

Barbara Herbst, Carlo Schillinger und Thomas Fickert

Gefährliche Felsböschungen im Nördlichen Frankenjura* Geologischer Rahmen, Gefährdungspotenzial und mögliche Sicherungsmaßnahmen

1 Einleitung

Felsstürze bringt man gemeinhin mit Gebirgen und den dort vorherrschenden „alpinen“ Naturgefahren in Verbindung. Dass auch außerhalb von Gebirgsräumen derartige Naturereignisse auftreten, belegen etliche tragische Felsstürze in jüngerer Vergangenheit, z.B. in Stein an der Traun (2010), auf Rügen (2011) oder bei Großostheim (2012). Auch im Bereich der Nördlichen Frankenalb, die für ihr malerisches Landschaftsbild mit flachwelligen, landwirtschaftlich geprägten Hochflächen und tief eingeschnittenen, von Kalkmassiven gesäumten Tälern, weithin bekannt ist, finden regelmäßig gravitative Massenbewegungen unterschiedlichen Ausmaßes statt. Der schwerste Vorfall der letzten Jahre ereignete sich im Frühjahr 2008 im Ort Pottenstein, im Jahr 2009 erfolgten gleich mehrere an verschiedenen Orten (u.a. jener bei Auerbach auf Foto 1) und der letzte größere Felssturz ereignete sich am 28. Mai 2013 als an der Burg Veldenstein in Neuhaus an der Pegnitz 300 Tonnen Gestein abstürzten. Glücklicherweise ist bis dato niemand bei einem Sturzereignis im Frankenjura zu Schaden gekommen.

Anders als auf der Schwäbischen Alb, wo etliche Studien zur Verbreitung von gravitativen Massenbewegungen vorliegen (vgl. zusammenfassend TERHORST 1997), sind wissenschaftliche Darstellungen hierzu für die Fränkischen Alb selten. Zu den wenigen existierenden Publikationen gehören jene über Bergrutsche von V. FREYBERG 1957, HEGENBERGER 1961 und HÜTTEROTH 1994. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit dem Gefahrenpotenzial von Felsstürzen im Bereich der Nördlichen Frankenalb, wobei zunächst die zugrundeliegenden geologisch-geomorphologischen Gegebenheiten des Raumes aufgezeigt werden. Anschließend wird das Gefährdungspotenzial beleuchtet, das sich nicht nur für Anwohner sondern insbesondere auch für die zahlreichen Touristen und Tagesausflügler der Region ergibt, die gezielt, jedoch



Foto 1: Felssturz im Felslände bei Auerbach im Herbst 2009
(Aufnahme: IG Klettern)

meist unbewusst, stark gefährdete Bereiche aufsuchen (Mountainbiker, Kletterer, Wanderer). Zuletzt sollen Möglichkeiten zur Risikominimierung mit natur- und landschaftsverträglichen Sicherungsmaßnahmen potentieller Gefahrenstellen dargelegt werden.

2 Geographischer Überblick

Die Frankenalb ist Teil des Süddeutschen Schichtstufenlandes und durch den Meteoritenkrater des Nördlinger Ries von der geologisch vergleichbar aufgebauten Schwäbischen Alb getrennt. Die Frankenalb erstreckt sich vom Nördlinger Ries ausgehend als breiter Streifen zunächst nach Osten bis sie westlich von Regensburg in eine nord-nordwestliche Richtung umschwenkt und schließlich südlich des Mains endet (Abbildung 1). Die Fränkische Alb ist eine schwach ($3-5^\circ$) nach Osten verkippte flachwellige Hochfläche um 500 bis 600 m NN, die von tief eingeschnittenen Tälern zergliedert ist. Die bedeutendsten Flüsse der nördlichen Frankenalb sind die Wiesent und die Püttlach, die sich bei Behringersmühle vereinen. Von dort fließt das Gewässer als Wiesent bis Forchheim, wo es in die Regnitz mündet. Weitere bedeutende Flussläufe

* Überarbeitete Kurzfassung einer Zulassungsarbeit für das Lehramt an Realschulen von Frau Barbara Herbst, die am Lehrstuhl für Physische Geographie der Universität Passau im Herbst 2011 abgeschlossen wurde.

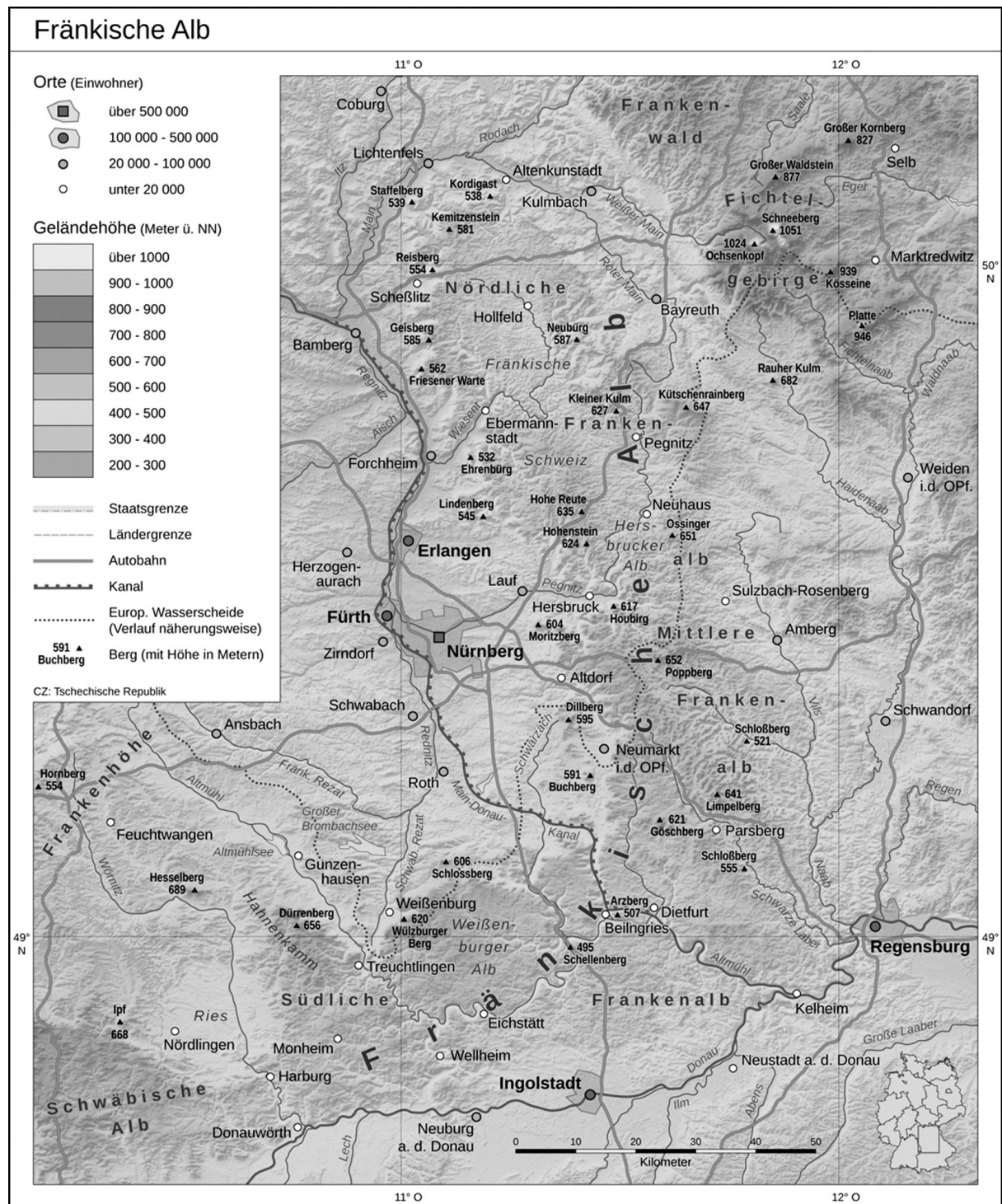


Abb. 1: Naturräumliche Gliederung Nordostbayerns

(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/Fr%C3%A4nkische_Albe_DE.png)

wie Trubach, Leinleiter, Aufseß oder Ailsbach machen die nördliche Frankenalb zum flussreichsten Gebiet der gesamten Fränkischen Alb.

Klimatisch liegt der Raum im Übergangsbereich zwischen einem milden, ozeanisch geprägten

Westen Deutschlands und einem subkontinentalen Osten mit ausgeprägten tages- und jahreszeitlichen Temperaturamplituden. Der Niederschlagsgang ist gekennzeichnet von einem bimodalen Verlauf mit einem primären Maximum in den Sommermonaten

und einem sekundären im Winter, weshalb heftige Schneefälle keine Seltenheit sind. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt auf der Albhochfläche gut 800 mm, etwa 150 mm mehr als im Albvorland und im Mittelfränkischen Becken (MÜLLER-HOHENSTEIN 1971). Thermisch herrschen mit 7–8 °C Jahresmitteltemperatur relativ milde Bedingungen vor, was regelmäßig auftretende Fröste in den Wintermonaten aber nicht ausschließt. Geländeklimatische Phänomene wie Kaltluftabfluss und/oder -stau können hierbei verstärkend wirken, mit um zwei bis vier Kelvin niedrigeren Temperaturminima in Tiefenlinien, Tälern und Muldenlagen gegenüber der Albhochfläche (vgl. MÜLLER-HOHENSTEIN 1971; CARL 1994).

Die Nördliche Frankenalb ist eine traditionell landwirtschaftlich geprägte Region mit überwiegend Milchproduktion und Schweinezucht. Mit ca. 50 bis 60% Waldbedeckung (v.a. Buche, Fichte und Kiefer) spielt auch die Forstwirtschaft eine nicht unbedeutende Rolle, wobei die Bewirtschaftung der Flächen aufgrund weitverbreiteter Hanglagen und geringer Arealgröße aufgrund Real- bzw. Erbteilung oft aufwändig ist (VETTER 2007).

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Nördliche Frankenalb zu einer bedeutenden Tourismusdestination in Nordbayern entwickelt. Begründet wurde der Tourismus bereits im 18. Jahrhundert. JOHANN FRIEDRICH ESPER verfasste das 1774 erschienene naturwissenschaftliche Werk „*Ausführliche Nachricht von neuentdeckten Zoolithen unbekannter vierfüßiger Thiere, und denen sie enthaltenden, so wie verschiedenen anderen denkwürdigen Grüften der Obergebürgischen Lande des Marggrathums Bayreuth*“ (POPP/BITZER 2007). Die darin beschriebene und in Kupferstichen dargestellte Gegend um Muggendorf lockte daraufhin viele Naturinteressierte aus dem In- und Ausland in das Wiesental, das dadurch überregionale Beachtung erfuhr. Insbesondere die Epoche der Romantik tat ein Weiteres, um das Gebiet als Fremdenverkehrsregion zu etablieren, woran auch die sich zu jener Zeit durchsetzende Bezeichnung „Fränkische Schweiz“ nicht unbeteiligt war, ein Begriff der übrigens ebenfalls auf ESPER zurückgeht (vgl. POPP/BITZER 2007).

Heute zieht es zahllose Touristen aus dem In- und Ausland, v.a. aber aus der Metropolregion Nürnberg-Fürth-Erlangen und den weiteren umliegenden Städten in diesen Teil der Fränkischen Alb, um die landschaftlichen, kulturellen und auch kulinarischen Besonderheiten zu genießen und zu erleben. Vor allem Aktivtouristen wie Wanderer, Radfahrer, Kajak- und Kanufahrer oder Kletterer werden von den vielfältigen Möglichkeiten der Freizeitgestaltung angezogen. Insbesondere für letztere Besuchergruppe stellt der Nördliche Frankenjura mittlerweile ein renommiertes Gebiet dar, das Klettertouristen aus der ganzen Welt

anlockt und nicht unerhebliche regionalökonomische Effekte für die Region generiert (vgl. NICKL 2009).

3 Geologischer Aufbau und erdgeschichtliche Entwicklung

3.1 Sedimentation und Gesteinsaufbau – die Ablagerungen der Jura-Gesteine

Die Fränkische Alb wird von Gesteinen aus der erdgeschichtlichen Epoche des Jura (205–140 Mio. Jahre v.h.) aufgebaut. Unter tropisch-warmen Klimabedingungen wurden im Germanischen Becken, einem Randmeer der südlich gelegenen Tethys, Sedimente aus den Festlandbereichen (Böhmisches Massiv, Vindelizische Schwelle) abgelagert. Durch tektonische Prozesse innerhalb der Jurazeit stieg das Meeresniveau kontinuierlich an, wodurch sich in Abhängigkeit von Wassertiefe, Durchlüftung, Salzgehalt, Meeresströmung, Klima, Abstand zur Küste, etc. die Sedimentationsbedingungen änderten. Dies drückt sich in der heutigen Fazies und in der Mächtigkeit der einzelnen Sedimentschichten aus. Während im Unteren Jura (= Lias, 205–180 Mio. Jahre v.h.) noch tonige Sedimentation vorherrschte, traten im Mittleren Jura (= Dogger, 180–155 Mio. Jahre v.h.) v.a. sandige und im Oberen Jura (= Malm, 155–140 Mio. Jahre v.h.) unter flachmarinen Bedingungen v.a. karbonatische Ablagerungen in den Vordergrund. Diese drei Schichtpakete, die aufgrund ihrer Färbung auch als Schwarzer (= Lias), Brauner (= Dogger) und Weißer Jura (= Malm) bezeichnet werden und in je sechs mit den griechischen Buchstaben α bis ζ bezeichnete Stufen unterteilt sind, prägen das heutige Gesicht der Nördlichen Frankenalb (MEYER/SCHMIDT-KALER 1992, vgl. Abbildung 2).

Insgesamt umfassen die Sedimente des Juras etwa 500 m Mächtigkeit. Sie überlagern 1200 m mächtige Ablagerungen aus der Trias-Zeit, von denen allerdings nur die Rät-Schichten und der Feuerletten des Oberen Keupers (Jüngste Trias) im Bereich des westlichen Albvorlandes lokal aufgeschlossen sind (MEYER/SCHMIDT-KALER 1992). Die älteste Stufe des Schwarzjuras ist der Lias α zu dem der Arieten-sandstein zu rechnen ist. Grobe, schräg geschichtete Flusssande einer gewaltigen Delta-Schüttung (vgl. Abbildung 3) vermischen sich mit feinen, horizontal lagernden marinen Glimmersanden und Tonen, die durch eine küstenparallele Strömung angeschwemmt wurden (MEYER/SCHMIDT-KALER 1992). Im Zeitabschnitt des Lias β senkte sich der Grund des Meeres in verhältnismäßig kurzer Zeit ab und dunkle Tone und Mergel wurden sedimentiert. Ein vermehrtes Vorkommen von Ammoniten, Belemniten, Muscheln

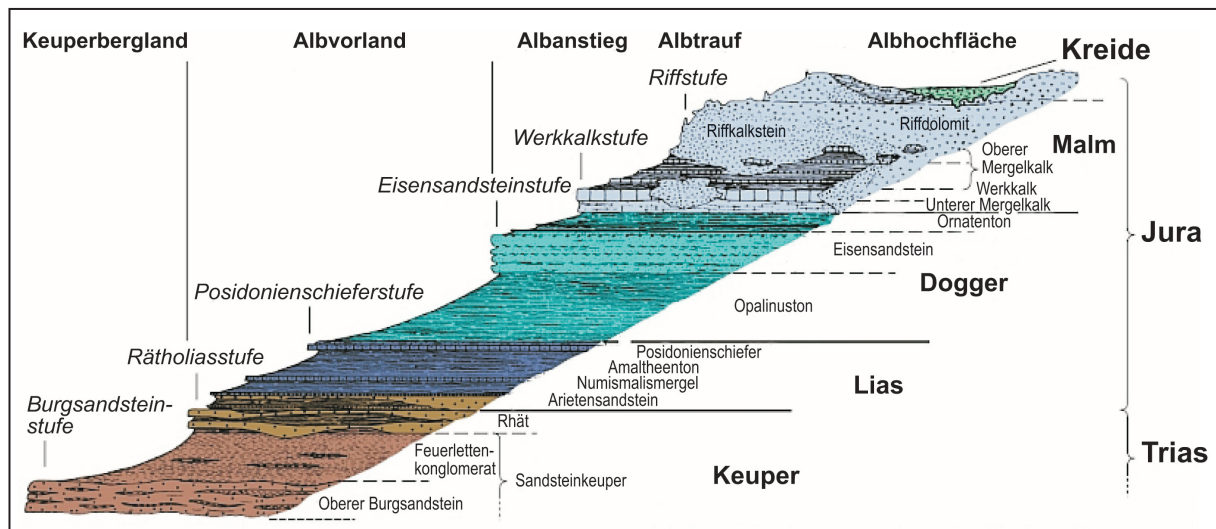


Abb. 2: Schematischer Profilschnitt durch das Schichtstufenland am Nordende der Fränkischen Alb (http://www.lfu.bayern.de/geologie/geotope_schoensten/74/pic/354064_gr.jpg)

und Seelilien im Lias γ deuten auf ein sauerstoffreiches Flachmeer hin. Dünn-schichtiger Mergel und Kalksteinbänke zeichnen die enthaltene Numismalischicht aus. Die mächtigste Lias-Schicht ist der Amaltheenton im Lias δ . Im ruhigen Flachmeer lagerte sich hauptsächlich blaugrauer Tonmergel ab, der heute im Bereich der Nördlichen Frankenalb zwischen 25 und 40 m einnimmt (vgl. RICHTER 1985). Wenn auch artenarm, so ist der Amaltheenton reich an Fossilien. Auf den Ablagerungszyklus des Amaltheentons folgte jener des Posidonischiefers im Lias ϵ , der aufgrund seines bituminösen Charakters auch als „Ölschiefer“ bezeichnet wird (MEYER/SCHMIDT-KALER 1992). Den Abschluss der Lias-Sedimentation bildet der fossilreiche Jurensismergel des Lias ζ .

Das Vindelizische Land, das bereits im Oberen Lias teilweise von einem Schelfmeer überflutet wurde, senkte sich weiter ab. Es wurden sehr feine Korngrößen abgelagert, die den zwischen 40 und 80 m mächtigen Opalinuston (= Dogger α) bilden (vgl. RICHTER 1985). Auf ihn folgt der Eisensandstein (Dogger β), der von Sanden und gelösten Eisenverbindungen aufgebaut wird, die durch intensive Verwitterung am Böhmischem Festland (vgl. Abbildung 3) bereitgestellt wurden (RICHTER 1985). Innerhalb der Fränkischen Schichtstufenlandschaft bildet der Eisensandstein die mittlere markante Steilstufe zwischen dem Keupersandstein unten und dem Malmanstieg oben (Abbildung 2). Der Sedimentationszeitraum Dogger γ bis Dogger ζ ist von relativer tektonischer Ruhe gekennzeichnet und auch die Sedimentation ließ nach, so dass die Mächtigkeit dieser Stufen oft nur gering ist. Diese Schichten werden deswegen zumeist gemeinsam unter der Begriffseinheit Ornatenton geführt (vgl. RUTTE 1981).

Zu Beginn der Epoche des Malms erreichte das Jura-Meer seine größte Ausdehnung (vgl. Abbildung 3). Das gesamte Vindelizische Festland war von einer Meeresstransgression erfasst (MEYER/SCHMIDT-KALER 1992). Das trockenheiße Klima und die unmittelbare Anbindung zum kalkreichen Tethysmeer begünstigten die Sedimentation weißlicher Kalke und Mergel in den Schelfbereichen. Schwankungen in den Sedimentationsbedingungen führen zum Wechsel von Kalk- und Mergel-Schichten. Dass das Schelfmeer zur Zeit des Malms verhältnismäßig ruhig und flach war, beweisen die Abfolge und die Bankstärken der Sedimentschichten. Sie sind über Kilometer hinweg gleichartig und erreichen im Bereich der Nördlichen Frankenalb 200 m Mächtigkeit (vgl. RICHTER 1985; MEYER/SCHMIDT-KALER 1992).

Im Weißen Jura werden generell zwei Fazies-Typen (Ausprägungen des Gesteins) unterschieden: die Bank-Fazies, die eine klare Schichtung zeigt (Foto 2a) und die Riff-Fazies, die keine klar zu erkennende Schichtstruktur aufweist (Foto 2b). Die Schichtfazies besteht in erster Linie aus Kalken, Kalkmergeln und Mergeln. Zusammensetzung, Färbung und Härte des Gesteins sind abhängig vom Tonanteil. Je geringer er ist, desto heller, härter und verwitterungsresistenter ist das Gestein. Da kein Bitumen im Sediment enthalten ist, es aber reich an fossilen Tieren ist, kann von einem strömungsreichen und somit sauerstoffreichen Flachmeer ausgegangen werden. Eine höhere Wassertemperatur als zur Lias- und Dogger-Zeit sowie eine niedrigere Wassertiefe (zwischen 150 und 250 m) begünstigten die Ablagerungsbedingungen für Kalke (vgl. RICHTER 1985).

Die Ausbildung der Riff-Fazies setzte bereits im Unteren Malm ein, trat jedoch erst ab dem Mittleren

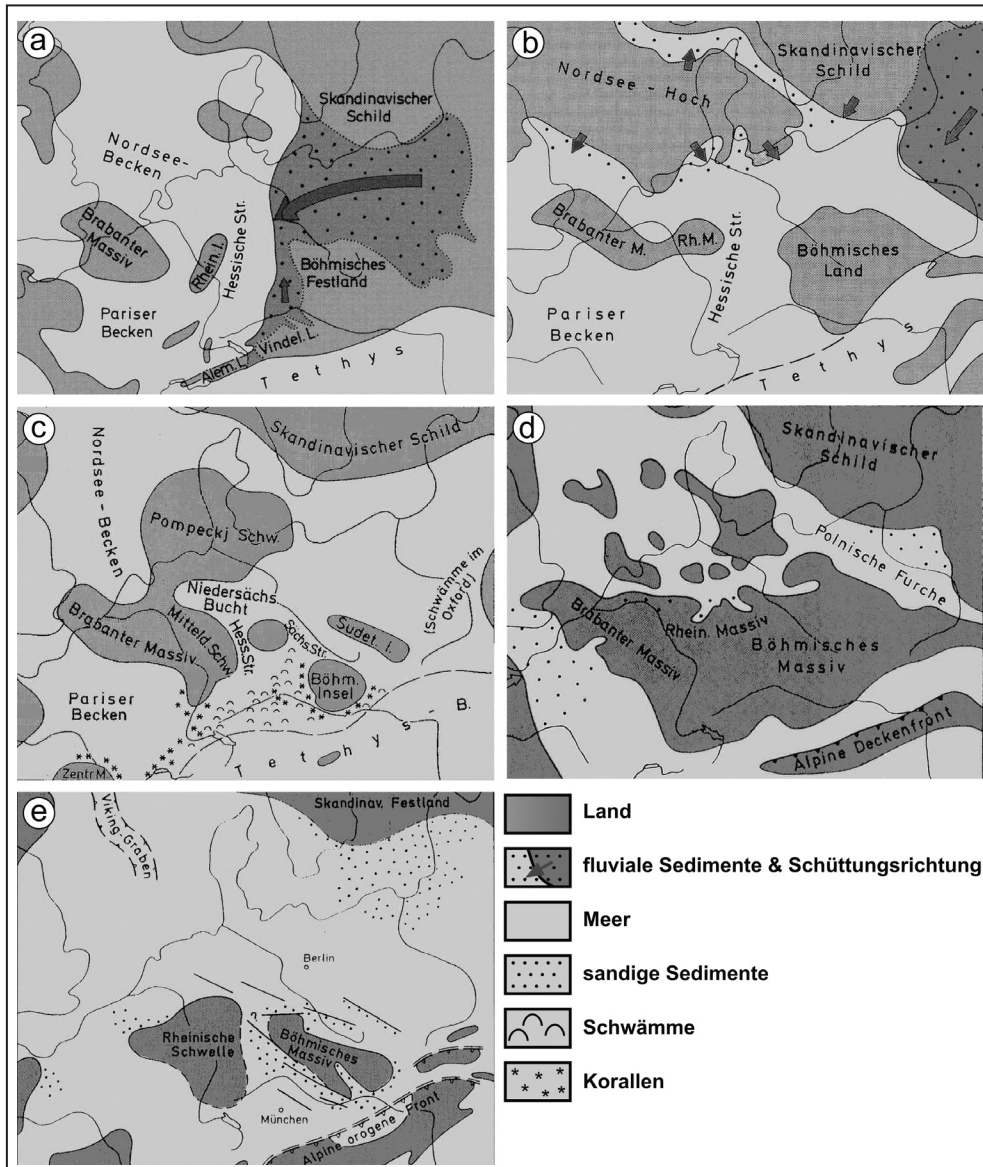


Abb. 3:
Paläogeographische Situation Mitteleuropas im Unteren Lias (a), im Oberen Dogger (b), im Malm (c), in der Unteren Kreide (d) und in der Oberen Kreide (e).
(aus <http://www.angewandte-geologie.geol.uni-erlangen.de>, nach MEYER & SCHMIDT-KALER 1992)

Malm verstärkt in Erscheinung. Ihren Höhepunkt erreichte die Riffbildung schließlich an der Wende zum Oberen Malm. Die typische Riff-Fazies in der Nördlichen Frankenalb stellen massige Kieselschwammriffe mit Algenkrusten dar (MEYER/SCHMIDT-KALER 1992). Es handelt sich also nicht um echte Riffe aus wellenresistenten Bauten von Meeresorganismen, wie sie etwa von Korallen aufgebaut werden, sondern um intensiv von Schwämmen besiedelte Bereiche an flach einfallenden Hängen (vgl. KOCH 2000). Demnach lehnen jüngere Untersuchungen frühe Hypothesen ab, nach denen die Wiesent-Riffschwelle als natürliche Strömungsbarriere dem Transport von Ton in den östlichen Teil des Ablagerungsbereichs entgegenwirkte und daher eine Bank-Fazies als vornehmlich mergelige „Schwäbische Fazies“ (sog. Feuerstein-Bankfolge) auf ihrer Westseite einer

überwiegend kalkigen „Fränkischen Fazies“ im Osten gegenübersteht (vgl. MEYER/SCHMIDT-KALER 1992).

Im fossilreichen Malm α , der in der gesamten Frankenalb verbreitet ist, finden sich noch zahlreiche Lagen grauer Mergelkalke (vgl. RUTTE 1981). Der Malm β ist dagegen mergelarm, sehr hart und splittig im Bruch, weshalb er als Bau- und Schotterstein in großen Steinbrüchen abgebaut wird („Werkkalk“, vgl. Foto 2a). Der Malm γ ist aufgrund höherer Mergelanteile wieder sichtbar weniger hart. Er bildet am steilen Albtrauf örtlich sogar Verebnungen aus, die landwirtschaftlich genutzt werden. Im Malm δ werden im Bereich der Nördlichen Frankenalb mergelige Bankkalke von teilweise dolomitisierten Schwammkalken der Riff-Fazies überlagert (vgl. RUTTE 1981). Die Dolomitisierung der Kalke entstand wohl etliche Mio. Jahre nach der Sedimentation im



Foto 2:
Unterschiedliche
Gesteinsausprägung in der
Nördlichen Fränkischen Alb:
gebankte Kalke (a), Riffkalke (b)
und kleinstückiger, stark
zerscherter Fels (c)
(Aufnahmen: B. Herbst)

Zuge der Diagenese der kalkigen Ablagerungen durch magnesiumhaltige Lösungen. Während dieses Wandels lagerte sich Magnesium in den Kalk ein und es entstand der im Vergleich zu Kalkgestein härtere Dolomit, der sog. Frankendolomit. Auf die Stufe des Malm δ folgen erneut vornehmlich gebankte Kalke des Malm ϵ und ζ , die sich in kleinen schwammfreien Lagunen zwischen den höher aufragenden Schwammriffen absetzten.

3.2 Post-jurasische Entwicklung – festländische Verwitterung, Abtragung und Überprägung

Das flache Meer, das nahezu während der ganzen Jura-Epoche das Festland im Bereich Süddeutschlands überdeckte, zog sich am Ende des Jura aufgrund tektonischer Bewegungen nach Süden zurück und die die Nördliche Frankenalb wurde zu Beginn der Kreidezeit (~140 Mio. Jahre v.h.) Festland (vgl. MEYER/

SCHMIDT-KALER 1992, Abbildung 3). Damit endete die erste große erdgeschichtliche Entwicklungsetappe für die Nördliche Frankenalb. Sedimentation und Gesteinsaufbau waren weitgehend abgeschlossen, stattdessen erfolgten Verwitterung und Abtragung unter nun festländischen Bedingungen.

Die Genese des heute in der Nördlichen Frankenalb anzutreffenden Reliefs geht auf Vorgänge zurück, die bis in die Kreide-Zeit zurückreichen (Abbildung 4). Neben Materialeigenschaften wie Verwitterungsresistenz und Verkarstungsanfälligkeit der jurasischen Kalke und Dolomite spielen auch Krustenbewegungen und v.a. die zur damaligen Zeit herrschenden klimatischen Verhältnissen eine nicht unerhebliche Rolle. Durch das Trockenfallen der oberen Jura-Schichten unter feuchtheißen tropischen Klimabedingungen begannen die Kalke (und in schwächerem Maß auch die Dolomite) zu verkarsten

Die einsetzende Alpen-Entstehung während der Oberkreide sorgte für einen erneuten kurzen Meeresvorstoß aus Südosten in den fränkischen Raum (Ab-

bildung 3). Eine gleichzeitige Hebung des Ostbayerischen Grundgebirges (Böhmisches Massiv), ebenfalls als Fernwirkung der alpinen Orogenese, verursachte die Schüttung enormer Mengen an Sand in den nordbayerischen Raum. Die zuvor entstandene (tropische) Karstlandschaft der Nördlichen Frankenalb wurde vollständig von verschiedenartigen Sanden und Tonen bedeckt und somit vor weiterer Abtragung geschützt (vgl. MEYER/SCHMIDT-KALER 1992).

Während des Tertiärs (Beginn vor etwa 65 Mio. Jahre v.h.) blieb das fränkische Gebiet durchgehend Festland. In dieser Zeit wurde das mesozoische Deckgebirge durch Bewegungen der Erdkruste stark angehoben (EBERLE et al. 2007). Ursächlich dafür war

ein Aufwölben des Schichtpakets durch Bewegungen in der Erdkruste entlang der Rhein-Achse, was den Einbruch des Rheingrabens und eine Verkippung des Schichtstapels zur Folge hatte. In Süddeutschland weist das Schichtfallen heute nach Osten. In der Folge präparierte die Verwitterung ausgehend von dem Bruch des Oberrheingrabens das Süddeutsche Schichtstufenland, eine Abfolge mehrerer Steilstufen aus widerstandsfähigen Gesteinen mit zwischengeschalteten Verebnungen aus weniger widerstandsfähigen Material, heraus.

Als Folge der bruchtektonischen Heraushebung des Süddeutschen Schichtstufenlandes war der Nördliche Frankenjura den Verwitterungsprozessen ver-

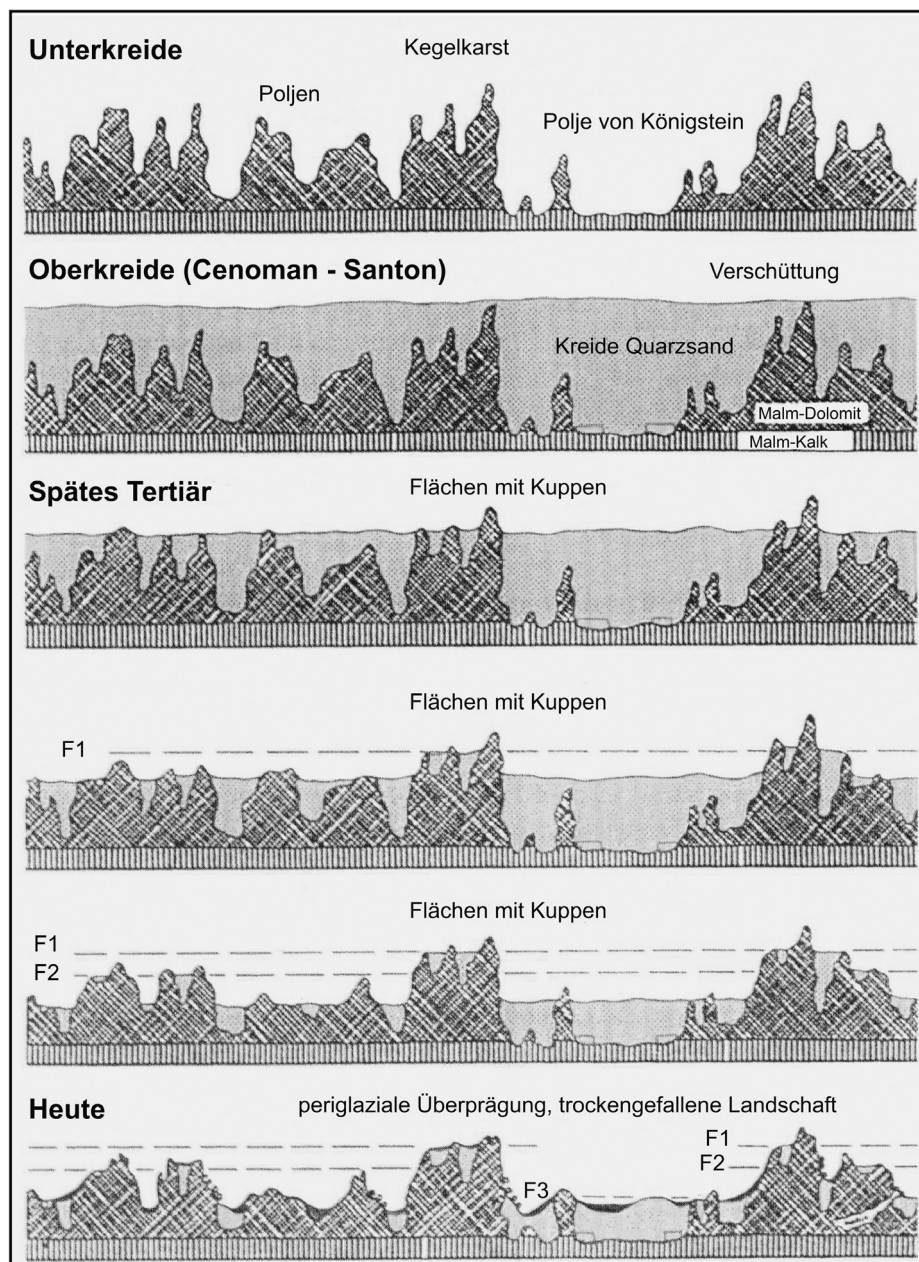


Abb. 4:
Vom Kegelkarstrelief
der Unteren Kreide zum
heutigen Landschafts-
bild der nördlichen
Frankenalb
(nach PFEFFER 1989)

stärkt ausgesetzt, wodurch die zuletzt abgelagerten sandigen Kreidesedimente nahezu vollständig abgetragen wurden (Abbildung 4). Nur lokal findet man heute noch kreidezeitliche Sedimentreste (vgl. MEYER/SCHMIDT-KALER 1992). Durch die Freilegung des bereits während der Unterkreide geformten Reliefs, konnte die Verkarstung erneut einsetzen und aufgrund des tropischen, feucht-warmen Klimas im Tertiär tief in das Kalkgestein eingreifen.

Die Periode des Quartärs, die vor ca. 1,8 Millionen Jahren begann und bis heute andauert, ist maßgeblich für die Ausprägung des heutigen Landschaftsbilds verantwortlich (vgl. MEYER/SCHMIDT-KALER 1992). Bereits während des Pliozäns im ausgehenden Tertiär kühlte das Klima deutlich ab. Im folgenden Eiszeitalter (Pleistozän) änderten sich die Erosionsbedingungen in der Nördlichen Frankenalb dann grundlegend. Immer wieder wechselten sich Kälteperioden mit längeren zwischengeschalteten Warmzeiten ab. Die Jahresmitteltemperaturen lagen bei 0 bis -2 °C (zum Vergleich: Jahresmitteltemperaturen heute ca. 8 °C, im Tertiär ca. 20–21 °C). Vergletschert war die Fränkische Alb zwar nie, allerdings war Permafrost weitverbreitet, der nur in den Sommermonaten oberflächlich auftaute und mächtige Solifluktsdecken hervorrief. Durch äolischen Transport wurde ferner Löss aus den Gletschervorfeldern auf die Hochflächen der Fränkischen Alb transportiert, wo er heute eingearbeitet Bestandteil der Alblehmüberdeckung ist (vgl. JERZ 1993).

Die wichtigste Entwicklung für das heutige Landschaftsbild der Nördlichen Frankenalb war die Entstehung des aktuellen Gewässernetzes mit der Eintiefung der Täler. Der Verlauf der Täler orientiert sich dabei häufig an alten Bruchstrukturen im tiefen Untergrund, da entlang der Brüche die Festigkeit des Gesteins geschwächt war und es dort leicht erodiert werden konnte. Noch im Tertiär waren die kaum eingeschnittenen Flüsse der Frankenalb nach Süden ausgerichtet. Erst mit der zunehmender Hebung der Alpen änderte sich der Abfluss. Aufgrund der Verkarstung führten die bereits angelegten Flussbetten nicht durchgehend Wasser. Zur Schneeschmelze und besonders zu Beginn einer Eiszeit verwandelten sie sich jedoch in reißende Flussläufe. Durch einen hohen Anteil mitgeführter Erosionswaffen konnten sich die Flüsse tief in das anstehende Gestein einschneiden, im Falle der Wiesent annähernd 150 m tief. Durch das Einschneiden der Flusstäler sank auch der Grundwasserspiegel der Alb auf ein niedrigeres Niveau. Die durch Kalklösung entstandenen Höhlen fielen ebenso trocken wie zahlreiche kleinere Nebenflüsse („Trockentäler“), die heute nur noch saisonal während der Schneeschmelze Wasser führen. Mit dem Einschneiden der Flüsse entstand das heutige Aussehen der Nördlichen Frankenalb mit den von steilen Felswänden flankierten Tälern. Doch auch gegenwärtig verändern Verwitterungsprozesse

kontinuierlich das Bild der Alb, was in einer vom Menschen intensiv genutzten Landschaft mit Risiken (Rutschungen, Felsstürze, Steinschläge) verbunden ist.

4 Analyse des Gefährdungspotenzials

Die potentielle Gefährdung eines Landschaftsausschnitts durch gravitative Massenbewegungen ist immer von einem Zusammenspiel endogener und exogener Faktoren gekennzeichnet und auch der Mensch spielt durch sein Handeln eine nicht unwichtige Rolle. Zu den endogenen Faktoren zählen Gesteinsaufbau, Relief, Streich- und Fallrichtung sowie das Kluftgitter. Unter den exogenen Einflüssen sind insbesondere starke Frosteinwirkung bzw. wiederholte Frostwechsel, in Klüften eingewachsene Wurzeln sowie erhöhtes Wasseraufkommen in Folge von Starkregenereignissen zu nennen. Alle genannten Einwirkungen führen in Klüften zu einem erhöhten Druck im Gesteinsverband, der das Absprengen von Gesteinsmaterial zur Folge haben kann. Durch anthropogene Aktivitäten, etwa durch Eingriffe in die Vegetationsbedeckung oder durch bauliche Maßnahmen, bei denen die Stabilität von Hängen verändert wird, kann die Gefährdung intensiviert werden. Eine Bewertung der Gefährdungssituation muss daher alle Faktoren berücksichtigen.

4.1 Gefährdungsbewertung aufgrund von Topographie und Bewuchs des Felsstandorts

Bereits die Topographie des Hanges, an dem ein Fels steht, kann erste Hinweise auf die Gefährdungssituation geben. Aus dem Relief lassen sich beispielsweise Rollweg und kinetische Energie von Felsbrocken im Fall eines Abganges abschätzen. Da alle Stoffe an der Erdoberfläche der Schwerkraft unterliegen ist die Hangneigung hierbei eine wichtige Größe. Liegt sie bei weniger als 15° ist von einem nur geringen Gefahrenpotenzial auszugehen. Übersteigt der Böschungswinkel jedoch 15°, so ist die Reliefenergie oft schon groß genug, ein ernst zu nehmendes Risiko hervorzurufen.

Ein wichtiger Aspekt bei der Gefahrenbewertung ist die Mächtigkeit der Bodenauflage. Liegt ein weicher Untergrund vor, ist die Möglichkeit hoch, dass das Bruchstück sofort oder nach nur kurzem Rollweg liegen bleibt. Anders verhält es sich bei einer harten Basis. Hier besteht die Gefahr, dass der Felsbrocken nach einem Aufprall mehrere Meter hochspringt. An Steilhängen kann es auf harten Grund zu einer enormen Beschleunigung der abgegangenen Felsbrocken

kommen. Ferner können Bruchstücke aus der Falllinie ausscheren und in völlig anderer Richtung als erwartet Schäden anrichten. Auch der Stein selbst kann beim Auftreffen auf den Boden seine Bewegungsbahn verändern und weitab von der Absturzstelle Menschen und/oder Infrastruktur in Mitleidenschaft ziehen. Eine Gefahr kann auch von bereits abgegangenen Steinen, die im Hang liegen geblieben sind, ausgehen, wenn sie beispielsweise bei Starkregenereignissen durch Unterspülung wieder in Bewegung geraten und talwärts rollen.

Neben der Hangneigung und Bodenaufgabe spielt auch der Bewuchs der Felsböschung und vor allem des Böschungsfußes eine bedeutende Rolle. Sträucher und Büsche bilden für kleinere Steine eine Schutzwirkung. Risikominimierend ist generell immer ein dichter Bestand mit großen, festverwurzelten Bäumen, die selbst vor größeren Steinen und Blöcken Schutz bieten können. An gegebenenfalls sichtbaren Steinschlagschäden, wie abgeplatzter Rinde o. ä. lassen sich Rückschlüsse auf die Frequenz von Steinschlägen ziehen.

4.2 Gefährdungsbewertung aufgrund der Gesteinsstruktur

Von großer Bedeutung für die Gefahrensituation ist die Gesteinsstruktur, d.h. der innere Verbund, der Verwitterungszustand und die Klüftigkeit des Gesteins (vgl. Foto 2). Selbst bei kompakten Gesteinen wie den Riffkalken der Nördlichen Frankenalb können entlang von Bruchfugen größere Blöcke abgetrennt werden, die eine potentielle Gefährdung darstellen und große Schäden anrichten können. Auf den ersten Blick wenig standfest erscheinen die Schichtkalken. Trotz ihres lockeren und dadurch gefährlichen Aussehens, sind sie aber selbst in zerklüftetem Zustand recht stabil aufgrund ihrer ebenen Lagerung und der vorliegenden Mauerstein-Verschränkung im Verbund. Größere Gefährdung rufen Felsen mit Trennfugen sowie kleinstückiges Gestein (Foto 2c) hervor. Der sicheren Aufnahme des Trennflächengefüges im Fels (Schichtfugen, Klüfte, Spalten) kommt deswegen bei der geologischen Aufnahme eine große Bedeutung zu.

Ein erhöhtes Sicherheitsrisiko stellen tief reichende Klüfte dar. Offene Klüfte (Spalten) sind besonders gefährlich, da Blöcke dann kaum mehr Verbindung zum Fels haben und nahezu frei stehen. Wasser und Erdreich kann in diese Klüfte eindringen, wodurch es insbesondere im Winter zu erheblichen Drücken beim Gefrieren kommen kann. Eine weitere Gefahr geht von Blöcken aus, die von oben in eine Kluft gefallen sind und durch kontinuierliches Tieferrutschen nach kleinsten Erweiterungen (z.B. durch Gefrier-Tau-Zyklen, Temperaturschwankungen) eine Hebelwirkung her-

vorrufen, wodurch sich Gesteinsmaterial vom Massiv lösen kann. Ähnliche Effekte rufen Pflanzenwurzeln hervor, die durch ihr Dickenwachstum ebenfalls starke Drücke in den Klüften auslösen. Verstärkt wird dies noch durch Hebelwirkungen, wenn sich Bäume im Wind bewegen.

Nicht zuletzt spielt die Statik des Gesteins eine wichtige Rolle für die Bewertung der Gefährdungssituation. Sowohl das Gewicht, als auch die Gewichtsverteilung und die Bedeutung überhängender Lasten sind ausschlaggebend für ein mögliches Sicherheitsrisiko. Ohne Überhanganteile bleiben Felsen selbst unter steilen Winkeln stabil, im anderen Fall können kleinste Veränderungen der Lagerung oder der Bindung zum Massiv bereits zum Absturz führen.

Eine wichtige Methode zur Analyse des Trennflächengefüges von Felsmassiven, ist das Messen von Klüften. Klüfte entstehen durch den Verlust der Kohäsion, wodurch Gesteine ihren inneren Zusammenhalt verlieren. Ausgelöst wird dies meist durch regionale tektonische Hebungs- und Senkungsbebewegungen, also durch Druck- und Zugvorgänge innerhalb des Gesteins (vgl. MÖBIUS 1989). Auch entlang von Taleinschnitten können sich Klüfte bilden, wenn an den Talrändern z.B. durch Hangunterschneidung harte Schichten ihre Stützung von unten verlieren. Das Entstehungszentrum einer jeden Kluft ist punktförmig und wird als Initialfeld oder Kluftzentrum bezeichnet. Nach MÖBIUS (1989) setzt sich der Aufreißvorgang kreisförmig oder ellipsenförmig von diesem Zentrum aus fort, wodurch die Hauptkluftfläche entsteht. Verlaufen mehrere Klüfte annähernd parallel zueinander, spricht man von einer Kluftchar. Klüfte die zur gleichen Zeit entstanden sind, jedoch in unterschiedlicher Richtung streichen, nennt man Kluftsystem. Das Streichen und Fallen von Gesteinschichten und Klüften sind wichtige Indikatoren für die Beurteilung der Gefährdungssituation. Sie werden mit Hilfe eines Gefügekompasses gemessen. Die Streich- und die Fallrichtung stehen immer senkrecht zueinander, wobei erstere die Richtung angibt, in der eine Schicht in der Horizontalen verläuft, während die Fallrichtung die Richtung anzeigt, in die die Gesteinsoberfläche geneigt ist. Über die Neigung des Einfallens gibt der Einfallswinkel Auskunft. Dieser kann zwischen 0° (= waagrecht) und 90° (= senkrecht) liegen. Die Ergebnisse von Kluftmessungen werden in Form von Kluftrosen graphisch dargestellt.

5 Geologischer Aufbau, Klufthinter, Morphologie und Talgrundriss in der Nördlichen Frankenalb und die daraus resultierende Gefährdung

Bereits CARL WILHELM VON GÜMBEL (1891) vermutete, dass der merkwürdig geradlinige Verlauf vieler Täler der Fränkischen Alb von zwei Hauptkluftrichtungen (NW-SO = herzynisches Streichen und NO-SW = erzgebirgisches Streichen) hervorgerufen wird. Wenig später stellte NEISCHEL (1904) fest, dass diese Richtungen auch bei den Höhlenverläufen und oft

linear aneinandergereihten Dolinen und Erdfällen anzutreffen ist (Abbildung 5). Diese Klufthinter sowie die daran geknüpften Talverläufe spielen, wie bereits angedeutet, eine wesentliche Rolle für die Gefährdung durch gravitative Massenbewegungen im Bereich der Fränkischen Alb, indem der Gesteinsverband geschwächt ist und es, nachdem die Klüfte bevorzugte Angriffstellen für Verwitterung, Abtrag und Verkarsung darstellen, durch das Entfernen von Widerlagern zum Nachstürzen von Felsmaterial kommen kann.

Klufthintermessungen, die im Sommer 2011 und 2012 in verschiedenen Abschnitten des Wiesenttales und seiner Nebentäler durchgeführt wurden (zur Lage

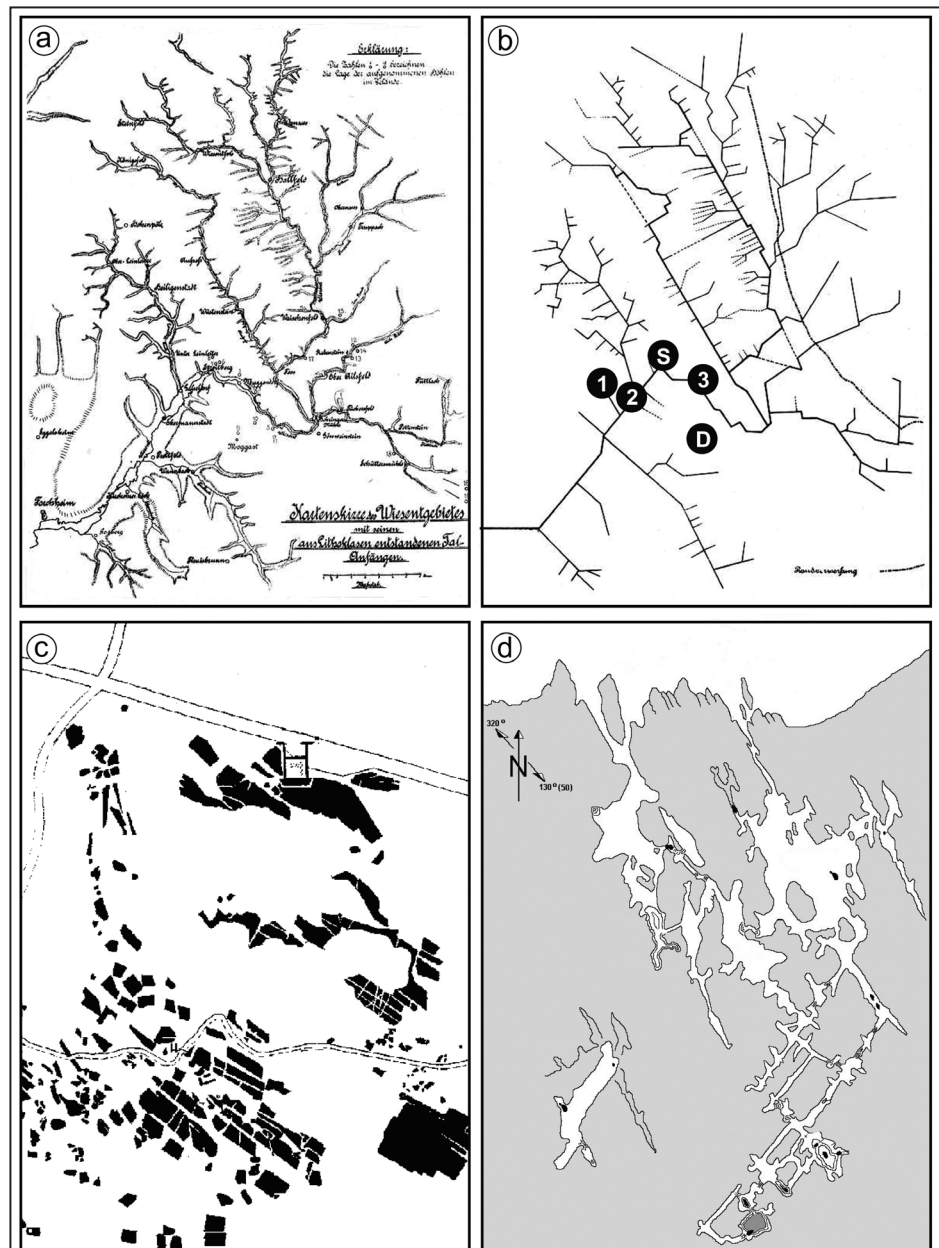


Abb. 5: Vorherrschendes Klufthinter in der Nördlichen Fränkischen Alb mit herzynischer und erzgebirgischer Streichrichtung, das sich in den Talverläufen ((a) und in schematisierter Form (b)), im Klufthinter der Felsen (z.B. am Druidenhain (c)) und in den Höhlensystemen (z.B. Schönhsteinhöhle (d)) ausdrückt. In (b) sind die beiden zuletzt genannten Lokalitäten mit D (=Druidenhain) und S (=Schönhsteinhöhle) sowie die Standorte der Klufthintermessungen aus Abbildung 6 (1, 2, 3) eingetragen.

(Quellen: a und b aus: MEYER & SCHMIDT-KALER 1992, c: Wiesenttal.de, d: Opencaching.de)

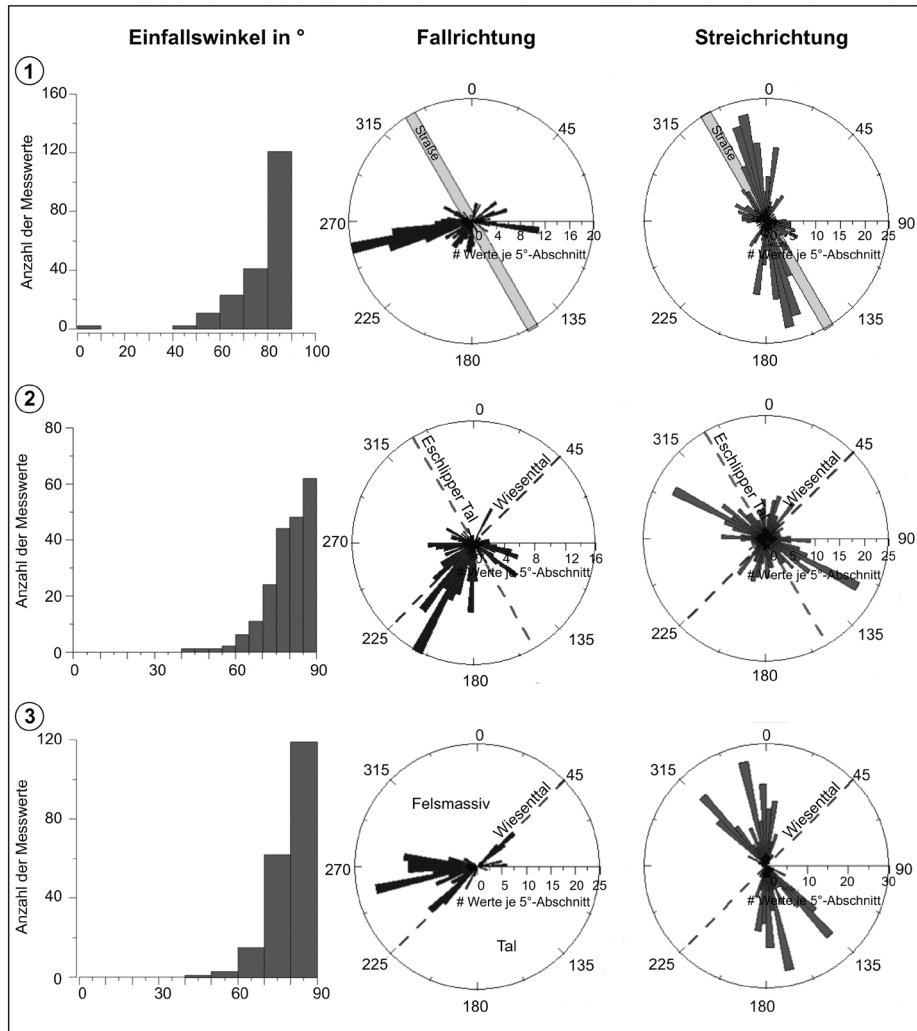


Abb. 6: Einfallswinkelverteilung sowie vorherrschende Fall- und Streichrichtung von Klüftmessungen im Eschlipper Tal (1), in einem Steinbruch oberhalb von Ebermannstadt (2) und im Wiesenttal (3). Zur Lokalisierung siehe Abbildung 5b

siehe Abbildung 5), belegen die Gefährdungssituation deutlich. Messungen an einem gebankten Felsmassiv an der Staatsstraße 2260 im Eschlipper Tal ergaben einen hohen Anteil (60%) steil bis sehr steil (80° bis 90°) einfallender Klüfte. Bei derart steilen Hauptklüften besteht immer die Gefahr, dass ganze Wandabschnitte ähnlich einer Mauer abbrechen. Die Klüftrosen in Abbildung 6 zeigen, dass die überwiegende Anzahl der Klüfte zur Straße hin einfällt, während die Streichrichtung nahezu parallel zur Staatsstraße 2260 verläuft. Somit liegt eine große Zahl von Trennflächen vor, die alle zur Straße hin geneigt sind und an denen Gesteinskörper abbrechen können (Abbildung 6-1).

Eine ähnliche Situation findet sich in einem aufgelassenen Steinbruch bei Ebermannstadt wenige Kilometer vom Eschlipper Tal entfernt ebenfalls in gebankten Kalken (Abbildung 6-2). Ein sehr hoher Anteil steil bis sehr steil (80° bis 90°) einfallender Klüfte lässt auf eine vergleichbare Beanspruchung wie im Eschlipper Tal schließen. Abbildung 6 zeigt, dass auch hier die Haupt-Streichrichtung eher zum

kleineren Eschlipper Tal, als zum größeren Wiesenttal ausgerichtet ist. Die Fallrichtung, die hauptsächlich nach Südwesten gerichtet ist, legt nahe, dass beide Täler gemeinsam für das tal-parallele Abbrechen des Gesteins an der Traufkante verantwortlich sind.

Eine Vergleichsmessung in Rifkalken erfolgte im Wiesenttal nahe der Ortschaft Muggendorf. Auch hier liegt die größte Anzahl von Einfallswinkeln im Sektor zwischen 80° und 90° (Abbildung 6-3). Die Messungen belegen ferner, dass hier die Eintiefung des Wiesenttals wohl nicht ursächlich für das Entstehen der Klüfte ist. Die meisten Trennflächen sind nach Westen geneigt und Streichen von Südost nach Nordwest. Diese Streichrichtung folgt einerseits einem herzynischen Verlauf, zum anderen zeichnet sie die Ausrichtung der Wiesent-Riff-Schwelle nach, deren Flanken nach Westen und Osten abgefallen sind. Somit ist anzunehmen, dass die Flächen zum überwiegenden Teil Schichtflächen der alten Riffstruktur darstellen. Nachdem das Einfallen der Trennflächen von Straße und Tal weggerichtet ist, besteht hier keine

generelle Gefahr für die Sicherheit auf der Straße. Lediglich wo Trennflächen ungünstig aufeinander stehen, könnten einzelne Gesteinskörper ausbrechen.

Ein weiteres Gefährdungspotenzial im Bereich der Frankenalb, unabhängig vom Kluftgitter, ergibt sich aus der Tatsache, dass die Malmkalkplatte auf weniger stabilen und wasserstauenden Schichten des Ornatenton (Oberer Dogger) liegt. Durch Ausquetschen der Tone durch die Auflast kommt es vielerorts zur Labilisierung des darüberliegenden Schichtpakets, was zu Verkippungen und Felsstürzen im Malm führt. Dies ist an etlichen Stellen des westlichen Albtraufs belegt (vgl. HÜTTEROTH 1994).

6 Sicherungsmaßnahmen gefährlicher Felsböschungen

Um Schäden, die aus einem Steinschlag oder Felssturz hervorgehen, vorzubeugen, erstellt das *Landesamt für Umwelt (LfU)* seit 2007 Gefahrenhinweiskarten, die Auskunft über Gebiete geben, in denen potenziell mit gravitativen Massenbewegungen zu rechnen ist. Trotz dieser vorbeugenden Maßnahme kommt es örtlich immer wieder zu Schäden durch derartige Ereignisse. Doch wer haftet bei Schäden die durch einen Steinschlag verursacht wurden und wer übernimmt die Kosten für Sicherungsmaßnahmen, um Felsstürzen vorzubeugen?

6.1 Rechtlicher Anspruch

Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit hat Hinweise herausgegeben, wie in bestimmten Situationen gehandelt werden soll. Bei der Planung eines baulichen Vorhabens müssen prinzipiell nach § 1 Abs. 6 Baugesetzbuch (BauGB) allgemeine Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse berücksichtigt sowie umweltbezogene Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit bedacht werden. Will eine Stadt oder Verwaltung innerhalb eines gefährdeten Gebietes ein Bauvorhaben realisieren, müssen zunächst die zuständigen Behörden (Abteilung 10 *Geologischer Dienst* des *LfU*) hinzugezogen werden, die dieses Vorhaben beurteilen (vgl. § 4 BauGB). Müssen Schutzmaßnahmen getroffen werden, liegen die Kosten bei der ausführenden Stadt bzw. Verwaltung. Ist bereits ein Schaden entstanden, ist zu unterscheiden, ob dies auf Grund eines Naturereignisses geschah oder durch den Menschen verursacht wurde.

In § 823 BGB heißt es „Wer vorsätzlich oder fahrlässig das Leben, den Körper, die Gesundheit, die Freiheit, das Eigentum oder ein sonstiges Recht

eines anderen widerrechtlich verletzt, ist dem anderen zum Ersatz des daraus entstehenden Schadens verpflichtet.“ Im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht kann also ein Grundstückseigentümer bei entstandenen Schäden prinzipiell haftbar gemacht werden, wobei der Bundesgerichtshof in Karlsruhe hierzu folgendes Urteil vom 12. Februar 1985 erlassen hat: „*Wer sich an einer gefährlichen Stelle ansiedelt, muss grundsätzlich selbst für seinen Schutz sorgen. Er kann nicht von seinem Nachbarn verlangen, dass dieser nunmehr umfangreiche Sicherungsmaßnahmen ergreift. Der Nachbar ist lediglich verpflichtet, die Durchführung der erforderlichen Sicherungsmaßnahmen auf seinem Grundstück zu dulden.*“ Wurde also ein Felssturz durch Aktivitäten des Menschen (z.B. durch Kahlschlag) verursacht, ist der Eigentümer des Areals haftbar. Sind jedoch Naturgewalten verantwortlich, ist dies dem Eigentümer nicht anzulasten.

6.2 Felssicherungsmaßnahmen

Um Mensch und Gut soweit wie möglich vor Steinschlägen und Felsstürzen zu bewahren, wird bei einer festgestellten Gefahrensituation mit je nach Situation unterschiedlichen technischen Möglichkeiten versucht, der Gefahr entgegenzuwirken. Diese technischen Maßnahmen zur Sicherung gefährlicher Felswände sind immer mit erheblichen Kosten verbunden. Daher muss stets geprüft werden, ob gegebenenfalls bereits durch Nutzungseinschränkungen das Gefährdungspotenzial verringert werden kann. Bei allen Maßnahmen sind – soweit nicht „Gefahr in Verzug“ ist – zudem die Belange des Naturschutzes zu berücksichtigen. Nach § 34 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) sind „Projekte [...] vor ihrer Zulassung oder Durchführung auf ihre Verträglichkeit mit den Erhaltungszielen eines Natura 2000-Gebiets zu überprüfen. Ergibt die Prüfung der Verträglichkeit, dass das Projekt zu erheblichen Beeinträchtigungen des Gebiets in seinen für die Erhaltungsziele oder den Schutzzweck maßgeblichen Bestandteilen führen kann, ist es unzulässig“ (§ 4 Abs. 2 BNatSchG). Allerdings geht aus § 34 Abs. 4 BNatSchG auch hervor, dass bei Gefahren für die Bevölkerung die notwendigen Sicherungsmaßnahmen in jedem Fall durchzuführen sind, wobei auf sensible Zeiträume (z.B. Vogelbrut) bei der Durchführung der Maßnahmen und eine möglichst harmonische Integration der Maßnahme in das Landschaftsbild zu achten ist.

6.2.1 Sprengung

Das Absprengen von losen Felsblöcken bedarf einer gründlichen Abwägung der Risiken, da die Gefahr von Folgeschäden (Zerstörung von Waldflächen, Treffer

an Straßen, Leitplanken, Gebäuden, oberirdischen Lagertanks, etc.) sehr hoch ist. Sprengungen werden üblicherweise bei Felsobjekten von mehr als 5 m³ Volumen (rund 14t Gewicht) angewendet, deren labile Lage Sicherungsarbeiten zu gefährlich macht. Bei kleineren Felsen ist die Gefahr des Auseinanderbersterns mit möglicherweise kilometerweitem Steinflug sehr hoch. Sorgfältig ist abzuschätzen, welchen Weg die Gesteinstrümmer nach der Sprengung nehmen werden. So kann ein Block planmäßig vom Massiv abgehen und wie vorgesehen in einen vorinstallierten Fangzaun fallen. Ein unerwartetes Auftreffen auf einer harten Felsbank kann einen Block von mehreren Kubikmetern Volumen aber auch meterhoch springen lassen und unvorhersehbare Richtungswechsel zur Folge haben.

Der Aufwand, der rund um eine Sprengung betrieben werden muss, ist groß. Nach § 1 *Dritte Verordnung zum Sprengstoffgesetz* (SprengV) muss mindestens eine Woche vor der Sprengung ein Antrag in doppelter schriftlicher Ausfertigung beim Gewerbeaufsichtsamt eingereicht werden. Bereits darin muss die Erlaubnis des Sprengmeisters für die vorgesehene Sprengung enthalten sein. Des Weiteren sind Art, Verfahren und Umfang der Sprengung sowie Typ und Menge des verwendeten Sprengstoffs und der Zündmittel anzugeben. Bei der Sprengung selbst muss in einem Radius von mindestens 300 m das Gebiet abgesperrt werden. Die Sprengstelle muss mit Vorkehrungen zum Schutz der Bevölkerung gesichert werden. Die Gesamtkosten für eine (gelungene) Sprengung sind im Vergleich mit anderen Felsicherungsmaßnahmen gering. Sie liegen oft nur bei ca. 2 500 € für das Vorbereiten und die Durchführungen zuzüglich der Sicherungs- und Aufräumarbeiten, die je nach Verlauf sehr unterschiedlich sein können.

6.2.2 Beräumen

Eine weitere weniger aufwändige Sicherungsmaßnahme ist das Beräumen. Darunter versteht man das Begehen von Steilböschungen und Wänden, um händisch oder unter Zuhilfenahme von Hammer, Meisel oder Brechstange lose Felsbrocken und Blöcke zu entfernen. Auch das Entfernen von Büschen oder Bäumen auf Felsmassiven, die Wurzelsprengung entlang von Felsklüften hervorrufen können, ist eine vorbeugende Sicherungsmaßnahme.

Vor dem Beräumen ist immer zu prüfen, ob beim Abwerfen von Gestein Schäden an Bauwerken entstehen können. Gegebenenfalls muss ein temporärer Schutzzaun aufgestellt werden, der während der Arbeiten im Hang oder am Felsmassiv die abrollenden Steine auffängt. Trotz dessen bleibt ein Restrisiko durch Steinschläge, da die genaue Fallrichtung von Steinen auch hier nie genau berechnet werden kann.

6.2.3 Netzbespannung

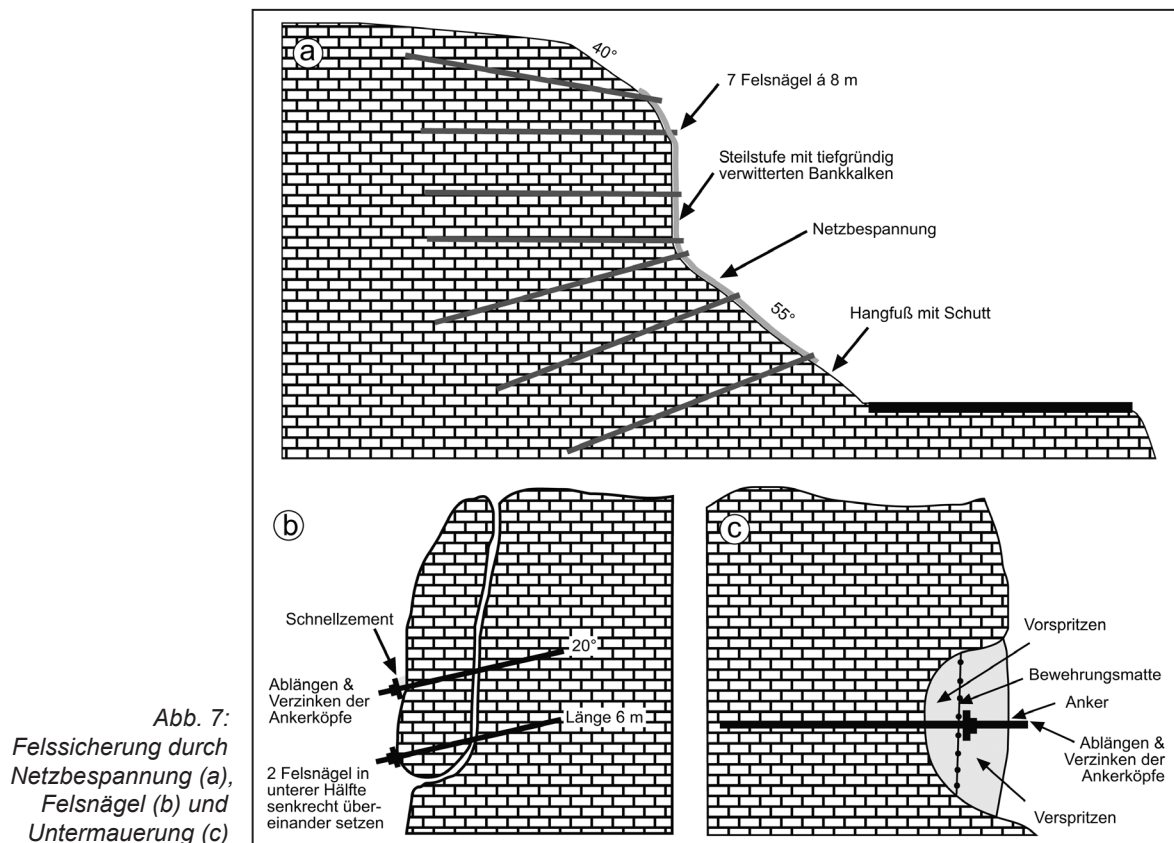
Ist eine Felswand zu stark und tiefgründig verwittert um mit Beräumung oder der Sicherung von Einzelobjekten die notwendige Sicherheit herzustellen, kommt als Maßnahme eine Netzbespannung in Betracht (Abbildung 7a). Die verwendeten Netze aus Stahldrahtgeflecht zeichnen sich durch ihre hohe Reißfestigkeit aus. Sie werden mit Felsnägeln (siehe 6.2.5) im Massiv verankert. Die Kosten für Netze liegen allerdings weit höher als die einer Beräumungsmaßnahme. Da Netze innerhalb kürzester Zeit von rankenden Pflanzen überwuchert werden, sind sie sehr naturverträglich und bestens im Landschaftsbild zu integrieren.

6.2.4 Steinfangzäune

Steinfangzäune werden am Fuß von Böschungen aufgestellt, an denen mit einem hohen Anfall losen Gesteinsmaterials zu rechnen ist. Sie werden danach bemessen, dass sie den größten anzunehmenden Block sicher zurückhalten. Schweizer Unternehmen sind hier aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung aus den Alpen weltweit führend. Bereits kurz nach Ende des Zweiten Weltkriegs wurde in der Schweiz damit begonnen, Steinschlagbarrieren herzustellen – verwendet wurden damals U-Boot-Abfangnetze. Netze mit grundlegend gleicher Technik aber besseren Materialien können heute eine Aufschlagenergie von bis zu 5000 kJ abfangen. Beim Auftreffen eines Felsblocks wird der betroffene Zaunabschnitt zum Tal hin um bis zu 5 m ausgelenkt. Die Energie wird dadurch relativ sanft aufgenommen, wobei aufgrund der starken Auslenkung ein ausreichender Sicherheitsabstand zum nächsten Gebäude oder Straßenverlauf eingehalten werden muss. Trotz der hohen Schutzwirkung von Steinschlagzäunen sind sie mit Kosten von 600 € und mehr pro laufendem Meter nicht gerade billig, zudem stellen sie bei Errichtung im Wald, wie es im Bereich der Nördlichen Frankenalb häufig der Fall ist, ein Hindernis für den Wildwechsel dar.

6.2.5 Sicherung mit Felsnägeln

Um kompakte Felsblöcke, die drohen abzustürzen, am Massiv zu sichern, werden Felsnägel verwendet (Abbildung 7b). Dabei werden Stahlstäbe i.d.R. mit einem Durchmesser ab 20 mm in mörtelgefüllte Bohrlöcher eingebracht (PRINZ 1982). Am äußeren Ende, wo der Anker aus dem Fels schaut, wird eine Ankerplatte über das Ankerende geschoben und mit einer großen Mutter befestigt, die nur locker angezogen wird. Damit ein guter Verbund zwischen der Ankerplatte und dem Felsblock entsteht, wird ein Sockel aus Schnellzement am Fels geformt (vgl.



PRINZ 1982). Felsnägel bestehen aus Gewindestahl, die zur Verlängerung mit Muffen verschraubt werden können. Verwendet man Felsnägel als Haftanker auf Mörtelbasis werden diese mittels eines Presslufthammers in das Bohrloch eingetrieben, das gleichzeitig mit Mörtel verfüllt wird (vgl. PRINZ 1982). Hat das Gestein Hohlräume oder Spalten, müssen zusätzlich Ankerstrümpfe eingezogen werden, damit die Zementschlämme beim Einpressen nicht in zu großen Mengen in Hohlräumen verschwinden. Damit die Stahlkonstruktion nicht rostet, ist sie verzinkt. So bietet die Konstruktion für mehr als 30 Jahre Schutz vor einem herabstürzenden Felsen.

6.2.6 Untermauerung und Kluffüllung

Ist das Gestein bereits stark verwittert mit weit offenen Klüften, verwendet man Spritzbeton, ein Zement-Sand-Kies-Gemisch mit verschiedenen Zusätzen, das mittels Pressluft auf die freigelegte Gesteinsoberfläche aufgebracht wird (vgl. PRINZ 1982). Zunächst wird stark verwittertes Gestein mit einem Eisengeflecht ummantelt, damit die Spritzbeton-Auflage armiert ist und damit reißfester wird. Das Verspritzten wird mehrmals wiederholt. Damit sich hinter der Betonschale kein Sickerwasser aus dem Fels

sammeln kann, werden zusätzlich Drainagen durch das Gestein und den Beton gelegt. Eine zusätzliche Sicherung der Spritzbeton-Schale erfolgt häufig mit Felsnägeln.

Aushöhlungen an der Basis von Felsen oder auch in größerer Höhe, die zur Labilisierung von Felswänden führen können werden häufig durch Untermauerung stabilisiert (Abbildung 7c). Zunächst wird dazu eine erste Schicht Spritzbeton aufgetragen. Darauf wird eine Bewehrungsmatte gelegt. Ist diese durch das Abtrocknen des Spritzbetons mit der ersten Schicht verbunden, wird der restliche Verwitterungseinschnitt verspritzt bis die Füllung bündig mit der Felswand abschließt. Auch hier wird zur zusätzlichen Sicherung i.d.R. eine Lage von Felsankern angebracht.

Obwohl alle vorgestellten Maßnahmen mit erheblichen Kosten verbunden sind, tragen sie sowohl zum Schutz von Mensch und Gütern als auch zum Erhalt von Naturdenkmälern bei. Natur kann dadurch sicherer als Lebens- und Erholungsraum genutzt und genossen werden.

Literatur

- CARL, Thomas. 1994: Blueflow – Ein empirisches Modell zur Simulation der Minimum-temperaturen in Strahlungsnächten. Erlanger Geographische Arbeiten 54. Erlangen.
- EBERLE, Joachim et al. 2007: Deutschlands Süden vom Erdmittelalter zur Gegenwart. Berlin/Heidelberg.
- ESPER, Johann Friedrich. 1774: Ausführliche Nachricht von neuentdeckten Zoolithen unbekannter vierfüßiger Thiere, und denen sie enthaltenden, so wie verschiedenen andern denkwürdigen Grüften der Obergebürgischen Lande des Marggrafthums Bayreuth. Nürnberg.
- FREYBERG, Bruno von. 1957: Bilder vom Bergrutsch bei Ebermannstadt vom 18./19. Februar 1957. In: Geolog. Blätter NO-Bayerns 7: 125–132.
- HEGENBERGER, Wulf. 1961: Der Bergrutsch von Einbühl bei Ebermannstadt. Geologische Blätter für Nordost-Bayern 11/3: 148–155.
- GÜMBEL, Carl Wilhelm von. 1891: Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb (Frankenjura) mit dem anstoßenden fränkischen Keupergebiete. In: Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern 4. Abt. Kassel.
- HÜTTEROTH, Wolf-Dieter. 1994: Bergrutsche an der nördlichen Fränkischen Alb. In: Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft 41: 185–203.
- IG Klettern*: Felssperrungen im Landkreis Ambach-Sulzbach. <<http://www.ig-klettern.com/news/Felssperrungen-Ambach-Sulzbach.php>> 20.9.2013.
- JERZ, Hermann. 1993: Das Eiszeitalter in Bayern, Geologie von Bayern Band 2. Stuttgart.
- KOCH, Roman. 2000: Die neue Interpretation der Massenkalk des Süddeutschen Malm und ihr Einfluss auf die Qualität von Kalksteinen für technische Anwendungen (Beispiele aus der Fränkischen Alb). In: Archaeopteryx 18: 43–65.
- MEYER, Rolf K. F. & Hermann SCHMIDT-KALER. 1992: Wanderungen in die Erdgeschichte – Durch die Fränkische Schweiz. München.
- MÖBIUS, Gunter. 1989: Tektonik – Eine methodische Einführung für Studium und Praxis. Leipzig.
- MÜLLER-HOHENSTEIN, Klaus. 1971: Die natürlichen Grundlagen der Landschaften Nordostbayerns. In: HELLER, Hartmut (Hg.): Exkursionen in Franken und Oberpfalz. Erlangen.
- NEISCHEL, Adalbert. 1904: Die Höhlen der Fränkischen Schweiz und ihre Bedeutung für die Entstehung der dortigen Täler. Nürnberg.
- NICKL, Stefan. 2009: Regionalökonomische Effekte des Klettertourismus in der Fränkischen Schweiz. In: Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft 56: 203–219.
- Opencaching.de*: Schönsteinhöhle <<https://l.dropboxusercontent.com/u/83055164/Sch%C3%B6nstein.jpg>> 28.10.2013.
- PFEFFER, Karl-Heinz. 1989: The Karst landforms of the Northern Franconian Jura between the Rivers Pegnitz and Vils. In: Catena Suppl. 15: 253–260.
- POPP, Herbert & Klaus BITZER. 2007: Die Fränkische Schweiz – traditionsreiche Freizeitregion in einer Karstlandschaft. In: MAIER, Jörg (Hg.): Exkursionsführer Oberfranken. Westermann: 123–151.
- RICHTER, Andreas E. 1985: Geologie und Paläontologie: Das Mesozoikum der Frankenalb – Vom Ries bis ins Coburger Land. Stuttgart.
- RUTTE, Erwin. 1981: Bayerns Erdgeschichte – Der geologische Führer durch Bayern. München.
- TERHORST, Birgit. 1997: Formenschatz, Alter und Ursachenkomplexe von Massenverlagerungen an der schwäbischen Juraschichtstufe unter besonderer Berücksichtigung von Boden- und Deckschichtenentwicklung. Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe D 2.
- VETTER, Hans. 2007: Die oberfränkische Landwirtschaft nach der Wiedervereinigung. In: Arbeitsmaterialien zur Raumordnung und Raumplanung 256: 53–65.
- Wiesenttal.de*: <<http://www.wiesenttal.de/bilder/pop-druiden.gif>> 20.9.2013.

Autoren

Barbara Herbst
 Institut für Physische Geographie
 der Universität Passau
 herbst-barbara@web.de

Carlo Schillinger
 LGA – Institut für Umweltgeologie
 und Altlasten GmbH, Nürnberg
 carlo.schillinger@LGA-geo.de

Thomas Fickert
 Institut für Physische Geographie
 der Universität Passau
 Thomas.Fickert@uni-passau.de