

Felssicherung Mittelrheintal

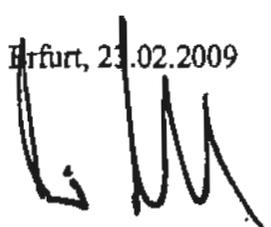
**TO 32 – Josef und Anna
Strecke 2630 Köln – Bingen**

**Bericht: 4235-TO32/ 01
Geotechnischer Bericht**

**Auftraggeber: LINDSCHULTE Ingenieurgesellschaft mbH
Beratende Ingenieure VBI
Anger 81
99084 Erfurt**

Dieses Gutachten umfasst 28 Seiten und 8 Anlagenkomplexe.

Erfurt, 23.02.2009


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-32 Josef und Anna	7
2.4 GEOLOGIE/ INGENIEURGEOLOGIE.....	8
2.4.1 Überblick zum Gesamtbauvorhaben	8
2.4.2 TO-32 Josef & Anna	10
3. Hang- und Felsböschungen	12
3.1 INGENIEURGEOLOGISCHE KARTIERUNG UND BEWERTUNGSKONZEPT	12
3.2 GEOTECHNISCHE BEWERTUNG UND TECHNISCHE MAßNAHMEN.....	13
3.2.1 Überblick TO32/ Abschnittseinteilung	13
3.2.2 Fels-/ Trennflächenbeschreibung	14
3.2.3 Abschnitte	16
3.2.4 Rechenwerte	25
3.3 HINWEISE FÜR DIE WEITERE PLANUNG.....	27

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Strecken- und Objektdaten	6
Tab. 2: Untergliederung Kaub-Schichten	11
Tab. 3: Gesteins-/ Felskennwerte.....	27

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 entfällt
 - A 1.5 entfällt
 - A 1.6 Lageplan mit Verlauf und Nummerierung Profile

- A 2 Fels-/ Trennflächenkartierung Abschnitt A
 - A 2.1 Fotodokumentation (1 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 (1 Blatt)
 - A 3.3 Fotodokumentation (Blatt 1)

- A 4 Fels-/Trennflächenkartierung Abschnitt C
 - A 4.1 tabellarische Ergebniszusammenstellung (Blatt 1)
 - A 4.2 Diagrammdarstellungen (Polpunkte, Großkreise) mit Hang- und Trassenverlauf
sowie Bilddokumentation (1 Blatt)

- A 5 Fels-/Trennflächenkartierung Abschnitt D
 - A 5.1 tabellarische Ergebniszusammenstellung (Blatt 1)
 - A 5.2 Diagrammdarstellungen (Polpunkte, Großkreise) mit Hang- und Trassenverlauf
sowie Bilddokumentation (3 Blatt)

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

- A 7 Fels-/Trennflächenkartierung Abschnitt F
 - A 7.1 Fotodokumentation (2 Blatt)

- A 8 Auswertungsbeispiel
 - A 8.1 Datenblatt (1 Blatt)
 - A 8.2 Diagramm Darstellung (1 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 32 –Josef und Anna 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 Höhenisolinien 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

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	Hamn	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-32 Josef und Anna

Das Teilobjekt Josef und Anna behandelt einen linksrheinischen Hang am südlichen Ortsende von Oberwesel. Am Hangfuß verläuft die DB Strecke 2630 Köln – Bingen, parallel dazu die Bundesstraße 9. Der Abstand zwischen Lichtraumprofil und Hangfuß schwankt zwischen 0 m und 45 m.

Das Teilobjekt besitzt eine Länge von 1580 m. Zwischen Bauanfang bei Kilometer 133.840 und Bauende bei Kilometer 135.420 stehen die Oberleitungsmasten Nr. 133-23 bis 135-11.

Die Höhe des bewertungsgegenständlichen Hanges beträgt ab SO rd. 130 m. Die Hang-/ Felsbereiche, von denen potentiell eine Gefährdung ausgeht, befinden sich in einer Höhe bis maximal rd. 110 m über SO.

Der zu bewertende Hangabschnitt ist morphologisch durch mehrere Geländertüben und Geländerrinnen /-mulden gegliedert. Die Nebentäler des Elligbaches am Bauanfang und Burbaches am Bauende schneiden markant in den Hang ein.

Die Generalneigung des Hanges ist orthogonal zum Rheinufer bzw. zur DB-Strecke orientiert und fällt bei Schuttbedeckung gemittelt mit 30° bis 40° nach Nordosten (rd. 45 °) ein. Lokal können an Felsböschungen, besonders in Gleisnähe, deutlich höhere Neigung bis maximal 90° auftreten.

Am Bauanfang rd. bis km 133.980 befinden sich entlang der Alten Mainzer Straße zwischen den Bahnanlagen und dem Hangfuß städtische und private Grundstücke, die hauptsächlich gewerblich genutzt werden und teilweise bebaut sind. Hier beträgt der Abstand zwischen Lichtraumprofil und Hangfuß meist über 20 m.

Am Bauende befindet sich ein Steinbruch, welcher zur Zeit noch in Betrieb ist. Das Überqueren der Gleise ist an einer Schranke möglich. In diesem Bereich führt ein Pfad einige Hundertmeter entlang des Hanges.

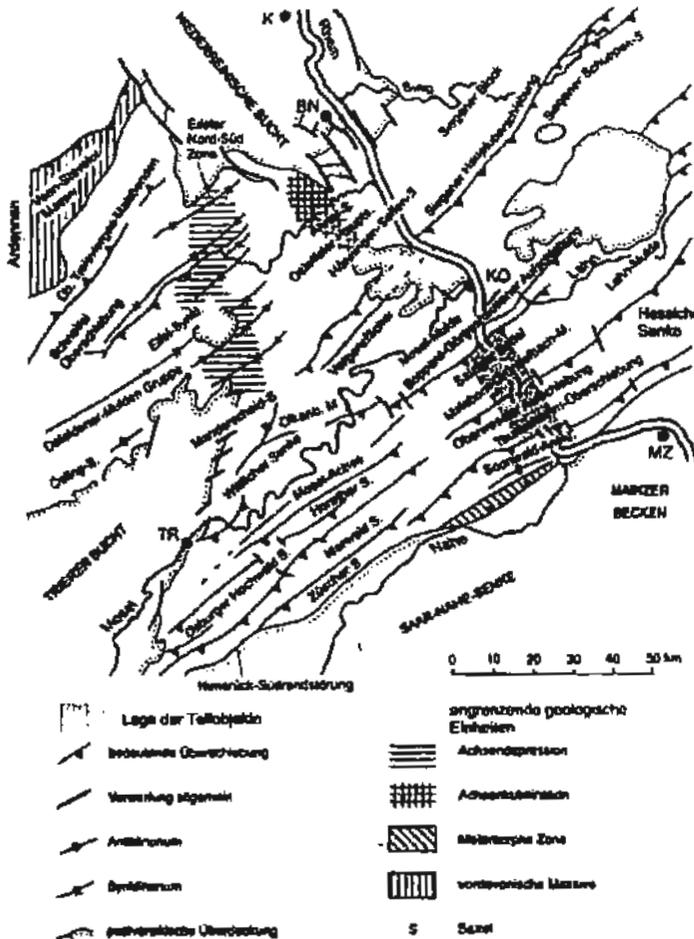
Oberhalb des bewertungsgegenständlichen Hanges befinden sich nur noch flach geneigte, landwirtschaftlich genutzte Flächen. Hauptsächlich wird auf diesen Feldern Ackerbau betrieben. Ein geringer Anteil wird als Weideland genutzt. Die Entwässerung dieser Felder erfolgt in Richtung Rhein. Im Hang sind daher mehrere mehr oder weniger ausgeprägte Rinnen zu finden, welche zeitweise Wasser führen können. Bei Starkregenereignissen können von den Feldern und teilweise vom Hang selbst große Mengen bindigen Materials abgespült werden.

Im gesamten Hangbereich befinden sich Natursteinmauern in Trockenbauweise. Sie erfüllen die Funktion der Hangterrassierung nur noch selten. Sie sind meist visuell in einem schlechten bis sehr schlechten Zustand.

Der Hang ist meist mit einem dichten Baum- und Buschbestand bewachsen. Bodennahe Vegetation fehlt nahezu völlig. Im Hang befinden sich viele abgestorbene und teilweise bereits umgestürzte Bäume.

2.4 Geologie/Ingenieurgeologie

2.4.1 Überblick zum Gesamtbauvorhaben



Der Rhein durchfließt zwischen Bingen und Bonn das **Rheinische Schiefergebirge**, welches im Westen von den Ardennen und der Trierer Bucht, im Norden von der Niederrheinischen Bucht, im Osten von der Hessischen Senke und im Süden vom Mainzer Becken und der Saar - Nahe - Senke begrenzt wird (Abb. 1, rot markiert).

Das Rheinische Schiefergebirge ist ein Teil des Variskischen Orogens, speziell der Rhenoherynischen Zone, und baut sich aus mächtigen devonischen und karbonischen Sedimenten auf. Saure Vulkanite sind häufig in die Sedimentschichten eingeschaltet.

Die Gesteine der Rhenoherynischen Zone sind durch ihre häufig starke Schieferung gekennzeichnet. Unterdevonische Schiefer, Sandsteine und Quarzite sind am weitesten im Rheinischen Schie-

Abbildung 1: Lage der Teilobjekte auf einer strukturgeologischen Übersichtskarte mit den tektonischen Baueinheiten des Rheinischen Schiefergebirges, angedeutet sind ebenfalls die angrenzenden geologischen Einheiten, verändert nach U10 (Landesamt für Geologie und Bergbau 2004).

fergebirge verbreitet. Das Generalstreichen der Schichten liegt bei NE - SW, also in „erzgebirgischer“ Richtung.

Ein weiteres Merkmal ist die im Zuge der Variskischen Orogenese entstandene Falten- und Schuppentektonik. Im Zuge der Schuppentektonik wurden viele Störungen, vordringlich Auf- und Überschiebungen, angelegt. Die Variskische Orogenese lässt sich in drei Phasen unterteilen, mit dem Resultat einer Nordwest - vergenteten Faltung. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Phasen ist hier nicht erforderlich. Die tektonische Prägung hat wahrscheinlich erst spät im Unterkarbon begonnen und dauerte etwa 20 - 30 Mio. Jahre. Die Sattel- und Muldenstrukturen waren meist bereits in Form von Schwellen, bzw. Trögen während der Sedimentation vorhanden. Die Störungszonen setzen sich meist aus listrischen Aufschiebungen zusam-

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 Hunsrücksschiefer bezeichnet werden. Die stratigrafische Einteilung der Hunsrücksschiefer 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 Hunsrücksschiefer 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 Hunsrücksschiefer – 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.

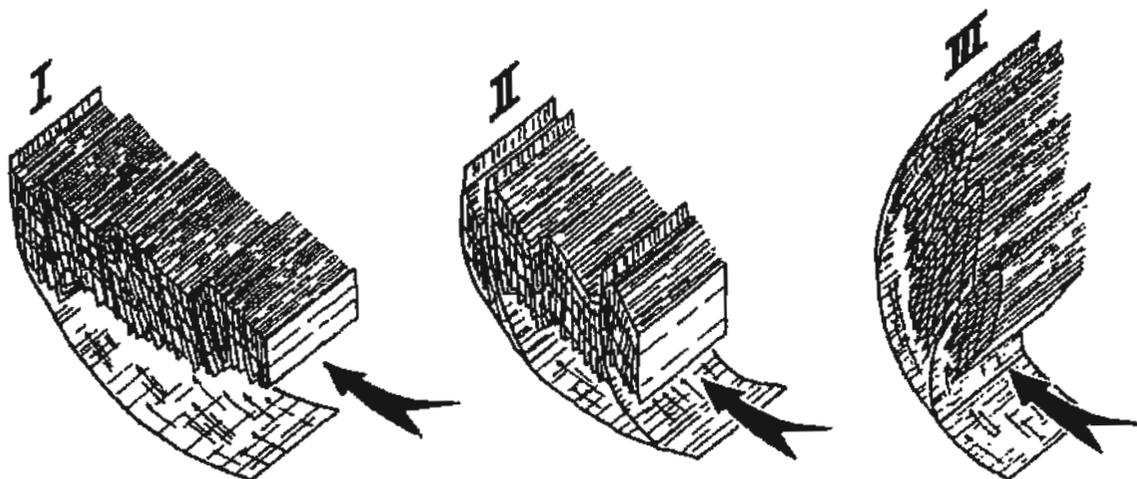


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Entwicklung von Schuppen und Antivergenz /U9 /

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 32 Josef & Anna 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-32 Josef & Anna

Die Gesteine, die im Bereich des Teilobjektes 32 Josef & Anna aufgeschlossen sind (siehe Abb. 3), werden den Hunsrückschiefern zugeordnet, speziell den Kaub - Schichten. Die Kaub - Schichten umfassen den Hauptanteil der tonig - schluffigen Hunsrückschiefer. Sie besitzen

eine Mächtigkeit von ca. 1400 m. Ihre stratigraphische, lithologische Untergliederung zeigt die folgende Tabelle.

Tab. 2: Untergliederung Kaub-Schichten

Einteilung	Beschreibung
Untere Kaub - Schichten	schwarze, häufig gebänderte, schwach schluffige Tonschiefer mit einzelnen grauen, feinkörnigen Quarzitbänken
Mittlere Kaub - Schichten	bis zu 1000 m mächtige, homogene Tonschieferfolge
Obere Kaub - Schichten	viele Gemeinsamkeiten mit dem unterem Abschnitt; Schiefer variierend von Ton- und Dachschiefer, über sandige Tonschiefer, bis zu Bänderschiefer; eingeschaltete Sandsteine, quarzitische Sandsteine und Quarzite meist aus dünnbankigen Quarzfeinsandsteinen.

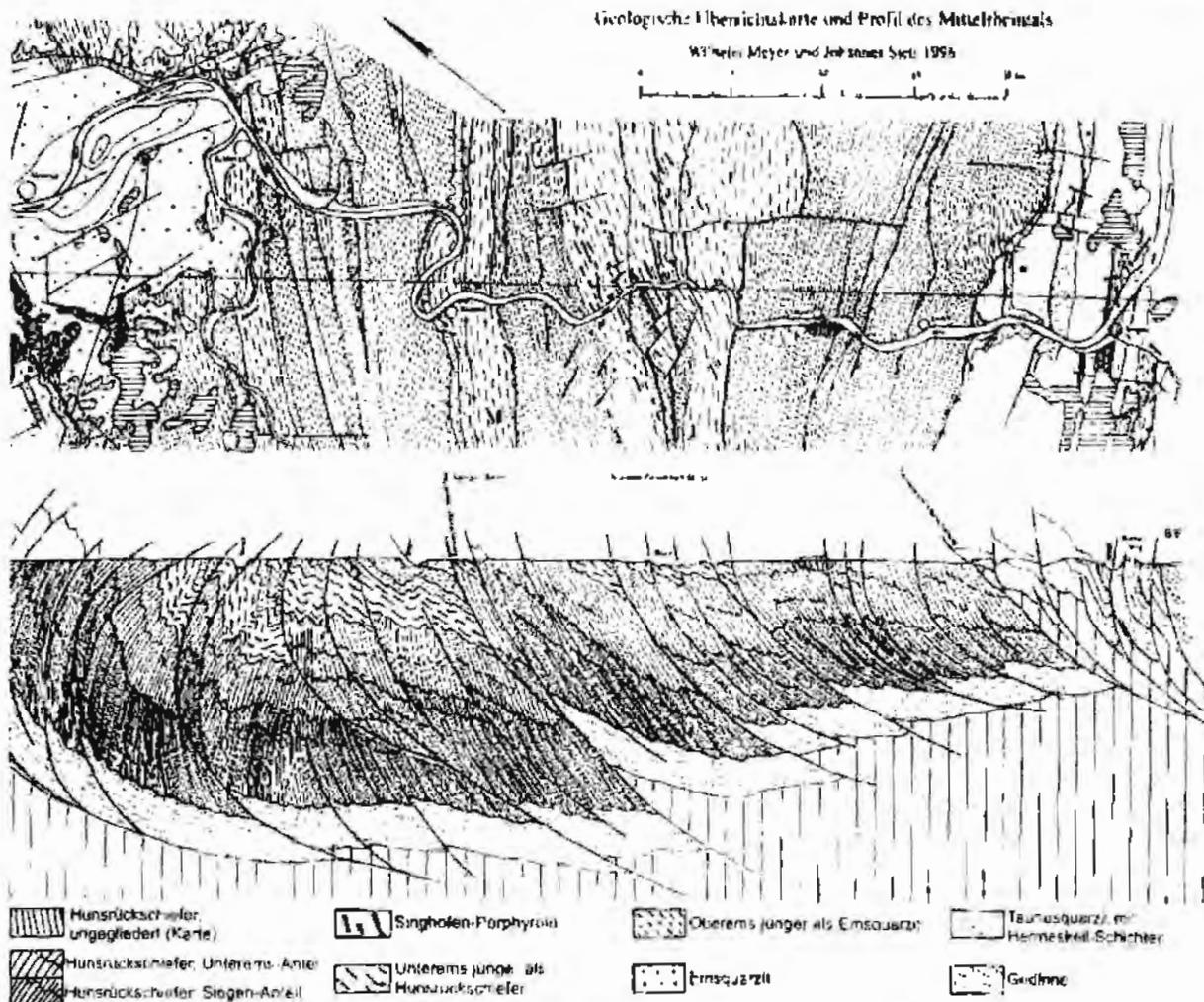


Abbildung 3: Geologische Karte und Profil des Mittelrheintals. Das Teilobjekt Josef & Anna befindet sich im rot markierten Bereich. U9 (Meyer und Stets 1996).