

**Autor: Dipl.-Ing.(TH), Dipl.-Ing.-ök. Frank-Michael Jäger
IBJ-Technology**

Neues Verfahren zur Grenzstandmessung mit Rayleighwellen

Beschreibung:

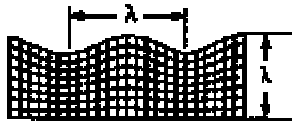
In einem elastischen Körper, in unserem Fall ist es die Behälterwand, werden sich im Wesentlichen zwei verschiedene Arten von Wellen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten ausbreiten. Von Interesse sind hier die longitudinalen P-Wellen und die transversalen S-Wellen. Weiterhin breiten sich auf der Begrenzungsfläche, der inneren und äußeren Behälterwand, noch Rayleighwellen aus. Wird von einem homogenen Körper ausgegangen, kann von einer konstanten Wellengeschwindigkeit ausgegangen werden. Für Behälterwände wird damit die Frequenzabhängigkeit der Geschwindigkeit, die sogenannte Dispersion, außer acht gelassen.

Die Geschwindigkeit der Rayleighwellen entspricht in etwa der von Transversalwellen.

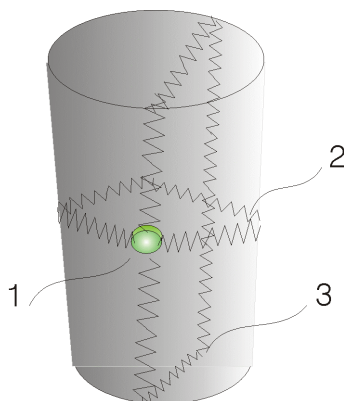
Genau genommen ist die Geschwindigkeit der Rayleighwellen etwas geringer als die der Transversalwellen.

Die Teilchen der Oberfläche führen zweidimensionale Schwingungen auf elliptischen Bahnen um ihre Ruhelage aus, so dass die Rayleighwellenausbreitung aus einer longitudinalen und transversalen Komponente zusammengesetzt ist.

Da nur die oberen Atomsschichten beteiligt sind, muss also eine Phasenänderung an der Grenzschicht Fest-Gas zu Fest-Flüssig messtechnisch nachweisbar sein.



Generell werden nur die oberen Atomsschichten beeinflusst, so dass bereits in einer Tiefe von einer Wellenlänge im Material keine Störungen mehr spürbar sind. Rayleigh-Wellen sind prinzipiell weniger gut zur Messung in Flüssigkeiten geeignet, da eine Komponente ihrer Teilchenauslenkung senkrecht zur Oberfläche d.h. in die Flüssigkeit gerichtet ist. Somit würde sich eine erhebliche Dämpfung der Welle einstellen.



Von einem auf der Behälterwand aufgebracht Sensor **1** gehen Wellen nach allen Richtungen aus.

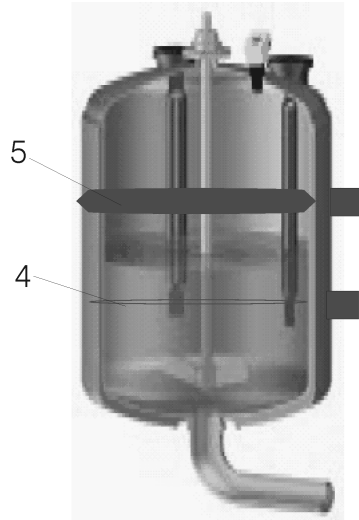
Bei der Nutzung der Rayleighwellen zur Grenzstanddetektion werden die Sensoren seitlich an der Behälterwand angebracht.

Die horizontal verlaufenden Wellen **2** haben bei stehenden Behältern kurze Wege. Die vertikal umlaufenden Wellen **3** sind bei technischen Behältern praktisch nicht nachweisbar. Die sich bei runden Ultraschallschwingern (Dickenschwinger) nach allen Seiten ausbreitenden Wellen sind praktisch keine Störgrößen.

Schräg verlaufende Wellen werden an Schweißnähten (Klöpferböden) reflektiert und weiter gestreut. Ihr Energieinhalt trägt somit nur zum Grundrauschen bei. Durch zentrisch angeordneten Ein- und Ausläufe sind diese messtechnisch nicht störend bzw. nicht nachweisbar. Sind Restmengen von Flüssigkeit im

Behälter, werden diese dadurch auch bis zur Nachweisgrenze bedämpft. Das Nutzsignal der horizontal umlaufenden Welle ist wesentlich größer (praktisch 50 – 60 dB. Die Anwendung ist an Rohrleitungen ebenfalls sehr gut möglich, wenn diese leer laufen können.

Von den unterschiedlichen Wellenformen pflanzen sich Rayleighwellen mit der größten Amplitude fort. Der Empfang dieser Wellen bereitet daher messtechnisch auch keine Schwierigkeiten.



Der Vorteil von Rayleighwellen **5** ist deren Unabhängigkeit von Einbauten im Behälter.

Da die Dämpfung der Rayleighwellen auf der inneren Behälterwand zur Detektion der Flüssigkeit ausreicht, kann die äußere Behälterwand auch mit dämpfenden Isolationsmaterial (z.B. Schaumstoff) beklebt sein. Die Dämpfung der Rayleighwelle **4** erfolgt schon beim Erreichen des Sensors (ca. 50 % der Sensorfläche). Aufsteigende Blasen und Turbulenzen durch den Rührer beeinflussen die Messung nicht.

Weitere Ausführungen und eine Darstellung der Signale ist der beigefügten Schrift zur Patentanmeldung zu entnehmen.

Vorteile des neuen Messverfahrens:

1. **Messung auch bei Fremdphasen (Blasen, Salzkristalle usw.) innerhalb der Flüssigkeit**
2. **Messung auch an kleineren Behälterdurchmessern (Rohren)**
3. **Großer Hub zwischen Nutzsignal und Rauschen**
4. **Relativ großzügige Toreinstellung (geometrisch direkt ableitbar oder durch „teach in“ vom Gerät ermittelbar)**
5. **Selbstüberwachend, Einsatz als Überfüllsicherung**

Beispiele von Anwendungsmöglichkeiten:

1. Voll/Leer-Detektion von Rohrleitungen

Rohrleitungen in der chemischen Industrie werden oft mit Flüssigkeiten und Phasengemischen gefüllt, die durch Einbauten (Staukörper) in ihrer Funktion erheblich gestört werden können. Die Entleerung von Reaktoren oder Kristallisatoren wird oftmals über das Leerlaufen der Rohrleitung am Auslauf des Behälters kontrolliert.

Salzkristalle oder Gasblasen verhindern den Einsatz von Impuls-Echo-Verfahren, da kein Signaldurchgang erfolgt. Auch gut durchschallbare Flüssigkeiten (z.B. Monomere) können auf Grund ihrer Strömungseigenschaften nicht in einer Prozessrohrleitung detektiert werden. Oftmals bildet sich eine schraubenförmige Rohrströmung aus, die den Rohrquerschnitt nur teilweise füllt.

Diese Rohrleitungen aus Edelstahl sind in der Regel mit Rayleighwellen gut überwachbar. Praktische Erprobungen und dauerhafte Installationen an mit Salzkristallen und

Trägerflüssigkeiten gefüllten Rohrleitungen (Überwachung von Zentrifugen) bestätigten die Erwartung an die Industrietauglichkeit.

2. Grenzstanddetektion an Behältern

Behälter mit Einbauten und ständiger Durchgasung können berührungslos überwacht werden.

Sollen schnell veränderbare Füllstände an Behältern gemessen werden, bereiten mitgerissene Gasblasen und turbulente Strömungen Probleme. Standrohre mit Magnetklappen können den Füllstandänderungen nicht folgen. Impuls-Echo-Verfahren bringen erst nach längerer Beruhigungszeit Signale. Technologisch sind diese Verfahren nicht brauchbar.

Sogenannte Windkessel sind durch die beschriebene, durch Gebrausmuster und Patentanmeldung geschützte Methode überwachbar.