

Verhinderung des Auftriebs von Gashochdruckleitungen mit Geotextilien

Von Steffen Päßler und Manfred Veenker

Im Fachbericht wird der Einsatz eines Geotextils an einer Gashochdruckleitung zur Verhinderung des Auftriebs in fließfähigen Sanden beschrieben. Es wird aufgezeigt, dass im Bereich fließfähiger Sande der „klassische“ Standsicherheitsnachweis gegen statischen Auftrieb nicht zielführend ist. Die „Sicherung“ mit Betonreitern kann nicht nur teuer, sondern auch kontraproduktiv sein.

In Gebieten mit hohen Grundwasserständen oder Überschwemmungsgebieten kann es zum Auftrieb von Rohrleitungen kommen. Durch die geringe Dichte des transportierten Mediums ist bei Gasleitungen die Auftriebsgefahr besonders hoch. Besonders kritisch wird es, wenn der anstehende Boden wenig tragfähig ist oder durch den Wasserdruck wegzufließen droht. Die Sicherung der Rohrleitung in ihrer Lage ist hier eine besondere Herausforderung. Für die Auftriebssicherung von Rohrleitungen gibt es zwei Sicherheitsphilosophien, die grundsätzlich beide zulässig sind, einer Grundsatzentscheidung des Leitungsbetreibers bedürfen und in die Schulung des Betriebspersonals Eingang finden müssen:

1. Der Boden über der Leitung wird zur Auftriebssicherung mit herangezogen.
 - » Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass keine Kosten für weitere Auftriebssicherungen entstehen und die Leitung im Normalbetrieb in ihrer Lage bleibt.
 - » Es besteht allerdings die Gefahr, dass die Leitung – insbesondere bei stark schwankenden Grundwasserständen – nach dem Freilegen (z. B. bei Wartungsarbeiten) aufschwimmt und Schaden nimmt.
 - » Auch die Existenz von Fließsand, die in diesem Aufsatz behandelt wird, ist gefährlich.
2. Die Leitung erhält Auftriebssicherungen.
 - » Als Auftriebssicherungen kommen Gewichte (Betonreiter bzw. Zementsäcke) oder Bodenanker infrage. Gewichte haben den Nachteil, dass sie bei nicht tragfähigen Böden die Leitung nach unten drücken können und Bodenanker stellen Festpunkte dar, die bei nicht tragfähigen Böden und somit Lageverschiebungen der Leitung zu hoher Biegebelastung in der Leitung führen können.

Wenn fließfähige Sande anstehen, wird man in aller Regel auf Gewichte und Bodenanker zur Auftriebssicherung verzichten, muss allerdings dem besonderen Charakter des fließfähigen Bodens Rechnung tragen.

Auftriebsproblematik im Bereich fließfähiger Sande

Für den statischen Auftrieb von Rohren müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- » hohe Grundwasserstände (Grundlage des Auftriebs)
- » große Rohrdurchmesser (Auftriebsvolumen)



Bild 1: Großflächige Bodenbewegung durch Setzungsfließen in einem alten Tagebau (ONTRAS)

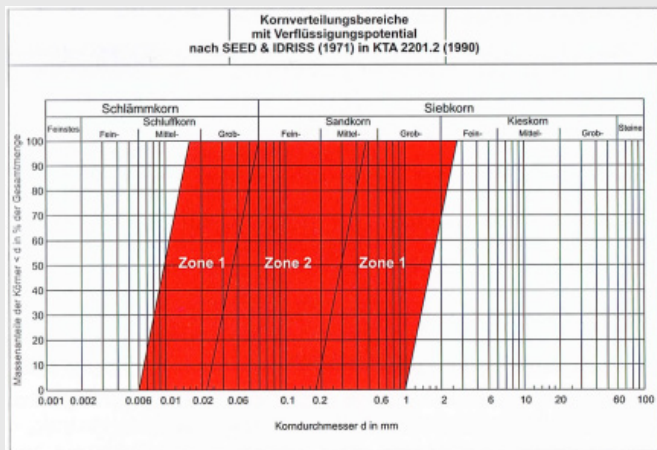


Bild 2: Korngrößenverteilung mit Verflüssigungspotential (Seed et Idris, 1971, zitiert aus Patzold et al., 2008)

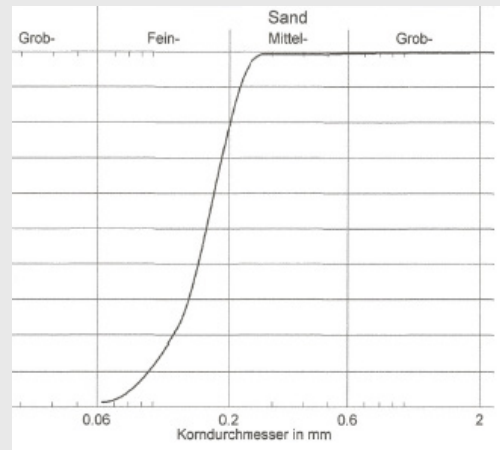


Bild 3: Korngrößenverteilung Minderdeckungs beseitigung FGL 214

- » Dichte des transportierten Mediums kleiner als Wasser (Dichteunterschied)
- » Geringe Überdeckungen oder niedrige Materialdichten z. B. Torf (fehlende Auflast)

Wenn die resultierende Kraft aus der Summe der mittleren Wichte des gefüllten Rohres und der Wichte des überdeckenden Bodens kleiner als die Wichte des verdrängten Wassers ist, dann schwimmt die Leitung auf. Dabei ist zu beachten, dass für den überlagernden Boden die Wichte unter Auftrieb angesetzt werden muss.

Neben dem statischen Auftrieb gibt es ein dynamisches Phänomen von fließfähigen Lockergesteinen. Dabei kann das Korngefüge die Wasserdrücke nicht abbauen und es werden die Reibungskräfte zwischen den Körnern aufgehoben. Der Boden beginnt sich zu bewegen und hat Eigenschaften wie eine Flüssigkeit. Bei äußerer Anregung (z. B. Schwingung) kann es schlagartig, auch über sehr große Bereiche zu signifikanten Bodenbewegungen kommen (**Bild 1**).

Die Fließgefährdung von Lockergesteinen entsteht aus folgenden Parametern (Patzold et. al, 2008; Buchheister, 2012):

- » Feine Körnung (0,01 – 1 mm) und dadurch geringere Wasserdurchlässigkeit
- » Gleichförmige Korngrößenverteilung (Ungleichförmigkeitszahl $CU < 5$) führt zu einer großen Porenzahl und geringer Kohäsion
- » Hoher Rundungsgrad führt zu geringeren Reibungswinkeln
- » Lockere Lagerung führt ebenfalls zu geringeren Reibungswinkeln

Bild 2 zeigt Kornverteilungsbereiche mit einem hohen Verflüssigungspotential. Innerhalb der Zone 2 ist eine besonders hohe Gefährdung anzunehmen.

Einsatzmöglichkeiten von Geotextilien

Geotextilien bestehen aus Naturprodukten (z. B. Jute, Kokos) oder Kunststoffen (z. B. Polyamid). Besonders

Geotextilien aus Kunststoffen sind langzeitstabil und in ihren wesentlichen Eigenschaften Reißfestigkeit und Korngrößendurchgang je nach Anforderung in vielen Varianten erhältlich. Beschaffung und Einbau sind sehr preisgünstig. Sie können zum Drainieren, Filtern, Bewehren, Schützen oder Trennen von Bodenschichten eingesetzt werden.

Im vorliegenden Fall wird die Eigenschaft der Geotextilien genutzt, um Bodenbereiche voneinander zu trennen und in gewissem Rahmen Kräfte aufzunehmen.

Praxisbeispiel Sanierung der Ferngasleitung FGL 214

Die Ferngasleitung FGL 214 DN 800 DP 63 schließt den 63-bar-Erdgasring um den Großraum Berlin südlich der Stadt. Durch die technische Diagnose wurde eine Minderdeckung festgestellt. Das bedeutet, dass die angebotenen Überdeckungen deutlich geringer waren als in der Dokumentation angegeben. Die Minderdeckung entsprach nicht den Forderungen des DVGW-Regelwerks. Im Hinblick auf das Alter des Rohres wurde die Tieferlegung per Rohraustausch für die Jahresscheibe 2015 festgelegt. Im Zuge der Planung wurde neben der Bodensondierung auch eine (statische) Auftriebsberechnung durchgeführt. Diese ergab, dass eigentlich kein Auftrieb zu erwarten sei, da die Wichte des anstehenden Sandes selbst unter Auftrieb genügend Auflast bieten würde. Da in der Gegend häufig Minderdeckungen festgestellt wurden und zeitgleich weiter südlich massive Probleme mit Setzungsfließen in Altbergbaugebieten auftraten, wurden die Ergebnisse der Bodenuntersuchung noch einmal detailliert begutachtet.

Der Baugrund war gekennzeichnet durch einen sehr eng gestuften Mittelsand (D50-Wert 0,1 mm, U-Wert 2,5; C-Wert 1,0; K_f -Wert $1,6 \cdot 10^{-4}$, keinerlei Kohäsion, sehr geringer Reibungswinkel $\phi < 30^\circ$). **Bild 3** zeigt die Korngrößenverteilung für den angetroffenen Feinsand.

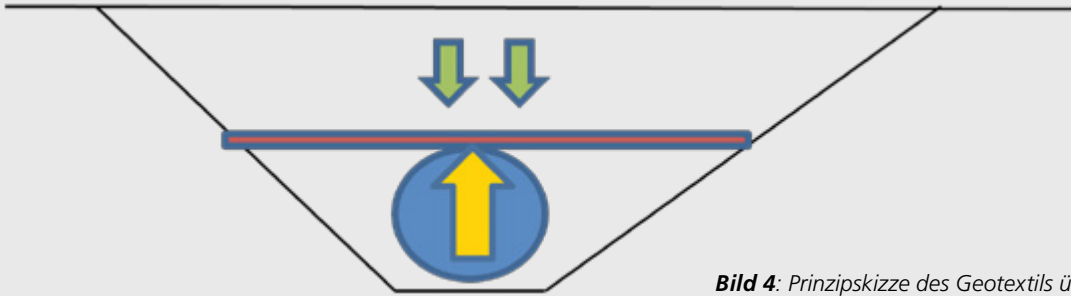


Bild 4: Prinzipskizze des Geotextils über einer Rohrleitung

Der Vergleich mit den Ausführungen in Kapitel 3 insbesondere Bild 2 zeigt, dass der Sand hochgradig fließfähig war. Das Material über der Leitung würde in einem solchen Fall nicht mehr als statisches Auflager dienen. Der Sand würde vielmehr der Last des auftreibenden Rohres ausweichen und um die Leitung herum fließen. Die Rohrleitung könnte so ungehindert auftreiben.

Für diesen Fall wurde eingeschätzt, dass der Einbau von Betonreitern keine Abhilfe schafft. Durch die bodenmechanischen Eigenschaften des verflüssigten Sandes hätte das System Rohrleitung-Betonreiter kein festes Widerlager (Bettung) auf der Grabensohle. Es bestünde die konkrete Gefahr, dass die Betonreiter die Rohrleitung weiter nach unten drücken, was ebenfalls nicht gewollt ist. Zudem führen schwankende Grundwasserstände zu ständigen Änderungen der Auftriebskräfte, was das Setzungsverhalten beeinflusst.

Da die Wichte des überlagernden Sandes selbst unter Auftrieb genug Auflast darstellt, wurde geschlussfolgert, dass der Auftrieb verhindert werden kann, wenn ein Bodenfließen in vertikaler Richtung unterbunden wird. In der Folge wurde entschieden, ein waagrechtes Geotextil einzubauen (**Bild 4**).

Das Geotextil soll die Rohrleitung vom darüberliegenden Boden trennen, aber auch so wasserdurchlässig sein, um den Aufbau von Porenwasserüberdrücken zu unterbinden.

Zudem kann das Geotextil Last aufnehmen und das Rohr in der Lage fixieren, falls es doch zum Auftrieb kommt. Ein Nebeneffekt ist, dass durch die Reißfestigkeit Baggerangriffe im Schutzstreifen erschwert werden.

Das Geotextil hat mindestens folgende Eigenschaften zu erfüllen:

- » Undurchlässigkeit von Sandboden > 0,1 mm Körnung
- » Durchlässigkeit gegenüber Wasser größer als der umgebende Boden (im vorliegenden Fall K_f -Wert > 10^{-4})
- » Breite mind. 3 m (besser 4 m je nach Rohrgrabenbreite, damit das Geotextil großflächig die Last abtragen und das Bodenfließen verhindern kann)
- » Geringe Dehnung, hohe Zugreißfestigkeit (im vorliegenden Fall > 10 kN/m²)
- » Langzeitstabilität

In der Projektvorbereitung blieb keine Zeit, um die Interaktion von Geotextil und Boden sowie Geotextil und PE-umhüllten Stahlrohrleitungen detailliert zu untersuchen. Daher wurde aus Sicherheitsgründen folgende Einbautechnologie festgelegt:

- » Einbau eines Vlieses (Rohrschutzmatte) - früher oder später könnte eine Berührung von Geogitter und PE-Umhüllung stattfinden; in diesem Fall wäre eine Beeinflussung der PE-Umhüllung durch das reißfeste Geotextil nicht ganz auszuschließen



Bild 5: Eingebautes Geotextil auf der FGL 214 DN 800 DP 63

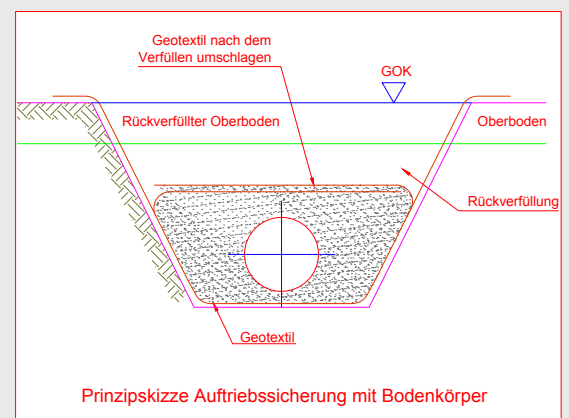


Bild 6: Auftriebssicherung mit Bodenkörper

- » Beim Einbau ist auf einen waagerechten, faltenfreien Einbau zu achten, damit das Geogitter schnell Last aufnehmen kann.
- » Das Material über dem Geogitter soll nicht locker reingeschüttet werden, sondern ist lagenweise zu verdichten (bei vielen Firmen sowieso Standard)

Bild 5 zeigt ein Bild vom Einbau vor Ort.

Weiterentwicklung des Einsatzes von Geotextil

Die Kraftwirkung des Geotextils kann erheblich gesteigert werden, wenn es nicht als ebene Lage eingebaut wird, sondern einen Bodenkörper umschließt. Dazu wird gemäß **Bild 6** das Geotextil vor dem Leitungsbau im Rohrgraben ausgelegt und nach Detailverfüllung des Rohrgrabens gemäß Darstellung in Bild 6 übereinandergelegt. Wichtig ist dabei, dass die beiden oberen Lagen des Geotextils den Rohrgraben in ganzer Breite ausfüllen, so dass der umschlossene Bodenkörper insgesamt mobilisiert wird und in die Auftriebssicherung einbezogen ist.

Literatur

- [1] Patzold, V.; Gruhn, G.; Drebenstedt, C.: Der Nassabbau, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2008
- [2] Buchheister, J.: Verflüssigungspotenzial von reinem und siltigem Sand unter multi-axialer Belastung, Veröffentlichungen des Instituts für Geotechnik (IGT) der ETH Zürich Band 240, April 2012

- [3] ONTRAS: Projektunterlagen oder Fotos der ONTRAS Gastransport GmbH, Leipzig, 2017 (unveröffentlicht)

SCHLAGWÖRTER: Gashochdruckleitung, Auftrieb, Geotextil

AUTOREN



STEFFEN PÄSSLER

Ontras – Gastransport GmbH, Leipzig
Tel. +49 341 27111-2875
steffen.paessler@ontras.com



Dr.-Ing. MANFRED VEENKER

Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover
Tel. +49 511 284 99-11
manfred.veenker@veenkermbh.de



➔ www.gat-wat.de

DVGW-Leitkongresse Gas & Wasser mit großer Technikmesse

28. bis 30. November 2017 · Kölnmesse

28. bis 30.11.2017
**GROSSE
TECHNIKMESSE**
mit Praktikertag
am 28.11.!



»Mein Energiesystem der Zukunft heißt „Erdgas und Erneuerbare“. Die gat 2017 stellt die hierfür erforderlichen sektorenübergreifenden Technologien vor.«

Dietmar Bückemeyer
Präsident des DVGW

gat: 29. und 30.11.2017
ZUKUNFT GASWIRTSCHAFT – INFRASTRUKTUR & SCHLÜSSELTECHNOLOGIE FÜR DIE ENERGIEWENDE

- ➔ „Klimaschutz mit gasbasierten Technologien
- ➔ Integriertes Energiesystem, Sektorenkopplung und Vernetzung von morgen
- ➔ Digitalisierung und Dezentralisierung
- ➔ u.v.m.



wat: 29. und 30.11.2017
WASSERWIRTSCHAFT AKTUELL – HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE BRANCHE IN DEUTSCHLAND UND EUROPA

- ➔ Neues aus Brüssel und Berlin
- ➔ Trinkwassergüte – Hygiene & Verbraucherschutz
- ➔ Digitalisierung – Wasser 4.0
- ➔ u.v.m.

»Mein Lebensmittel Nr. 1 bleibt unser Trinkwasser. Die wat 2017 zeigt, was dazu in Europa und Deutschland geschehen muss.«

Dr.-Ing. Dirk Waider
Technischer Vorstand
GELSENWASSER AG,
Vizepräsident Wasser des
DVGW

Jetzt informieren und anmelden: www.gat-wat.de

