

Felssicherungsarbeiten an der Bundesstraße B 9 zwischen Bingerbrück und Trechtingshausen

MIRCO ALBERTI

Kurzfassung: Infolge eines Schadensereignisses wurde in einem Hangabschnitt im Mittelrheintal oberhalb der Bundesstraße B 9 bei Trechtingshausen eine erhebliche Steinschlaggefahr festgestellt. Um den Verkehr möglichst wenig zu beeinträchtigen, sind die notwendigen Sicherungsmaßnahmen in getrennten Schritten durchgeführt worden. Als Sofortmaßnahme wurden zunächst die akut absturzgefährdeten Felskörper im Schutz verschiedener provisorischer Sicherungsmaßnahmen beräumt. Teile dieser Maßnahmen wurden danach als Temporärsicherungen im Hang belassen, bis der Streckenabschnitt letztendlich mit Hilfe von Systemfangzäunen langfristig gesichert werden konnte.

Abstract: After an incident, a considerable rockfall hazard was determined for a section of the Bundesstraße B 9 near Trechtingshausen (rhine-valley). To impair traffic as little as possible, the necessary safety measures were carried out in different steps. As an emergency precaution all obviously instable rocks were cleared away first. Therefore installed safety fences were left in the slope as temporary precautions until special rockfall barriers were set up for long term protection.

1. Einleitung

Gesellschaftliche und wirtschaftliche Interessen fordern ein hohes Maß an Mobilität bei gleichzeitig höchsten Anforderungen an die Sicherheit der dafür zur Verfügung stehenden Verkehrswege. Wird deren planmäßiger Betrieb durch äußere Einflüsse gestört, werden vom jeweiligen Betreiber bisweilen schnelle und flexible Lösungen abverlangt, um den Verkehr möglichst unbeeinträchtigt aufrecht zu erhalten.

Die sogenannte „Rheinschiene“ entlang des Mittelrheins stellt seit jeher eine wichtige Verkehrsachse im mitteleuropäischen Raum dar. Aufgrund der hohen Verkehrsdichte und der besonderen geomorphologischen Gegebenheiten sind hier die vorgenannten Maßgaben besonders gefordert. Im nachfolgenden Beitrag wird in Form eines Erfahrungsberichtes beispielhaft aufgezeigt, welche Anstrengungen nach einem beträchtlichen Steinschlagereignis an der Bundesstraße B 9 bei Trechtingshausen erforderlich waren, um den Anforderungen eines sicheren und reibungslosen Verkehrsbetriebes gerecht zu werden.

2. Ereignis

Am Nachmittag des 23.10.2005 hatte sich unterhalb des sogenannten „Schweizerhauses“ zwischen Bingerbrück und Trechtingshausen, aus einer Felsformation ca. 40 m oberhalb der Bundesstraße B 9 eine Felscheibe gelöst. Der ursprünglich schätzungsweise bis 10 m³ große Klufftkörper wurde beim Absturz aus einer Felsklippe in kleinere

Kluftkörper zerlegt. Während ein Großteil des meist großblockigen Materials den Mittelhang verstürzte, rollten einzelne, z.T. mehr als 1 m^3 große Felsplatten mit hoher Geschwindigkeit über den steilen Unterhang bis auf die Fahrbahn der Bundesstraße. Einzelne Bruchstücke sind dabei erst in der parallel, unterhalb der B 9 verlaufenden Bahntrasse zu liegen gekommen. Glücklichen Umständen ist es zu verdanken, dass es dabei zu keinerlei Personenschäden oder unfallträchtiger Verkehrsbeeinflussung gekommen ist. Eine sofort herbeigerufene Polizeistreife musste den Verkehr regeln, bis das Sturzmaterial noch am gleichen Tag von der zuständigen Straßenmeisterei durch maschinellen Einsatz aus der Fahrbahn beraumt werden konnte. Unter Vorbehalt wurde die Straße danach wieder für den Verkehr freigegeben, nachdem zunächst eine teilweise Sperrung in Betracht gezogen worden war. Zur Klärung der tatsächlichen Gefährdungssituation und hinsichtlich notwendiger Sicherungsmaßnahmen wurde sodann kurzfristig eine fachtechnische Begutachtung des betroffenen Hangbereichs veranlasst, welche das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz durchführte.

3. Situation

3.1. Geographisch-morphologische Situation

Der Beitrag behandelt einen ca. 150 m langen Hangabschnitt entlang der Bundesstraße B 9 zwischen Bingerbrück und Trechtingshausen (Abb. 1). Oberhalb des Hanges befindet sich das weithin sichtbare „Schweizerhaus“, wenige Hundert Meter weiter nördlich im Straßenverlauf die Burg Rheinstein. Das Gebiet liegt auf der linksrheini-

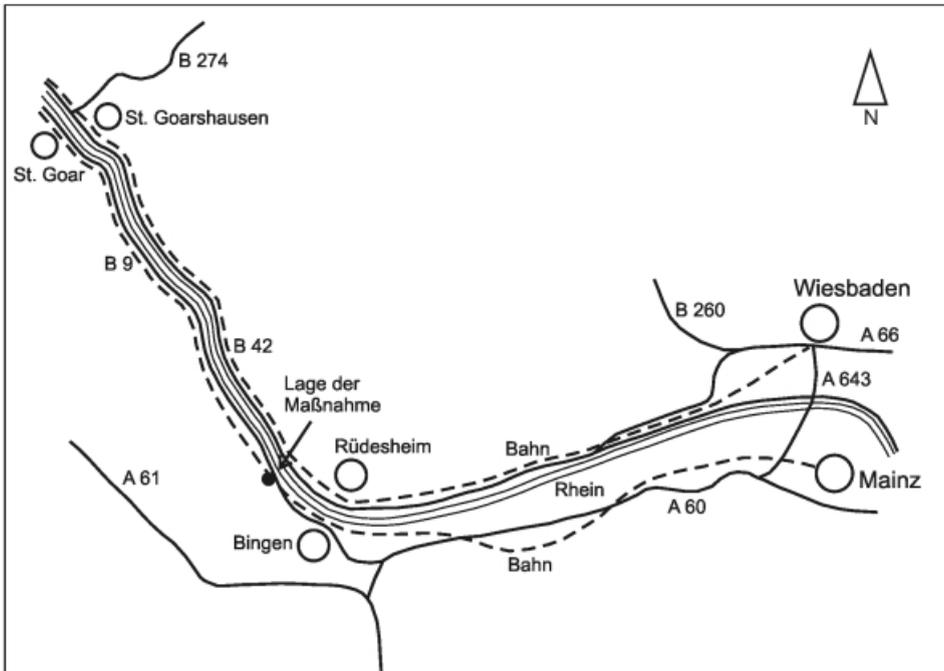


Abb. 1: Lage der Maßnahme.

schen Seite des Oberen Mittelrheintals, welches nur wenige Kilometer stromaufwärts mit dem Eintritt in das Rheinische Schiefergebirge, an der Talpforte von Bingen beginnt. Der Rhein durchschneidet hier einen ca. 300 bis 400 m hohen Höhenzug, bestehend aus dem Rheingaugebirge (Taunus) auf der rechten Rheinseite und dem linksrheinischen Binger Wald, als Teil des Soonwaldes (Hunsrück). Besonders in diesem Abschnitt ist das Rheintal durch eine tief eingeschnittene, schmale Talsohle geprägt und bleibt auch bis in größere Höhen eng, wodurch die vergleichsweise steilen Hanggeometrien seiner Talflanken bedingt sind. Der Hangbereich oberhalb des betroffenen Streckenabschnitts weist eine mittlere Neigung von ungefähr 35° auf. Der Hang ist mehr als 120 m hoch und weitgehend bewaldet. Markante morphologische Merkmale stellen vereinzelt aus dem Hang herausragende, gemäß Streichen senkrecht zur Hangoberfläche bzw. Straßenachse orientierte Felsformationen dar. Eine dieser Härtlingsklippen ist der Ursprungsort des oben genannten Felssturzereignisses. Deren Fußpunkt befindet sich südlich des Buswendeplatzes, auf Straßenniveau, von wo aus sie sich ca. 80 bis 90 m bergauf, bis in den oberen Mittelhang erstreckt. Die morphologisch stark strukturierte, schmale Felsrippe weist zum Teil Höhendifferenzen von mehr als 10 m zur eigentlichen Hangfläche auf. Beiderseits befinden sich Geröllakkumulationen. Die Schutthalde nördlich der Felsklippe ist besonders ausgeprägt und reicht bis zum Hangfuß.

Eng mit den morphologischen Gegebenheiten verknüpft ist die Verkehrssituation. Im engen Abschnitt des Oberen Mittelrheintals sind die Verkehrswege auf einen schmalen Streifen zwischen Rhein und steilen Talhängen beschränkt. In diesem Streckenabschnitt

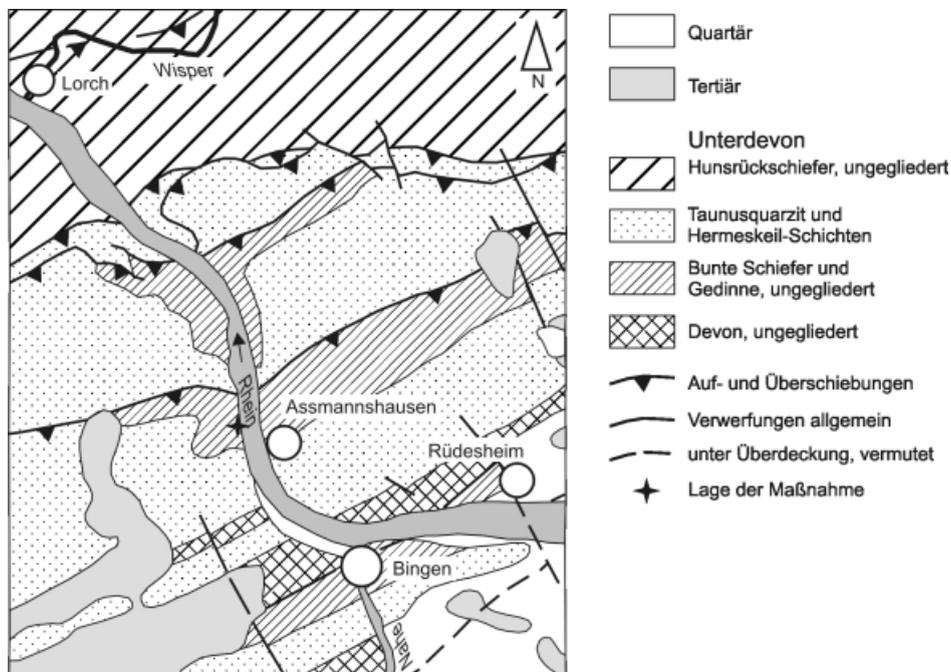


Abb. 2: Geologische Übersichtskarte (verändert nach MEYER & STETS 2000). Der Rheinverlauf ist grau unterlegt.

müssen sich die Bundesstraße B 9, die zweigleisige Bahnstrecke (Koblenz – Bingen – Mainz) und ein Radweg einen Streifen von lediglich 30 bis 40 m Breite teilen. Abgesehen von der überregionalen Bedeutung im Fernverkehr, stellen B 9 und Bahnstrecke wichtige „Lebensadern“ für die regionale Infrastruktur dar. Insbesondere da Ausweichmöglichkeiten kaum vorhanden oder nur mit weiten Umwegen über die Hunsrückhöhen zu bewerkstelligen sind. Die starke Frequentierung der B 9 schlägt sich in einer Verkehrslastzahl von ca. 10 000 Fahrzeugen pro Tag nieder. Auf der Bahnstrecke verkehren täglich im Schnitt etwa 130 fahrplanmäßige Personenzüge des Regional- und Fernverkehrs neben dem Güterverkehr.

3.2. Geologie

Im Hangbereich treten „Bunte Schiefer“ zutage. Dies sind grünlich-graue bis rotviolette, feinklastische Sedimentgesteine mit Einschaltungen einzelner geröllführender Lagen und vergleichsweise starker metamorpher Überprägung. Stratigraphisch werden die Bunten Schiefer der Gedinne-Stufe des Unterdevon zugeordnet und zählen somit zu den ältesten im Mittelrheintal aufgeschlossenen Gesteinen. Nach MEYER & STETS (2000) wurden diese Ablagerungen ursprünglich in festländisch geprägtem Milieu gebildet, was durch die primär angelegte Rotfärbung einzelner Schichtpakete, als mutmaßliche Folge einer oxidativ geprägten Rotverwitterung, unterstrichen wird. Außer durch ihre Färbung und Geröllführung erfahren die Bunten Schiefer eine deutliche Horizontierung über den Grad ihrer Kornbindung. Die stark quarzitisches gebundenen Schichtpakete treten aufgrund ihrer im Vergleich hohen Verwitterungsbeständigkeit oft als Härtlingsbänke bzw. Klippen in Erscheinung.

Tektonisch gehören die anstehenden Gesteine nach MEYER & STETS (2000) zum „Bodental-Sattel“, einer Teilschuppe des „Soonwald Antiklinorium“, dessen Gesteinsserien entlang der nördlich gelegenen Taunuskamm-Überschiebungszone (etwa nördlich Trechtingshausen) steil auf typische Hunsrück-schiefer-Abfolgen aufgeschoben und aufgeschuppt wurden. Dadurch ist auch die sehr steile Lagerung der grünlich-grauen, quarzitisches Schiefergesteine im betreffenden Hangbereich begründet. Die etwa senkrecht zur Straßenachse bzw. Hangfläche, gleichsinnig gelagerten Schicht- und Schieferungsflächen besitzen eine unebene, bisweilen wellige Oberfläche. Daneben ist das Trennflächengefüge (Abb. 3) durch senkrecht zur Schichtung orientierte Querklüfte geprägt. Die schichtparallelen Längsklüfte verschneiden meist schräg mit den Schicht-/Schieferungsflächen. Das Gebirge ist häufig von Zentimeter- bis Dezimeter-starken Milchquarzgängen durchzogen. Die quarzitisches Gesteinspartien zeichnen sich durch sehr große Härte und scharfkantigen Bruch aus.

3.3. Geotechnische Situation

In dem betroffenen Hangbereich wurde insgesamt eine deutlich über das ortsübliche Maß hinausgehende Steinschlaggefährdung festgestellt. Die Gefährdung geht im Wesentlichen von den steil im Hang aufragenden Felsrippen aus. Diese Schichtrippen sind parallel zu den mechanisch wirksamen Haupttrennflächen – Schichtung und Schieferung – orientiert. Daneben besteht ein weitständiges Netz aus Quer- und Längsklüften. Das harte Gestein bildet daher vergleichsweise große, plattige Kluffkörper aus. Bedingt durch ihre exponierte Position sind die Schichtrippen den Verwitterungsprozessen in besonderem Maße ausgesetzt. Versagende Felsscheiben kippen seitlich von den Felsrippen weg und/oder rotieren talwärts aus der Klippenstirn. Ausgeprägte Geröllakkumulationen seitlich und unterhalb der Felsformationen belegen die Regelmäßigkeit solcher Ereignisse. Deren Reichweite ist in der Regel eher gering, da die plattigen Kluff-

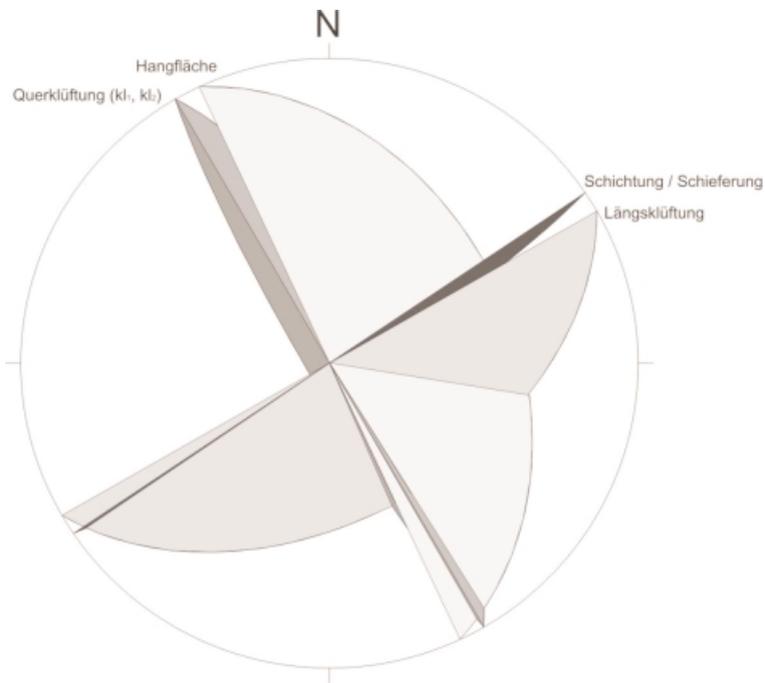


Abb. 3: Trennflächengefüge der Felsrippe. Darstellung der Hangfläche und der maßgeblichen Trennflächen als Großkreise in der Lagenkugel (untere Hälfte).

körper nach dem Absturz meist in eine rutschende Bewegung übergehen. Daneben treten aber auch Steinschlagereignisse mit vergleichsweise hohen Energiewerten auf, wenn die Sturzkörper über ihre Kanten abrollen. Belegt sind solche Ereignisse durch die, bis an den Hangfuß reichende Schutthalde und nicht zuletzt durch das Ereignis vom 23.10.2005. Die große Zerstörungskraft einer dabei abgerollten, etwa zwei Tonnen schweren Gesteinsplatte äußerte sich in einer deutlichen Schneise durch den bewaldeten Hang und durch beträchtliche Schäden an der Fahrbahn. Sicherlich hatte daran auch die ausgeprägte Scharfkantigkeit des Sturzkörpers seinen Anteil. Dagegen ist der größte Teil des zunächst ursprünglich ca. 10 m³ großen Felssturzes in der Schutthalde zu liegen gekommen. Bei der Begutachtung der Ausbruchsstelle wurde eine ausgeprägte, mittel- bis weitständige Klüftigkeit, mit zum Teil offenen bis weiten Kluftöffnungen, festgestellt. Einzelne Felscheiben an der Oberfläche waren bereits schwach verkippt oder rotiert. Abhängig vom Grad ihrer Verkantung bzw. Verspannung mit dem Felsgefüge konnten diese als unterschiedlich stabil eingeschätzt werden. Einige Kluftkörper waren jedoch schon so weit aus dem Gesteinsverband gelöst, dass sie in absehbarer Zeit abzustürzen drohten. Besonders kritisch musste dahingehend eine frei stehende Felspartie, oberhalb der Ausbruchsstelle betrachtet werden (Abb. 4). Es handelte sich dabei um einen einzelnen, kubikmetergroßen Block, ohne seitliche Einspannung, dessen Fußfläche eine bereits weitgehend durchtrennte, schräg geneigte Längskluft darstellte. Es war zu befürchten, dass dieser beim Absturz nicht wesentlich weiter zerlegt werden



Abb. 4: Akut absturzgefährdete Felsklippe oberhalb der Abbruchstelle.

würde und dann als Blocksturz mit entsprechend hoher Energie abrollen könnte. In einem ca. 50 m langen Abschnitt unterhalb der betroffenen Felsklippe wurde demnach die Gefahrensituation für die Verkehrswege als akut eingeschätzt. Zur Abwendung der Gefahrenlage waren schnellstmöglich Sicherungsmaßnahmen erforderlich.

Für eine Festlegung der langfristigen Sicherungsmaßnahmen wurden vorsorglich auch die übrigen Hangbereiche im Umfeld der Schadstelle einer Untersuchung unterzogen. Dabei sind in zahlreichen weiteren Felsrippen des Mittel- und Oberhangs ähnliche, wenn auch nicht akute, Gefahrenpunkte festgestellt worden. Daraus resultierte für die entsprechenden Hangabschnitte eine mittel- bis langfristige Gefährdung durch abrollende Kluffkörper von bis über 1 m³ Größe. Für die jeweiligen Bereiche mussten daraufhin auch entsprechende Sicherungsempfehlungen ausgesprochen werden.

4. Sicherungsmaßnahmen

Aufgrund der akuten Gefahrenlage war es für einen Teil der notwendigen Sicherungsmaßnahmen zeitlich nicht möglich, den Weg einer regulären Ausschreibung zu beschreiten. Zumal als Maßgabe galt, dass sowohl Bahn- als auch Straßenverkehr so wenig wie möglich beeinträchtigt werden durften. Eine öffentliche Ausschreibung aller notwendigen Sicherungsmaßnahmen hätte schlimmstenfalls eine mehrwöchige Sperrung der Bundesstraße und möglicherweise eine nicht unerhebliche Störung des Bahnverkehrs bedeutet. So entschloss man sich, die Sicherung in zwei zeitlich getrennten Schritten anzugehen. Die im Zuge der Gefahrenabwehr schnellstmöglich durchzuführenden Sofortmaßnahmen sind gemäß § 3 VOB/A „freihändig“ an eine Fachfirma vergeben worden, welche durch kurzfristige Freimachung von Kapazitäten in der Lage war, die Arbeiten ohne zeitliche Verzögerung durchzuführen. Die Gefahrenlage konnte dadurch zunächst auf ein vertretbares Maß reduziert werden. Außerdem wurden maßgebliche Elemente der für die Sofortmaßnahme notwendigen bauzeitlichen Schutzmaßnahmen vorerst im Hang belassen. Im Schutz dieser temporären Sicherung blieb somit genügend Zeit für eine sorgfältige Planung sowie für die reguläre öffentliche Ausschreibung angepasster langfristiger Sicherungsmaßnahmen. Dies beinhaltete u.a. eine enge Abstimmung mit der unteren Naturschutzbehörde, da die Maßnahmen im Landschaftsschutzgebiet „Rheingebiet“ und im FFH-Gebiet „Binger Wald“ liegen. Eine einvernehmliche Einigung in den Grundstücksangelegenheiten – die Maßnahmen liegen auch auf privatem Gelände – konnten auch vor dem Hintergrund des § 11 Bundesfernstraßengesetz (FStrG) erzielt werden, nach dem die Grundstückseigentümer bei Gefahr im Verzuge entsprechende Vorgänge dulden müssen.

4.1. Sofortmaßnahmen / Temporäre Sicherung Konzept

Das Sicherungskonzept sah als Sofortmaßnahme grundsätzlich eine schnellstmögliche Beräumung augenscheinlich gelockerter Felspartien aus der betroffenen Felswand und von einzelnen labil im Mittel- und Unterhang lagernden Kluffkörpern vor. Besonderes Augenmerk galt dabei der absturzgefährdeten, frei stehenden Felsklippe oberhalb der Ausbruchstelle des Felssturzes (s. Kap. 3.3.). Deren Beräumung wurde als kritisch betrachtet, da aufgrund ihrer Ausmaße bei einem unkontrollierten Absturz die Wirksamkeit der übrigen Sicherungsmaßnahmen – temporäre Fangvorrichtungen im Unterhang – zweifelhaft gewesen wäre. Für den kontrollierten Abtrag dieses Felsens war daher eine strumpftartige Umspannung der Felsklippe vorgesehen. Dazu sollte ein Drahtbündel-Ringnetz über die Felspartie gelegt und an mindestens vier Felsankern mit dem stabilen Fels fixiert werden. Ein Ringnetz deshalb, da durch die weitmaschigen Ringe ($\varnothing = 30$ cm) besser von außen her am Fels gearbeitet werden kann sowie um übermäßige Sackbildungen zu verhindern und nicht zuletzt aufgrund der hohen Zugfestigkeit für den Fall eines Abbruchs sehr großer Kluffkörper. Grundsätzlichen Schutz der Verkehrswege vor abrollenden oder springenden Kluffkörpern während der Beräumungsphase sollten zwei nacheinander angeordnete Zaunstaffeln aus hochstabilem Drahtgeflecht im Hang unterhalb der zu beräumenden Felsformation gewährleisten. Die Mindestzaunhöhe wurde mit 3 m für die obere und 2 m für die untere Zaunstaffel angegeben. Nach erfolgter Beräumung war vorgesehen, die Felsfläche gegebenenfalls mittels Felsnägeln zusätzlich zu stabilisieren.

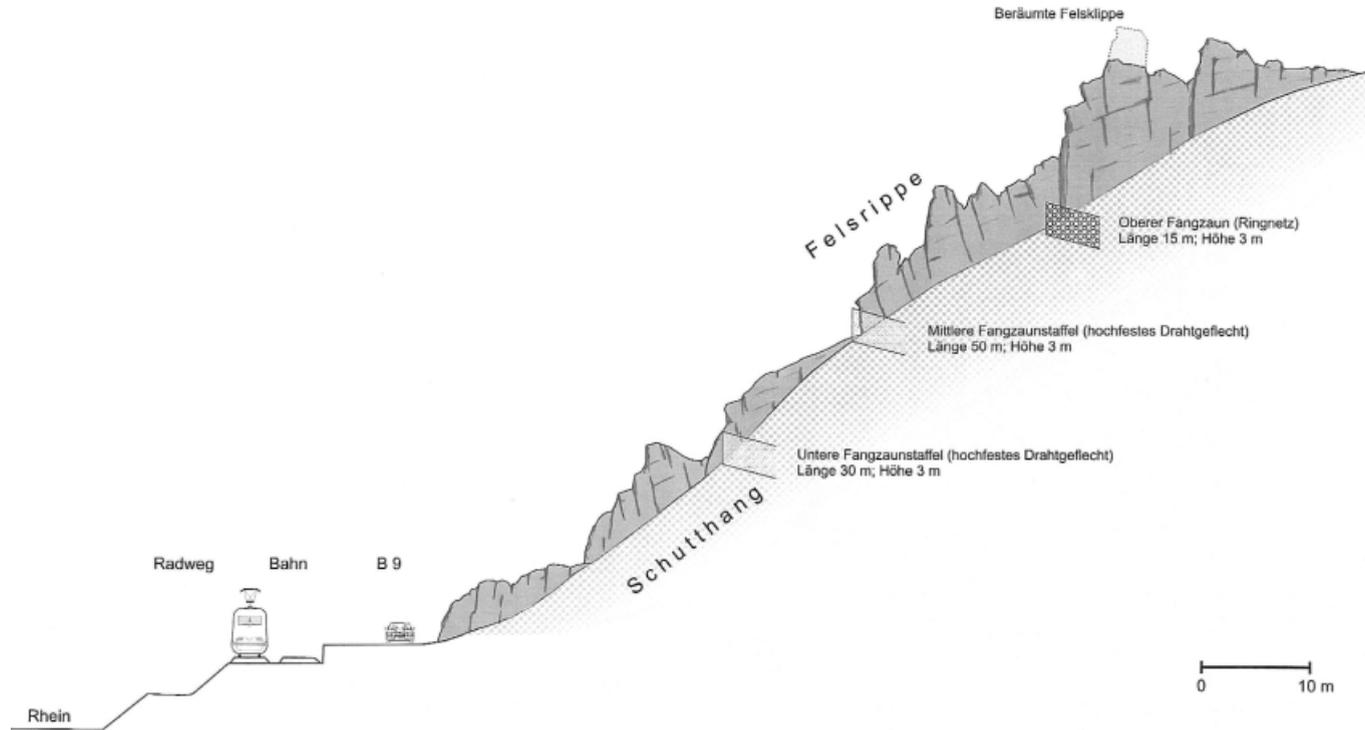


Abb. 5: Perspektivische Ansicht des Hanggeländes aus nördlicher Richtung mit Lage der temporären Sicherungsmaßnahmen.

Durchführung

Um einen geeigneten und sicheren Arbeitsraum für die Errichtung der provisorischen Sicherungsmaßnahmen zu schaffen, mussten zunächst instabile Sturzmassen aus der Schutthalde im Mittel- und Unterhang beräumt werden. Die Felskörper wurden je nach Größe mittels Seilschlingen und Seilwinde in eine stabile Lage im Hang bzw. am Hangfuß verbracht. Der Straßenverkehr konnte während dieser Maßnahmen im Schutz einer Holzbohlenwand aufrecht erhalten werden. Die Fördereinrichtung wurde für die Materialandienung im Zuge der konstruktiven Temporärmaßnahmen vorerst in der Örtlichkeit belassen. Zunächst erfolgte die Errichtung der provisorischen Fangzäune. Deren Positionierung wurde in erster Linie entsprechend der zu erwartenden Steinschlagbahnen festgelegt. Ein oberer Zaun im Abstand von etwa 20 bis 25 m unterhalb der Beräumungsstelle und eine zweite Zaunstaffel ungefähr 15 m unterhalb des oberen Zaunes. Dabei zeigte sich, dass die Zäune zwischen bzw. an den dort vorhandenen Bäumen aufgespannt werden konnten, welche nach fachkundiger Abschätzung als ausreichend stabil angesehen wurden. Es wurden jeweils drei horizontale Spannseile ($\varnothing = 11$ mm) im Abstand von 1 m übereinander angeordnet und in Seilschlingen um die Baumstämme geführt bzw. daran abgespannt. An den Seilschlaufen wurden die Stämme mit speziellen Schutzmanschetten versehen. Die Zaunbespannung erfolgte mit hochfestem Stahldrahtgeflecht (Drahtdurchmesser = 3 mm; Zugfestigkeit = 1770 N/mm²). Das Geflecht wurde am Zaunfuß schleppnetzartig auf das bergseitige Gelände aufgelegt und mit T-förmigen Befestigungsnägeln fixiert. Auf diese Weise wurden zwei Zaunstaffeln von jeweils 3 m Höhe und 50 m bzw. 30 m Länge im Mittel- und oberen Unterhang aufgespannt. Die ursprünglich geplante Umspannung der zu beräumenden Felsklippe erwies sich im Folgenden als nicht durchführbar. Bereits die Herstellung der Bohrlöcher für die Felsnägel der Rückverankerung stellte sich als sehr aufwendig dar. Die Bohrfortschritte in dem quarzitischen, von Milchquarzgängen durchsetzten Gestein waren ungewöhnlich gering und gingen mit einem extrem hohen Bohrkronenverschleiß einher. Besonders problematisch gestaltete sich aber das Aufziehen des Drahtbündel-Ringnetzes. Aufgrund von dessen hohem Eigengewicht und gelegentlicher Verkantung, musste dafür ein entsprechend hoher Kraftaufwand aufgebracht werden, wodurch zu befürchten war, dass die instabile Felsklippe en bloc umgerissen werden könnte. Man entschied sich stattdessen, das Ringnetz als zusätzliche, oberste Zaunstaffel unmittelbar am Fuß der Beräumungszone aufzuspannen. Zugrunde liegende Überlegungen gingen davon aus, dass durch das Ringnetz (normalerweise verwendet in einem 1000 kJ Zaunsystem) auch größere Sturzkörper zumindest soweit abgebremst werden, dass die Schutzwirkung der unteren Zaunstaffeln gewährleistet bleiben konnte. Das Ringnetz wurde auf zwei horizontalen Spannseilen ($\varnothing = 16$ mm) und mehreren seitlichen Abspannseilen zwischen zwei Bäumen aufgespannt. Die Baumstämme wurden ihrerseits seitlich rückgespannt, um zu verhindern, dass sie bei starken Treffern in das Netz umklappen. Die von Bahnseiten geforderte Bohlenwand (Höhe ca. 2 m) wurde in der talseitigen Fahrbahn der B 9 errichtet. Die dadurch bedingte halbseitige Straßensperrung erforderte eine Verkehrsregelung durch eine Lichtzeichenanlage. Mittels dieser war im Falle einer nicht abschätzbaren Gefahrensituation die Möglichkeit einer Vollsperrung durch eine sogenannte „Rotschaltung“ vorgehalten. Entsprechend gefahrenträchtige Arbeiten wurden in „natürlichen Bahnpausen“ durchgeführt, so dass der Bahnverkehr nicht beeinträchtigt wurde. Dafür war gemäß der Betriebsanweisung der DB Netz AG ein, im Fachjargon kurz „4.2-Mann“ genannter Sicherheitsposten bereitzustellen, der den Kontakt zwischen den Bauausführenden und dem streckenverantwortlichen Fahrdienstleiter der Deutschen Bahn hielt.



Abb. 6: Vorhangartiges Aufwerfen des Ringnetzes durch einen Treffer.



Abb. 7: Zustand der obersten Zaunstaffel (Drahtbündel-Ringnetz) nach durchgeführter Beräumung (Foto: Gilbert Stempinski).

Die eigentliche Felsberäumung erfolgte größtenteils bergsteigerisch vom Seil aus, mittels hydraulischem Steinspaltgerät, druckluftbetriebenem Abbruchhammer und händisch. Dabei wurde darauf geachtet, das Gestein möglichst kleinstückig abzutragen und in Richtung des aufgespannten Ringnetzes zu verstürzen. Trotzdem konnte nicht verhindert werden, dass sich zum Teil größere Kluffkörper von mehr als 1 m Kantenlänge lösten. Auch musste ein Teil des Felsabbaus zur nicht durch ein Ringnetz gesicherten Seite der Felsrippe hin abgetragen werden. Auf die zunächst angedachte Vernagelung der Felsklippe wurde letztlich verzichtet, da sich bereits zu diesem Zeitpunkt ein langfristiges Sicherungskonzept abgezeichnet hatte, welches die Maßnahme der Felsvernagelung in ihrer Wirkung kompensieren konnte.

Ergebnis

Die vorbereitenden Maßnahmen konnten etwa drei Wochen nach dem Schadensereignis abgeschlossen werden. Die eigentliche Beräumung beanspruchte dann lediglich einen Arbeitstag. Abgesehen von wenigen kurzzeitigen Straßensperrungen während der Beräumung und zeitweiliger halbseitiger Sperrung der Bundesstraße B 9, wurden die Sicherungsmaßnahmen ohne wesentliche weitere Verkehrsbeeinträchtigungen durchgeführt. Insgesamt wurden fast 10 m³ loser und absturzgefährdeter Felsmassen abgetragen und beräumt. Mit Ausnahme eines kleineren Kluffkörpers, konnten alle Sturzmassen im Hang zurückgehalten werden.

Die „oberste Zaunstaffel (Ringnetz)“ wurde letztendlich vollständig zerstört (Abb. 7). Bereits bei den ersten Treffern durch größere Kluffkörper wurde das untere Horizontalseil durchtrennt. Das Drahtbündel-Ringnetz verhielt sich daher bei den nachfolgenden Treffern nicht mehr wie eine geschlossene Barriere, sondern eher wie ein Vorhang (Abb. 6), der die Sturzmassen zwar nicht vollständig aufzuhalten vermochte, sehr wohl aber deren kinetische Energie ausreichend stark reduzierte und die Sturzkörper von einer springenden in eine rollende Bewegung zwang. Dies erwies sich als besonders vorteilhaft. Aufwendiges Freiräumen bzw. Wiederinstandsetzen des Zaunes wurde dadurch so gut wie überflüssig. Das durchaus in Betracht gezogene Szenario, dass die als Stützen wirkenden Bäume umgerissen werden könnten, blieb aus.

Die „mittlere Zaunstaffel“ wirkte für den größten Teil der Sturzmassen als unüberwindliche Barriere. Der Zaun wurde dennoch stark beschädigt. Die Beschädigungen sind zu einem gewissen Teil auf die Scharfkantigkeit einzelner „Projekteile“ zurückzuführen und zeugen insbesondere von vergleichsweise hohen Energieeinträgen. Die Seilschlingen der Abspannseile haben sich durch die Schutzmanschetten tief in die Baumstämme eingeschnitten (Abb. 8). Das hochfeste Zaungeflecht wurde bereichsweise infolge aufgerissener Pressklauen von den Abspannseilen gerissen und mehrfach durchschlagen (Abb. 9). Die unteren Befestigungsnägel wurden vielfach aus der Verankerung gerissen und in einem Fall sogar bis in den ca. 60 m entfernten Bahnkörper katapultiert. Bei zukünftigen, vergleichbaren Maßnahmen kann es daher vorteilhafter sein, auf die Fußbefestigung zu verzichten und stattdessen längere Schleppnetze anzufügen.

Die wenigen Gerölle, die die oberen beiden Barrieren überwinden konnten, wurden schließlich von der „unteren Zaunstaffel“ aufgehalten. Dieser Zaun blieb ohne wesentliche Beschädigungen.

Der zerstörte Ringnetzzaun wurde im Anschluss an die Beräumung rückgebaut. Dagegen wurden die unteren beiden Fangzäune provisorisch repariert und als Temporärsicherungen bis zum Angriff der langfristigen Maßnahmen im Hang belassen.

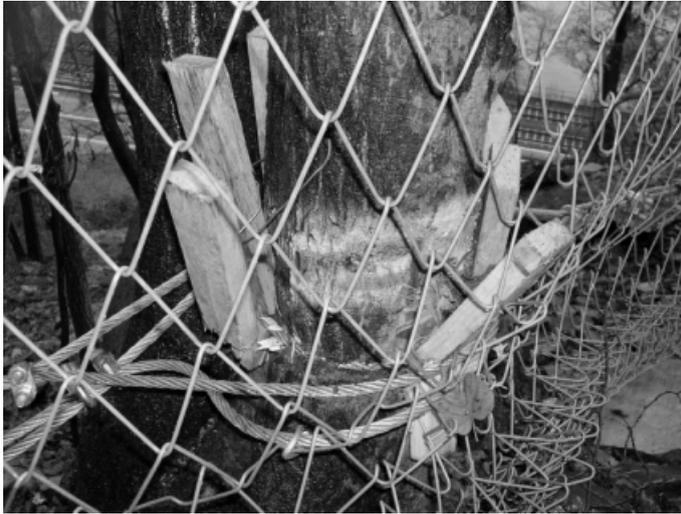


Abb. 8: Die tief in den Baumstamm eingeschnittene Seilschlinge verdeutlicht die starke Beanspruchung der mittleren Zaunstaffel.



Abb. 9: Durch Treffer stark beschädigtes Drahtgeflecht der mittleren Fangzaunstaffel (Foto: Gilbert Stempinski).

4.2. Langfristige Sicherung Konzept

Im Schutz der temporären Fangzaunstaffel konnten die langfristigen Sicherungsmaßnahmen festgelegt werden. Wegen der Vielzahl der Gefahrenquellen, aus Gründen der Zugänglichkeit sowie aus landespflegerischen und naturschutzfachlichen Gründen, entschied man sich für eine Sicherung mittels Fangvorrichtungen im Fußbereich des Hanges. Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten und dem zu erwartenden Energiepotenzial wurde die Sicherungstrasse abschnittsweise aufgeteilt. Wesentliche Punkte in der Betrachtung der Örtlichkeit waren die möglichen Sturzbahnen und die Platzverhältnisse am Hangfuß. Abhängig von den zu erwartenden Sprunghöhen wurde die Position im Hanggefälle und die Zaunhöhe festgelegt. Die Zaunlängen wurden nach Abschätzung der flächigen Streuung der Sturzbahnen abgesteckt, einer Funktion aus der Lage der Gefahrenquellen im Hang und der hangparallelen Morphologie. In enger Beziehung zum Energiepotenzial bzw. der Reichweite stand die Betrachtung möglicher natürlicher Fangräume am Hangfuß. Außerdem war ein ausreichender Sturzraum zwischen Fangzaun und Verkehrsweg vorzuhalten, da für den Fall eines Treffers, abhängig vom Stützenabstand, eine entsprechende Auslenkung des Zaunes berücksichtigt werden musste. Die für die Energiecharakteristik des Zaunsystems wichtige Abschätzung der kinetischen Energiemaxima erfolgte auf der Grundlage von Tabellenwerten, deren maßge-

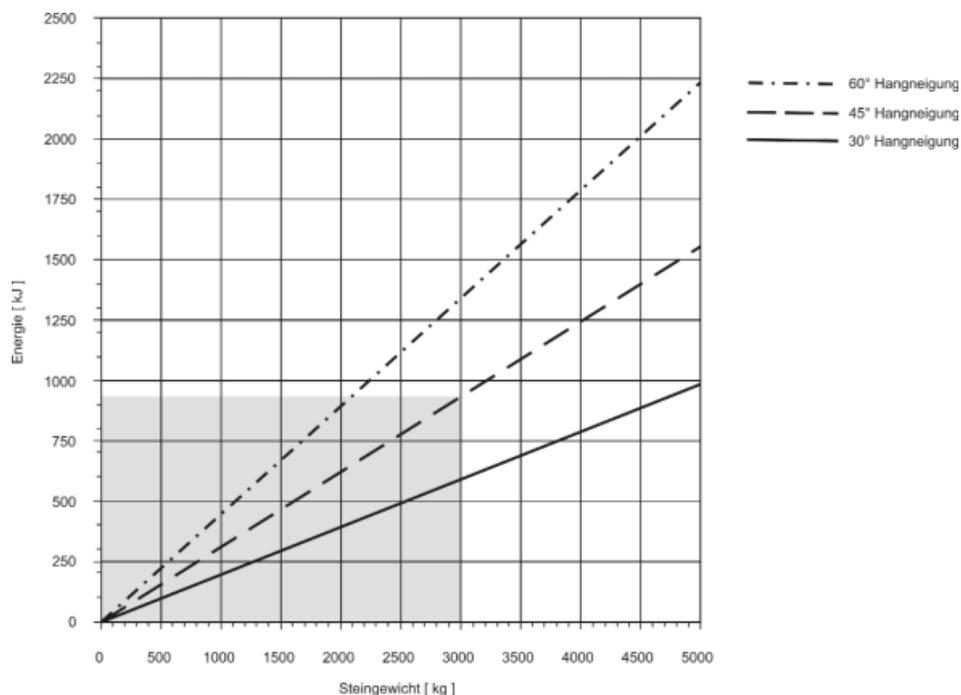


Abb. 10: Kinetische Energiewerte in Abhängigkeit von Steingewicht und Hangneigung (nach Systemhersteller). Als grau unterlegte Fläche ist ein im betroffenen Hangabschnitt zu erwartendes Maximalereignis abgetragen.

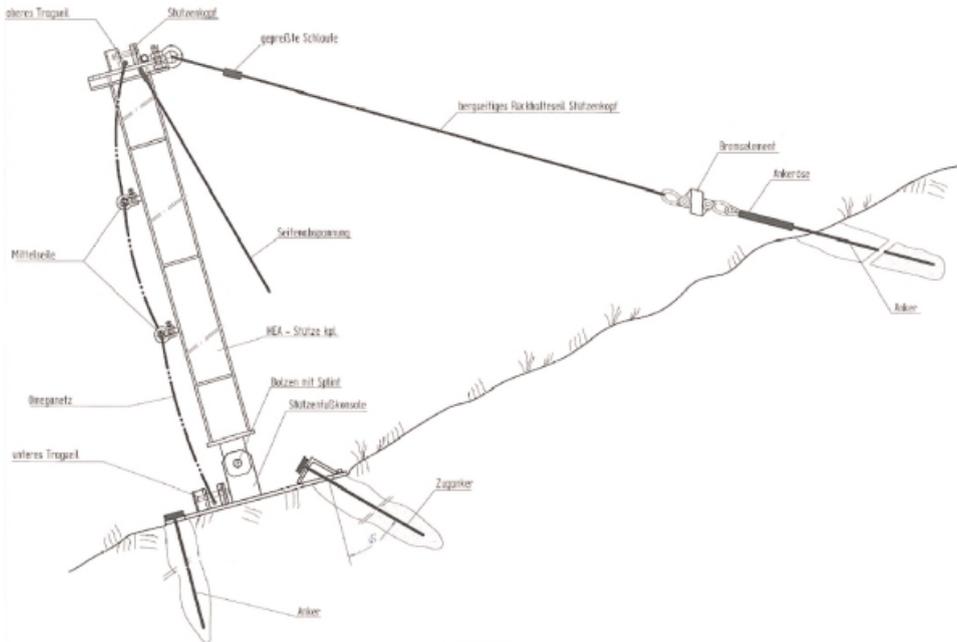


Abb. 11: Profilskizze des Systemfangzauns (nach Skizze des Systemherstellers).

bende Eingangswerte die Sturzkörpermasse und die Hangneigung (wahlweise auch Sturzgeschwindigkeit) sind (Abb. 10). Spezielle Einflussparameter, wie Bewuchs, Oberflächenrauigkeit, Oberflächenbedeckung etc., die sich dämpfend auf die Energiewerte auswirken, wurden dabei bewusst nicht voll berücksichtigt, wodurch höhere Sicherheitsreserven vorgehalten waren. Als Ergebnis zeigte sich, dass selbst bei einem statistischen Maximalereignis im ungünstigsten Hangbereich (3 Tonnen Klufftkörpermasse; 35° mittl. / 45° max. Hangneigung) ein Energiewert von 1 000 kJ deutlich unterschritten würde. Im übrigen Bereich wurde nach der Abschätzung eine Energieaufnahmefähigkeit der Fangvorrichtung von 500 kJ als ausreichend betrachtet.

Auf der Grundlage der vorgenannten Überlegungen wurden zwei wesentliche Sicherungsabschnitte festgelegt. Ein ca. 55 m langer Systemfangzaun (Höhe 3,0 m) mit einer geprüften Energieaufnahmefähigkeit von 1 000 kJ nördlich der Felsrippe und ein ca. 70 m langer Systemfangzaun (Höhe 3,0 m) mit geprüfter Energieaufnahmefähigkeit von 500 kJ südlich davon. Daneben war im südlichen Anschluss an die Systemzäune ein ca. 15 m langer Ösenankerzaun (Höhe 1,5 m) vorgesehen.

Durchführung

Die Durchführung der langfristigen Maßnahmen erfolgte ein knappes halbes Jahr nach dem Schadensereignis. Nachdem am Hangfuß bzw. im Unterhang die vorerst nur grob, gemäß der zu erwartenden Sturzbahnen festgelegte Sicherungstrasse vom Bewuchs freigeschnitten war, wurden die Zauntrassen konkret abgesteckt. Die Trassen wurden so gewählt, dass der Stützenabstand regelmäßig ca. 10 m betragen konnte und

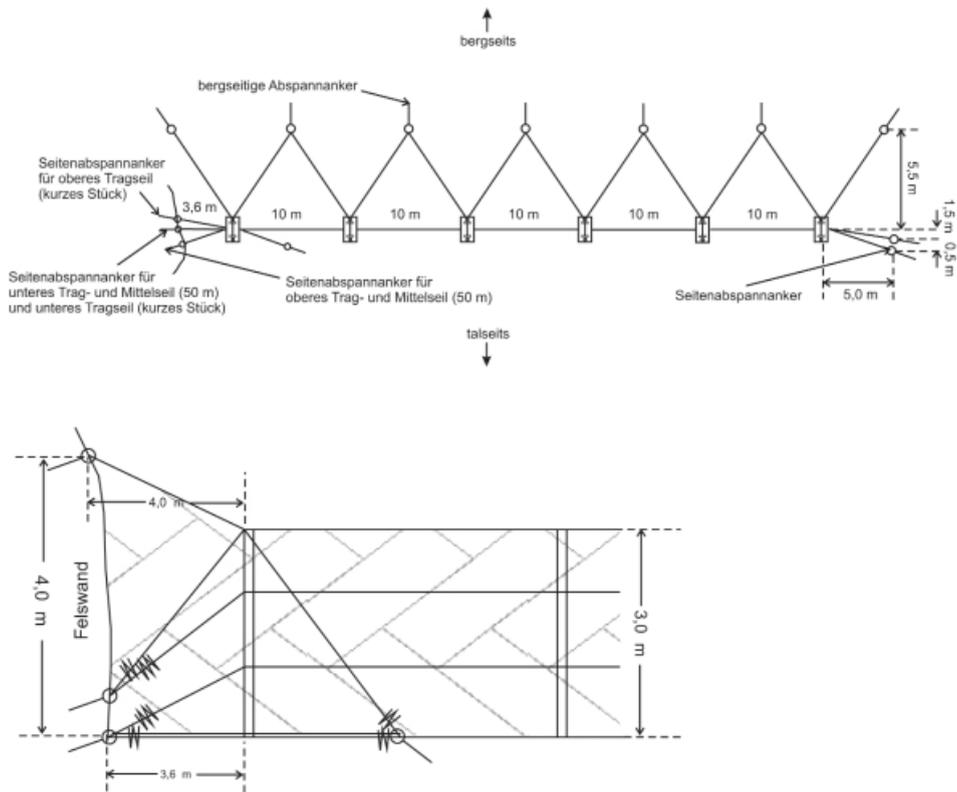


Abb. 12: Schemazeichnung des nördlichen Systemfangzauns in Draufsicht und für die Seitenabspannung an der Felsrippe (Skizze des Systemherstellers).

möglichst wenige Hangunebenheiten mittels zusätzlicher Netzschrüzen überbrückt werden mussten. Im nördlichen Zaunabschnitt musste auch ein Wanderweg zum „Schweizerhaus“ berücksichtigt werden. Ausgeführt wurden jeweils flexible Steinschlagschutzverbauungen mit nachgewiesener Prüfung auf Energieeinträge von 500 kJ bzw. 1000 kJ. Die 3 m hohen Stützen wurden auf fest verankerten Bodenplatten montiert und an bergseitigen Zugankern rückverspannt (Abb. 11). Um ein bergseitiges Umlappen der auf Scharniergelenken montierten Stützen zu verhindern, wurden einzelne Stützen auch nach der Talseite verspannt. Während die Bohrarbeiten im Zuge der Sofortmaßnahme einige Schwierigkeiten bereitet hatten, konnten die Ankerbohrungen nun mit Hilfe einer leistungsstarken, auf einen Schreitbagger montierten Bohrlafette zügig durchgeführt werden. Die Anker konnten fast ausnahmslos in den anstehenden Fels gesetzt werden. Wo die Zaunenden an Felsrippen stießen, wurden die Seitenabspannungen der horizontalen Tragseile in der Felswand verankert (Abb. 12). Im 70 m langen südlichen Zaunabschnitt wurde systembedingt eine Zwischenabspannung erforderlich. Ein lückenloser Anschluss der Zaunsicherung an die Felsrippe wurde erreicht, indem das flexible Drahtseilnetz (in diesem Fall ein sogenanntes Omega-Netz) an die Seitenabspannung montiert und so bis an die Felswand aufgespannt wurde (Abb. 12). Aufgrund der



Abb. 13: Fertiger Systemfangzaun. Südlicher Sicherungsabschnitt aus südlicher Richtung gesehen.

Geländeform musste in der südlichen Trasse eine 1,5 m lange Netzschräge angefügt werden. Zum Schutz vor kleinstückigem Steinschlag wurde auf das Omega-Netz zusätzlich ein engmaschiges Drahtgeflecht aufgelegt.

Der knapp 20 m lange, 1,5 m hohe Ösenanker-Fangzaun konnte in der Talseite eines straßenparallelen Wirtschaftsweges errichtet werden.

5. Resümee

Die Kosten beliefen sich auf ca. 23 000 € für die Sofort- bzw. Temporärmaßnahmen und ca. 150 000 € für die langfristige Sicherung (inkl. eines zusätzlichen, ca. 20 m langen Systemzaunes außerhalb des beschriebenen Abschnitts). Dabei konnte insbesondere der Betrag für die Sofortmaßnahmen durch die, in enger Abstimmung aller Beteiligten erzielten, flexiblen, zum Teil unkonventionellen Lösungen, vergleichsweise gering gehalten werden. Hierbei ist zu bedenken, dass, abgesehen vom zeitlichen Aspekt, eine konventionelle Lösung „vom Reißbrett“ leicht ein Vielfaches der Kosten hätte bedeuten können. Nicht mehr zu beziffern wäre hingegen der wirtschaftliche Schaden durch eine eventuelle Sperrung der Verkehrswege gewesen. Zwar stehen für entsprechende Fälle verschiedene Maßnahmen und Systeme grundsätzlich zur Hand. Aus den verschiedensten Gründen müssen diese jedoch oft den Gegebenheiten angepasst werden. Entsprechende Modifikationen erfordern nicht selten ein beträchtliches Maß an Improvisation. Dies setzt neben einer gewissen Erfahrung eine enge, vertrauensvolle und entscheidungskräftige Zusammenarbeit von Fachkräften und Entscheidungsträgern voraus. Nicht zuletzt hat das reibungslose Zusammenwirken aller Beteiligten (Verkehrsbetriebe / Planer, Fachgutachter, Fachfirma und Systemhersteller) zur erfolgreichen Durchführung der obigen Maßnahme beigetragen.

Schriften

- Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (2005): Stellungnahmen zum Felssturz an der B 9 nahe Wendeplatz zwischen Bingen und Trechtingshausen. Az. 3322-1407-05, LGB Mainz. – [unveröff.]
- Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (2006): Stellungnahmen zur Fels-sicherung an der Bundesstraße B 9 zwischen Bingen und Trechtingshausen (Abschnitt Haus „Böppchen“ bis Wendeplatz). Az. 3322-1407-05/V3, LGB Mainz. – [unveröff.]
- MEYER, W. & STETS, J. (2000): Geologische Übersichtskarte und Profil des Mittelrheintales 1 : 100 000 mit Erl. 49 S., 4 Abb., (Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz) Mainz.
- WAGNER, W. & MICHELS, F. (1930): Erläuterungen zur Geologische Karte von Hessen 1 : 25 000, Blatt Bingen-Rüdesheim, 167 S., 3 Taf., Darmstadt.
- Fatzer AG (ohne Jahr): Produktinformationen „Geobrug Schutzsysteme“, Romanshorn (CH).
- Trumer Schutzbauten GmbH (ohne Jahr): Produktinformationen „Steinschlagschutz, Lawinenschutz, Fels- und Hangsicherung“, Kuchl (A).

Anschrift des Autors:

Diplom-Geologe MIRCO ALBERTI, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz,
Emy-Roeder-Straße 5, D-55129 Mainz.

Manuskript eingegangen am 21.2.2007