Teilchen.. Das führt im weiteren Verlauf der Kondensationsreaktion dazu, dass sich die Polymerketten verlängern und vernetzen. Das so entstehende Aluminiumsilikatnetzwerk setzt sich aus $(\text{SiO}_4)^{4-}$ - und $(\text{AlO}_4)^{5-}$ -Tetraedern zusammen, die über Sauerstoffatome miteinander verknüpft sind. Die Kationen K^+ oder Na^+ gleichen die negative Ladung des $(\text{AlO}_4)^{5-}$ -Tetraeders aus und werden daher in das Netzwerk eingebunden. Verglichen mit der Hydratation von Zement wird bei der Geopolymerisation nur ein geringer Teil des Wassers aus der Aktivatorlösung chemisch in das Netzwerk eingebunden.



Eigenschaften des Geopolymers

Zu den besonderen Materialeigenschaften des ausgehärteten Produkts gehören die hohe Unempfindlichkeit gegenüber Säureangriff, die stark ausgeprägte Hitze- und Brandbeständigkeit sowie die schnelle Ausbildung der Endfestigkeit.

Aushärteprozesse

Je nach Rohstoffen erreicht das Geopolymer bereits nach einigen Stunden seine entgültige Festigkeit (Druckfestigkeit $> 60 \text{ N/mm}^2$). Das ist deutlich schneller als bei Zement.

Ökologische Vorteile und Potential

Geopolymere weisen gegenüber Zement eine deutlich günstigere Energiebilanz auf. Während beim Brennen der Zementrohstoffe Kalkstein, Ton und Mergel Temperaturen von 1450°C erforderlich sind, und pro Tonne Zement ca. 110 Kwh Energie aufgewendet werden müssen, wird Metakaolin in der Regel zwischen 650 und 700°C gebrannt und hat im Gegensatz zu Zement auch keine CO_2 Freisetzung zur Folge.

Quelle: Oliver Vogt u.a., Nachrichten aus der Chemie 12/2017, S.1198ff.

erstellt Dr. Rainer Pflüger 06.07.2018