



DR. SPANG

INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR BAUWESEN, GEOLOGIE UND UMWELTTECHNIK MBH

DB Netz AG
Regionalbereich Mitte 5563
Herr Frank Ortmeier
Frankenstraße 1-3
56068 Koblenz

Projekt-Nr.
40.6418

Datei
P6418B190425.docx

Diktat
Nm/Kuj

Büro
Witten

Datum
25.04.2019

FHS NAELSBERG 2
DB-STRECKE 2630
KM 129,020 – KM 129,190
KM 129,270 – KM 129,400
r.d.B.

- Geotechnische Begutachtung des Felshangs -

Bestellung 0016/UCX/28266390
vom 21.12.2018

Gesellschaft: HRB 8527 Amtsgericht Bochum, USt-IdNr. DE126873490, Geschäftsführer Dipl.-Ing. Christian Spang

Zentrale Witten: Rosi-Wolfstein-Straße 6, D-58453 Witten, Tel. (0 23 02) 9 14 02 - 0, Fax 9 14 02 - 20, zentrale@dr-spang.de
<http://www.dr-spang.de>

Niederlassungen: 73734 Esslingen/Neckar, Weilstr. 29, Tel. (0711) 351 30 49-0, Fax 351 30 49-19, esslingen@dr-spang.de
60528 Frankfurt/Main, Rennbahnstraße 72 – 74, Tel. (069) 678 65 08-0, Fax 678 65 08-20, frankfurt@dr-spang.de
09599 Freiberg/Sachsen, Halsbrücker Str. 34, Tel. (03731) 798 789-0, Fax 798 789-20, freiberg@dr-spang.de
21079 Hamburg, Harburger Schloßstraße 30, Tel. (040) 524 73 35-0, Fax 524 73 35-20, hamburg@dr-spang.de
06618 Naumburg, Wilhelm-Franke-Straße 11, Tel. (03445) 762-25, Fax 762-20, naumburg@dr-spang.de
90491 Nürnberg, Erlenstegenstr. 72, Tel. (0911) 964 56 65-0, Fax 964 56 65-5, nuernberg@dr-spang.de
14480 Potsdam, Großbeerenstraße 231, Haus III, Tel. (0331) 231 843-0, Fax 231 843-20, berlin@dr-spang.de

Banken: Deutsche Bank AG, Witten, IBAN: DE42 4307 0024 0813 9511 00, BIC: DEUTDE33HAN
Sparkasse Witten, IBAN: DE59 4525 0035 0000 0049 11, BIC: WELADED1WTN



INHALT	SEITE
1. ALLGEMEINES	4
1.1 Projekt	4
1.2 Auftrag	4
1.3 Unterlagen	5
1.4 Untersuchungen	6
1.5 Historische Ereignisse	7
2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE	7
2.1 Morphologie und Vegetation	7
2.2 Gesteine	9
2.3 Lagerungsverhältnisse und Trennflächen	9
2.4 Bergwasserverhältnisse	12
2.5 Geotechnische Besonderheiten	13
2.6 Bauwerke	14
3. FELSKENNWERTE	15
4. HOMOGENBEREICHE	16
4.1 Allgemeines	16
4.2 DIN 18 300 Erdarbeiten	18
4.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten	20
4.4 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten	22
5. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	22
5.1 Begriffe	22
5.2 Lokale Standsicherheit	23
5.3 Globale Standsicherheit	24
6. RISIKOBEURTEILUNG	24
6.1 Methodischer Ansatz	24
6.2 Risikoanalyse	28
6.3 Risikozonierung	29



7.	EMPFEHLUNGEN	30
7.1	Sicherungsvorschlag	30
7.2	Baukosten	30
7.3	Sonstige Empfehlungen	31
8.	ZUSAMMENFASSUNG	31
9.	ANLAGEN	
	Anlage 1: Übersichtslageplan 1 : 100.000 (2)	
	Anlage 2: Lageplan 1 : 1.000 (2)	
	Anlage 3: Dokumentation der Geländebegehung (3)	
	Anlage 4: Dokumentation des Trennflächengefüges (2)	
	Anlage 5: Standsicherheitsuntersuchung (7)	
	Anlage 6: Fotodokumentation (6)	
	Anlage 7: Kostenschätzung (2)	



1. ALLGEMEINES

1.1 Projekt

Die zweigleisige, elektrifizierte DB-Strecke 2630, Köln nach Bingen (Rhein), verläuft zwischen km 129,020 und km 129,400 ca. 1,5 km nordöstlich von Oberwesel entlang der B9 (Anlage 1). Die Strecke befindet sich in Anschnittslage, rechts der Bahn steigt das Gelände entlang eines Hangs weiter an. Im Rahmen des Risikomanagements der DB Netz AG, Koblenz, soll die DB-Strecke im untersuchten Abschnitt gegen Risiken aus dem Felshang gesichert werden. Im Zuge dessen sollte zunächst eine geotechnische Aufnahme des Hangs erfolgen.

1.2 Auftrag

Mit Bestellung 0016/UCX/28266390 vom 21.12.2018 erhielt die Dr. Spang GmbH auf der Basis des Rahmenvertrags Nr. 92252389 durch die DB Netz AG, Koblenz, den Auftrag, den Hangbereich bergseitig der DB-Strecke 2630 zwischen km 129,020 und km 129,190 sowie zwischen km 129,270 und km 129,400 geotechnisch zu untersuchen. Im Einzelnen waren folgende Leistungen zu erbringen.

- **Geotechnische Aufnahme** des Hangs einschließlich Aufnahme und Beschreibung der geologischen Gegebenheiten und Abschätzen der für die Standsicherheit relevanten felsmechanischen Kennwerte; Lokalisierung und ggf. Markierung instabiler Bereiche; Beschreibung der entsprechenden Stellen.
- **Auswertung der Geländeaufnahme**; Standsicherheitsbeurteilung unter Berücksichtigung des Trennflächengefüges; Beurteilen der globalen und lokalen Standsicherheit.
- **Bewerten der Geländeuntersuchungen** und der Standsicherheitsuntersuchung; Risikobeurteilung, Empfehlungen für Sicherungsmaßnahmen einschl. Ausführungsvorschläge und Kostenschätzung und ggf. Einteilung von Dringlichkeitsstufen.

Nachstehend werden die Ergebnisse der Geländeuntersuchung zusammengefasst und erläutert.



1.3 Unterlagen

Zur Bearbeitung des Projektes wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen verwendet:

- [U 1] **Geologische Karte 1 : 25.000**; Blatt 5812 St. Goarshausen, Kgl. Preuss. Geol. Landesanstalt, 1903.
- [U 2] **Lageplan (IVL) 1 : 1.000, 2630 IW**, Str. 2630 Köln – Bingen, km 128,6+27 – 129,4+70, Stand März 2018.
- [U 3] <http://www.bfn.de>; Bundesamt für Naturschutz, Schutzgebiete in Deutschland; Abruf am 20.03.2019.
- [U 4] **MÜLLER, L.**: Der Felsbau, 1. Band: Grundlagen.- Stuttgart, 1978.
- [U 5] <https://de.wikipedia.org/wiki/>; Risikodefinition; Abruf am 26.06.2018.
- [U 6] **RAETZO, H. et al.**: Hazard assessment in Switzerland – Codes of Practice for mass movements. – Bull.Eng.Geol.Env. (2002) 61: 263-268.
- [U 7] **PIERSON, L.A. et al.**: Rockfall Catchment Area Design Guide. Final Report SPR-3(032). – Oregon Department of Transportation, 12/2001.
- [U 8] **SCHWINGENSCHLÖGL, R. & WEISS, E.H.**: Ingenieurgeologische Probleme bei der Boden- und Felsklassifikation im Autobahnabschnitt A 2. – Felsbau 3 (1985) Nr. 4, Essen.
- [U 9] **Schutz vor Massenbewegungsgefahren**; Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren. – Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2016.
- [U 10] **Karte der Frosteinwirkungszonen in Deutschland 1:750.000**, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch Gladbach, 2012.
- [U 11] **Grundbau-Taschenbuch**, Teil 2, Geotechnische Verfahren. Stuttgart, 2009.



[U 12] Auszug Projekthandbuch zum Projekt „Naelsberg II“; Seite 3 bis 5; T.016073813, zuletzt geändert am xx.xx.2015; DB Projekt Bau, zugestellt mit Angebotsanfrage vom 26.11.2018

[U 13] Risikoeinstufung Los 1, Areal 66b Strecke 2630, km 128,800 – 128,850, Areal 67 Strecke 2630, km 128,850 – 129,750, gbm Gesellschaft für Baugeologie und –meßtechnik mbH, Mai 2013, zugestellt mit Angebotsanfrage vom 26.11.2018.

1.4 Untersuchungen

Die geologische Geländeaufnahme wurde von den Unterzeichnern am 05.03.2019 durchgeführt. Im Zuge der Geländeaufnahme wurden die geologischen Verhältnisse und das Trennflächengefüge aufgenommen sowie die felsmechanisch relevanten Kennwerte geschätzt. Hierzu wurde der Hang im untersuchten Abschnitt vom Gleis aus untersucht. Anschließend wurde der Hangbereich oberhalb der DB-Strecke begangen, um Bereiche zu untersuchen, die vom Gleis aus nicht einsehbar sind.

Der Untersuchungsbereich ist in den als Anlage 1 und 2 beigefügten Lageplänen eingetragen. Anlage 3 enthält die Dokumentation der Geländebegehung. In Anlage 4 sind die aufgenommenen Gefügewerte dokumentiert, mit denen in Anlage 5 eine Standsicherheitsuntersuchung durchgeführt wurde. Als Anlage 6 ist eine Fotodokumentation des untersuchten Abschnitts enthalten. Als Anlage 7 ist eine Schätzung der Baukosten beigefügt. Zu den Ergebnissen der Untersuchungen führen wir wie folgt aus.

In vorliegendem Bericht wird das Untersuchungsgebiet in Abschnitte unterteilt. Die Unterteilung erfolgte auf Basis geotechnischer und morphologischer Gegebenheiten. Die Lokalisierung erfolgte dabei auf Basis der Kilometrierung der DB Strecke. Eine Übersicht der Abschnitte ist in nachfolgender Tabelle 1.4-1 enthalten. Dabei ist zu beachten, dass der Abschnitt A3 von km 129,190 bis km 129,270 nicht Teil des Projektgebietes ist. Eine detaillierte Beschreibung der Abschnitte ist in Anlage 3 enthalten.

Streckenabschnitt		Untersuchungs-
von	bis	abschnitt
[km]	[km]	[-]
129,020	129,068	1
129,068	129,190	2
129,190	129,270	3 ^{*)}
129,270	129,400	4

^{*)} Nicht Teil des Projektgebiets

Tabelle 1.4-1: Grenzen der Untersuchungsabschnitte

1.5 Historische Ereignisse

Die Analyse historischer Ereignisse bei Massenbewegungen kann nur bedingt als Grundlage zur Bestimmung der jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit dienen. Für kleinere Sturzereignisse wie Stein- und Blockschlag ist eine Analyse der Schuttproduktion im Ablagerungsraum jedoch ein gutes Mittel zur empirischen Bestimmung der Wahrscheinlichkeit [U 9].

Informationen über vergangene Ereignisse sind für das Projektgebiet nicht bekannt. Einschlagmarken am Gleis/an den vorhandenen Bauwerken wurden nicht festgestellt. Vereinzelt wurden einige Gesteinsblöcke am Hangfuß festgestellt. In dem Abschnitt zwischen km 129,190 und km 129,270 sind frische Felsablösungen vorhanden. Der Fangraum hinter den Natursteinmauern ist vereinzelt mit Gesteinsschutt aus dem Hang gefüllt.

2. GEOTECHNISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Morphologie und Vegetation

Das Projektgebiet befindet sich an der linken Rheinstrecke etwa 1,5 km nordwestlich der Stadt Oberwesel in Rheinland-Pfalz. Der Rhein prägt mit seinen Nebenflüssen das Landschaftsbild, das aus



z.T. steilen Prallhängen besteht, die als Weinberge genutzt werden. Die DB-Strecke folgt der Morphologie des Geländes; im Untersuchungsbereich verläuft die DB-Strecke nahezu gerade in südwestliche Richtung.

Die Bahnstrecke verläuft teilweise in Anschnittslage, teilweise am Fuß des aufgehenden Hangs. Unmittelbar talseitig verläuft etwa 4 m tieferliegend die B 9. Der Höhenversatz wird durch eine Stützmauer abgefangen.

Zu Beginn des untersuchten Abschnitts befindet sich die Böschung in Anschnittslage. Der Anschnitt wird durch ein Böschungspflaster gesichert, oberhalb steigt der Hang weiter an. Die Höhe beträgt etwa 8 m, die Neigung etwa 70°. Das Böschungspflaster endet bei ca. km 129,025, daran schließt der natürliche Hang an. Zwischen ca. km 129,068 und ca. km 129,190 befinden sich am Fuß des aufgehenden Hangs Weinberge bis etwa 40 bis 50 m über Schienenoberkante. Ab ca. km 129,190 befindet sich die DB-Strecke wieder in Anschnittslage, die Anschnittshöhen betragen etwa 3 m. Ab ca. km 129,250 wird der Anschnitt durch Stützmauern abgefangen. Die Höhe der Stützmauern betragen zunächst etwa 6 m, mit steigender Kilometrierung nehmen die Höhen der Stützmauern am Gleis auf etwa 10 m zu. Ab ca. 129,305 befinden sich Felsausbisse am Gleis, die lokal durch Böschungspflaster gesichert sowie weitere Stützmauern abgefangen werden und an deren Oberkante, ca. 6 m über Schienenoberkante, weitere Mauern aufstehen.

Neben den Felsausbissen am Gleis befinden sich weitere Felsausbisse sowie z.T. ehemalige Weinberge mit alten Trockenmauern im Hang oberhalb der DB-Strecke

Die absoluten Höhen im Untersuchungsgebiet liegen zwischen etwa 80 m NHN am Gleis und etwa 280 m NHN im Bereich der Hochflächen.

Hinsichtlich der Morphologie der einzelnen untersuchten Abschnitte wird auf die Ausführungen in Anlage 3 verwiesen.

Die Vegetation der Böschung besteht aus dichtem Strauchbewuchs und vereinzelt Bäumen. Die Felsausbisse sind überwiegend ohne Bewuchs, jedoch weisen flachere Absätze Moos-, Gras- und Strauchbewuchs auf. Etwa 80 m über Schienenoberkante sind im Hang Weinberge vorhanden.



2.2 Gesteine

Nach der geologischen Karte [U 1] stehen im Untersuchungsbereich Gesteine des Unterdevons an, bei denen es sich um „Thonschiefer und Sandsteine“ (tug) der unteren Coblenz-Schichten handelt. Beide Gesteine wurden im Zuge der Geländebegehung angetroffen.

Die nachfolgende Gesteinsbeschreibung basiert auf den Begriffen und Definitionen der DIN EN ISO 14689-1. Die Gesteine sind im angewitterten Zustand hellgrau bis gräulich. Der Sandstein ist im frischen Zustand von hellgrauer, stellenweise bräunlicher Farbe. Der Tonschiefer ist im frischen Zustand dunkelgrau bis bläulich. Die Festigkeit der Tonschiefer wird als gering bis mäßig hoch eingeschätzt, die Kornbindung ist mäßig bis gut. Die Sandsteine besitzen eine hohe bis sehr hohe Festigkeit bei einer mäßigen bis guten Kornbindung. Die Raumausfüllung beider Gesteine ist dicht.

Die Lockergesteinsdecke des Hangs wurde im Rahmen des Auftrags nicht näher untersucht. Augenscheinlich besteht sie aus einer **Hanglehm- und Hangschuttdecke** mit unbekannter Mächtigkeit.

2.3 Lagerungsverhältnisse und Trennflächen

Das im Rheinischen Schiefergebirge liegende Untersuchungsgebiet befindet sich im Hunsrück. Die anstehenden Gesteine wurden im Zuge von tektonischer Beanspruchung geklüftet, verfaltet und im Zuge von gebirgsbildenden Prozessen auch z.T. stark geschiefert. Durch diese Beanspruchung wurden die abgelagerten Gesteinseinheiten zum Teil durch Störungen beeinflusst.

Im Hinblick auf die Einteilung der anstehenden Locker- und Festgesteine nach VOB/C (Ausgabe 2016) in Homogenbereiche wird auf das Kapitel 4 verwiesen. Hinsichtlich der Lagerung und Ausbildung der Trennflächen kann das anstehende Festgestein zu **einem Gefügebereich** zusammengefasst werden.

Der mechanisch wirksame Schichtflächenabstand der anstehenden Tonschiefer kann als „sehr dünn“ bis „dick“ beschrieben werden. Abweichungen zwischen Sandstein und Tonschiefer wurden nicht festgestellt. Die Öffnungsweiten liegen zwischen $< 0,1$ und 1 mm und können als „sehr eng“ bis „offen“ bezeichnet werden.



Die Elemente der **Hauptklufscharen K1 und K2** zeigen einen mäßig hohen bis hohen Durchtrennungsgrad; hinsichtlich der Abstände können die Scharen als „engständig“ bis „weitständig“ beschrieben werden. Zusammen mit der Schichtung bilden diese ein nahezu orthogonales Trennsystem. Die Hangoberfläche wird im Bereich der Felsausbisse lokal durch die steilstehenden Elemente der Hauptklufscharen K2 gebildet. Die Öffnungsweiten der Trennsysteme liegen zwischen $< 0,1$ und 20 mm, lokal bis 150 mm und sind als „sehr eng“ bis „weit“, lokal bis „sehr weit“ zu beschreiben.

Die Elemente der **Schieferung SF1** zeigen einen geringen Durchtrennungsgrad und können hinsichtlich der Abstände als „außerordentlich engständig“ bis „engständig“ bezeichnet werden. Die Schieferung bildet zusammen mit der Hauptklufschare K2 im Bereich der Felsausbisse am Gleis die Hangoberfläche. Die Öffnungsweiten liegen zwischen ≤ 1 und 1 mm; sie können als „sehr eng“ bis „offen“ beschrieben werden.

Neben den Hauptklufscharen befindet sich im Untersuchungsgebiet eine **Diagonalklufschare K3**. Diese zeigt einen mäßig hohen Durchtrennungsgrad, die Trennsystemabstände können als „engständig“ bis „weitständig“ bezeichnet werden. Die Öffnungsweiten liegen zwischen ≤ 1 und 30 mm; sie sind als „sehr eng“ bis „weit“ zu bezeichnen.

Die Eigenschaften der aufgenommenen Trennsysteme sind in Tabelle 2.3-1 zusammengefasst. **Trennsystemfüllungen** wurden nicht festgestellt. Die beschriebenen Öffnungsweiten sind durch oberflächennahe Auflockerungen stark vergrößert.

Trennsystem	Mittlere Orientierung α / β [° / °]	Trennsystemausbildung [-]	Trennsystemabstand* d [m]	Öffnungsweite [mm]	Ebene Durchtrennung* χ [-]
Schichtung SS	219/15	stufig, rau	0,2 – 1,5 (1)	$\leq 1 - 1$ (≤ 1)	0,7 – 1 (0,8)
Klüftung K1	225/87	wellig bis stufig, rau	0,1 – 0,7 (0,4)	$\leq 1 - 20$ (10)	0,5 – 1,0 (0,7)
Klüftung K2	330/81	wellig bis stufig, rau	0,1 – 0,6 (0,5)	$\leq 1 - 150$ (10)	0,4 – 1,0 (0,7)



Trennfläche	Mittlere Orientierung α / β [° / °]	Trennflächen- ausbildung [-]	Trennflächen- abstand* d [m]	Öffnungs- weite [mm]	Ebene Durch- trennung* χ [-]
Klüftung K3	019/58	wellig bis stu- fig, rau	0,5 – 1,0 (0,7)	$\leq 1 - 30$ (10)	0,4 – 0,8 (0,7)
Schieferung SF1	148/59	wellig bis stu- fig, rau	0,01 – 0,15 (0,05)	$\leq 1 - 1$ (≤ 1)	0,1 – 0,5 (0,4)

* Spannweite, Mittelwerte in Klammern

Tabelle 2.3-1: Eigenschaften der Trennflächenscharen

Störungen sind nach der geologischen Karte [U 1] im Untersuchungsgebiet nicht verzeichnet. Im Zuge der Geländeaufnahme wurden im Untersuchungsbereich auch keine Störungen angetroffen.

Bezeichnung	Verbandsfestigkeit		Charakteristik
gut verspannt	hoch, sehr gut	VF 1	Sehr guter Reibungsschluß der Teilkörper. Gebirge schwer lösbar, keine bevorzugte Richtung, kleiner Durchtrennungsgrad.
verspannt	gut	VF2	Einspannung der Klufkörper, Festigkeitsanisotropie gegeben. Lösbarkeit nach einer Richtung deutlich bevorzugt.
aufgelockert	mäßig	VF3	Geringer Reibungsschluß, zahlreiche offene Klüfte, Gebirge zeigt keine Festigkeitsanisotropie.
lose	gering	VF4	Klufkörper ohne Reibungsschluß, lockeres, loses Haufwerk.

Tabelle 2.3-2: Einteilung der Verbandsfestigkeit des Gebirges nach [U 8]

Die **Verbandsfestigkeit** wird nach [U 8] oberflächennah bis in eine geschätzte Tiefe von ca. 1,5 m bergseitig der Felsoberfläche als aufgelockert (mäßige Verbandsfestigkeit, VF3; s. Tabelle 2.3-2) eingeschätzt. Im tieferen Gebirge wird der Verband als verspannt (gute Verbandsfestigkeit, VF2) angesehen. Die Auflockerung resultiert aus Verwitterung und talparalleler Entspannung.

Das Gestein zerfällt beim Abgang in mehr oder weniger regelmäßige Bruchkörper, die vorwiegend durch die oben beschriebenen Trennflächen begrenzt werden. Nach den örtlichen Verhältnissen



handelt es sich mit Bezug auf Abb. 2.3-1 überwiegend um **kleintäfelige** bis **quaderig-bankige**, lokal um **großwürfelige** Körper. Die maximale **Kluftkörpergröße** von möglichen Stein- und Blockschlagereignissen variiert im Untersuchungsbereich mit Bezug auf die örtlichen Gegebenheiten. Auf Basis der Geländeaufnahme (Anlage 3) ist mit Einzelblockgrößen bis ca. 3 m³ zu rechnen; das Gesamtvolumen eines potenziellen Gesteinsabgangs wird auf etwa 25 m³ geschätzt.

Form der Kluftkörper					
Kluftabstand d [cm]					
Verhältnis $\frac{d_1}{d_2} : \frac{d_2}{d_3}$	< 1:5	1:2 bis 1:5	~ 1:1	2:1 bis 5:1	> 5:1
$d_{max} > 100$	großsäulig	großblockig	großwürfelig	quaderig-bankig	großplattig
$100 > d_{max} > 10$	kleinsäulig	kleinblockig	kleinwürfelig	kleintäfelig	schiefrig
$d_{max} < 10$	stängelig-faserig	kubisch-ruschelig	kubisch-ruschelig	splitterig	blättrig-kleinschuppig

Abb. 2.3-1: Einteilung der Trennflächenkörperformen nach [U 4]

2.4 Bergwasserverhältnisse

Zum Zeitpunkt der Geländeaufnahme herrschte feuchtes Frühlingswetter. Der Hang sowie die Felsausbisse waren trocken. **Wasseraustritte** wurden nicht verzeichnet.

Die **Gebirgsdurchlässigkeit** hängt von der Durchtrennung, der Verwitterung sowie den Trennflächenabständen ab. Grundsätzlich ist die Wasserwegsamkeit an die vorhandenen Trennflächen gebunden. Es handelt sich um einen **Kluftgrundwasserleiter**. Insgesamt ist das Gebirge als durchlässig nach Tabelle 2.4-1 einzustufen; im tiefen Untergrund wird das Gebirge schwach durchlässig sein. Angaben über den geschlossenen **Bergwasserspiegel** liegen nicht vor; er wird jedoch deutlich unterhalb des Untersuchungsbereichs im Bereich des Pegels des Rheins erwartet.



k_f [m/s]	Bereich
unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-6}	schwach durchlässig
über 10^{-6} bis 10^{-4}	durchlässig
über 10^{-4} bis 10^{-2}	stark durchlässig
über 10^{-2}	sehr stark durchlässig

Tabelle 2.4-1: Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18 130-1

Vorfluter für das Gebiet ist der Rhein, der entlang des Untersuchungsbereichs von Südwesten kommend in östliche Richtung fließt. Aufgrund dessen ist von einer südöstlichen Fließrichtung des Bergwassers auszugehen. Der Normalspiegel liegt bei ca. 68 m NHN. Es wird angenommen, dass ein geschlossener Bergwasserspiegel knapp über Vorflutniveau liegt und zur Talflanke hin ansteigt.

Wasserproben für hydrochemische Analysen und zur Untersuchung der Gefahr von Ausfällungen oder Verockerungen konnten im Zuge der Geländeaufnahme mangels Wasser nicht genommen werden.

Hinweise auf beton- und stahlangreifende Bestandteile des Grundwassers nach DIN 4030-1 bzw. DIN 50 929-3 (Tab. 8) liegen nicht vor. Aufgrund fehlender Gesteine ist mit Ausfällungen von Kalk nicht zu rechnen. Die Einschätzungen sind – soweit erforderlich – im Zuge der weiteren Planung durch Wasseranalysen abzusichern.

2.5 Geotechnische Besonderheiten

Hinweise auf bergbauliche Einflüsse liegen nicht vor. Aufgrund fehlender Gesteine sind Karst oder andere natürliche Hohlräume im Untersuchungsgebiet nicht zu erwarten.



Nach DIN EN 1998-1/NA liegt das Projektgebiet in der **Erdbebenzone 1** und der **Untergrundklasse R** (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund). Das Projektgebiet ist in die **Baugrundklasse A** (unverwitterte Festgesteine) einzugruppieren.

Nach [U 10] liegt das Projektgebiet in der **Frosteinwirkungszone I**.

Angaben über **Kampfmittelbelastungen** im Untersuchungsgebiet liegen nicht vor. Im Rahmen von Felssicherungsplanungen sind ggf. entsprechende Auskünfte bei den zuständigen Behörden einzuholen.

Das Projektgebiet liegt nach [U 3] im **Landschaftsschutzgebiet** „Rheingebiet von Bingen bis Koblenz“ (CDDA-Code 323852) sowie im **Vogelschutzgebiet** „Mittelrheintal“ (VSG-5711-401).

Im Untersuchungsgebiet befinden sich Weinberge, die zum Teil noch bewirtschaftet werden.

2.6 Bauwerke

Neben der elektrifizierten Oberleitung der DB-Strecke befinden sich weitere Bauwerke im Untersuchungsgebiet.

Zu Beginn des Untersuchungsgebiets wird die Böschung durch ein Böschungspflaster abgefangen. Das Böschungspflaster reicht ungefähr bis 8 m über Schienenoberkante. Das Böschungspflaster endet bei ca. km 129,025. Oberhalb der Böschung befinden sich zwischen ca. 70 m über Schienenoberkante bis zur Hochfläche ehemalige Weinberge mit vereinzelt Trockenmauern.

Zwischen etwa km 129,068 und etwa km 129,190 befinden sich zwischen Hangfuß und etwa 100 m über Schienenoberkante bewirtschaftete Weinberge mit Trockenmauern. Eine Trockenmauer wird bei ca. km 129,113 durch Stahlträger abgestützt. Etwa bei km 129,123 befindet sich eine Entwässerungsrinne im Bereich der Weinberge. Diese ist z.T. mit Gesteinsschutt und Grünschnitt gefüllt.

Ab ca. km 129,270 wird die Anschnittsböschung durch Stützmauern abgefangen und durch vereinzelt Böschungspflaster gesichert. Die Höhen der Stützmauern betragen bis ca. 15 m; die Neigungen betragen ca. 80° bis 90° in bergseitige Richtung, die Mauerdicken betragen z.T. bis ca. 2 m.



Zwischen ca. km 129,383 und km 129,400 befindet sich ca. 6 m über Schienenoberkante, oberhalb der Felsausbisse, eine Betonmauer im Hang. Im Fangraum dieser befindet sich kein Gesteinsschutt. Lokal weist diese Mauer Risse auf und ist leicht in talseitige Richtung geneigt.

Bei etwa km 129,395 ist ein alter Signalgeber an dem Fuß der Felswand; oberhalb des Signalgebers etwa 2 m über Schienenoberkante befindet sich eine Betonplatte.

Die nächste Wohnbebauung befindet sich etwa 800 m nordwestlich in der Ortsgemeinde Urbar.

3. FELSKENNWERTE

Nach der beobachteten Ausbildung der Gesteine und Trennflächen lassen sich aufgrund von umfangreichen Erfahrungen für den Hang die in den Tabellen 3-1 und 3-2 zusammengefassten Rechenwerte für Vorentwurfszwecke angeben.

Schicht Nr.	Felsart	Gestein				Gebirge E_k (isotrop) [MN/m ²]
		γ_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [MN/m ²]	$\sigma_{c,k}$ [MN/m ²]	
1	Tonschiefer	26,5	30 (27,5)	20 (3)	70 ¹⁾ (10)	12.000 (5.000)
2	Sandstein	26,5	35 (30)	40 (20)	150 ¹⁾ (80)	20.000 (7.500)

Untere Kennwerte in Klammern

1) höhere Einzelwerte möglich

Tabelle 3-1: Gesteins- und Gebirgskennwerte; die Werte gelten für schwach verwittertes bis frisches Gebirge, sofern nicht anders angegeben.

Schicht Nr.	Felsart	Schichtung		Klüftung	
		$\varphi'_{k,s}$ [°]	$c'_{k,s}$ [kN/m ²]	$\varphi'_{k,k}$ [°]	$c'_{k,k}$ [kN/m ²]
1	Tonschiefer	27,5 (22,5)	5 (0) ¹⁾	27,5 (22,5)	100 (0) ¹⁾



Schicht Nr.	Felsart	Schichtung		Klüftung	
		$\phi'_{k,s}$ [°]	$c'_{k,s}$ [kN/m ²]	$\phi'_{k,k}$ [°]	$c'_{k,k}$ [kN/m ²]
2	Sandstein	30 (22,5)	5 (0) ¹⁾	32,5 (27,5)	100 (0) ¹⁾

Untere Kennwerte in Klammern

1) bei vollständiger Durchtrennung und ohne Klüfftüllung

Tabelle 3-2: Trennflächenkennwerte; die Werte gelten für schwach verwittertes bis frisches Gebirge, sofern nicht anders angegeben.

Schicht Nr.	Felsart	Mantelreibung
		$q_{s;k}$ [kN/m ²]
1	Tonschiefer	300
2	Sandstein	500

Tabelle 3-3: Mantelreibungswerte $q_{s;k}$ zur Abschätzung der Gebrauchslast.

Für Verankerungen im Fels werden in Anlehnung an [U 11] die in Tabelle 3-3 aufgeführten Werte für die Gebrauchsmantelreibung im unverwitterten Gebirge zugelassen. Für eine Berücksichtigung der Verwitterungszone ist die Mantelreibung zwischen 0 und 1,5 m Tiefe in Fels linear von $q_{s;k} = 0$ kN/m² auf den in der Tabelle angegebenen Wert zu interpolieren. Zur Überbrückung der oberflächennahen Verwitterung sowie Klüftungszonen und mit Bezug auf DIN EN 14 199 muss die Krafteintragungslänge mindestens 3 m betragen.

4. HOMOGENBEREICHE

4.1 Allgemeines

Boden und Fels sind gemäß den Normen der VOB/C (seit der Ausgabe 2015) in Homogenbereiche einzuteilen, die für die Ausschreibung verwendet werden sollen. Ein Homogenbereich ist dabei ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für die



in den einzelnen Gewerken einsetzbaren Baugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Die Homogenbereiche sind somit ggf. gewerkespezifisch festzulegen und hängen von den einsetzbaren Baugeräten ab. Da die geplanten Bauverfahren zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht festgelegt waren, erfolgt eine vorläufige Einteilung auf Basis der empfohlenen Verfahren gemäß Kap. 7, die im Zuge des Planungsprozesses bis zur Ausschreibung zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten ist. Umweltrelevante Inhaltsstoffe sind bei der Einteilung der Homogenbereiche nicht berücksichtigt, da keine Analysen durchgeführt wurden.

Die Homogenbereiche und die angegebenen Eigenschaften beschreiben den Zustand von Boden und Fels vor dem Lösen. Bei den aufgeführten Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich nicht um charakteristische Kennwerte für Berechnungen, sondern um mögliche Spannbreiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit von Boden und Fels verwendet werden können.

Die Einteilung der Homogenbereiche ist zur Ausschreibung unter Berücksichtigung der geplanten Bauverfahren vom Planer und geotechnischen Gutachter zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Schätzwerte, die ggf. durch Versuche im Rahmen einer gesonderten Baugrunderkundung abgesichert werden müssen.

Für bauzeitliche Überprüfungen sind Versuche nach den in der Tabelle 4.1-1 aufgeführten Prüfverfahren durchzuführen.

Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Bodenmechanik	Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17 892-4
	Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke	Aussortieren, Vermessen, Wiegen
	Mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke	DIN EN ISO 14 689-BB1
	natürliche Dichte	DIN EN ISO 17 892-2
	undrainierte Scherfestigkeit c_u	DIN 4094-4
	Wassergehalt w_n	DIN EN ISO 17 892-1

Eigenschaft / Kennwert		Prüfung/Prüfvorschrift
Bodenmechanik	Plastizität I_p	DIN 18 122-1
	Konsistenz I_c	DIN 18 122-1
	organischer Anteil v_{gl}	DIN 18 128
	Bodengruppe	DIN 18 196
	Abrasivität	LCPC-Test nach NF P18-579
Felsmechanik	Dichte	DIN EN ISO 17 892-2
	Verwitterung und Veränderungen / Veränderlichkeit	DIN EN ISO 14 689-1, (4.2.4, 4.2.6)
	einaxiale Druckfestigkeit	DIN 18 141-1
	Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	DIN EN ISO 14 689-1
	Abrasivität	CAI-Test nach NF P 94-430-1

Tabelle 4.1-1: Für eine Überprüfung der Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche anzuwendende Prüfverfahren

4.2 DIN 18 300 Erdarbeiten

Für die Festlegung der Homogenbereiche für Erdarbeiten (DIN 18 300) wird davon ausgegangen, dass der Aushub mit einem Mini- oder Kompaktbagger (< 10 to) ausgeführt wird, der Boden zumindest zum Teil auf der Baustelle zwischengelagert wird und vor Ort wieder eingebaut und verdichtet wird. Die Homogenbereiche berücksichtigen nur das Lösen. Sollte ein Wiedereinbau vorgesehen sein, müssen die Homogenbereiche weiter untergliedert werden. In der nachfolgenden Tabelle 4.2-1 und der Tabelle 4.2-2 sind die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Erdarbeiten sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche angegeben. Es wird davon ausgegangen, dass der Aushub maximal bis in eine Tiefe von 2 m erfolgt, sodass nur bis in diese Tiefe Homogenbereiche für Erdarbeiten ausgewiesen werden.



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereich Erd-A
Schicht Nr.	-
ortsübliche Bezeichnung	Hangschutt / Hanglehm
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾	
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	< 40 *) < 20 *) < 10 *)
natürliche Dichte [g/cm ³]	1,8 - 2,2 *)
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	< 150 *)
Wassergehalt w_n [%]	15 – 45 *)
Plastizitätszahl I_P / Bezeichnung ¹⁾	7 – 50 / mittel bis ausgeprägt *)
Konsistenzzahl I_C / Bezeichnung ¹⁾	0,75 - >1 / steif bis halbfest *)
bezogene Lagerungsdichte I_D / Bezeichnung ¹⁾	15 - 65/ locker bis mitteldicht *)
organischer Anteil v_{gl} / Bezeichnung ¹⁾	≤ 5 / schwach organisch *)
Bodengruppe	UL, UM, UA, TL, TM, TA, SE, SW, SU, SU*, ST, ST*, GW, GU, GU*, GT, GT*

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und große Blöcke

*) keine Untersuchungen vorhanden

Tabelle 4.2-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten in Boden

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche Erd-B
Schicht Nr.	1, 2
ortsübliche Bezeichnung	Coblentz-Schichten, tug
Benennung von Fels ¹⁾	Tonschiefer, Sandstein
Dichte [g/cm ³]	2,2 - 2,7 *)
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit	verfärbt - frisch veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	10 – 180 *)



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Erd-B
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	s. Kap. 2.3

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689-1

*) keine Untersuchungen vorhanden

Tabelle 4.2-2: Homogenbereiche gemäß DIN 18 300 für Erdarbeiten im Festgestein

4.3 DIN 18 301 Bohrarbeiten

Für eine Rückverankerung der geplanten Felssicherungen können für die Bohrarbeiten die Zuordnung der in diesem Gutachten angegebenen geologischen Schichten zu Homogenbereichen für Bohrarbeiten, sowie die zusammengefassten Eigenschaften der Homogenbereiche gemäß Tabelle 4.3-1 und Tabelle 4.3-2 verwendet werden. Es wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Bohrungen durch Lafettenbohrgeräte ausgeführt werden.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-A
Schicht Nr.	-
ortsübliche Bezeichnung	Hangschutt / Hanglehm
Korngrößenverteilung mit Korngrößenband ²⁾	
Massenanteil Steine [%] Blöcke [%] große Blöcke [%]	 < 40 *) < 20 *) < 10 *)
Kohäsion c' [kN/m ²]	≥ 0 *)
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	< 150 *)
Wassergehalt w_n [%]	15 – 45 *)
Plastizität I_P ¹⁾	7 – 50 / mittel bis ausgeprägt *)
Konsistenz I_C ¹⁾	0,75 - >1 / steif bis halbfest *)



Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-A
bezogene Lagerungsdichte I_D ¹⁾	15 - 65/ locker bis mitteldicht ^{*)}
LCPC-Abrasivitäts-Koeffizient LAK [g/to] / Bezeichnung ³⁾	≤ 500 (abrasiv) ^{*)}
Bodengruppe	UL, UM, UA, TL, TM, TA, SE, SW, SU, SU*, ST, ST*, GW, GU, GU*, GT, GT*

1) Begriffe nach DIN EN ISO 14 688-2

2) Das Körnungsband bezieht sich nur auf den Massenanteil ohne Stein, Blöcke und Große Blöcke

3) Begriffe gemäß Käsling, H. & Thuro, K.: Bestimmung der Gesteinsabrasivität - Versuchstechniken und Anwendung; in: DGGT, 31. Baugrundtagung, 2010

*) keine Untersuchungen vorhanden

Tabelle 4.3-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten in Boden

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Bohr-B
Schicht Nr.	1, 2
ortsübliche Bezeichnung	Coblenz-Schichten, tug
Benennung von Fels ¹⁾	Tonschiefer, Sandstein
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit ¹⁾	verfärbt - frisch nicht veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	10 – 180 ^{*)}
Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform	s. Kap 2.3
Cerchar-Abrasivitätsindex CAI [-] / Bezeichnung ²⁾	$\leq 4,0$ (stark abrasiv) ^{*)}

1) Bezeichnung nach DIN EN ISO 14 689-1

2) Begriffe gemäß Käsling, H. & Thuro, K.: Bestimmung der Gesteinsabrasivität - Versuchstechniken und Anwendung; in: DGGT, 31. Baugrundtagung, 2010

*) keine Untersuchungen vorhanden

Tabelle 4.3-2: Homogenbereiche gemäß DIN 18 301 für Bohrarbeiten im Festgestein

Bei Festgestein ab einer einaxialen Druckfestigkeit von 120 MN/m² sind nach DIN 18 301, Abs. 0.2.23 die erforderlichen zusätzlichen Maßnahmen zum Bohren anzugeben. Hierfür ist i.d.R. ein zusätzlicher Homogenbereich auszuweisen und es sind die Zusatzmaßnahmen (z.B. kleinkalibriges vorbohren, Meißeln, Kernbohrrohr mit Rollenmeißeln (bis 250 MN/m² und D= 800 - 1.400 mm), Imlochhammer (bis D = 800 mm), Sprengen) anzugeben und auszuschreiben.



4.4 DIN 18 320 Landschaftsbauarbeiten

Oberboden ist nach DIN 18 320 als eigener Homogenbereich auszuweisen. Der Oberboden ist vor Beginn der Arbeiten abzuschieben und ist zur Rekultivierung zu verwerten.

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereiche
	Oberboden
Bodengruppe nach DIN 18 196	OU / OH
ortsübliche Bezeichnung	Mutterboden
Bodengruppe nach DIN 18 915	1
Massenanteil	
Steine [%]	< 10 ^{*)}
Blöcke [%]	< 5 ^{*)}
große Blöcke [%]	< 5 ^{*)}

^{*)} keine Untersuchungen vorhanden

Tabelle 4.4-1: Homogenbereiche gemäß DIN 18 320 für Oberboden

5. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

5.1 Begriffe

Das Fehlen der auf oberflächennahe und räumlich eng begrenzte Mechanismen beschränkten **lokalen Standsicherheit** äußert sich in Felsstürzen, Block- und Steinschlägen. Die betreffenden Risiken können sowohl einzelne, als auch mehrere Kluftkörper umfassen. Die Grenze zwischen Stein- und Blockschlag sowie Felssturz ist begrifflich unscharf; nachfolgend werden die in Tabelle 5.1-1 aufgeführte Definitionen für Sturzereignisse im Fels verwendet.

Massenbewegung	Volumen [m ³]	Kantenlänge* [m]
Steinschlag	≤ 0,01	≤ 0,2
Blockschlag	> 0,01 – 5,0	> 0,2 – 1,71



Massenbewegung	Volumen [m ³]	Kantenlänge* [m]
Felssturz	> 5,0	> 1,71

* Werte für ideale Gesteinskörper in Würfelform

Tabelle 5.1-1: Definitionen der Sturzereignisse im Fels

Lokale Instabilitäten treten, sofern sie nicht Äußerungen großräumiger Massenbewegungen sind, unter anderem im Gefolge von entspannungs- oder verwitterungsbedingten Auflockerungen entsprechend steiler Felsoberflächen, durch lokal ungünstige Trennflächenorientierungen, Unterschneidungen infolge Herauswittern weicherer Schichten, Wurzel- und Eisdruck sowie infolge herstellungsbedingter, mithin künstlicher Auflockerungen auf. Auslösend können u. a. kurzfristig auftretende Kluftwasserdrücke infolge von Starkregen oder Schneeschmelze, niederschlagsbedingte Erosion, Wild, Blitzschlag, Erschütterungen, Vegetationsdruck, Wind und Sprödbürche sowie das Aufbringen von Verkehrslasten sein.

Unter **globaler Standsicherheit** einer Felsböschung oder eines Felshangs wird im Folgenden die Stabilität der gesamten Böschung bzw. des Hangs oder wesentlicher Abschnitte davon gegen tiefreichende, in der Regel durch Trennflächen vorgegebene Bruchmechanismen verstanden.

5.2 Lokale Standsicherheit

Nach den Beobachtungen im Zuge der Geländeaufnahme und der als Anlage 3.1 beigefügten Beschreibung der Risiken aus dem Hang wurden flächige Instabilitäten in den Felsausbissen festgestellt. Die Ursachen der Instabilitäten liegen überwiegend in der Verwitterung der Schichten, in Verbindung mit der Vegetation / Wurzeldruck sowie Frost / Eis und talparalleler Entspannung.

Die Instabilitäten zeigen sich als **Stein-, Blockschlag-** sowie **Felssturfrisiken**, die durch Ablösung an den oberflächenparallelen Abschalungen, Verwitterungen der Schichten, der Bewirtschaftung der Weinberge sowie durch das Zusammenfallen von Trockenmauern entstehen. Eine Übersicht der geschätzten Einzelblockgrößen sowie der erwarteten Gesamtvolumina von Gesteinsabgängen für die Untersuchungsabschnitte ist in Tabelle 5.2-1 enthalten.



Abschnitt [-]	Stationierung		Einzelblockgröße		Gesamtvolumen mögl. Abgang [m³]
	von [km]	bis [km]	bis [m]	bis [m³]	
A1	129,020	129,068	1,4 x 0,6 x 0,2	0,2	ca. 1,5
A2	129,068	129,190	0,2 x 0,25 x 0,3	0,02	ca. 1
A4	129,270	129,400	1,4 x 1,4 x 1,5	3	ca. 25

Tabelle 5.2-1: Geschätzte Einzelblockgrößen und Gesamtvolumina von Gesteinsabgängen.

5.3 Globale Standsicherheit

Nach der als Anlage 5 beigefügten Standsicherheitsuntersuchung stellt sich das Trennflächengefüge im Projektgebiet als günstig dar. Globale Bruchmechanismen sind nicht zu erwarten.

Für das Auftreten von Materialbrüchen sind die Gesteinsfestigkeiten im Vergleich zu den auftretenden Spannungen wesentlich zu hoch.

6. RISIKOBEURTEILUNG

6.1 Methodischer Ansatz

Der **Risikobegriff** wird nach [U 5] als **Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensgröße definiert**.

In Anlehnung an [U 6] wurde die **Schadensgröße** durch die Energie des Stein- und Blockschlag- oder Felssturzereignisses ersetzt.

Nach den Erkenntnissen aus der Geländeaufnahme (Anlage 3.1 sowie Tabelle 5.2-1) werden die in Tabelle 5.2-1 aufgeführten **Eintrittswahrscheinlichkeiten** für Massenbewegungen aus dem Hang angenommen, die im Untersuchungsbereich die DB-Strecke erreichen. Als Bezugsgröße wurde eine



Bauwerkslebensdauer von 50 Jahren gewählt. Die angegebenen **Energien** liegen auf der sicheren Seite, da sie der potentiellen Energie am Auslöseort entspricht.

Ifd. Nr. [-]	Massenbewegung ¹⁾ [-]	Volumen [m³]	Potentielle Energie ²⁾ [kJ]	Wiederkehrzeitraum T [a]	Eintrittswahrscheinlichkeit p ³⁾ [%]	Maßgebender Untersuchungsabschnitt ⁴⁾ [-]
1	Steinschlag	0,001	3	0,5	100	A1, A2, A4
2		0,05	156	1	100	A1, A2, A4
3	Blockschlag	0,1	312	2	100	A1, A2, A4
4		0,25	780	5	100	A1, A2, A4
5		0,5	1.560	10	99	A1, A2, A4
6		2	6.239	20	92	A1, A4
7	Felssturz	5	15.598	25	87	A4
8		10	31.196	50	64	A4
9		25	77.990	100	39	A4

1) nach Tab. 5.1-1

2) $E = m \cdot g \cdot h$; $h = 120$ m

3) bezogen auf einen betrachteten Zeitraum $n = 50$ Jahren; $p = 1 - (1 - 1/T)^n$ nach [U 6]

4) siehe Anlagen 2 und 3.1

Tabelle 5.2-1: Eintrittswahrscheinlichkeiten für Massenbewegungen im Untersuchungsgebiet

Im Folgenden werden folgende **Risikoklassen** unterschieden:

- **Hohes Risiko:** Aufgrund hoher Energie sind erhebliche Sach- und Personenschäden zu erwarten. Darüber hinaus können auch mittlere Energien bei hoher Eintrittswahrscheinlichkeit zu schweren Sach- und Personenschäden führen. Risiken mit mittlerer und niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit sind aufgrund der großen Energie nicht durch passive Sicherungsmaßnahmen beherrschbar. Bezogen auf den betrachteten Schienenverkehr ist bei entsprechend hohen Risiken mit Streckenblockierungen, schweren Schäden am rollenden Material und Zugentgleisungen zu rechnen. Personen sind sowohl innerhalb, als auch außerhalb von Fahrzeugen gefährdet.
- **Mittleres Risiko:** Sach- und Personenschäden sind aufgrund mittlerer und niedriger Energien bei hoher bis niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit zu erwarten. Die Risiken sind durch passive Sicherungsmaßnahmen beherrschbar. Auch in diesem Fall sind schwere Schäden am Fahrweg, an Fahrzeugen sowie eine Blockierung der Strecke und schwere Verletzungen bis hin zu Todesfällen von Fahrgästen ohne Schutzmaßnahmen nicht auszuschließen.



- **Niedriges Risiko:** Sach- und Personenschäden können nicht ausgeschlossen werden. Die Ereignisse haben jedoch nur eine mittlere bis niedrige Eintrittswahrscheinlichkeit. Bei vorherrschend niedrigen Energien werden die Risiken in der Regel zu Sachschäden und ggf. Verletzungen (Überfahrt, Treffer an Fahrzeugen, keine Durchschläge) führen.

Die Risikoklassen sind als Matrix in Abbildung 6.1-1 dargestellt. Die Klassengrenze zwischen hoher und mittlerer Energie wurde bei 10.000 kJ gezogen. Eine entsprechend hohe Energie kann nach derzeitigem Stand der Technik durch Auffangbauwerke aufgenommen werden. Die Klassengrenze zwischen mittlerer und niedriger Energie wurde bei 17 kJ gezogen. Nach der UN/ECE-Regelung Nr. 29 (Anhang 3, Abs. 7.3.5) über einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Fahrzeugen hinsichtlich des Schutzes von Insassen des Fahrerhauses von Nutzfahrzeugen liegt der Prüfwert für die Aufschlagenergie bei seitlichem Aufprall bei 17,6 kJ. Es wird davon ausgegangen, dass Schienenfahrzeuge aufgrund ihrer Konstruktion und Masse diese Aufprallenergie ebenfalls aufnehmen können.

Die vorbeschriebene Klassenabgrenzung aus dem Verkehrswegebau (Straße / Schiene) wird auch in diesem hier vorliegenden Fall angewendet, da mit dieser so ausgeführten Klassifizierung ein "normiertes" Vorgehen für die Sicherungsempfehlungen gewährleistet ist. Zu beachten ist, dass Passanten (Fußgänger, Zweiradfahrer) im gegebenen Fall über keine Schutzvorrichtung wie in einem geschlossenen Fahrzeug verfügen.

Die Klassen für die **Eintrittswahrscheinlichkeiten** wurden mit Bezug auf den erwarteten Wiederkehrzeitraum verschiedener Blockgrößen in Abhängigkeit von der angenommenen Lebensdauer eines Schutzbauwerks von 50 Jahren gewählt (vgl. Tabelle 5.2-1). Eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit beinhaltet einen Wiederkehrzeitraum von 1 bis 30 Jahren; eine niedrige Wahrscheinlichkeit einen Zeitraum von 100 bis 300 Jahren. Die Betrachtung von noch längeren Zeiträumen bei geringeren Wahrscheinlichkeiten ist nicht zweckmäßig. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten beziehen sich auf die Anzahl der Massenbewegungsereignisse, die den **Lichtraum** erreichen. Eine entsprechende Neubildungsrate wird aufgrund der anstehenden Gesteine erwartet.

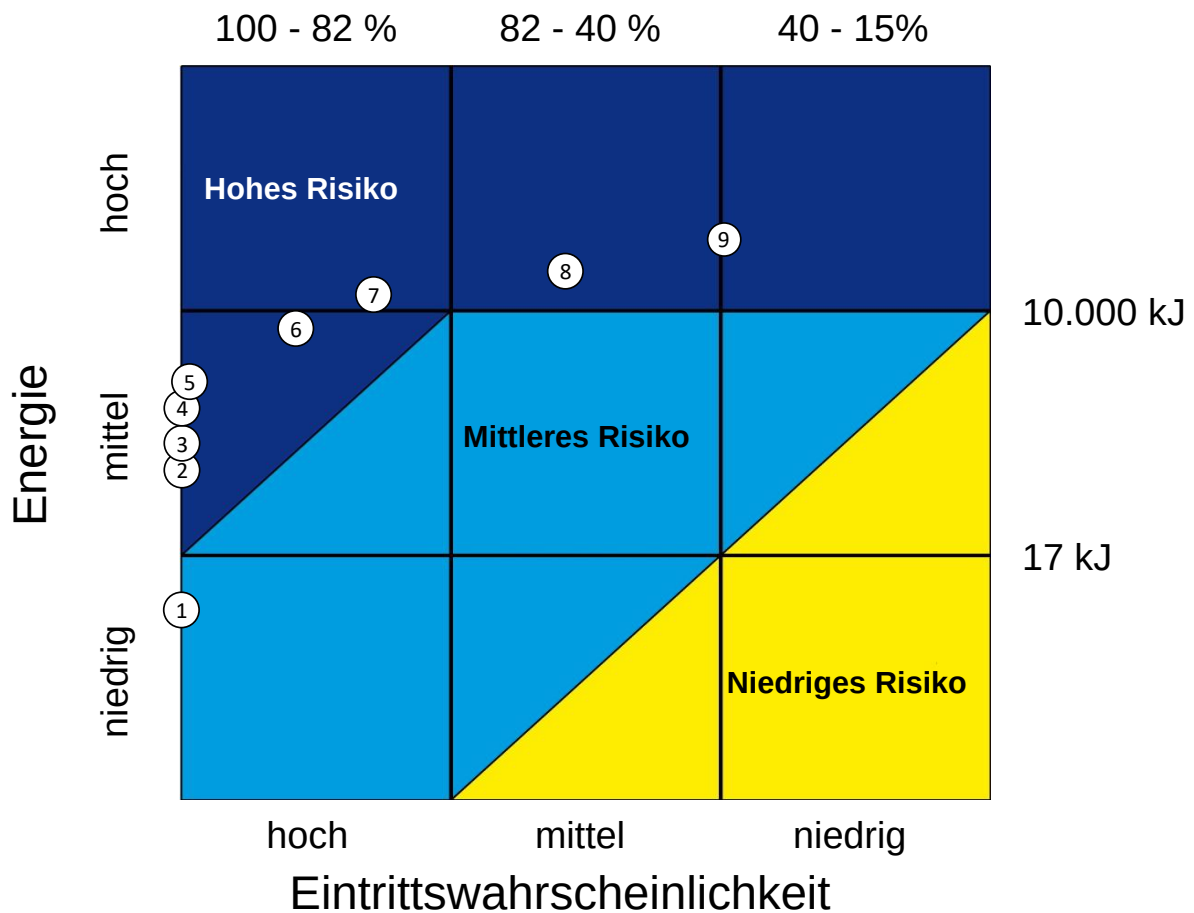


Abb. 6.1-1: Einteilung der Risikoklassen aus Anprall (1 - 9 Blockklassen aus. Tab. 5.2-2)

Mit Bezug auf die Ausführungen in Kap. 6.3 wurden in Abb. 6.1-1 die Blockklassen 1 bis 9 (entsprechen den lfd. Nr.) aus Tabelle 5.2-1 eingetragen.

Risiken können nie ganz eliminiert werden; auch nach Abschluss von Schutzmaßnahmen bleibt ein bestimmtes Risiko übrig (verbleibendes Risiko / **Restrisiko**). Die Höhe des Restrisikos ist abhängig vom angestrebten Sicherheitsniveau (ökologisch vertretbar, ökonomisch verhältnismäßig, sozial verträglich) und dem gewählten Schutzziel („Handlungsbedarf“) [U 9].

6.2 Risikoanalyse

Zur groben Abschätzung des **Risikos von Treffern im Gleisbereich** können in Zusammenhang mit den Ausführungen in Kap. 2.1 und Anlage 3.1 bezüglich Neigung und Höhe des Hangs in Verbindung mit den Quellgebieten der Massenbewegungen in Anlehnung an [U 7] die in den Tabellen 6.2-1 und 6.2-2 aufgeführten Werte angegeben werden. Die Angaben sind als Näherungswerte zu verstehen, da im vorliegenden Untersuchungsbereich abweichende Neigungen und Höhen bestehen.

Zu beachten ist ferner, dass die Werte für den Entwurf von Straßenböschungen aufgestellt wurden und bei den empirischen Versuchen Steine mit unterschiedlichen Durchmesser (bis $\leq 0,9$ m) aus einer definierten (Maximal-)Höhe zum Absturz gebracht wurden. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Ausrollstrecken für ebenes, horizontales Gelände gelten.

Mit Bezug auf die o.a. Abschätzung und die örtlichen Gegebenheiten ist zunächst festzustellen, dass direkte Treffer im Gleisbereich lokal, in Bereichen der steilen Felsausbisse am Gleis, möglich sind (Abschnitte A2, A4) (s. Tabelle 6.2-1).

Hang			Abstand vom Fuß	
Neigung		Höhe	Einschlag	Ausrollen
[v:h]	[°]	[m]	[m]	[m]
Vertikal	90	12,2	4,3	9,0

Tabelle 6.2-1: Reichweite von Massenbewegungen nach [U 7] für Böschungshöhen von ca. 12 m.

Zusätzlich können rollende Steine und Blöcke aus dem oberen Hangbereich zu einer Gefährdung des Gleisbereiches im untersuchten Streckenabschnitt führen (s. Tabelle 6.2-2).

Hang			Abstand vom Fuß	
Neigung		Höhe	Einschlag	Ausrollen
[v:h]	[°]	[m]	[m]	[m]
4 : 1	76	24,4	6,7	24,2

Tabelle 6.2-2: Reichweite von Massenbewegungen nach [U 7] für Hanghöhen bis ca. 24 m.

Die Abstände von Einschlügen sowie die Ausrollstrecken können aufgrund der deutlich größeren Höhen des Hangs auch höher ausfallen. Die Analyse stimmt weitgehend mit der gutachterlichen Einschätzung vor Ort überein.

6.3 Risikozonierung

Mit Bezug auf die oben ausgeführten Kriterien, Anlage 3.1, Tabelle 5.2-2 und Abb. 6.1-1 ist eine **Risikozonierung** für den Bahnbetrieb möglich, die in Tabelle 6.3-1 zusammengefasst ist.

Risiko für Bahnbetrieb	Untersuchungsabschnitt
niedrig	-
mittel	-
hoch	A1, A2, A4

Tabelle 6.3-1: Risikozonierung

Das **hohe Risiko** resultiert danach aus der Blockgröße sowie einer entsprechend hohen Eintrittswahrscheinlichkeit.

Die oben durchgeführte standardisierte Risikozonierung kann durch die gutachterliche Einschätzung vor Ort bestätigt werden.

Wir gehen davon aus, dass ein hohes Sicherheitsniveau angestrebt wird, bei dem nach Abbildung 6.1-1 niedrige Eintrittswahrscheinlichkeiten (Wiederkehrperiode 100 bis 300 Jahre) bei niedrigen Energien (< 17 kJ) toleriert werden. Aus gutachterlicher Sicht sind im Untersuchungsbereich **Sicherungsmaßnahmen erforderlich**.



7. EMPFEHLUNGEN

7.1 Sicherungsvorschlag

Auf Grundlage der Ausführungen in Kapitel 5 wird für die Sicherung der DB-Strecke 2630 zwischen km 129,020 bis km 129,190 sowie km 129,270 bis km 128,940 gegen die Risiken aus dem Hang in den untersuchten Abschnitten A1 und A4 das Aufstellen von **Fangzäunen** zur Ausführung empfohlen. Weiterhin empfehlen wir für den Abschnitt A4 eine **Übernetzung** der am Gleis liegenden Felsausbisse mit einem hochfesten, rückverankerten Stahldrahtgeflecht. Für den Abschnitt A2 wird das Aufstellen eines Auffangbauwerkes mit niedrigem Energieaufnahmevermögen empfohlen, um rollende Steine aus Felsausbissen und Weinbergsmauern vom Gleisbereich fernzuhalten.

Im Abschnitt A4 sind größere Sprunghöhen und Energien nicht auszuschließen. Hier durch Steinschlagsimulationen zu prüfen, ob ggf. weitere Fangzäune im oberen Hangbereich erforderlich sind.

Zur Abwägung der Folgekosten sowie zur Vorabstimmung der Ausführbarkeit und Genehmigungsfähigkeit mit den zuständigen Behörden und anderen fachlichen Beteiligten wird die Aufstellung einer Variantenstudie im Rahmen der weiteren Objektplanung empfohlen.

Mit dem gewählten System können die festgestellten Risiken langfristig minimiert werden und die Sicherheit für den Schienenverkehr gewährleistet werden.

7.2 Baukosten

Nach der als Anlage 7 beigefügten Kostenschätzung ist für die Hangsicherung mit mittleren Baukosten von etwa € 1.500.000 netto (Stand März 2019) zu rechnen. Die Spanne der geschätzten Baukosten wird auf etwa **€ 1.300.000 – 1.700.000 netto** geschätzt.

Es ist zu berücksichtigen, dass diese Schätzung auf einer ersten groben Massenermittlung bei der Ortsaufnahme und der darauf aufbauenden Maßnahmenempfehlung basiert. Die Kosten sind über die entsprechende Masse (m / m²) grob auf Grundlage von Erfahrungswerten abgeschätzt. Für eine



Finanzierungsplanung ist eine Planung auf Grundlage einer Vermessung durchzuführen, die Maßnahmen sind im Zuge dieser Planung abzustimmen. Der vorgenannte Kostenrahmen kann sich daher auch im Zuge dieser Abstimmung noch erheblich nach oben oder unten verändern.

Leistungen für Verkehrssicherungsmaßnahmen / Sperrungen sowie für die weitere Planung und Bauüberwachung sind in den Kosten nicht enthalten.

7.3 Sonstige Empfehlungen

Für den Bereich der geplanten Fangzäune oder anderer Bauwerksgründungen empfehlen wir die Lage der Felslinie sowie die Zusammensetzung und Mächtigkeit der Überlagerung (Hangschuttdecke) zur Festlegung der Homogenbereiche durch eine Baugrunderkundung zu bestimmen. Die gewonnenen Erkenntnisse sind als Grundlage für die weitere Objekt- und Tragwerksplanung – insbesondere für die Bemessung der Pfahllängen für die Rückverankerungen – zu verwenden.

Weiterhin empfehlen wir im Zuge der weiteren Planung durch Steinschlagsimulationen die genaue Lage der Fangzäune zu prüfen.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Die zweigleisige, elektrifizierte DB-Strecke 2630, Köln nach Bingen (Rhein), verläuft zwischen km 129,020 und km 129,400 ca. 1,5 km nordöstlich von Oberwesel entlang der B9. Die Strecke befindet sich in Anschnittslage, rechts der Bahn steigt das Gelände entlang eines Hangs weiter an. Im Rahmen des Risikomanagements der DB Netz AG, Koblenz, soll die DB-Strecke im untersuchten Abschnitt gegen Risiken aus dem Felshang gesichert werden. Im Zuge dessen sollte zunächst eine geotechnische Aufnahme des Hangs erfolgen.

Die geotechnische Aufnahme des Hangs erfolgte im Frühjahr 2019. Im Zuge der Aufnahme wurden Stein-, Blockschlag- sowie Felssturzsrisiken festgestellt, die zu einer Gefährdung des Schienenverkehrs führen können.



Die Risikogröße variiert in Abhängigkeit von den angetroffenen geotechnischen Verhältnissen. Es handelt sich nach unserer gutachterlichen Einschätzung um Risiken, die Sicherungsmaßnahmen erfordern. Zur Minimierung der Risiken wird das Aufstellen von Fangzäunen in den Abschnitten A1 und A4 sowie das Aufstellen eines Auffangbauwerkes mit niedrigem Energieaufnahmevermögen im Abschnitt A2 empfohlen. Weiterhin wird im Abschnitt A4 eine Übernetzung der Felsausbisse am Gleis empfohlen. Die Bauwerkskosten werden auf ca. 1.500.000 € geschätzt.

Die Arbeiten erfordern eine Objekt- und Tragwerksplanung; die Ausführung ist fachtechnisch zu überwachen. Der Naturschutz ist zwingend in die Planung einzubinden. Es wird empfohlen, die Maßnahmen mittelfristig, in den nächsten ca. 3 Jahren, auszuführen.

Zur Beantwortung weiterer Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

i.V. 

Jörn Neumann, M.Sc.
(Stellv. Leiter KC Felsbau Geotechnik)

i.A. 

Daniel A. Kujath, M.Sc.
(Projektgeologe)

- Verteiler:**
- DB Netz AG Koblenz, Herr Frank Ortmeier, Koblenz, 2 x, davon 1 x vorab per E-Mail an <frank.ortmeier@ingnieurbau.koblenz.de>
 - Dr. Spang GmbH, Witten, 1 x