Zeitschrift: Vom Jura zum Schwarzwald : Blätter für Heimatkunde und Heimatschutz

Herausgeber: Fricktalisch-Badische Vereinigung für Heimatkunde

Band: - (2002)

Artikel: Geologie am Hochrhein

Autor: Stössel, Iwan / Benz, Max

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914044

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Iwan Stössel
Max Benz

Geologie am Hochrhein

Die menschliche Zivilisation und Kultur steht seit ihren Ursprüngen in enger Abhängigkeit von Klima, Vegetation und geologischem Untergrund sowie deren Wechselwirkungen untereinander. Dieses Kapitel, das der Geologie gewidmet ist, wird allerdings nicht versuchen, diese Abhängigkeiten im Detail aufzuzeigen. Vielmehr soll es als Grundlage, gewissermassen als Bühnenbild für das Verständnis der späteren Kapitel dienen.

Diese Abhängigkeiten erschöpfen sich nicht nur in den sehr direkt spürbaren Beeinflussungen wie dem Vorhandensein von Bodenschätzen und Grundwasser, der Fruchtbarkeit der Böden oder der Bedrohung durch Naturgefahren. Diese direkte Abhängigkeit lässt sich beispielsweise eindrücklich an der Entwicklung des Bergbaus im Hotzenwald oder im Fricktal verdeutlichen. Allerdings können Abhängigkeiten auch sehr viel indirekter sein. Verkehrs-

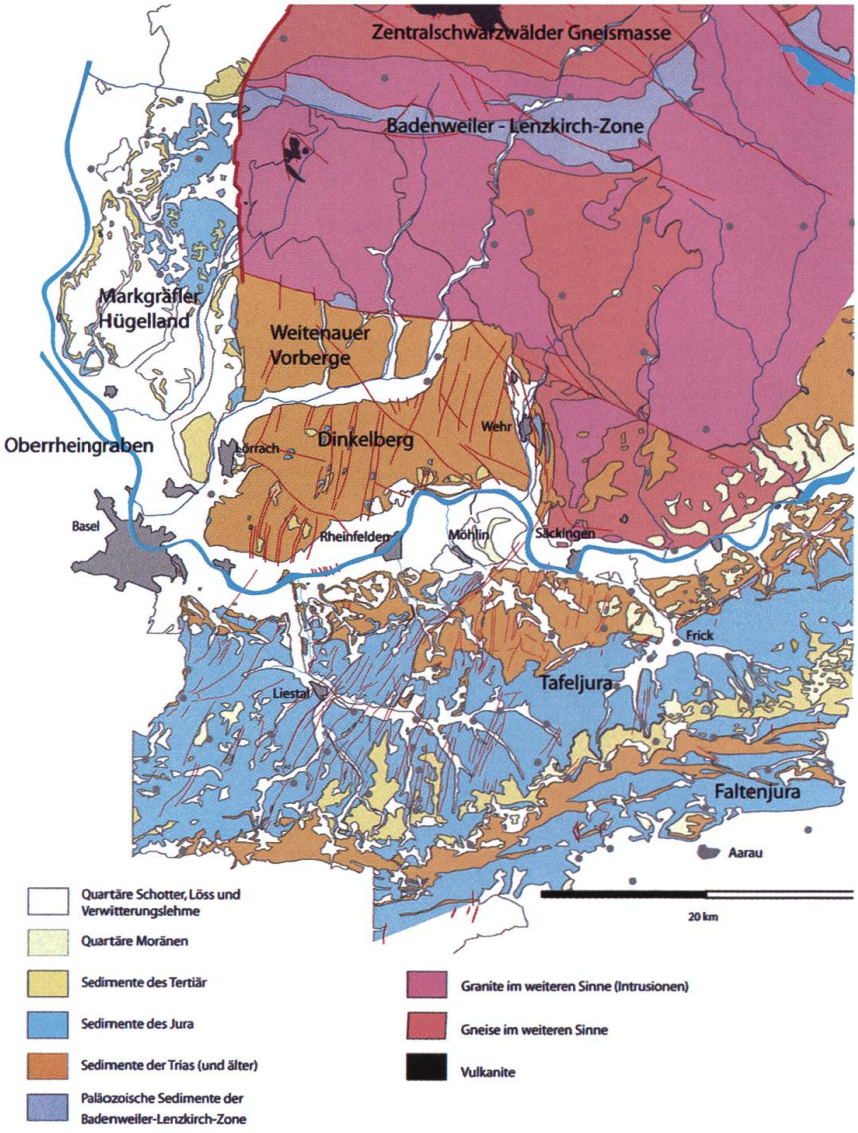


Abb. 1: Vereinfachte geologische Karte des Hochrheingebietes. (Karte: Iwan Stössel, Aarau CH)

wege und Grenzziehungen beispielsweise folgen oft landschaftsmorphologischen Leitlinien, die ihrerseits oft wieder auf geologische Gegebenheiten zurückzuführen sind. Ein sicher prominentes Beispiel hierfür ist der Verlauf der heutigen Landesgrenze zwischen Hotzenwald und Fricktal entlang des Rheins, der über weite Strecken recht genau die Grenze zwischen Juragebirge und Schwarzwald nachzeichnet.

Überblick

Die Geologie des Südschwarzwaldes und jene des Fricktals scheinen auf den ersten Blick nur wenig gemeinsam zu haben: Während nördlich des Rheins vor allem Grundgebirge anzutreffen ist, wird der Untergrund des Fricktals grösstenteils aus fossilreichen Ablagerungsgesteinen aufgebaut (Abb. 1). Doch der Schein trügt: Eine gemeinsame Vergangenheit bindet beide Gebiete in einen grösseren Kontext ein. Das Studium eines der Gebiete wird uns unweigerlich auch zur Entwicklung des anderen Gebietes führen. Und nur wenn man beide Gebiete betrachtet, wird man einen vertieften Einblick in die geologische Vergangenheit Mitteleuropas gewinnen können. Der Grund für die Unterschiede dieser beiden Gebiete liegt in einer Aufwölbung des Erdmantels nördlich des Rheins. Dadurch ist die Erdkruste im Bereich des Schwarzwaldes nur rund 30 km mächtig; im Oberrheingraben westlich davon sogar nur noch 27 km. Durch diese Aufwölbung des Erdmantels wurde die Erdkruste einerseits angehoben, andererseits gedehnt. Diese Dehnung führte zum Einbruch des Oberrheingrabens entlang einer Nord-Süd-Achse, und zur Hebung des Schwarzwaldes im Osten und der Vogesen im Westen (Abb. 2). Lokal konnte sogar flüssiges Magma bis zur Erdoberfläche dringen, sodass kleinere vulkanische Zentren entstanden (Kaiserstuhl bei Freiburg DE, Hegau). Diese langsam ablaufenden tektonischen Prozesse steuerten in der Folge Abtragungs- bzw. Sedimentationsgeschichte und prägten die Landschafts- und Flussgeschichte. Die Aufwölbung von Schwarzwald und Vogesen aber bedingte eine Verstärkung der Erosion, der über weite Bereiche die sedimentären Deckschichten zum Opfer fielen. Dieses Grundgebirge taucht an den Rändern der Aufwölbung (Wutach-Gebiet im Osten, Aargauer und Basler Jura im Süden) unter die dort erhalten gebliebenen sedimentären Schichten ab. Diese

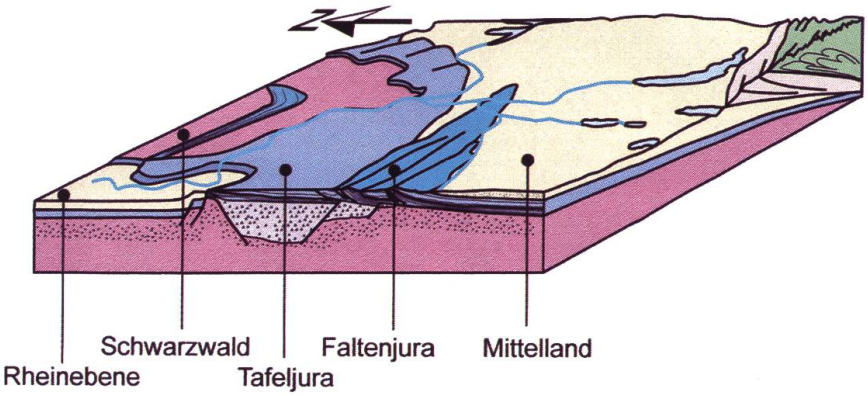


Abb. 2: Schematisches Blockdiagramm, das den Aufbau der Erdkruste im Bereich des Hochrheins mit Schwarzwald, Deckgebirge und Oberrheingraben verdeutlichen soll (umgezeichnet nach Müller, Huber, Isler und Kleboth 1984).

Geologische Zeiteinheit				Alter in Mio Ja.	Geologische Vorgänge
KAENOZOIKUM (Erdneuzeit)	Quartär	Holozän			Aktivitäten des Menschen Fortgesetzte Hebung und Abtragung der Alpen
				0.01	
		Pleistozän			Eis- und Zwischeneiszeiten
				1.5	
	Tertiär	Pliozän			Jurafaltung
				5	
		Miozän	Obere Süss-wassermolasse		Alpine Gebirgsbildung Ablagerung des Erosionsschuttes der Alpen im Mittelland (Molasse)
			Obere Meeresmolasse		
				24	
		Oligozän	Untere Süss-wassermolasse		
			Untere Meeresmolasse		
				35	
		Eozän			Festland im Jura, Beginn Absenkung des Oberrheingrabens
				58	
		Paläozän			
				65	
MESOZOIKUM (Erdmittelalter)	Kreide	Obere Kreide			Erste alpine Faltungsvorgänge
				95	
		Untere Kreide			
				136	
	Jura	Malm			Bildung und Entwicklung des alpinen Urmittelmeers (Tethys) und seiner Auftrennung in Trog- und Schwellenzonen
		Dogger			
		Lias			
				195	
	Trias	Keuper	Rhaetien Norien Karnien		Festländische Ablagerungen wechseln mit Ablagerungen eines flachen, tropischen Meeres (Gips, Steinsalz)
		Muschelkalk	Ladinien Anisien		
		Buntsandstein	Skythien		
				248	
PALÄOZOIKUM (Erdaltertum)	Perm				Festländische Sedimentation unter Wüstenklima, Dehnungstektonik
				320	
	Karbon				Variszische Gebirgsbildung Festländische Sedimentation. Reiche Vegetation
				360	
	Devon				
				408	
	Silur				
				438	
	Ordoviz				Entwicklung des Grundgebirges durch eine im Detail nicht geklärte, komplizierte Abfolge gebirgsbildender, sedimentärer, plutonischer und vulkanischer Vorgänge
				505	
	Kambrium				
				590	
PRÄKAMBRIUM					

Abb. 3: Geologische Zeittabelle mit den für das Hochrheingebiet wichtigsten Ereignissen. (Grafik: Iwan Stössel, Aarau CH)

Deckschichten bilden entsprechend den geologischen Untergrund des Fricktals.

Das Grundgebirge

Die Entwicklung des Grundgebirges des Schwarzwaldes erstreckt sich über einen sehr langen Zeitraum und beginnt vor mehr als 900 Millionen Jahren (Abb. 3). Mehrere Phasen der Gebirgsbildung (Orogenesen) als Resultat der Kollision von Kontinenten veränderten die ursprünglichen Gesteine aber so weit, dass die Entschlüsselung der ältesten Zeugen dieser Entwicklung sich auf modernste geochemische und -physikalische Methoden abstützen muss. Die ältesten Gesteine des Grundgebirges entstanden vermutlich hauptsächlich aus präkambrischen und frühpaläozoischen sandigen Meeresablagerungen aus Quarz und Feldspat. Diese Sedimente wurden durch die zunehmende Überlagerung tief versenkt und hohen Temperaturen und Drücken ausgesetzt. Teile der Gesteine wurden aufgeschmolzen, wobei diese Schmelze in höheren Bereichen der Erdkruste als Granite wieder auskristallisierten. Es folgten noch mindestens zwei weitere Ereignisse, bei denen Teile der Erdkruste geschmolzen wurden. Durch diese mehrfachen Umwandlungen des Ursprungsgesteins (Metamorphosen) entstand eine Serie von Gesteinen, die wir hier vereinfachend als Gneise zusammenfassen.

Die letzte tiefgreifende Umwandlung fand vor rund 300 Millionen Jahren statt bei der Annäherung eines riesigen Südkontinentes (Gondwana: umfasste Afrika, Südamerika und Australien) an die nördliche Kontinentalmasse (Laurussia, das das heutige Europa, Asien und Nordamerika umfasste). Europa wurde dabei entlang einer Sutur von der Iberischen Halbinsel bis an den Rand Osteuropas zusammengeschweisst. Diese Sutur benennt man nach einem germanischen Volksstamm als Variszíden. Der Schwarzwald liegt im hochmetamorphen Kernbereich der Variszíden. Hier drangen damals grossflächig gewaltige Mengen von glutflüssigem Magma in die Gesteine der Erdkruste ein (Intrusionen). Die Gesteine wurden dadurch verformt, teilweise aufgeschmolzen und umkristallisiert. Sie bilden heute den Gneisrahmen des Grundgebirges, in dem die verschiedenen, inzwischen natürlich längst zu granitischen Gesteinen erstarrten Körper des ehemaligen Magmas stecken.

Das Grundgebirge des Schwarzwaldes lässt sich sehr grob in drei geografische Zonen gliedern:

- Der nördliche Schwarzwald (nördlich der Linie Offenburg–Oppenau), der vorwiegend aus granitischen Gesteinen besteht.
- Der mittlere Schwarzwald, der vor allem die grosse Gneismasse zwischen Offenburg–Oppenau im Norden und Sulzburg–Todtnau–Titisee im Süden umfasst.
- Der südliche Schwarzwald südlich der Linie Sulzburg–Titisee, der wieder überwiegend aus granitischen Gesteinen aufgebaut ist (Hotzenwaldkomplex).

Man nimmt heute an, dass es sich dabei um drei ursprünglich unabhängige Krustensegmente handelt, die im Zuge der variszischen Gebirgsbildung aneinandergeschweisst worden waren. Reste einer paläozoischen Sedimentbedeckung sind in der tektonisch stark beanspruchten Badenweiler-Lenzkirch-Zone erhal-

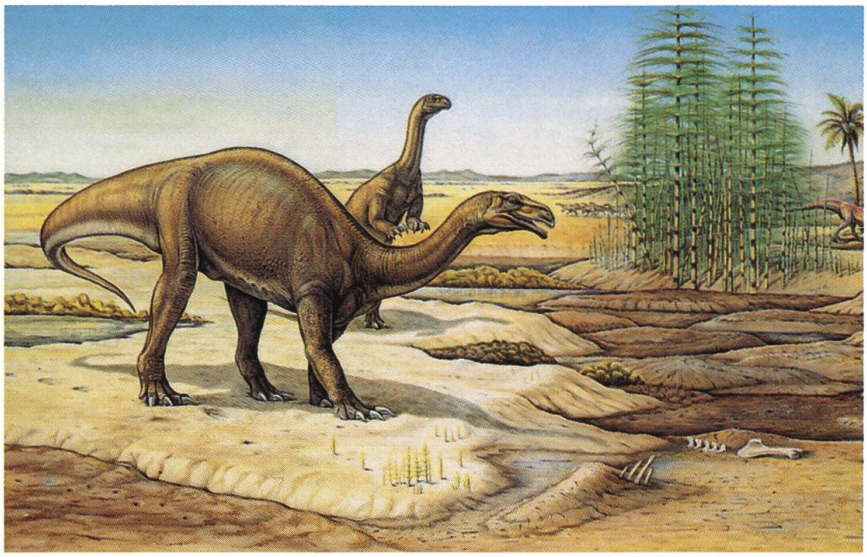


Abb. 4: Plateosaurus engelhardti, eine frühe, weit verbreitete Dinosaurierart, hinterliess in Frick hervorragend erhaltene Skelettreste. Diese Abbildung zeigt die darauf basierende Lebendrekonstruktion. Die Skelettreste sind im Sauriermuseum in Frick CH ausgestellt. (Bild: Sauriermuseum Frick CH, B. Scheffold)

ten geblieben. In der Spät- und Endphase der variszischen Gebirgsbildung drangen im Bereich von Dehnungsstrukturen Restschmelzen des granitischen Magmas und hoch mineralisierte Lösungen in die Erdkruste ein. Aus diesem Stadium stammen die meisten Ganggesteine und Spaltenfüllungen des Südschwarzwaldes.

Durch Mineralausscheidungen aus in Klüften zirkulierenden heissen wässrigen Lösungen entstanden an zahlreichen Orten hydrothermale Gänge. Es handelt sich dabei um schmale Spaltenfüllungen aus verschiedenen Mineralien und Erzen, auf die in einigen Gebieten früher Bergbau betrieben wurde.[1]

Permokarbon-Tröge

Noch während der variszischen Orogenese führten Dehnungskräfte in der Kruste zur Bildung tiefer Gräben, die mit dem Abtragungsschutt des variszischen Gebirges verfüllt wurden. Solche so genannte Permokarbon-Tröge finden sich im Bereich des Schwarzwaldes, im Untergrund der Nordschweiz (Weiach–Kaiserstuhl) und in den Zentralalpen. Sie enthalten zum Teil bemerkenswerte Vorkommen von Steinkohle. Ende Perm, d. h. zur Zeit der Ablagerung des Rotliegenden (z. B. bei Stein/Säckingen, Mumpf), war das Variszische Gebirge bereits wieder weitgehend eingeebnet.

Das Deckgebirge

Mit der Ablagerung des Rotliegenden war der Grundstein für die Schaffung des so genannten sedimentären Deckgebirges gegeben, d. h., jener Deckschicht von Ablagerungsgesteinen, die das Grundgebirge überlagert. Das Rotliegende umfasst eine Abfolge von stark rötlich gefärbten Quarzsandsteinen, die als festländische Ablagerung einer Steppen- und Wüstenlandschaft zu interpretieren sind. Allerdings sind die Sedimente des Rotliegenden starken Mächtigkeitsschwankungen unterworfen. An zahlreichen Stellen fehlen sie gänzlich; hier wird das Grundgebirge direkt von dem jüngeren Buntsandstein überlagert.

Trias

Durch grosstektonische Bewegungen, die unter anderem auch in der Loslösung Afrikas von Europa gipfelten, senkte sich Mitteleuropa allmählich ab. Während der Triaszeit kam es dadurch zu mehreren Vorstössen des Meeres. Den ersten dieser Vorstösse beobachtet man zur Zeit des Mittleren Muschelkalkes. Es entstand dabei von Norden her allmählich eine Meeresverbindung bis ins Gebiet der Tethys, dem Urmittelmeer. Die Isolation grösserer, sehr flacher Meeresbecken schuf Bedingungen, unter denen Gips und Natriumchlorid (Steinsalz) ausgefällt und abgelagert wurden. Diese Ablage-

Abb. 5: Die Ablagerungen des Juras sind ausserordentlich reich an Fossilien. Diese Fossilien helfen einerseits, die Ablagerungen in eine zeitliche Abfolge zu stellen, andererseits erlauben sie einen tieferen Einblick in die Bedingungen, die während der Ablagerung herrschten. Die Abbildung zeigt einen Ammoniten der Gattung Perisphinctes (Fundort: Herznach CH, Geologische Sammlung ETH Zürich), eine ausgestorbene Form von Kopffüssern. Ammoniten dienten vor allem für die Jurazeit als hervorragende Altersindikatoren.
(Bild: Geologisches Institut der ETH Zürich CH)

rungen bilden unter anderem die Salzlagerstätten der Nordschweiz.
Gegen Ende der Triaszeit wich das Meer noch einmal zurück. Wieder stellten sich trockene, wüstenartige Bedingungen ein. Das Gebiet des Hochrheins lag damals in einer flachen, trockenen Küstenebene, in der festländische, tonreiche Sedimente abgelagert wurden: die so genannten Bunten Mergel. In diesen Ablagerungen wurden in Frick seit den 1960er-Jahren wiederholt Knochen- oder gar zusammenhängende Skelettfunde von Dinosauriern (Abb. 4) gemacht.[2] Es handelt sich um die Überreste von mindestens 18 Tieren. Ein Skelett ist beinahe vollständig erhalten, was eine ausgesprochene Seltenheit in diesem Ablagerungsraum darstellt. Frick gilt damit als eine der bedeutendsten Dinosaurier-Fundstellen in Europa. Man vermutet, dass den schweren Dinosauriern Schlammlöcher zum Verhängnis wurden, aus denen sie sich nicht mehr befreien konnten. Es handelt sich fast ausschliesslich um Vertreter der Art Plateosaurus engelhardti, einer pflanzenfressenden Dinosaurierart, die während der Späten Trias in Mitteleuropa weit verbreitet gewesen zu sein scheint. Kleinere, fleischfressende Dinosaurier taten sich vermutlich am Fleisch der Plateosaurier gütlich, wie durch vereinzelte Funde isolierter Zähne belegt ist. Überreste von Lungenfischen und kleinen Süsswasserhaien zeugen von kleinen Seen und/oder temporären Überflutungen.

Abb. 6: Längsschnitt durch eine fossile Koralle mit Löchern von Bohrmuscheln. Korallen waren wichtige Karbonatproduzenten im Jurameer und zeugen von tropischen Bedingungen.
Balken: 1 cm.
(Bild: Iwan Stössel, Aarau CH)

Jura

An der Wende von der Trias- zur Jurazeit stellten sich schliesslich permanent marine Bedin-

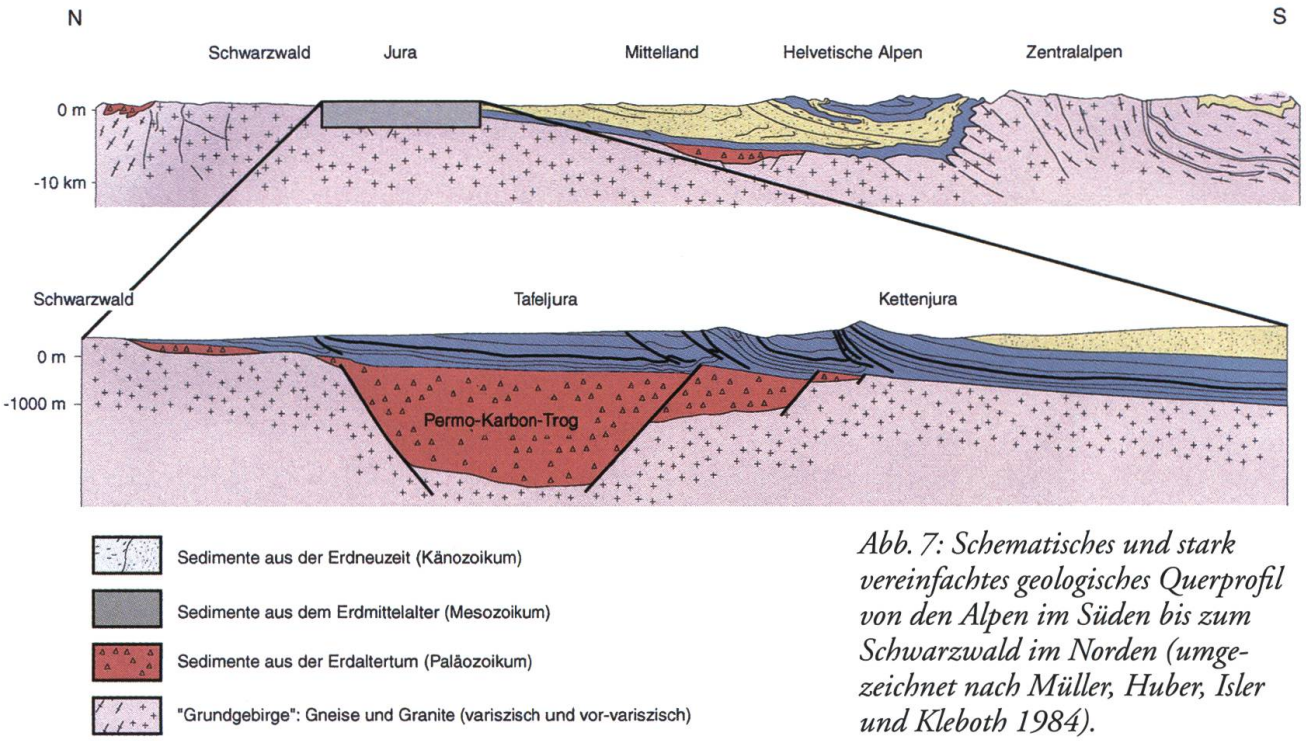


Abb. 7: Schematisches und stark vereinfachtes geologisches Querprofil von den Alpen im Süden bis zum Schwarzwald im Norden (umgezeichnet nach Müller, Huber, Isler und Kleboth 1984).

gungen ein. Ablagerungen eines mehrheitlich flachen Randmeeres bilden die Schichtreihe des Juras mit den typischen Jurakalken. Diese Ablagerungen formen heute den grössten Teil des geologischen Untergrundes des Fricktals. Es herrschte damals ein tropisches bis subtropisches Klima in Mitteleuropa. Ähnlich wie in heutigen tropischen Flachmeeren existierte damals auch hier ein reiches Leben. Karbonatproduzierende Organismen lieferten grosse Mengen von Karbonatsand und -schlamm, die, zusammen mit dem Verwitterungsschutt der umliegenden Inseln, das Sediment bilden, das wir heute als Kalksteine, Kalksandsteine, Mergel und Tonsteine aus dem Juragebirge kennen.

Neben den zu Kalkschlamm oder -sand zerriebenen Skeletten und Schalen dieser Organismen gelangten natürlich auch immer wieder mehr oder weniger vollständige Skelettteile in das Sediment, die uns dann unter glücklichen Umständen eventuell als Fossilien erhalten geblieben sind (Abb. 5 und Abb. 6).

Die in der Gegend des Fricktaler Juras gesammelten, recht häufigen und gut erhaltenen Fossilien geben einen guten, wenn auch nicht vollständigen Einblick in die damalige Lebenswelt. Es gehören ausgestorbene Vertreter wie die Ammoniten oder Belemniten dazu. Weiter kommen aber auch Formen vor, von denen wir nahe Verwandte auch noch heute in den Weltmeeren beobachten können: Seesterne, Seeigel und Seelilien, eine Vielzahl von Muscheln und Schnecken, Armfüsser und Korallen, um nur einige zu nennen. In der Tongrube in Frick sind entsprechende fossilreiche Schichten der frühen Jurazeit aufgeschlossen.

Kreide und Tertiär: Bildung von Alpen und Jura

Die nun folgenden Zeitabschnitte von Kreide und Tertiär sind im Bereich des Hochrheins schlecht dokumentiert, da entsprechende Ablagerungen untergeordnet vertreten sind oder gar fehlen. In der Kreidezeit veränderten sich erneut die grosstektonischen Spannungsverhältnisse; Afrika driftete wiederum gegen Europa. Mitteleuropa begann sich von Neuem aus dem Meer zu erheben. Durch die Kollision der Kontinente im Tertiär wurden die Alpen aufgeworfen. Bereits während der Auffaltung wurde der Abtragungsschutt gegen Norden in das dadurch entstehende Molassebecken geschüttet (Abb. 2 und Abb. 7). In einer der jün-

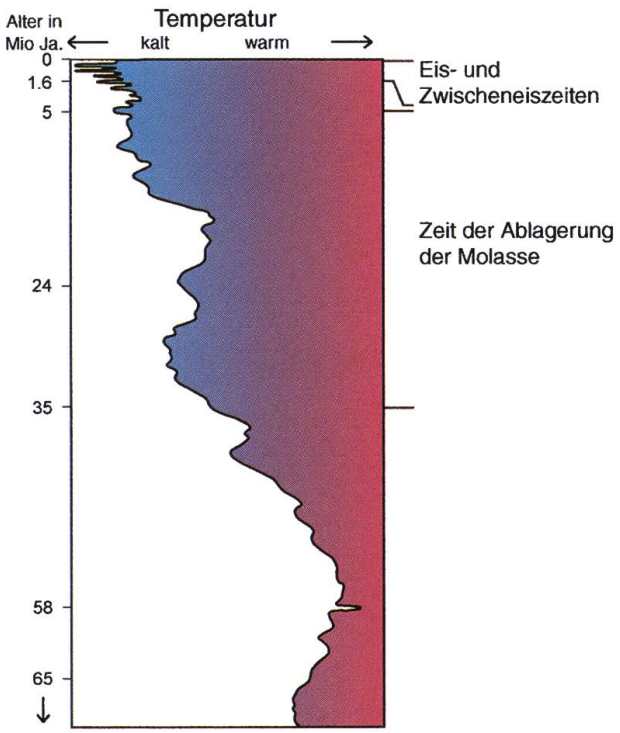


Abb. 8: Die mit Hilfe von Sauerstoffisotopen rekonstruierte Temperaturentwicklung während der letzten 60 Millionen Jahre zeigt verschiedene Phasen von sprunghaftem Temperaturabfall. Das führte schliesslich zu den Eiszeiten der jüngeren Erdgeschichte. Die Kurve basiert auf Daten von Tattersall 1993. (Grafik: Iwan Stössel, Aarau CH)

geren Phasen der alpinen Gebirgsbildung wurde schliesslich die verhältnismässig dünne mesozoische Schichtreihe im Norden des Molassebeckens vom Schub erfasst, in Falten gelegt und stark zerbrochen: Das Juragebirge entstand. Der Schwarzwald und die Vogesen, eine bereits früher hochgehobene Scholle von Grundgebirge, diente dabei vermutlich als eine Art Widerlager (Prellbock). Die mesozoische Schichtserie wurde dadurch vor allem am Südrand des Juras verfaltet und durch Überschiebungen übereinander gestapelt. Dieses Gebiet ist Teil des Kettenjuras, der sich in einem geschwungenen Bogen von den Lägern bei Zürich bis nach Genf erstreckt. Nördlich an den Kettenjura schliesst der Tafeljura an; hier sind die Gesteinsschichten nicht mehr verfaltet, sondern in einzelne, zum Teil sehr grosse, leicht nach Süden verkippte Tafeln zerbrochen. Sie bilden das für das Fricktal typische Landschaftsbild der Tafelberge: steile Flanken, flache Rücken. Die flachen Rücken werden dabei von verwitterungsresistenten, harten Kalkschichten gebildet. Die steilen Flanken dagegen fressen sich tief in die viel weicheren, tonigen Gesteine ein. Aufgrund der Verkippung der einzelnen Tafeln und aufgrund der Topografie findet man heute im Fricktal im Norden die ältesten Gesteine.

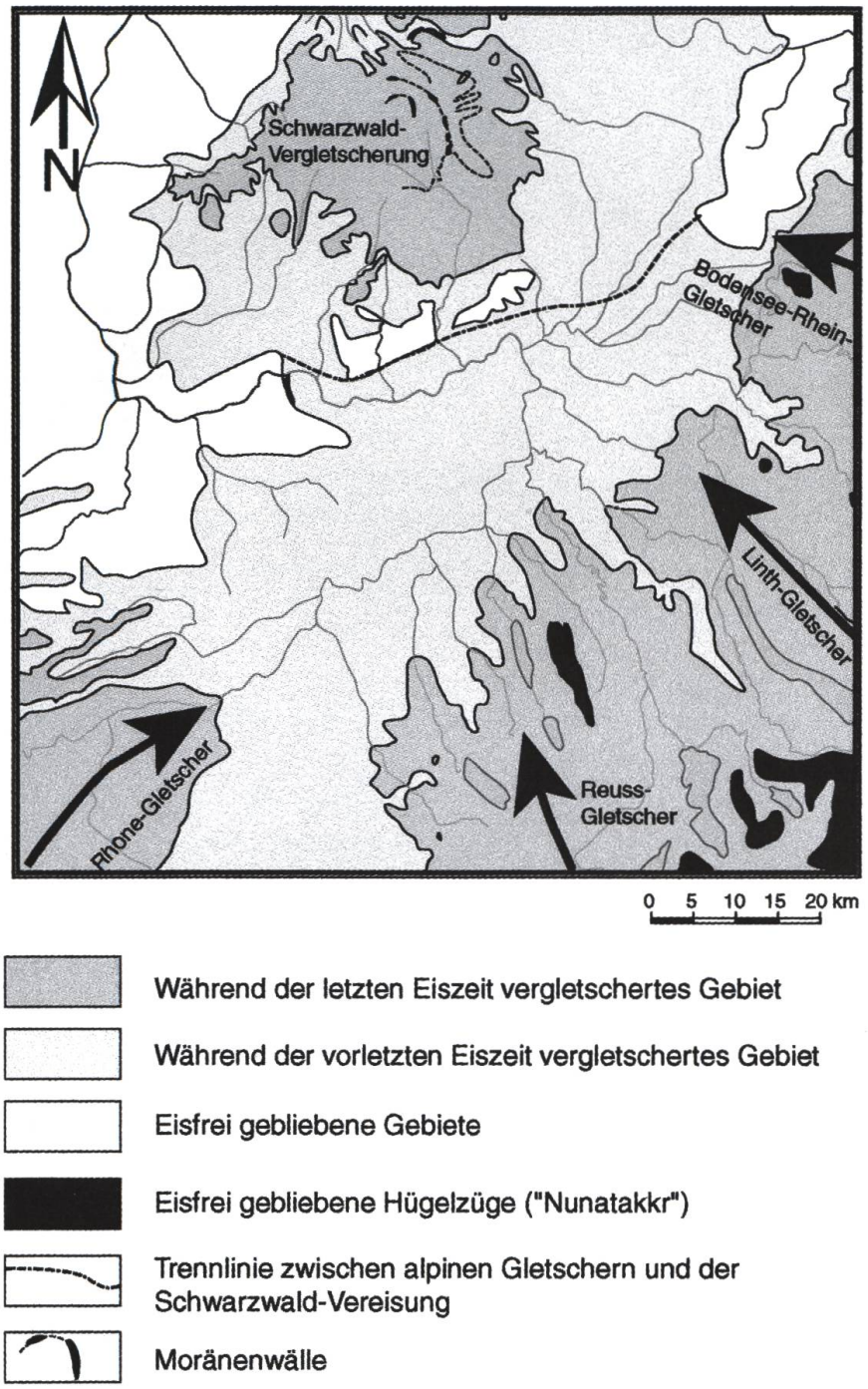
Vermutlich weitgehend unabhängig vom Schub der Alpen begann zudem die eingangs dieses Kapitels erwähnte Krustendehnung, die zur Bildung des Oberrheingrabens bzw. zur Trennung der Vogesen und des Schwarzwaldes führte.

Der Rhein verläuft heute ungefähr entlang der Grenze zwischen Jura im Süden und Schwarzwald im Norden. Das Grundgebirge des Schwarzwaldes tritt nur an wenigen Stellen südlich des Rheins zutage (bekanntestes Beispiel ist der Laufenburger Schlossberg), während die Decke der mesozoischen Sedimente nördlich des Rheins weitgehend wegerodiert worden ist. Lediglich der triassische Buntsandstein hat der Abtragung in grösseren Bereichen der herausgehobenen Scholle widerstanden. Eine Ausnahme bildet die Südwestecke des Schwarzwaldes. Hier wurde schon sehr früh ein Teil des Schwarzwaldschildes ausgebrochen und weniger stark angehoben: die so genannten Weitenauer Vorberge und der Dinkelberg. In diesen Bereichen konnten Reste der mesozoischen Schichtreihe erhalten bleiben.

Spuren der Eiszeiten

Vor rund zwei Millionen Jahren sank vermutlich der Gehalt des Treibhausgases CO_2 in der At-

Abb. 9: Ausdehnung der Vergletscherungen in der Nordschweiz und in Süddeutschland, wie sie aus der Kartierung von Moränen gefolgert werden kann. Zu beachten ist, dass grosse Teile des Gebiets des Hochrheins während der jüngsten Vergletscherung (Würmeiszeit) eisfrei blieben (abgeändert nach Hantke, 1978–83).



mosphäre, wodurch es weltweit zu einer klimatischen Abkühlung kam. Ausgedehnte Bereiche Europas, Asiens und Nordamerikas wurden von Gletschern überfahren. Doch diese Vergletscherung war (und ist) nicht gleichmässig. Zyklische Schwankungen der orbitalen Parameter der Umlaufbahn der Erde (Schiefe der Ekliptik, Elliptizität der Erdumlaufbahn und Präzession der Erdrotation) um die Sonne sorgen für regelmässige Schwankungen in der Sonneneinstrahlung. Diese Schwankungen resultieren in einer ganzen Serie von Vorstössen und Rückzügen der Eisschilde, den so genannten Eis- und Zwischeneiszeiten (vergleiche Temperaturkurve in Abb. 8). Wir befinden uns momentan in einer Zwischeneiszeit; der Höhepunkt der nächsten Eiszeit ist in ungefähr 80 000 Jahren zu erwarten. Es muss allerdings damit gerechnet werden, dass der durch den Menschen bedingte Eintrag von CO_2 in die

Abb. 10: Ein Hornblendegneis aus dem Wallis, gefunden auf dem Wittnauer Buschberg, gilt als Zeuge der risszeitlichen Vergletscherung. Das Gebiet wurde von der letzten Vergletscherung (Würm) nicht mehr erfasst. (Bild: Werner Brogli, Möhlin CH)

Atmosphäre dieses Muster durchbrechen wird. Die Vergletscherungen während der Eiszeiten prägten die Ausbildung der heutigen Topografie und Flussgeschichte Mitteleuropas ganz wesentlich. Erosion und Ablagerung (Moränen) gehen dabei oft fliessend ineinander über.

Aufgrund einer detaillierten Untersuchung der Moränenstände in Süddeutschland wurden die Vergletscherungen ursprünglich vier Eiszeiten zugeordnet, die man nach Flüssen im Untersuchungsgebiet benannte: Günz, Mindel, Riss und Würm. So konnte man die einzelnen Moränenstände über weite Gebiete miteinander zeitlich gleichsetzen. Heute weiss man, dass dieses Bild stark vereinfacht ist. Es hat nicht nur vier Eiszeiten gegeben; es sind mittlerweile eine ganze Reihe von noch älteren Eiszeiten beschrieben worden. Zudem sind diese Eiszeiten nicht klar gegeneinander abgrenzbare Gletschervorstösse gewesen, sondern gliedern sich in eine Serie von kleineren und grösseren Eisvorstössen und Rückzügen, die sich im Detail schwer voneinander abgrenzen lassen. Zudem lassen sich die einzelnen Moränenstände oft nur schlecht zeitlich korrelieren, da sich die einzelnen Gletscher aufgrund unterschiedlicher Dynamik nicht immer synchron verhielten. Auch heute gibt es Gletscher, die vorstossen, wenn auch die meisten momentan stark zurückschmelzen.

Trotz dieser Probleme ist es bei grossräumiger und langzeitiger Betrachtung oft sinnvoll, bei der alten Unterteilung der Eiszeiten und Zwischeneiszeiten zu bleiben, wobei die einzelnen Haupteiszeiten allenfalls durch kleinere Zwischeneiszeiten untergliedert werden müssen. Auch im folgenden Text werden wir die ursprüngliche Nomenklatur beibehalten.

Die eiszeitlichen Gletscher des Gebietes Hochrhein–Fricktal stiessen von zwei Quellgebieten vor: einerseits die alpinen Gletscher von Süden, die während der maximalen Ausdehnung bis über den Jura vorstiessen; andererseits war der Schwarzwald selbst Quelle einer ganzen Reihe viel kleinerer Gletscher (Abb. 9). Die alpinen Gletscher der vorletzten Eiszeit, der Risseiszeit, reichten bis weit in das Rheintal hinein. Davon zeugt noch heute der morphologisch sehr deutlich ausgebildete Endmoränenwall östlich vor Möhlin. Aber auch andernorts finden sich noch risszeitliche Dokumente: als einzelne Findlinge (z. B. Hornblendegneis auf dem Buschberg oberhalb von Wittnau Abb. 10) oder in Form ausgedehnter Moränenfelder auf den Hochplateaus der Tafelberge.

In der letzten Eiszeit, der Würmzeit, blieben weite Teile des Tafeljuras und des Rheintals eisfrei. Während andernorts die älteren Moränen dadurch weitgehend ausgeräumt oder überprägt wurden, blieben sie im Fricktal erhalten.

Abb. 11: Mammutzahn aus den Niederterrassenschottern bei Eiken CH. (Bild: Werner Brogli, Möhlin CH)

Dadurch erst wurde auch die durch vereinzelte Funde belegte Besiedlung des Rheintals bereits in einer Zeit ermöglicht, in der andernorts noch mächtige Eisschilde eine Besiedlung durch den Menschen verhinderten.

Im Vorfeld der Gletscher gelangten jeweils durch die Schmelzwasserflüsse mächtige Schotterfluren zur Ablagerung. An zahlreichen Stellen wurde zudem das aus dem weitgehend vegetationsfreien Vorfeld der Gletscher durch Wind ausgeblasene und transportierte Feinsediment abgelagert: Löss. Wiederum in der Gegend von Möhlin verdanken zahlreiche tiefgründige Böden ihre Fruchtbarkeit der Verwitterung mächtiger Lössablagerungen.

Die eiszeitlichen Ablagerungen und Formen des Schwarzwaldes gehen, soweit sie klar in Erscheinung treten, überwiegend auf die Würmeiszeit zurück. Spuren älterer Eiszeiten sind vorhanden,[3, 4, 5] aber aufgrund der Überprägung sehr undeutlich und schwer interpretierbar. Ein prominentes Beispiel eines risszeitlichen Findlings ist ein Menhir aus Albtalgranit, der nordöstlich von Dossenbach steht. Man schliesst auf eine durchgehende Vereisung ab einer Höhe von 700 m, wobei aber einzelne Gletscher bis ins Rheintal hinunter vorstiessen.

Die würmzeitliche Vergletscherung des Schwarzwaldes erreichte in dem am höchsten herausgehobenen südlichen Teil ihre grösste Ausdehnung. Sie war dort als Firnplateauvergletscherung ausgebildet. Eine wenig bewegte Firndecke auf den Hochzonen (die allerdings bis auf Höhen von rund 900 m hinunter reichen konnte) entsandte nach allen Seiten Gletscherzungen in die Täler. Die bedeutendsten Vorstösse waren im Wiesental, im Albtal und im Bärental bis maximal 25 km vom Zentrum der Vereisung entfernt. Anhand einer Kaskade von Endmoränenständen können mehrere Rückzugsstadien unterschieden werden. Diese führten je nach Exposition und Grösse des Nährgebietes früher oder später zur Ausbildung isolierter Hängegletscher, vor allem am Feldberg, Schauinsland, Belchen und Herzogenhorn.

Vor dem Rand der alpinen Gletscher bildeten sich auf dem Hotzenwald Stauseen, in welche Schmelzwässer teils alpine, teils aus dem Schwarzwald stammende Schotter in Delten einschütteten.

Die mit den Eiszeiten einhergehenden klimatischen Schwankungen beeinflussten die Floren- und Faunenvergesellschaftungen Mitteleuropas ganz wesentlich. Das gilt nicht nur für so prominente Vertreter wie das Mammut, das damals auch im Gebiet des Hochrheins heimisch war (Abb. 11), sondern auch für eine ganze Reihe von Pflanzen, die durch das Rück-

schmelzen der Gletscher genetisch von ihren Ursprungspopulationen in den Alpen abgetrennt worden waren.

Rohstoffe und Bodenschätze

Kies

Dem Rohstoff Kies kommt in der Gegend des Hochrheins eine wichtige Bedeutung zu. Die ausgedehnten, durch den Rhein und seine Zubringer aufgeschütteten Schotterfluren werden an verschiedenen Stellen kommerziell abgebaut.

Bereits während der früheren Eiszeit, als die Täler noch nicht so stark eingetieft waren wie heute, gelangten die ältesten, heute noch vorhandenen Schotter zur Ablagerung. Die Hügelzüge im Jura tragen gebietsweise eine sehr mächtige Bedeckung von solchen Deckenschottern. Die Deckenschotter sind stark verkittet, die Gerölle sind korrodiert und der Feinanteil ist hoch.

Während der Risseiszeit stiessen die Eismassen bis ins Rheintal nach Möhlin vor. Nach ihrem Rückzug hinterliessen die Gletscher ausserordentlich mächtige Vorkommen von so genannten Hochterrassenschottern. Diese Hochterrassenschotter sind in der Regel nur wenig verkittet.

In der letzten Eiszeit (Würm) stiessen die alpinen Gletscher nicht mehr bis ins Rheintal vor. Wieder aber wurden in ihrem Vorfeld sowie auch im Vorfeld der Schwarzwaldgletscher ausgedehnte Schotterfluren aufgeschüttet, die so genannten Niederterrassenschotter. Diese Schotter bildeten einstmals eine einheitliche Flur von der Gletscherstirn bis nach Basel. Seit der letzten Eiszeit aber wurden diese Schotterfluren durch die Flüsse stellenweise stark eingeschnitten.

Im Gebiet des Hochrheins werden an verschiedenen Stellen vor allem die Niederterrassenschotter abgebaut (Chaisterfeld West, Sisslerfeld, Wallbach usw.).

Der Abbau der vorhandenen Kiesreserven wird heute einerseits durch Ausdehnung der versiegelten und überbauten Flächen, andererseits auch durch die wachsenden Anforderungen an Umwelt-, Landschafts- und Grundwasserschutz zunehmend eingeschränkt.

Die Kiesvorkommen dieser Gegend sind noch aus einem anderen Grund von herausragender Bedeutung: Sie dienen als hervorragende Grundwasserträger, die an vielen Orten intensiv genutzt werden.

Lehm und Ton

Nur wenige Rohstoffe sind so sehr mit der Geschichte der Zivilisation verbunden wie gebrannter Ton. Ton besteht aus einer Mischung sehr feinkörniger Verwitterungsprodukte anderer Gesteine. Tongesteine entstehen als Ablagerungen in Meeres- und Seebecken, in Flussauen, auf Bachschwemmkegeln und in Hangfusslagen, im Vorland von Gletschern, als Moränen oder in situ (d. h. ohne Transport) aus der Verwitterung von Gesteinen.

Im Fricktal sind mehrere der auch noch heute als Rohstofflieferanten bekannten Tonsteine aufgeschlossen und zugänglich: Keupermergel, Obtususton, Opalinuston, Lösslehme und Moränen.

Keupermergel (oberer Keuper)

Die mergelig ausgebildete Zone der Oberen Bunten Mergel ist unter anderem im Aargauer

Jura verbreitet und wird heute in Frick CH abgebaut. Die als Ziegeleirohstoff verwendeten oberen 10 bis 12 m umfassen eine homogene Abfolge von violett-grauer, rot-grüner oder gelblicher Farbe. Keupermergel bilden zudem einen für den Weinbau idealen Untergrund.

Obtususton (unterer Lias)
Der Obtususton umfasst eine etwa 15 m mächtige Abfolge von schwarzen, glimmerreichen mergeligen Tonschiefern. Sie enthalten oft Konkretionen von Eisenhydroxiden und, im unverwitterten Zustand, Sulfiden (Pyrit/Markasit). Die Sedimente entstanden in einem ruhigen Meeresbecken.

Opalinuston (unterer Dogger)
Der Opalinuston bildet eine rund 100 m mächtige, homogene Abfolge aus grauschwarzen harten Tonschiefern, in die einzelne sandigere Lagen eingeschaltet sein können. Beimengungen von Pyritkonkretionen, Gips- und Calcitadern kommen zum Teil gehäuft vor, werden aber von der Tonindustrie möglichst gemieden. Der Opalinuston bildet im oberen Teil des Fricktals (Bözen, Frick, Wittnau usw.) oft die unteren, weich geformten und hügeligen Bereiche der Flanken der Jura-Tafelberge. Früher wurde der Opalinuston oft lokal in kleinen Gruben abgebaut und als natürliches Düngemittel auf die Felder ausgebracht.

Lösslehm (Quartär)
Als Löss oder Lösslehm bezeichnet man tonig-sandige Ablagerungen, welche im Vorland der grossen eiszeitlichen Talgletscher durch Windverfrachtung flächenhaft abgelagert wurden. Bekannte Lössvorkommen liegen beispielsweise auf der Möhliner Höhe. Lösslehm wird auch heute noch als wichtige Rohstoffkomponente (Zuschlagstoff für Dachziegel und Sichtbacksteine) sehr geschätzt.

Gehängelehm und Moränen (Quartär)
Gehängelehme sind Abwitterungs- und Abschwemmungsprodukte tonig-sandiger Festgesteine, welche vorzugsweise im Bereich des Hangfusses oder in Flussauen zur Ablagerung kommen. Diese Vorkommen haben oft nur eine sehr beschränkte Ausdehnung und sind meist sehr heterogen aufgebaut. Sie eignen sich daher nur selten zum kommerziellen Abbau.
Moränen sind Gletscherablagerungen. Insbesondere Grundmoränen aus der Gletschersohle können sehr reich an Ton sein. Moränenmaterial ist in der Regel sehr heterogen und kleinräumig.

Bruchsteine

Buntsandstein
Der Buntsandstein ist eine Abfolge von terrestrischen, recht harten Sandsteinen und Konglomeraten, die während der Trias unter ariden Bedingungen abgelagert worden waren. Sie repräsentieren zu einem guten Teil Abtragungsschutt der variszischen Gebirge. Zwei verschiedene Typen sind von besonderer Bedeutung. Der diagonalgeschichtete, blassrote bis fast weissliche Sandstein des mittleren Buntsandsteins ist auf Schweizer Seite nur zwischen Augst, Rheinfelden und Mumpf aufgeschlossen, und wurde hier bereits zu römischen Zeiten abgebaut. Die Hauptvorkommen aber liegen im Gebiet des badischen Degerfeldens.

Der mittlere Buntsandstein ist einer der Hauptbausteine des Basler Münsters (allerdings vorwiegend aus den Vogesen).
Der zweite Typ, der so genannte Plattensandstein des Oberen Buntsandsteins ist gleichmässiger und feiner gekörnt und daher auch intensiver rot gefärbt. Auf Schweizer Seite wurde der Plattensandstein früher in kleineren Brüchen in der Region von Riehen, Maisprach und Buus gewonnen. Nördlich von Waldshut enthält der Obere Buntsandstein eine rund 2 m mächtige Bank aus grobkörnigem, verkieseltem Sandstein. Diese so genannte Mühlsteinbank wurde bei Waldshut während Jahrhunderten bergmännisch untertage abgebaut, während man ihr in der Nähe von Unteralpfen in tagebauartigen Gruben zu Leibe rückte. Die Vorkommen von Waldshut fanden ihren Absatz vor allem in Form von Mühlsteinen, während die im Tagebau gewonnenen Werksteine dem Brücken-, Kirchen- und Hausbau dienten. 1906 ist die Werksteingewinnung im Oberen Buntsandstein von Unteralpfen DE aufgegeben worden.

Schilfsandstein
Schilfsandstein war früher längs des Rheins ein beliebter Skulptur- und Baustein. Heute wird der oft dunkelkarminfarbige Sandstein nur noch in Oberhofen CH bei Gansingen in einem kleinen Steinbruch kommerziell abgebaut. Er wird zu Mauersteinen, Cheminées und kleinen Werkstücken verarbeitet.

Kalke des Juragebirges
Viele Kalke des Juras sind seit gallorömischer Zeit systematisch abgebaut worden. Natürlich wurde bis in die jüngste Vergangenheit der Transportweg möglichst minimal gehalten, und die unterschiedlichsten Jurakalke wurden an vielen Orten lokal abgebaut. Die verschiedenen Kalke unterscheiden sich qualitativ sehr stark, und es gab oft für einzelne Anwendungen bevorzugte Kalke. In Augst beispielsweise war der Plattenkalk des Hauptmuschelkalkes aus der Trias besonders beliebt als Mauerstein. Für feinere Steinmetzarbeiten aber wurden die porösen, weichen Korallenkalke des Juras bevorzugt. Im Gebiet des Fricktals liegen heute wie auch in historischer Zeit aber keine Brüche, deren Bedeutung über die regionale Anwendung hinausgingen (im Gegensatz etwa zu den Steinbrüchen in Solothurn, im Laufental oder früher bei Schaffhausen).

Granit
Im Gegensatz zu den weiter nördlichen Gebieten des Schwarzwaldes wurde Granit als Werkstein (Bausteine, Schotter) im Hotzenwald trotz guter Qualität nur in relativ geringen Mengen abgebaut, da grössere Abnehmer fehlten. Das wohl bedeutendste Werk befindet sich in der Umgebung von Tiefenstein, wo der Albtalgranit abgebaut wird. Erwähnt sei aber auch Wickartsmühle bei Rickenbach.

Eisen

Oolithisches Eisenerz
Der Übergang Dogger/Malm ist über weite Bereiche von Süddeutschland bis in die helvetischen Decken der Ostschweiz durch eisenreiche Sedimentabfolgen charakterisiert. Diese Abfolgen entstanden in einem flachen Randmeer (geschätzte Tiefe ca. 80 bis 100 m) unter dem Einfluss eines ansteigenden Meeresspie-

gels. Sie repräsentieren eine vergleichsweise lange Zeit, während der verhältnismässig wenig Sediment zur Ablagerung gelangte. Aus den umliegenden Festländern wurde aufgrund des tropischen Klimas und der damit verbundenen Verwitterung sehr viel Eisen in oxidierter und komplexierter Form ins Meer eingetragen. Im Bereich von untermeerischen Barrieren wurden die eisenreichen Partikel zusammengeschwemmt. Sie wurden dabei an millimeterkleine Kalkpartikelchen, so genannte Ooide, gebunden. Stellenweise kam es dadurch zu einer abbauwürdigen Anreicherung von Eisenoxiden in den so genannten Eisenoolithen (aus Eisenooiden aufgebautes Gestein), beispielsweise in der Gegend von Herznach CH und Wölflinswil CH. Hier ist das Erz in zwei Flöze gegliedert. Der Eisengehalt des Roherzes beträgt rund 28 bis 30 Prozent; in den Ooiden erreicht er aber ungefähr 50 Prozent. Das abbauwürdige Erz erstreckt sich vom Herznacher Tal im Osten bis zur aargauisch-solothurnischen Kantonsgrenze. In östlicher bzw. westlicher Richtung nimmt der Erzgehalt sehr rasch ab. Der Nordrand des Vorkommens wird durch Erosion bestimmt. Er verläuft über Kornberg, Fürberg nach Wölflinswil. Der Südrand ist schlecht definiert. Das Erz lässt sich aber mit Sicherheit bis in den Kettenjura um Erlinsbach verfolgen. Fehlmann und Rickenbach schätzen den gesamten Erzvorrat mit einem Eisengehalt von 28 Prozent und darüber auf rund 29 Millionen Tonnen.[6] Der Bergbau wurde 1967 endgültig aufgegeben.

Neben dem Eisengehalt ist der Eisenoolith von Herznach aufgrund seines Fossilreichtums bekannt geworden. Neben Schnecken, Muscheln, Brachiopoden, Nautiliden, Belemniten und wenigen Wirbeltierresten (Haifischzähne, einzelne Plesiosaurierknochen) zeichnen sich diese Sedimente vor allem durch eine diverse und hervorragend erhaltene Ammonitenfauna aus (Abb. 5). Dank des Bergbaubetriebes konnte eine ganze Anzahl von neuen Arten beschrieben und dokumentiert werden.[7]

Bohnerz

Im Jura findet sich neben dem Eisenoolith ein anderes ehemals abbauwürdiges Eisenerz: das Bohnerz. Obgleich im Umfang und in der Verbreitung viel beschränkter, wurde es an verschiedenen Stellen im Kanton Aargau ausgebeutet.

Bohnerz besteht aus unregelmässig geformten, mehr oder weniger kugeligen Erzkonkretionen von meist weniger als 2 bis 3 cm Durchmesser. Sie weisen einen Erzgehalt von rund 40 Prozent auf und finden sich eingebettet in lehmigen Tonen. Die Bohnerze des Juras entstanden im frühen Tertiär, als Füllung von Karsthohlräumen und Spalten. Im Aargau wurden Bohnerze bei Zeihen, am Hungerberg bei Aarau, bei Küttigen und Erlinsbach, in Villnachern am Bözberg, bei Scherz, in Tegerfelden, im Gebiet zwischen Rekingen und Mellikon, dann in Baden bei der ehemaligen Einsiedelei im Chappelerhof und oberhalb von Boppelsen abgebaut.[8] Im Gebiet des Hotzenwaldes wurde in historischer Zeit auch Bohnerz aus dem Klettgau verarbeitet.

Blei und Silber, Baryt und Fluorit

In den Graniten und Gneisen des Schwarzwalds wurde früher eine Vielzahl von vererzten und mineralisierten Zonen als Erzlagerstätten ausgebeutet; heute sind die meisten von ihnen nur

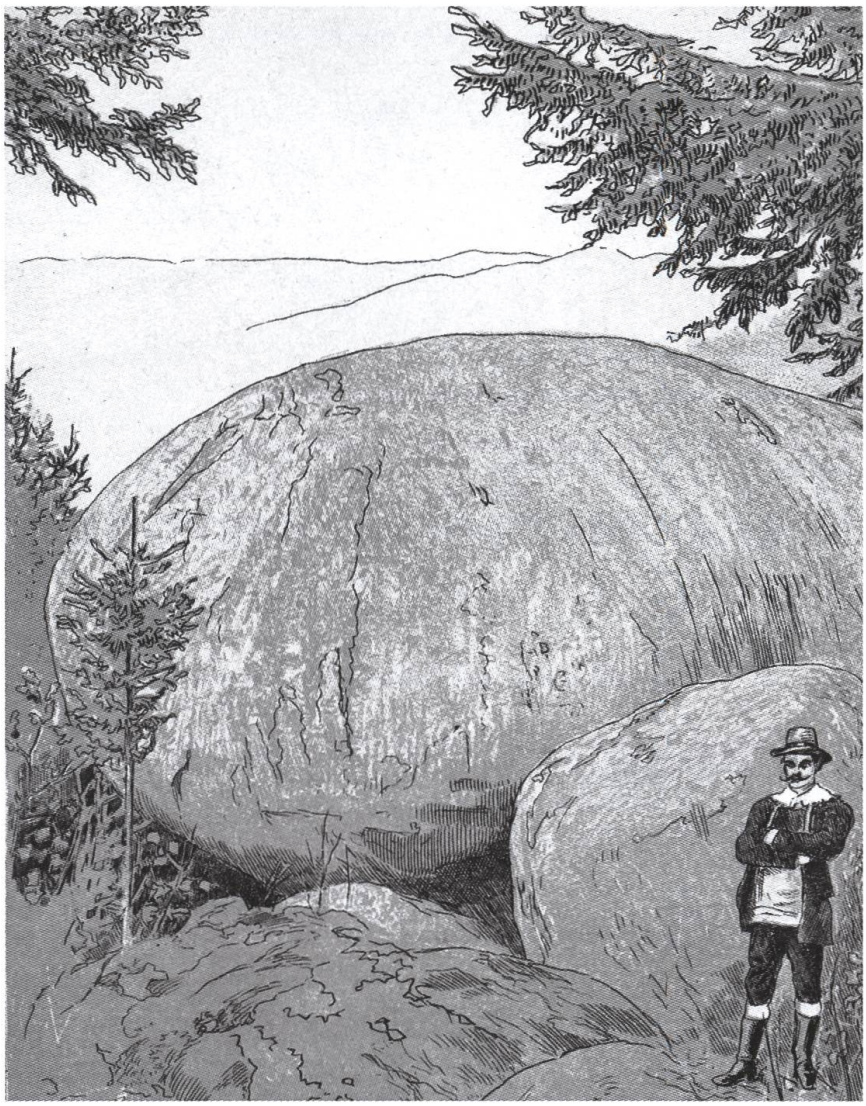


Abb. 12: Der Solfelsen, in einer historischen Darstellung um 1900. (Bild: Panorama vom Eggberg bei Säckingen DE, Zürich o. J.)

noch von wissenschaftlicher Bedeutung. Früher aber hatte vor allem der Silberbergbau, bei dem als Nebenprodukt auch Blei gefördert wurde, eine herausragende Bedeutung (St. Blasien).

Gips

Die Verwendung von Gips (und des verwandten Minerals Anhydrit) und seiner Derivate ist äusserst vielfältig. Bauindustrie, keramische Industrie, Chirurgie und Zahntechnik sowie Papierindustrie sind nur einige der heutigen Abnehmer dieses Rohstoffes.

Der Abbau von Gips erfolgte im Fricktal in zahlreichen kleinen Gruben (bei Oberhof CH, im Sulz- und im Mettauertal, Eiken, Stein u.a.). Auf der rechtsrheinischen Seite war der Gipsabbau auf die wenigen Stellen, an denen der mittlere Muschelkalk aufgeschlossen ist, beschränkt (v. a. Ostrand des Dinkelberges). Der Gips diente hier aber lediglich der Deckung des lokalen Bedarfs. Im gesamten Gebiet findet kein industrieller Abbau von Gips mehr statt.

Steinsalz

Als Salzlagerstätten bezeichnet man die Vorkommen von Kali- und Stein- oder Kochsalz. Das Steinsalz weist in der Gegend des Schweizer Juras und somit auch im Fricktal eine weite Verbreitung auf: Es erstreckt sich von Kaiserstuhl bei Zurzach südwärts durch das Mittelland bis in die Gegend des Genfersees. Der nördliche Rand des Salzlagers verläuft entlang der Südgrenze des Schwarzwaldes, stellt aber nicht die ursprüngliche Ausdehnung dar, sondern ist das Produkt der Erosion. Die Salzlager

bildeten wichtige Gleithorizonte bei der Entstehung des Juragebirges. Da das Salz in der menschlichen und tierischen Ernährung eine wichtige Rolle spielt, bedeutete der Besitz von Salzvorkommen bis hin in die Neuzeit Reichtum und Macht. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung mit recht hohen Verunreinigungen wurde im Gebiet des Hochrheins das Salz ausschliesslich aus Salinen gewonnen (z. B. im Sulztal). Die Salzvorkommen in der Gegend von Rheinfelden entstammen dem mittleren Muschelkalk (Trias). Sie können zum Teil eine ungestörte Mächtigkeit bis 100 m aufweisen. Die Entdeckung der Salzlagerstätten im Untergrund des Hochrheingebietes war entscheidend für die kulturelle und industrielle Entwicklung der Gegend. Sie waren massgeblich beteiligt an der Entwicklung der chemischen Industrie der Region.

Geologische Besonderheiten

Solfelsen

Die markante, runde und regelmässige Form des Solfelsens oberhalb Wehr bei Jungholz (Abb. 12) wirkt beinahe wie ein Produkt menschlicher Tätigkeit. Entsprechend regt seine Form bereits seit Menschengedenken die Fantasie der Menschen an. Es handelt sich aber um ein rein natürliches Produkt der so genannten Wollsackverwitterung. Diese spezielle Form der Verwitterung tritt vor allem in massigen Gesteinen wie Graniten, seltener auch Gneisen oder Sandsteinen, auf.

Schlossberg von Laufenburg

Bei Laufenburg hat sich der Rhein nicht wie andernorts in die Niederterrassenschotter, sondern in das schwarzwäldische Grundgebirge einerodiert (Abb. 13). Das Grundgebirge vermag der Erosion natürlich viel besser zu widerstehen als die un- oder nur teilweise verfestigten Niederterrassenschotter. Daher bildeten sich auf der Höhe von Laufenburg relativ enge Stromschnellen aus. Im Rahmen des Kraftwerkbaus wurden diese Stromschnellen um 1910 im Bereich des engsten Durchflusses zwar gesprengt, das Grundgebirge ist am Laufenburger Schlossberg aber noch immer deutlich sichtbar. Es ist eine der wenigen Stellen, an der dieses Grundgebirge auf der Schweizer Seite des Rheins beobachtet werden kann. Es handelt sich um rötliche, mehrphasig verfaltete Gneise aus dem frühen Paläozoikum.

Gletschertöpfe

Gletscher sind oft mit besonderen Erosionsformen verbunden. Dazu gehören die so genannten Gletschertöpfe oder Gletschermühlen (Abb. 14). Unter dem Gletscher in unterirdi-

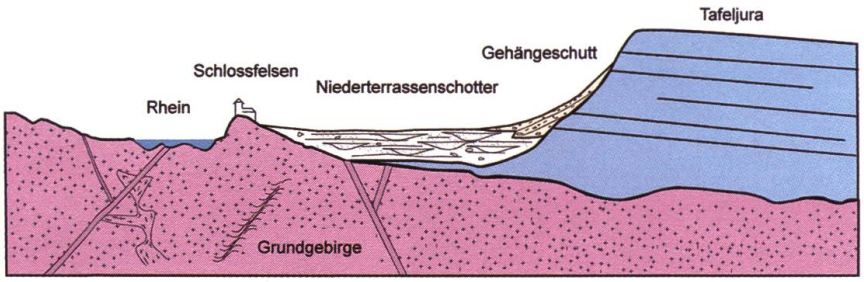


Abb. 13: Geologisches Querprofil durch das Rheintal bei Laufenburg (abgeändert nach Wildi; Hantke 1978–83).

Abb. 14: Gletschermühle; durch Schmelzwässer angelegte Erosionsform. (Bild: Max Benz, Stein CH)

schen Bächen abfliessendes Wasser schliff mit Hilfe von Steinen den Felsuntergrund nicht nur blank, sondern schuf auch Strudel- oder Kolklöcher. Stellenweise konnte ein einzelner Stein, durch das Schmelzwasser konstant in Bewegung gehalten ohne weggespült zu werden, tiefe Löcher in den harten Fels schleifen. Diese teilweise recht bizarren Erosionsformen finden sich dann heute auch gelegentlich fernab von Bächen und Flüssen. Als Beispiel hierfür gilt etwa die Teufelsküche oberhalb der Ibachmündung an der Albtalstrasse (wobei Metz diese Bildungen allerdings als nacheiszeitliche Flusserosion deutet).[9]

Eisrandstauseen von Schachen-Einigsbühl

Während der risszeitlichen Vergletscherung wirkte der Rheingletscher an einigen Stellen im Hochrheintal wie eine Staumauer (Abb. 15); Schmelzwasser wurde in einigen der nach Süden entwässernden Täler rückgestaut. Es entstanden kleinere Stauseen. Ein solcher natürlicher Stausee befand sich bei Einigsbühl. Die pleistozäne Alb brachte aus ihrem Einzugsgebiet im Schwarzwald Kies und Sand, die hier in deltaartigen Ablagerungen in diesen See geschüttet wurden. Diese Kiese und Sande werden seit langem in mehreren Gruben als Baumaterial gewonnen.

Karstphänomene

Der Muschelkalk verleiht der Dinkelberglandschaft ihr Gepräge. Wie auch andernorts, ist er auch hier intensiv verkarstet. Vor allem in der Region um Hasel DE erstrecken sich ausgedehnte unterirdische Kavernensysteme

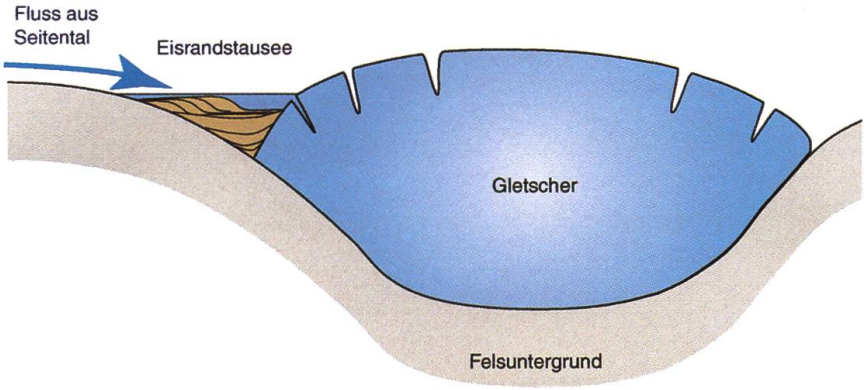


Abb. 15: Schematischer Schnitt durch einen Eisrandstausee. Solche natürlichen Stauseen bildeten sich während der Vereisung des Rheintals an verschiedenen Stellen, wo Täler des Schwarzwaldes in das Rheintal einmündeten. Es bildeten sich dadurch kiesige Ablagerungen, die zum Beispiel bei Einigsbühl als Baustoff abgebaut wurden. (Grafik: Iwan Stössel, Aarau CH)

Abb. 16: Eichener See DE.
(Bild: Werner Brogli, Möhlin CH)

im mittleren und oberen Muschelkalk, nicht zufälligerweise im Schnittpunkt mehrerer geologischer Störungszonen. Diese Störungszonen zeichneten die Wege des einsickernden und lösenden Wassers vor. Bekannte Höhlen aus dieser Region sind etwa das Teufelsloch bei Nordschwaben, die Erdmanns- oder Haselerhöhle (die zweitlängste Schauhöhle Deutschlands, bereits 1271 erste urkundliche Erwähnung), die Tschamberhöhle und die Pfarrhaushöhle. Die Kavernen bilden ein oft zusammenhängendes System, das einen Grossteil des Gebietes unterirdisch zu entwässern vermag. Bäche, die aus dem granitischen Einzugsgebiet in das Gebiet des östlichen Dinkelberges eintreten, geben einen grossen Anteil ihres Wassers in den Untergrund ab. Der Eichener See und einige kleine Bäche sind die einzigen oberirdischen Gewässer des östlichen Dinkelberges. Im Sockel des Dinkelberges schliesslich finden sich eine ganze Reihe von Karstquellen, die die Austrittsstellen dieser unterirdischen Entwässerung darstellen und das Wasser schliesslich dem Rhein zuführen. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist der Wehrer Brunnen.

Grundwasservorkommen in unterirdischen Karstsystemen verhalten sich normalerweise sehr dynamisch: hohe Fliessgeschwindigkeiten bei raschen Änderungen des Wasserstandes. Das bewirkt dann auch, dass der Untergrund einen guten Teil seiner reinigenden Wirkung auf das Wasser verliert. Immer wieder sind Grundwasservorkommen im Karst Quellen von Trinkwasserverunreinigungen. So kommt es, dass die Ausbreitung einer Typhus-Epidemie im 18. Jahrhundert in der Umgebung von Hasel die karstischen Grundwasserströme recht eindrücklich aufzeichnet.

Die Dynamik des karstischen Grundwasserspiegels lässt sich auch am Eichener See (Abb. 16) deutlich verfolgen. Dieser See liegt östlich von Schopfheim. Seine Fläche beträgt rund 1,5 ha. Seine Besonderheit besteht vor

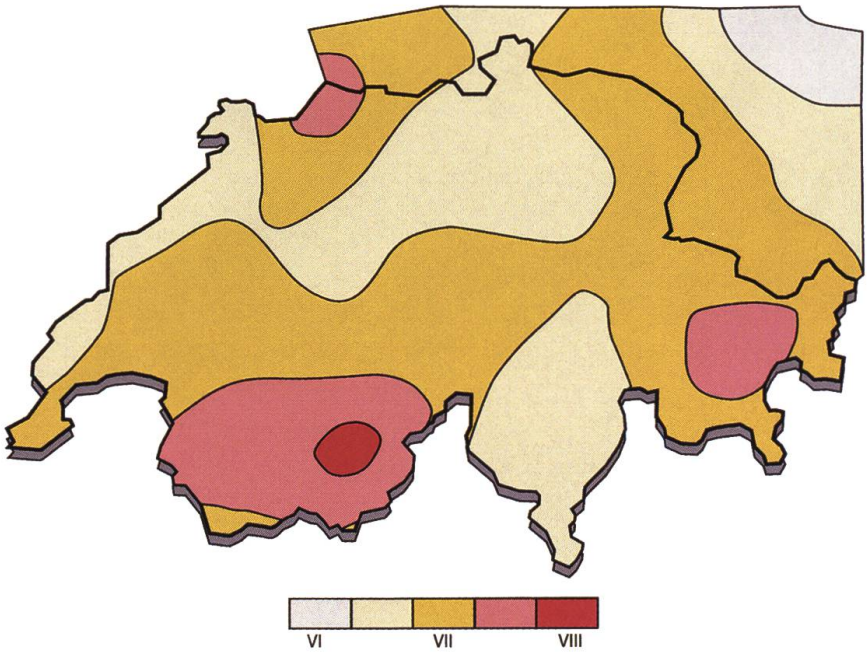


Abb. 17: Erdbebengefährdung der Schweiz und einiger angrenzender Gebiete nach der zwölfteiligen MSK-Skala (siehe Text). Die Farben bezeichnen Gebiete, in denen die entsprechende Erdbebenintensität in einem Zeitraum von 50 Jahren mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 Prozent nicht erreicht wird (Darstellung nach Daten des schweizerischen Erdbebendienstes). (Karte: Iwan Stössel, Aarau CH)

allem darin, dass er keinen oberirdischen Abfluss aufweist, und dass er in unregelmässigen Abständen trocken fällt. Es kann vermutet werden, dass der Seespiegel sehr direkt an den Karstgrundwasserspiegel gekoppelt ist.

Karstphänomene sind natürlich nicht allein auf das Gebiet des Dinkelberges beschränkt. Dolinen oder gar Höhlensysteme finden sich auch andernorts, wo karbonatische Gesteine (oder allenfalls sogar Gips oder Steinsalz) im Untergrund vorliegen. Besonders deutlich sind sie im Fricktal überall dort, wo der Muschelkalk die geologische Unterlage bilden. In der Umgebung von Eiken oder Oeschgen beispielsweise prägen zahlreiche Dolinen die Landschaft, wobei sie in den letzten Jahrzehnten aber vor allem im Landwirtschaftsgelände zunehmend ausgeebnet worden sind. Karstgrundwässer stellen oft Probleme für die Wasserversorgung dar. Durch die geringe Reinigungswirkung von Karstsystemen können sich entsprechende Verschmutzungen sehr rasch ausbreiten und sich auf die Qualität des Trinkwassers auswirken. Landwirtschaftsgebiete, in denen Dünger oder Jauche ausgebracht wird, bedürfen oft besonderer Vorkehrungen. Die Gemeinde Obermumpf im Fricktal beispielsweise musste aufgrund von Problemen mit der Grundwasserqualität von der Nutzung der eigenen Karstgrundwässer absehen. Heute bezieht Obermumpf das Trinkwasser aus den Niederterrassenschottern von Stein.

Erdbeben: früher und heute

Erdbebenursachen; heutige tektonische Bewegungen

Die weitere Region um Basel, und damit auch die Region Fricktal–Hochrhein, gehört zu einem Gebiet mit erhöhter Erdbebentätigkeit (Abb. 17). Die Gründe liegen in der tektonischen Situation. Erdbeben gehen, von einigen Ausnahmen abgesehen, auf tektonische Bewegungen innerhalb der Erdkruste zurück. Durch die grossräumigen Bewegungen können lokal in der Erdkruste beträchtliche Spannungen aufgebaut werden. Diese Spannungen werden durch Verschiebungen entlang von Brüchen wieder abgebaut. Diese Verschiebungen geschehen in der Regel nicht kontinuierlich, sondern in kleineren oder grösseren, ruckartigen Bewegungen. Viele dieser Bewegungen sind so klein, dass sie lediglich durch empfindliche Seismografen aufgezeichnet werden können, nicht aber vom Menschen wahrnehmbar sind. Gelegentlich erreichen diese Bewegungen aber

ein Ausmass, das für den Menschen nicht nur spürbar, sondern gar katastrophal sein kann.
Geologische Bewegungen fanden nicht nur in der Vergangenheit statt. Auch heute heben sich die Alpen noch um etwa einen Millimeter pro Jahr (wobei diese Bewegung durch die Erosion ungefähr ausgeglichen werden dürfte). Entlang der Flanken des Oberrheingrabens wurden mittlere Bewegungen gegen 2 mm pro Jahr gemessen.
Im Bereich des Hochrheins fallen vor allem zwei tektonische Prozesse als mögliche Quellen für Erdbebenaktivität in Betracht: die Auffaltung des Juras und das Einsinken des Oberrheingrabens. Da sich die beiden Prozesse in der räumlichen Anordnung der Spannungsverhältnisse unterscheiden, können einzelne Beben anhand von seismografischen Aufzeichnungen in der Regel recht klar zugeordnet werden.

Das Erdbeben zu Basel

Das wohl bislang grösste Erdbeben in historischer Zeit in der näheren Umgebung des Fricktals und des Hochrheins fand am 18. Oktober 1356 um etwa 22 Uhr in der Region von Basel statt. Dem Hauptbeben folgten aber offensichtlich noch einige, ebenfalls recht starke Nachbeben. Das Epizentrum dieses Bebens dürfte zwischen Liestal und der Birs gelegen haben. Der Umkreis, in dem das Beben registriert wurde, reichte aber bis weit über die Landesgrenzen hinaus: In diversen Chroniken wurden Schäden vom Burgund bis Mittelfranken verzeichnet, die mit diesem Beben in Verbindung zu stehen scheinen.
Die geografische Ausbreitung der Schäden beschreibt eine NO-SW ausgerichtete Ellipse mit einer Längsachse von nahezu 500 km. Aufgrund dieser Ausbreitung, die interessanterweise nicht der Geometrie des Oberrheingrabens folgt, wird vermutet, dass das Beben nicht der Grabentektonik, sondern der Jura-Überschiebung zugeordnet werden muss.
Aufgrund der zeitgenössischen Schilderungen geht man davon aus, dass das Beben in seinem Zentrum auf der zwölfteiligen MSK-Intensitätsskala (Medwedew-Sponheuer-Karnik-Skala: beschreibt das Ausmass der Schäden) die Stufen IX und X erreichte, also eine verwüstende bis vernichtende Wirkung hatte. Im Unterschied zur Erdbebenintensität lässt sich die Energie, die bei diesem Ereignis freigesetzt wurde, und damit die Erdbebenstärke nur sehr grob abschätzen. Man nimmt an, dass das Beben auf der nach oben offenen Richterskala ungefähr einen Wert zwischen 6 und 6,5 erreicht hat. Die Erdbebenstärke liegt damit im Bereich des Bebens im Friaul von 1976. Ebenfalls sehr ungewiss ist die Anzahl Toter, die dieses Beben gefordert hat. Die Schätzungen schwanken zwischen 300 und etwa 2000 (das Beben im Friaul forderte rund 1000 Todesopfer). Riesig waren auch die Schäden an den Gebäuden; neben den erschütterungsbedingten Schäden brachen mehrere Brände aus, bei denen beispielsweise der Dachstuhl des Basler Münsters vollständig ausbrannte, nachdem bereits alle fünf Türme, ein Teil des Chores und das hohe Gewölbe des Schiffes eingestürzt waren. Ein entsprechendes Beben kann auch für die Zukunft nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der allgemeinen Seismizität der Region darf man aber hoffen, dass derartige Beben auch weiterhin sehr seltene Ereignisse bleiben.

Glossar

Ammonit: Ausgestorbener Kopffüsser, dessen spiralig aufgerollte Schale in den Ablagerungen des Jurameeres sehr häufig gefunden wird.

Belemnit: Ausgestorbener Kopffüsser mit einem spitzkonischen Innenskelett.

Bohnerz: Bohnenförmiges Verwitterungsprodukt aus Eisenerz.

Brachiopode: Schalentragendes Meerestier (Armfüsser), das in Ablagerungen des Jurameeres besonders häufig gefunden wird.

Deckenschotter: Hochliegende Schotterterrassen; vermutlich zum Teil auf vorrisszeitliche, zum Teil auf risszeitliche Vereisungen zurückzuführen.

Doline: Trichterförmige Vertiefung in einer Karstoberfläche. Dolinen entstehen zum Beispiel durch den Einsturz eines oberflächennahen Höhlensystems.

Epizentrum: Punkt an der Erdoberfläche, unter dem ein Erdbeben durch eine Bewegung in der Erdkruste ausgelöst wurde.

Erdmantel: Bezeichnung für den Teil der Erde zwischen Erdkruste und Erdkern, also eine Kugelschale in einer Tiefe zwischen rund 30 und 2900 km.

Erdkruste: Äusserste Schale der Erde mit einer Dicke von 30 bis 50 km in kontinentalen Gebieten bzw. 5 bis 10 km in ozeanischen Gebieten. Sie unterscheidet sich in Bezug auf die Zusammensetzung vom unterliegenden Erdmantel.

Feldspat: Gruppe von verbreiteten, oft gesteinsbildenden Silikatmineralien.

Firn: Durch Umkristallisation und Verdichtung umgewandelter Altschnee; eine Vorstufe des Gletschereises.

Firnplateauvergletscherung: Tafelförmiges Firnfeld, von dem mehrere kurze Gletscherzungen ausgehen.

Fossil: Versteinerung.

Ganggestein: Tafelförmige Gesteinskomplexe, die durch die Erstarrung von Gesteinsschmelzen entstanden sind, die in Spalten der Erdkruste eingedrungen sind.

Gneis: Geschiefertes Umwandlungsgestein (metamorphes Gestein), meist reich an Quarz und Feldspat.

Gneisrahmen: Sammelbegriff für einen im Vergleich älteren Komplex der Erdkruste, in den in einer späteren Phase Gesteinsschmelzen eingedrungen sind.

Granit: Quarz- und feldspatreiches Erstarrungsgestein, das im Erdinnern erkaltet bzw. erstarrt ist.

Grundgebirge: Allgemeine Bezeichnung für die unter einer Deckschicht von Ablagerungsgesteinen liegenden geologischen Einheiten

der Erdkruste, die sich durch höheres geologisches Alter und meist stärkere bzw. andersartige Deformation auszeichnen. Der Ausdruck leitet sich aus einer alten Bergbaubezeichnung ab.

Hochterrassenschotter: Schotterterrassen, die in der Regel der Risseiszeit zugerechnet werden.

Hydrothermal: Unter der Einwirkung von heissen, wässrigen Lösungen entstanden.

Intrusion: Körper von Gesteinsschmelze (Magma), der von unten in die Erdkruste eindringt und dort langsam erkaltet bzw. erstarrt.

Jura: Geografische Bezeichnung für Juragebiet und geologische Bezeichnung für einen Zeitabschnitt (ca. 195 bis 136 Millionen Jahre vor heute).

Karst: Durch chemische Lösung bedingte Verwitterungserscheinung, vor allem in Karbonatgesteinen. Oft entstehen dadurch ausgedehnte Höhlensysteme. Das Phänomen wurde nach dem Karst-Gebiet benannt.

Kettenjura (oder Faltenjura): Teil des Juragebietes, dessen geologischer Untergrund durch das Vorrücken der Alpen in Falten gelegt wurde.

Magma: Masse von teilweise oder vollständig geschmolzenem Gestein.

Mergel: Bezeichnung für ein Ablagerungsgestein, das aus einer Mischung von Tonmineralien und Kalk besteht.

Metamorphose: Sammelbegriff für Umwandlungsprozesse aufgrund von Druck- und Temperaturveränderungen in der Erdkruste. Ein dadurch geprägtes Gestein nennt man metamorphes Gestein.

Moräne: Ansammlung von durch Gletscher transportiertem Gesteinsschutt.

Nautilide: Gruppe von Meerestieren, die den Ammoniten nahe stehen. Nautiliden kommen heute noch selten vor (Perlboot), waren aber in Ablagerungen des Jurameeres weit verbreitet.

Niederterrassen: Schotterterrassen, die in der Regel der Würmeiszeit zugerechnet werden.

Oberrheingraben: Durch Ost-West-gerichtete Dehnungsprozesse in der Erdkruste entstandener breiter Graben im Bereich des Rheinlaufs unterhalb von Basel. Der Graben trennt den Schwarzwald von den Vogesen.

Ooid: Durch konzentrische Schalen aufgebautes Karbonatkorn. Ooide können im bewegten Flachwasser unter tropischen Klimabedingungen entstehen.

Oolith: Aus Ooiden aufgebautes Ablagerungsgestein.

Orogenese: Bildung eines Gebirges aufgrund von Bewegungen der Platten der Erdkruste und des oberen Erdmantels. Diese Gebirgsbildungen äussern sich geologisch in einer Verformung des Gesteins, auf mineralogischen Umwandlungen (Metamorphosen) und Eindringung von Gesteinsschmelzen.

Permokarbon-Tröge: Grabenartige Geländesenken, die in der letzten Phase der Variszischen Gebirgsbildung in Europa aufgrund von Dehnungskräften in der Erdkruste an verschiedenen Stellen Mitteleuropas (u. a. in der Nordschweiz) entstanden. Diese Senken wurden während der Karbon- und der Permzeit mit Ablagerungen (u. a. auch Steinkohle) verfüllt; daher der Name.

Plesiosaurier: Meeresreptil des Erdmittelalters. Trotz äusserlicher Ähnlichkeit mit den Dinosauriern nicht näher verwandt.

Quarz: Wichtiges Mineral der Erdkruste mit der chemischen Zusammensetzung SiO_2. Dieses Mineral ist in Erstarrungs-, Umwandlungs- und Ablagerungsgesteinen gleichermassen verbreitet.

Sediment: Ablagerungen, wie sie sich beispielsweise am Boden von Seen, Meeresbecken oder Flüssen ansammeln.

Seismizität: Stärke und Häufigkeit von Erdbeben in einem bestimmten Gebiet.

Tektonik: Lehre vom Bau der Erdkruste, den darin wirkenden Kräften und Bewegungen.

Tethys: Urmittelmeer, das den Grosskontinent Pangaea während Jura- und Kreidezeit in einen Nord- und einen Südkontinent aufgliederte. Der Zerfall dieser Kontinente wiederum leitete in die heutige Verteilung der Kontinentalmassen über.

Terrestrisch: Auf dem Festland entstanden.

Ton: Einerseits Begriff für ein Mineralgemisch mit sehr kleinen Körnern (<0,002 mm), andererseits Sammelbezeichnung für eine spezielle Mineralgruppe, die in der Regel sehr feinkörnige Kristalle bildet (Tonmineralien).

Variszische Orogenese bzw. Gebirgsbildung: Gebirgsbildung in Europa im Erdaltertum (v. a. Devon, Karbon, vgl. Abb. 3). Die Gebirgsbildung hinterliess einen rund 500 km breiten Gürtel stark verformter Gesteine, der von Frankreich bis ins polnische Mittelgebirge reicht. Das dabei entstandene Gebirge nennt man Varisziden oder Variszisches Orogen.

Wollsackverwitterung: Vor allem bei Graniten und Sandsteinen auftretende Verwitterungserscheinung, bei der das Gestein in kissenförmige, rund-ovale Blöcke zerlegt wird.

Anmerkungen

1 Z.B. RITTER, JOACHIM 1995 (s. Literatur).

2 SANDER, P. MARTIN 1993 (s. Literatur).

3 METZ, RUDOLF 1980 (s. Literatur).

4 GEYER, OTTO-FRANZ und GWINNER, MANFRED 1986 (s. Literatur).

5 RAHM, GILBERT 1989 (s. Literatur).

6 FEHLMANN, HANS und RICKENBACH, ERWIN 1962 (s. Literatur).

7 JEANNET, ALPHONSE 1951 (s. Literatur).

8 BÜHLER, ROLF 1986 (s. Literatur).

9 METZ, RUDOLF 1980 (s. Literatur).

Literatur

BÜHLER, ROLF: Bergwerk Herznach. – Aarau, Stuttgart: AT Verlag 1986.

FEHLMANN, HANS und RICKENBACH, ERWIN: Die eisenhaltigen Doggererze der Schweiz. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, XIII. Lieferung, 7. Band, 1962, S. 121.

GEYER, OTTO-FRANZ und GWINNER, MANFRED: Geologie von Baden-Württemberg, 3. Auflage. – Stuttgart: Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, 1986, S. 482.

HANTKE, RENE: Eiszeitalter. – Thun: Ott Verlag 1978–1983.

JEANNET, ALPHONSE: Stratigraphie und Palaeontologie des oolithischen Eisenerzlagers von Herznach und seiner Umgebung. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, XIII. Lieferung, 5. Band, S. 240.

KÜNDIG, RAINER; MUMENTHALER, THOMAS; ECKARDT, PETER; KEUSEN, HANS RUDOLF; SCHINDLER, CONRAD; HOFMANN, FRANZ; VOGLER, RUDOLF; GUNTLI, PETER: Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz. Hrsg. von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission. – Zürich 1997.

METZ, RUDOLF: Geologische Landeskunde des Hotzenwalds. Lahr: Schauenburg 1980, S. 116.

MÜLLER, WALTER HELMUT; HUBER, MARTIN; ISLER, ALFRED und KLEBOTH, PETER: Geologische Karte der zentralen Nordschweiz, 1:100 000, Erläuterungen. Geologische Spezialkarte Nr. 121. Hrsg. von der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA) und der Schweizerischen Geologischen Kommission 1984, S. 234.

RAHM, GILBERT: Die ältere Vereisung des Schwarzwaldes und der angrenzenden Gebiete. – In: Der Schwarzwald. Hrsg. von LIEHL, EKKEHARD und SICK, WOLF DIETER. – Bühl/Baden: Konkordia 1989, S. 576.

RITTER, JOACHIM: Genese der Mineralisation Hermanngang im Albtalgranit (SE Schwarzwald) und Wechselwirkung mit dem Nebengestein. Karlsruher Geochemische Hefte, Band 8 1995.

SANDER, P. MARTIN: The Norian Plateosaurus Bonebeds of central Europe and their taphonomy. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Band 93 1993, S. 255–299.

TATTERSALL, IAN: The human odyssey: Four million years of human evolution. Prentice Hall. – New York 1993.

WILDI, WALTER: Erdgeschichte und Landschaften im Kanton Aargau. – Aarau: Verlag Sauerländer 1983, S. 147.

WÜLSER, FRANZ: Die Bohnerzgruben auf der Sommerhalde bei Zeihen. – In: Vom Jura zum Schwarzwald 74 (2000), S. 65–71.