

Ein bedeutender Fraktionierungsschritt für die Ressourcenaufbereitung ist die Flotation. Dazu werden zermahlene Rohstoffgemische durch tensidhaltige Flüssigkeiten selektiv hydrophobisiert und sammeln sich in diesem Trennprozess in einem sich ausbildenden Schaum. Die Kenntnis der Schaumzusammensetzung in industriellen Schaumflotationsprozessen ist ein wichtiger Bestandteil für den ressourceneffizienten Betrieb und eine optimierte Steuerung von Flotationsanlagen. Aufgrund der Opazität von partikelbeladenen Schäumen existiert zum jetzigen Zeitpunkt allerdings keine verlässliche Methodik, um diese Schaumzusammensetzung während des Betriebs zu messen. Im Rahmen des hier vorgestellten Projektes wurde die Einsatzmöglichkeit von niederfrequentem Ultraschall zur Schaumcharakterisierung untersucht. Hierbei sollen Reflexionen an den inhärenten Schaumbestandteilen (Plateau-Grenzen und Partikel) eine orts aufgelöste Information über die lokale Konzentration von Flüssigkeit und Feststoff liefern. Dabei war insbesondere das Potential zur minimal- oder nichtinvasiven Messung der Schaumphase von Interesse. Dies ist notwendig, um den überlaufenden Schaum möglichst wenig zu stören. Zusätzlich erfordern die speziellen Umgebungsbedingungen in industriellen Flotationsanlagen, wie ölige, staubige Luft, ein robustes Messsystem. Die durchgeführten Arbeiten beruhen dabei sowohl auf simulativen als auch auf experimentellen Versuchen im Labor und in einer industriellen Anlage. Im ersten Schritt bestand die Notwendigkeit die generelle Interaktion zwischen Schallwellen und Schaum zu untersuchen. Dies wurde mithilfe von zwei- und dreidimensionalen Simulationen an realistischen Schaumstrukturen verwirklicht. Bereits hier ist erkenntlich geworden, dass die rückgestreute Signalenergie in starkem Maße vom Flüssigkeitsgehalt im Schaum abhängt, und die Schalldämpfung bei größer werdendem Flüssigkeitsgehalt ein limitierender Faktor werden kann. Aufbauend auf Experimenten an einem Schaum mit homogener und statischer Blasengröße und Flüssigkeitsgehalt wurden für die späteren Versuche die Ultraschallsonden ausgewählt, welche den besten Kompromiss aus Eindringtiefe und Ortsauflösung bieten. Mit diesen Sonden wurde im nächsten Schritt der Zusammenhang zwischen Schaumzusammensetzung und Transmission sowie Reflexion untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass für Schäume unter 1 % Flüssigkeitsgehalt eine orts aufgelöste Messung des Flüssigkeitsgehaltes verwirklicht werden kann. Diese basiert auf einem neuartigen Rekonstruktionsalgorithmus der Rückprojektion, welcher während der Projektlaufzeit entwickelt wurde. Zur Validierung dieser Rekonstruktion wurden Experimente mit Neutronenradiographie durchgeführt. Ein Ultraschall-Array bestehend aus 10 Sonden wurde für diese Messkampagne aufgebaut, mit welchem der flächige Wassergehalt in bis zu 9 cm Eindringtiefe im transienten, dynamischen und inhomogen feuchten Schaum bestimmt werden konnte. Für einen Wassergehalt über 1 % limitiert eine starke Schalldämpfung mit größer werdendem Flüssigkeitsgehalt minimal-invasive Messung. Für Schäume mit diesen Wassergehalten hat sich die Reflexionsmessung als sinnvoll erweisen. Dafür wurde die Schallreflexion an der Grenzfläche zwischen Luft- und Schaum untersucht. Obwohl so keine Information über die Schaumzusammensetzung unterhalb der Schaumoberfläche erhalten werden kann, kann dieser Ansatz beispielsweise an der Überlaufkante von Flotationszellen genutzt werden, um die Bewegungsrichtung des Schaums und dessen akkumulierte Feuchtigkeit und Partikelkonzentration aufzuzeigen. Zusätzlich kann durch die gemessene Laufzeit des reflektierten Signals die Schaumhöhe bestimmt werden, wenn die Schallgeschwindigkeit in Luft bekannt ist. Diese Methodik wurde im letzten Schritt an einer industriellen Flotationsanlage überprüft. Auch hier hat sich gezeigt, dass die mit Ultraschall gemessene Schaumhöhe und die Intensität der Reflexion an der Schaumgrenzfläche mit der Schaumzusammensetzung korrelieren.