

4.3 Geologie des Schwarzwalds

Über die Hälfte des Untersuchungsgebietes nimmt der Schwarzwald ein (Abb. 2). Im Westen reicht er bis an den Ostrand des Oberrheingraben. Die Südgrenze bildet der Hochrhein und die Vorbergschollen der Weitenauer Vorberge und des Dinkelberges. Die Nord- und Ostumrahmung ist durch die wenig markante Grenze zum Muschelkalk gegeben.

Der Schwarzwald lässt sich im Untersuchungsgebiet in folgende naturräumliche Haupteinheiten gliedern:

- *Nördlicher Talschwarzwald*
- *Mittlerer Talschwarzwald*
- *Mittlere Schwarzwaldostabdachung*
- *Südlicher Kammschwarzwald*
- *Südlicher Hochflächenschwarzwald*

Der Schwarzwald umfasst Gesteine des kristallinen Grundgebirges sowie Sedimentgesteine des Jungpaläozoikums und des Buntsandsteins. Das Grundgebirge besteht aus prävariszischen und variszischen Anteilen.

4.3.1 Grundgebirge

Prävariszische Entwicklung

Im Präkambrium, vor ca. 900 Mio. Jahren, lagerten sich mächtige Sedimentserien ab: v. a. Grauwacken-Sandsteine, Pelite (Tongesteine) und Vulkanite. Während der assyntischen Gebirgsbildung wurden sie mehrfach metamorph umgewandelt: unter den Bedingungen der mittelgradigen Regionalmetamorphose (Amphibolitfazies) entstanden Gneise; zum Teil wurden sie später nochmals überprägt: durch Aufschmelzung (regionale Anatexis) entstanden Anatexite.

Anhand von radiometrischen Altersbestimmungen wurde das Alter der prävariszischen Anatexite auf 473 ± 26 Mio. Jahren datiert (nach der Rubidium-Strontium-Methode; HOFMANN, F. & H. KÖHLER (1973).

Die Gneise unterteilt man in Paragneise, Orthogneise und Mischgneise. Die Paragneise, früher auch Renchgneise genannt, entstanden aus der Metamorphose von Sedimentgesteinen. Anhand der Mineralzusammensetzung (modaler Mineralbestand) kann man einige Varietäten unterscheiden. Quarz-Plagioklas-Biotit-Gneise sind am häufigsten. Daneben gibt es Kinzigite, die sich durch Graphit- und Granatführung auszeichnen. Orthogneise, früher auch als Schapbachgneise bezeichnet, sind im Schwarzwald viel seltener.

Sie führen in der Regel deutlich weniger Biotit als die Paragneise. Abgeleitet werden sie von magmatischen Ausgangsgesteinen (Tonalite bis Granodiorite), die vermutlich während der kaledonischen Orogenese durch vollständige Aufschmelzung von präkambrischen Gesteinen entstanden (palingene Magmen).

Vorwiegend anatektische Metamorphite, aber auch Gneise, bauen das Zentralschwarzwälder Gneismassiv (siehe Abb. 4) auf. Es grenzt im Norden an das Nordschwarzwälder Granitgebiet und im Süden an die Zone Badenweiler-Lenzkirch.

Weitere Gneisvorkommen befinden sich südlich des Südschwarzwälder Granitmassivs und im Nordschwarzwald. Der Bereich vom Feldberg bis zum Kandel wird vorwiegend von Diatexiten (völlig aufgeschmolzenen Anatexiten) eingenommen. Diese haben jedoch in variszischer Zeit eine regionalmetamorphe Überprägung erfahren.

Variszische Entwicklung

Das Grundgebirge, das im westlichen Teil des Schwarzwaldes ausstreicht, wurde durch die variszische Orogenese (Gebirgsbildung) entscheidend geprägt. Die Gebirgsbildung, die weite Teile Europas erfasste, begann im Devon und klang im Perm allmählich aus. Es werden vier größere Faltungsphasen unterschieden.

Die Gesteine wurden - je nach Tiefenlage - unterschiedlich verändert: im oberen Stockwerk durch Faltung und schwache Metamorphose; in

den tieferen Stockwerken durch hochgradige Metamorphose, die bis zur Aufschmelzung (Anatexis), Bildung neuer Magmen (Palingenese) und Platznahme von Granitstöcken führte. Durch diese Prozesse wurden die betroffenen Erdkrustenteile konsolidiert.

Der Schwarzwald wird weitgehend zur moldanubischen Zone gerechnet, dem südlichsten Abschnitt des variszischen Gebirges. Hier herrschen magmatische Intrusionen und Bruchtektonik gegenüber der Falten tektonik vor.

Paläozoische Sedimente sind in diesem Bereich nur spärlich überliefert, nämlich dort, wo sie infolge tektonischer Tieflage vor nachfolgender Abtragung geschützt waren.

Dies sind im Untersuchungsgebiet zwei Bereiche: die Zinken-Elme-Zone bei Waldkirch und die Zone von Badenweiler-Schönau-Lenzkirch.

Die variszischen Granite nehmen weite Bereiche des Nord- und des Südschwarzwaldes ein (Abb. 4). Da diese Erstarrungsgesteine aus einer ganzen Gruppe verschiedenartiger granitähnlicher Gesteine besteht, sowohl in stofflicher als auch in struktureller Hinsicht, spricht man von Granitoiden.

Die Zusammensetzung der Granitoide entwickelte sich von den älteren, granodioritischen zu den jüngeren quarzreichen Leukograniten. Hierin drückt sich die zunehmende Differenzierung des aufdringenden Magmas im Laufe der variszischen Gebirgsbildung aus.

Eine tabellarische Aufstellung der variszischen Granite des Schwarzwaldes ist bei GEYER, O. & M. P. GWINNER (1986) zu finden; eine gute petrographische Beschreibung geben METZ, R. & G. REIN (1958) sowie METZ, R. (1977).

Man unterscheidet zwischen synorogenen und posttektonischen Graniten. Die syntektonischen Granite sind in einer frühen Phase der variszischen Orogenese aufgestiegen und in einer späteren Phase deformiert worden.

Dies ist makroskopisch am Parallelgefüge der Granite zu erkennen. Solch ein deformierter Granit ist etwa der Granit von Schlächtenhaus im Südschwarzwald. Besonders in der Nähe der Zone Badenweiler-Lenzkirch, an der starke tektonische Bewegungen erfolgten, sind die deformierten Granite zu finden. Die posttektonischen sind dagegen von späterer Verformung verschont geblieben.

Südschwarzwälder Granitmasse

Im Südschwarzwald tritt eine Vielzahl von Granitoiden (siehe oben) auf, deren Alter von den ältesten, deformierten im Devon und Unterkarbon bis zu den jüngeren, undeformierten Graniten im Oberkarbon reicht.

Es ist hier ein tiefes Stockwerk des variszischen Gebirges angeschnitten. Ein Großteil der anstehenden Granitoide entstand durch Aufschmelzung der älteren Gneise (Palingenese). Der Kontakt gegen die umhüllenden Gesteine ist oft unscharf und verschwommen.

Die Gruppe der jüngeren, undeformierten Granite ist ebenfalls reich vertreten: etwa mit dem grobkörnigen Schluchseegranit oder dem Albtalgranit, der häufig mit porphyrischen Kalifeldspat-Einsprenglingen auftritt.

Triberger Granitmasse

Der Triberger Granit bedeckt eine Fläche von ca. 175 km² und gehört zu den größten Granitvorkommen des Schwarzwaldes (Abb. 4). Nach Westen grenzt er an das Zentralschwarzwälder Gneisgebiet. Im Osten wird er von mesozoischem Deckgebirge überlagert.

Der Triberger Granit ist ein Biotit-Granit. Örtlich tritt eine Zweiglimmer-Varietät auf, die neben Biotit auch Muskovit führt. Das Alter beträgt 333 ± 20 Mio. Jahre (Rubidium-Strontium-Alter nach GEYER, O. F. & M. P. GWINNER (1986), also Unterkarbon. An einigen Stellen kann man beobachten, wie der Granit mit Fortsätzen in die umgebende Gneishülle eindringt.

Name	Typ	Alter
Oberkirch-Granit	Biotit-Granit	314 - 338 Mio. Jahre
Seebach-Granit	Zweiglimmer-Granit	280 - 318 Mio. Jahre
Forbach-Granit	Zweiglimmer-Granit	303 - 319 Mio. Jahre

Tab. 1: Nordschwarzwälder Granite im Untersuchungsgebiet; Rubidium-Strontium-Alter nach GEYER, O. F. & M. P. GWINNER (1986).

Nordschwarzwälder Granitgebiet

Nördlich an das Zentralschwarzwälder Gneisgebiet schließt sich das Nordschwarzwälder Granitgebiet an. Die Nord- und Ostumrahmung bildet wiederum der auflagernde Buntsandstein. In diesem Grundgebirgsabschnitt ist ein relativ seichtes Stockwerk des variszischen Gebirges angeschnitten. Die Kontakte zum Nachbargestein der Granite sind meist scharf; oder es sind Ruschelzonen ausgeprägt, in denen das Gestein zerrüttet ist.

Die Granite sind posttektonische Intrusionen, also undeformiert (siehe oben) und weitgehend oberkarbonischen Alters. Sie sind in einem fortgeschrittenen Stadium der variszischen Orogenese aufgestiegen (sudetische Phase, asturische Phase). Vom Mineralbestand her handelt es sich um normal differenzierte Granite sowie um Zweiglimmer-Granite.

Bei den Nordschwarzwälder Graniten sind oft außergewöhnlich große, milchig-weiße idiomorphe Feldspatkristalle zu beobachten, etwa im Oberkirch-Granit. Diese einsprenglingsartigen Großkristalle verleihen dem Gestein ein porphyrtartiges Aussehen.

Ihre Entstehung geht zurück auf Alkalizufuhr im Spätstadium der Kristallisation (METZ, R. 1977):

die Hauptmenge des Granits war bereits erstarrt, während die Kalifeldspäte - oft in paralleler Anordnung entsprechend dem herrschenden Druckfeld - noch weiter wachsen konnten (sog. Kalifeldspat-PorphYROblastese).

Im gesamten Schwarzwald treten - meist entlang tektonischer Bruchlinien - Ganggesteine auf. Diese Gesteine stammen von magmatischen Nachschüben, also Restschmelzen, die nach der Platznahme der variszischen Granite aufdrangen. Sie sind meist zu parallelen Gangschwärmen angeordnet, die kilometerlang aushalten können. Im Mittleren Schwarzwald streichen sie bevorzugt in nordöstlicher Richtung, im Südschwarzwald in Nordwest-Richtung.

Ganggranite und Granitporphyre sind intermediäre Ganggesteine; Aplite und die seltenen Lamprophyre entstehen durch Trennung von hellen und dunklen Gemengteilen.

Da sich die Ganggesteine aufgrund ihres Mineralbestandes und des Gefüges oft durch eine größere Verwitterungsresistenz gegenüber den umgebenden Gesteinen auszeichnen, bilden sie im Schwarzwald oft Felsklippen oder wittern als Härtling hervor.

Folgende Plutone des Nordschwarzwälder Granitgebietes stehen im Untersuchungsgebiet an:

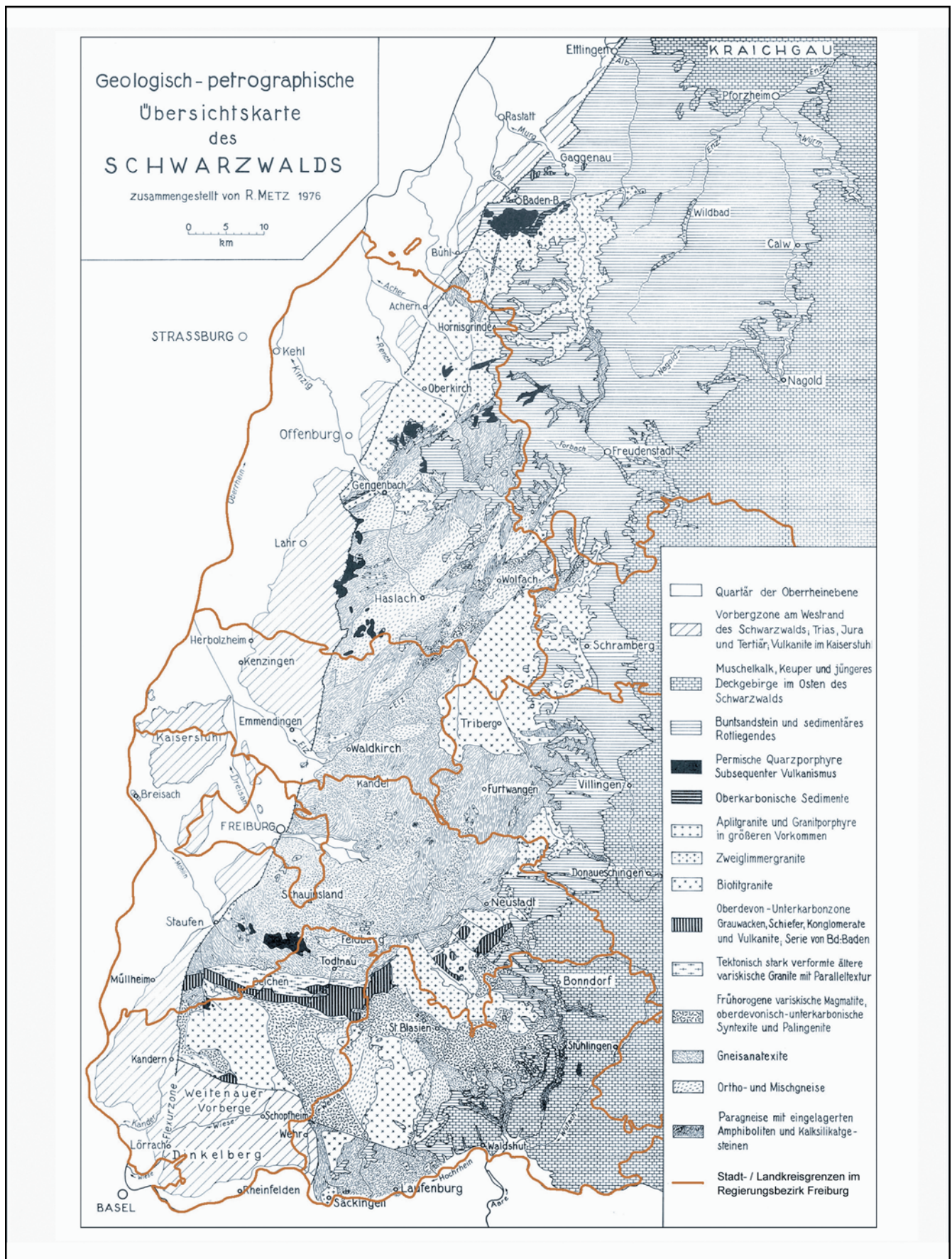


Abb. 4: Geologisch-petrographische Übersichtskarte des Schwarzwaldes; leicht verändert nach METZ, R. (1976)

Paläozoische Sedimente (Devon, Karbon)

In zwei Gebieten des Schwarzwaldes kommen paläozoische Sedimente vor, die von der variszischen Tektonogenese noch erfasst wurden und daher dem Grundgebirge zugerechnet werden:

1. Zinken-Elme-Zone NE von Waldkirch
2. Zone von Badenweiler-Schönau-Lenzkirch

Diese Sedimentserien enthalten marine und kontinentale Ablagerungsgesteine des Oberdevon und Unterkarbon.

Das Vorkommen der Zinken-Elme-Zone besteht aus paläozoischen, schwach metamorphen Grauwacken-Sandsteinen, deren Alter noch nicht eindeutig geklärt ist, vermutlich jedoch dem Unterkarbon angehören.

In der Zone von Badenweiler-Schönau-Lenzkirch ist ein größeres Gebiet aus anstehendem Paläozoikum erhalten, dessen Geschichte besser bekannt ist. Diese Zone erstreckt sich vom Oberrheingraben bei Badenweiler in West-Ost-Richtung etwa bis zum Gutachtal, wo sie nordöstlich von Lenzkirch unter dem mesozoischen Deckgebirge abtaucht (siehe Abb. 4). Unterbrochen wird diese Zone zwischen dem Schluchsee und dem Spießhorn von einem größeren Granitstock, dem Bärhalde-Granit. Da der Granit die Sedimentgesteine durchbricht, müssen diese älter sein als der Bärhalde-Granit, der mit der Kalium-Argon-Methode auf 319 - 331 Mio. Jahre datiert werden konnte (GEYER O. F. & M. P. GWINNER 1986).

Das Paläozoikum der Zone Badenweiler-Lenzkirch besteht aus einer Serie von Sedimenten und Vulkaniten. Sie beginnt im Oberdevon mit marinen Ablagerungen. Die Grauwackenschiefer-Serie ist eine über 500 m mächtige Folge von Grauwacken- und Tonschiefern. Sie wird als Turbiditserie gedeutet, ist also in der Tiefsee abgelagert worden. Die Kohlerbach-Schichten bestehen aus Schiefern und Grauwacken, in denen tektonisch deformierte, ausgewalzte Gerölle vorkommen.

Im Oberdevon drangen synorogene Granite (siehe oben) auf, welche die Sedimentgesteine in Kontaktnähe metamorph veränderten (sog. Kontaktmetamorphose).

Im Unterkarbon wird das Gebiet Festland. Es bilden sich intramontane Senken, in denen weiterhin sedimentiert wird. Überliefert sind aus dieser Zeit marine Grauwacken, Vulkanite ("Porphyrit-Folge") und schließlich terrestrische grobklastische Sedimente ("Kulm-Konglomerat"), die durch Abtragung des aufsteigenden Gebirges entstanden.

Gesteine der Porphyrit-Folge findet man v. a. in der Umgebung von Lenzkirch. Die Schuttsedimente des Kulm-Konglomerates stehen an in einem schmalen Streifen, der von Badenweiler bis Neuenweg reicht. Gute Aufschlüsse sind der Steinbruch westlich Schweighof (LK Breisgau-Hochschwarzwald, lfd. Nr. 31) und der Weiherfelsen bei Heubronn (LK Breisgau-Hochschwarzwald, lfd. Nr. 27).

Während der Sudetischen Faltung werden diese paläozoischen Gesteine zwischen dem Zentralschwarzwälder Gneismassiv und dem Südschwarzwälder Granitgebiet eingefaltet und so dem kristallinen Grundgebirge angegliedert. Danach drang der (postkinematische) Bärhalde-Granit auf.

Schließlich sind noch die Alten Schiefer zu erwähnen, die östlich von Schlächtenhaus auftreten. Bei diesem ca. 1 km² großen Vorkommen handelt es sich um Quarz-Biotit-Schiefer des Oberdevons. Durch den Granit von Schlächtenhaus wurden sie kontaktmetamorph verändert (METZ R. & G. REIN 1958). Nach der Sudetischen Phase setzt sich im Oberkarbon die Abtragung des variszischen Gebirges fort. In variszisch streichenden Senkungsgebieten auf dem Festland (intramontane Becken) wird grob- und feinklastischer Abtragungsschutt aufgefangen. Weiterhin werden kleinere Kohleflöze gebildet, die bis um 1920 abgebaut wurden. Im Nordschwarzwald trifft man Oberkarbonablagerungen in der Offenburger Senke an (bei Geroldseck und in der Diersburg-Berghauptener Zone). Der

Schramberger Trog im Ostschwarzwald enthält wahrscheinlich auch Oberkarbonschichten.

Erz- und Mineralgänge

Im Schwarzwald treten zahlreiche Erz- und Mineralgänge auf. Bereits von den Römern sind Spuren des Bergbaus bekannt, der diesen Gängen, vor allem den Silbererzen, galt.

Eine erste Blütezeit der Montanindustrie war das Mittelalter. Noch heute sind Stollen, Mundlöcher und Halden aus dieser Zeit zu finden. Die wirtschaftliche Bedeutung der Bodenschätze war jedoch starken Schwankungen ausgesetzt, wie aus den heute noch erhaltenen Dokumenten des Bergbaus ersichtlich ist. Heute ist der Abbau fast zum Erliegen gekommen und hat nur noch örtlich eine gewisse Bedeutung.

Man kann zwei Bildungsphasen unterscheiden:

I. Bildungsphase

Im Ausklang der variszischen magmatischen Vorgänge wurden Mineralgänge gebildet, die im Grundgebirge aufsetzen. Sie werden von den permischen Deckenporphyren abgeschnitten (METZ, R. & G. REIN 1958), sodass ihre Entstehung zwischen Oberkarbon und Unterrotliegendem angesetzt wird. Es handelt sich vorwiegend um hydrothermale Bildungen, also um Ausscheidungen aus heißen wässrigen Lösungen mit Temperaturen zwischen 400 und 100 C°, die sich als kompakte Mineralaggregate bzw. Erze in Spalten ausscheiden.

Am Schauinsland und im Münstertal treten Gänge der Blei-Zink-Silber-Formation auf, die im Gneis aufsetzen. Im Krunkelbachtal bei Mennschwand wurden seit 1961 uranerzführende Gänge untersucht und "probeweise" abgebaut (inzwischen aufgelassen); an Uranmineralien findet man v. a. Pechblende, daneben auch Uranophan und Torbernit (WIMMENAUER, W. 1982). Bei Wittichen im Mittleren Schwarzwald wurden ergiebige Erzgänge mit Kobalt- und Silbererzen abgebaut, die der Kobalt-Nickel-Wismut-Silber-Uran-Formation angehören.

Im Murgtal und im Bühlertal (Nordschwarzwald) treten kleinere Eisenglanzgänge auf, die im Granit aufsetzen, und die in den vergangenen Jahrhunderten trotz mangelnder Wirtschaftlichkeit zeitweise ausgebeutet wurden (METZ, R. 1977).

Daneben gibt es noch weitere hydrothermale Gänge, die an Erzmineralen u. a. Pyrit, Hämatit, Bleiglanz, Zinkblende, Kupfer- und Silbererze führen. Als Gangarten kommen Quarz, Flußspat, Schwerspat und Karbonate vor.

Bei Todtmoos im Südschwarzwald kommen Nickel-Eisenerze vor (Nickelmagnetkies), die als liquidmagmatische Ausscheidungen gebildet wurden. Sie wurden im letzten Jahrhundert in geringem Umfang abgebaut (METZ, R. 1980).

Ein kleines, pegmatitisch-pneumatolytisches Vorkommen bei Zell am Harmersbach enthält seltene Minerale wie Wolframit, Scheelit, Turmalin und Wismutglanz.

II. Bildungsphase

Im Tertiär folgte eine weitere Phase der Mineralisation. Diese Gänge, die auch im Deckgebirge aufsetzen, sind häufig an Störungen gebunden. Besonders stark betroffen ist die Randverwerfung des Oberrheingrabens. Dort treten die verwitterungsbeständigen Gänge z. T. riffartig in Erscheinung, etwa bei Badenweiler.

Diese sogenannten hydatogenen Bildungen (METZ, R. 1977) entstanden durch Mineralisation von zugeführten Lösungen, die von älteren, variszischen Lagerstätten abgeleitet werden. Als Erzminerale treten Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz, Brauneisenerz u. a. auf. Gangarten sind Quarz, Baryt, Fluorit, Kalkspat.

4.3.2 Deckgebirge

Nach der Bildung des Grundgebirges gibt es einen deutlichen Schnitt in der geologischen Entwicklung: eingeleitet von den jungpaläozoischen Sedimenten des Perm lagert sich nun der Schichtstapel der mesozoischen und känozoischen Sedimente ab, die man als Deckgebirge

Oberperm	Thuringium (Zechstein)
Unterperm	Saxonium (ro, Oberrotliegendes) Autunium (ru, Unterrotliegendes)

Tab. 2: Gliederung des Perm

zusammenfasst. Die Unterlage - das durch die variszische Orogenese konsolidierte Grundgebirge - verhält sich im wesentlichen stabil während der mesozoischen Entwicklung. Lediglich Bereiche mit unterschiedlicher Senkung führen zu Ausbildung verschiedener Mächtigkeiten der Ablagerungen.

Ursprünglich war die gesamte Sedimentfolge bis einschließlich Jura im Schwarzwald vorhanden, jedoch wurde sie durch Heraushebung des Schwarzwaldes seit dem Tertiär und der dadurch bedingten Erosion teils bis zum Grundgebirge, teils bis zum Buntsandstein wieder abgetragen. Der Oberrheingraben nahm den größten Teil des Abtragungsschuttes auf.

Perm

Während der Oberkarbon-Zeit wurde das variszische Orogen herausgehoben und allmählich abgetragen. Diese Vorgänge hielten bis ins untere Perm an und klangen allmählich aus. Das abgetragene Material wurde in festländischen Senkungsgebieten abgelagert, deren Lage und Ausrichtung noch von variszischen tektonischen Formen geprägt war.

Gegen Ende der Permzeit waren die Reliefunterschiede nahezu völlig ausgeglichen; diese Landoberfläche (sogenannte "permotriadische Landoberfläche") bildet die Auflagerungsfläche des Deckgebirges (siehe oben). In manchen Bereichen des Schwarzwaldes, wo das Deckgebirge bereits abgetragen ist, ist diese alte Landoberfläche teilweise wieder freigelegt und bildet die heutige Landoberfläche.

Die Sedimentgesteine des Autunium und des Saxoniums wurden im Untersuchungsgebiet vornehmlich in 3 Senkungsbereichen abgelagert:

in der Offenburg-Teinacher Senke und in der Breisgau-Senke, die ihre Fortsetzung findet in der Schramberger Senke. Diese Ablagerungsräume wurden getrennt durch Schwellenbereiche, die das Sediment lieferten.

Die Fazies des Unterrotliegenden (Autunium) erinnert noch stark an die des Oberkarbon: es sind kleinere Kohleflöze ausgebildet und eine dem Karbon ähnliche Flora zu finden. Die bunt gefärbten Sedimente sind Seeablagerungen, Deltasedimente, untergeordnet auch fluviatile Bildungen; sie wurden in feuchtwarmem bis wechselfeuchtem Klima gebildet. Die Sedimentation geschah nicht kontinuierlich, sondern phasenweise. Dies drückt sich aus in Sedimentationszyklen, die v. a. an der Basis des Autuniums deutlich ausgebildet sind (FALKE, H. 1974). Gesteine des Unterrotliegenden stehen bei St. Peter und bei Schönwald im Mittleren Schwarzwald an.

Das Oberrotliegende (Saxonium) erreicht in der Schramberger Senke eine Mächtigkeit von 300 - 600 m, wie aus Bohrungen bekannt ist. Die Umweltbedingungen hatten sich gegenüber dem Autunium deutlich geändert: in halbwüstenartigem Klima wurden rotbraune Sandsteine, Tonsteine sowie Fanglomerate abgelagert, die durch Schichtfluten entstanden sind. Diese Schichten sind bei Schramberg gut aufgeschlossen.

Die Rotliegend-Zeit war eine Zeit verstärkter vulkanischer Aktivität, die z. T. mit tektonischen Bewegungen zusammenhängt (saalische Phase, METZ, R. & G. REIN 1958). Die Rotliegend-Vulkane förderten vor allem Quarzporphyre in Form von Lavaströmen und -decken, Tuffen und Schlotfüllungen. Es sind auch ignimbritische Vulkanite bekannt, etwa der Münstertäler Deckenporphyr. Diese pyroklastischen Ablagerungen

gen, die aus vulkanischen Glutwolken abstammen, bildeten zusammenhängende Decken, die durch Abtragung zu kleineren Einzelvorkommen zerstückelt wurden. Die Förderkanäle sind weitgehend unbekannt (MAUS, H. 1981).

Beispiele weiterer Vorkommen permischer Porphyre sind im Nordschwarzwald: die Porphyre bei Lahr, Oppenau und Oberkirch; im Mittleren Schwarzwald: die Quarzporphyr-Tuffe vom Hünersedel und vom Kesselberg, der Porphyrit von St. Märgen; im Südschwarzwald: der Quarzporphyr von Marzell.

Im Anschluss an die eruptive Phase wurden die Quarzporphyr-Tuffe vielfach hydrothermal mit Kieselsäure und Eisenlösungen durchtränkt, so z. B. der Quarzporphyr-Tuff am Hünersedel bei Schweighausen.

Die marine Fazies des Thuringium, der Zechstein, ist im Schwarzwald nicht zur Ablagerung gekommen. Die Küste des von Norden vordringenden Meeres reichte nur bis in die Gegend von Pforzheim.

Jedoch sind aus dieser Zeit terrestrische Bildungen überliefert, deren Verbreitung von der Küste des Zechsteinmeeres bis etwa Schramberg reichte. Diese sogenannten Karneol-Dolomit-Horizonte erreichen bei Schramberg eine Mächtigkeit von etwa 20 m. Sie bestehen aus roten Arkosen, Fanglomeraten und Tonsteinen. Es kommen einzelne dolomitische Lagen vor, die Karneol-Krusten und Konkretionen führen. Diese Schichten, die aufgrund ihrer charakteristischen Färbung auch als "Violetter Horizont (VH 0)" bezeichnet werden, stellen fossile Bodenbildungen der Thuringium-Zeit dar. Früher wurden sie meist als Unterer Buntsandstein bzw. Rotliegendes eingestuft (ORTLAM, D. 1974).

Diese Bodenkomplexe ermöglichen eine erstaunliche Fülle an Rückschlüssen. Man kann aus ihnen paläoklimatische und paläogeographische Erkenntnisse gewinnen. Aufgrund ihrer großen horizontalen Verbreitung haben sie auch eine Bedeutung als stratigraphische Zeitmarken (z. B. der VH2-Horizont als Grenze zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein).

Bei Schramberg-Sulgen (LK Rottweil, lfd. Nr. 6) ist der Violette Horizont VH0 aufgeschlossen, der das Rotliegende gegen den Unteren Buntsandstein abgrenzt.

Anmerkung: nach der neuen Stratigraphie gehört der Untere Buntsandstein (siehe Abb. 5) noch zum Perm (Zechstein). Der Buntsandstein beginnt erst mit dem ECK'schen Konglomerat.

Trias

Buntsandstein

Mit dem Buntsandstein beginnt das mesozoische Deckgebirge, dessen Schichtfolge über dem Grundgebirge bzw. dem Perm abgesetzt wurde. Die unruhigen Zeiten der variszischen Orogenese waren ausgeklungen. Während sich im Nordseegebiet komplexe Grabensysteme entwickelten, verhielt sich das Germanische Becken, zu dem auch das Gebiet des heutigen Schwarzwaldes zählt, relativ ruhig und stabil. Die Sedimentation konnte die Absenkung des Untergrundes und periodische schwache Meeresspiegelschwankungen kompensieren. In der Trias wurden festländische und flachmarine Sedimente abgelagert.

Das Ablagerungsgebiet dehnte sich zur Buntsandsteinzeit allmählich nach Süden aus: während im Nordschwarzwald bereits der Untere Buntsandstein abgelagert wurde, ist der Südschwarzwald noch Abtragungsgebiet. Erst der Obere Buntsandstein kam auch im Südschwarzwald zur Ablagerung. Die Auflagerungsfläche des Deckgebirges ist im Nordschwarzwald also älter als im Südschwarzwald.

Die Sedimente des Buntsandsteins sind überwiegend festländisch. Auf einer flachen Aufschüttungsebene wurden fluviatile Ablagerungen sedimentiert, deren Material aus südwest- bis westlicher Richtung angeliefert wurde. Es herrschen rotbraune und gelbe Sandsteine vor, die durch kieselige, karbonatische oder tonige Bindemittel verkittet sind. Weiterhin kommen zyklisch eingeschaltete konglomeratische Sandsteine vor.

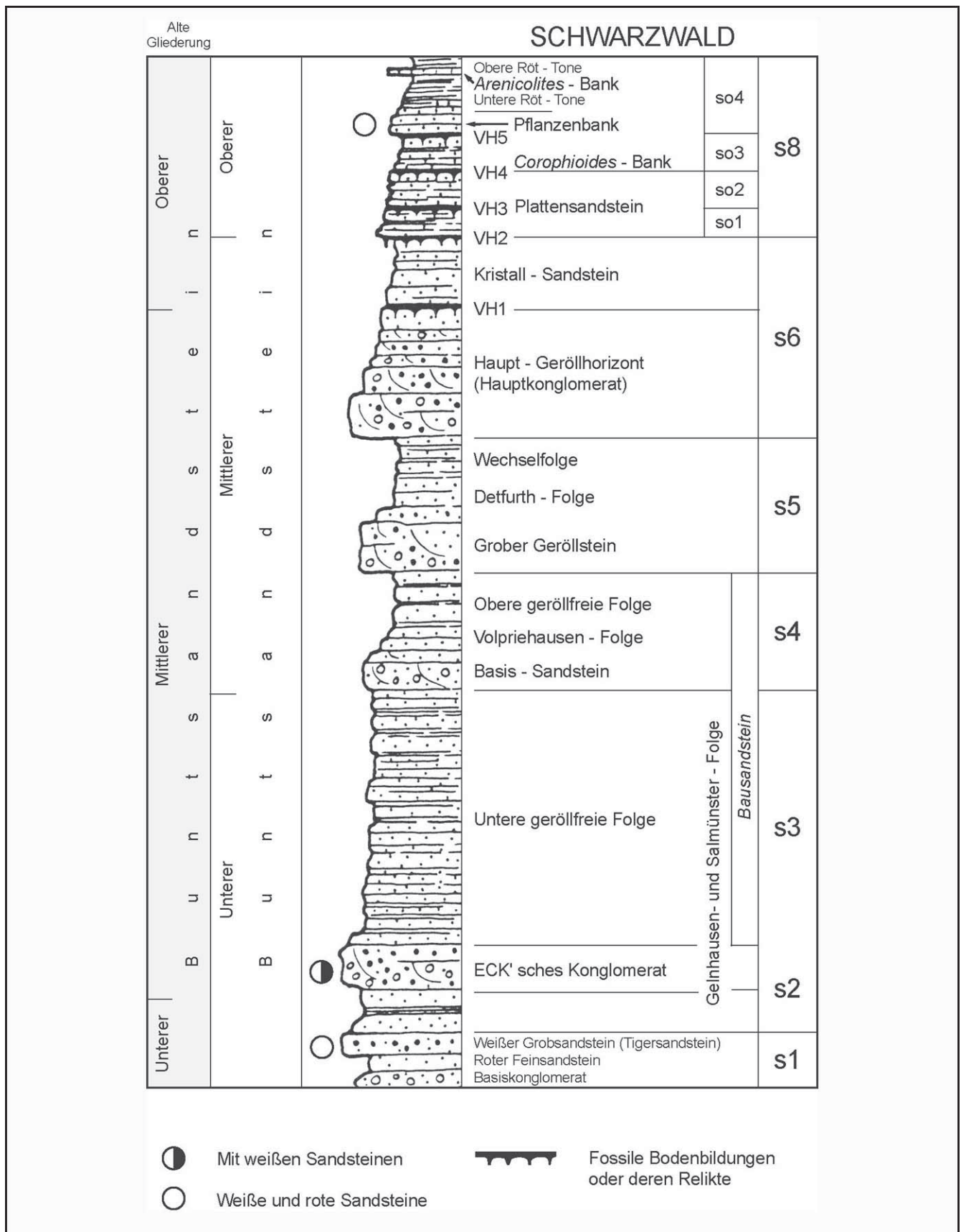


Abb. 5: Stratigraphische Gliederung des Buntsandsteins aus GEYER, O. F. & M. P. GWINNER (1986) nach RICHTER-BERNBURG, G. (1974). Anmerkung: Nach der neuen Stratigraphie beginnt der Untere Buntsandstein mit dem ECK'schen Konglomerat (siehe auch Kp. 4.7.1 – Schichtfolge).

Die markante rotbraune Farbe der Buntsandsteinschichten rührt von dünnen Häutchen aus Eisenoxid bzw. Eisenhydroxiden, welche die Einzelkörner umschließen. Sie ist sehr beständig gegen Verwitterung, da die Sandkörner meist bei der Diagenese (Verfestigung) rekristallisiert sind und dabei die färbenden Pigmente einschließen (GEYER, O. F. & M. P. GWINNER 1986).

Es treten auch tonige bis siltige Schichten auf, die unter flacher Wasserbedeckung entstanden sind. Gegen Ende der Buntsandsteinzeit, im Röt, wurden salinare Gesteine abgeschieden; diese sind auf den zentralen Bereich des germanischen Beckens beschränkt. Funde von Windkantergeröllen, die durch verwehten Sand einen Facettenschliff erhalten haben, belegen den äolischen Transport; jedoch spielten - entgegen früheren Ansichten - äolische Sedimente gegenüber Flussablagerungen nur eine untergeordnete Rolle.

Das Klima der Buntsandsteinzeit schwankte zwischen wechselfeucht und trocken. Perioden mit Überflutungen wechselten mit ausgedehnten Trockenzeiten. Spuren der ariden Verhältnisse sind die in Tonsteinen häufig auftretenden Trockenrisse, die netzartig miteinander verbunden sind. Fossilien dagegen sind aus dieser lebensfeindlichen Zeit nur spärlich überliefert: neben vereinzelt Pflanzenresten (Koniferen, Farne, Schachtelhalme) sind Fährten und Skelettreste von Wirbeltieren, einige Süßwassertiere und Wohnbauten zu finden.

Aufgrund des Mangels an Fossilien wird der Buntsandstein lithologisch gegliedert. Wechselnde Veränderungen der Umweltbedingungen spiegeln sich wieder in Sedimentationszyklen mit periodischen Korngrößenschwankungen. Die moderne Einteilung des Buntsandsteins in 8 Folgen (s1 - s8) wurde in Norddeutschland vorgenommen. Dort, im Zentrum des Sedimentationsbeckens, erreicht der Buntsandstein eine Mächtigkeit von über 1000 m. Die Folgen sind leider nur teilweise bis in den Schwarzwald zu verfolgen. Daher wird in diesem Raum meist die alte Gliederung beibehalten (Abb. 5).

Der Untere Buntsandstein (su) tritt vorwiegend im Nordschwarzwald auf (siehe oben). Er entspricht der Bröckelschieferfolge (s1) der norddeutschen Gliederung und wird hier durch den Tigersandstein vertreten. Charakteristisch sind schwarze Eisen- und Manganflecken, die durch Lösung des karbonatischen Bindemittels (Eisen- und Mangankarbonate etc.) entstanden sind. Die Sandsteine führen z. T. Feldspat und zeichnen sich durch schlechte Kornrundung aus, was auf kurze Transportwege schließen lässt.

Der Mittlere Buntsandstein (sm) bildet die erste Schichtstufe des südwestdeutschen Schichtstufenlandes. Die Schichten sind häufig verkieselt und daher äußerst verwitterungsbeständig. Der sm entspricht den Folgen s2 - s6. Er umfasst folgende Schichtglieder: ECK'sches Konglomerat (smc1), Bausandstein (smb), Hauptkonglomerat (smc2) und Kristallsandstein (smk).

Das ECK'sche Konglomerat ist in der Sandgrube bei St. Georgen (LK Schwarzwald-Baar, lfd. Nr. 7) gut aufgeschlossen. Es handelt sich um wenig verfestigte, intensiv schräggeschichtete, grobe Sandsteine mit Geröllführung. Die Gerölle bestehen meist aus Grundgebirgsmaterial und Quarz. Häufig treten aufgearbeitete Tonsteincherben auf, die an der Wand leicht herauswittern und rechteckige Löcher hinterlassen.

Der Bausandstein ist eine Serie von weitgehend geröllfreien Sandsteinen. Er trennt im Nordschwarzwald die beiden Konglomeratfolgen, keilt jedoch im Mittleren Schwarzwald aus.

Aufgrund des kieseligen Bindemittels ist das Hauptkonglomerat (smc2) besonders verwitterungsbeständig; es tritt oft als Steilstufe im Gelände, sowie als steiler Oberhang von Tälern auf. Typisch sind Blockströme von smc2-Gesteinsblöcken unterhalb des Anstehenden. Das Hauptkonglomerat führt vorwiegend helle Quarzgerölle (sogenannte "Gaggele"), im Unterschied zum ECK'schen Konglomerat jedoch kaum noch Grundgebirgsmaterial.

Der Kristallsandstein (smk) schließt den Mittleren Buntsandstein ab. Aufgrund des kieseligen Bindemittels, das an den Quarzkörnern orientiert

angelagert ist, glitzern diese Sandsteine im auf-fallenden Sonnenlicht.

Die Grenze zum Oberen Buntsandstein wird mit dem Violetten Grenzhorizont (VH2) gezogen. Diese Schicht stellt eine fossile Bodenbildung dar, in der man Dolomitlagen und -knauern findet. Der VH2 ist z. B. an der Schelmenhalde in der Wutachschlucht gut aufgeschlossen.

Der Obere Buntsandstein (so), welcher der Röt-folge (s8) entspricht, umfasst den Plattensandstein und den Röt-Ton. Im Plattensandstein folgen 3 weitere Violette Horizonte (VH3 - VH5). Diese Horizonte folgen nicht immer den lithologischen Grenzen; jedoch haben die fossilen Bodenbildungen einen höheren stratigraphischen Leitwert als die Sedimentkörper, deren räumliche Ausbreitung durch Verschiebung des Faziesraumes stark ungleichzeitig (heterochron) verlaufen kann.

Der Plattensandstein ist im Brackwasser oder flachmarin abgelagert worden. Wegen seines hohen Anteils an eingeregelter Glimmer lässt er sich leicht in dünne Platten spalten. Daher ist er ein geeigneter Werkstein.

Harte, verkieselte Bänke, sogenannte Mühlsteinbänke, die im Mittleren und Oberen Buntsandstein vorkommen, wurden im vergangenen Jahrhundert abgebaut, etwa im Liederbachtal oder im Seltenbachtal bei Waldshut (FALKENSTEIN, F. & U. KÖRNER, 1989).

Der Buntsandstein schließt mit den rotbraun gefärbten Tonsteinen des Röt ab.

Tertiär

Seit dem späten Oberjura ist der Schwarzwald Festland. Im Rahmen der Grabenentwicklung des Oberrheins stiegen Schwarzwald und Vogesen auf. Die Hebung begann in der Oberkreide und setzte sich in mehreren Phasen durch das Tertiär hinweg bis ins Quartär fort. Währenddessen senkten sich die Schollen des Grabeninnern und wurden vom mächtigen Abtragungsschutt des Schwarzwalds, der Vogesen und - seit dem

jüngeren Quartär - auch durch alpines Material bedeckt.

In engem Zusammenhang mit der Grabenbildung steht die vulkanische Aktivität, die sich v. a. im Grabeninneren äußert (Kaiserstuhl-Vulkanismus etc.). Jedoch treten einige vulkanische Vorkommen auch im Grundgebirge östlich Freiburg auf in Form von schmalen Basaltgängen mit Olivin-Nephelinit, die vorwiegend altpaläozänen Alters sind (WIMMENAUER, W. 1981). Tuffschlote in der Nähe des Grabenrandes sind von besonderer Bedeutung, da sie Material des durchschlagenen Deckgebirges enthalten und so Rückschlüsse auf die früher auflagernden Schichtenfolge erlauben.

Mit der Hebung des Schwarzwaldes lief die Abtragung einher: ein Großteil des Deckgebirges wurde bis zum Grundgebirge erodiert. Nur noch ein Band aus Buntsandstein in der Nord- und Ostumrahmung blieb erhalten. Im wechselfeuchten bis tropischen Klima des Tertiärs entstanden die sogenannten Rumpfflächen, die teilweise die jetzige Landoberfläche bilden. Heute sind die Rumpfflächen erosiv und tektonisch stark zerstückelt (SEMMELE, A. 1984).

Quartär

Den letzten "Schliff" bekam der Schwarzwald im Quartär. Im Zuge der Klimaabkühlung im Pleistozän wurde auch der Schwarzwald von den Eiszeiten erfasst. Der Südschwarzwald war mindestens zweimal vergletschert, nämlich in der Riß- und in der Würmeiszeit. Das Zentrum der Plateauvergletscherung war das Feldberggebiet, von dem aus mehrere Gletscher talwärts liefen. Die Ausdehnung des Eises ist an der Lage der Endmoränen abzulesen. Der Maximalstand des Feldberggletschers im Würm lag im Jostal bei Titisee-Neustadt. Die größte Eismächtigkeit lag bei über 340 m (SCHREINER, A. 1981). Die Ausdehnung des Riß-Eises ist vermutlich nur wenig größer als die des Würms.

Weitere Zeugen der Vereisungen, die man im Schwarzwald häufig antrifft, sind Rundhöcker und Gletscherschrammen, z. B. im Zastlerloch, (LK Breisgau-Hochschwarzwald, NSG 10),

gekritzte Geschiebe, Erratiker (erratische Blöcke), Kare, Trogtäler, Zungenbeckenseen (z. B. der Titisee).

Der Nordschwarzwald trägt lediglich Spuren einer Karvergletscherung. Sie hinterließ zahlreiche Kare, die im Idealfall eine steile Rückwand, einen übertieften Boden mit Karsee und Riegel sowie einen Moränengürtel haben. Die Deutlichkeit der Kare hängt v. a. von der Exposition und der Höhenlage ab (FEZER, F. 1957). Schöne Beispiele für Kare sind im Nordschwarzwald das Biberkessel-Kar (LK Ortenau, NSG 73) und im Südschwarzwald das Feldsee-Kar (LK Breisgau-Hochschwarzwald, NSG 12).

Die nicht vereisten Gebiete des Schwarzwalds waren dem Periglazialklima ausgesetzt. Durch Wechsel von Frost und Auftauen entstanden mächtige Hangschuttdecken, Blockströme und

Strukturböden, die weite Flächen des Schwarzwalds einnehmen.

Das Flussnetz erfuhr im Quartär einschneidende Veränderungen: die alten, der Donau zufließenden Ströme wurden durch Flüsse des rheinischen Netzes angezapft, indem letztere sich rückschreitend einschnitten. Ursache ist die tiefer liegende Erosionsbasis des rheinischen Flusssystems. So wurde die Wutach, die früher durch das heutige Aitrachtal der Donau zufloss, bei Achdorf umgelenkt und nach Südwesten dem Rhein zugeführt (Abb. 6). Die rheinischen Flüsse zeichnen sich durch steile Täler aus, die teilweise schluchtartig verlaufen, z. B. das Höllental oder die Wutachschlucht im Südschwarzwald. Durch die starke Tiefenerosion der rheinischen Flüsse, die bis heute aktiv ist, wurde das Relief des Schwarzwalds entscheidend geprägt.

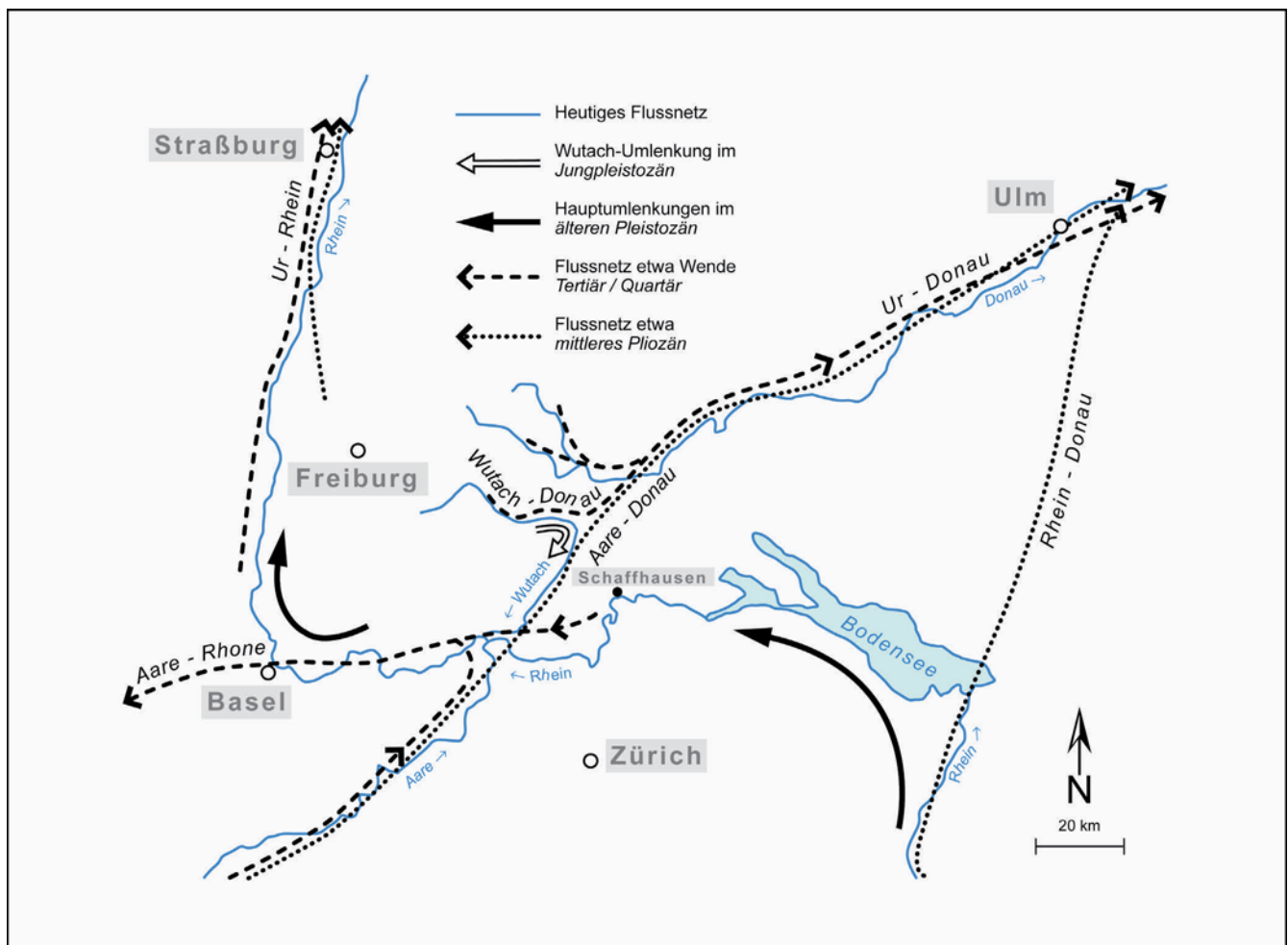


Abb. 6: Entwicklung des Flussnetzes Donau-Rhein; aus GEYER, O. F. & M. P. GWINNER (1986) nach LINIGER, H. (1966).