

Sicherung, Betrieb und Instandhaltung von Gasleitungen in Bergbaugebieten

Von Steffen Päßler und Manfred Veenker

In der Bundesrepublik Deutschland endet der aktive Steinkohlenbergbau, der über Jahrhunderte nicht nur Millionen Menschen in Arbeit gebracht, sondern auch die Grundlage für unsere heutige Industriegesellschaft gelegt hat. Die Gruben im Ruhrgebiet und an der Saar werden, wie in vielen Bergbauzweigen davor, zum Altbergbau gehören. Damit endet auch die Sonderrolle, die der Steinkohlenbergbau beim Umgang mit bergbaubedingten Bodenbewegungen eingenommen hat. In diesem Zusammenhang lohnt es sich, auch die damit verbundenen Regelwerke zu überprüfen und auf den neuen Zeitabschnitt anzupassen. Es rücken auch wieder Erfahrungen im Umgang mit anderen Bergbauzweigen in den Fokus, die durch den dominierenden Steinkohlenbergbau oft etwas vernachlässigt wurden. Im vorliegenden Beitrag sollen die Erfahrungen der ONTRAS Gastransport GmbH bei der Bewertung, Sicherung, dem Betrieb sowie der Instandhaltung im Überblick dargestellt und darauf aufbauende Vorschläge für den weiteren Umgang mit Bergsenkungsgebieten geschaffen werden.

Rechtliche Grundlagen für den Rohrleitungsbetreiber

Die gesetzlichen Anforderungen an den Rohrleitungsbetreiber ergeben sich über das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und je nach Druckstufe über die Gashochdruckleitungsverordnung (GasHDrLtgV). Diese Vorgaben werden durch das Regelwerk des DVGW konkretisiert. Für Bergbaugebiete gilt das Arbeitsblatt G 474 „Maßnahmen für den sicheren

Betrieb von Gasrohrleitungen in den Einflusszonen bergbaulicher Tätigkeit“. Im Vorwort wird darauf hingewiesen, dass es nur Maßnahmen im Bereich des Steinkohlenbergbaus beschreibt, die Hinweise jedoch „sinngemäß auf den Betrieb von Gasleitungen sonstiger Bergbau- und Tiefbauaktivitäten angewendet werden können.“ Deren Auswirkungen unterscheiden sich, je nach abgebautem Rohstoff, mehr oder weniger deutlich von denen der Steinkohle. Daher muss fest-

Tabelle 1: Bestandsaufnahme der Bergbauzweige in der BRD (Stand 2019)

	Übertage	Untertage
Braunkohle	derzeit 10 Großtagebaue	letzte aktive Grube 2003 eingestellt
Steinkohle	in der BRD keine	letzte aktive Grube 2018 stillgelegt
Erz	letzter aktiver Tagebau 1976 stillgelegt	kleinere Bergwerke auf Eisen und Spate
Kali	in der BRD keine	derzeit 6 aktive Bergwerke
Steinsalz	in der BRD keine	derzeit 6 aktive Bergwerke bzw. Solbetriebe, viele Untergrundgasspeicher
Steine und Erden	viele aktive Steinbrüche	kleinere Bergwerke auf Marmor, Kalke, Gips, Graphit und Schiefer
Sand und Kies	viele aktive Sand- und Kiesgruben	in der BRD keine

Tabelle 2: Einfluss des aktiven Bergbaus auf die Tagesoberfläche und Verhalten des Rohres

	Einfluss auf die Tagesoberfläche	Belastung des Rohres
Braunkohle	Böschungsrutschungen und Senkungen durch Wasserhaltung	Biegung, Freespan
Steinkohle	Senkungen, Tagesbrüche über Schächte	Biegung, Freespan
Erz	Tagesbrüche	Freespan
Kali	Senkungen, Tagesbrüche	Biegung, Freespan
Steinsalz (insb. UGS)	Senkungen	Biegung
Steine und Erden	Sprengerschütterungen, Böschungsrutschungen, Tagesbrüche (bei Bergbau untertage)	Schwingung, Biegung, Freespan
Sand und Kies	Böschungsrutschungen	Biegung, Freespan
UGS im Aquifer	Senkungen	Biegung

Tabelle 3: Überschlägige Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit im Altbergbau

Rohstoff	Ereignisbeschreibung	Eintrittswahrscheinlichkeit	Schadensausmaß
Braunkohle (Tagebau)	Böschungsrutschungen	wenig wahrscheinlich – wahrscheinlich	gering – mittel
	Setzungen auf Halden	sehr wahrscheinlich	gering – mittel
	Setzungsfließrutschungen	wenig wahrscheinlich – wahrscheinlich	hoch
Braunkohle (Tiefb.)	Tagesbrüche	wahrscheinlich – sehr wahrscheinlich	gering – mittel
Steinkohle	Senkungen in der Nachbergbauphase	sehr wahrscheinlich	gering – mittel
	Hebungen durch Grundwasserwiederanstieg	sehr wahrscheinlich	gering – mittel
	Tagesbrüche über Schächten und Flözausbissen	wahrscheinlich	gering – mittel
Erz	Tagesbrüche über Abbauen und Schächten	wenig wahrscheinlich – wahrscheinlich	gering – mittel
Kalialz	Senkungen	sehr wahrscheinlich	gering – mittel
	Tagesbrüche	wenig wahrscheinlich – wahrscheinlich	hoch
Steinsalz bzw. UGS	Senkungen	sehr wahrscheinlich	hoch
Steine und Erden	Böschungsbruch (Tagebau)	wenig wahrscheinlich	gering – mittel
	Tagesbruch (Tiefbau)	wenig wahrscheinlich – wahrscheinlich	gering – mittel
Sand & Kies	Böschungsrutschungen	wahrscheinlich – sehr wahrscheinlich	gering – mittel
UGS im Aquifer	Senkungen	wenig wahrscheinlich	gering

gestellt werden, dass dieser Hinweis im DVGW-Arbeitsblatt G 474 flächendeckend wirklich nur „sinngemäß anwendbar ist“ und erweitert werden sollte.

Für die rechtliche Beurteilung bergbaubedingter Schäden ist maßgeblich, welches Rechtsgebiet zur Anwendung kommt. Für Erze, Salze und Energierohstoffe ist es das Bergrecht. Für nicht dem Bergrecht unterliegende Kiesgruben bzw. Steinbrüche ergibt sich die Verantwortlichkeit und die damit verbundene Verkehrssicherungspflicht aus dem BGB und mitgeltenden Vorschriften.

Bergbaubeeinflussung und Verhalten des Rohres

Tabelle 1 zeigt eine Bestandsaufnahme der Bergbauindustrie in der BRD. Hinzu kommen noch sonstige bergmännisch aufgefahrene Hohlräume wie Tunnel, unterirdische Läger und Bunker, wo nicht der Rohstoffabbau im Mittelpunkt stand, die aber ebenso negativen Einfluss auf die Tagesoberfläche haben können. Für die aktiven Bergbaubetriebe fasst **Tabelle 2** die schädlichen Einflüsse auf die Tagesoberfläche und die Belastung der Rohre zusammen.

Für alle Bergbauzweige gilt, dass in der Regel die höchsten Spannungen im Rohr da auftreten, wo das Rohr wieder in das unbeeinflusste Gebirge eintritt.

Vorteilhaft bei aktiven Bergbaubetrieben ist, dass dem Betreiber über die Aufsichtsbehörden genügend Instrumente an die Hand gegeben sind, um auf den Bergbaubetreiber dahingehend einzuwirken, die Beeinträchtigung auf ein Mindestmaß zu reduzieren und die Kosten für Überwachungs- und Sicherungsmaßnahmen ganz oder teilweise zu übernehmen.

Informationsbeschaffung und Risikobeurteilung im Altbergbau

Das DVGW-Arbeitsblatt G 474 fordert regelmäßige Abstimmungen zwischen den Betreibern des Bergwerks bzw. der Rohrleitung. Im Bereich des Altbergbaus, insbesondere ohne

Rechtsnachfolger, ist diese Herangehensweise kaum praktikabel. Zur Informationsbeschaffung im Altbergbau muss auf Unterlagen der Bergbehörden, geologischen Landesämter, Landesarchive und anderer Quellen zurückgegriffen werden. Bei der Beurteilung dieser Quellen ist eine gesunde Skepsis empfehlenswert, da viele Dokumente durch Krieg oder Brände vernichtet sein können. Die Dokumente stellen grundsätzlich eine Momentaufnahme dar, die nicht zwingend den heutigen Gegebenheiten entsprechen muss.

Für jede Risikobeurteilung müssen Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß analysiert werden, wobei besonders der erste Punkt bei geologischen Prozessen sehr problematisch sein kann. Für die überschlägige Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit kann auf die Statistiken der Bergbehörden oder Erfahrungen von Altbergbauspezialisten zurückgegriffen werden.

Grundsätzlich gilt, dass es sich bei allen Bergbaueinflüssen auf Gashochdruckleitungen um Sonderlasten handelt, die in aller Regel in die ursprüngliche Leitungsplanung nicht aufgenommen worden sind. Insbesondere bei kleinen Senkungen ist es unter Umständen möglich, diesen statischen Nachweis im Nachhinein für den konkreten Fall zu erbringen. Wenn es sich um eine Zwängung handelt – das ist bei Senkungen in aller Regel der Fall – dann kann im statischen Nachweis auf der Grundlage von DIN EN 1594 die Fließspannung als Grenzkriterium eingesetzt werden und somit ergibt sich eine Spannungs- und Tragreserve gegenüber der ursprünglichen Bemessung der Leitung mithilfe der Kesselformel.

Anders verhält es sich bei sehr großen Senkungen bzw. Tagesbrüchen. Hier wird die zulässige Dehnung des Werkstoffs in aller Regel überschritten, es kommt zum Leitungsbruch und selbst wenn die Leitung trotz Überdehnung noch dicht bleibt, ist eine Havarie zu erwarten und der Abschnitt muss ausgetauscht werden.



Bild 1: Setzungsfließbrutschung in einem ehemaligen Braunkohlentagebau

Es wäre nun wirtschaftlich unsinnig, in allen Leitungsabschnitten, in denen Bergbaueinflüsse zu erwarten sind, Sicherungs- und Ertüchtigungsmaßnahmen vorzunehmen bis hin zur großräumigen Umlegung der Leitung. Es ist vielmehr sinnvoll, in der Zusammenarbeit zwischen Altbergbau-Spezialisten und Fachleuten für die Leitungsbewertung die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Schadens zu ermitteln. Grenzwerte für die so ermittelte Eintretenswahrscheinlichkeit sind in der DIN EN 16708 festgelegt und deren Einhaltung gewährt neben der technischen auch die rechtliche Sicherheit.

Für eine erste Abschätzung kann **Tabelle 3** genutzt werden. Bei maximal einem Ereignis in 50 Jahren kann von wenig wahrscheinlich, bei 10 bis 50 Jahren von wahrscheinlich und bei einem Fall oder mehr innerhalb von 10 Jahren von einem sehr wahrscheinlichen Ereignis gesprochen werden. Wenn das Ereignis eintritt, dann ist das Schadensausmaß gering, wenn für das Rohr die Streckgrenze nicht überschritten wird. Ein mittleres Schadensausmaß liegt vor, wenn es zu bleibenden Verformungen kommt. Der Leitungsbruch führt zu einem hohen Schaden. Die sehr grobe Einschätzung in Tabelle 3 geht von normalen geschweißten DIN-Rohren aus. Bei z. B. Muffenleitungen oder vorgeschädigten Rohren können auch deutlich kleinere Ereignisse zu Schädigungen führen (Veenker, Päßler, 2011).

Aus diesen Erfahrungen ist ersichtlich, dass insbesondere Setzungsfließbrutschungen von Tagebauhalden (**Bild 1**), Senkungen im Steinsalz und Tagesbrüche im Kalisalz (**Bild 2**) eine erhebliche Gefährdung für Rohrleitungen darstellen können. In Anlehnung an die ISO 31000 (Risikomanagement) zeigt **Tabelle 4** die Risikoklasse und den empfohlenen Handlungsbedarf.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass für die meisten bergbaulichen Fragestellungen die Festlegung von Überwachungsmaßnahmen (Monitoring) im ersten Schritt angemessen ist. Auf dessen Basis kann dann über eventuell notwendige Sicherungsmaßnahmen entschieden werden. Aus den vorliegenden Erfahrungen wird das Risiko durch einen Böschungsbruch in einem Festgesteinstagebau (Steinbruch) als gering eingeschätzt. Hier ist die regelmäßige Kontrolle meist vollkommen ausreichend.

Tabelle 4 zeigt aber auch, dass auf Tagebauhalden mit der Gefahr durch Setzungsfließen, Senkungen über Steinsalzgruben und tagesbruchgefährdeten Kaligruben hoher Handlungsbedarf besteht. Hier sind Überwachungsmaßnahmen und meist auch Sicherungsmaßnahmen unumgänglich.



Bild 2: Tagesbruch im Kali

Tabelle 4: Überschlägige Risikobewertung im Altbergbau

Rohstoff	Ereignisbeschreibung	Risikoklasse	Handlungsbedarf
Braunkohle (Tagebau)	Böschungsrutschungen	RK III – mittleres Risiko	Monitoring, Klärungsbedarf
	Setzungen auf Halden	RK III – mittleres Risiko	Monitoring, Klärungsbedarf
	Setzungsfließbrutschungen	RK II – hohes Risiko	hoher Handlungsbedarf
Braunkohle	Tagesbrüche (Tiefbau)	RK III – mittleres Risiko	Monitoring, Klärungsbedarf
Steinkohle	Senkungen	RK III – mittleres Risiko	Monitoring, Klärungsbedarf
	Hebungen durch GW-Anstieg	RK III – mittleres Risiko	Monitoring, Klärungsbedarf
	Tagesbrüche	RK III – mittleres Risiko	Monitoring, Klärungsbedarf
Erz	Tagesbrüche	RK III – mittleres Risiko	Monitoring, Klärungsbedarf
Kalisalz	Senkungen	RK III – mittleres Risiko	Monitoring, Klärungsbedarf
	Tagesbrüche	RK II – hohes Risiko	hoher Handlungsbedarf
Steinsalz	Senkungen	RK II – hohes Risiko	hoher Handlungsbedarf
Steine und Erden	Böschungsbruch (Tagebau)	RK IV – geringes Risiko	Kontrollbedarf
	Tagesbruch (Tiefbau)	RK III – mittleres Risiko	Monitoring, Klärungsbedarf
Sand und Kies	Böschungsrutschungen	RK III – mittleres Risiko	Monitoring, Klärungsbedarf
UGS im Aquifer	Senkungen	RK IV – geringes Risiko	Kontrollbedarf

Überwachungs- und Sicherungsmaßnahmen

Für die Überwachung von Bergsenkungsgebieten können drei Methoden unterschieden werden (Päßler, 2015):

- » Mit der Überwachung der Erdoberfläche werden Senkungen beobachtet (bspw. durch Nivellements, Satellitenmessungen), die dann auf das Verhalten des Rohres übertragen werden.
- » Bei der Erkundung des Untergrundes wird bspw. durch Bohrungen oder physikalische Messungen der bergmännische Hohlraum erkundet und seine Stabilität bewertet.
- » Da die Bewegung des Rohres von dem ihn umgebenden Boden abweichen kann, wird durch die Überwachung der Rohrleitung die Lage bzw. die Verformung des Rohres gemessen (z. B. Setzungspegel, Dehnmessstreifen).

Entscheidend für den Einsatz und die Grenzen der einzelnen Verfahren ist die Frage, ob sich die Bodenbewegungen langsam und stetig (Senkungen im Steinsalz) oder plötzlich (Tagesbruch) vollziehen.

Zeigen die Überwachungsmessungen, dass Grenzzustände der Leitung erreicht werden, dann müssen Sicherungsmaßnahmen eingeleitet werden. Dabei können die fünf folgenden Gruppen unterschieden werden (vgl. Päßler (2015)):

- » **Widerstandsprinzip:** die Festigkeit des Rohres wird den zusätzlichen Belastungen angepasst (Werkstoffe, Wandstärke). Das bedingt bei einem Bestandsrohr einen kostenintensiven Austausch von Teilstrecken.
- » **Ausgleichsprinzip:** Kompensierung lokaler Bodenbewegungen durch Dehner oder ähnliches.
- » **Entspannungsprinzip:** Durch Freilegung und Entspannungsschnitte werden Spannungen im Rohr abgebaut
- » **Vorsorgeprinzip:** Durch Verwahrung offener Grubenbaue untertage werden Bodenbewegungen übertage ver-

hindert oder minimiert, auch kann die Leitung vorsorglich in bergbaufreies Gebiet umverlegt werden.

- » **Eindämmungsprinzip:** Das Schadensausmaß wird bspw. durch Rohrbruchsicherungen minimiert. Es ist zwar keine Sicherungsmaßnahme im engeren Sinn, trägt aber zur Risikominimierung bei.

Die Wahl des Sicherungsverfahrens hängt von der Art des Altbergbaus, von den Kosten für Überwachung und Sicherung sowie vom Risikomanagement des Betreibers ab. Bei letzterem Punkt ist es ein Unterschied, ob eine Leitung bspw. ein Inselnetz versorgt oder entlang von Objekten mit erhöhtem Schutzbedürfnis verlegt ist.

Betrieb- und Instandhaltung

Die in G 474 geforderte 14-tägige Begehung von Bergsenkungsgebieten hat sich über Jahrzehnte im aktiven Steinkohlebergbau bewährt. Unter Berücksichtigung der Vielzahl von möglichen Beeinflussungen durch den Altbergbau (vgl. Tabelle 4) ist aber eine Begehung in nicht allen Fällen notwendig. Beispielsweise kann bei der Begehung bei Böschungs- und Tagesbrüchen der Schaden nur noch nachträglich festgestellt werden. Zudem können die Mitarbeiter, insbesondere auf setzungsfließgefährdeten Halden, erheblichen Gefährdungen ausgesetzt sein. **Tabelle 5** zeigt einen Vorschlag für die Inspektionszyklen in verschiedenen Bergbauzweigen.

Aus Tabelle 5 ist ersichtlich, dass nur für den aktiven Bergbau auf Steinkohle und Salze eine Begehung in Zyklen von 14 Tagen empfehlenswert ist. Für die anderen Bergbauzweige wird in der Regel die Befliegung in Kombination mit der halbjährlichen Begehung als ausreichend eingeschätzt. Eine Ausnahme bilden auch hier setzungsfließgefährdete Flächen. Hier sollte eine Begehung aus Sicherheitsgründen unterbleiben oder nur nach vorheriger fachkundiger Gefährdungseinschätzung erfolgen.

Tabelle 5: Vorschlag für Inspektionszyklen in Bergsenkungsgebieten

Bergbauzweig	Vorgeschlagene Inspektion	Zyklus (zusätzlich zur monatlichen Befliegung)
Braunkohle		
Aktiver Tagebau	Begehung	6 Monate
Setzungen auf Tagebauhalden	Begehung	6 Monate
Böschungsrutschungen	Begehung	6 Monate
Tagesbrüche im Braunkohlentiefbau	Begehung	6 Monate
Setzungsfließgefährdete Gebiete		
Steinkohle		
Aktiver Bergbau (bis 5 J. nach Abbauende)	Begehung	14 Tage
Senkungen und Tagesbrüche im Altbergbau	Begehung	6 Monate
Erz		
Tagesbrüche	Begehung	6 Monate
Kalisalz		
Aktiver Bergbau (bis 10 J. nach Abbauende)	Begehung	14 Tage
Senkungen und Tagesbrüche im Altbergbau	Begehung	6 Monate
Steinsalz		
Aktiver Bergbau (bis 10 J. nach Abbauende) – gilt auch für UGS	Begehung	14 Tage
Senkungen im Altbergbau	Begehung	6 Monate
Steine und Erden		
Aktiver Bergbau	Begehung	6 Monate
Böschungsbruch (Altbergbau übertage)	Begehung	12 Monate
Tagesbrüche (Altbergbau untertage)	Begehung	6 Monate
Sand und Kies		
Aktiver Bergbau	Begehung	6 Monate
Böschungsrutschungen im Altbergbau	Begehung	6 Monate
UGS im Aquifer	Begehung	12 Monate

Zusammenfassung und Ausblick

Mit der Einstellung der Steinkohlenförderung im Ruhrgebiet gehört auch dieser Bergbauzweig zum Altbergbau. Dem Betreiber von Leitungen in Bergbausenkungsgebieten wird empfohlen, eine Übersichtsstudie durchzuführen und die Verdachtsgebiete zu lokalisieren. Durch die Einführung eines strukturierten Risikomanagements sollten für diese Gebiete möglichst effektive und kostenbewußte Überwachungs- und Sicherungsverfahren zum Einsatz kommen. Parallel wird angeregt, das Arbeitsblatt G 474 grundlegend zu überarbeiten und so den neuen Gegebenheiten anzupassen.

Literatur

- [1] DGGT (2004): Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“, AK 4.6 „Altbergbau“, Dt. Gesellschaft für Geotechnik e.V. veröffentlicht in 4. Altbergbaukolloquium, S. 436-446, Leoben
- [2] Päßler, S. (2015): Über die Wahrscheinlichkeit von Tagesbrüchen und die Risikobewertung am Beispiel von Rohrleitungen im Mitteldt. Braunkohlenrevier, Habilitationsschrift, TU Bergakademie Freiberg, 2015, (online auf www.qucosa.de)

- [3] Veenker, M.; Päßler, S. (2011): Interaktion Rohr/Boden: Bewertung von Hochdruckleitungen unter Bergbaueinfluss, 11. Altbergbaukolloquium, Breslau, S. 134-139

SCHLAGWÖRTER: Bergbaugebiete, Altbergbau

AUTOREN



Dr.-Ing. habil. **STEFFEN PÄSSLER**
 ONTRAS Gastransport GmbH, Ketzin
 Tel. +49 341 27111-6620
 steffen.paessler@ontras.com



Dr.-Ing. **MANFRED VEENKER**
 Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH,
 Hannover
 Tel. +49 511 28499-11
 manfred.veenker@veenkermbh.de