

## Einleitung

In der Holzverarbeitenden Industrie fallen aus Verbrennungsprozessen jährlich zig-Tonnen an Asche an. Reststoffe wie Rinde, Abschnitte aus der Rohholzverarbeitung oder auch vom Zuschnitt der erzeugten Holzwerkstoffe werden üblicherweise direkt im Werk verfeuert. Die erzeugte Energie wird beispielsweise als Wärmeenergie für Holz Trocknung, Beheizen der Werksgebäude oder für thermische Prozesse in der Produktion verwendet. Über Kraft-Wärme-Kopplung kann die thermische Energie in elektrische Energie umgewandelt werden und direkt im Werk verwendet oder in das Elektrizitätsnetz eingespeist werden. In den meisten Fällen wird die anfallende Asche entsorgt. Das bedeutet hohe Entsorgungskosten für die Betriebe und ein potenziell wertvoller Reststoff wird ungenutzt auf einer Deponie gelagert.

Es ist bekannt, dass die Zementindustrie für rund 8% des gesamten weltweiten anthropogenen CO<sub>2</sub>-Ausstoßes verantwortlich ist. Bei der Herstellung von Zementklinker und auch Beton kommen seit vielen Jahrzehnten Flugaschen aus Kohlekraftwerken als Zusatzstoff zum Einsatz. Diese Asche ist in zementösen Systemen reaktiv, darf daher als Bindemittel angerechnet werden und reduziert so Klinkergehalt im Zement.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Einfluss von Aschen aus Holzverbrennungsanlagen auf die Festigkeitseigenschaften von Beton bei Verwendung als Zementersatz. Es wurden insgesamt fünf Aschen aus zwei Spanplattenwerken (W1 und W2) untersucht.

## Methoden

Die Charakterisierung der Asche nach physikalischen und chemischen Eigenschaften ist ein wichtiger Schritt in der Beurteilung der Eignung als Zusatzstoff für Zement oder Beton. Bestimmt wurde die Dichte mit einem Pycnometer, Partikelgrößenverteilung mittels Laserbeugung, Partikelform und chemische Zusammensetzung mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Energiedispersive Röntgenmikroanalyse (EDX) sowie die mineralogische Zusammensetzung mittels Röntgendiffraktometrie (XRD).

Flugaschen bestehen zum Teil aus kugelförmigen Partikeln, deren Anteil neben der Partikelgrößenverteilung großen Einfluss auf eine gute Verarbeitbarkeit des Frischbetons hat. Die chemische und mineralogische Zusammensetzung gibt Aufschluss über die Reaktionsfreudigkeit der Flugasche und beeinflusst die Erhärtung sowie die Eigenschaften des Festbetons. Silikatreiche Flugaschen (wie z.B. die Referenzflugasche AM) sind in zementösen Systemen reaktiver als kalziumreiche Flugaschen.

Zur Bestimmung der Druckfestigkeit und der Biegezugfestigkeit wurde ein Referenzmörtel (Ref) mit Portlandzement CEM I 52,5 R und Normsand hergestellt. Für die einzelnen Versuchsserien wurden 10, 25 und 40 M.% des Zements durch die jeweilige Flugasche (AS1\_W2, AS2\_W2, AZ\_W1, AE\_W1, AS\_W1) ersetzt.

Zum Vergleich wurde auch eine für die Verwendung in Beton zugelassene Flugasche (AM) aus einem Kohlekraftwerk verwendet. Aus diesen Mörteln wurden Prismen mit den Abmessungen 4x4x16cm<sup>3</sup> hergestellt. Nach 28 Tagen normgerechter Lagerung wurden Biegezug- und Druckfestigkeit geprüft.

Die mineralogische Analyse ergab, dass die Flugaschen aus der Holzverbrennung überwiegend aus kalzitischen Mineralen bestehen und daher weniger reaktiv sind als die Referenzflugasche.

Die Druckfestigkeit der Referenzmischung (ohne Asche) ist mit 100% angegeben. Die Vergleichsasche AM zeigt erst bei dem hohen Anteil von 40% einen nennenswerten Abfall der Druckfestigkeiten. Die beiden Aschen aus Werk 2 (W2) – insbesondere AS1\_W2 – bewirken bei höheren Anteilen eine stärkere Reduktion der Druckfestigkeit als Aschen aus Werk 1 (W1).

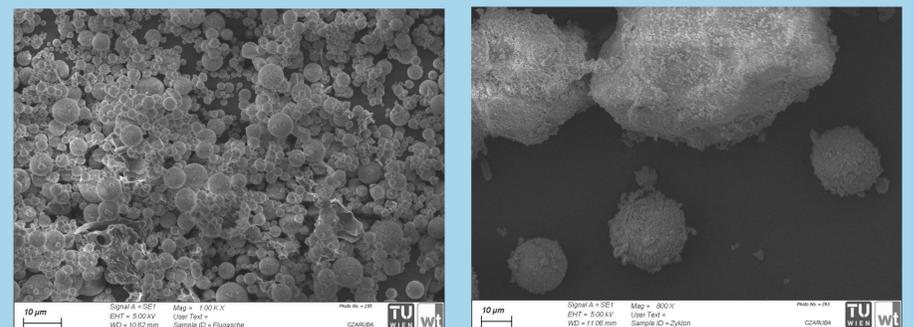
Bei einem Anteil von 10% sinkt die Druckfestigkeit je nach verwendeter Asche um höchstens 15%.

## Zusammenfassung

In einem der beiden Betriebe (W1) werden auch zementgebundene Spanplatten hergestellt. Die jährlich anfallende Aschemenge beträgt etwa 10% der Menge des benötigten Zements. In diesem Fall könnte die gesamte Asche in diese Produktionsschiene fließen und 10% des Zements ersetzen ohne nennenswerte Einbußen in der Produktqualität erwarten zu müssen. Durch diese Zementeinsparung würde auch das Global Warming Potential (GWP) des Endproduktes dementsprechend reduziert und ein wertvoller Reststoff würde nicht ungenutzt auf eine Deponie transportiert. Allerdings müsste für jede Asche eine genaue Untersuchung auf schädliche Bestandteile und eine Recherche der einzuhaltenden Grenzwerte durchgeführt werden.

## Ergebnisse

Die Referenzflugasche AM (links) besteht nahezu ausschließlich aus kugelförmigen Partikeln, während die Flugaschen aus diesen Holzverbrennungsanlagen viele kantige und deutlich größere Partikel enthalten (am Beispiel von AZ\_W1, rechts).



Die Analyse der Partikelgrößenverteilung bestätigt, dass die untersuchten Flugaschen aus der Holzverbrennung deutlich größer sind als die Referenzflugasche AM.

