

## Ansatzbildung in Drehrohren

Rechnergestützte Prozessmodellierung ermöglicht realistischen Blick in das Innere von Drehrohröfen bei verschiedenen Szenarien der Ansatzbildung

**Erstmals seit 1974 wurden im Forschungsinstitut der Zementindustrie wieder detaillierte Untersuchungen zur Ansatzbildung in Drehrohröfen durchgeführt. Einen neuen Ansatz bietet dabei die simulationstechnische Betrachtung der durch Ansätze bedingten Änderungen im Klinkerbrennprozess. Die Modellierung von zwei Referenzwerken hat gezeigt, dass Ansatzprofile in ihrer Größenordnung und Position in Drehrohröfen der Zementindustrie vorhergesagt werden können. Insbesondere die prozessbedingten Änderungen durch die Ansätze konnten adäquat simuliert werden. Demnach bieten die Simulationsergebnisse einen realistischen Blick in das Innere eines Drehrohröfens im laufenden Betrieb, sodass eine detaillierte Einschätzung der Änderungen im Klinkerbrennprozess durch Ansatzbildung möglich ist.**

Für den wirtschaftlichen Betrieb eines Zementwerks ist es essentiell, den energieintensiven Klinkerbrennprozess kontinuierlich und bei zugleich geringen Energiekosten zu betreiben. Um die Brennstoffkosten bei gleichzeitiger Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken, wird von der deutschen Zementindustrie der Einsatz fossiler Brennstoffe immer weiter reduziert und durch alternative Brennstoffe substituiert. Dies kann mitunter zur Folge haben, dass sich die Bildung von Stoffkreisläufen und Ansätzen in den Ofenanlagen verändert und der Produktionsbetrieb aufgrund von verengten bis zugesetzten Brenngut- und Rauchgaswegen gestört werden kann. Ziel des Projektes war es daher, den überwiegend auf Erfahrungswerten basierenden Wissensstand zum Thema der Ansatzbildung in Zusammenarbeit mit der Ruhr-Universität Bochum und mithilfe von gezielten CFD- und Prozesssimulationen zu erweitern.

Auf Basis von ermittelten Prozessdaten, Messdaten aus Ofenversuchen und den

vermessenen Ansatzprofilen in zwei Drehofenanlagen wurden sowohl das VDZ-Prozessmodell als auch das CFD-Modell zunächst angepasst. Basierend auf den Simulationsergebnissen und den gemessenen Ofenmanteltemperaturen wurde dabei eine Methode zur Berechnung von Ansatzprofilen entwickelt, welche die tatsächlich gemessenen Ansatzprofile der Referenzwerke sehr gut wiedergibt.

Mit den validierten Modellen ließen sich anschließend die Einflüsse von Veränderungen der Flammenform und der Brennstoffeingabe untersuchen. Dabei wurden mittels CFD-Simulation die resultierenden Prozessbedingungen im Inneren des Ofens bei verschiedenen Ansatzszenarien aufgezeigt. Das simulierte Geschwindigkeitsprofil der Gasphase im Drehrohröfen für eine Simulation ohne Ansatz, mit gemäßigttem Ansatz und starkem Ansatz ist in Bild 1 dargestellt.

Entsprechend der Ansatzbildung kommt es zu einer Beeinflussung des freien Ofenquerschnitts, wodurch der gleichmäßige Gas- und Brenngutstrom beeinträchtigt wird. Besonders bei schweren und lokal konzentrierten Ansätzen, etwa hervorgerufen durch eine Veränderung der Flamme, ist eine deutliche Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit im Ofen zu erkennen. Darüber hinaus staut sich

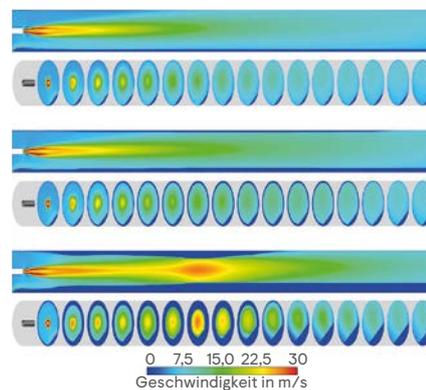


Bild 1: Gasgeschwindigkeit im Drehrohröfen bei keinem (oben), gemäßigttem (Mitte) und starkem Ansatz (unten)

das Material vor dem Ansatz, sodass eine gleichmäßige Verweilzeit entlang des Ofens nicht mehr gewährleistet ist. Infolgedessen verändert sich auch die Wärmeübertragung auf das Brenngut.

Die simulierten Temperaturprofile der drei Szenarien zeigt Bild 2.

Die Erwärmung des vor dem Ansatz gestauten Materials erfolgt bei starken Ansätzen aufgrund der Massenzunahme zunächst langsamer. Das dünnere Klinkerbett im Bereich des Ansatzes ist hingegen einer vergleichsweise hohen Wärmebelastung ausgesetzt. Die erst verringerte und anschließend erhöhte massenspezifische Wärmeübertragung auf das Brenngut begünstigt so eine inhomogene Bildung der Klinkerschmelze. Damit ist auch die Phasenumwandlung des Brenngutes beeinflusst und Änderungen in der Klinkerchemie bzw. Produktqualität können die Folge sein. Zudem führt eine Übertemperaturierung des Brenngutes zu einer verstärkten Kreislaufbildung von Chlor und Schwefel in der Ofenanlage, wodurch ebenfalls die Bildung von Ansätzen im Bereich des Ofeneinlaufs/Vorwärmers erhöht wird. Folglich zeigen die Simulationsergebnisse, dass bestehende Ansätze durch ungünstige Prozessbedingungen neue Ansätze fördern und auch die Klinkerqualität und Energieeffizienz der Ofenanlage beeinträchtigt werden.

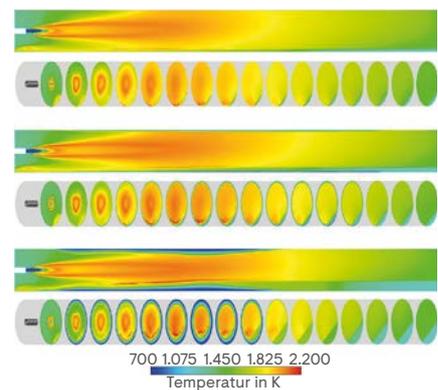


Bild 2: Temperaturen im Drehrohröfen bei keinem (oben), gemäßigttem (Mitte) und starkem Ansatz (unten)