

# **Geotechnische Aspekte beim Bau einer 113 km langen Erdgas-pipeline zwischen Pfälzer Wald und Mosel**

Dr. rer. nat. R. M. Spang

Dipl.-Geol. K. Martinek

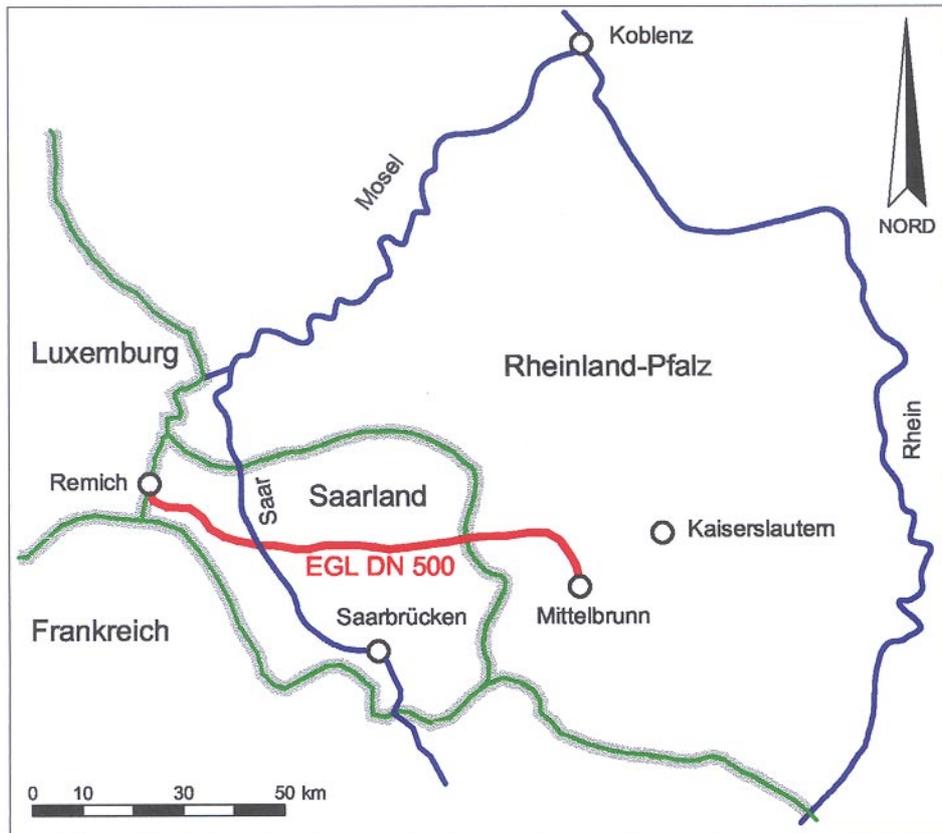
Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen,  
Geologie und Umwelttechnik mbH, Witten

## **Zusammenfassung**

Im Auftrag der Ruhrgas AG wurde ab August 1999 eine 113 km lange Gasleitung in Südwestdeutschland verlegt. In dieser Veröffentlichung werden zunächst die wesentlichen Anforderungen des Gasleitungsbaus an den Baugrund beschrieben. Anschließend werden die geotechnischen Randbedingungen des Projekts und die sich daraus ergebenden Konsequenzen aufgeführt. Die Aufgaben der geotechnischen Bauüberwachung werden definiert. Anhand von drei Beispielen werden geotechnisch besonders interessante Abschnitte vorgestellt.

## **Projekt**

Von August 1999 bis September 2000 wurde im Auftrag der Ruhrgas AG zum Anschluss des luxemburgischen an das deutsche Gasnetz eine Erdgasleitung (EGL) zwischen der Verdichterstation Mittelbrunn in Rheinland-Pfalz und dem Übergabepunkt Remich in Luxemburg verlegt. Auslöser für den Bau dieser neuen Erdgasleitung war der Abschluß eines Erdgaslieferungsvertrages zwischen der SOTEG S. A. und der Ruhrgas AG zur Belieferung eines neuen Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerkes in Esch (Luxemburg) und zur Unterstützung der Erdgasversorgung des Grossherzogtums. Die EGL ist 113 km lang und hat einen Durchmesser von 50 cm (DN 500). Sie verläuft zunächst auf 25 km in Rheinland-Pfalz und quert anschließend das Saarland von Ost nach West (Bild 1). Mit dem Pfälzer Bergland, dem Südrand des Hunsrück, des Saar- und Moseltals sowie dem Saargau durchquert die Trasse morphologisch unterschiedlich stark bewegtes Gelände. Geologisch durchfährt sie zunächst den Buntsandstein, dann Rotliegendes und Oberkarbon sowie in Los 3 wiederum Buntsandstein und Muschelkalk. Entlang der Trasse werden mehrere Autobahnen wie die A 8, A 6 und A 62, mehrere Eisenbahnstrecken, zahlreiche Bäche und kleinere Flüsse wie Glan, Blies, Theel und Prims sowie die größeren Flüsse Saar (bei Merzig) und Mosel (bei Remich) gequert.



**Bild 1.** Lageplan der EGL Mittelbrunn – Remich

### Baubetrieb

Um eine rasche Verlegung zu gewährleisten wurde die Trasse in drei Bauabschnitte unterteilt, in denen gleichzeitig gearbeitet wurde:

- Bauabschnitt 1: Mittelbrunn – Steinbach (ca. 33,4 km)
- Bauabschnitt 2: Steinbach – Reimsbach (ca. 38,6 km)
- Bauabschnitt 3: Reimsbach – Remich (ca. 41,3 km)

Vorbereitend wurden im Sommer 1999 die Dächer unter der Saar und der Mosel (letzterer im HDD – Verfahren) verlegt. Ab Oktober 1999 folgten dann die weiteren Bauabschnitte. Während die Tiefbauarbeiten in den Abschnitten 1 und 2 größtenteils problemlos mit Tieföffelbaggern zu bewäl-

tigen waren, musste im Los 3 über weite Strecken eine Felsfräse eingesetzt werden. Zusätzlich war in Los 3 für die Wiederherstellung des Arbeitsstreifens ein Steinschläger erforderlich.

Die Verlegung einer Erdgasleitung gliedert sich in folgende Arbeitsschritte, die idealerweise örtlich versetzt und zeitlich parallel verlaufen:

- Mutterbodenabtrag
- Kampfmittelsuche/-räumung
- Archäologische Untersuchungen
- Rohrausfuhr
- Rohrvorbau
- Ggf. Beginn vorausseilende Grundwasserhaltung
- Grabenaushub
- Ggf. Sicherung vorhandener wassertechnischer Anlagen
- Ggf. Einbau Liegende Fassung
- Ggf. Einsandung
- Absenken der Rohre
- Ggf. Einbau von Tonriegeln, Freispülsicherungen
- Grabenverfüllung
- Ggf. Reparatur vorhandener und / oder Neuverlegung von Dränagen
- Mutterbodenauftrag und Oberflächenwiederherstellung
- Ggf. Hangsicherungsmaßnahmen, z.B. mit Faschinen

Die Verlegung von Gasleitungen erfolgt aus Kostengründen möglichst offen. Grabenlose Verfahren, wie sie bei STEIN et al. (1988) beschrieben werden, finden nur bei der Querung von bedeutenderen Straßen, von Eisenbahnlinien und von größeren Gewässern Verwendung. Dabei werden klassische Rohrvortriebe für kurze Längen und immer häufiger HDD- und Horizontalspülbohrverfahren eingesetzt. Letztere insbesondere wegen der nicht erforderlichen Start- und Zielgruben und der hohen Verlegegeschwindigkeit.

Die Mindestüberdeckung über dem Rohrscheitel beträgt nach Ruhrgas-Konzernnorm (1996), KN 268-022, 4.5, mindestens 1 m. Unter Wasserläufen muss die Überdeckung ebenfalls mindestens 1 m betragen. Damit ergibt sich eine Regelaushubtiefe von 1,5 m unter GO.

Die Rohrgräben werden möglichst steil geböscht, ein Baugrubenverbau erfolgt nur in Sonderfällen. Bei den Grabenwänden kann die Kurzzeitstandsicherheit voll genutzt werden, da die Gräben im Regelfall nicht betreten werden müssen.

Der Aushub erfolgt profilgerecht im Lockergestein durch Hydraulikbagger mit Grabenschaukeln, im Fels entweder mit Tieflöffel und Felszähnen oder mit einer Felsfräse.

Die Leitung muss nach Ruhrgas-Konzernnorm (1996), KN 268-022, 4.7, gleichmäßig auf steinfreiem Material aufgelagert werden. Das Rohraufleger besteht nach Möglichkeit aus dem gewachsenen Boden oder aus aufbereitetem Aushub. Steinanteile werden ausgesiebt oder gebrochen. Im Fels erfolgt die Bettung durch geeignetes Fremdmaterial; lässt sich Fels zu einem geeigneten Korngemisch brechen, wird der Felsaushub als Bettungsmaterial verwendet. Das erforderliche Brechen erfolgt unmittelbar vor dem Einbau mittels mobiler Brechanlagen. Bei der Verfüllung der Leitungszone wird entsprechend verfahren; die restliche Verfüllung erfolgt mit dem unbehandelten Aushub in der ursprünglich vorhandenen geologischen Abfolge. Eine Verdichtung nach ZTVE-StB erfolgt nur im Bereich von offen gekreuzten Verkehrswegen.

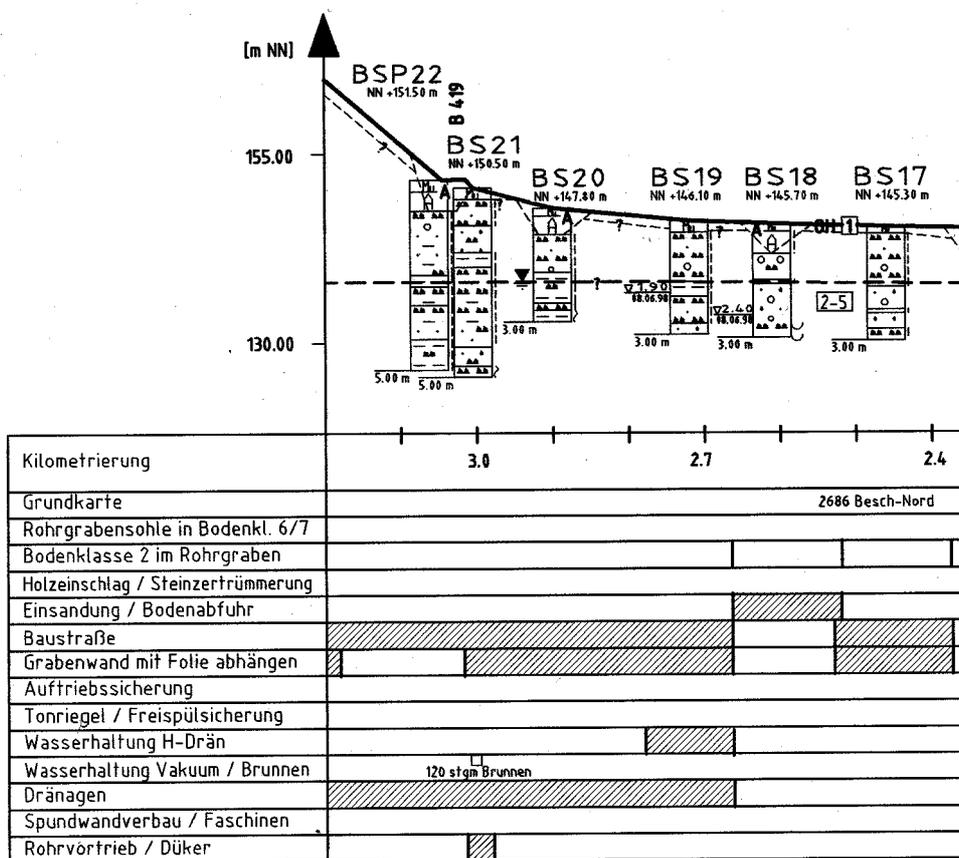
Zur Verlegung muss das Grundwasser im Lockergestein mindestens 0,5 m unterhalb der Grabensohle stehen. Andernfalls ist eine Wasserhaltung erforderlich. In der freien Strecke wird diese üblicherweise mittels vorab eingefräster Horizontal-Dräns bewerkstelligt, der Einsatz von Brunnen beschränkt sich im allgemeinen auf Kreuzungen von Gewässern und Verkehrswegen bzw. auf Fälle, wo der gewünschte Absenkerfolg durch Horizontal-Dräns nicht erreicht werden kann. Die Einleitung erfolgt in der Regel in den nächstgelegenen Vorfluter, eine gegebenenfalls erforderliche Reinigung erfolgt über Absetzbecken, Strohbällen oder Vliesbarrieren.

## **Erkundung**

Aufgrund des großen Einflusses der geologischen Gegebenheiten auf die Kosten der Verlegung wird im Zuge der Planung eine Baugrunderkundung erforderlich. Wegen der vor allem in Tallagen häufig vorhandenen landwirtschaftlichen Dränanlagen, wegen der möglichen Beeinflussung von Gewässern und zur Feststellung bereits vor Baubeginn staunasser Bereiche erfolgt außerdem eine wassertechnische Beweissicherung. Beides wurde gut ein Jahr vor Baubeginn und innerhalb von nur sechs Wochen durch die Dr. Spang GmbH ausgeführt. Die Erkundung bestand aus insgesamt 773 Bohrsondierungen mit einer Gesamtlänge von 2.300 m, 131 Leichten und Schweren Rammsondierungen mit einer Gesamtlänge von 400 m und insgesamt 8 Kernbohrungen mit einer Gesamtlänge von 120 m. Der durchschnittliche Aufschlussabstand lag bei 120 m.

98 Bohrsondierungen wurden als zwischen 1,5 und 5 m tiefe Grundwassermessstellen mit einem Nenndurchmesser DN 50 ausgebaut. Alle Aufschlusspunkte wurden nach Lage und Höhe geodätisch eingemessen. Die Kernbohrungen wurden ausschließlich im Bereich von Dükern und HDD-Strecken wegen der dort größeren Verlegetiefen und größeren Ausführungsrisiken eingesetzt.

Das Bohr- und Sondiergut wurde nach den Maßgaben der DIN 4022 und DIN 18 196 geotechnisch aufgenommen und gemäß DIN 18 300 gruppiert. Alle Aufschlüsse wurden in Lagepläne eingetragen und nach DIN 4023 zeichnerisch dargestellt. Zusätzlich wurde ein geotechnischer Längsschnitt im Maßstab 1 : 5.000/500 (L/H) über die gesamte Trasse hergestellt (Bild 2).



**Bild 2.** Ausschnitt aus dem Geotechnischen Längsschnitt (DR. SPANG GMBH, 1998)

## **Geotechnische Situation**

Die EGL Mittelbrunn – Remich liegt am Nordrand des Pfälzer Waldes und im Bereich der Saar-Nahe-Senke am Südrand des Hunsrück.

Kennzeichnend für den Bodenaufbau der EGL Mittelbrunn – Remich ist eine hohe Felslage. Demzufolge sind in der Regel nur geringmächtige quartäre Lockergesteins-überdeckungen zwischen 0,5 und rund 3 m vorhanden. Diese bestehen im wesentlichen aus Hanglehm, Hangschutt, sowie Verwitterungsböden und Terrassenablagerungen. Lediglich in den Talauen der größeren Flüsse wie auch der kleineren Zuflüsse sind mächtige, quartäre Füllungen bis maximal 12 m (Moseltal) vorhanden. In den Losen 1 und 2 stehen überwiegend jungpaläozoische Schichten des Oberkarbon (Stefan) und Perm (Oberrotliegendes / Unterrotliegendes) sowie altmesozoische Schichten der Trias (Buntsandstein, Muschelkalk) an. Es handelt sich dabei überwiegend um verwitterte Sandsteine, Schluffsteine sowie Tonsteine. Insbesondere in den permischen Schichten (Oberrotliegendes) sind zum Teil Vulkanite (Melaphyre), vor allem im Bereich von Schmelz, eingeschaltet. Im Los 3 stehen demgegenüber nur mesozoische Schichten an. Es handelt sich dabei zum größten Teil um Muschelkalk in Form von Mergeln, Tonsteinen und Kalk-/Dolomitstein. Letzterer machte im Baulos 3 über weite Strecken den Einsatz einer Felsfräse und für die Oberflächenwiederherstellung den Einsatz eines Steinschlägers erforderlich.

## **Geotechnische Bauüberwachung**

Baubegleitend wurde der geöffnete Rohrgraben geotechnisch und hydrogeologisch aufgenommen. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Abgrenzung nach DIN 18 300 zwischen den Bodenklassen 2 bis 5 (Lockergestein) einerseits und 6 (Fels bzw. Lockergestein mit entsprechendem Steinanteil) andererseits. Diese war entscheidend für die spätere Abrechnung des Aushubmaterials. Die Ergebnisse der Kartierung wurden in entsprechende Längsschnitte im Maßstab 1 : 1.000/50 (L/H) eingetragen (Bild 2). Neben der Felsoberkante war die Dokumentation des Wasseranfalls sowie im Zuge des Grabenaushubs zerstörter Dränanlagen besonders wichtig.

Auf eine getrennte Lagerung der verschiedenen Aushubschichten war zu achten. Beim Wiedereinbau waren die regelgerechte Rohrbettung, sowie die Wiederverfüllung zu überwachen. Schließlich war auf die Wiederherstellung einer steinfreien, durchlässigen, der jeweiligen Vor- und Nachnutzung angepassten Oberfläche zu achten.

## **Hydrogeologische Gegebenheiten**

Parallel zur Baugrunduntersuchung wurde eine wassertechnische Beweissicherung durchgeführt. Dafür wurden die hydrologischen Daten, die Hauptvorfluter und die Hauptgrundwasserleiter sowie der Grundwasserchemismus ermittelt. Anschließend wurden die wasserwirtschaftlichen Erhebungen bzgl. Flurstückseigentümer, vorhandener Dränagen, vorhandener Quell- und Wasserschutzgebiete sowie der lokalen Vorflutmöglichkeiten zusammengestellt. Angaben zur Wasserhaltung, zur wassertechnischen Bauausführung und zur Dränageplanung waren Bestandteile der Begutachtung. Nachfolgend sind einige Ergebnisse dargestellt.

Hauptvorfluter im Bereich der Trasse sind die Mosel sowie die in die Mosel einmündende Saar. Regional bedeutende Vorfluter sind die Prims, die Blies, die Theel, und der Glan. Darüber hinaus wurden zahlreiche kleine Bäche und Entwässerungsgräben gequert.

Hauptgrundwasserleiter sind die quartären Sedimente in den Flußtälern. Diese werden in der Regel von bindigen Deckschichten überlagert. Es liegen meist freie, bei entsprechend mächtigen, bindigen Deckschichten teilweise auch gespannte Grundwasserverhältnisse vor. Unter den quartären Deckschichten folgen die oben aufgeführten Festgesteine der Trias, des Perm sowie des Oberkarbon. Bei diesen bilden die Kalke und Dolomite des Oberen Muschelkalk sowie die Sandsteine des Mittleren Buntsandstein hochdurchlässige Kluffundwasserleiter. Die Schichten des Oberen Buntsandstein, des Rotliegenden sowie des Karbon bilden Kluffundwasserleiter mit im Sinne der DIN 18 130 geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit.

## **Wassertechnische Beweissicherung**

Während der Bauphase erfolgte durch die Dr. Spang GmbH die wassertechnische Bauüberwachung. Dies beinhaltete u.a. folgende Aufgaben:

- Baubegleitende hydrogeologische Grabenkartierung;
- Kartierung von zerstörten Dränagen u. a. wassertechnischen Anlagen;
- Planung vorausseilender Grundwasserabsenkung mittels Brunnen oder Horizontal-Dräns;
- Planung und Überwachung des Einbaus von Liegenden Fassungen, Tonriegeln und Freispülsicherungen nach den entsprechenden Ruhrgas – Konzernnormen;
- Überwachung der Einhaltung von gesetzlichen Vorschriften bei der Wasserhaltung; insbesondere der Auflagen der Unteren Wasserbehörden sowie des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und des Saarländischen Wassergesetzes (SWG);

- Planung und Überwachung des Einbaus von Hang- und Erosionssicherungen;
- Planung und Überwachung der Dränarbeiten sowie Erstellen der Bestandspläne;
- Trassenbegehungen mit Anliegern / Ortstermine mit Behördenvertretern.

### **Besonderheiten beim Bau der EGL**

Während des Baus der EGL Mittelbrunn – Remich traten zahlreiche z. B. morphologisch, hydrogeologisch oder verkehrstechnisch bedingte Erschwernisse auf. Diese werden nachfolgend anhand von drei Beispielen vorgestellt.

### **Querung des Bliestals mittels HDD – Verfahren**

Südlich von Niederlinxweiler im Baulos 2 wurde das Bliestal mit der Bundesstraße 41 und einer Hauptabfuhrstrecke der DB AG mittels Horizontal-Directional-Drilling-Verfahren (HDD) gequert. Die Gradiente reichte bis 19 m unter Gelände. Die gesamte Länge des HDD betrug 300 m und sollte mit Ausnahme der Anfangs- und Endstücke im Festgestein liegen. Dafür waren zusätzlich zur bereits im Sommer 1998 durchgeführten Baugrunderkundung weitere tiefer reichende Aufschlüsse durch Kernbohrungen notwendig. Zur Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit wurden insgesamt 41 Punktlastversuche durchgeführt. Im Hinblick auf die Zusammensetzung der Bentonitpülung waren Angaben zur Untergrunddurchlässigkeit unerlässlich. Dafür wurden 6 Durchlässigkeitsversuche im Bohrloch durchgeführt.

Nach den Aufschlussergebnissen waren unter quartären Deckschichten (Mutterboden, Auffüllung, Hochflutlehm, Verwitterungs- und Hanglehm, Terrassensedimente) zersetzte, darunter stark verwitterte bis frische karbonische Ton-, Schluff- und Sandsteine der Bodenklassen 6 und 7 nach DIN 18.300 zu erwarten.

Der HDD-Vortrieb wurde als Felsbohrung mit Bentonitpülung von der westlichen Seite des Bliestals ausgeführt, das auf der östlichen Talseite aufgelagerte Rohr wurde anschließend problemlos in das standfeste Bohrloch eingezogen (Bild 3). Während der Herstellung der Bohrung kam es in der Talmitte im Bereich der B 41 und der Bahnanlagen zu Austritten der Spülung. Dies führte unter der nach Norden verlaufenden Fahrbahn der B 41 zu deutlichen Hebungen. Fahrbahn und Schotterbett mussten saniert werden. Der Schaden war wegen nicht erkennbarer Fehlstellen in der bindigen Überdeckung unvermeidbar. Ursache waren die oberhalb der Verkehrswege liegenden Ansatzpunkte, die zu einem entsprechend hohen hydrostatischen Druck bzw. ungünstigen Gradienten führten.



**Bild 3.** HDD-Anlage bei Niederlinxweiler: Einziehen des Rohrstrangs

### **Querung des Primstals**

Nördlich von Schmelz im Baulos 2 quert die EGL die 460 m breite und ebene Talaue des Primstals mit der Prims und einer jeweils am Hangfuß der anschließenden Talflanken liegenden eingleisigen Strecke der Deutschen Bahn AG und der Bundesstraße 268. Die Querung der Talaue erfolgte offen. Die Bahnstrecke und die B 268 wurden mit Rohrvortrieben unterfahren. Die Prims wurde offen mittels Formdüker gequert (Bild 4).

Wegen der hohen Grundwasserstände und der geringen Durchlässigkeit der Auesedimente musste der offene Teil im Schutze einer Grundwasserabsenkung durch Vakuumtiefbrunnen hergestellt werden. Vorlaufend wurden in der Talaue drei Grundwassermessstellen DN 30 hergestellt. Während der Bauzeit erfolgten regelmäßige Pegelmessungen um die Wirkung der vorausgehenden Grundwasserabsenkung zu kontrollieren und den Wiederanstieg zu überprüfen. Letzteres war geboten, da die Primsaue als schützenswertes Biotop klassifiziert war. Eine optimierte Grundwasserhaltung und ein rascher Wiederanstieg des Grundwasserspiegels waren deshalb gefordert.

Der Bodenaufbau im Primstal ist geprägt durch Hochflutlehme und Terrassensedimente, die sich mit den permischen Festgesteinen (Ton- und Sandsteine) und deren Verwitterungsböden an den Talrändern verzahnen. Die Felsoberkante liegt zwischen 3 und 4 m unter GOK.



**Bild 4.** Offene Verlegung in der Prims mittels Formdüker

Der Grundwasserspiegel wurde mit Hilfe der Pegelmessungen etwa in der Höhe des Wasserspiegels der Prims festgestellt. Östlich der Prims lag ein ungespannter, westlich davon ein gespannter Grundwasserspiegel vor. Die Aquifermächtigkeit lag zwischen 1 und 3 m und war damit sehr gering. Die Sand- und Kiesschichten der Terrassen waren mit Durchlässigkeitsbeiwerten um  $1 \times 10^{-3}$  m/s stark durchlässig.

Da der Grundwasserspiegel auf mindestens 0,5 m unter Rohrgrabensohle abgesenkt werden musste, dies entsprach bei einer regulären Rohrgrabentiefe von 1,5 m einer Absenkung auf mindestens 2 m unter GOK, entschloss man sich dazu die vorausseilende Grundwasserabsenkung in der Talaue mittels Vakuumbrunnen durchzuführen. Diese wurden in einem Abstand von ca. 10 m und einer Tiefe von 6 m, in Primsnähe bis 8 m, gesetzt. Die Ableitung des anfallenden Grundwassers erfolgte in die Prims. Beim Grabenaushub zeigte sich aufgrund der standsicheren Böden, dass die Maßnahmen Erfolg hatten.

Die Verlegung des Dükers durch die Prims erfolgte als Nassverlegung. Dazu wurde das Formstück am östlichen Primsufer aufgelegt. Mittels Bagger wurde im Flussbett ein entspre-

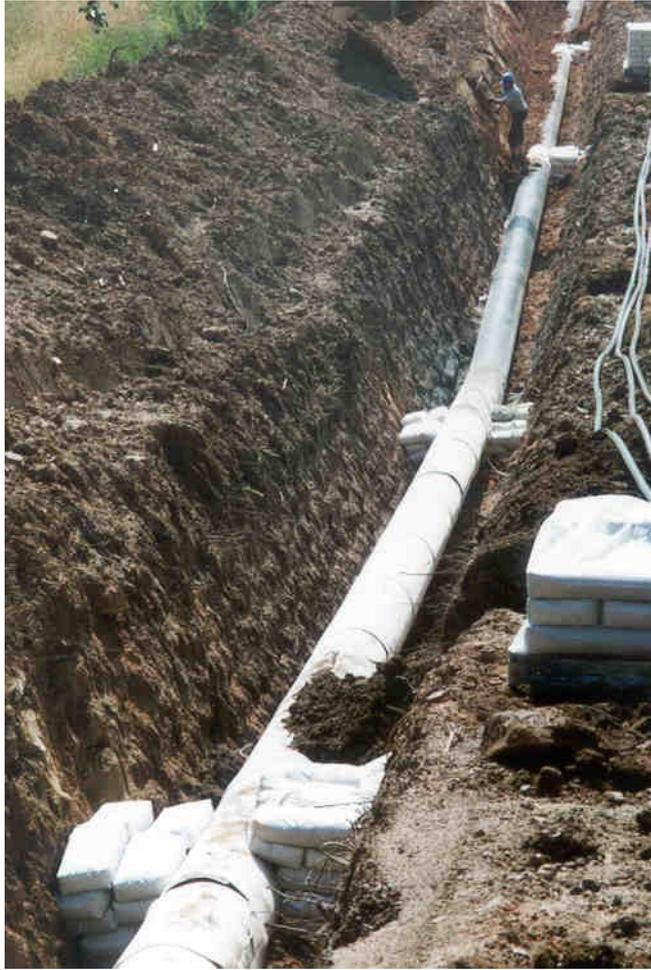
chender Graben ausgehoben und sofort anschließend, bevor der Graben durch die Prims wieder zugespült werden konnte, der Düker verlegt. Während des Aushubs wurde die Grabentiefe ständig durch entsprechende Messungen kontrolliert. Die Auftriebssicherung der Leitung erfolgte durch Betonreiter. Die Rohrleitung wurde mittels einer 1 m dicken Lage aus Wasserbausteinen abgedeckt.

### **Erosionsschutzmaßnahmen am Erbringer Steilhang**

Am Erbringer Steilhang zwischen den Orten Erbringen und Honzrath im Baulos 3 waren zum Schutz des Rohrgrabens und des Hangs vor Erosion zusätzliche Sicherungsmaßnahmen nötig. Der Steilhang erhebt sich westlich der L 156 und weist eine Länge von ca. 430 m auf. Seine durchschnittliche Neigung beträgt über 20°, das maximale Gefälle liegt bei 28°.

Der Fuß des Steilhangs liegt noch in den kaum verwitterten Sandsteinen des Oberen Buntsandsteins, etwa ab halber Höhe des Hangs stehen Kalk- und Dolomitsteine des Muschelkalks an. Um das sich auf der Rohrgrabensohle sammelnde und abfließende Wasser zu fassen und gezielt abzuleiten, wurde auf der gesamten Länge des Hangs eine Liegende Fassung DN 100 eingebaut. Sie mündet in den Seitengraben der L 156. Um die Fließgeschwindigkeit zu reduzieren und um Erosionsschäden im Bereich der Rohrgrabenwände zu vermeiden, wurden nach den Vorgaben der Ruhrgas-Konzernnorm (1987), KN 268-005, im Steilhang im Abstand von 20 m 9 Freispülsicherungen mit Sand - Zementsäcken eingebaut (Bild 5). Am Hangfuß wurden außerdem ein Tonriegel und ein Schlucker gemäß der Ruhrgas Konzernnorm (1991), KN 268-031, eingebaut, der das anfallende Wasser der Liegenden Fassung aufnimmt. Über einen 50 m langen Ableiter DN 100 gelangt es schließlich zur Vorflut.

Um den Hang zusätzlich vor Oberflächenerosion zu schützen, wurden nach dem Mutterbodenauftrag in der oberen Hanghälfte ca. 1.000 m Faschinen eingebaut. Diese zeigten ihre Wirkung bereits im August / September 2000, als es auch nach tagelangen schweren Niederschlägen im betreffenden Bereich zu keinerlei Hangbewegungen kam.



**Bild 5.** Einbau von Freispülsicherungen

### **Danksagung**

Die Autoren danken der Ruhrgas AG, Essen, als dem Bauherrn für die Genehmigung zur Veröffentlichung der Projektdaten und für die Unterstützung bei deren Abfassung. Der Pipeline-Engineering GmbH, Essen, als dem Planer und Bauüberwacher der Leitung danken sie für die gute Zusammenarbeit während der Planung und Bauausführung. Dem inzwischen bautechnisch abgeschlossenen Projekt wird der erforderliche wirtschaftliche Erfolg gewünscht.

## Quellenangaben

DR. SPANG GMBH (1998): Ergebnisse der Baugrunderkundung, Erdgasleitung Mittelbrunn – Remich DN 500.- Witten (unveröffentlicht).

DR. SPANG GMBH (1999): Wassertechnische Beweissicherung, Erdgasleitung Mittelbrunn – Remich DN 500.- Witten (unveröffentlicht).

DR. SPANG GMBH (1999): Bericht zur Baugrunduntersuchung, Erdgasleitung Mittelbrunn – Remich DN 500, Querung der Blies mittels HDD im Los 2.- Witten (unveröffentlicht).

DR. SPANG GMBH (2000): Ergänzender Bericht zum Baugrundgutachten vom 11.03.1999, Erdgasleitung Mittelbrunn – Remich DN 500.- Witten (unveröffentlicht).

DR. SPANG GMBH (2000): Bericht zur Querung des Primstals / Wasserhaltung, Erdgasleitung Mittelbrunn – Remich DN 500.- Witten (unveröffentlicht).

HERTH, W. & ARNDTS, E. (1994): Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung.- Berlin.

KNETSCH, G. (1963): Geologie von Deutschland.- Stuttgart.

STEIN, D. & MÖLLERS, K. & BIELECKI, R. (1988): Leitungstunnelbau.- Berlin.

Ruhrgas – Konzernnorm (1987): KN 268–005, Freispülsicherung.- Essen.

Ruhrgas – Konzernnorm (1996): TVB, KN 268–022.- Essen.

Ruhrgas – Konzernnorm (1996): AVB, KN 268–027.- Essen.

Ruhrgas – Konzernnorm (1991): KN 268 – 031, Tonriegel mit Schlucker.- Essen.