

Baugrundgutachten/ Geotechnischer Bericht mit Anlagen

Felssicherung Mittelrheintal

TO 31 - Schlossberg

Strecke 3507 Wiesbaden-Ost - Niederlahnstein

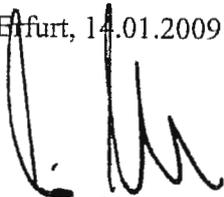
Bericht: 4235-TO31/ 01
Geotechnischer Bericht

Auftraggeber: DB Projektbau
Niederlassung Mitte
I.BV-MI-P(7)
Frankenstraße 1 - 3
56068 Koblenz

c/o: LINDSCHULTE Ingenieurgesellschaft mbH
Beratende Ingenieure VBI
Krämpferstraße 2
99084 Erfurt

Dieses Gutachten umfasst 29 Seiten und 6 Anlagenkomplexe.

Erfurt, 14.01.2009



Dr.-Ing. U. Köhler
Geschäftsführer

Dipl.-Ing. C. Artschwager
Projektingenieur

INHALTSVERZEICHNIS

1. Vorgang und Aufgabenstellung	4
2. Grundlagen	5
2.1 UNTERLAGEN.....	5
2.2 ARBEITEN IM GELÄNDE.....	5
2.3 STANDORT	6
2.3.1 Überblick zum Gesamtbauvorhaben.....	6
2.3.2 TO-31 – Schlossberg.....	7
2.4 GEOLOGIE/ INGENIEURGEOLOGIE	8
2.4.1 Überblick zum Gesamtbauvorhaben.....	8
2.4.2 TO-31 – Schlossberg.....	10
3. Hang- und Felsböschungen	12
3.1 INGENIEURGEOLOGISCHE KARTIERUNG UND BEWERTUNGSKONZEPT.....	12
3.2 GEOTECHNISCHE BEWERTUNG UND TECHNISCHE MAßNAHMEN.....	14
3.2.1 Überblick TO31	14
3.2.2 Abschnitte	16
3.2.3 Rechenwerte.....	26
3.3 HINWEISE FÜR DIE WEITERE PLANUNG	28

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Strecken- und Objektdaten	6
Tab. 2: Untergliederung Bornhofen -Schichten.....	11
Tab. 3: Gesteins-/ Felskennwerte.....	28

ANLAGENVERZEICHNIS

A 1	Lagepläne und Ansicht
A 1.1	Übersichtslageplan, M 1:100.000, Auszug aus /U2/
A 1.2	Lageplan, M 1:25.000, Auszug aus /U3/
A 1.3	Lageplan mit Höhen-Isolinien DGM /U4/ und Bewertungsband zur Hang-/ Böschungsgefährdung, M 1:1.000
A 1.4	Ansicht Gesamt mit Teilabschnitten und Gefährdung
A 1.5	Ansicht Gesamt mit Messpunkten und Gefährdung
A 1.6	Lageplan mit Verlauf und Nummerierung Profilschnitte, M 1:2.000

-
- A 2 Fels-/ Trennflächenkartierung Abschnitt A
 - A 2.1 tabellarische Ergebniszusammenstellung (3 Blatt)
 - A 2.2 Diagrammdarstellungen (Polpunkte, Großkreise) mit Hang- und Trassenverlauf sowie Bilddokumentation (5 Blatt)

 - A 3 Fels-/ Trennflächenkartierung Abschnitt B
 - A 3.1 tabellarische Ergebniszusammenstellung (1 Blatt)
 - A 3.2 Diagrammdarstellungen (Polpunkte, Großkreise) mit Hang- und Trassenverlauf sowie Bilddokumentation (2 Blatt)

 - A 4 Fels-/ Trennflächenkartierung Abschnitt C
 - A 4.1 tabellarische Ergebniszusammenstellung (2 Blatt)
 - A 4.2 Diagrammdarstellungen (Polpunkte, Großkreise) mit Hang- und Trassenverlauf sowie Bilddokumentation (4 Blatt)

 - A 5 Fels-/ Trennflächenkartierung Abschnitt D
 - A 5.1 tabellarische Ergebniszusammenstellung (1 Blatt)
 - A 5.2 Diagrammdarstellungen (Polpunkte, Großkreise) mit Hang- und Trassenverlauf sowie Bilddokumentation (2 Blatt)

 - A 6 Fels-/ Trennflächenkartierung Abschnitt E
 - A 6.1 tabellarische Ergebniszusammenstellung (2 Blatt)
 - A 6.2 Diagrammdarstellungen (Polpunkte, Großkreise) mit Hang- und Trassenverlauf sowie Bilddokumentation (5 Blatt)

1. Vorgang und Aufgabenstellung

Im Auftrag der Deutschen Bahn AG, Region Mitte, werden durch die vertragsabwickelnde Stelle *DB ProjektBau GmbH, Regionalbereich Mitte*, Leistungen der Planung für 7 Fels- und Hangsicherungsmaßnahmen im Mittelrheintal betrieben. Für die Maßnahmen lagen bis zum Zeitpunkt der Beauftragung der Planungsleistungen nur vorläufige und sehr frühe Risikoabschätzungen/Erstbewertungen der Felsabschnitte vor. Eine geotechnische Grundlage im Sinne eines geotechnischen Berichtes nach DIN 4020 respektive Ril 836.0200 (dort Abschnitt 3) liegt für die Objekte in diesen Planungsabschnitten noch nicht vor.

Im Auftrage der DB ProjektBau GmbH, Regionalbereich Mitte, ist die Erstellung der geotechnischen Berichte an die LINDSCHULTE Ingenieurgesellschaft mbH Erfurt beauftragt worden. Die Beauftragung betrifft die geotechnische Grundlagenermittlung/Erstellung geotechnischer Bericht für die im folgenden Abschnitt 2.3.1 genannten Einzelobjekte des Gesamtbauvorhabens. Die geotechnischen Berichte werden für jedes einzelne Teilobjekt gesondert erstellt. Der vorliegende Bericht behandelt die Maßnahme:

TO 31-Schlossberg in der Strecke 3507 Wiesbaden-Ost – Niederlahnstein

In dem besonderen Falle der geotechnischen Grundlagenermittlung für Hang- und Felssicherungen oberhalb der Bahnanlagen müssen die geotechnischen Arbeiten im Gelände praktisch ohne physische Untersuchungen durch Bohrungen und/oder Sondierungen ausgeführt werden. Die hierzu erstellenden geotechnischen Berichte basieren auf

- Geländebegehungen für die Aufzeichnung von besonderen morphologischen Merkmalen, von gesteins-/gefügekundlichen Merkmalen markanter Felsabschnitte und einer Risikoabschätzung für die Bahnanlagen im Gelände,
- der Auswertung von Lageplänen auf der Basis von Laserscans (geomorphologische Bewertung),
- einer intensiven ingenieurgeologischen Grundlagenrecherche (Karten, Spezialliteratur) und
- einer Abgrenzung markanter Risikobereiche im Gelände zur Verifizierung von konkreten Bauwerkstypen bzw. -abschnitten.

Die Mehrzahl der hier auszuführenden Sicherungsbauwerke sind Steinschlagschutzzäune, Murgangbarrieren, Vernagelungen und Vernetzungen. Hauptaufgabe des geotechnischen Berichtes ist es, aufgrund der geomorphologischen und ingenieurgeologischen Merkmale im Gelände, Bauabschnitte derart einzugrenzen, dass für diese die entsprechenden Bauwerke erkannt und geplant werden können. Die geotechnischen Grundlagen für die Bemessung der Bauwerke sind in geeigneten geomechanischen Modellen darzustellen. In diesem Sinne haben diese „Baugrundgutachten“ nach DIN 4020 eine Sonderstellung im Planungsprozess zwischen geotechnischer Grundlagenermittlung und Entwurfsplanung. Sie sind, obwohl Überschneidungen nicht vollständig vermieden werden können, weitestgehend von dem durch die HOAI Leistungsinhalte definierten Umfang der Vorplanung abzugrenzen.

2. Grundlagen

2.1 Unterlagen

- U1 Vertrag
- U2 Übersichtskarte M 1:100.000 (1992)
- U3 Rheinland-Pfalz, LA f. Vermessung und Geobasisinformation: Topographische Karte TK25plus, M 1:25.000 (digital)
- U4 Streckenlagepläne mit Baufeldgrenzen und Höhenisolinelinien DGM, M 1:1.000
- U5 Geologische Übersichtskarte und Profil des Mittelrheintales, Prof. Dr. W. Meyer, Prof. Dr. J. Stets, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland – Pfalz , M1:100.000, Mainz 2000
- U6 Geologische Karte, Blatt 5711 Boppard, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland – Pfalz , M1:25.000, Mainz 2005
- U7 Geologische Karte, Blatt 5812 Sankt Goarshausen, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland – Pfalz , M1:25.000
- U8 Geologische Karte, Blatt 5912 Caub, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland – Pfalz , M1:25.000
- U9 Meyer, W., Stets, J., Das Rheintal zwischen Bingen und Bonn, Sammlung geologischer Führer, BD. 89, Borntraeger , Berlin – Stuttgart, 1996
- U10 Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland – Pfalz (Hrsg.), Geologie von Rheinland Pfalz, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 2005
- U11 BEHR, H. J., KLENGEL, K. J., RICHTER, H. C.: Ingenieurgeologische Überwachung und Bewertung von Felsböschungen bei der Deutschen Reichsbahn. Dt. Eisenbahntechnik 16 (1968) H. 6, S. 305 – 309
- U12 Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden - Württemberg, Landeserdbebendienst kooperieren an der Rheinschiene, LGRB – Nachrichten, Nr. 25, 2002
- U13 Nebel und Partner: Felssicherung Mittelrheintal, Strecke 3507 Wiesbaden-Ost - Niederlahnstein, TO 31 – Schlossberg. Übersicht Profilnummerierung M 1.2.000 und Profilschnitte (dwg-Dateien), per E-mail am 08. und 09.01.2009

2.2 Arbeiten im Gelände

Als Grundlage für die Bewertung von Standsicherheit und Gefährdung des Hanges wurden die Fels- und Lockergesteinsböschungen ausgehend von der Bahnstrecke in gesamter Höhe ingenieurgeologisch kartiert. Die Kartierung erfolgte als normale Böschungsbegehung, Böschungsbegehung mit persönlicher Schutzausrüstung (PSA) gegen Absturz bzw. Böschungsbegehung mit Arbeitsplatzpositionierung am Seil nach BGI 772.

Im Zuge der Kartierungsarbeiten wurden das auf Laserscandaten basierende DGM /U4/ verifiziert.

2.3 Standort

2.3.1 Überblick zum Gesamtbauvorhaben

Die im Zuge dieses Projektes bearbeiteten Teilobjekt liegen im, zum Rheinischen Schiefergebirge gehörenden, Mittelrheintal. Die Teilobjekte befinden sich entlang der B9 und B42 zwischen Rüdesheim am Rhein und Bingen am Rhein im Süden und Koblenz im Norden an den DB Strecken 3507 Wiesbaden-Ost – Niederlahnstein und 2630 Köln - Bingen. Die Teilobjekte 26 bis 31 liegen rechtsrheinisch, das Teilobjekt 32 linksrheinisch. Tabelle 2 stellt die Strecken- und Objektdaten zusammen.

Tab. 1: Strecken- und Objektdaten

Teilobjekt-Nr.	Teilobjekt-Name	Eckpunkt-Koordinaten		Strecken-Kilometrierung	
		Rechtswert	Hochwert	von	bis
Strecke 3507 Wiesbaden-Ost – Niederlahnstein					
26	Hamm	3408887	5554411	88.430	88.800
		3409512	5554411		
		3408887	5553781		
		3409512	5553781		
27	Hardungsberg	3410773	5551816	84.970	85.120
		3411367	5551816		
		3410773	5551282		
		3411367	5551282		
28	Wasserhaus	3411889	5550507	82.840	83.520
		3412710	5550507		
		3411889	5549789		
		3412710	5549789		
29	Kauber Werth	3412337	5549906	81.550	82.760
		3412878	5549906		
		3412337	5548493		
		3412878	5548493		
30	Obertal	3412333	5548607	80.600	81.500
		3412816	5548607		
		3412333	5547580		
		3412816	5547580		
31	Schlossberg	3402276	5565123	103.400	103.900
		3403426	5565123		
		3402276	5564278		
		3403426	5564278		
Strecke 2630 Köln – Bingen					
32	Josef und Anna	3409982	5551678	133.840	135.420
		3411711	5551678		
		3409982	55549805		
		3411711	55549805		

2.3.2 TO-31 – Schlossberg

Das Teilobjekt Schlossberg behandelt einen rechtsrheinischen Hang ca. 2km südlich der Ortslage Kamp - Bornhofen. Am Fuß des Hanges verläuft die DB-Strecke 3507 Wiesbaden-Ost – Niederlahnstein, parallel dazu zwischen DB-Strecke und Rheinufer die Bundesstraße B42. Das Baulosende liegt südlich des Klosters Bornhofen und des Abzweiges der Loreley - Burgen – Straße K103 von der B42. Am oberen Hangende befinden sich die Burgen Sterrenberg und Liebenstein.

Das Teilobjekt besitzt eine Länge von 500 m. Zwischen Bauanfang bei Kilometer 103.40 und Bauende bei Kilometer 130.90 stehen die Oberleitungsmasten Nr. 103-11 bis 103-28.

Die Höhe des bewertungsgegenständlichen Hanges beträgt ab SO rd. 210 m. Die Hang-/ Felsbereiche, von denen potentiell eine Gefährdung ausgeht, befinden in einer Höhe bis maximal rd. 180 m über SO. Der Abstand zwischen Lichtraumprofil und Hangfuß schwankt zwischen 2 m und 15 m.

Das Generalstreichen des Hanges ist parallel zum Rhein bzw. zur DB-Strecke Nordwest – Südost orientiert. Die Generalneigung beträgt gemittelt ca. 40 bis 45 ° (nach Südwest). Im Detail ist die Morphologie des Hanges, stark tektonisch vorgeprägt, in vier markante Felsrücken /-stufen und zwischenliegende schuttgefüllte Rinnen bzw. flankierende Hangflächen untergliedert. Die Felsrücken /-stufen selbst zeigen bestimmt durch das Hauptkluftsystem dominant orthogonal bis leicht schräg sowie parallel zum Hang streichende Felsböschungen. Vor allem parallel zur Streichrichtung des Hanges sind teils mehrere meter- bis dekameterbreite schuttbedeckte Zwischenbermen ausgebildet, deren Oberfläche bestimmt durch Schichtung und Schieferung nach Südosten bis Süden einfällt. In den schuttgefüllten Rinnen bzw. flankierenden Hangflächen dominiert ein orthogonal zum Hangstreichen, d. h. nach Südwest orientiertes Einfallen.

In den schuttbedeckten Rinnen zwischen den Felsrücken und Bermen innerhalb der Felsböschungen besteht im gesamten Hang eine lichte, nach unten zunehmend dichte Baum- und Buschvegetation. Form und Aktivität des Bewuchses lassen vor allem im Talbereich der Schuttrinnen auf aktive Rutschungen schließen. Die Felsböschungen sind mit Ausnahme von Vorsprüngen/ Zwischenbermen im wesentlichen vegetationsfrei.

men, d. h. die Störungsflächen sind schaufelförmig verbogen. Die Schieferung der Gesteine zeigt meist ebenfalls „erzgebirgisches“ Streichen und ein Einfallen nach Südosten, selten nach Nordwesten.

Im rechtsrheinischen Schiefergebirge sinkt der Deformationsgrad von Süden nach Norden ab. Der südliche Bereich besteht aus überschobenen Decken, im nördlichen Bereich herrscht Faltenbau vor, was auf eine Einengung aus südöstlicher Richtung schließen lässt. Das linksrheinische Schiefergebirge wird ebenfalls durch weitreichende Überschiebungen unterteilt.

Das **Mittelrheintal** wird in weiten Bereichen von Hunsrück und Taunus begrenzt. In diesen Teilen des Rheinischen Schiefergebirges sind mächtige, monotone Tonschieferfolgen der Siegen- bzw. Unterems-Stufe des Unterdevons aufgeschlossen, die als Hunsrückschiefer bezeichnet werden. Die stratigrafische Einteilung der Hunsrückschiefer ist im Bereich des Mittelrheintals sehr schwierig. Sie werden der Siegen- und Unterems – Stufe zugeordnet. Die Mächtigkeit der Schieferablagerungen beträgt im Abschnitt des Mittelrheins zwischen Loreley und Lorch ca. 3000 m, kann aber auch höhere Werte erreichen. Die Hunsrückschiefer besitzen häufig eine dunkelgraue bis schwarze Farbe, ein Hinweis auf hohe Gehalte an organischen Substanzen. Die Feinkörnigkeit großer Teile der Schieferablagerungen weist auf Stillwassersedimentation hin, in den Bereichen mit Dachschiefervorkommen treten allerdings gehäuft Feinsandsteinlagen auf.

Die einzelnen Teilobjekte liegen in einem Abschnitt des Mittelrheins, welcher von zwei Überschiebungszonen, der Boppard – Dausenauer Überschiebungszone in Norden und der Taunuskamm – Überschiebungszone im Süden, begrenzt wird (Abb.1, blau markiert). Das Gebiet zwischen der „Maisborn – Gründelbach Mulde“ und der Taunuskamm – Überschiebungszone setzt sich aus mächtigen Schichtpaketen mit einem Einfallen nach Südosten zusammen. Die Gesteine in den Hunsrückschiefer – Arealen zeigen durchweg eine ausgeprägte Schieferung Sf1. Im Vergleich zu den nördlich gelegenen Gebieten, in den vermehrt karbonatische Gesteine auftreten, ist entlang des Mittelrheintals eine Verkleinerung der Öffnungswinkel der Falten zu beobachten.

Die Schieferungsflächen werden häufig von einer weiteren Flächenschar geschnitten oder deformiert. Diese lässt sich einer weiteren Schieferung Sf2 zuordnen. Die Deformationen durch die Schieferung Sf2 liegen im mm- bis dm- Bereich. Die zweite Schieferung wurde in den Gebieten südlich der Boppard – Dausenauer Überschiebungszone bis zur Taunuskamm – Überschiebungszone beobachtet. Sie besitzt meist ein Einfallen nach Nordwesten. In diesem Bereich treten Schuppenstrukturen mit steil nach Südosten einfallenden Aufschiebungen auf, d.h. die gefalteten Schichten werden durch Störungen in kleinere schuppenförmige Pakete zerteilt. Abbildung 2 veranschaulicht die Entstehung derartiger Schuppenstrukturen. Der „Salziger Sattel“ und die nördlich von Oberwesel gelegene „Maisborn – Gründelbach Mulde“ zeigen in einigen Gebieten zusätzliche Schuppenstrukturen. Die Schuppenstrukturen werden durch einzelne Bewegungsbahnen beschränkt, welche vermutlich einen „listrischen“ Verlauf besitzen.

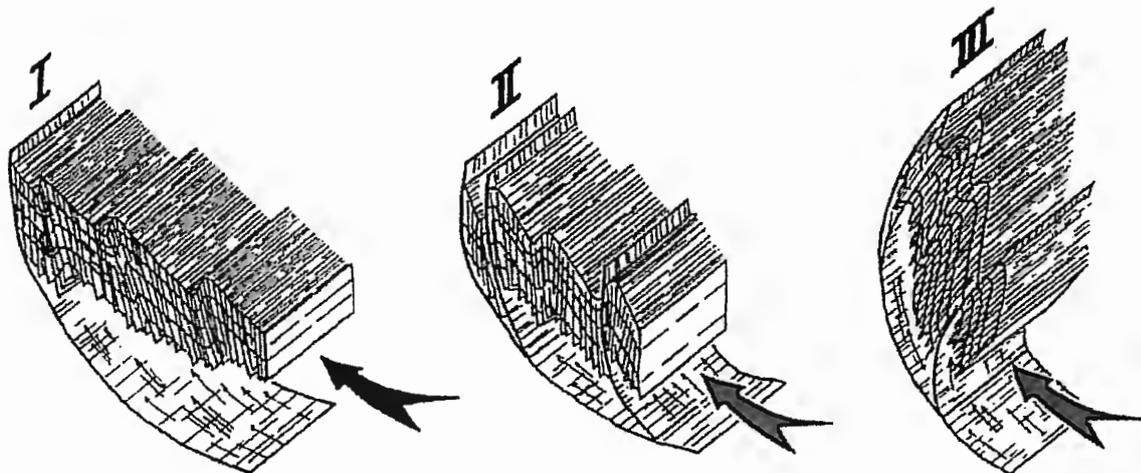


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Entwicklung von Schuppen und Antivergenz /U9 /

I. Faltung II. Anlegen von Aufschiebungen III. Entwicklung der Antivergenz

Nach Angaben des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden - Württemberg liegt der Mittelrhein in einer Schwächezone. Durch die Kollision der afrikanischen mit der europäischen Platte entstehen Spannungen, die sich bis in den Rheingraben fortsetzen und Erdbeben auslösen. Die Lage der Epizentren in den vergangenen 30 Jahren spricht für eine anhaltende seismische Aktivität entlang des Rheins, vor allem in den südlichen und mittleren Teilen des Rheinlaufs. Im Mittelrheintal besteht Erdbebengefährdung. Erdbebenwellen können Block-, Felsstürze und Rutschungen auslösen /U12/.

Für die Ermittlung der Erdbebengefährdungskarte, bzw. Erdbebengefährdungszonenkarte nach DIN 4149 wird eine mittlere Referenz – Wiederkehrperiode von 475 Jahren angenommen. Dies ist gleichzusetzen mit der Wahrscheinlichkeit des Auftretens oder Überschreitens von 10% innerhalb von 50 Jahren. Innerhalb der Erdbebenzone wird von einer homogenen Gefährdung ausgegangen. Ausgenommen sind Variationen, die durch Unterschiede des Untergrundes hervorgerufen werden können.

Das Teilobjekt 31 Schlossberg gehört nach DIN 4149 zur Erdbebenzone 1 sowie zur Untergrundklasse R. Die Erdbebenzone 1 umgrenzt Gebiete, denen ein Intensitätsintervall von 6,5 bis <7,0 und daraus resultierend eine Bodenbeschleunigung $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$ zugeordnet ist. Die Intensität beschreibt die Bodenbeschleunigung bei Erdbeben, basierend auf Auswirkungen auf Menschen und Objekte, sowie Schäden an Gebäuden. Die DIN 4149 verwendet die Europäische Makroseismische Skala (EMS). Die Untergrundklasse R wird Gebieten mit Felsuntergrund zu geordnet.

2.4.2 TO-31 – Schlossberg

Das Teilobjekt Schlossberg befindet sich im Topbereich des Salziger Sattels. Die Hunsrück-schiefer im Salziger Sattel werden den Bornhofen – Schichten zu geordnet. Funde von *Acrospirifer primaevus* ermöglichten den Nachweis von der Siegenfazies. Die Unteren Bornhofen – Schichten mit einer Mächtigkeit von 275 m wurden daraufhin dem Siegen (Herdorf –

Unterstufe) zugesprochen. Die Mittleren und Oberen Bornhofen – Schichten wurden in das Ems (Ulmen – Unterstufe) eingeteilt. Die Siegen/Ems – Grenze wird durch das Verschwinden von *Acrospirifer primaevus* markiert.

Tab. 2: Untergliederung Bornhofen -Schichten

	Beschreibung
Untere Bornhofen -Schichten	tonige Sedimente
Mittlere Bornhofen - Schichten	tonig – siltige Sedimente
Obere Bornhofen – Schichten	Tonschieferfolge, zum Hangenden hin Einschaltungen von Sandsteinbänken, sandige Serie aus grauen bis grünlichgrauen Sandsteinen bis Quarziten, abwechselnd mit sandigen Tonschiefern mit Mächtigkeit von 300 m bis 500 m

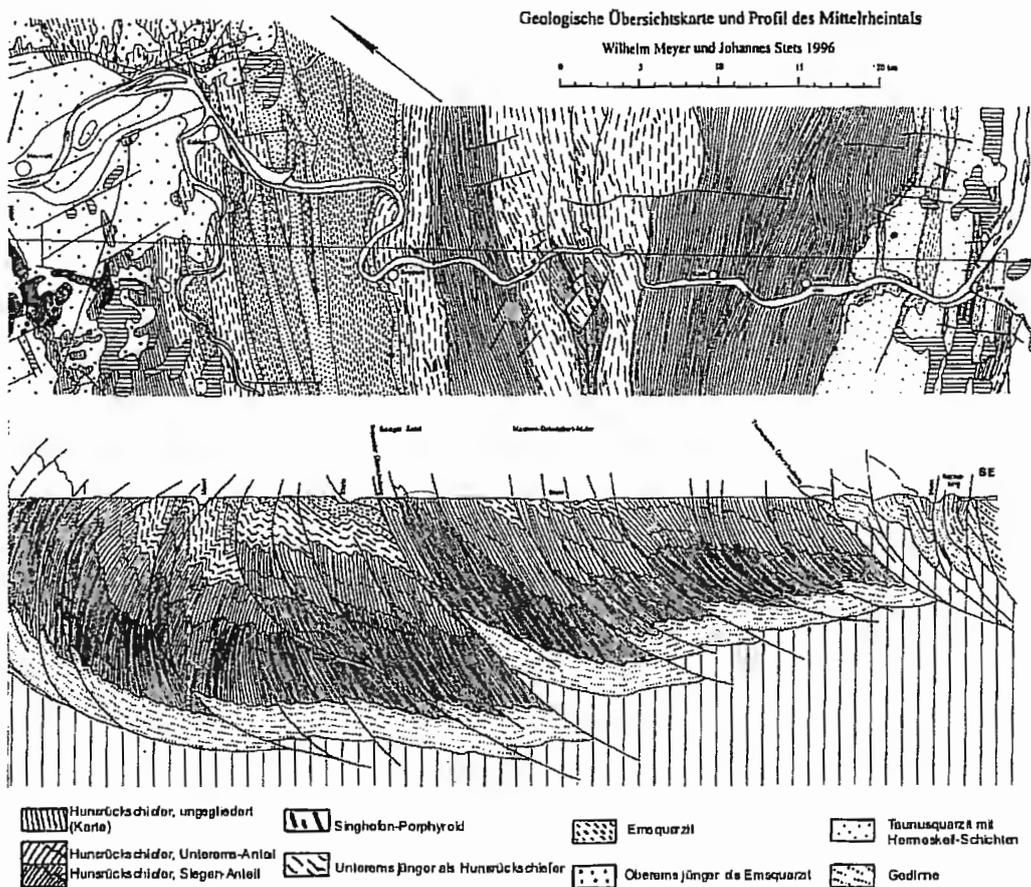


Abbildung 3: Geologische Karte und Profil des Mittelrheintals /U9/ (Teilobjekt 31 Schlossberg im rot markierten Bereich)

Es ist nicht genau geklärt, in welchem Umfang die Mittleren und Oberen Bornhofen – Schichten die Gesamtheit der Hunsrückschiefer im Salziger Sattel umfassen. Aus dem Hunsrück und Taunus sind Mächtigkeiten von maximal 3000 m bekannt. Allerdings können Teile der Schichten durch im Streichen des Gebirges verlaufende listrischen Auf- und Überschiebungen verdeckt sein.

Der behandelte Hang im Teilobjekt Schlossberg wird wahrscheinlich aus den Oberen Bornhofen – Schichten gebildet, in denen in die Tonschiefer Sandstein- und Quarzithorizonte mit Mächtigkeiten im Dezimeterbereich eingeschaltet sind. Die Sandsteine und Quarzite sind in der Regel ungeschiefert und nicht weiter in der Schichtung unterteilt. Sie sind deutlich verwitterungsresistenter als die Tonschieferhorizonte und verfügen auf Grund der geringeren Durchtrennung über eine kleinere Permeabilität. In Tonschieferhorizonten wurde auch Runzel- bzw. Krenulationsschieferung festgestellt. Diese entsteht häufig während der Faltung bereits geschieferter Gesteine. Dabei wird die Schieferung kleinmaßstäbig gefaltet (krenuliert oder gerunzelt). Es entstehen kleine Knitterfalten. Davon betroffene Tonschieferhorizonte sind in ihrer Verwitterungsresistenz markant vermindert und besitzen eine verstärkte Permeabilität.

Auf Grund der speziellen Gebirgs- und Gesteinseigenschaften ist daher anzunehmen, dass die Oberflächen der Bermen in den Felsböschungen (vgl. Kap. 2.3.2) aus diesen Sandsteinhorizonten gebildet werden. Sie dürften weiterhin die beobachteten kleinen Schichthöhlen/ Hohlräumen am Fuß der hangseitigen Felsböschungen verursacht haben.

Die unterschiedliche Verwitterungsresistenz der Horizonte wirkt sich auch auf die Blockbildung aus. Ausbrechende Blöcke aus den Sandsteinhorizonten zeigen im Gegensatz zu Blöcken aus Tonschieferhorizonten daher eine deutlich geringere Volumenabnahme im Zuge des Transports.

Schichtung und Schieferung zeigen ein generelles Streichen Nordost - Südwest. Die Schichtung und Schieferung Sf1 fallen parallel zu den Schuppenstrukturen in südöstliche Richtungen ein. Die Schieferung Sf2 fällt dagegen meist gegenständig nach Nordwesten ein.

3. Hang- und Felsböschungen

3.1 Ingenieurgeologische Kartierung und Bewertungskonzept

Als Grundlage für die Bewertung von Standsicherheit und Gefährdung des Hanges wurden die Fels- und Lockergesteinsböschungen ausgehend von der Bahnstrecke in gesamter Höhe ingenieurgeologisch kartiert. Die Kartierung erfolgte als normale Böschungsbegehung, Böschungsbegehung mit persönlicher Schutzausrüstung (PSA) gegen Absturz bzw. Böschungsbegehung mit Arbeitsplatzpositionierung am Seil nach BGI 772.

Häufig unterliegen Trennflächensysteme in der jeweiligen Dominanz der Ausbildung und der Raumlage einer erheblichen Schwankung und Streuung. Auch Exposition und Neigung der Felsböschungen sowie die übrigen Parameter des Trennflächengefüges, wie z. B. Trennflächenabstand, Ausbisslänge und Öffnungsweite, können erheblich variieren, so dass eine Bewertung, insbesondere der kinematisch möglichen Versagensmechanismen auf Basis von Mit-

telwerten zu einem ungenauen und damit ggf. unsicheren oder aber auch unwirtschaftlichen Ergebnis führen würde.

Schwerpunkt der geotechnischen/ingenieurgeologischen Kartierung wurde daher auf Zonen gelegt, in denen unter Berücksichtigung der gesamten Gefügeeigenschaften von Fels- bzw. Kluffkörpern einschließlich der Morphologie und Exposition der Felsböschung eine potentielle Versagens-/ Standsicherheitsgefährdung besteht. In entsprechenden Zonen wurden mit der Fels-/ Trennflächenkartierung in Messpunkten zusammengefasst neben der Raumlage der Trennflächen soweit vorhanden und einmessbar

- der Trennflächenabstand,
- die Öffnungsweite
- die Ausbisslänge,
- der Verlauf,
- die Oberflächenform und Rauigkeit sowie
- Füllungen und Wasserführungen

dokumentiert.

Im Ergebnis der Kartierung ist der Hang mit den Fels- und Lockergesteinsböschungen nach morphologischen und ingenieurgeologischen Gesichtspunkten sowie der daraus abgeleiteten Gefährdung in (Homogen-) Abschnitte untergliedert worden. Diese sind im Lageplan der Anlage 1.3 und in einem Übersichtsfoto, Anlage 1.4, in ihrer Lage und ungefähren räumlichen Erstreckung dokumentiert. Anlage 1.3 enthält weiterhin ein Bewertungsband mit folgender Untergliederung:

- Strecken-Kilometer,
- Abschnitt,
- Beschreibung,
- Gefährdung und
- Sicherungsmaßnahmen.

Die Gefährdung der Böschungen ist mit einer empirischen Bewertungsmethode nach /U11/ abgeschätzt worden. Anlage 3 enthält für einen exemplarischen Fall die verwendete Bewertungstabelle mit Gefährdungsdiagramm.

Die Größen- und Massenabschätzung nicht direkt erreichbarer Kluff-/ Ausbruchkörper erfolgte auf fotometrischer Basis in Korrelation zu angrenzenden Blöcken, deren Abmessungen aufgenommen werden konnten. Unter Berücksichtigung der entsprechenden Verzerrungen konnten so Volumenabschätzungen erfolgen, die erfahrungsgemäß den Erfordernissen einer zutreffenden Massenermittlung entsprechen.

Die je Abschnitt und Messpunkt eingemessenen Trennflächen sind im 1. Gliederungspunkt der Anlage 2 tabellarisch zusammengestellt. Der 2. Gliederungspunkt zeigt für jeden Messpunkt als ebene und räumliche Lagekugelprojektion (Schmidt'sches Netz) die Polpunkte und Großkreise der Trennflächen, die Großkreise von Hang- und Felsböschung sowie einzelne Detailfotos.

3.2 *Geotechnische Bewertung und technische Maßnahmen*

3.2.1 *Überblick TO31*

Nach morphologischen und ingenieurgeologischen Gesichtspunkten sowie der daraus abgeleiteten Gefährdung in (Homogen-) Abschnitt wurde der Hang im TO 31 - Schlossberg in die **Abschnitte A bis F** unterteilt.

Die Abschnittunterteilung orientiert sich im Wesentlichen an die geomorphologische Situation mit den markante Felsrücken /-stufen und zwischenliegenden schuttgefüllten Rinnen bzw. flankierenden Hangflächen.

Die in den geologischen Unterlagen beschriebenen geologischen und tektonischen Verhältnisse haben sich mit der Fels-/ Trennflächenkartierung für den gesamten Hang bestätigt.

Die Felsböschungen werden aus Tonschiefern sowie Sandstein- und Quarzithorizonten der Oberen Bornhofen – Schichten gebildet. Sie sind durch tektonische Vorbelastung intensiv geschiefert (S1, selten S2) und geklüftet (K1 bis K4). Die Schichtung (Sch) tritt untergeordnet auf.

Der Fels ist an der Böschungsoberfläche im Wesentlichen entfestigt und in seinem Gefüge bereits bis in Tiefen von rd. 1,0 bis 2,0 m aufgelockert. Klüfte sind im mm- bis cm-Bereich geöffnet. Nach Bewertung der Böschungsoberflächen schwanken die Durchtrennungsgrade aller Trennflächen erheblich, wobei sie tendenziell mit größerem Abstand zur Böschungsoberfläche abnehmen. An den Böschungsschultern sowie an Vorsprüngen wurden Felsbewegungen/ Gefügeauflockerungen infolge Wurzeldruck beobachtet. Die Ausbildung von Kluftwasser- und/ oder Frostdruck ist möglich. Mehrfach wurde Wild beobachtet (Auslöser für Stein-schlag aus Lockermassen).

Die Kluftkörper sind nach MÜLLER¹ meist kleintäfelig/ schiefrig bis quaderig-bankig geformt. Kinematische sind gleitende, kippende und fallende Bewegungen gelöster Kluftkörper bzw. von Felsblöcken möglich. Abgleitende Kluftkörper/ Blöcke beginnen auf der Böschung mit hoher Wahrscheinlichkeit zu rotieren und können fallen. Mit dem Transport werden die Kluftkörper/ Felsblöcken vorwiegend in kleintäfelige, mit zunehmendem Entfestigungsgrad auch bis splitterige Körper zerteilt.

Die **Schieferung S1** fällt mit 30 bis 50 ° nach Südost bis Südsüdost (140 bis 160 °), d.h. schräg in die Südwest-Nordost orientierten Felsböschungen ein. Sie bestimmt zusammen mit der Schichtung den Verlauf und die Orientierung der Bermen in den Felsböschungen. Sie verläuft großmaßstäbig wellig und ist kleinmaßstäbig eben und glatt ausgebildet. Die Trennflächenabstände schwanken zwischen 1 und 30 cm. Die Schieferung S1 ist an der Felsoberfläche bei intensiver Auflockerung bis 3 cm geöffnet. Sie kann zeitweise Wasser führen und lässt sich bis zu 3m verfolgen. Nur lokal wurde eine zweite, entgegen orientierte **Schieferung S2** beobachtet. Die Schieferung S2 ist schwer einmessbar, da sie nur selten sichtbar ist.

¹ MÜLLER, L.: Der Felsbau. Bd. 1, Stuttgart 1963

Die **Schichtung Sch** ist mit 130 bis 160 ° vergleichbar zur Schieferung S1 ebenfalls nach Südost bis Südsüdost orientiert, bei nahe zu gleicher Neigung (30 bis 50 °). Sie verläuft groß- und kleinmaßstäbig eben und ist dominant glatt ausgebildet. Die Trennflächenabstände schwanken meist zwischen 1 und 50 cm. Die Schichtung Sch ist im Wesentlichen nicht geöffnet. Die Ausbisslänge schwankt zwischen 6 und 12 m. Temporär können die Schichtflächen Wasser führen.

Die Zwischenbermen haben sich bevorzugt in Schichtbereichen stärkerer Verwitterungsempfindlichkeit der Gesteine ausgebildet. Darauf deuten an vielen Zwischenbermen Hohlkehlbildungen am Fuß der bergseitigen Felsböschungen hin.

Das **Kluftsystem** wird von den Hauptkluftscharen K1, K2 und K3 bestimmt, die mehr oder weniger orthogonal zueinander stehen. Untergeordnet tritt die Kluftchar K4 auf. Die einzelnen Klüfte können auch überkippt auftreten. Sie werden dann als K1', K2', K3' und K4' bezeichnet. Die Auflockerungstiefe des Felsen mit stark geöffneten Klüften beträgt rd. 1,00 bis 1,50 m. Offene Klüfte sind hier meist mit Gesteinsgrus und -stücken gefüllt. Nach DIN 4022 handelt es sich hierbei um Kiese und Steine mit schwach tonigen bis tonigen Beimengungen. Offene Klüfte können temporär Wasser führen.

Die **Klüftung K1** steht mit 79 bis 89 ° annähernd senkrecht. Sie fällt nach Westen bis Westnordwesten (268 bis 298 °) ein und bildet damit im Wesentlichen die Oberfläche der querschlägig zum Tal orientierten Felswände. Sie verläuft großmaßstäbig wellig bis gestuft und ist kleinmaßstäbig meist eben und rau ausgebildet. Die Trennflächenabstände schwanken dominant zwischen 20 und 200 cm. Die Klüftung K1 hält im Meterbereich aus und ist an der Felsoberfläche bis 6 cm geöffnet. Die Klüftung K1 stellt das dominierende Trennflächenelement dar. Für sie wird ein Durchtrennungsgrad nahe 1 eingeschätzt. Es durchtrennt den Fels in große Felsblöcke/-scheiben. In überkippter Form fällt die **Klüftung K1'** mit 61 bis 85 ° nach Osten (88 bis 100 °) ein. Ansonsten unterscheidet sie sich nicht von der Klüftung K1.

Die **Klüftung K2** fällt mit 65 bis 83 ° nach Südwesten (201 bis 242 °) ein und bildet damit im Wesentlichen das bestimmende Element für die parallel zum Hang streichenden Felsböschungen. Sie verschneidet sich meist mit den Klüften K3 bzw. K4. Sie verläuft großmaßstäbig eben, ist kleinmaßstäbig meist uneben und rau ausgebildet sowie lokal nach der Oberflächenstruktur als Gleitfläche zu charakterisieren. Die Trennflächenabstände schwanken dominant zwischen 35 und 200 cm. Die Klüftung K2 hält im Dekameter-Bereich aus und ist an der Felsoberfläche bis 20 cm geöffnet. Bei überkippter Lagerung fällt die **Klüftung K2'** mit 85 / 86 ° nach Nordosten (40 bis 52 °) ein. Die Klüftung K2' tritt sehr selten und untergeordnet auf.

Die **Klüftung K3** fällt mit 67 bis 89 ° nach Norden (348 bis 4 °) ein. Sie verläuft großmaßstäbig eben bis unregelmäßig und ist kleinmaßstäbig rau sowie eben bis uneben ausgebildet. Die Trennflächenabstände schwanken zwischen 20 und 100 cm. Die Klüftung K3 hält bis etwa 6 m aus und ist an der Felsoberfläche bis max. 6 cm geöffnet.

Die **Klüftung K4** fällt mit 69 bis 88 ° nach Nordwesten (302 bis 339 °) ein. Sie verläuft großmaßstäbig eben bis unregelmäßig und ist kleinmaßstäbig uneben und rau ausgebildet. Die Trennflächenabstände schwanken zwischen 10 und 150 cm. Die Klüftung K4 hält bis etwa

10 m aus und ist an der Felsoberfläche bis max. 5 cm geöffnet. Bei überkippter Lagerung fällt die Klüftung K4' mit 71 / 76 ° nach Südosten (120 / 160 °).

3.2.2 Abschnitte

Das gesamte Baulos ist morphologisch stark differenziert und musste für eine genauere Betrachtung in verschiedene Homogenbereiche untergliedert werden. Ausschlaggebend für die Abgrenzung der Homogenbereiche waren die akkumulierte Gefährdungsabschätzung aus Rutschungs- und Steinschlagereignissen für den Bahnbetrieb sowie die Bewegungsrichtung mobilisierter Massen. Daraus resultierend verlaufen die Grenzen der einzelnen Homogenbereiche nicht orthogonal zum Gleis.

Im gesamten Baulos wurden in den letzten Jahren Ablagerungen einzelner Stein sowie im Bereich der beiden Schuttrinnen gleisnahe kleinere Rutschmassen im bzw. neben dem Gleis festgestellt. Für die dabei mobilisierten Massen traten vor allem zwei Arten der Bewegung auf:

- Kippen und Fallen aus offenen Felsbildungen mit anschließendem rotieren und dadurch verspringen über den Hang in Richtung Gleis und
- Gleiten von Schuttmassen im Bereich der Rutschhänge ausgelöst durch Stützmauerbrüche und/oder Mobilisierung von Schuttmassen auf Grund extremer Wetterereignisse.

Als Bemessungsgrundlage für die geplanten Sicherungseinbauten dienten die Größe der angefallenen abgelösten Blockpakete in Zusammenhang mit den festgestellten Trennflächendaten sowie die Korngröße und -verteilung der Hangschuttmassen.

Im folgenden werden die einzelnen Homogenbereiche beschrieben.

3.2.2.1 Homogenbereich A (km 103,40 – km 103,45)

Am Baulosanfang ist am Hangfuß ein horizontaler Fangraum auf Höhe des Gleisniveaus von ca. 15m Breite vorhanden. Dieser verjüngt sich nach Norden hin bis auf 5m.

Der Homogenbereich A wird morphologisch durch drei abgestufte, von S nach N mit ca. 40°-45° ansteigende Felsriegel und zwischengelagerte, als Rutschhänge ausgebildete Schutthänge gebildet. Die Oberkante des dritten Felsriegels endet bei annähernd 160 müNN (~ 90m ü Gleis).

Die Höhe der einzelnen Felsbänder schwankt zwischen 10m und 25m. Die Ausrichtung der offenen Felsbildung korreliert im wesentlichen mit den im geologischen Teil des Gutachtens beschriebenen Ausrichtungen der K1 und K3 Flächen.

In weiten Bereichen der offenen Felsbildungen sind erhebliche Massen hinterschnitten, entlang der Schieferung unterschritten und bilden stark ausbruchgefährdete Blockpakete mit einem Volumen zwischen 10m³ und 150m³. Ein verkippen dieser Blockpakete konnte an Hand von Klüftweitendifferenzen zwischen Hangfuß und Hangkopf (an MP 5 im Meterbereich) nachgewiesen werden.

Aus den oberhalb des untersten Felsbandes ausbrechende Schuttmassen (ab ca. 25m über Gleis nach oben) können auf Grund der Hanggeometrie über die jeweils unter ihnen liegen-

den Schutthänge in Richtung Gleis verspringen und dieses direkt erreichen. Dies wird durch im gesamten Streckenbereich beobachtete einzelne Steine belegt.

Aus dem untersten Felsriegel ausbrechende einzelne Steine erreichen auf Grund des zwischen Gleis und Fels befindlichen Fangraumes sowie der vorhandenen Fangmauer nicht das Gleis.

Bei einem möglichen Ausbruch von Steinen und Blockpaketen aus dem an Homogenbereich B angrenzenden unteren Felsriegel zwischen km 103,42 und km 103,45 ist mit einem verspringen von Schuttmassen bis in das hangseitige Gleis zu rechnen.

Bei Blockschlagereignissen zerkleinern sich die mobilisierten Massen auf Grund des hohen Durchtrennungsgrades des Gebirges mit jedem Aufschlag. Auf den Bermen sowie am Hangfuß wurden einzelne plattige bis quaderförmige Blöcke mit einer Größe von 2,0m x 0,8m x 0,4m (0,64m³) beobachtet. Der Anteil von Blöcken dieser Größenordnung liegt augenscheinlich unter 1% der Gesamtschuttmasse. In der Regel schwankt das Volumen zwischen Kieskorngößen und 0,8m x 0,4m x 0,2m (0,064 m³). Der Feinkornanteil der Schuttmassen nimmt mit der Tiefe zu und dürfte nach augenscheinlicher Abschätzung zwischen 10% und 15% liegen.

Die auf den einzelnen Felsbändern abgelagerten Schuttmassen sind stark rutschgefährdet. Dies wird durch Säbelwuchs an den vorhandenen Bäumen sowie lokale Rutschungen im gesamten Hangbereich belegt. Abgleitende und über die Abbruchkante stürzende Schuttmassen im Bereich der Hankante können dabei das Gleis erreichen. Insgesamt verringert sich dieses Risiko für die Bahnanlagen nach Süden und mit abnehmender Höhe zum Gleis.

Auf Grund eines abgelösten und über einen Meter verkippten Blockpaketes direkt an der südlichen Baulosgrenze mit einem Volumen von annähernd 150m³ empfiehlt es sich, trotz eines relativ ausgedehnten Fangraumes am Hangfuß, das Baulos bei Kilometer 103,36 beginnen zu lassen.

Zur Gewährleistung der Sicherheit des Bahnbetriebes empfehlen sich im Homogenbereich A kurzfristig bauliche Sicherungsmaßnahmen durch Steinschlagschutznetze, Steinschlagschutzgitter und punktuelle Einzelsicherungen.

3.2.2.2 Homogenbereich B (km 103,45 – km 103,50)

Der Homogenbereich B stellt durchgehend einen Schutthang mit erheblichen, vor allem im unteren Hangbereich neben dem Gleis abgelagerten Schuttmassen dar. Die Hangneigung schwankt zwischen 25° und lokal bis 55°. Im Mittel liegt sie bei 38° - 45°. Die Hangeinfallrichtung schwankt zwischen 175° und 225° (S – SW).

Sicherungseinbauten in Form alter Natursteintrockenmauern sind im gesamten Hangbereich vorhanden. Der Zustand dieser Einbauten ist insgesamt mit schlecht bis sehr schlecht zu beurteilen. Häufig haben diese bereits versagt und dabei erhebliche Schuttmassen aus den ehemaligen Füllräumen mobilisiert. Im Zuge dieser Ereignisse dürften einzelne Steine und Blöcke immer wieder das Gleis erreicht haben und erreichen.

Auffallend ist die Bildung einer Rinne entlang des südlich angrenzenden Felsbandes. Auf Grund der Funktion als „Liefergebiet“ für Schutt- und Blockmassen für den gesamten Rinnebereich wurde dieses Felsband dem Homogenbereich B zugeordnet.

Der grob- bis gemischtkörnige Hangschutt ist durchlässig bis stark durchlässig, so dass Oberflächenwasser trotz der deutlichen Hangneigung im hohen Maße versickern wird. Infolge der Geländemorphologie muss bei Starkregenereignissen innerhalb der Geländerinne /-mulde von einer geländenahen, etwa hangparallelen Schichtwasserführung ausgegangen werden.

Büsche und Bäume sind im gesamten Rinnenbereich durch starken Säbelwuchs und Schrägstellung gekennzeichnet. Geringe Vitalität und teils vollständig abgestorbene Baumbestände deuten auf durch Kriechbewegungen beschädigte Wurzelräume hin.

Für die Abschätzung der Gefährdung für den Bahnbetrieb ist eine geteilte Betrachtung des Hanges in unterschiedlichen Höhenlagen sowie des südlich angrenzenden Felsbandes erforderlich.

Oberer Rinnenbereich:

Im oberen Rinnenbereich zwischen 140müNN und 220müNN ist nur ein relativ lichter Bewuchs mit „Steineichen“ und Buschwerk vorhanden. Oberflächennah sind über den gesamten Bereich frische, lokale Rutschungen erkennbar. Die Hangneigung schwankt zwischen 55° und 42°. Die Kornverteilung des oberflächennahen sichtbaren Schuttmaterials ist im Vergleich zum Hangfuß deutlich in Richtung kleinerer Korngrößen verschoben. Dies legt den Schluss nahe, dass größere Stein- und Blockausbrüche nach einer Mobilisierung bis in den unteren und mittleren Hang abrollen. Der Feinkornanteil des Schuttmaterials dürfte nach augenscheinlicher Abschätzung zwischen 15% und 25% liegen.

Nach unten wird dieser Bereich durch eine etwa 5m hohe Stütz- Fangmauer (komplett angefüllt) begrenzt. Der Zustand dieser Mauer ist als sehr schlecht anzusehen. Der nördliche Flügel ist ausgebrochen. Im Mauerwerk sind erhebliche Ausbauchungen vorhanden.



Im Versagensfall würden Teile der ausbrechenden Schuttmassen mit hoher Sicherheit das Gleis erreichen.

Die Gefährdung für den Bahnbetrieb ist als hoch (gelb) anzusehen. Mittelfristig ist diese Einschätzung auf Grund des schlechten Zustandes der Stütz- Fangmauer und fortschreitender Erosionsprozesse mit sehr hoch zu bewerten.

Mittlerer Rinnenbereich:

Im mittleren Rinnenbereich zwischen 140müNN und 90müNN sind Bewuchsreste in Form abgestorbener Robinien sowie an den Rinnenflanken einzelne Bergahorne vorhanden. Alle Stämme weisen Säbelwuchs auf. Ein Teil der Bäume hat keine Verbindung zum mittleren und tieferen Wurzelwerk und ist abgestorben. Dies unterstützt die Gefährdungseinstufung der Rutschung in den Status „sehr hohe Gefährdung“.

Die Hangneigung schwankt zwischen 35° und 45°. Die oberflächennahen Stein- und Blockgrößen steigen im Vergleich zum oberen Rinnenbereich deutlich an. Einzelne Blöcke erreichen ein Volumen von annähernd 1,5m³. Gleichzeitig sinkt der sichtbare Feinkornanteil und lagert sich im Untergrund ab (Gefahr des Erreichens der Fließgrenze bei Starkregen). Eine Abschätzung der prozentualen Feinkornanteile ist hier nur schwer möglich.

Unterer Rinnenbereich:

Im wesentlichen wie der mittlere Rinnenbereich. Verschärfend für die Gefährdungseinstufung kommt die direkte Gleisnähe hinzu. Schuttmassen im unteren m³-Bereich wurden in den letzten Jahren durch die DBAG an dieser Stelle aus dem Gleis geräumt. Die Stein- und Blockgröße erreicht maximal 1,6m x 0,8m x 0,4m. Im Mittel liegt sie bei 0,35m x 0,20m x 0,10m. Der Kegelfuß wird von einer übervollen Stützmauer vor dem abrutschen in Richtung Gleis gehalten.

Der Zustand dieser Fangmauer muss auf Grund von Rissbildungen als kritisch eingeschätzt werden.

Die Hangneigung schwankt zwischen 22° am direkten Hangfuß und 35° bei ca. 90müNN. Die Abflachung der Hangneigung ist auf die Ablagerung beträchtlicher Schuttmassen hinter der Stütz- Fangmauer direkt neben dem Gleis zurück zu führen.

Auf Grund der Rissbildungen innerhalb der gleisnahen Stütz- Fangmauer am Hangfuß sowie wegen deren Überfüllung ist die Gefährdung des Gleisbetriebes durch Murenabgang/Hangrutschung mit hoch einzuschätzen. Eine Sicherung gegen Rutschungen sowie Steinschlag ist erforderlich.

südliches Felsband :

Aus der südlich gelegenen Nordflanke der angrenzenden Felsbildungen heraus brechende Steine (durch K1- und K3-Flächen gebildete undifferenzierte Felskante) erreichen ungehindert die Schuttrinne und können auf Grund der hohen Anfangsenergie über diese bis direkt zum Gleis verspringen und/oder abrollen. Dies belegen die Funde einzelner Steine auf der dem Hang abgewandten Seite der DB-Strecke. Der Ausbruch ganzer Blockpakete mit einem Volumen von 10m³ und darüber ist möglich. Auf Grund der petrographischen Gegebenheiten sowie der starken Durchtrennung des Gebirges zerfallen ausbrechende Blockpakete in Einzelstücke von maximal 1,6m x 0,8m x 0,4m (~0,5m³). Eine Sicherung des Bahnbetriebes gegen Steinschlag ist erforderlich. Die Gefährdung der Gleisanlagen ist mit sehr hoch einzuschätzen.

Zur Gewährleistung der Sicherheit des Bahnbetriebes empfehlen sich im Homogenbereich A kurzfristig bauliche Sicherungsmaßnahmen durch Bodenvernagelungen, Steinschlagschutznetze, Steinschlagschutzzäune und punktuelle Einzelsicherungen.

3.2.2.3 Homogenbereich C (km 103,50 – km 103,55)

Der Homogenbereich C wird morphologisch durch zwei abgestufte, von S nach N mit ca. 40°-45° ansteigende Felsriegel und zwischenengelagerte, als Rutschhänge ausgebildete Bermen gebildet. Die Höhe der einzelnen Felsbänder schwankt zwischen 10m und 30m. Die Ausrichtung der offenen Felsbildung korreliert im wesentlichen mit den im geologischen Teil des Gutachtens beschriebenen Ausrichtungen der K1 und K3 Flächen. Die Endhöhe der offenen Felsbildungen liegt bei 170 müNN (96 müGleis).

In weiten Bereichen der offenen Felsbildungen sind erhebliche Massen hinterschnitten, entlang der Schieferung unterschnitten und bilden stark ausbruchgefährdete Blockpakete mit einem Volumen zwischen 10m³ und 100m³.

Aus dem unteren Felsband ausbrechende Schuttmassen können auf Grund der Hanggeometrie direkt in Richtung Gleis abrollen und dieses erreichen. Erhebliche abgelagerte Schuttmassen

am Hangfuß und eine komplette Auffüllung der am Hangfuß befindlichen, stellenweise gerissenen Fang- Stützmauer verstärken die Gefährdung der Gleisanlagen.

Aus dem oberen Felsband ausbrechende Schuttmassen verspringen zunächst über die zwischen den Felsbändern liegende Berme und werden teilweise in südlicher Richtung abgelenkt. Bei Blockschlagereignissen zerkleinern sich die mobilisierten Massen auf Grund des hohen Durchtrennungsgrades des Gebirges mit jedem Aufschlag. Auf den Bermen sowie am Hangfuß wurden einzelne plattige bis quaderförmige Blöcke mit einer Größe von 2,0m x 0,8m x 0,4m (0,64m³) beobachtet. Der Anteil von Blöcken dieser Größenordnung liegt augenscheinlich unter 1% der Gesamtschuttmasse. In der Regel schwankt das Volumen zwischen Kieskorngößen und 0,8m x 0,4m x 0,2m (0,064 m³). Der Feinkornanteil der Schuttmassen nimmt mit der Tiefe zu und dürfte nach augenscheinlicher Abschätzung zwischen 10% und 15% liegen.

Die auf den einzelnen Felsbändern abgelagerten Schuttmassen sind stark rutschgefährdet. Dies wird durch Säbelwuchs an den vorhandenen Bäumen sowie lokale Rutschungen im gesamten Hangbereich belegt. Ableitende und über die Abbruchkante stürzende Schuttmassen im Bereich der Hankante erreichen mit hoher Sicherheit das Gleis.

Zur Gewährleistung der Sicherheit des Bahnbetriebes empfiehlt sich kurzfristig im gesamten Homogenbereich eine Sicherung durch Steinschlagschutznetze und Steinschlagschutzzäune.

3.2.2.4 Homogenbereich D (km 103,55 – km 103,62)

Der Homogenbereich D wird durch eine ausgeprägte, steile Schuttrinne sowie die südlich und nördlich angrenzenden Liefergebiete gebildet.

Der grob- bis gemischtkörnige Hangschutt ist durchlässig bis stark durchlässig, so dass Oberflächenwasser trotz der deutlichen Hangneigung im hohen Maße versickern wird. Infolge der Geländemorphologie muss bei Starkregenereignissen innerhalb der Geländerinne /-mulde von einer geländenahen, etwa hangparallelen Schichtwasserführung ausgegangen werden.

Büsche und Bäume sind im mittleren und unteren Rinnenbereich durch starken Säbelwuchs und Schrägstellung gekennzeichnet. Geringe Vitalität und teils vollständig abgestorbene Baumbestände deuten auf durch Kriechbewegungen beschädigte Wurzelräume hin.

Nach Norden erstreckt sich ein schuttbedeckter, in der Neigung von Schichtung und Schieferung dominierter und nur sporadisch von kleinen übersteilen Felsböschungen gegliederter Hangabschnitt.

Schuttrinne:

Die als akut einzuschätzende Rinne erstreckt sich annähernd orthogonal zum Gleis.

Oberer Rinnenbereich:

Im oberen Rinnenbereich zwischen 110müNN und 160müNN ist kein Bewuchs im direkten Rinnenbereich mehr vorhanden. Oberflächennah sind über den gesamten Bereich frische, lokale Rutschungen erkennbar. Die Kornverteilung des oberflächennahen sichtbaren Schuttma-

teriales ist im Vergleich zum Hangfuß deutlich in Richtung kleinerer Korngrößen verschoben. Der Feinkornanteil dürfte deutlich über 10% liegen.

Schuttmaterial: X,Y; u,t

Mittlerer Rinnenbereich:

Im mittleren Rinnenbereich zwischen 90müNN und 110müNN sind Bewuchsreste in Form abgestorbener Robinien sowie an den Rinnenflanken einzelne Bergahorne vorhanden. Alle Stämme weisen Säbelwuchs auf. Einzelne Stämme wurden durch Blockschlag gefällt (Einschlagstellen am Stamm sichtbar). Der überwiegende Teil der Bäume hat keine Verbindung zum mittleren und tieferen Wurzelwerk. Dies unterstützt die Einstufung der Rutschung in den Status „akut“.

Die oberflächennahen Stein- und Blockgrößen steigen im Vergleich zum oberen Rinnenbereich deutlich an. Einzelne Blöcke erreichen ein Volumen von annähernd 1,5m³. Gleichzeitig sinkt der sichtbare Feinkornanteil und lagert sich mit hoher Wahrscheinlichkeit im Untergrund ab (Gefahr des Erreichens der Fließgrenze).

Schuttmaterial: X,Y; (u',t' - u,t)

Unterer Rinnenbereich:

Im wesentlichen wie der mittlere Rinnenbereich. Verschärfend für die Gefährdungseinstufung kommt die direkte Gleisnähe hinzu. Schuttmassen im unteren m³-Bereich wurden in den letzten Jahren durch die DBAG an dieser Stelle aus dem Gleis geräumt. Die Stein- und Blockgröße erreicht maximal 1,6m x 0,8m x 0,4m. Im Mittel liegt sie bei 0,35m x 0,20m x 0,10m (Schuttmaterial: X,Y; (u',t' - u,t).

Der Kegelfuß wird von einer ca. 0,70m – 2,0m hohen, übervollen Stützmauer vor dem abrutschen in Richtung Gleis gehalten. Der Höhenversprung der Stützmauer liegt etwa bei Kilometer 103,587. Der höhere Teil der Fangmauer liegt in Richtung Nord (Lahnstein).

Der Zustand dieser Fangmauer muss auf Grund von Rissbildungen als kritisch eingeschätzt werden. Die im mittleren und oberen Rinnenbereich liegenden Fangmauern sind entweder nicht mehr vorhanden oder aber reichen nicht mehr in das Rinnenprofil hinein.

südliches Liefergebiet :

Aus der südlich gelegenen Nordflanke der angrenzenden Felsbildungen heraus brechende Steine erreichen ungehindert die Schuttrinne und können auf Grund der hohen Anfangsenergie über diese bis direkt zum Gleis abrollen. Dies belegen die Funde einzelner Steine auf der Hangabgewandten Seite der DB-Strecke. Der Ausbruch ganzer Blockpakete mit einem Volumen von 10m³ und darüber ist möglich. Auf Grund der petrographischen Gegebenheiten sowie der zum teilweise starken Durchtrennung des Gebirges zerfallen ausbrechende Blockpakete in Einzelstücke von maximal 1,6m x 0,8m x 0,4m (~0,5m³).

nördliches Liefergebiet :

Rutschmassen aus den nördlichen gelegenen Südflanken des angrenzenden Felsbereiches erreichen die Rinne und füllen diese auf. Dabei handelt es sich überwiegend um vergleichsweise langsame Rutschbewegungen. Diese Rutschmassen füllen die oben beschriebene Rinne auf, dürften aber die Gleisanlagen nicht direkt erreichen.

Die Rinnenneigung schwankt zwischen 38° am Hangfuß und steigt im mittleren und oberen Hangbereich auf bis zu 55° an. Diese Hangneigungen wurden mit dem Klinometer des Geologenkompass aufgenommen. Beim abgreifen der Hangneigungen über die gelieferten Höhenprofile ergeben sich im Schnitt Neigungen zwischen 40° und 44°.

Auf Grund der beobachteten Ereignisse der letzten Jahre, der Hanggeometrie, der interpolierten Trennflächenverläufe, der Kornverteilung des angesammelten Schuttmaterials sowie auf Grund des nicht mehr vorhandenen Fangraumes am Hangfuß (kleine Fangmauer übervoll) ist die beschriebene Rutschung als akut einzustufen.

Als auslösender Faktor für das Abrutschen großer Schuttmassen müssen nach den Erfahrungen angrenzender Rutschhänge und auf Grund der örtlichen Gegebenheiten das Entfernen von Restbewuchs sowie extreme Starkregen angesehen werden.

Zur Gewährleistung der Sicherheit des Bahnbetriebes empfiehlt sich zwischen km 103,550 und km 103,590 auf Grund der als akut einzuschätzenden Gefährdung eine sofortige Sicherung durch gleisnahe Bodenvernagelung mit aufgelegtem Ringnetz, durch Steinschlagschutz-zäune und lokale Steinschlagschutznetze. Die Errichtung der weiteren Sicherungseinbauten muss unseres Erachtens nach auf Grund der sehr hohen Gefährdung des Bahnbetriebes zeitnah im Anschluss an die „Sofortmaßnahme“ und mit den oben genannten Grundelementen erfolgen.

3.2.2.5 Homogenbereich E (km 103,62 – km 103,77)

Der Homogenbereich E stellt einen Schutthang mit erheblichen, vor allem im unteren Hangbereich neben dem Gleis abgelagerten Schuttmassen sowie einzelnen von S nach N mit ca. 40°-45° ansteigenden Felsriegeln dar.

Der auflagernde grob- bis gemischtkörnige Hangschutt ist durchlässig bis stark durchlässig, so dass Oberflächenwasser trotz der deutlichen Hangneigung im hohen Maße versickern wird. Infolge der Geländemorphologie muss bei Starkregenereignissen innerhalb der Geländerinne /-mulde von einer geländenahen, etwa hangparallelen Schichtwasserführung ausgegangen werden.

Büsche und Bäume sind im gesamten Rinnenbereich durch starken Säbelwuchs und Schrägstellung gekennzeichnet. Geringe Vitalität und teils vollständig abgestorbene Baumbestände deuten auf durch Kriechbewegungen beschädigte Wurzelräume hin.

Die Hangneigung der Schutthänge schwankt zwischen 25° und lokal bis 55°. Im Mittel liegt sie bei 38° - 45°. Die Hangeinfallsrichtung schwankt zwischen 175° und 225° (S – SW). Das Einfallen bewegt sich in einer Bandbreite zwischen 70° und 90°. Offene Felsbildungen streichen annähernd NNE-SSW und ESE-WNW und korrelieren mit den eingemessenen K1 und K2-Flächen.

Sicherungseinbauten in Form alter Natursteintrockenmauern sind im gesamten Hangbereich vorhanden. Der Zustand dieser Einbauten ist insgesamt mit schlecht bis sehr schlecht zu beurteilen. Häufig haben diese bereits versagt und dabei erhebliche Schuttmassen aus den ehemaligen Füllräumen mobilisiert. Im Zuge dieser Ereignisse dürften einzelne Steine und Blöcke immer wieder das Gleis erreichen.

Die offenen Felsbildungen sind weniger markant ausgeprägt als in den Abschnitten A bis D. Trotzdem erreichen sie Höhen von bis zu 25m. Auf Grund des hohen Durchtrennungsgrades des Gebirges und bis 1,5m Tiefe entlang der Schichtflächen unterschrittener Felsbereiche muss mit Blockausbrüchen im mittleren und oberen m³-Bereich gerechnet werden. Auf Grund der Hanggeometrie können ausbrechende Kluftkörper speziell zwischen Kilometer 103,64 und 103,75 das Gleis erreichen. Die hier im Hangschutt angetroffenen Einzelblöcke hatten maximale Abmessungen von 2,0m x 1,2m x 0,4m. Der Anteil von Blöcken dieser Größenordnung im Hangschutt liegt deutlicher unter 1%. Die Größe des Grobkornes im Hangschutt liegt in einer Bandbreite von Kies Korngröße bis 0,6m x 0,3m x 0,15m (0,027 m³).

Die Gefahr von Rutschungen ist für den Bahnbetrieb auf Grund der Rissbildungen innerhalb der gleisnahen Stütz- Fangmauer am Hangfuß sowie wegen deren Überfüllung von Kilometer 103,62 bis 103,65 als stark einzustufen. Eine Sicherung gegen Rutschungen sowie Steinschlag ist erforderlich.

Der nördlich angrenzende Gleisbereich von Kilometer 103,65 bis Kilometer 103,69 wird durch Steinschlag sowie kleinere Rutschungen im unteren m³-Bereich aus den angrenzenden Hangbereichen gefährdet. Die Gefährdung ist mit „mittel“ einzustufen.

Zur Gewährleistung der Sicherheit des Bahnbetriebes empfiehlt sich im gesamten Homogenbereich eine Sicherung durch gleisnahe Bodenvernagelung mit aufgelegtem Ringnetz, durch Steinschlagschutzzäune und lokale Steinschlagschutznetze.

3.2.2.6 *Homogenbereich F (km 103,77 – km 103,90)*

Der Homogenbereich F stellt einen Schutthang mit erheblichen, vor allem im unteren Hangbereich neben dem Gleis abgelagerten Schuttmassen sowie einzelnen kleineren, von S nach N mit ca. 40°-45° ansteigenden Felsriegeln dar. Die Hangneigung der Schutthänge schwankt zwischen 25° und lokal bis 55°. Im Mittel liegt sie bei 38° - 40°. Die Hangeinfallrichtung schwankt zwischen 180° und 230° (S – SW). Offene Felsbildungen streichen annähernd NNE-SSW und ESE-WNW und korrelieren mit den eingemessenen K1 und K3-Flächen. Das Einfallen der Felsbildungen bewegt sich in einer Bandbreite zwischen 70° und 90°

Sicherungseinbauten in Form alter Natursteintrockenmauern sind im gesamten Hangbereich vorhanden. Der Zustand dieser Einbauten ist insgesamt mit schlecht bis sehr schlecht zu beurteilen. Häufig haben diese bereits versagt und dabei erhebliche Schuttmassen aus den ehemaligen Füllräumen mobilisiert.

Die offenen Felsbildungen sind weniger ausgeprägt als in den Abschnitten A bis E. Sie erreichen Höhen von bis zu 15m. Auf Grund des hohen Durchtrennungsgrades des Gebirges und bis 0,8m entlang der Schichtflächen unterschrittener Felsbereiche muss mit Blockausbrüchen im m³-Bereich gerechnet werden. Auf Grund der Hanggeometrie können ausbrechende Kluftkörper das Gleis erreichen.

Die Gefahr von Rutschungen ist für den Bahnbetrieb auf Grund der Hanggeometrie sowie der Ablagerung größerer Mengen Feinkornanteil im unteren Teil der Hangschuttbedeckungen bei längerem Starkregen sowie nach längeren Frostperioden als „mittel“ einzustufen. Eine Sicherung gegen Rutschungen sowie Steinschlag ist mittelfristig erforderlich.

Der Gleisbereich zwischen Kilometer 103,76 Kilometer 103,82 wird durch Steinschlag aus den angrenzenden nahen Felsbildungen gefährdet. Die Gefährdung ist mit „hoch“ einzustufen, da ausbrechende Kluffkörper ungehindert das Gleis erreichen können.

Zur Gewährleistung der Sicherheit des Bahnbetriebes empfiehlt sich mittelfristig im gesamten Homogenbereich eine Sicherung durch gleisnahe Bodenvernagelung mit aufgelegtem Ringnetz, sowie kurzfristig durch Steinschlagschutzzäune und lokale Steinschlagschutznetze an den gleisnahen offenen Felsbildungen.

Bewertung/ Sicherungsmaßnahmen

Auf Grund der beobachteten Ereignisse der letzten Jahre, der Hanggeometrie, der interpolierten Trennflächenverläufe, dem Bewuchs, der Kornverteilung des Schuttmaterials sowie auf Grund des nicht mehr vorhandenen Fangraumes am Hangfuß (kleine Fangmauer übertoll) sind die Schuttrinnen als aktive Rutschung mit sehr hoher akuter Gefährdung einzustufen. Als auslösender Faktor für das Abrutschen großer Schuttmassen müssen nach den Erfahrungen angrenzender Rutschhänge extreme Starkregen und potenzierend ein Entfernen von Restbewuchs angesehen werden. Die Bildung von Muren ist nicht auszuschließen.

Im Zuge der weiteren Planung ist als Grundlage für die Ableitung notwendiger Sicherungsmaßnahmen durch Vergleichs-/ Rückrechnungen die Gesamtstandsicherheit zu untersuchen. Dies betrifft auch und insbesondere die visuell überlastete Stütz-/ Fangmauer am Hangfuß.

Als Sicherungsmaßnahmen werden empfohlen:

Sofortsicherung:

- Sofortsicherung des Rutschkörpers am Fuß durch Bodenvernagelung und Schwerlastnetz (Seil-/ Ringnetz) aufgrund akuter Gefährdung zwischen Kilometer 103,550 und Kilometer 103,590
- Sofortsicherung vor Steinschlag aus den offenen Felsbildungen durch Steinschlagschutznetz aufgrund akuter Gefährdung zwischen Kilometer 103,550 und Kilometer 103,590
- Sofortsicherung vor Steinschlag aus den die Rinne flankierenden Felsbereichen durch einen Fangzaun aufgrund akuter Gefährdung zwischen Kilometer 103,550 und Kilometer 103,590

Im Rahmen der geplanten Sicherungsmaßnahmen:

- Sicherung der Rutschkörper am Hangfuß durch Bodenvernagelung und Schwerlastnetz (Seil-/ Ringnetz),
- Sicherung einzelner großer Felsblöcke an den gleisnahen und auf Grund des fehlenden Fangraumes und/oder nicht genügender Profilverfreiheit nicht durch Fangzäune sicherbaren Felsböschungen durch Felsnägel kombiniert mit Steinschlagschutznetz (Drahtnetz),

- Sicherung der Gleisanlagen vor aus den oberen Felsbändern ausbrechende Block- und Steinschläge durch Fangzäune entlang der Bermenvorderkanten
- Sicherung der Gleisanlagen vor aus den mittleren und oberen Hangbereichen mobilisierte Steine und Blöcke durch hangparallel zu errichtende Steinschlagfangzäune. Diese müssen gegebenenfalls gestaffelt im Hang errichtet werden.

3.2.3 Rechenwerte

3.2.3.1 Lockergestein

Lockergestein tritt in allen Abschnitten als Hangschutt und ggf. geringmächtige Hanglehm- sowie Oberboden-Bedeckung auf. Bei murenartigen Schuttablagerungen muß berücksichtigt werden, dass durch die gravitativen und solifluktuiven Ablagerungsbedingungen schon im Hang gravierende Defraktionierungen gröberer (meist in den oberen Schichten) und feinerer Fraktionen an der Schuttbasis auftreten. Die Hauptablagerungsgebiete sind in Anlage 1.3 dargestellt. Da keine Baugrund-/ Felduntersuchungen durchzuführen waren, können für die Lockergesteinsschichten keine charakteristischen Werte im Sinne der DIN 4020 bzw. DIN 1054:2005 (ϕ'_k etc.) und/oder Rechenwerte im Sinne der DIN 1055-2:1976 (cal ϕ' etc.) angegeben werden.

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln erläutert, können Rechenwerte im Zuge der weiteren Planung ausschließlich durch Vergleichs-/ Rückrechnungen der Gesamtstandsicherheit gewonnen werden. Hierbei müssen zur Mächtigkeit des Hangschuttes, dem Verlauf der Felsoberfläche und letztlich auch der Schichtwasseroberfläche Annahmen getroffen werden, so dass diesen Werten letztlich nur ein abschätzender Charakter zuzuweisen ist.

3.2.3.2 Fels und Festgestein/

Trennflächen

Standisicherheits- und Stabilitätsuntersuchungen im Fels basieren im Wesentlichen auf dem Gefüge der Trennflächen sowie deren Scherfestigkeit. Das Trennflächengefüge wurde in den Kap. 3.1 und 3.2 beschrieben.

Die Scherfestigkeit der Trennflächen ist neben dem Durchtrennungsgrad maßgeblich von

- dem Verlauf (großmaßstäblich),
- der Oberflächenform und Rauigkeit (kleinmaßstäblich),
- der Öffnungsweite,
- Art und Eigenschaften vorhandener Füllungen sowie
- möglichen Wasserführungen

abhängig. Die vorgenannten Eigenschaften sind zum Abschnitt B (analog im Abschnitt A und D) in Anlage 2.1 beschrieben. Sie gelten streng genommen nur für die dokumentierten Messpunkte. Es muss naturgemäß von einer Bandbreite der beschriebenen Eigenschaften und damit auch der Scherfestigkeiten ausgegangen werden. Zur Festlegung der Scherfestigkeitsparameter

kann daher aus vorgenannten Gründen nicht bzw. nur bedingt auf Erfahrungs- bzw. Tabellenwerte zurückgegriffen werden.

Die für die Gefährdung maßgeblichen K1- und K2-Klüfte sind bei größerer Öffnungsweite (> 2 cm) mit Gesteinsgrus und -stücken gefüllt. Dies gilt teilweise auch für die K3-Klüfte. Hier kann die Scherfestigkeit analog zu Erfahrungs-/ Tabellenwerten von Lockergesteinen unter Berücksichtigung einer anzunehmenden Lagerung/ Konsistenz abgeschätzt werden. Auf den Ansatz einer Kohäsion wird aus Sicherheitsgründen meist verzichtet. Kluffreibungswinkel mit Füllung können im Bereich $f \sim 25...30^\circ$ angenommen werden.

Um sich ein Bild über die Größenordnung der Kluffscherfestigkeit ohne Füllung zu verschaffen, wurden zu den Messpunkten 1 und 3 für die K1-K2-Verschneidungen Kluffreibungswinkel im Grenzzustand mit folgenden Randbedingungen rückgerechnet:

- gemäß Felskartierung sind „offene“ K1-K2-Verschneidungen mit bereits abgerutschten Felskörpern vorhanden,
- Rückrechnung mit Verfahren nach TALOBRE und HOEK,
- Klufflächen vollständig durchtrennt,
- Lastfall Eigengewicht ohne Kluffwasserdruck.

Die Rückrechnung hat Kluffreibungswinkel $f \sim 40...46^\circ$ ergeben, die im unverwitterten, frischen Zustand durchaus vorhanden sein dürften. Für die durchschnittlich bis rd. 1,5 m Tiefe reichende Felszone mit hohem Auflockerungs-/ Verwitterungsgrad werden nach Erfahrungswerten kleinmaßstäblich jedoch geringere Werte im Bereich $f \sim 30...35^\circ$ angenommen. Dies lässt darauf schließen, dass die Klüfte großmaßstäblich noch nicht vollständig durchtrennt und/ oder infolge stufigem, welligem Verlauf nicht unwesentliche Aufgleitwinkel vorhanden sind.

Als Standsicherheit mindernde Faktoren sind für Stabilitätsuntersuchungen

- die fortschreitende Verwitterung mit zunehmender Durchtrennung,
- Kluffwasserdruck (zumindest in niederschlagsreichen Jahreszeiten bzw. bei Starkregenereignissen),
- Spaltenfrost und
- Wurzeldruck an den Schultern und Vorsprüngen der Felsböschungen (Abschnitte A, B und D) sowie hinter den Trockenmauern (Abschnitt C)

anzunehmen.

Fels/ Festgestein

Für den Tonschieferfels im maßgebenden Tiefenbereich bis rd. 4...5 m hinter der Felsoberfläche sind in folgender Tabelle relevante Gesteins-/ Felskennwerte angegeben. Die charakteristischen Mantelreibungen $q_{s1,k}$ sind zur Abschätzung der Widerstände von Felsnägeln /-ankern im Rahmen der Entwurfsplanung geeignet. Deren Verifizierung muss nach den einschlägigen Normen und technischen Vorschriften/ Zulassungen während der Bauausführung erfolgen.

Tab. 3: Gesteins-/ Felskennwerte

Schicht-/ Gesteins- bezeichnung	Felsgruppe ²	Wichten	einaxiale Druckfes- tigkeit	Mantelreibung
		γ	q_u	$q_{s,k}$
		[kN/m ²]	[MN/m ²]	[MN/m ²]
Tonschiefer	SF (VE, mit größerem Abstand zur Felsober- fläche VA)	26 ...27 (Gestein)	10...40 (Gestein)	0,5

3.3 Hinweise für die weitere Planung

Im Sinne der Ril 836.0507 sind bei Auswahl der infrage kommenden Sicherungsmaßnahmen neben den Investitionskosten auch die zu erwartende Nutzungsdauer, die Erreichbarkeit/ Zuwegung der zu sichernden Böschungen und der Instandhaltungsaufwand zu berücksichtigen.

Für Steinschlagsimulationen sind im Kap. 3.2.2 Form und Größe der Bemessungskörper sowie Anhaltswerte für deren Zerkleinerung beim Auftreffen auf den Böschungen oder vorgelagertem Gelände angegeben. Die Dämpfungsfaktoren sind an die jeweiligen Untergrundverhältnisse anzupassen. Die unregelmäßigen, teils wechselnd orientierten Böschungsoberflächen erfordern den Ansatz ausreichend großer Streuwinkel. Die aus Sicht vgs mindestens nachzuweisenden/ zu untersuchenden Schnittlinien sind im Lageplan Anlage 1.3 dargestellt.

Die Verankerungs-/ Nagellängen sollten nach Erfahrungswerten mindestens rd. das 3,5-fache der Tiefe der zu sichernden Felszone betragen. Aus Sicht vgs müssen Felsnägel /-anker aufgrund der meist starken Auflockerung des Trennflächengefüges und der teilweise großen Kluftöffnungsweiten zur Vermeidung unkalkulierbarer Verpressmörtelmengen mit geotextilen Injektionsstrümpfen hergestellt werden. Auch ein „Abheben/ Abdrücken,“ von Kluftkörpern infolge des Verpressdruckes ist sonst nicht gänzlich ausschließbar.

Kennwerte für die statischen Berechnungen sind durch Rückrechnung „mobiler“, nach Augenschein im Grenzzustand befindlicher Böschungszonen zu ermitteln (siehe Kap. 3.2.2.3 und 3.2.3).

Sind im Ergebnis der Planung Fangbauwerke und Sicherungsmaßnahmen an den Felsböschungen vorgesehen, sollten hinsichtlich der Streckensicherheit zunächst die Fangbauwerke hergestellt werden. Die Sicherungsmaßnahmen an den Felsböschungen sind dann ebenfalls nach dem Sicherheitsaspekt von oben nach unten auszuführen. In den Abschnitten A, B und D müssen hierfür zusätzliche Anschlagpunkte für Personal vorgesehen werden.

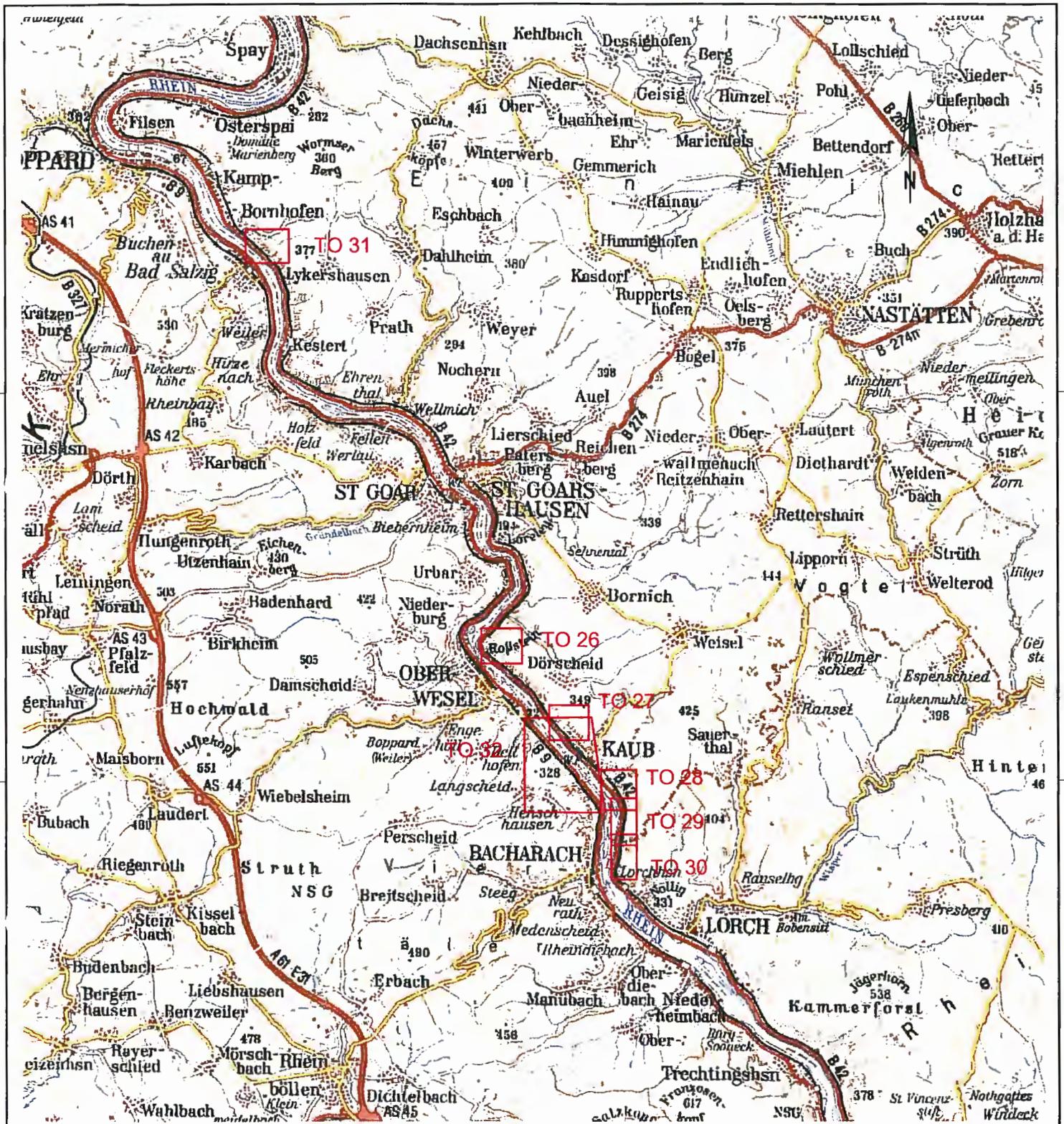
Zu beginnen ist jeweils mit einer schonenden Felsberäumung von Hand, die im Wesentlichen nur den lockeren, blockigen Schutt auf den Felsvorsprüngen betreffen soll. Hierbei sind gleichzeitig überwüchsige Sträucher und Bäume auf Stock zu setzen. Daran anschließend ist erfahrungsgemäß eine nochmalige seilgesicherte Böschungsbegehung durch den Fachplaner bzw. Ersteller des Geotechnischen Berichtes sinnvoll, um die Detailanpassung der Siche-

² FGSV: Merkblatt über Felsgruppenbeschreibung für bautechnische Zwecke im Straßenbau. Ausgabe 1980

rungsmaßnahmen an vorher nicht zugängliche bzw. einsehbare Böschungsf lächen vornehmen zu können.

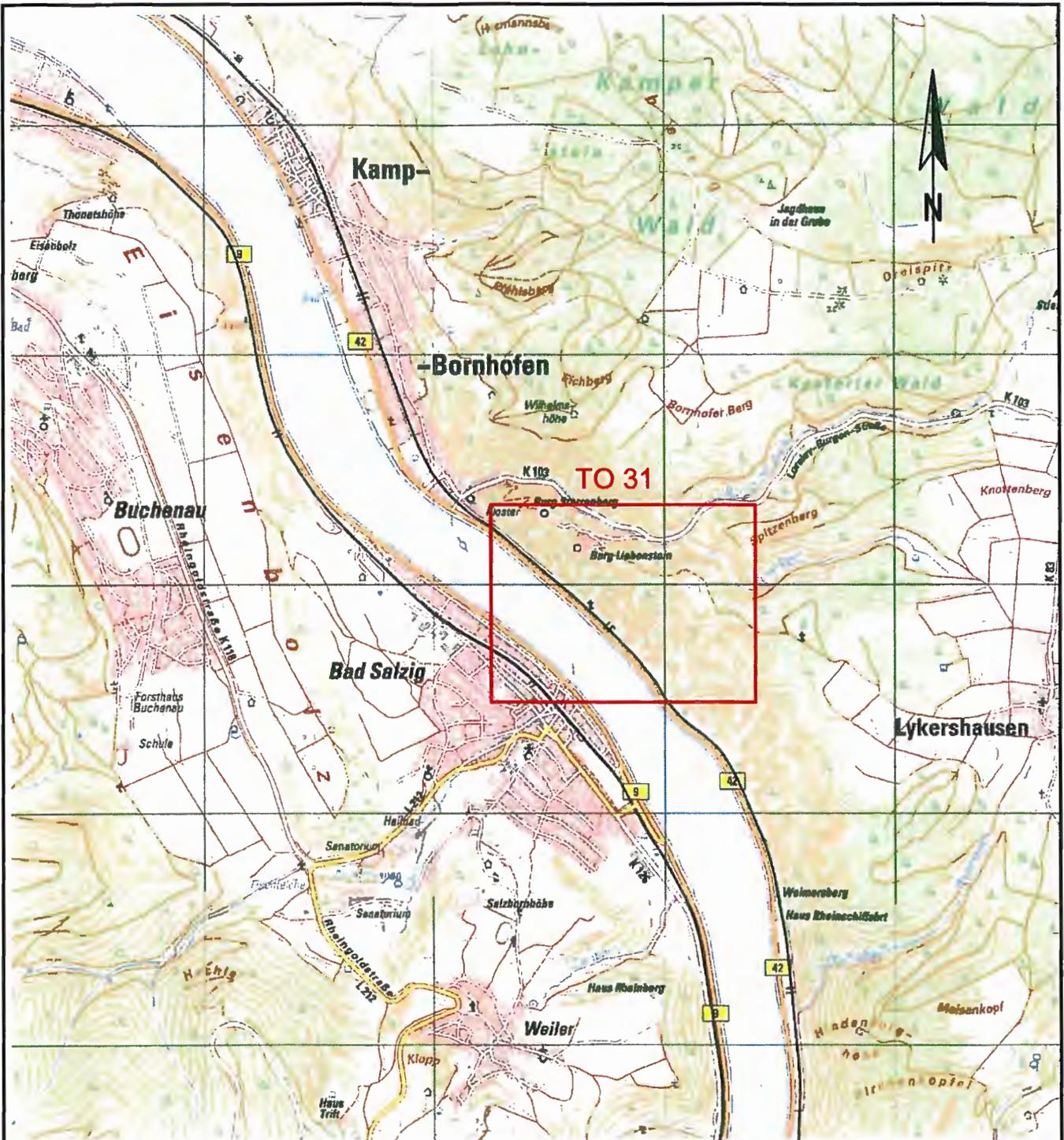
In Böschungsabschnitten mit murenartigen Baugrundverhältnissen in Gleisnähe und/oder hinter gleisnahen Stützbauwerken sind je nach Einschätzung der Gefahrensituation Verankerungs- und/oder Vernagelungskonstruktionen zu wählen, die auch Vorspannung der Böschungsoberfläche gestatten, damit die Systeme sofort statisch wirksam werden.

>---<



Untersuchungsgebiete

 vgs INGENIEURE Dr. Köhler & Kirschstein GmbH Amstädter Straße 28 99096 Erfurt, Tel.: 0361-789 34 0 Fax: 789 34 56					Projekt-Nr.
					4235
Übersichtslageplan					Anlage-Nr.
Felssicherung Mittelrheintal					1.1
Strecke 3507 Wiesbaden-Ost - Niederlahnstein					
Längen-Maßstab	Höhen-Maßstab	gezeichnet	geprüft	Datum	Bearbeiter
1:100 000	/	Na		03.12.08	As



Untersuchungsgebiet



vgs INGENIEURE
 Dr. Köhler & Kirschstein GmbH
 Amstädter Straße 28
 99096 Erfurt; Tel.: 0361-789 34 0 Fax: 789 34 56

Lageplan					Projekt-Nr. 4235
Felssicherung Mittelrheintal, TO 31 - Schlossberg Strecke 3507 Wiesbaden-Ost - Niederlahnstein					Anlage-Nr. 1.2
Längen-Maßstab	Höhen-Maßstab	gezeichnet	geprüft	Datum	Bearbeiter
1:25 000	/	Na		09.01.09	As