

## Innovativer Sensor für Wandspannungen

**Neueste Sensortechnologien eröffnen immer wieder neue Untersuchungsbereiche. Wissenschaftler des Lehrstuhls für Maschinen- und Apparatekunde der TUM (Prof. Karl Sommer) am Wissenschaftszentrum Weihenstephan befassen sich insbesondere mit der Zweiphasenströmung Feststoff/Gas.**

Auf der Basis neuer Piezokraftaufnehmer haben die Wissenschaftler ein Messinstrument aufgebaut, mit dem sich bestimmen lässt, welche Wandschub- und Normalspannungen auf die Wand von Rohren einwirken, in denen eine hoch beladene Feststoff/Gasströmung fließt. Dieser Messsensor soll vor allem dazu benutzt werden, die Entstehung und Stabilität von Ppropfen bei der pneumatischen Dichtstromförderung von Schüttgütern zu untersuchen. Die pneumatische Ppropfenförderung ist wegen der geringen Geschwindigkeit des Förderguts und der sehr hohen Feststoffbeladung eine äußerst produktionschonende und anlagenschonende Art der Förderung, die vor allem in der Lebensmittel- und chemischen Industrie für den innerbetrieblichen Transport angewendet wird.

Bisher war es aufgrund methodischer Unzulänglichkeiten schwierig, die Wandschubspannung eines bewegten Schüttgutpropfens zu bestimmen. Den TUM-Wissenschaftlern erschien es sinnvoll, die auf die Wand wirkenden Kräfte direkt an einem freigeschnittenen Wandelement zu messen. Daraus lassen sich die Spannungen über die bekannte Geome-

trie berechnen. Realisiert wurde das Messprinzip in einem geflanschten Rohrlement, das in eine Förderleitung implementiert werden kann. Die Detektion der Kräfte erfolgt über einen Sensorteller, der auf zwei senkrecht aufeinander stehenden Piezoelementen fixiert ist. Zur Erfassung der Kraft dienen Piezoelemente, da eine Dehnungsmessstreifen-Biegebalken-Konstruktion zwar reproduzierbarere Messergebnisse lieferte und eine bessere Auflösung der Kräfte ermöglichte, wegen der Trägheit des Systems den hohen dynamischen Vorgängen aber nicht folgen konnte.

Bei der Konfiguration der Piezoelemente galt es folgende Störquellen zu berücksichtigen: Trotz der rechtwinkligen Anordnung der Elemente beeinflussten sich die Kraftkomponenten gegenseitig - das heißt, bei einer rein radialen Belastung zeigte auch das Piezoelement für die axiale Kraftkomponente eine axiale Krafteinwirkung und umgekehrt. Da ausschließlich die mechanischen Kräfte des Schüttguts detektiert werden sollten und nicht die Druckkraft des Fördergases, wurden die Messkomponenten in einer Messkammer untergebracht, die einem stetigen Druck-

ausgleich zwischen Förderrohr und Messkammer unterliegt. Wie sich zeigte, erfolgt der Druckausgleich so schnell, dass das Messsignal unbeeinflusst bleibt. Jedoch führten Änderungen des statischen Luftdrucks zu Schwankungen, die sich durch eine stetige Erfassung des Drucks in der Messkammer erfassen und damit korrigieren ließen. Weitere StörgröÙe war die zeitliche Entladung des Piezoquarzes bei

signalen umgewandelt, die schließlich digitalisiert werden. Dazu haben die Wissenschaftler eine Bedienoberfläche programmiert, mit der sie die einzelnen StörgröÙen aus dem Rohsignal herausrechnen können. Zunächst skalieren sie das Rohsignal über die Sensorfläche und korrigieren anschließend Entladung, Druckempfindlichkeit und gegenseitigen Einfluss. Die entgültigen Daten bzw. Spannungen werden damit in Echtzeit angezeigt und lassen sich digital abspeichern. Erste Untersuchungen mit einem Ppropfen aus Schaumstoff, der als Schüttgutppropfen mit homogenen Eigenschaften wie Porosität und Schüttgutdichte betrachtet werden kann, brachten sehr gute Ergebnisse. Darauf aufbauend, wurden erste Förderversuche für den kontinuierlichen vertikalen Transport vorgenommen.



Isometrische Darstellung des Sensors

einer statischen Belastung. Jedoch gehorcht diese Entladung einer exponentiellen Funktion, die entsprechend den spezifischen Entladungs- konstanten der jeweiligen Piezoelemente charakterisiert und in der Signalverarbeitung korrigiert werden konnte.

Damit stellt sich bei der Erfassung der Wandschub- und Normalspannung folgender Signalfluss ein: Die Piezoelemente detektieren die auf den Sensorteller wirkenden Kräfte. Parallel dazu misst ein Miniaturdruckaufnehmer die statischen Druckänderungen in der Messkammer. Die einzelnen Messsignale werden dann über Verstärkereinheiten in Volt-

Dank finanzieller Unterstützung durch den Bund der Freunde der TUM konnten diese Forschungsergebnisse auf dem World Congress on Particle Technology 4 in Sydney, Australien, präsentiert werden.

Gerhard Niederreiter