m Auftrag der Jugendherbergen in Rheinland-Pfalz, Mainz, und im Saarland und mit finanzieller Unterstützung des Landes Rheinland-Pfalz, der Stadt Kaub und der Wirtschaftsförderungsgesellschaft Rhein-Lahn wird in Kaub am Rhein eine neue Jugendherberge errichtet. Das Gebäude fügt sich unter Nutzung von bestehender Bausubstanz nahtlos in den Ortskern ein. Im Vorfeld der Baumaßnahme war eine nahezu senkrechte Felsböschung mittels einer angehefteten Spritzbetonschale zu sichern, wobei die Arbeiten durch Stollen und Relikte historischer Bebauung erschwert wurden. Zum Einsatz kamen Vollstabanker Durchmesser 40 mm mit einer Länge von 5 bis 9,5 m in Kombination mit einer zweilagig bewehrten Spritzbetonschale von circa 50 m Länge und etwa 15 m Höhe. Direkt benachbarte Gebäude erzwingen eine ständige Anpassung der eingesetzten bautechnischen Verfahren, Durch die Zusammenarbeit von Statiker, Architekt, Baugrundgutachter sowie dem Landesamt für Geologie und Berghau (RLP) und den ausführenden Firmen wird die mit Gesamtkosten von etwa 11.5 Mill. EUR kalkulierte Baumaßnahme planmäßig und wirtschaftlich ausgeführt.

Beschreibung des Bauvorhabens

Die Jugendherbergen in Rheinland-Pfalz und im Saarland beabsichtigen mit finanzieller Unterstützung des Landes Rheinland-Pfalz, der Stadt Kaub und des Landkreises Rhein-Lahn im Gebäudekomplex der ehemaligen Amtskellerei Kaub, Zollstrasse 46/46A sowie auf dem bestehenden Grandstück der so genannten "Alten Brauerei", Schlossweg 3, und dem vorgelagerten Wohnhaus, Schlossweg 1, die Rheinsteig Jugendherberge Jugendgästehaus Kaub/Mittelrhein zu errichten. Dabei werden in den bestehenden Gebäuden der ehemaligen Amtskellerei (Lageplan A bis F) die erforderlichen Funktionsräume wie Rezeption, VerwalRückvernagelte Spritzbetonschale

Konstruktive Sicherung der Einschnittsböschung im Rahmen des Neubaus der Rheinsteig Jugendherberge Jugendgästehaus Kaub/Mittelrhein

Im Rahmen des Neubaus der Jugendherberge Rheinsteig in Kaub musste eine fast senkrechte Felsböschung mit einer angehefteten Spritzbetonschale gesichert werden. Bei der Bemessung und Ausführung der Baugrubensicherung war die Vermeidung von negativen Auswirkungen auf den vorhandenen Baubestand entscheidend. Im folgenden Beitrag wird das Bauvorhaben mit den entsprechenden geologischen und geotechnischen Randbedingungen beschrieben.

tung, Bistro, Veranstaltungsräume, Seminarräume, Wirtschaftsräume, zentrale Küche und Spülküche sowie einige Gästezimmer und die Wohnung der Betriebsleitung des Hauses eingerichtet. Der Gebäudeteil "Alte Amtskellerei" steht unter Denkmalschutz. Auf dem Areal der "Alten Brauerei" und dem bisher bestehenden Wohnhaus Schlossweg 1 und 3 ist ein Neubau als Bettenhaus vorgesehen. Das bestehende Gebäude der "Alten Brauerei" muss mit dem Wohnhaus Schlossweg 1 abgebrochen beziehungsweise rückgebaut werden.



Bild 1. Übersicht.







Dipl-Geol. Thomas Quiram, Dipl-Geol. Uwe Schroeder und Dipl-Geol. Dirk: Blume

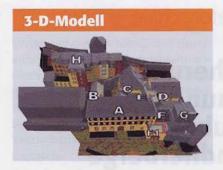


Bild 2. Übersicht Gebäudeteile.

Projekt: Rheinsteig Jugendherberge Jugendgästehaus Kaub/Mittelrhein

Bauherr: Die Jugendherbergen in Rheinland-Pfalz und im Saarland, Zentrale, In der Meielache1, Mainz

Lage: Zollstrasse 46 A, 56359 Kaub am Rhein, Flur 20

Grundstück/Parzellen siehe Lageplan:

Amtskellerei: Bauteil A Amtshaus Haupthaus

158/1 Bauteil B Nebengebäude Bauteil C Gotisches Haus Bauteil D Scheunengebäude Bauteil E Brückengebäude Bauteil F Innenhof (neue Eingangshalle) 158/2 Bauteil F1 sogenannte Herbststube

Bauteil G Zollturm (nicht Eigentum)

163/1+164/1 Bauteil H Bettenhaus Lageplan:

159/2 Hang-Wiesenfläche.

Erkundung

Im Rahmen der Baugrunduntersuchung für das geplante Bauvorhaben wurden auf dem gesamten Areal an insgesamt 30 Ansatzpunkten Aufschlussbohrungen durchgeführt. Dabei ergaben sich aufgrund der Lage der Gebäude stark differierende Untersuchungsbedingungen. Während sich der überwiegende Teil der Baumaßnahme (Sanierungsbereich) auf der Ebene des Rheintals befindet, liegt der hintere Teil (Neubau) bereits im Fels des Hangbereichs. Insgesamt beträgt der Höhenunterschied im Bereich des Bauvorhabens bis zu 17 m.

Während die Bohrungen auf dem talseitigen Areal keine größeren Probleme bereiteten, stellte sich die Situation im Hangbereich deutlich schwieriger dar.

Problematisch für die Erkundung der Bodenverhältnisse auf der Hangseite war die mangelnde Zugänglichkeit des Baufelds. Da die hier für den Abriss vorgesehene Altbebauung zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen noch vollständig vorhandenen war, ergaben sich für die Festlegung der Untersuchungspunkte entsprechende Einschränkungen/Vorgaben, die sich an der vorhandenen Bebauung orientierten. Danach mussten die Aufschlussbohrungen im Wesentlichen auf den Weg oberhalb des geplanten Neubaus sowie auf wenige zugängliche Punkte innerhalb des Bestandsgebäuds konzentriert werden. Aufgrund der Platzverhältnisse konnte nur leichtes Bohrgerät eingesetzt werden.

Besonders schwierig gestaltete sich die Erkundung der hinter der vorhandenen Altbebauung gelegenen Böschung, da diese über die gesamte Höhe und Breite durch das vorhandene Mauerwerk verdeckt wurde. Zusätzlich befand sich im nördlichen Teil der Böschung eine alte Trockenmauer, die bis auf die bestehende Bebauung hinabreichte. Großflächig trat der Fels demnach nur oberhalb der geplanten Baumaßnahme zu Tage. Allerdings fanden sich hinter der bergseitigen Außenwand des bestehenden Gebäudes drei Felsenkeller unterschiedlicher Größe und Tiefe, in denen der Fels aufgeschlossen war. Da die Keller zugänglich waren, ließ sich hier das Trennflächengefüge mit dem Clar'schen Gefügekompass einmessen. In dem größten Keller konnte ein abgehender Gang beobachtet werden, der allerdings mit Schutt, Felsbruch und Müll verschüttet und somit nicht begehbar war (Bild 3).

Insgesamt war aufgrund der Erkundungsergebnisse zu erwarten, dass der überwiegende Teil der Böschung im Fels lag. Allerdings zeigten die Bohrungen im Bereich des oberhalb gelegenen Wegs, dass speziell im oberen Böschungsabschnitt zusätzlich mit Schutt, Hangschutt und Felsbruch zu rechnen war (Bild 4). Weiterhin wurden zum



Bild 3. Verschütteter Gang im Felsenkeller.

Teil tiefer reichende Klüfte festgestellt, die ebenfalls mit Schutt/ Hangschutt und Felsbruch verfüllt waren.

Allgemeine geologische und geotechnische Situation

Das nähere Umfeld

Unmittelbar oberhalb der zu sichernden Einschnittsböschung setzt ein etwa 2 m breiter Fußweg an, der als Teil des überregionalen Wanderwegs "Rheinsteig" von Bedeutung ist. Direkt bergseitig anschließend folgt ein älteres Wohngebäude, welches an eine schroffe Felsrippe aus Tonschiefer grenzt, auf der wiederum die Burg Gutenfels thront. Bei der Bemessung der Baugrubensicherung sowie der Ausführung hatte somit die Vermeidung von negativen Auswirkungen auf den Baubestand höchste Priorität. Neben einer vorlaufenden Beweissicherung wurden während der Ausführung der Bohrarbeiten im oberen Einschnittsdrittel Verformungsmessungen durchgeführt.

Weiterhin waren Aussagen zu treffen, ob die etwa 150 m südöstlich der Baugrube ansetzende Großrutschung Auswirkungen auf die geotechnische Bewertung des Projekts hat. Das schwerwiegende Schadensereignis aus dem Jahr 1873 hatte mehrere Todesopfer sowie die Zerstörung einer Gebäudezeile zur Folge. Aus fachlicher Sicht lässt sich jedoch eine Gefährdung etwa durch eine Reaktivierung der Rutschung oder durch ein vergleichbares Ereignis im Bereich der Jugendherberge nahezu ausschließen. Daher konnte die Planung und Bemessung der Baugrubensicherung beziehungsweise des Gebäudes alleine auf die örtliche Situation abgestellt werden.

Die Baugrube

Die bergseitige Baugrubenböschunglegt tonig-siltigen Tonschieferfels der Kaub-Schichten frei, welche unter dem Begriff "Hunsrückschiefer" zusammengefasst

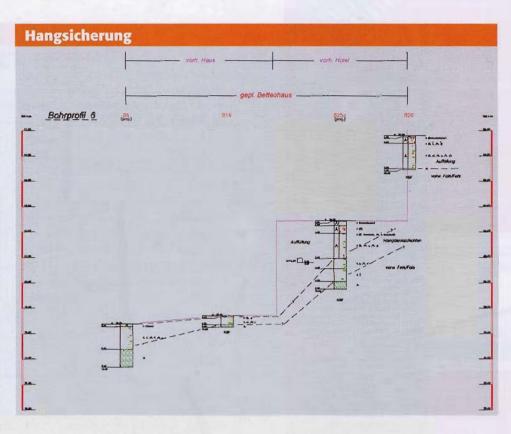


Bild 4. Senkrechter Schnitt zur geplanten Hangsicherung.

werden können [1]. Die Schieferung verläuft parallel zur Schichtung und streicht SW-NE bei steilem Einfallen nach SE. Einzelne Quarzbänder durchziehen das Gestein bandförmig parallel zum Streichen der Schieferung. Die Schieferungs- beziehungsweise Schichtflächen sind im betrachteten Homogenbereich nicht mechanisch wirksam. Zu beachten war vielmehr eine mögliche Spaltenbildung entlang von mobilisierten Querklüften die als Hangzerreißungsflächen den Gesteinsverband weitgehend parallel zum Talverlauf in größere Felsscheiben zerlegen.

Der Gesteinsverband ist kleinräumig als wasserundurchlässig anzusprechen; lediglich über Gesteinsspalten erfolgt eine allerdings schnell ausblutende Wasserzufuhr aus der freien Felsböschung. Daher war die Wasserhaltung/Drainage der Spritzbetonschale mit den üblichen Verfahren (Entlastungsbohrungen) zu erreichen.

Die Folgen der intensiven Vornutzung und Beanspruchungen durch die Anlage von Stollen, den Einbau von Trockenmauersegmenten oder Gewölbekonstruktionen (siehe Bild 5) bei zusätzlicher räumlicher Verschneidung der historischen Baumaßnahmen waren unbedingt zu beachten. Diese Tatsache hat die Vorerkundung erheblich erschwert und bedeutet für die Beteiligten eine ständiges Nachführen der konstruktiven Details der Maßnahme und für den Bauherren eine gewisse Unsicherheit in wirtschaftlicher Hinsicht.

Im Hinblick auf die Bemessung und Ausführung der konstruktiven Sicherung der Baugrubenböschung war somit insbesondere zu berücksichtigen:

- Kippen oder Ausklappen von Felsscheiben entlang von böschungsparallelen Spalten,
- Ausbruch von Kluftkörpern oder kleineren Gesteinsbruchstücken (Steinschlag),
- Einsturz/Versagen von Trockenmauersegmenten,
- Einsturz/Versagen von Stollen in der Baugrubenböschung,

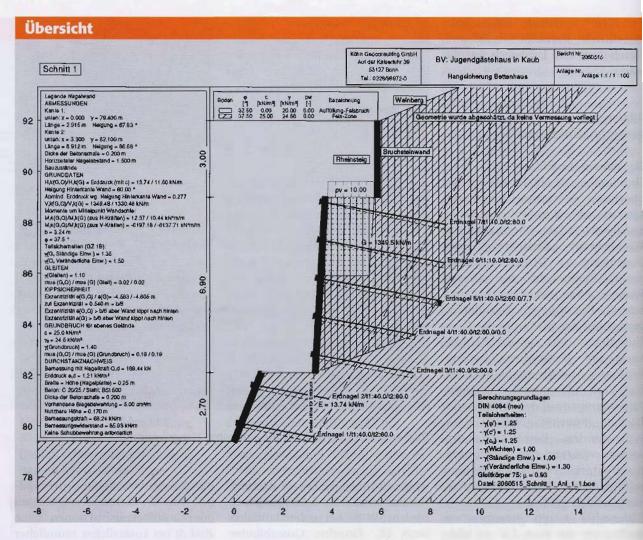


Bild 5. Blick auf die alte Trockenmauer mit vorgelagertem Gewölbekeller.

- Vermeiden von Schäden an der oberhalb gelegenen Bebauung durch Erschütterungen oder Hebung (Injektion der Felsnägel),
- Profilhaltiges Herstellen der Felswand.

Hangsicherung hinter der Neubaumaßnahme (Bauteil H: Bettenhaus).

Unter Zugrundelegung der geplanten Gründungsohlen des Neubaus war von einer Gesamthöhe der zu sichernden Böschung von bis zu 14 m auszugehen. Aufgrund der Lage des geplanten Gebäudes im rückwärtigen Hangbereich der geplanten Baumaßnahme wies der Einsatzbereich für die Böschungssicherung eine schlechte Zugänglichkeit auf. Mit schwerem Gerät war das Gelänten

de ohne aufwendige Zusatzmaßnahmen nicht zu erreichen.

Bei der Wahl der eingesetzten Böschungssicherung musste zusätzlich berücksichtigt werden, dass – aufgrund der Hangsituation – der Abriss der vorhandenen Altbebauung nur abschnittsweise durchgeführt werden konnte und entsprechend keine einheitliche Arbeitsebene vorhanden war.

Nach Prüfung mehrerer Alternativen fiel aufgrund der vorliegenden Randbedingungen die Entscheidung für die Sicherung der hangseitigen Böschung zu Gunsten einer rückvernagelten Spritzbetonkonstruktion.

Entscheidendes Kriterium für die Wahl war dabei die hohe Sicherheit sowie die hohe Flexibilität des eingesetzten Systems. Eine rückvernagelte Spritzbetonkonstruktion ermöglicht die problemlose Anpassung an das vorhandene Relief sowie die Berücksichtigung zu erwartender Fehlstellen hinter der vorhandenen Altbebauung. Eine Sicherung einzelner, weniger stabiler Abschnitte ist relativ unproblematisch, begünstigt durch einen schnellen Kraftschluss der Sicherung.

Insgesamt wurde die folgende Vorgehensweise für die Durchführung der Sicherungsarbeiten festgelegt:

 Durchführung der Böschungssicherung in horizontalen und vertikalen Abschnitten (Feldgröße circa 1,5 x 1,5 m). Dabei können für die Anlage von Zwischenbermen im südlichen Hangbereich die aus dem Abbruch stammenden Schuttmassen genutzt werden. Im nördlichen Bereich müssen zusätzlich entsprechende Tragkonstruktionen für die Bohrgeräte errichtet werden.

- Anpassungder Aushubabschnittshöhen an die Bedingungen vor Ort aufgrund der im Rahmen der Erkundung festgestellten Felsenkeller, Hohlräume und Störungszonen. Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse (Winterbaustelle).
- Flexible Anpassung der Nagellängen an die tatsächliche Dicke des Hangschuttes beziehungsweise an Inhomogenitäten innerhalb der Fels-Zone.
- Berücksichtigung von Maßnahmen gegen den Verlust von Zementsuspension oder -mörtel im Bereich auftretender Hohlräume.
- Einbau von Durchführungen für horizontale Drainagen der Spritzbetonschale, um vom Hangbereich zutretendes Sickerwasser zwischen der Spritzbetonschale und dem Fels rückstaufrei austreten zu lassen.

Statik/Bemessung

Die Kühn Geoconsulting GmbH erstellte in einem Entwurf die Erdstatik für die rückvernagelte Spritzbetonschale. Die Nachweise wurden mit dem Standsicherheitsprogramm "Stability" der GGU/Braunschweig unter Anwendung der Teilsicherheiten für den Grenzzustand GZ 1 C für die Gesamtstandsicherheit geführt.

Die Spritzbetonschale soll auf Dauer die geplanten Gebäude bezüglich des möglichen Erddrucks aus dem Hang lastfrei halten, so dass die Sicherung "auf Dauer" angelegt wurde.

Es ergeben sich folgende Teil sicherheitsbeiwerte für den Lastfall 1 (Böschung auf Dauer):

χG: 1,00 χQ: 1,30

χ(c): 1,25 (Kohäsion)

 $\chi(\phi)$: 1,30 (Reibungswinkel)

Unter Berücksichtigung des hier gewählten Lamellenverfahrens sowie des betrachteten Lastfalls fordert die DIN 4084 (beziehungsweise DIN 1054/2005) für den Lastfall 1:

 $E_a \ll R_a$ (Bemessungswert der

Beanspruchung \leq Bemessungswert des Widerstands).

Dies wird im Programm in dem Ausnutzungsgrad μ ausgedrückt. Ist $E_d = R_d$ so beträgt der Ausnutzungsgrad 100 % und dann $\mu = 1,0$.

Ist E_d kleiner als R_d so ist der Ausnutzungsgrad < 100 % und μ = 0 bis 0.99

Bei der Sicherung wurde von einer mindestens 0,2 m dicken, bewehrten Spritzbetonschale ausgegangen.

Entsprechend der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Instituts für Bautechnik/Berlin für das System "Bodenvernagelung" und den durchgeführten Berechnungen wurde ein notwendiges Nagelraster von 1,4 x 1,4 m beziehungsweise 1,5 x 1,5 m angeordnet. Für die Durchführung der Arbeiten gelten die DIN 4128 beziehungsweise die DIN EN 14 199. Aufgrund der parallel mit Erddruckberechnungen und mittels polygonaler Gleitlinien errechneten Kräfte wurden GEWI-Stäbe von 50 und 40 mm notwendig. Im Rahmen der Ausführungsstatik wurde der Durchmesser der GEWI-Stäbe einheitlich auf 40 mm optimiert (Bilder 6 und 7).

Die nachfolgenden Schnitte zeigen die Berechnungen der Standsicherheit mit polygonalen Gleitlinien und kreisförmigen Bruchflächen. Die üblicherweise in der Felszone einzugebenden Trennflächen als kinematisch mögliche Gleitflächen wurden hier nicht angenommen. So wies die örtliche Aufschlusssituation keine maßgeblichen, in Hangrichtung einfallenden Trennflächen auf. Daher wurde die Neigung der polygonalen Gleitflächen variiert. Weiterhin ergeben grundsätzlich die Berechnungen mit kreisförmigen, steil einfallenden Gleitflächen (die eher bei Fels mit einem hohen Verwitterungsgrad wahrscheinlich sind) hohe Ausnutzungsgrade bei der Gesamtstandsicherheit, so dass die Berechnungen als sicher angesehen sind.

Ausführung

Die Spritzbetonschale befindet sich gegenwärtig im Bau (Bild 8). Es hat

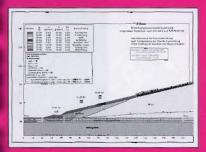


Praxisseminare und über 100 Software-Lösungen von A wie Auftragswesen, über G wie Grundbau und Bodenmechanik bis Z wie Zeiterfassung.

UMWELT- UND GEOTECHNIK BAU- UND VERMESSUNGSWESEN WISSENSCHAFT UND TECHNIK

GGU-STABILITY

Standsicherheitsberechnungen von Böschungen mit angehefteter Spritzbetonschale



EasyPipe.Net

Statische Berechnung von erdverlegten Rohren nach DWA-Regelwerk (A 127) und anderen internationalen Normen

PGA

Der PGA (Personal Geographic Assistant) ist eine flexible GIS-Komplettlösung für die Verwaltung, Bearbeitung und Präsentation geografischer Daten



Civil

EDV für das Bauwesen

Civilserve GmbH Weuert 5 · D-49439 Steinfeld

Telefon: +49(0)18 02-2 48 45 73 Freefax: 08 00-2 48 45 73 Fax (int.): +49(0)54 92-9 62 92-5 eMail: info@civilserve.com Internet: www.civilserve.com



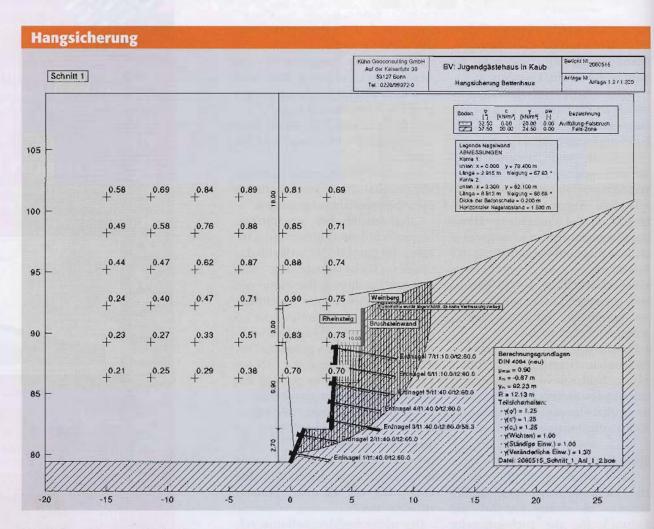


Bild 6. Berechnungsschnitte für Hangsicherung "Bettenhaus" mit Darstellung der kritischen Gleitflächen.

sich bisher gezeigt, dass die Prognosen hinsichtlich der Beschaffenheit des Untergrunds zutreffend waren. Daher kommt das Sicherungsbauwerk wie geplant zur Ausführung. Die einzelnen Nagelbohrungen werden ebenso wie der Verbrauch an Injektionsgut dokumentiert. Die Entscheidung, ob ein Geotextilstrumpf zur Vermeidung von Injektionsgutverlust eingesetzt wird, kann auf der Grundlage der Bohrergebnisse getroffen werden.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurden circa 45 Nägel hergestellt. Etwa ein Drittel der eingesetzten Nägel wurden mit einem Strumpf ausgestattet. Dies belegt, dass trotz der quasi Undurchlässigkeit des Tonschiefermaterials offene Spalten angetroffen wurden. Beim Bohren



Bild 7. Aufwändige Vorbereitungsarbeiten.

wurden Spalten und Klüfte bis zu einer Öffnungsweite von 0,3 m festgestellt. Um die notwendigen Einbindungen sicherzustellen, wurden die Nägel entsprechend verlängert. Zudem wurde im oberen Drittel der Baugrubensicherung, wo hinterfüllte Trockenmauern ansetzen, ein erhöhter Injektionsgutverbrauch dokumentiert (*Bild 9*).

Weiterhin kam es im Zug der Abbrucharbeiten der vorhandenen Altbebauung zu kleineren Ausbrüchen und es wurden Unregelmäßigkeiten in der Felsoberfläche festgestellt, die nur durch eine geschlossene Bauweise gesichert werden konnten. Im Bereich kleinerer Ausbrüche wurden Spritzbetonplomben gesetzt. Dort, wo Hohlräume (zum Beispiel Felsenkeller) auftraten, konnte das Nagelraster flexibel um die Problembereiche verschoben werden. Zusätzlich wurden die Felsenkeller im Zugangsbereich mit einer etwa 3 m dicken Betonplombe versiegelt.

Anhand von Ankerzugversuchen wird eine ergänzende Überprüfung des gewählten Sicherungssystems sowie des Einbaus gewährleistet.

Die Verformungsmessungen zeigen sowohl im direkten Umfeld der Baugrube, als auch an der Spritzbetonschale selbst, keine signifikanten Verformungen. An dem oberhalb gelegenen Wohngebäude sind durch die Baumaßnahme keine Schäden entstanden.

Von entscheidender Bedeutung ist dabei, dass für die Felssicherung eine geschlossene Spritzbetonweise gewählt wurde, die eine flexible Anpassung des Sicherungssystems an die oben beschriebenen Unregelmäßigkeiten ermöglicht.

Quellennachweis

[1] Meyer, W.; Stets, J. (1996): Das Rheintal zwischen Bingen und Bonn. Sammlung geologischer Führer, Band 89, Stuttgart: Bornträger.

Autoren

Dipl.-Geol. Thomas Quiram (th.quiram@geoconsulting.de) und Dipl.-Geol. Dirk Blume (d.blume@geoconsulting.de), Kühn Geoconsulting GmbH, Auf der Kaiserfuhr 39, 53127 Bonn, www.geoconsulting.de Dipl.-Geol. Uwe Schroeder, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Emy-Roeder-Straße 5, 55129 Mainz.



Bild 8. Ansicht der Spritzbetonschale im Bau.

Verbrauch

Zusammenstellung Ankerlängen / Verbrauch						
Blatt Nr.	Zugglied	Ankerlenge	Geotaxtil	Zementverbrauch	Verbrauch/ffdm	Bemerkung
	(in mm)	(inm)	(inm)	(in kg)	(in kg)	
1	40	7		500	71,43	
2	40	5		1000	200,00	nicht voll verfül
3	40	6		975	195,00	nicht voll verlü
4	40	5	5	225	45,00	
5	40	5	5	225	45,00	
6	40	6		750	125,00	nicht voll verfü
7	40	6		335	55,83	
8	40	6		500	83,33	
9	40	6		555	92,50	
10	40	6		455	75,83	
11	40	6		450	75,00	
12	40.	6		450	75,00	
13	40	6		400	66,67	
14	40	6		400	66,67	
15	40	6	6	275	45,83	
16	40	6		475	79,17	
17	40	6		450	75.00	
18	40	6		375	62,50	
19	40	6	6	500	83,33	
20	40	6	6		41,67	
21	40	6		475	79,17	
22	40	6		425	70,83	
23	40	6	6	250	41,87	
24	40	6	6	250	41,67	
25	40	6		375	62,50	
26	40	9,3	9,3	375	40,32	
27	40	5	5	150	30,00	
28	40	6	6	150	25,00	
29	40	6		200	33,33	
30	40	6		225	37,50	
31	40	6		200	33,33	
32	40	5		175	35,00	
33	40	5		150	30,00	
34	40	5		175	35,00	
35	40	7		275	39,29	
36	40	5	5	250	50,00	
37	40	5	5		45,00	
38	40	. 5		325	65,00	
39	40	7	7	275	39,29	
40	40	6,5	6,5	250	38,46	
41	40	6	6	200	33,33	
42	40	6	6	175	29,17	
43	40	6	6	175	29,17	
44	40	6	6	200	33,33	
45	40	6	6		37,50	

Bild 9. Zusammenstellung Nagellängen Verbrauch Injektionsgut.