

Flüssigboden – eine Betrachtung aus Sicht des Arbeitsschutzes

Dipl.-Ing. Corinne Ziegler, Karlsruhe
Dipl.-Ing. Eckhard Becker, Kassel

Der Einsatz von Flüssigboden nimmt insbesondere bei der innerörtlichen Verfüllung von Gräben einen immer breiteren Raum ein. Dieses innovative, relativ neue Verfahren zur Verfüllung von Gräben hat ein breites Anwendungsspektrum. Neben Gräben können mit Flüssigboden natürlich auch andere Hohlräume wie z.B. alte Leitungen, Brückenwiderlager, Baugruben verfüllt werden.

Im Folgenden werden v.A. die Arbeitsschutzaspekte bei der Verfüllung von Gräben betrachtet. Dabei wird das Verfahren des Einsatzes von Flüssigboden den bekannten Möglichkeiten der Verfüllung und Verdichtung von Gräben unter Benutzung von Verdichtungsgeräten im Hinblick auf Schutzmaßnahmen gegenübergestellt.

Was ist Flüssigboden?

Flüssigboden ist nicht „flüssiger Boden“ sondern ein nach exakten Vorgaben für den jeweiligen Einsatzfall industriell hergestelltes Material, welches zur Verfüllung von z.B. Gräben verwendet wird. Es gibt mehrere Verbände und Institutionen, die sich mit der Qualitätssicherung von Flüssigboden beschäftigen. Alle haben das gleiche Ziel, den Flüssigboden als innovative Technik weiterzubringen.

Die Vorgaben zur qualitätsgesicherten Fertigung sind festgelegt in

- „Merkblatt über zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllbaustoffe (ZFSV) aus Böden und Baustoffen“ der „Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen“ (FGSV), Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau,
- Flüssigboden Gütesicherung RAL-GZ 507 des Deutschen Instituts für Gütesicherung und Kennzeichnung E.V.,
- „Grundsätze zur Qualitätssicherung“ der Bundesqualitätsgemeinschaft Flüssigboden e. V. (BQF).

Kurz zusammengefasst – der aus dem Graben entnommene Boden wird labortechnisch beprobt. Auf Grundlage dieser Beprobung wird festgelegt, wie der Boden gemischt wird (ähnlich der Korngrößenverteilung bei der Betonherstellung). Weiterhin wird auf Grund dieser labortechnischen

Untersuchung festgelegt, welche Zugabe von Bindemittel sowie Wasser erforderlich ist. Die Mischanlagen als auch der Transport lehnen sich an den industriellen Maßstab der Herstellung von Transportbeton an.

Wie beim Transportbeton wird auf der Baustelle z.B. das Ausbreitmaß vor dem Einbau überprüft. Weiterhin werden Rückstellproben genommen, um weitere Parameter wie z.B. Rückverfestigung, Volumenstabilität oder Lösbarkeit überprüfen zu können.

Wenn diese grundsätzlichen Randbedingungen bei der Produktion von Flüssigboden eingehalten werden, gehören Aussagen von den Baustellen wie: „Das Material ist ja nach Tagen noch wie Suppe!“ oder „Das kannste nur noch mit dem Kompressor lösen.“ endgültig der Vergangenheit an. Flüssigboden ist eine innovative Bautechnik und muss von entsprechend ausgebildeten Fachleuten eingebaut werden. Nur dann ist gewährleistet, dass die Vorteile dieser Technik zum Tragen kommen.

Anforderungen an die Ausschreibung

Damit sich die festgelegten Qualitätsmaßstäbe durchsetzen, muss natürlich auch von Auftraggeberseite vorgearbeitet werden. Die Ausschreibungen müssen genaue Angaben, wie ohnehin in der VOB gefordert,

enthalten. Exemplarisch ist das Musterleistungsverzeichnis Kanalbaumaßnahmen in offener Bauweise der Göttinger Entsorgungsbetriebe. Neben einer ausführlichen Leistungsbeschreibung wird die Definition genannt:

„Flüssigboden im Sinne der RAL-Gütegemeinschaft Flüssigboden E.V. gehört zur Gruppe der zeitweise fließfähigen Verfüllmaterialien und soll bodentypische Eigenschaften ohne die Bildung starrer Strukturen hydraulischer Bindemittel (z.B. Zementsteinstrukturen) sicher ermöglichen. Es handelt sich um zeitweise fließfähige, selbstverdichtende Verfüllmaterialien ohne starre Fremdstrukturen.“

Die Göttinger Entsorgungsbetriebe haben mit dem Einsatz von Flüssigboden eine mehr als ein Jahrzehnt währende Erfahrung. Auf Grund positiver Erfahrungen haben sie sich entschlossen, im gesamten innerstädtischen Bereich als Verfüllmaterial für Gräben, Gruben und Ähnliches nur noch Flüssigboden zu verwenden.

Vorteile von Flüssigboden beim innerstädtischen Einsatz

Wer die sehr schöne aber sensible Altstadtbebauung von Göttingen kennt: enge Straßen mit direkter Fachwerkbauweise teilweise auf Gewölbekellern, kann sich vorstel-



Abb. 1:
Siebung, Mischung,
die Zugabe der
Zuschlagsstoffe und
Transport erinnern an
die industrielle
Fertigung von Beton



Abb. 2:
Überprüfung des
Ausbreitmaßes auf
der Baustelle

len, dass bei normaler Verfüllung und Verdichtung die Schädigung der Bebauung durch Erschütterungen nicht ausgeschlossen werden kann. Diese negativen Randerscheinungen sind bei der Verwendung von Flüssigboden nicht vorhanden. Bei der Verwendung von Flüssigboden kann auf Eintrag von äußerer und innerer Rüttelenergie zur Verdichtung verzichtet werden. Damit liegt ein erschütterungsfreier Einbau vor, der Schäden an Gebäuden vermeidet.

Beispielhafte Anwendungen von Flüssigboden

Die Fa. Geiger + Schüle Bau GmbH (Ulm) hat ein Verfahren entwickelt (und dafür den Innovationspreis des Deutschen Handwerks 2011 erhalten), um Fernwärmeleitungen, die sich auf Grund der thermischen Belastung immer wieder ausdehnen und zusammenziehen, mit Flüssigboden zu verlegen. Inzwischen wird diese Technik seit mehreren Jahren (über viele km Fernwärmeleitung) erfolgreich durchgeführt.

Auf einer sehr großen Baustelle (mehrere hundert Ferienwohnungen) am saarländischen Bostalsee wurden alle 42 km Gräben für Versorgungsleitungen mit Flüssigboden verfüllt. Auf Grund der sehr unterschiedlichen geologischen Gegebenheiten auf dieser Baustelle liegen verschiedenartige Böden vor, so dass bei der Herstellung von Flüssigboden der Aushub mit unterschiedlichen Rezepturen des Compounds versetzt wurde. Insgesamt 5 unterschiedliche Rezepturen wurden hier eingesetzt. Diese Rezepturen ermöglichten es, Flüssigboden auch in Gräben einzusetzen, die nicht waagrecht verlaufen, ohne dass der Flüssigboden sofort an die tiefste Stelle fließt.

Mit Flüssigboden können auch Gräben gefüllt werden, bei denen die Sohle unter dem Grundwasserspiegel liegt. Unter anderem bei Bauvorhaben in Karlsruhe und Düsseldorf wurde daher Flüssigboden eingesetzt, um eine großflächige Grundwasserabsenkung



Abb. 3: Ca. 4 Wochen alter eingebauter Flüssigboden, hier wurde mit der Schaufel Material entfernt, dies beweist, dass der Boden gut lösbar ist

und die anschließende Verdichtungsmaßnahmen zu vermeiden.

Kreislaufwirtschaft

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz von Juni 2012 hat die Schonung der natürlichen Ressourcen und die Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung zum Ziel. In der Zielhierarchie hat dabei die Vermeidung die höchste Priorität vor der Vorbereitung zur Wiederverwendung und dem Recycling. Den Forderungen der Kreislaufwirtschaft wird durch den Einsatz von Flüssigboden entsprochen. Durch die Technologie können überwiegend alle gängigen Boden- und Gesteinskörnungen zeitweise in einen fließfähigen Zustand versetzt werden [1]. Somit kann der vorhandene Boden, bis auf die Volumenverdrängung durch das eingebaute Rohr, komplett wieder eingebaut werden. Dadurch, dass der von der einzelnen Baustelle entnommene Boden auch an dieser Baustelle wieder eingebaut wird, ist der Grundwasserhaushalt leichter sicherzustellen.

Einbau von Flüssigboden

Das Verlegen der Rohrleitungen im Graben bedarf keiner besonderen Maßnahme bei der Verwendung von Flüssigboden als Verfüllbaustoff. Die spezifischen Regelungen von



Abb. 4: Blick in die Göttinger Altstadtbebauung



Funke Gruppe

www.funkegruppe.de

Funke Kunststoffe GmbH

DVGW, AGFW oder die Forderungen der DIN EN 1610 sowie der DIN 4124 müssen berücksichtigt werden; insbesondere bei der Einhaltung der z.B. von der Rohrdimension, der Tiefenlage oder den auszuführenden Arbeiten abhängigen Arbeitsraumbreiten. Die Arbeitsraumbreiten dürfen nur auf Grund der Anwendung der Flüssigbodentechnologie nicht verringert werden.

Beim Einsatz von Flüssigboden als Verfüllbaustoff ist zu überlegen, ob das verwendete Rohrmaterial auftreibt. Da dies überwiegend der Fall ist, müssen Auftriebssicherungen vorgesehen werden. Der Abstand und die Ausführung der Auftriebssicherung sind abhängig vom Rohrmaterial und der Dimension. Die Göttinger Entsorgungsbetriebe schreiben vor:

- Auflagerbänke für das Rohrmaterial aus plastischem Material. Hierdurch soll das Rohr die geforderte Lagerung erhalten. Das plastische Material ist Flüssigboden im plastischen Zustand.
- Auftriebssicherungen ebenfalls aus plastischem Material.

Die Auftriebssicherung lässt sich auch durch andere konstruktive Maßnahmen erzielen. Bei der Anwendung dieses in der Abbildung 6 dargestellten Verfahrens sind die Forderungen im Hinblick auf die Absturz-sicherung von Personen einzuhalten und umzusetzen.

Weiterhin sind für die Herstellung des Grabens die Forderungen der DIN 4124 einzuhalten. Bei verbauten Gräben muss der Verbau spätestens 0,5 h nach jedem Einbau von Flüssigboden fließfähiger Konsistenz gezogen werden. Um Entmischungen zu vermeiden, sollte der Einbau von Flüssigboden mit einer Rutsche mit einer max. Fallhöhe von 60 cm erfolgen.

Sinnvoll ist es, unterschiedliche Verfüllzonen vorzugeben:

- 1. Verfüllzone bis max. Rohrkämpfer
- 2. Verfüllzone, Rest der Seitenverfüllung und Abdeckung 10 cm unter die erste querende Leitung
- Weitere Verfüllzonen: jeweils 10 cm unter die nächsten querenden Leitungen und schließlich bis Unterkante Straßen und Gehwegaufbauten.

Da die einzelnen Verfüllzonen nach ca. 4 h wieder begehbar sind, ist der Arbeitsablauf ohne Störungen des Baufortschrittes umzusetzen.

Die Befürchtungen, dass Mitarbeiter im Flüssigboden versinken bzw. ertrinken könnten, können entkräftet werden: Durch die hohen Auftriebskräfte bleiben Personen (ähnlich wie bei Bentonit) an der Oberfläche. Der Flüssigboden ist mit einem pH-Wert von ca. 9,5 schwach alkalisch. Beim Einbau kann der Haut- oder Augenkontakt, wegen der geringen Fallhöhe der Rutsche, zudem weitgehend vermieden werden, so dass



Abb. 5: Auflagerbänke und Auftriebssicherungen aus plastischem Material



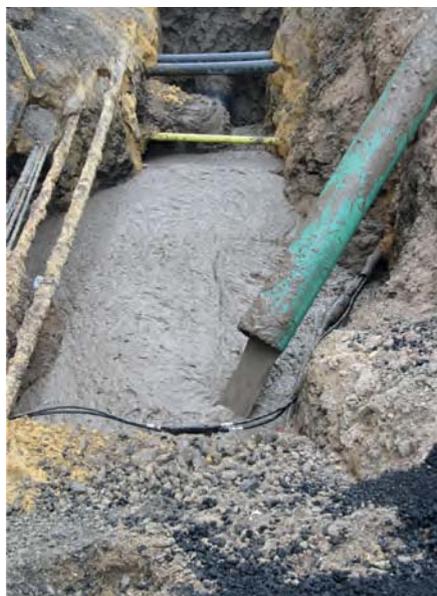
Abb. 6: Auftriebssicherung beim Einbringen von Flüssigboden

für den Einbauer keine besonderen Schutzmaßnahmen erforderlich sind. Eine Schutzbrille muss jedoch, auf Wunsch des Beschäftigten, zur Verfügung gestellt werden. Teilweise wird ein Overall getragen, um die Kleidung vor Verschmutzungen bei der Montage, beim Verschieben oder Reinigen der Rutsche zu schützen.

Flüssigboden aus Sicht des Arbeitsschutzes

Gegenüber den konventionellen Verdichtungsarbeiten mit Rüttelplatten und Stampfern in Gräben bietet der Einbau von Flüssigboden aus Sicht des Arbeits- und Gesundheitsschutzes viele Vorteile.

Abb. 7: Geringe Fallhöhen während des Einfüllens verhindern das Entmischen von Material



Weniger Abgase

Bei Verdichtungsarbeiten in Gräben sind die Bediener der Stampfer und Rüttelplatten sehr hohen Abgasbelastungen ausgesetzt. Beim Einsatz benzinbetriebener Verdichtungsmaschinen liegen die Kohlenmonoxid-Expositionen oft über dem Arbeitsplatzgrenzwert. Bei diesen Tätigkeiten sind schon Vergiftungsfälle aufgetreten.

Bei der Verwendung dieselbetriebener Maschinen können beim Einsatz in Gräben sehr hohe Konzentrationen an krebserzeugenden Dieselmotoremissionen entstehen. Für Dieselmotoremissionen gilt, seitdem der frühere Grenzwert Ende 2004 zurückgezogen wurde, das Minimierungsgebot [2].

Abb. 8: Ca. 4 Std. nach dem Einbringen des Flüssigbodens, ca. 10 cm unterhalb des Rohrpaketes, konnte bereits das Sandbett eingebaut werden



Weniger Staub

Je nach Erdfeuchte ist bei Verdichtungsarbeiten in Gräben zudem mit hohen Staubbelastungen, die über den Arbeitsplatzgrenzwerten für den einatembaren und den alveolengängigen Staub (A- und E-Staub) liegen können, zu rechnen.

Weniger Verschüttete

Bei Arbeiten in Gräben, Schächten und Gruben ereignen sich pro Jahr etwa 35 Unfälle durch Verschüttet-Werden, darunter sind ca. 2 tödliche Unfälle zu verzeichnen (Referat Statistik der DGUV).

Weniger Lärm und Vibrationen

Der Schalldruckpegel beim Einsatz von Rüttelplatten zum Bodenverdichten liegt bei ca. 95 dB(A) und bei Stampfern bei ca. 98 dB(A). Wird bei diesen Arbeiten kein Gehörschutz getragen, kann das Gehör geschädigt werden. Die Vibrationen, die durch Arbeiten mit Verdichtungsgeräten entstehen, sind eine mögliche Ursache von Arthrosen und Durchblutungsstörungen (Weißfinger-Krankheit).

Auf Grund dieser vielen Vorteile für den Arbeitsschutz wurde Flüssigboden im No-

vember 2012 im Rahmen des 9. Deutschen Gefahrstoffschutzes ausgezeichnet.

Zusammenfassung

Aus der Sicht des Arbeitsschutzes ist der Einsatz von Flüssigboden zu begrüßen. Für die Beschäftigten treten weniger Gefährdungen auf. Natürlich ist auch hier die Grundvoraussetzung, dass die Mitarbeiter für die Tätigkeiten beim Umgang mit Flüssigboden entsprechend unterwiesen sind.

Gefährdungen, die beim Einsatz von konventionellen Verdichtungen entstehen, z.B.:

- Motorabgase beim Einsatz von handgeführten Rüttelplatten und Stampfern in Gräben [2]
 - Staubbelastungen – je nach Erdfeuchte
 - Lärm- und Vibrationsbelastungen der Mitarbeiter durch handgeführte Maschinen
 - Gefährdung durch Verschütten von Personen
 - Belastungen durch das Heben und Tragen z.B. der Stampfer über den Rohrscheitel, um beide Seiten des Rohres zu verdichten
- treten beim Einsatz von Flüssigboden nicht auf.

Da Flüssigboden schwach alkalisch ist und Haut- bzw. Augenkontakt beim Einbau auch weitgehend vermieden werden kann, müssen bei der Verwendung von Flüssigboden nur beim Einsatz von speziellen Auftriebsicherungen besondere Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Hier geben die Hersteller der Auftriebsicherungen in den Bedienungsanleitungen entsprechende Hinweise.

Literatur

- [1] Schmitz, H. J.: Wohin steuert die Kreislaufwirtschaft, BauPortal 12/2012
- [2] Leisering, H.: Motorabgase beim Einsatz von handgeführten Rüttelplatten und Stampfern in Gräben, BauPortal 11/2012
- [3] Musterleistungsverzeichnis der Göttinger Entsorgungsbetriebe, Stand: 03/2012

Autoren:

Dipl.-Ing. Corinne Ziegler
BG BAU Prävention,
Fachreferat Gefahrstoffe
Dipl.-Ing. Eckhard Becker
BG BAU Prävention,
Fachreferat Tiefbau – Fachgebiet Rohrleitungsbau

Aus dem Unfallgeschehen

Gefährdungspotenzial Rohrdichtheitsprüfung: Rohrsperriblese wird zum Geschoss

Nachdem auf einer Baustelle Entwässerungsleitungen unterschiedlichen Durchmessers verlegt wurden, mussten die verlegten Leitungen einer Druckprüfung unterzogen werden. Die DIN-EN 1610 lässt hierfür grundsätzlich 2 unterschiedliche Prüfverfahren zu. Beim ersten, dem Prüfverfahren mit Wasser, wird die Leitung unter einen Überdruck von 0,5 bar (entspricht 5 m Wassersäule) gesetzt. Beim zweiten, der Rohrdichtheitsprüfung mit Luft, durfte im vorliegenden Fall der Prüfdruck 0,2 bar betragen.

Unter Berücksichtigung des Gefährdungspotenzials ist die Wasserdruckprüfung bei Versagen von Rohrsperrrgeräten als das Prüfverfahren mit dem geringeren Gefährdungspotenzial einzustufen. Da es sich bei Wasser um ein inkompressibles Medium handelt, würde sich der Überdruck durch z.B. Verschieben eines Rohrsperrelementes relativ schnell abbauen. Dies ist im Fall der Rohrdichtheitsprüfung mit Luft nicht

Abb. 1:
Absperrblase
an der Unfallstelle



der Fall. Da es sich bei Luft um ein kompressibles Medium handelt, dauert es, je nach den entsprechenden Randbedingungen, einige Zeit, bis sich der Überdruck abgebaut hat.

Unfallhergang

Im vorliegenden Fall wurde auf der Baustelle eine Rohrdichtheitsprüfung mit Luft durchgeführt. Zum Aufbau der Dichtheitsprüfung wurden eine Durchgangsblase

und eine Absperrblase eingesetzt. Die meisten Rohrabsperpblasen können bis zu einem Innendruck von 1,5 bar befüllt werden. Durch diesen Innendruck legt sich die Rohrabsperpblase gegen die Innenwandung des Rohres und ermöglicht somit den Druckaufbau in dem zu prüfenden Rohrschnitt.

Nachdem sowohl die Rohrabsperpblase als auch die Durchgangsblase eingesetzt waren, wurde über die Durchgangsblase in der Kanalleitung der Prüfdruck von 0,2 bar aufgebaut. Die Rohrabsperpgeräte wurden nicht durch eine geeignete formschlüssige Sicherung gegen unkontrolliertes Verschieben oder Ausschub in Folge Leitungsdruck gesichert. Man verließ sich darauf, dass durch den Blaseninnendruck genügend Reibungskräfte mit der Rohrwandung erzielt würden.

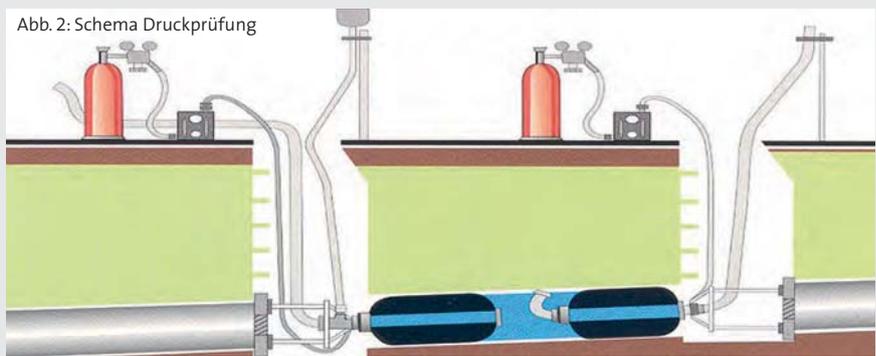
Einer der Mitarbeiter, welcher die Prüfung durchführte, beugte sich in den nur ca. 1,20 m tiefen Schacht, als sich in diesem Moment die Rohrabsperpblase löste und geschossartig aus der Rohrleitung in den Schacht flog und den Mitarbeiter traf. Dieser erlitt dabei schwerste Verletzungen. Die metallenen Elemente des Rohrabsperpgerätes sowie abgeplatzte Betonteile des Fertigteilschachtes zeugen von der Energie, die sich bei Luftdruckprüfungen durch Versagen der Rohrabsperpgeräte plötzlich entwickeln kann.

Beim Prüfmedium Luft ist die gespeicherte Energiemenge von der Höhe des Über- bzw. Unterdruckes und der Größe des Prüfraumes abhängig. Hierbei ist zu beachten, dass auf Grund der meist großen Volumina bei der haltungsweisen (von Schacht zu Schacht) Prüfung von Rohrleitungen bereits bei geringen Druckdifferenzen sehr große Energiemengen erzeugt werden. So reicht z.B. bei einer Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610 – Prüfmethode LD, Prüfdruck 0,2 bar, Rohrdurchmesser DN 500, Haltungslänge 50 m – die gespeicherte Energiemenge aus, um ein 20 kg schweres Rohrabsperpgerät 912 m senkrecht nach oben zu schleudern (Luftwiderstand vernachlässigt)!

Gefährdungsbeurteilung/ Schutzmaßnahmen

Auf Grund des hohen Gefährdungspotenzials erfordert die Vorbereitung und Durchführung von Druckprüfungen eine besondere Sorgfalt. Folgende Punkte sind zu beachten:

- Das verantwortlich eingesetzte Personal (Bauleiter und Aufsichtführende) muss über einschlägige Kenntnisse in der Rohrleitungstechnik, in der Durchführung von Druckprüfungen und in der Messtechnik verfügen.



- Die Beschäftigten sind über die Auswirkung der auftretenden Kräfte auf vorübergehend eingebaute Formstücke, Absperrgeräte und Abstützungen und die Folgen eines Versagens zu unterrichten.
- Druckprüfungen dürfen nicht von einer einzelnen Person durchgeführt werden.
- Nicht überdeckte und oberirdisch verlaufende Leitungen sind unter Berücksichtigung des Prüfdruckes gegen unzulässige Bewegung zu sichern.
- Leitungen mit nicht längskraftschlüssigen Verbindungen sind auch an den Rohrverbindungen, Krümmern, Abzweigen und Abspereinrichtungen unter Berücksichtigung des Prüfdruckes und der jeweiligen Bodenpressung ausreichend abzusteifen bzw. zu verankern. Die Endabsteifungen dürfen erst entfernt werden, wenn die Leitung vollkommen druckentlastet ist.
- Durch geeignete Verfahren ist sicherzustellen, dass der vorgesehene Prüfdruck bzw. höchstzulässige Leitungsdruck nicht überschritten wird:
 - Bei der Prüfung mit Luft ist eine Befüllereinrichtung mit Druckminderungsventil bzw. Druckbegrenzer (z.B. elektronische Druckabschaltung) zu verwenden.
 - Bei Wasserdruckprüfungen ist ein Freispiegelbehälter oder eine entsprechende Ausrüstung zur drucklosen Befüllung zu benutzen.
- Das Prüfobjekt darf keine direkte Verbindung zu einer unter Überdruck stehenden Leitung bzw. Pumpe besitzen.
- Der Prüfdruck muss sich gefahrlos (von außerhalb des Gefahrenbereiches) ablesen lassen. Einrichtungen zur Überwachung des Prüfdruckes sind z.B. Druckmessgeräte mit Kontrollmanometer oder Standrohre bei Wasserprüfungen.
- Die Ausschubkräfte, die auf vorübergehend eingebauten Anschlussformstücke und Absperrerelemente wirken, müssen sicher aufgenommen werden.
- Rohrabschlussteile und andere, vorübergehend eingebaute Anschlussformstücke sind ausreichend abzustützen, die Belastung ist entsprechend der zulässigen Bodenpressung zu verteilen.
- Provisorische Rohrabsperpgeräte sind durch eine geeignete formschlüssige Sicherung gegen Ausschub infolge Leitungsdruck zu sichern.
- Beim Aufbringen und Ablassen des Prüfdruckes sowie während der Druckprüfung dürfen sich keine Personen vor dem Absperrgerät oder in den anschließenden Haltungen und Schächten aufhalten.

Druckprüfungen an Rohrleitungen, sowohl mit Wasser als auch mit dem Prüfmedium Luft, dürfen nur durchgeführt werden, wenn die Rohrabsperpgeräte mittels Ausschubsicherung gegen Bewegungen gesichert sind. Diese Forderung der BGI 802 „Handlungsanleitung für die Arbeit mit provisorischen Rohrabsperpgeräten“ wird auch von Herstellern in der Bedienungsanleitung gefordert.

Abb. 3:
Formschlüssige
Ausschubsicherung
nach BGI 802
„Handlungs-
anleitung für
die Arbeit mit
provisorischen
Rohrabsperp-
geräten“,
Oktober 2007

