

Intensivmessverfahren für die Bewertung der Integrität von Korrosionsschutzschichten an erdgedeckten metallischen Lagerbehältern

Olaf HESSE, Andreas NAGEL
TÜV Thüringen, Nordhausen

Kurzfassung. Erdgedeckte metallische Lagerbehälter werden in der Regel durch geeignete Korrosionsschutzschichten wirksam gegen Korrosion geschützt.

Allerdings kann es bei Schädigungen an der Schutzschicht zu starker lokaler Korrosion kommen. Deshalb ist die Bewertung der Integrität der Korrosionsschutzschicht von nicht geringer Bedeutung.

Widerstand der Umhüllung, Kapazität des Behälters und Ausbreitungswiderstand im Erdreich gegenüber einem in Behälternähe angeordneten Hilfserder sind Parameter, die zur Bewertung der Behälterbeschichtung und der Korrosionsgefährdung genutzt werden können. Allerdings sind diese durch Gleichstrommessungen nicht bestimmbar.

Das von uns genutzte Wechselstromverfahren erlaubt die Bestimmung der o.g. Bewertungsgrößen.

Bei intakter Beschichtung bzw. bei Vorhandensein passivierter Fehlstellen zeigt das System ein anderes Verhalten als bei Fehlstellen mit aktiver Korrosion. Daraus ergibt sich ein weiteres, zunächst qualitatives Kriterium für die Bewertung der Korrosionsgefährdung.

Erste Feldversuche bei der Prüfung von erdgedeckten Behältern für Flüssiggas verdeutlichen die Aussagefähigkeit des beschriebenen Verfahrens.

Intensivmessverfahren für die Bewertung der Integrität von Korrosionsschutzschichten an erdgedeckten metallischen Lagerbehältern

Olaf Hesse, Andreas Nagel (TÜV Thüringen e. V.)

Einführung: Erdgedeckte Lagerbehälter (Abb. 1) werden durch Beschichtungen aus Epoxid- oder ungesättigten Polyesterharzen wirksam gegen mechanische Beschädigung und korrosiven Angriff geschützt. Ist die Schutzschicht verletzt, kann es zu einer lokalen Korrosion kommen, in deren Folge die mechanische Integrität der Behälterwandung beeinträchtigt wird.

Um Schädigungen der Beschichtung nachzuweisen, werden elektrische Messverfahren angewendet. Diese sind unter dem Begriff „Einspeisemessung“ geläufig (siehe VdTÜV Merkblatt 473). Bisher genutzte Verfahren weisen einige Nachteile auf. Das war Anlass zur Entwicklung eines alternativen messtechnischen Ansatzes auf der Grundlage der elektrischen Impedanzspektroskopie. Das Verfahren wurde auf die praktischen Erfordernisse einer Vor-Ort-Prüfung angepasst.

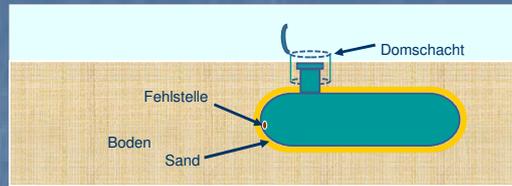


Abb.1: Typischer erdgedeckter Lagerbehälter

Modellierung und messtechnischer Ansatz: Der Behälter mit Fehlstelle(n) kann gemäß Abb. 2 als ein relativ komplexes Netzwerk aus Widerständen und Kondensatoren betrachtet werden, in diesem sind diffusionsbegrenzte Prozesse nicht berücksichtigt (vereinfachtes elektrochemisches Ersatzschaltbild). Die Netzwerkanalyse ergibt im Nyquist-Plot einen charakteristischen Kurvenzug. Umgekehrt können aus einem experimentell erfassten Kurvenzug Parameter eines als Modell vorgegebenen Netzwerkes in einem Algorithmus zur Kurvenanpassung ermittelt werden. Das gelingt um so besser, je mehr das Modell den tatsächlichen Verhältnissen entspricht.

Wir nutzen für unser Modell ein vereinfachtes elektrisches Netzwerk gemäß Abb. 3. Für Behälter ohne Fehlstellen bzw. Fehlstellen ohne elektrochemische Reaktionen ergeben sich gemäß dem vereinfachten elektrischen Ersatzschaltbild sehr gut anpassbare Kurvenzüge, aus denen die Modellparameter mit ausreichender Genauigkeit ermittelt werden können. Abb. 3 zeigt solch einen Kurvenzug für einen Behälter mit intakter Beschichtung. Für Behälter mit verletzter Beschichtung ergeben sich zunächst für den Parameter Umhüllungswiderstand gemäß Abb. 3 deutlich geringere Widerstandswerte. Des Weiteren ergeben sich Abweichungen von der für das Ersatzmodell erwarteten Kurvenform. Auch dies ist ein Hinweis auf das Vorhandensein von Verletzungen der Beschichtung.

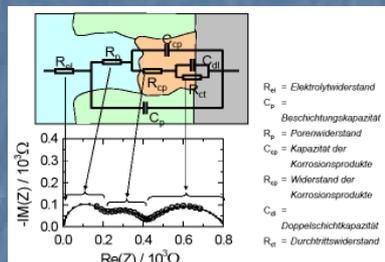


Abb.2: elektrochemisches Ersatzschaltbild einer Beschichtungsfehlstelle (www.info.tuwien.ac.at)

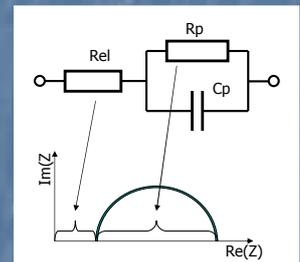


Abb.3: vereinfachtes elektrisches Ersatzschaltbild eines erdgedeckten Behälters

Bisher eingesetzte Verfahren nutzen zur Messung eine Gleichspannung. Da der Behälter mit Fehlstellen in der Regel schon polarisiert ist, muss bei der Gleichspannungsmessung mit relativ hohen Messspannungen gearbeitet werden. Dies hat zur Folge, dass durch elektrochemische Vorgänge an den Fehlstellen (Veränderung der Polarisation, Ausbildung bzw. Zerstörung von Passivschichten, Gasentwicklung) der Gleichspannungswiderstand verändert wird und somit die Messergebnisse nicht reproduzierbar sind. Dieses Problem wird bei unserer Messmethode unter Einsatz von Wechselspannung geringer Amplitude reduziert, so dass reproduzierbare Messergebnisse erzielt werden können.

Messsystem: Zur praktischen Durchführung der Messungen wurde ein robustes Messsystem aufgebaut (siehe Abb. 4), mit dem das Frequenzverhalten der Messobjekte im Frequenzbereich von 10 kHz bis 0,1 Hz getestet werden kann (siehe Abb. 5).

Die Anregungsspannungen können maximal 10 V betragen. Mit dem Messsystem können auch Einspeiserversuche zur Bestimmung von Ein- und Ausschaltpotenzialen zwischen erdgelagertem Messobjekt und Cu/CuSO₄-Bodenelektrode und der Ermittlung des Einspeisestroms realisiert werden. Diese Messungen ergeben zusätzliche Parameter zur Charakterisierung der Beschichtungsintegrität.

Wird mit den vorgestellten Messalgorithmen eine Verletzung der Behälterbeschichtung festgestellt, so muss in einem zweiten Schritt das Korrosionsvermögen des Bodens über einen in TRB 601 beschriebenen Algorithmus bestimmt werden. Zeigt der Boden eine starke Korrosivität, dann ist der Einsatz einer Anlage zum kathodischen Korrosionsschutz am geprüften Objekt angezeigt.

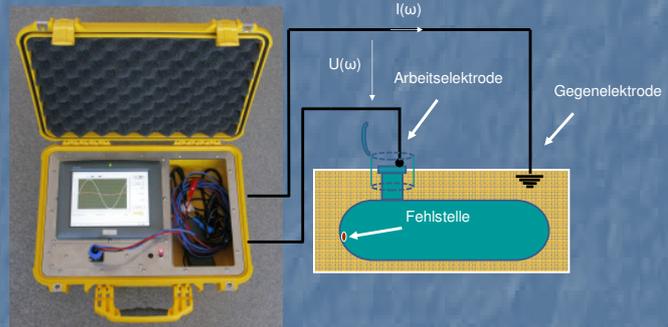


Abb.4: Messsystem im Betrieb

Messergebnisse und Bewertung: Abb.5 zeigt das Messergebnis der Impedanzspektroskopieprüfung an einem erdgedeckten Flüssiggaslagertank.

Die grün dargestellte Kurve zeigt die realen Messwerte, die rote Kurve wurde nach dem Ersatzschaltbild gemäß Abb. 3 berechnet. Die Modellparameter Umhüllungswiderstand, Behälterkapazität und Bodenausbreitungswiderstand sind unter dem Kurvenzug angezeigt. Beide Kurven sind nahezu deckungsgleich. Dies zeigt, dass für das gegebene Messobjekt der vereinfachte elektrische Ansatz korrekt war und keine elektrochemischen Prozesse am Messobjekt wirksam sind.

Abb.6 zeigt im Gegensatz dazu keine Deckungsgleichheit der beiden Kurven. Das deutet darauf hin, dass am Messobjekt korrosionstypische elektrochemische Vorgänge stattfinden. Der Kurvenzug der realen Messwerte entspricht eher dem in Abb. 2 gezeigten vereinfachten elektrochemischen Modellansatz. Die aus dem elektrischen Modell gewonnenen Parameter für Umhüllungswiderstand, Behälterkapazität und Bodenausbreitungswiderstand bieten nur eine halbquantitative Bewertung. Der halbquantitative Parameter Umhüllungswiderstand kann zunächst verwendet werden, um eine Klassifizierung der Behälterbeschichtung in deutlich geschädigt einerseits und ungeschädigt bzw. geschädigt mit kleinen Fehlstellen andererseits vorzunehmen. Die Kurvenform gibt zusätzlich einen Hinweis darauf, ob Fehlstellen elektrochemisch aktiv sind. Insbesondere bei relativ großen Umhüllungswiderständen können so Beschädigungen der Umhüllung trotzdem eindeutig nachgewiesen werden.



Abb.5: Ortskurve mit Anpassung für nicht korrosive Fehlstelle

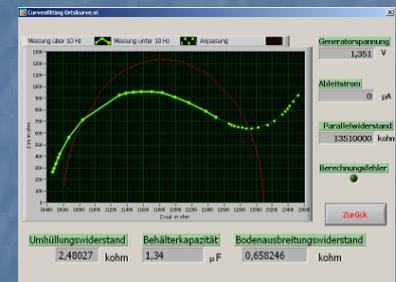


Abb.6: Ortskurve mit Anpassung für korrosive Fehlstelle

Vorteile des entwickelten Messsystems für die Einspeisemessung an erdgedeckten Lagerbehältern :

- Robustes Messsystem für Feldeinsatz
- Wechselspannungsmesssystem, keine Beeinflussung des Messobjekts durch polarisierende Gleichströme, deshalb gute Reproduzierbarkeit des Messverfahrens
- Flexible Anpassung an unterschiedliche Messbedingungen (Frequenzbereich, Messzeit, Anregungsspannung)
- Integration weiterer Messverfahren (z.B. Umschaltmessmethode nach TRB 601)

