

Baugrundgutachten

**Fels- und Hangsicherungsmaßnahme
Kammereck**

km 128,000 – 128,240

im Auftrag der

DB ProjektBau GmbH

Regionalbereich Mitte

Frankenstraße 1 – 3

56068 Koblenz

erstattet von:

gbm

Gesellschaft für Baugeologie und -meßtechnik mbH

Anerkannter Sachverständiger nach Bauordnungsrecht für Erd- und Grundbau

Zertifiziert nach DIN ISO 9001

Robert-Bosch-Straße 7 ▪ D-65549 Limburg ▪ ☎ 06431/9112-0

e-708909

November 2010

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Vorgang, Aufgabenstellung.....	1
2 Verwendete Unterlage.....	2
3 Geographische Lage und geplante Sicherungsmaßnahmen.....	2
3.1 Geographische Lage.....	2
3.2 Geplante Sicherungsanlagen.....	3
4 Geologische Verhältnisse.....	5
4.1 Allgemeine geologische Verhältnisse	5
4.2 Bestandsaufnahme	6
4.2.1 Trennflächensysteme.....	6
4.2.2 Geotechnische Verhältnisse Bereich der Geländequerschnitte.....	8
5 Wasserverhältnisse.....	17
6 Steinschlagsparameter des Untergrundes.....	17
7 Felsmechanische Versuche.....	18
7.1 Einaxiale Druckfestigkeit.....	18
7.2 Gesteinsabrasivität nach CAI.....	20
7.3 Spaltzugversuch	20
8 Materialkennwerte des geklüfteten Gebirgsverbandes	20
9 Empfehlungen zur Bauausführung.....	22
9.1 Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Verankerungselemente	22
10 Zusammenfassung.....	24

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1** **Übersichtslageplan (Ausschnitt aus topographischer Karte)**
- Anlage 2** **Lageplan Fels- u. Hangsicherungsmaßnahme Kammereck (M 1:500)**
- Anlage 3.1** **Ingenieurgeologischer Geländeschnitt 1, Kammereck, km 128,054, (M 1:250)**
- Anlage 3.2** **Ingenieurgeologischer Geländeschnitt 2, Kammereck, km 128,054, (M 1:250)**
- Anlage 3.3** **Ingenieurgeologischer Geländeschnitt 3, Kammereck, km 128,054, (M 1:250)**
- Anlage 4** **Versuchsergebnisse**
- Anlage 5** **Fotodokumentation**

1 Vorgang, Aufgabenstellung

Die gbm Limburg (gbm Gesellschaft für Baugologie und -meßtechnik mbH Baugrundinstitut) wurde am 25.11.2009 von der DB ProjektBau GmbH, Regionalbereich Mitte mit der Erstellung eines Baugrundgutachtens zur geplanten Felshangsisicherung „Kammereck“ beauftragt. Die Maßnahme liegt entlang der DB Strecke 2630 zwischen km 128,000 – km 128,240.

Zur Sicherung der DB-Strecke 2630 vor Steinschlag ist im Abschnitt „Kammereck“ der Bau von insgesamt 5 Fangzäunen und 2 Netzsicherungen geplant.

Zum 01.06.2007 wurde durch das Eisenbahnbundesamt die DIN 1054:2004-01 mit Ergänzung 2005-04 verbindlich eingeführt. Damit sind auch die Angaben der DIN 4020: 2003-09 zu beachten. Gemäß DIN 4020, Kap. 4.1 müssen Aufbau und Beschaffenheit von Boden und Fels im Baugrund sowie die Grundwasserverhältnisse ausreichend bekannt sein, um insbesondere die Standsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerkes sowie die Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Umgebung sicher beurteilen zu können. Entsprechend müssen gemäß DIN 4020 hierzu geotechnische Untersuchungen projektbezogen ausgeführt werden.

Im vorliegenden Fall sind Erkundungen entsprechend dem Umfang der DIN 4020 nicht möglich.

Gemäß der einzelfallbezogenen unternehmensinternen Genehmigung (kurz: UiG) vom 12.08.2008 besteht die vorliegende Baugrunderkundung aus einer Kartierung und Dokumentation der Zauntrasse sowie aus der Festlegung der möglichen Einwirkungen von Felssturzereignissen. Im vorliegenden Bericht werden Angaben zu den Untergrundverhältnissen (Dämpfungseigenschaften des Untergrundes) gemacht, die sich in der Felssturzsimulation widerspiegeln. Zudem wurde die Kluftkörpergröße und -form bestimmt. Auch diese werden der Felssturzsimulation zu Grunde gelegt und sind daher ausschlaggebend für die Dimensionierung der Zäune. Desweiteren wurden die maßgeblichen mechanisch wirksamen Gebirgstrennflächen ermittelt.

Im Juni 2010 wurden geologische / geotechnische Aufnahmen an repräsentativen Querschnitten durchgeführt. Ferner wurden anhand von Laborversuchen felsmechanische Parameter bestimmt und Angaben zur Bohrbarkeit des Gesteins gemacht. Weiter wurden anhand von Laborversuchen felsmechanische Parameter bestimmt und Angaben zur Bohrbar-

keit des Gesteins gemacht. Weiterhin werden Angaben zur Mantelreibung für die Dimensionierung der Anker (Mikropfähle gem. DIN 14 199) gemacht.

2 Verwendete Unterlage

Zur Erstellung des Baugrundgutachtens standen folgende Planungsunterlagen zur Verfügung:

- [1] **Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz:**
Topographische Karte 1:25.000 Blatt 5812 St. Goarshausen, 1990
- [2] **Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz**
Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1 : 100.000, Blatt Nr. C 5910, Mainz, 1998
- [3] **DB ProjektBau GmbH**
Planungsheft für die Fels- und Hangsicherungsmaßnahme Kammereck an der Strecke 2630 von Köln - Bingen zwischen Bahn-km 128,000 – 128,240, Koblenz, 2008
- [4] **Rudolf Floss**
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTVE-StB 94, Kommentar mit Kompendium Erd- und Felsbau, Kirschbaum Verlag, 3. Auflage, Bonn, 2006

3 Geographische Lage und geplante Sicherungsmaßnahmen

3.1 Geographische Lage

Die Fels- und Hangsicherungsmaßnahme „Kammereck“ liegt im Mittelrheintal an der DB Strecke 2630 Köln nach Bingen zwischen km 128,000 – 128,240. Der betroffene Bereich befindet sich zwischen den Gemeinden St. Goar und Oberwesel, östlich des Ortsteils Urbar (s. Anlage 1). Der betrachtete Streckenabschnitt liegt zwischen dem Bett- und Kammereck-Tunnel und ist ca. 240 m lang. Die DB-Trassenachse liegt hier in einer Höhe von ca. 80,0 m ü. NN.

Der betroffene Hang ist nach Osten hin exponiert. Im unteren Hangbereich ist der Fels teilweise durch den Bahnkörper angeschnitten und steht unmittelbar neben dem Gleis an (s. Foto 8; sowie Fotos 12 und 13, Anlage 5). Diese gleisnahen bis zu 90° steilen Felswände erreichen eine Höhe von bis zu ca. 20 m. Der Hangbereich oberhalb dieser Felswände weist eine Neigung von ca. 30° - 50° auf und ist dicht bewaldet. Hier lagern Schuttmassen die im Rahmen der ingenieurgeologischen Geländebegehung als stark rutschgefährdet bewertet wurden (s. Foto 4; sowie Foto 26 und 31, Anlage 5). Stellenweise stehen in den mittleren und oberen Hangbereichen Felsen von bis zu 20 m Höhe, mit z.T. vollständig aus dem Gebirgsverband gelöste und verkippte Felsblöcke und -türme von bis zu mehreren Kubikmetern Volumen (s. Fotos 33 - 35, Anlage 5).

Der Übergang zu den darüber liegenden Hochflächen ist bei ca. 210-230 m ü. NN, also rund 130-150 m über SOK.

Nach dem erfolgten Felsausbruch in 2005 wurden lokal stark aufgelockerte Felsbereiche der unteren Steilfläche von km 128,080 bis 128,233 abgetragen. Oberhalb der Steilfläche wurde ein provisorischer Sicherungszaun von 1,5 m Höhe errichtet (s. Foto 26, Anlage 5). Weiterhin sind entfestigte Felsblöcke teilweise mit Eisennägeln stabilisiert (s. Foto 29, Anlage 5).

3.2 Geplante Sicherungsanlagen

Steinschlagschutzzäune

Gemäß der Entwurfsplanung [3] sollen 5 Fangzäune im unteren Hangbereich oberhalb der steilen Felswände zwischen km 128,00 – 128,240 gebaut werden. Die Gesamtlänge aller Zäune beträgt ca. 254 m. In den durch Steinschlag gefährdeten Abschnitten werden die geplanten Zäune überlappend erstellt. Unter Berücksichtigung von naturschutzrechtlichen Belangen sind bei der Maßnahme maximal 60 m lange Fangzäune geplant. Zur Gewährleistung des Wildwechsels wurde zwischen den einzelnen Zäunen ein Abstand von wenigstens 1,0 m berücksichtigt. Die Sicherungsanlagen sollen zwischen 2,5 – 6,0 m hoch und mit einer Energieaufnahme von ≥ 250 - ≥ 2000 kJ hergestellt werden.

Die Zaunrassen verlaufen in einem horizontalen Abstand von ca. 9,0 m – 23,0 m rechts der bergseitigen Gleisachse. In der nachfolgenden **Tabelle 1** sind die Kilometrierung der Zäune und der jeweilige horizontale Abstand zur bergseitigen Gleisachse angegeben.

Zaun-nummer	km	Höhe (m)	Länge (m)	Mindestenergieaufnahme (kJ)	Horizontaler Abstand zur Gleisachse (m)
1*	128,005 – 128,049	2,5	44	250	8,0 – 10,0
2	128,047 – 128,090	4,0	43	750	11,5 – 12,0
3	128,088 – 128,145	4,0	58	1000	10,0 – 20,0
4	128,143 – 128,204	4,0	60	1500	15,0 – 18,0
5	128,203 – 128,241	6,0	49	2000	14,0 – 27,0

*starres Zaunsystem ohne Rückabspannung

Tabelle 1: Übersicht der geplanten Fangzäune

Netzbespannungen

Die 2 geplanten Steinschlagschutznetze dienen zur Stabilisierung absturzgefährdeter Kluftkörper aus dem Gebirgsverband. Zusammen werden die 2 Netze eine Fläche von 1600 m² umfassen.

Die geplante Netzfläche Nr. 1 wird voraussichtlich eine Fläche von 1500 m² umfassen und soll der Sicherung der Eisenbahnstrecke vor Felsstürzen aus den unmittelbar an den Gleisbereich angrenzenden Felswänden dienen (s. Foto 8; sowie Anlage 5, Fotos 12 und 13). Die erforderliche Netzbespannung wird von km 128,089 bis 128,205 verlaufen und eine Höhe von 4 - 17 m erreichen.

Zudem wird gemäß der Entwurfsplanung [3] im Hangenden des geplanten Fangzauns 4 im oberen Hangbereich (in einer Höhe von ca. 190 m ü. NN, bei ca. km 128,190) ein stark entfestigter, ca. 10-12 m hoher Felsblock (s. Foto 34 und 35, Anlage 5) mit einem Drahtgeflecht bespannt (Netz 2). Diese Netzbespannung (ca. 100 m²) erfolgt gemäß der Entwurfsplanung [3] konstruktiv und soll nicht der vollständigen Sicherung des Felsblocks dienen. Da der Felsblock ein Volumen > 10 m³ aufweist ist eine vollständige Stabilisierung nicht möglich. Diese geplante Netzbespannung dient der Herabsetzung der Sturzenergie im Fall eines kompletten Zusammenbruchs.

4 Geologische Verhältnisse

4.1 Allgemeine geologische Verhältnisse

Bei dem anstehenden Gestein handelt es sich laut geologischer Karte [2] um Sedimentgesteine des Unterdevons. Das Untersuchungsgebiet wird geprägt durch die Gesteine der Bornich Schichten. Bei den anstehenden Gesteinen handelt es sich überwiegend um mittelgraue bis schwarze, dünnbankige Silt- und Tonschiefer im Wechsel mit mittel- bis dunkelgrauen, plattigen bis bankigen Sandsteinbänken. Die feinkörnigen Sandsteinbänke sind überwiegend quarzitisch gebunden und insgesamt als relativ fest einzustufen. Die anstehenden Gesteine können im verwitterten Zustand eine hellgraue Färbung aufweisen. Die Sand- und Siltsteinschichten werden teilweise von dünnen Quarzadern, z.T. auch von Quarzgängen durchzogen. Allgemein sind an den Spaltflächen makroskopisch kaum erkennbare Hellglimmerlagen zu sehen, die der Gesteinsoberfläche einen silbergrauen Glanz verleihen.



Abbildung 1: An der Felswand zwischen der Straße B9 und dem Tunnelportal Kammereck bei ca. km 128,231 stehen Tonschiefern und Quarzite in engem Wechsel an. Die flach relativ einfallende Schichtung (S1) und die Steil stehende Schieferung (Sfr) sind in dem Aufschluss deutlich erkennbar.

Gemäß [2] ist gerade die regionale Geologie des Untersuchungsabschnittes durch eine starke tektonische Beanspruchung gekennzeichnet. Im gesamten Untersuchungsgebiet ist auffällig, dass die dünnschichtigen Silt- und Tonschiefer-Lagen eine sehr ausgeprägte Schieferung aufweisen, die härteren Sandstein-Lagen sind von der Schieferung weniger stark be-

troffen (s. Foto 1 und 2). Dadurch können die dünnlagigen Schichten intensiver verwittern als die Lagen. Die starke tektonische Überprägung des Gesteins lässt neben der Schieferung auch Überschiebungsbahnen erkennen (s. Anlage 5, Foto 20). Die Trennflächen sind z.T. offen mit Öffnungsweiten von mehreren cm bis zu mehreren dm (s. Anlage 5, Foto 18 und 34). Die vorhandenen mechanisch wirksamen Gebirgstrennflächen führen zum Zerlegen des Felsverbandes in unterschiedlich große, entfestigte Blöcke.

4.2 Bestandsaufnahme

4.2.1 Trennflächensysteme



Abbildung 2: Detailaufnahme von der Felswand (Foto 14) am Tunnelportal Kammereck bei ca. km 128,231: Ton-schiefern und Quarzite stehen im engem Wechsel an. Die flach relativ einfallende Schichtung (S1) und die Steil stehende Schieferung (Sfr) sind in dem Aufschluss deutlich erkennbar.

Die dominierenden Trennflächenelemente im Bereich des Untersuchungsgebiets sind Schichtung, bzw. Schieferung und Klüftung. Häufig überprägt die Schieferung die frühere Schichtung und fällt steiler ein (s. Fotos 1 und 2). Die Schieferungsflächen wurden weitgehend als glatt angesprochen.

Gemäß [2] ist gerade die regionale Geologie des Untersuchungsabschnittes durch eine starke tektonische Beanspruchung gekennzeichnet. Die starke tektonische Überprägung des Gesteins lässt neben der Schieferung eine sehr stark ausgeprägte Klüftung und Aufschie-



bungen erkennen. Die Klüfte sind z.T. offen mit Öffnungsweiten von mehreren Zentimetern bis Dezimetern (s. Anlage 5, Fotos 18, 34 und 35). Die Kluftabstände sind überwiegend als eng- bis mittelständig (Kluftabstand im Zentimeter- bis Dezimeterbereich) zu bezeichnen. Die Oberflächen der Klüfte sind überwiegend eben bis leicht gekrümmt und glatt ausgebildet. Die vorhandenen mechanisch wirksamen Gebirgstrennflächen führen zum Zerlegen des Felsverbandes in unterschiedlich große, entfestigte Blöcke.

Die ingenieurgeologische Kartierung wurde im Juni 2010 durch gbm durchgeführt und hierbei die kinematisch relevanten Trennflächensysteme (Großkluftsysteme (k) sowie die Schicht- bzw. Schieferungsflächen (s / sfr) eingemessen. Nach Auswertung der räumlichen Orientierung dieser maßgebenden Gebirgstrennflächen können neben der Schieferung bzw. Schichtung vier ausgeprägte Kluftscharen unterschieden werden:

k1: 030 - 060 / 75 - 85 bzw. 195 - 240 / 70 - 87

k2: 095 - 135 / 80 - 90 bzw. 300 - 320 / 75 - 85

k3: 135 - 160 / 30 - 60 bzw. 310 - 345 / 40 - 65

k4: 150 - 165 / 65 - 75

s: 110 - 140 / 15 - 45

sfr: 115 - 160 / 55 - 85

Bemerkungen zur Bestimmung des Streichens und Einfallens von Trennflächen:

Die oben angegebenen Werte für das Einfallen der Trennflächen wurden mit dem Gefügekompass nach Clar ermittelt. Bei dieser Angabe ist der erste Wert die Richtung des Einfallens gegenüber Norden (z.B. 200, dies entspricht etwa Südsüdwesten), der zweite Wert gibt den Einfallwinkel gegenüber der Horizontalen nach unten (z.B. 65 - 90) an.

Das anstehende Gestein weist ein annähernd orthogonales Kluftsystem. Bedingt durch die räumliche Verschneidung der Trennflächen kommt es im Untersuchungsgebiet vor allem zum Ausbruch von quaderförmigen Kluftkörpern (s. Fotos 17 - 19 und 22 - 24, sowie die Fotos 34 und 35). Untergeordnet können jedoch auch annähernd schwach kantengerundete Gesteinskörper ausbrechen. Auf der sicheren Seite liegend sollte im Zuge von Steinschlagsimulationen ein zylindrischer Bruchkörper berücksichtigt werden. Zudem sollte bei den in der Ausführungsplanung notwendigen Steinschlagsimulationen davon ausgegangen werden, dass ausgebrochene Gesteinskluftkörper im Bereich anstehender Sandsteine auf ihrer Sturzbahn vermutlich nicht wesentlich weiter zerlegen werden.

4.2.2 Geotechnische Verhältnisse Bereich der Geländequerschnitte

Bereich des Geländequerschnitts 1: Km 128,054

Der Querschnitt 1 liegt im Bereich der geplanten Fangzäune 1 und 2 (s. Anlage 2). Das Foto 5 vermittelt einen Eindruck der örtlichen Gegebenheiten der betrachteten Zaurtrassen.



Abbildung 3: Bereich der geplanten Fangzäune 1 und 2 zwischen ca. km 128,000 und 128,100



Abbildung 4: Steile, bewaldete Hänge mit ausgedehnten Schuttfeldern oberhalb des geplanten Fangzauns 1, bei ca. km 128,010 ca. 90 m ü. NN