

EMUS- Prüfsystem für Pipelineprüfungen während Reparaturarbeiten

Nina SURKOVA, Frank NIESE, Michael KRÖNING, IZFP, Saarbrücken
Nikolay ALJOSCHIN, Michail SYRKIN, Forschungs- und Ausbildungszentrum
„Schweißen und Prüfung“, Baumann MGTU, Moskau, Russland

Kurzfassung. Das Fraunhofer IZFP, Saarbrücken, hat in Kooperation mit der Baumann-Universität, Moskau, ein Prototyp-Prüfsystem für die koppelmittelfreie Ultraschalluntersuchung von Rohrleitungen an der Außenseite der Rohrwand mittels elektromagnetisch angeregten Ultraschallplattenwellen aufgebaut. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass axial orientierte, nutförmige Testfehler mit einer minimalen Tiefe von 1mm (bei 9 mm Wanddicke) und einem Rohrdurchmesser von 900 mm bei der Einschallung in Umfangsrichtung nachgewiesen werden können.

Einführung

Weltweit gibt es zurzeit über 3 Millionen Kilometer Öl- und Gas-Pipelines. Viele dieser Leitungen sind schon über 30 Jahre alt. Korrosionen und Risse führen zu Lecks oder Aufbrüchen in den Leitungsrohren, was wiederum Förderausfälle, Umweltschäden und, im Fall von Explosionen, auch die Gefährdung von Menschenleben zur Folge haben kann. D. h. der Zustand von Gaspipelines ist sowohl aus Gründen der Sicherheit als auch aus wirtschaftlicher Sicht von größter Bedeutung.

Situation

Das Forschungs- und Ausbildungszentrum „Schweißen und Prüfung«, Moskau, hat für die Pipelineprüfung ein Prüfsystem entwickelt, bestehend aus einem Scanner-Roboter „Autokon-MGTU“ für automatisierte Ultraschallprüfung mit piezoelektrischen Prüfköpfen. Das Prüfsystem kommt zum Einsatz, wenn zu Reparaturzwecken die Rohrummantelung bereits entfernt ist. Der Antrieb erfolgt über Magnet-Hafträder, dadurch kann auf Führungsschienen verzichtet werden. Die Ultraschallprüfung wird von der Außenseite durchgeführt. Die Abbildungen 1-3 zeigen Vororteinsätze des Scanner-Roboters (Sibirien, Russland). Einen natürlichen nachgewiesenen Fehler im Rohrmantel stellt die Abbildung 4 dar. Die zugehörigen Ultraschall-Messergebnisse werden in C-Scan-Form in Abbildung 5 gezeigt.

Das für die piezoelektrischen Prüfköpfe benötigte Koppelmittel beschränkt jedoch die Einsatzzeiträume auf frostfreie Tage, bzw. auf Temperaturen, bei denen das Koppelmittel noch flüssig ist.



Abbildung 1: Scanner-Roboter "Autokon-MGTU" für automatisierte Ultraschallprüfung.



Abbildung 2: Scanner-Roboter "Autokon-MGTU" im Einsatz in Sibirien: Typische Prüfumgebung



Abbildung 3: Scanner-Roboter “Autokon-MGTU“ im Einsatz in Sibirien: Bei Minus-Temperaturen kann es zu Ankoppelproblemen kommen.



Abbildung 4: Ein nachgewiesener Fehler an der Außenseite der Rohrwand

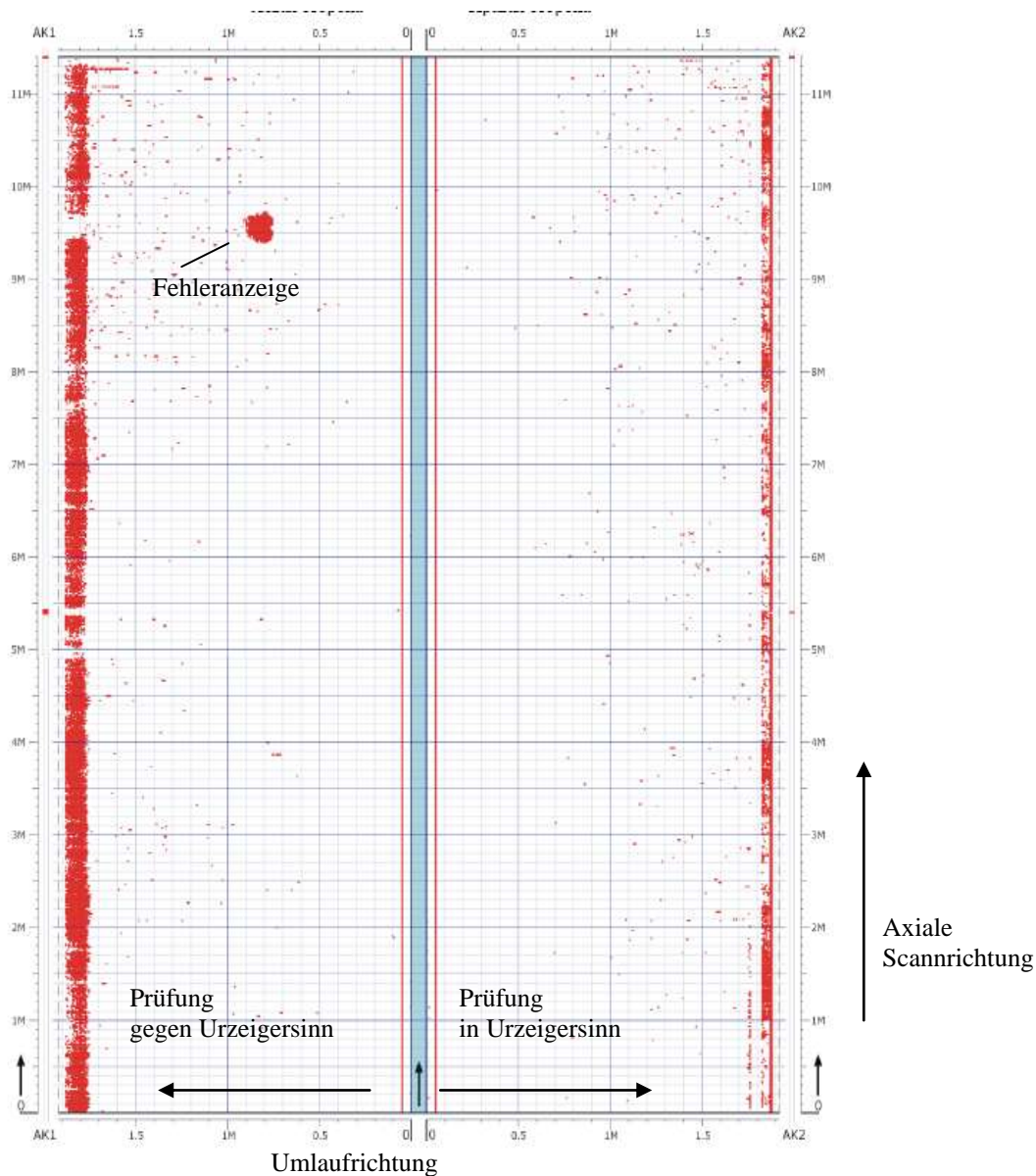


Abbildung 5: Ultraschall C- Scan mit Fehleranzeige

Lösung

Das Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Saarbrücken, erweiterte das bestehende System mit koppelmittelfrei arbeitenden elektromagnetischen Ultraschallprüfköpfen (EMUS) und der dazugehörigen Ansteuer- und Empfangselektronik. Im statischen, horizontalen Magnetfeld B_0 kann über die magnetostruktive Wechselwirkung Ultraschall in ferromagnetischen Werkstoffen angeregt werden. Das Sende-/Empfangs-Spulensystem ist zwischen den Polschuhen eines Magnetsystems angeordnet (Abbildung 6).

Dadurch werden folgende Vorteile gegenüber dem bestehenden System erreicht:

- trockene, koppelmittelfreie Ultraschallwandlung
- mechanische Entkopplung der Sende/Empfangsspule und der Magnetisierungseinrichtung
- am Ort der Spule wirkt keine magnetische Kraft in Richtung der Oberflächennormalen der Rohrwand (Verschleißreduzierung)

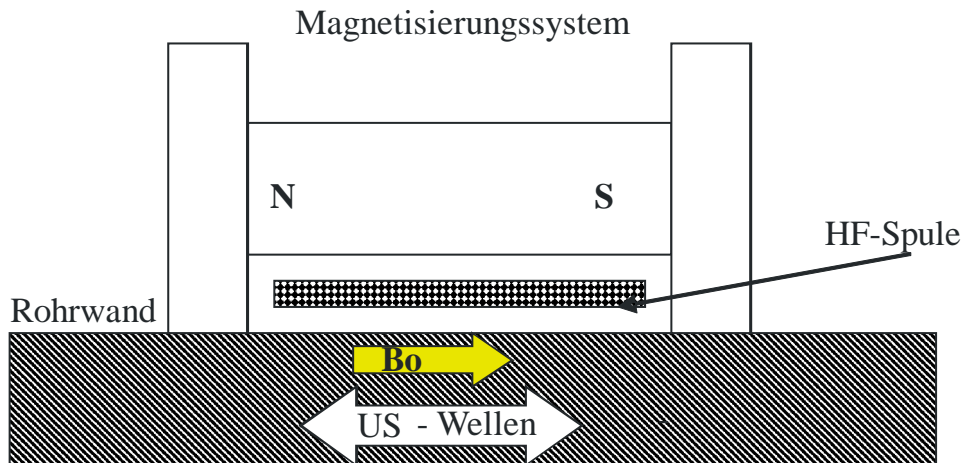


Abbildung 6: Funktionsprinzip EMUS-Anregung



Abbildung 7: EMUS-Sensorprototyp und EMUS-Frontend-Elektronik im wasserdichten Gehäuse.

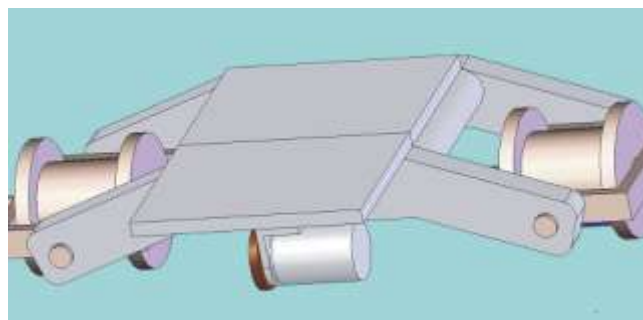


Abbildung 8: Sensoraufhängung für die Rohrprüfung

Ergebnisse

In den Abbildungen 9-11 werden die ersten Messergebnisse an Rohrtestkörpern mit unterschiedlichen künstlichen Fehlern dargestellt, die mit den elektromagnetischen Prüfköpfen erhalten wurden. Als Testkörper wurde eine Rohrhalbschale mit Längsnaht benutzt (Wanddicke: 9.3 mm, Durchmesser 900 mm). Die Einschallung erfolgte in Umfangsrichtung. Mit einer Anregungsfrequenz von 450 kHz wurde in der Rohrwand der S_1 -Mode einer Lamb'schen Plattenwelle angeregt. Verschiedenen Testfehlern wurden die jeweiligen Ultraschall- A- Bildern gegenüber gestellt.

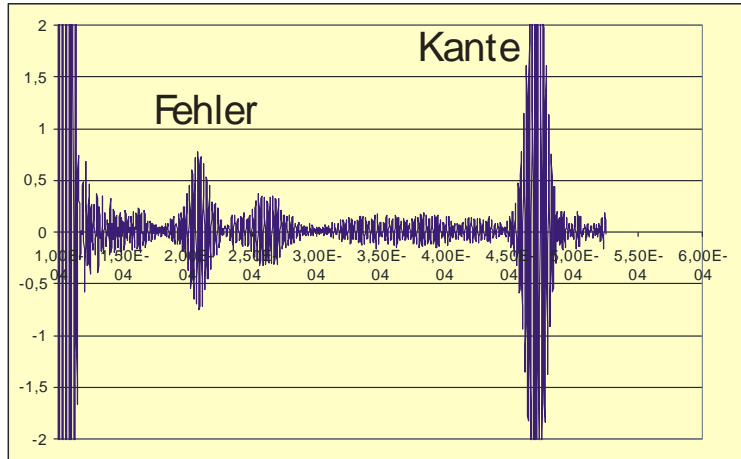


Abbildung 9: Kalottenförmiger Fehler an der Innenseite, Durchmesser 10 mm, Tiefe 3 mm.
Das Ultraschall- A -Bild bei einer Entfernung von 270 mm.

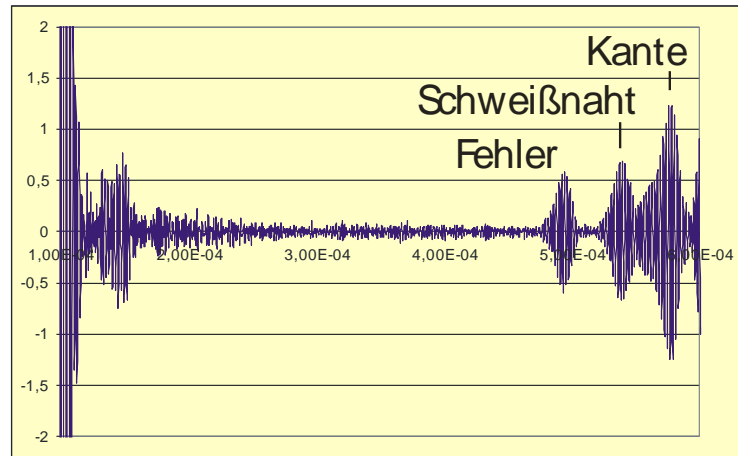


Abbildung 10: Rissartiger Fehler an der Innenseite.
Nut: Länge 10 mm, Tiefe 1 mm. Das Ultraschall- A -Bild bei einer Entfernung von 1030 mm.

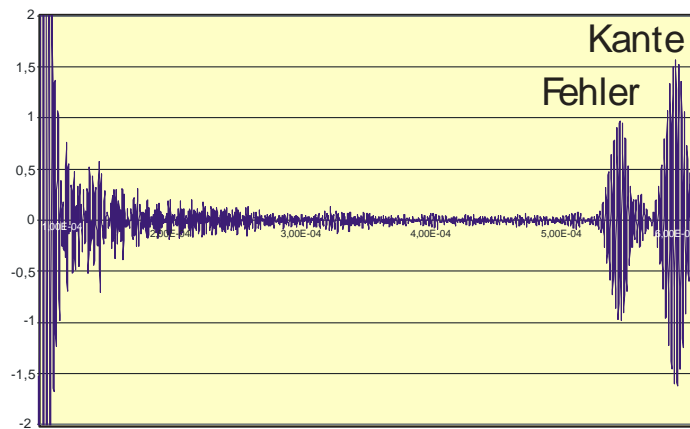


Abbildung 11: Rissartiger Fehler an der Außenseite.
Nut: Länge 30 mm, Tiefe 2 mm. Das Ultraschall- A Bild bei einer Entfernung von 1203 mm.

Zusammenfassung

Die ersten Messergebnisse mit den entwickelten EMUS-Wandlern für die magnetostruktive Anregung von Lamb-Wellen und der Frontend-EMUS-Elektronik mit digitaler Signalbearbeitung und der Darstellung als C-Scan zeigen, dass Längsrisse mit einer Tiefe von 17% der Wanddicke und kalottenförmige Testfehler mit 10 mm Durchmesser auf der Innen- und Außenseite der Rohrwand nachgewiesen werden können. Eine weitere Erhöhung der Empfindlichkeit kann sowohl durch die Optimierung des Magnetsystems, als auch durch eine Verbesserung der Auswerte- und Darstellungssoftware erreicht werden.