

# Messkampagne an einer Gashochdruckleitung im Altbergbaugebiet

Albert Großmann, Steffen Päßler, Alexander Ziehe

*In diesem Fachbericht wird eine Messkampagne an einer Gashochdruckleitung beschrieben, bei der im Gebiet eines ehemaligen Kalibergwerkes Bodensenkungen und Tagbrüche auftraten. Ziel der Messungen war es, die Annahmen in den altbergbaulichen und rohrstatischen Gutachten zu überprüfen. Dabei wurde das betreffende Rohr freigelegt, die Spannungen im Rohr mit verschiedenen Messverfahren bestimmt, das Rohr durch einen Trennschnitt entspannt und die auftretenden Spannungen erneut gemessen. Es konnte praktisch nachgewiesen werden, dass ein prognostizierter Tagbruchdurchmesser von 35 m nicht zu einem Leitungsversagen führt. Die Messungen mittels Dehnmessstreifen (DMS) zeigen auch, dass sich die Spannungen im kohäsiven Boden so schnell abbauen, dass eine flächendeckende Überwachung nicht zielführend ist.*

In Altbergbaugebieten können durch Bodenbewegungen signifikante Zusatzbeanspruchungen auf Rohrleitungen wirken. Die Prognose der Bodenbewegungen in ihrer Größenordnung und Wirkungsweise auf die Leitung ist jedoch manchmal problematisch. Werden die Belastungen zu gering angesetzt, besteht die Gefahr, dass im Betrieb das Rohr durch die Bodenbewegungen beschädigt werden kann. Werden die Belastungen zu hoch angenommen, wird die Leitung „totgerechnet“ bzw. unnötige und damit teure Sicherungsmaßnahmen veranlasst. Ziel ist es daher, die geologischen Einflüsse möglichst präzise vorherzusagen und genau zu bestimmen, welche Spannungen dadurch im Rohr auftreten sowie welche Messverfahren in der Lage sind, Leitungen in diesen Gebieten zu überwachen.

## Problemstellung

Die Kali- und Steinsalzgrube Friedenshall befindet sich südöstlich von Bernburg/Sachsen-Anhalt. Seit 1884 wurde der Ernest-Solvay-Schacht abgeteuft und 1890 die Kaliförderung im Kaliwerk aufgenommen. Bis 1927 entwickelte sich bei Bernburg ein Chemiestandort, dessen Erzeugnisse eine breite Produktpalette der Kalichemie abdeckten. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde der Standort von Solvayhall in Friedenshall umbenannt und der Abbau 1955 wieder aufgenommen. Die bergmännische Förderung wurde bis 1967 in Teufen bis zu 480 m weitergeführt und danach wegen zu hoher Wasserzuflüsse aufgegeben. Nach Einstellung der Abbautätigkeit wurde das Bergwerk geflutet und 1970 der Schacht verwahrt.

Während des Abbaus senkte sich die Tagesoberfläche um bis zu 220 mm/a. Im Zuge der Flutung ereigneten sich von 1968 bis 1971 drei Tagbrüche mit den Durchmessern 110 m, 55 m und 24 m. Insgesamt traten Absenkungen von 4-20 m auf [1]. Im Jahr 1982 betrug die Senkungen noch 0-28 mm/a. Heutige Höhennivellements zeigen

immer noch Senkungsbeträge von 5-10 mm/a. Im Jahr 2010 ereignete sich nach fast 40 Jahren relativer Ruhe ein erneuter Tagbruch mit einem Durchmesser von 35 m und einer Tiefe von 27 m (**Bild 1**).



**Bild 1:** Tagbruch vom 30.3.2010 Grube Friedenshall



**Bild 2:** Lage der Ferngasleitung zu den Tagbrüchen



**Bild 3:** Leitung nach Trennschnitt

Die 1987 errichtete Ferngasleitung DN 600, DP 63 quert die Senkungsmulde auf einer Länge von 2.600 m. Der Abstand zu den Tagbrüchen beträgt 60-160 m. Der 2010 gefallene Tagbruch liegt ca. 540 m von der Leitung entfernt (**Bild 2**).

Um zu untersuchen, ob ein Tagbruch in dieser Größenordnung auch unter der Ferngasleitung auftreten kann, wurden im ersten Schritt umfangreiche bergschadenskundliche Untersuchungen durchgeführt. Das Gutachten [2] zeigte, dass Tagbruchdurchmesser von 70-100 m denkbar, jedoch sehr unwahrscheinlich sind. Jedoch seien Bruchdurchmesser von 20-35 m durchaus zu erwarten und müssten in einem Standsicherheitsnachweis überprüft werden. Weiterhin wurde trotz lückenhafter Senkungsmessungen davon ausgegangen, dass es während des Betriebszeitraums von 1986 bis 2012 zu Senkungen von ca. 320 mm in der Leitungstrasse gekommen ist.

Da die Ferngasleitung (Baujahr 1986) durch den bereits bestehenden Senkungsbereich verlegt wurde, hat die Leitung bis zum heutigen Zeitpunkt nur minimale zusätzliche Senkungen erfahren. Dies äußert sich in [2] ermittelten Krümmungsradius und einer horizontalen Längenänderung, die eine vernachlässigbare resultierende Biegebeanspruchung für die weiteren Betrachtungen ergab.

Es wurden Bodenproben genommen, um zu klären, wie sich die Bodenbewegungen auf die Leitung übertragen und welches Überwachungskonzept anwendbar ist. Die Ergebnisse zeigten, dass durch die sehr hohe Kohäsion (bis zu 47 kN/m<sup>2</sup>) das Rohr sehr fest eingespannt ist.

Die Längen, über die ein Abbau der Dehnung sowie der Beanspruchung des Rohres stattfindet, hängen maßgeblich vom Boden ab. Im Rahmen einer Mantelrohrsanierung bestand die Möglichkeit, einen Freespan definiert zu simulieren und einen Entspannungsschnitt vorzunehmen. Durch die Messung mit Dehnmessstreifen (DMS) in verschiedenen Abständen zum Ort des Entspannungsschnittes sollte der Einfluss des Bodens auf den Dehnungsabbau untersucht werden.

### Spannungen im Durchhang

Die Lage der drucklosen Leitung wurde vor und nach Einstellung des Freespans im Rahmen eines Nivellements messtechnisch erfasst. Aus dem Freespan über ca. 28 m Länge resultierte ein gemessener Durchhang der Leitung von rund 24 mm. Die Neigung der Leitung – ausgehend von der Bodenlagerung zum ersten Nivellementpunkt auf der freigelegten Leitung – wurde bei der Modellierung eines statischen Ersatzsystems berücksichtigt. Die Nachrechnung ergab einen maximalen Durchhang von ca. 26 mm.

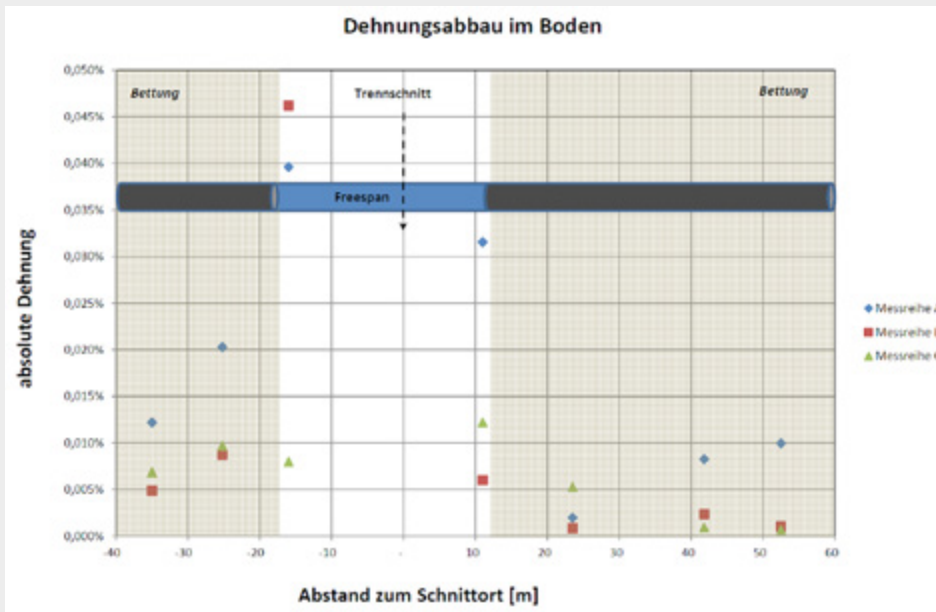
Die Längsspannungen in der Leitung wurden nach Durchführung eines Entspannungsschnittes erfasst. Hierzu wurden die Dehnungsdifferenzen an der Leitung mit DMS gemessen und in die Hauptlasten/Spannungen umgerechnet. Parallel wurde anhand der ausgemessenen Verschiebungen der beiden Schnittufer der durchtrennten Leitung die zum Gleichgewicht gehörigen Hauptlasten/Spannungen am statischen Ersatzsystem ermittelt (**Bild 3**).

Die Gegenüberstellung der DMS-Messwerte und der Gleichgewichtlasten des statischen Ersatzsystems zeigt, dass die gemessenen Werte in guter Übereinstimmung zu den berechneten Werten stehen.

Die Differenz der Spannungsberechnung aus einem passenden statischen Ersatzsystem gegenüber den gemessenen Spannungen ist kleiner 10 %. Die Frage hinsichtlich der Interaktion des Rohres mit dem Boden am Übergang des Rohres in den Boden wurde mit weiteren DMS-Messungen geklärt.

### Interaktion Rohr – Boden

Die sicherheitstechnische Beurteilung einer Leitung durch Tagbrucheinfluss birgt die Frage nach der Standfestigkeit des Bodens im Umfeld des Überganges vom frei hängenden Rohr in den Boden. Es galt, die bergschadenskundliche Annahme zu bestätigen, dass der Boden unter sehr hoher Kohäsion eine hohe Standfestigkeit besitzt und die Annahme eines beidseitig elastisch eingespannten Balkens richtig ist.



**Bild 4:** Messwerte der axialen Dehnung nach Entspannungsschnitt an der FGL

Für die Messungen wurden sieben DMS-Messebenen an der Leitung appliziert, die die axialen Dehnungen und Temperaturänderungen aufnehmen. Je Messebene lagen drei axial ausgerichtete DMS vor, sowie jeweils ein DMS zur Kompensation der Temperaturänderung. Im Bereich der Bettung wurden Kopflöcher gegraben und die DMS-Messebenen appliziert, so dass auch Messwerte im Bettungsbereich vorliegen. Die Ergebnisse sind in **Bild 4** zusammengestellt.

Die DMS-Messwerte zeigen, dass die axialen Dehnungen der Einspannstellen in der Bettungszone schnell auf ein sehr kleines Maß abklingen. Dies lässt die Schlussfolgerungen zu, dass das statische Ersatzsystem eines beidseitig elastisch eingespannten Balkens mit Streckenlast bezüglich der daraus ermittelten maximalen Leitungsbeanspruchungen konservativ ist. Die Biegemomente der Lagerreaktion strahlen in den Boden aus, so dass die tatsächlichen maximalen Biegemomente betragsmäßig kleiner ausfallen als mit dem statischen Ersatzsystem abgeschätzt.

Die Messwerte zeigen weiterhin, dass Dehnungen an der Leitung im gebetteten Boden bereits nach einer Strecke von ca. 50 % der Freispan-Länge abgeklungen sind und die Interaktion Rohr-Boden in kohäsiven Böden auf kürzester Strecke voll aktiviert wird. Für eine mögliche Überwachung von Rohrleitungen in tagesbruchgefährdeten Gebieten bedeutet das, dass der Einsatz von DMS in stark kohäsiven Böden nicht zielführend ist.

**Literatur**

[1] Petzel, J.; Hemman, M.; Seifert, G.: Ursachen und Entwicklung der Senkungsscheinungen und Erdfälle bei der Flutung der Grube Friedenshall bei Bernburg, Bericht der dt. Ges. geol. Wiss., A 17, S. 191-219, Berlin, 1972

[2] Sroka, A., Löbel, K.-H.: Bergschadenkundliche Risikoanalyse zu Bodenbewegungen im Bereich der Ferngasleitungen der VNG-Verbundnetz Gas AG, verursacht durch Deformationen im Grubenfeld Friedenshall, Forschungsbericht, TU Bergakademie Freiberg, 2012 (unveröffentlicht)

**SCHLAGWÖRTER:** Gashochdruckleitung, Altbergbau, Tagbruch, DMS, Entspannungsschnitt

**AUTOREN**



**ALBERT GROSSMANN**  
 Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH,  
 Leipzig  
 Tel. +49 341 21737-62  
 Albert.Grossmann@veenkermbh.de



Dr. **STEFFEN PÄSSLER**  
 ONTRAS Gastransport GmbH, Leipzig  
 Tel. +49 341 27111-2875  
 Steffen.Paessler@ontras.com



**ALEXANDER ZIEHE**  
 ONTRAS-Gastransport GmbH, Leipzig  
 Tel. 49 341 27111-2708  
 Alexander.Ziehe@ontras.com