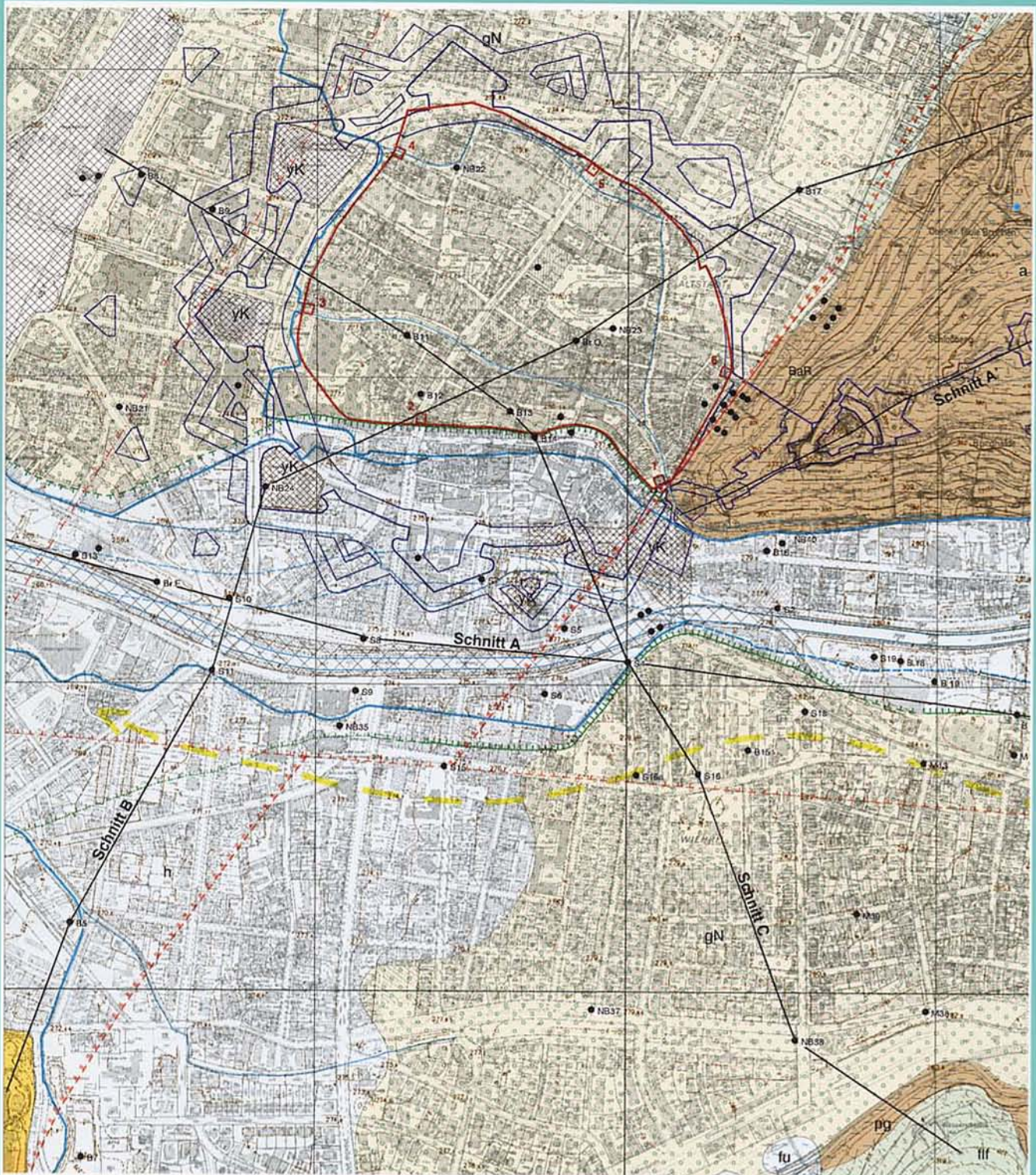


# INFORMATIONEN



# 12

Landesamt für Geologie, Rohstoffe  
und Bergbau Baden-Württemberg



Titelbild: Verkleinertes Detail (Maßstab 1 : 10 000) aus der Geologischen Karte des zentralen Stadtgebiets von Freiburg i. Br. (Ausschnitt aus Beilage 1 dieses Heftes)



# **Freiburg im Breisgau – Geologie und Stadtgeschichte**

ECKHARD VILLINGER

Freiburg i. Br. 1999

ISSN 0940-0834

Herausgeber: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg  
Albertstraße 5, D-79104 Freiburg  
Telefon: (0761) 204-4375, Fax (0761) 204-4438  
E-Mail: [schriftleitung@lgrb.uni-freiburg.de](mailto:schriftleitung@lgrb.uni-freiburg.de)  
Internet: <http://www.lgrb.uni-freiburg.de>

Redaktion: Priv.-Doz. Dr. DIETHARD H. STORCH

Bildnachweis: Photos von E. VILLINGER (Okt./Dez. 1998), soweit nicht anders angegeben

Satz, Gestaltung: HEIKE MERKT

Druck: Poppen & Ortmann KG, Unterwerkstraße 5, D-79115 Freiburg

September 1999

## Vorwort

Freiburg im Breisgau liegt in einer geologisch höchst bemerkenswerten Landschaft – im Spannungsfeld tektonischer Großstrukturen von kontinentaler Bedeutung und lebendiger Erdgeschichte. Darüber hinaus bietet die Stadt eindrucksvolle archäologische und baugeschichtliche Besonderheiten, deren geologische Bezüge bisher nur wenig Beachtung fanden.

Die geologischen Verhältnisse im Freiburger Raum sind das Ergebnis erdgeschichtlicher Vorgänge der vergangenen 500 Millionen Jahre. Prägend, auch für das heutige Landschaftsbild, waren jedoch die letzten 50 Millionen Jahre, während denen der Oberrheingraben eingesunken ist – ein Vorgang, der bis zum heutigen Tage weitergeht und Auswirkungen auf das Stadtgebiet hat. Die östliche Hauptverwerfung dieser Großstruktur, die Schwarzwaldrandverwerfung, zieht mit einer Sprunghöhe von 1000–1500 m mitten durch Freiburg und trennt den Oberrheingraben vom Schwarzwald.

Die Vorgänge im jüngsten Abschnitt der Erdgeschichte, dem bis heute dauernden Quartär, führten zu den geologischen und landschaftlichen Strukturen, die für die Entstehung Freiburgs und seine Weiterentwicklung bestimmend waren. Dank der Gunst der geologischen Situation konnten z. B. in unmittelbarer Nähe der Stadt geeignete Bausteine für den Bau des Münsters und der Stadtbefestigung sowie die Errichtung anderer Bauwerke gewonnen werden. Gutes Trink- und Brauchwasser ließ sich, die gleichmäßige Oberflächenneigung des Mündungsschwemmkegels der Dreisam nutzend, mit freiem Gefälle in die Stadt leiten und dort verteilen. Die finanziellen Mittel für diese Unternehmungen stammten aus den Erlösen des Silberbergbaus im Schwarzwald, der jahrhundertlang Wohlstand in die Stadt brachte.

Solche und andere Zusammenhänge verdeutlichen die engen Beziehungen zwischen der Geologie und der Freiburger Stadtgeschichte. Einige Aspekte hierzu sind Gegenstand des vorliegenden Heftes. Mögen die Ergebnisse dieser Untersuchungen auch zur Klärung strittiger Fragen im gegenwärtigen archäologischen Diskurs über die Stadtgeschichte Freiburgs im Hochmittelalter beitragen.



Prof. Dr. H. Schneider

Präsident des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau  
Baden-Württemberg

## Zum Geleit

Die geologischen Besonderheiten unserer Region am Oberrhein haben maßgeblich den Weg beeinflusst, den die Stadtentwicklung eingeschlagen hat. Das Landschaftsbild zwischen Rhein und Schwarzwald, wie es sich weit vor jedem menschlichen Leben geformt hat, umfaßt u. a. den südlichen Schwarzwald, den Oberrheingraben, den Tuniberg und – als Rudiment einstiger vulkanischer Aktivität – den Kaiserstuhl. Als prägende Merkmale geben sie unserer Region ein einzigartiges Bild und bestimmen das Gesicht der Stadt.

Zu den geologischen Bedingungen gehören auch jene Bodenschätze, die über Jahrhunderte hinweg Grundlage des städtischen Reichtums und einer wirtschaftlich starken Bürgergesellschaft waren. Der Schauinsland trägt noch heute den Namen "Erzklasten"; er erinnert an den Erz- und Silberbergbau im Schwarzwald. MATTHÄUS MERIAN schreibt in seiner "Topographia Alsatie" 1644 über Freiburg:

*"...ist etwan ein herrlich Dorff gewesen / so hiebevorn von viele der Bergleuten / unnd Ertzknappen derselbigen Gegend erbawet worden. Dann ein Meil Wegs von Breysach vor Zeiten ein gut Bergwerck gewesen / dessen Einkommen zu Erbauung dieses Orts / auch desselben Klöster unnd Kirchen / meistentheils geholffen hat. Es wurden die Burger auch also reich / daß sie sich adlen liessen..."*

Bis vor wenigen Jahrzehnten ist Erz im Schauinsland gewonnen worden. Heute erinnert das dank privater Initiative wieder zugängliche Besucherbergwerk an dieses wichtige Kapitel der Stadtgeschichte; das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg hat beim Aufbau und in der fachlichen Beratung wertvolle Beiträge geleistet. Auch am Schönberg im heutigen Stadtteil St. Georgen und in vielen anderen Regionen des südlichen Schwarzwalds war über Jahrhunderte der Bergbau beheimatet und schuf die Grundlage für eine gute wirtschaftliche Entwicklung und ein selbstbewußtes, starkes Bürgertum.

Mit dem Heft "Freiburg im Breisgau – Geologie und Stadtgeschichte" legt das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau nun eine Publikation vor, die einen tiefen Blick in die geologischen Verhältnisse und erdgeschichtlichen Vorgänge erlaubt, die wiederum Grundlage unserer heutigen Landschaft sind. Damit dokumentiert das Landesamt ein Stück Stadtgeschichte, die im wahren Wortsinn "fundamental" zu nennen ist.

Ich danke dem Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau für die Herausgabe dieser Schrift und wünsche ihr eine gebührende Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit.

Freiburg, im August 1999

Dr. Rolf Böhme

Oberbürgermeister

## Inhalt

		Seite
1	Einleitung .....	6
2	Abriß der erdgeschichtlichen Entwicklung .....	8
2.1	Vorbemerkungen .....	8
2.2	Präkambrium und Paläozoikum .....	8
2.3	Mesozoikum .....	9
2.4	Känozoikum .....	11
2.4.1	Entwicklung des Oberrheingrabens .....	11
2.4.2	Tertiär .....	13
2.4.3	Quartär .....	14
3	Tektonischer Bau .....	21
3.1	Bruchstrukturen .....	21
3.2	Erdbeben .....	25
4	Mündungsschwemmkegel der Dreisam .....	31
4.1	Entstehung und Aufbau .....	31
4.2	Erosionsränder der Niederterrasse .....	34
5	Grundwasserverhältnisse .....	38
5.1	Vorbemerkungen .....	38
5.2	Grundwasser in den Schottern der Dreisam .....	38
5.3	Grundwasser im Kristallinen Grundgebirge .....	40
6	Zur Entstehung von Freiburg aus geologischer Sicht .....	42
6.1	Natürliche Voraussetzungen .....	42
6.2	Flußübergang und Dreisambett .....	44
6.3	Quellfassungen und Brunnen .....	47
6.4	Bächlesystem und Straßenaufschüttung .....	48
6.5	Baumaterial der Stadtmauer .....	54
	Zusammenfassung .....	55
	Literatur .....	56



# 1 Einleitung

„So berühmt wie die Stadt ist der Ausblick von ihrem Schloßberg: Dunkel und steil wächst hinter uns der Schwarzwald. Aber mitten in die Flut der Berge und Wälder bricht hell das Tor und Tal der Dreisam hinein und führt die Heiterkeit der Niederung in den schönsten Ernst des Gebirges. Draußen aber, welch festlicher Tanz! Da flutet ein Meer aus Feldern und Wiesen, die Ebene.“

So faßte der bekannte Geologe HANS CLOOS in seinem Buch „Gespräch mit der Erde“ überwältigt seine Eindrücke von der Freiburger Umgebung in Worte (CLOOS 1947: 260). In der Tat zählt das Gebiet um Freiburg im Breisgau aus der Sicht des Geologen zu den interessantesten und vielfältigsten Gebieten Deutschlands. Die geradezu spektakulären geologischen Verhältnisse sind nicht nur Ursache für den außergewöhnlichen landschaftlichen Reiz dieses Raums. Sie bedingen auch die besonderen Siedlungsgrundlagen, die der (?mittel-)paläolithische Mensch bei seinem Erscheinen im Breisgau angetroffen hat und die schließlich für die Entstehung und Entwicklung Freiburgs von Bedeutung waren und sind.

Nähert sich der aufmerksame Beobachter aus westlicher Richtung, d. h. von der Rheinebene bzw. der Freiburger Bucht her der Stadt, dann wird ihm auffallen, daß der als dunkelgrünes Gebirge im Osten majestätisch aufsteigende Schwarzwald mit den manchmal bis in den Frühsommer schneebedeckten Gipfeln des Feldbergmassivs gegen das Tiefland wie mit dem Messer abgeschnitten erscheint. Verursacht wird dies durch den bis heute aktiven Ostrand des Oberrheingrabens, einer tektonischen Großstruktur von kontinentaler Bedeutung (zum Begriff Tektonik s. Kap. 3.1). Der Oberrheingraben ist der zentrale Teil eines quer durch Europa, vom Mittelmeer über das Rhône-tal bis in die Nordsee und nach Skandinavien, verlaufenden sogenannten Riftsystems, d. h. eines Systems weitreichender, großer Grabenbrüche in der Erdkruste, an denen sich Krustenbereiche bis zum heutigen Tage verschieben und mit denen zeitweise auch vulkanische Aktivitäten verbunden waren.

Der Ostrand dieses Systems, die sogenannte Hauptverwerfung (oder Schwarzwaldrandverwerfung) mit einer Sprunghöhe<sup>1</sup> von etwa 1000–1500 m, verläuft entlang dem Schwarzwaldrand und mitten durch Freiburg (Abb. 1). Sie ist verantwortlich für den auffälligen landschaftlichen und geologischen Gegensatz zwischen der Rheinebene mit ihren Schotterfluren und dem Schwarzwald mit seinem „Gneise...“

welcher sich hier – abstrahieren wir von den Alpen – zu wahrhaft imposanten Gebirgsmassen erhebt, wie diese nur vereinzelt wieder in Deutschland auftreten“ (SCHILL 1862: 1). Dieser Gegensatz wird in Teilen des Gebiets gemildert durch die dem Schwarzwald randlich vorgelagerten Höhen der Vorbergzone. Ähnlich verhält es sich am Westrand des Oberrheingrabens, wo die Vogesen als „Zwillingsbruder“ des Schwarzwalds jenseits der westlichen Hauptverwerfung das Randgebirge bilden. Dazwischen, mitten im Oberrheingraben gelegen und mit diesem ursächlich verknüpft, bietet das Vulkanmassiv des Kaiserstuhls weitere geologische und landschaftliche Höhepunkte. Auf die Detailgliederung dieser Großeinheiten wird im Kap. 3.1 eingegangen.

Südlich von Freiburg, bei Müllheim, treffen die Strukturen einer weiteren geologischen und tektonischen Besonderheit, der sogenannten Badenweiler–Lenzkirch-Zone (BLZ), auf den Oberrheingraben (vgl. Abb. 10). Sie teilt als etwa West–Ost verlaufende schmale Verwerfungs- und Faltenzone mit kompliziertem Bau den Südschwarzwald und setzt sich jenseits des Oberrheingrabens nach Südwesten wahrscheinlich bis in die französischen Cevennen fort. Die BLZ wird heute als Überbleibsel der Kollision zweier Krustenplatten im Erdaltertum (= Paläozoikum, s. Abb. 2) gedeutet, die im Zuge der variszischen Gebirgsbildung im Unterkarbon gewissermaßen als Vorläufer von Afrika und Europa hier miteinander „verschweißt“ worden sind. Ein dazwischen liegendes Ozeanbecken wurde dabei subduziert, d. h. von den beiderseitigen Krustenplatten überschoben und „verschluckt“ (LOESCHKE et al. 1998).

Die faszinierenden und mannigfaltigen Untergrundverhältnisse im Freiburger Raum haben die Geologen seit über 160 Jahren beschäftigt, denn hier bietet nicht nur der geologische Bau Besonderes, sondern es treten auch Gesteine aus fast allen Perioden der Erdgeschichte auf. Nach frühen „geognostischen“ Übersichtsbeschreibungen in den 1830er Jahren (MERIAN 1831, FROMHERZ 1837) wurde die erste, noch sehr einfache geologische Karte der Freiburger Umgebung (Maßstab 1 : 50 000) von JULIUS SCHILL im Jahre 1862 veröffentlicht. Wesentliche Fortschritte brachte dann 1890 der Geologische Führer der Freiburger Professoren STEINMANN und GRAEFF, der tektonische Darstellungen und eine erste geologische Übersichtskarte des Kaiserstuhls im Maßstab 1: 300 000 enthält. Bis zur modernen geologischen Karte von Freiburg und Umgebung, die –

<sup>1</sup> Sprunghöhe – vertikaler Versetzungsbetrag zwischen den beiderseits der Verwerfung angrenzenden Schichten bzw. Gesteinen



Abb. 1: Blick von der Eichhalde oberhalb von Herdern nach Süden

Die Hauptverwerfung durchzieht das Stadtgebiet entlang dem Fuß des Schloßbergs (links), zerschneidet den Lorettoberg (im Mittelgrund, links des Münsters) und trennt den Schönberg (im Hintergrund, hinter dem Münster) vom Schwarzwald. In der Ferne ist der Blauen zu erkennen.

ebenfalls im Maßstab 1:50 000 – erstmals 1977 erschienen ist (SCHREINER 1977; 3. Aufl. 1996) und dem zugehörigen, ausführlichen Erläuterungsband (GROSCHOPF et al. 1977; 3. Aufl. 1996) war es aber noch ein weiter Weg. Die Darlegungen des vorliegenden Beitrags stützen sich größtenteils auf dieses Werk, sind jedoch durch neuere, im Text jeweils genannte Forschungsergebnisse modifiziert oder ergänzt.

Die geologischen Verhältnisse des Freiburger Raums behandelten in neuerer Zeit auch die ausführlichen Übersichtsdarstellungen von SAUER (1965) und z. T. von SCHREINER (1991). Folgende detaillierte geologi-

sche Karten dieses Raums sind im Rahmen des Kartenwerks "Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000" in den letzten Jahren erschienen:

- 7912 Freiburg i. Br.-NW (FLECK & HERRGESELL 1997)
  - 7913 Freiburg i. Br.-NO (GROSCHOPF & SCHREINER 1994, 1996)
  - 8012 Freiburg i. Br.-SW (HERRGESELL & FLECK 1996)
  - 8013 Freiburg i. Br. [-SO] (WIMMENAUER & HÜTTNER 1968 sowie HÜTTNER & WIMMENAUER 1967)
- Geologische Exkursionskarte des Kaiserstuhls (WIMMENAUER 1956 sowie HASEMANN et al. 1959).

## 2 Abriß der erdgeschichtlichen Entwicklung

### 2.1 Vorbemerkungen

Das nachstehende Kapitel gibt einen knappen Überblick über die geologischen Entwicklungen und Ereignisse der Erdgeschichte in ihrer zeitlichen Reihenfolge, soweit sie für den Freiburger Raum von Bedeutung sind. Die im Verlauf dieses langen Zeitraums aus Sedimenten oder bei magmatischen Vorgängen entstandenen Schichten und Gesteinskomplexe werden in der Aufeinanderfolge ihrer Bildung, d. h. vom Älteren zum Jüngeren beschrieben. Dies entspricht in der Regel auch ihrer Abfolge in der Natur von unten nach oben. Die erdgeschichtliche Gliederung mit den wichtigsten geologischen Ereignissen in Südwestdeutschland zeigt Abb. 2.

Die Bezeichnung der Schicht- und Gesteinseinheiten folgt der aktuellen, beim Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg verbindlichen Nomenklatur (Symbolschlüssel 1995, 1999). Sie weicht teilweise von der in früheren Publikationen verwendeten ab. Soweit notwendig, sind ältere Bezeichnungen in Klammern genannt. Für die Einzelbeschreibung der verschiedenen Gesteinsarten sei auf GROSCHOPF et al. (1996) sowie die Erläuterungen zu den oben genannten geologischen Karten 1 : 25 000 verwiesen.

### 2.2 Präkambrium und Paläozoikum

Im ältesten Abschnitt der Erdgeschichte, dem Präkambrium (Erdur- und -frühzeit), das vor 545 Millionen Jahren zu Ende ging, liegen die geologischen Verhältnisse in Südwestdeutschland noch weitgehend im Dunkeln. Möglicherweise sind gegen Ende des Präkambriums die Sedimente abgelagert worden, aus denen später durch Metamorphose<sup>2</sup> ein Teil der Gneise des Schwarzwalds und der Vogesen entstanden ist.

Gesteine des Paläozoikums (Erdaltertums) sind dagegen im Schwarzwald wie in den Vogesen weit verbreitet, vgl. Geologische Übersichtskarte von Baden-Württemberg 1:500 000 (BRUNNER et al. 1998) oder Geologische Schulkarte von Baden-Württemberg

1 : 1 000 000 (GROSCHOPF 1998). Dabei ist zwischen zwei großen Gesteinsgruppen zu unterscheiden: Die Gesteine des Kristallinen Grundgebirges (sogenannte Kristallingesteine, landläufig auch als „Urgestein“ bezeichnet) haben sich aus verschiedenartigen älteren Gesteinen durch Metamorphose oder aus aufgestiegenem Magma gebildet. Sie stellen den Kern beider Gebirge dar, der durch Jahrtausende andauernde Abtragung weithin freigelegt wurde. Dieser enthält auch zahlreiche, häufig im Oberkarbon entstandene Mineralgänge (mit Quarz, Schwespat, Flußspat usw.) und Erzgänge, vor allem die bis in die Neuzeit wirtschaftlich wichtigen Blei-Zink-Erzgänge mit ihrem Silbergehalt. Den bei ihrem Abbau (z. B. im Schauinsland bis 1954) erzielten hohen Erlösen verdankt Freiburg seinen Aufstieg und Reichtum im Mittelalter (STEUER & ZETTLER 1996 und andere Autoren). Auch im Sternwald wurde mindestens seit dem 12. Jahrhundert Bergbau betrieben. Davon zeugen nicht nur die Bergbauspuren bei dem in Beil. 1 eingezeichneten Erzgang, sondern auch neuerdings entdeckte Pingen weiter östlich. Der Fund römischer Scherben wirft die Frage auf, ob sogar schon die Römer hier Erz gewonnen haben (PAUSE 1996). Römischer Silberbergbau wird schon länger u. a. im Suggental bei Waldkirch und im Münstertal vermutet, bei Sulzburg ist er nachgewiesen (KIRCHHEIMER 1976, vgl. auch GROSCHOPF & SCHREINER 1996: 89).

Einer Anreicherung des Eisensulfiderzes Magnetkies (bis 3 Vol.-%) in Paragneisen und Metatexiten des tieferen Untergrunds zwischen Stegen und Burg verdankt die in Fachkreisen berühmte magnetische Anomalie Kirchzarten ihre Existenz. Diese ungewöhnliche und starke Störzone im irdischen Magnetfeld erstreckt sich im Bonndorfer Graben (s. Kap. 3.1) und hängt möglicherweise mit einem im Tertiär aufgestiegenen, jedoch im Untergrund steckengebliebenen Magmakörper zusammen. Zur Untersuchung der Anomalie wurde 1981 eine 999 m tiefe Forschungsbohrung abgeteuft (HAHN et al. 1985).

Über dem Kristallinen Grundgebirge liegen paläozoische Sedimentgesteine, die aus festländischen oder marinen Ablagerungen hervorgegangen und nur in relativ kleinen Bereichen überliefert sind. Gesteine des Paläozoikums (Schiefer, Grauwacken, Vulkanite usw. aus dem Silur bis Karbon) treten z. B. in der weiteren Umgebung von Freiburg auf, so vor al-

<sup>2</sup> Metamorphose – Gesteinsumwandlung durch Versenken von Gesteinen in die Erdkruste, teilweise verbunden mit Durchbewegung unter hohen Temperaturen (bis über 700–800 °C) und hohen Drücken (um 60 000 t/m<sup>2</sup> oder mehr). Kristallingesteine ist ein Sammelbegriff für Gneise und vergneiste Gesteine (in der Freiburger Umgebung vor allem Paragneise, Flasergneise und Amphibolite), Migmatite (hier Metatexite und Diatexite), Granite, Porphyre, metamorphe Schiefer, magmatische Ganggesteine usw. Hinsichtlich näherer Beschreibung dieser Gesteine sei auf die Erläuterungen zu den oben genannten geologischen Karten verwiesen (HÜTTNER & WIMMENAUER 1967, GROSCHOPF et al. 1996, GROSCHOPF & SCHREINER 1996).

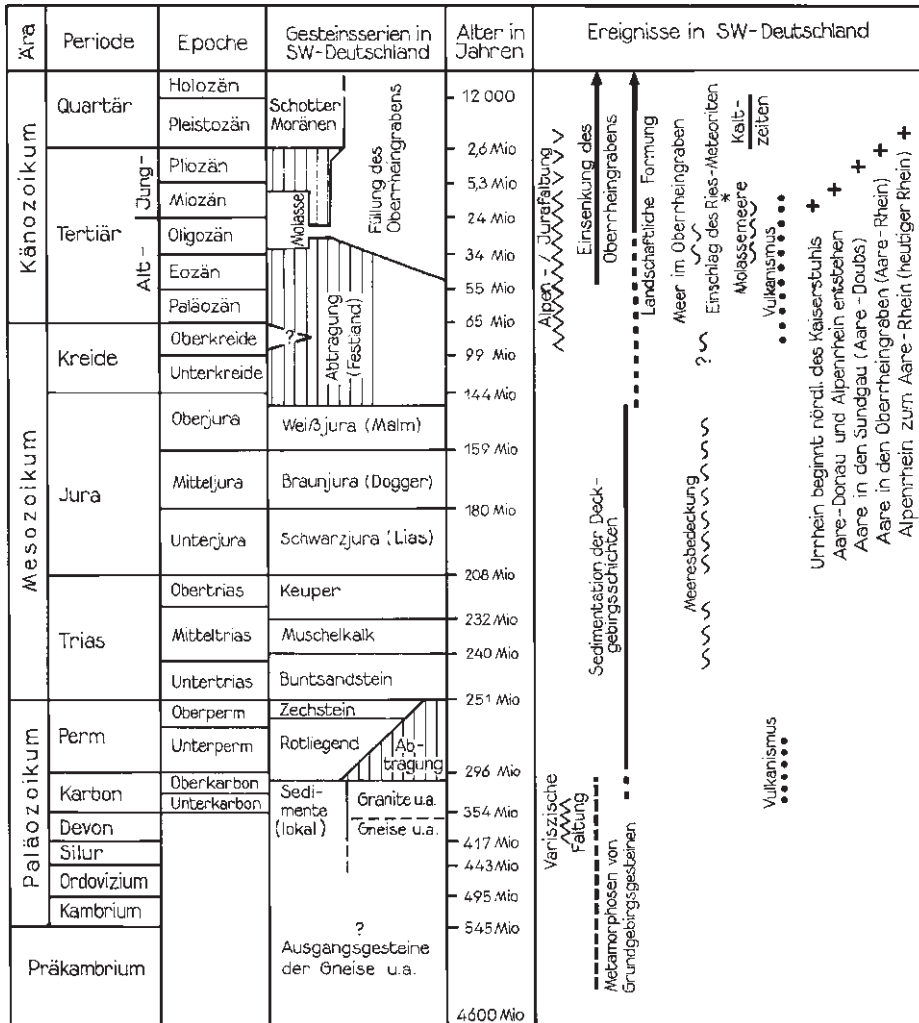


Abb. 2: Zeittafel der Erdgeschichte und der großen geologischen Ereignisse in Südwestdeutschland

Nach GROSCHOPF & VILLINGER (1998: Abb. 2, ergänzt). Altersdaten im wesentlichen nach GRADSTEIN & OGG (1996) und MENNING (1995). Untergliederung des Pleistozäns s. Tab. 1.

lem in der Badenweiler-Lenzkirch-Zone (vgl. Abb. 10), wo sie Mächtigkeiten von mehreren tausend Metern aufweisen. Dort wurden sie durch tektonische Vorgänge bei der im Kap. 1 erwähnten Plattenkollision zusammengeschieben und stark verfaultet (variszische Gebirgsbildung). Aus dem jüngeren Paläozoikum sind vor allem Sedimente des Rotliegenden (Sandsteine, Arkosen, Konglomerate) erhalten. Diese Gesteine treten mit Mächtigkeiten zwischen 10 m und über 100 m am Mauracher Berg bei Denzlingen, stellenweise in Herdern, im tieferen Untergrund von Zähringen (113 m mächtig in der dortigen Thermalwasserbohrung, vgl. Abb. 12: Schnitt 2) und im Lorettberg (Abb. 13) sowie bei St. Peter auf. Während der Zeit ihrer Ablagerung herrschte auch lebhafter Vulkanismus. Auf ihn gehen z. B. die bis 250 m mächtigen vulkanischen Gesteine des Münstertäler Deckenporphyrs und ein kleines Vorkommen von Porphyrit an der Ohmenkirche bei St. Märgen zurück. Zechstein-Sedimente sind dagegen in Gestalt der Tigersandstein-Forma-

tion im Freiburger Raum lediglich am Hornwald bei Sexau erhalten geblieben (nur 10 m mächtig).

### 2.3 Mesozoikum

Am Ende des Paläozoikums war die zuvor in Rücken und Senken gegliederte Landoberfläche weitgehend eingeebnet, und von den heutigen Mittelgebirgen Schwarzwald und Vogesen war noch nichts zu sehen. Während der nachfolgenden Ära des Mesozoikums (Erdmittelalter) wurden in Südwestdeutschland mächtige, teils festländische, teils marine Sedimente der Trias und des Juras abgelagert, „neptunische Formationen“, wie man früher sagte (FROMHERZ 1837: 1, 1838: 101). Sie stehen im Freiburger Raum, in der Vorbergzone zwischen Emmendingen und Staufen, heute noch zutage an, wenn auch nur in kleinen Vorkommen und z. T. unvollständig. Innerhalb des Oberrheingrabens sind sie vor allem im Unter-

grund erhalten, aber auch in einigen Bruchschollen an der Oberfläche (Nimberg, Marchhügel, Lehener Berge, Hunnenbuck, Tuniberg, Biengener und Schlatter Berg; Abb. 12: Schnitte 1–4).

Zunächst bildeten sich die im Stadtgebiet nur 100 bis 150 m, in der Emmendinger Vorbergzone um 200 m mächtigen, vorherrschend rötlichen Schichten des Buntsandsteins, hauptsächlich als Ablagerungen von Gewässern bei z. T. wüstenhaftem Klima. Die daraus entstandenen Sandsteine waren früher begehrte Werk- und Bausteine, mit denen u. a. auch das Freiburger Münster erbaut wurde. Das Material wurde vor allem in Steinbrüchen am Loretto- bzw. Schlierberg (Abb. 3 u. Taf. 1, Fig. 1) und im Raum Freiamt–Emmendingen gewonnen (zur Herkunft und Beschaffenheit der Bausteine des Freiburger Münsters s. SAUER 1983).



Abb. 3: Mittelalterlicher Steinbruch am Schlierberg mit Westportal des Loretotunnels (Höllentalbahn)

Der tiefe Einschnitt des ehemaligen Steinbruchs wurde beim Bau der Höllentalbahn 1928 für den Durchstich des Lorettobergs genutzt. Im Portalbereich stehen die Bänke des Kristallsandsteins (Mittlerer Buntsandstein), weiter oben die der Plattensandsteinschichten an (Oberer Buntsandstein, vgl. Schnitt in Abb. 13).

Gegen Ende der Untertrias überflutete das Meer, von Norden her vordringend, auch Südwestdeutschland. Es hinterließ die im Freiburger Raum etwa 120 bis 180 m mächtigen Schichten des Muschelkalks aus überwiegend grauen Ton-, Mergel-, Dolomit- und Kalksteinen, im Mittleren Muschelkalk auch mit Gips- bzw. Anhydritsteinen. Die verkarsteten Kalk- und Dolomitsteine des rd. 55 m mächtigen Oberen Muschelkalks bilden im Freiburger Raum einen wichtigen Grundwasserleiter, wenn sie in geringer Tiefe im Untergrund liegen. So liefern sie im Gebiet zwischen Nimburg, Emmendingen und Denzlingen große Mengen an Trinkwasser (HGK Freiburger Bucht 1979, WENDT in GROSCHOPF et al. 1996: 262 f.). Bei größerer Tiefenlage enthält der Obere Muschelkalk Thermalwasser, das mit den Tiefbohrungen Zähringen (1964), Freiburg II (1976) sowie III (1996) bei St. Georgen für das Thermalbad erschlossen wurde (Abb. 12: Schnitte 2 u. 4). Näheres dazu beschrieb SAUER (1979). Auch das Bad Krozinger Thermalbad wird aus dem Oberen Muschelkalk gespeist.

Den Abschluß der Triasschichten bildet der 155 bis 175 m mächtige Keuper mit seinen überwiegend festländischen bunten Ton-, Mergel-, Dolomit- und Sandsteinen sowie im tieferen Abschnitt Gips- bzw. Anhydritbänken (Gipskeuper). Während sich das Meer gegen Ende der Mitteltrias, als die Ablagerung des Keupers begann, wieder zögernd nach Norden zurückgezogen hatte, kehrte es am Ende der Obertrias nach Südwestdeutschland zurück und bestimmte fortan während der gesamten Jurazeit das Geschehen, vgl. Abb. 2.

Der etwa 80 m mächtige Unterjura (oder Schwarzjura, Lias) besteht vorwiegend aus dunklen Tonmergelsteinen mit einzelnen helleren Kalksteinbänken (Vorkommen über Tage z. B. am Lehener Berge und Schönberg). Darüber folgt der etwa 280 m mächtige Mitteljura (Braunjura, Dogger), der im untersten und obersten Abschnitt wiederum hauptsächlich aus dunklen Tonmergelsteinen aufgebaut ist (Vorkommen über Tage vor allem am Schönberg und bei Zähringen). Der mittlere Abschnitt des Mitteljuras enthält dunkelrote Eisenoolithbänke, die 1937–1943 im Schönberg zur Eisenerzgewinnung bergmännisch abgebaut wurden, vor allem aber die 55–70 m mächtigen, hellgrauen Kalksteine des Hauptrogensteins und Ferrugineusooliths. Sie bilden in der Landschaft markante Steilstufen mit Felsen, z. B. am Schönberg und am Westrand des Tunibergs. Im Untergrund gelegen führen diese teils verkarsteten Schichten wiederum Thermalwasser, das z. B. in der Bohrung Freiburg I (1974) bei St. Georgen erschlossen wurde. Die Schichten des Oberjuras (Weißjura, Malm),

im wesentlichen dunkle Ton- und Tonmergelsteine sowie darüber die hellgraue Korallenkalk-Formation von zusammen um 120 m Mächtigkeit, kommen – von unbedeutenden Resten als Sinkschollen in Vulkanschloten am Schönberg abgesehen – nur noch im Untergrund des Oberrheingrabens vor. Einst überdeckten sie, zusammen mit den anderen Trias- und Juraschichten, auch den Bereich, den heute die Mittelgebirge Schwarzwald und Vogesen einnehmen.

Gegen Ende der Jurazeit zog sich das Meer infolge von Hebungs Vorgängen in der Erdkruste aus Südwestdeutschland zurück, weshalb die jüngsten Juraschichten fehlen (außer im Untergrund des Allgäus). Auch der Freiburger Raum wurde damit Festland und zu einem über das Meer (das im Gebiet der heutigen Alpen stand) herausgehobenen Abtragungsbereich, in dem sich nach und nach eine relativ wenig akzentuierte Schichtstufenlandschaft herausbildete. Dies blieb so bis über das Ende der Kreidezeit hinaus, wobei allerdings in der Oberkreide das Meer von Süden her möglicherweise nochmals bis ins heutige Oberrheingebiet vorstieß. Ablagerungen aus der Kreidezeit sind jedoch bisher nicht bekannt. Dagegen stiegen im Bereich der späteren Ränder des Oberrheingrabens während der Oberkreide örtlich Basaltmagmen in Gängen auf. Solche treten auch im Freiburger Raum auf (Olivinnephelinite), meist im Bereich des Kristallinen Grundgebirges (z. B. Sternwald, Schloßberg, Hirzberg, Uhlberg, Attental; Abb. 10 u. Beil. 1).

## 2.4 Känozoikum

### 2.4.1 Entwicklung des Oberrheingrabens

Mit dem vor 65 Millionen Jahren begonnenen und bis heute dauernden Känozoikum (Erdneuzeit) kam die Zeit, in der nach und nach die Strukturen der heutigen Landschaft entstanden. Im Zusammenhang mit den tektonischen Vorgängen bei der Entstehung der Alpen<sup>3</sup> wurde die Erdkruste im Bereich des heutigen Oberrheingrabens und des Rheinischen Schiefergebirges allmählich schildförmig gehoben und gleichzeitig gedehnt (sogenannter Rheinischer

Schild). Dabei bildeten sich im Scheitelbereich dieser weitgespannten Struktur im Oberrheingebiet in NNE–SSW-Richtung verlaufende Bruchstrukturen, für die ältere Anlagen vermutet werden (HÜTTNER 1991: 24 f.). Der Bereich zwischen den Brüchen fing an einzusinken, womit der Oberrheingraben erstmals in Erscheinung trat. Dies war im Alttertiär, genauer im mittleren Eozän, vor knapp 50 Millionen Jahren. Seither gingen Absenkung und Verbreiterung des Grabens, von einer zeitweiligen Hebungsphase im Miozän und damit verbundener vulkanischer Aktivität abgesehen (Kaiserstuhl, s. unten), unter fortschreitender tektonischer Zerstückelung durch immer zahlreichere Verwerfungen bis zum heutigen Tage weiter.

Beide Bewegungen des Grabens, die vertikale und die horizontale, haben inzwischen jeweils Beträge um 5000 m erreicht, woraus man – bezogen auf die Gesamtdauer der Bewegungen – Durchschnittsraten von jeweils etwa 0,1 mm pro Jahr errechnen kann. Zeitweilig waren diese sicher auch höher (Kap. 3.1). Parallel zu diesen Vorgängen wurden (und werden heute noch) die beiderseitigen Grabenschultern immer weiter angehoben, wodurch im Zusammenwirken mit den Prozessen der Abtragung die heutigen Mittelgebirge Schwarzwald und Vogesen entstanden sind. Auf deren kristallinem Kern liegen nur noch Reste der einstigen, bis 1500 m mächtigen Decke aus Schichtgesteinen des Paläo- und vorwiegend Mesozoikums. Durch die Erosionsvorgänge wurde sie vor allem im Tertiär und Quartär abgetragen und das Gesteinsmaterial von Flüssen größtenteils in den Oberrheingraben verfrachtet und dort wieder abgesetzt (Sedimentmächtigkeiten 1800–3000 m). Im Graben überlagern diese Sedimente die mit in die Tiefe gesunkene und dort erhaltene prätertiäre Landoberfläche, die in den beiderseitigen Hochgebieten längst abgetragen ist. Von SITTLER (1969: Abb. 3), PFLUG (1982: Abb. 23, wiedergegeben auch in GEYER & GWINNER 1991: Abb. 101) und HÜTTNER (1991: Abb. 8) veröffentlichte, sogenannte abgedeckte geologische Karten der Tertiärbasis im Graben zeigen die Verbreitung der an der ehemaligen Landoberfläche anstehenden Schichten. Ein anschauliches Bild der Entwicklung des Oberrheingrabens im Freiburger Raum vermittelt Abb. 4.

<sup>3</sup> Diese Vorgänge waren ihrerseits Folgen der schrittweisen Öffnung des Atlantiks beim Zerbrechen des alten Riesenkontinents Pangäa ab dem Mitteljura (vor 170 Mio. Jahren): Die dabei neu entstandenen Eurasische und (Afrikanisch-)Adriatische Kontinentalplatten driften seit der Oberkreide bis heute aufeinander zu und kollidieren, wobei die sich dazwischen erstreckenden Ozeanbecken und ihre Sedimentfüllungen zusammengeschoben und z. T. verschluckt (subduziert) wurden. Ein Ergebnis dieser Vorgänge sind die aufeinander getürmten Deckenstapel des Alpengebirges, die geotektonisch teilweise quasi zu Afrika gehören (z. B. das Matterhorn und die Ostalpin-Decken), weil sich die (Afrikanisch-)Adriatische Platte auf die Eurasische Platte schiebt. Näheres hierzu beschreiben z. B. FRISCH & LOESCHKE (1990: Kap. 10.3), LABHART (1998) und SCHÖNENBERG & NEUGEBAUER (1997: Kap. 5).

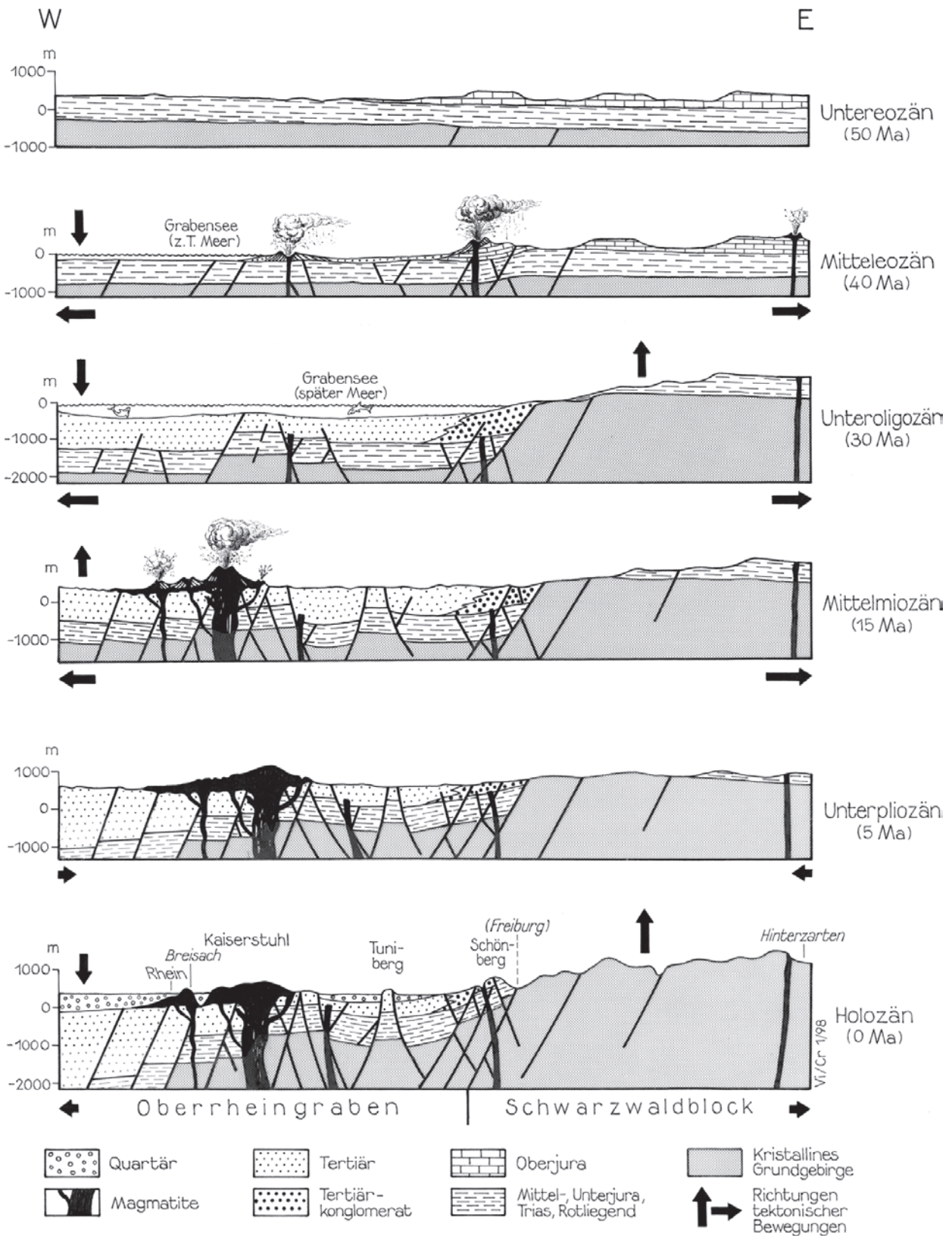


Abb. 4: Tektonische und morphologische Entwicklung des Oberrheingrabens im Freiburger Raum  
 Schematische Darstellung für sechs Zeitpunkte (nach SCHREINER in GROSCHOPF et al. 1996: Abb. 26, verändert); 1 Ma = 1 Million Jahre

## 2.4.2 Tertiär

Die Ablagerungen des Tertiärs sind in ihrer Ausbildung und Mächtigkeit durch diese tektonische Entwicklung bestimmt. Während man aus dem Paläozän keine Sedimente – allenfalls Verwitterungsbildungen – kennt (dagegen im Südschwarzwald einzelne Tuffschlote aus dieser Zeit), sind die nachfolgenden Epochen, beginnend mit dem mittleren Eozän, durch teils mächtige Ablagerungen belegt. Die Schichtenfolge besteht vorherrschend aus grauen bis grünlichen, z. T. bunten Ton- und Mergelsteinen und enthält im Grabeninneren (westlich der Inneren Grabenrandverwerfung, Abb. 7) Anhydrit-, Gips-, Stein- und Kalisalzlager<sup>4</sup> sowie Erdöl- und Erdgasvorkommen (PLEIN 1993), dagegen Kalk- und Sandsteineinschaltungen sowie Konglomerate in den Randbereichen. Die Mächtigkeit dieser Schichten erreicht im südwestlichen Freiburger Raum (Grißheim–Hartheim) bis über 2000 m, nimmt aber gegen den Ostrand des Grabens auf wenige 100 m ab. Abgelagert wurden sie vorherrschend in großen, meist den gesamten, 300 km langen Graben erfüllenden Seen, in die das Abtragungsmaterial von den umgebenden Hochgebieten durch Flüsse hineintransportiert wurde. In deren Mündungsbereich entstanden im Obereozän und Unteroligozän große Schwemmkegel mit bis etwa 200 m mächtigen Konglomeraten, aus denen z. B. Gipfelregion und Westabhang von Schönberg und Hohfirst aufgebaut sind. Man kann sie dort als Hinterlassenschaften von Vorläufern der Dreisam bzw. Elz ansehen.

Bereits im Obereozän hatte der Grabensee zeitweise Verbindung zum Meer im Süden; der Freiburger Raum gehörte damals zu einer langgestreckten Meeresbucht, die fast bis Frankfurt reichte. Etwas später war es umgekehrt: Der Graben hatte erstmals Verbindung zum Nordmeer (GRAMANN & KOCKEL 1988: 432–436, Kt. 3 und 4). Im Mittel- und Oberoligozän wurde der Oberrheingraben vom Meer vorübergehend durchgängig geflutet, so daß einige Millionen Jahre lang eine 35–45 km breite Meeresstraße vom Molassemeer im Alpenvorland zum Nordmeer bestand. Sie war zu beiden Seiten von hohen Bergen gesäumt. Freiburg wäre damals, hätte es die Stadt schon gegeben, an der Meeresküste gelegen, eine ungemein reizvolle Vorstellung. Später, gegen Ende des Oligozäns, herrschte im Graben wieder zunehmend Brack- und Süßwassereinfluß vor, ehe das Land als Folge von Hebungen weitgehend trockenfiel. Dies geschah im südlichen

Graben, also auch im Freiburger Raum, bereits während des frühen, im nördlichen Graben während des späteren Untermiozäns, was am Fehlen von Sedimenten aus dieser Zeit ablesbar ist. Der Graben war damals morphologisch gegenüber seinen beiden Flanken nur wenig eingesenkt.

Schon zuvor, mit der beginnenden Absenkung des Oberrheingrabens im Eozän einhergehend, waren erneut vulkanische Aktivitäten aufgelebt. Davon zeugen zahlreiche basaltische Tuffschlote mit Durchmessern bis mehrere hundert Meter auch im Freiburger Raum, so am Schönberg und am Tuniberg (Abb. 11). Den abschließenden Höhepunkt des tertiären Vulkanismus im Oberrheingebiet markierten aber während der Hebungsphase im Unter- bis Mittelmiozän die Eruptionen der Kaiserstuhl-Vulkane, die vor etwa 18 Millionen Jahren einsetzten und bis vor 13 Millionen Jahren andauerten (zur tektonischen Situation s. Kap. 3.1). Nach heutiger Kenntnis muß man sich den Kaiserstuhl zu dieser Zeit als Vulkangruppe aus einem größeren Stratovulkan im Zentrum, der vermutlich einige hundert Meter höher als der Kaiserstuhl heute aufragte (WIMMENAUER 1978: 42), und mehreren kleineren Vulkanen in der Umgebung vorstellen (Limberg, Sponeck, Breisacher Münsterberg u. a.), die zeitlich abwechselnd Laven und Tuffe förderten. Diese entstammten hauptsächlich tephritischen, essexitischen und phonolithischen Magmen, die aus dem Erdmantel (Kap. 3.1) aufgestiegen sind. Im Zentrum des Kaiserstuhls drang der weltberühmt gewordene Karbonatit auf, ein magmatisches Kalkgestein. Neuere Gesamtdarstellungen finden sich dazu bei KELLER (1984) und WIMMENAUER (1989), über Forschungsbohrungen berichtete zuletzt MAUS (1995).

Geophysikalische Untersuchungen ergaben Hinweise auf weitere, heute verdeckte Ausbruchsstellen des Vulkankomplexes im Untergrund der Umgebung des Kaiserstuhls. Durch die nach dem Erlöschen der Vulkane einsetzende Erosion wurde der vulkanische Oberbau weitgehend entfernt, so daß der heutige Zustand des kleinen Gebirges nicht dem ursprünglichen entspricht (Abb. 5). Zudem ist der Kaiserstuhl größtenteils von einer mächtigen pleistozänen Löß- und Schwemmlößdecke verhüllt (Kap. 2.4.3). Sie verbirgt auch, daß sein östlicher Teil nicht von Vulkaniten, sondern von oligozänen Sedimentgesteinen, und der St. Michaelsberg im Nordostzipfel bei Riegel vom Hauptrogenstein des Mitteljuras aufgebaut wird (Abb. 10).

<sup>4</sup> Kalisalz wurde bis 1973 bei Buggingen bergmännisch gewonnen, heute wird es nur noch im Oberelsaß zwischen Mulhouse und Ensisheim abgebaut.





Abb. 5: Der Kaiserstuhl mit dem Totenkopf als Kulisse jenseits der Freiburger Bucht, im Vordergrund das aus Buntsandstein erbaute Freiburger Münster, gesehen vom Kanonenplatz auf dem Schloßberg

Die nachfolgende Zeit des Mittel- und Obermiozäns ist im nördlichen Oberrheingraben nur wenig, im südlichen Graben gar nicht durch Sedimente dokumentiert, was – wie schon erwähnt – auf überwiegende Hebung und Abtragung zu dieser Zeit hinweist. Auch aus dem Pliozän sind im Südgraben keine sicheren Zeugnisse nachgewiesen (abgesehen von Verwitterungsbildungen und einzelnen randlichen Schotterresten), während im Nordgraben mächtige Fluß- und Seesedimente abgelagert wurden. Oberpliozäne Schotter sind dagegen im Sundgau weit verbreitet erhalten. Damit und aus den regionalen Zusammenhängen heraus ist das damalige Flußnetz einigermaßen rekonstruierbar (Abb. 6). Es zeigt sich, daß eine bei den erwähnten Krustenbewegungen seit dem Untermiozän im Bereich Colmar–Kaiserstuhl–Emmendingen entstandene, den Oberrheingraben querende Schwelle als Wasserscheide wirkte. Nördlich davon sammelten sich die Gewässer aus den beiderseitigen Randgebieten des

Oberrheingrabens (z. B. Urfecht, Urkinzig) und strömten ab dem Mittelmiozän als neue Quellbäche des weiter im Norden schon vorher entstandenen Urrheins innerhalb des Grabens zur Nordsee (Kaiserstühler Rhein, SCHIRMER 1994: 183). Dies blieb so bis ins Unterpliozän vor etwa 4–5 Millionen Jahren.

Südlich der Kaiserstuhl-Wasserscheide entwässerten die aus den Südvogesen und dem Südschwarzwald in den Graben gelangenden Flüsse im Mittel- bis Obermiozän (über den Bereich des noch nicht aufgefalteten Schweizer Juras hinweg) nach Süden ins schweizerische Molassebecken vor dem Alpen-nordrand. Im Zusammenhang mit dem Entstehen der Aare-Donau im ausgehenden Obermiozän infolge erneuter tektonischer Bewegungen wandten sich diese Flüsse nach Südwesten in den Sundgau. Die Urelz und ihr Nebenfluß Urdreisam wurden so im Unterpliozän zu Quellbächen des Doubs und flossen zum Mittelmeer. In der Mitte des Pliozäns schloß sich die Aare an, die durch tektonische Vorgänge im Zusammenhang mit der Jurafaltung bei Waldshut von der Donau getrennt und nach Westen abgelenkt wurde. Dadurch entstand der Aare-Doubs, dessen Quellfluß Aare die oben genannten oberpliozänen Sundgauschotter aufschüttete.

Gegen Ende des Pliozäns kam durch das wieder einsetzende (und offenbar nach Norden kippende) Absinken auch des südlichen Oberrheingrabens einschließlich der Schwelle im Bereich des Kaiserstuhls eine neue, nach Norden gerichtete Tiefenlinie etwa in der Grabenachse zustande. Dadurch konnte die Aare mitsamt den Nebenflüssen aus dem Südgraben erneut abgelenkt werden und sich nun dem Urrhein anschließen. Die Urelz dürfte zunächst noch weiterhin (vielleicht bis ins Altpleistozän), der alten Richtung folgend, an Freiburg vorbeigeflossen und mit der Urdreisam zusammen erst südwestlich des Tunibergs in den neu entstandenen Aare-Rhein gemündet sein.

### 2.4.3 Quartär

Gegen Ende des Tertiärs waren die Großformen Südwestdeutschlands sichtbar, die Landschaft erhielt ihr heutiges Gesicht aber erst durch die geologischen und klimatischen Vorgänge im Quartär, der letzten Periode der Erdgeschichte, und hier insbesondere im Pleistozän. Diese auch als Eiszeitalter bezeichnete Epoche begann vor 2,6 Millionen Jahren und endete erst vor rund 12 000 Jahren (Unter-

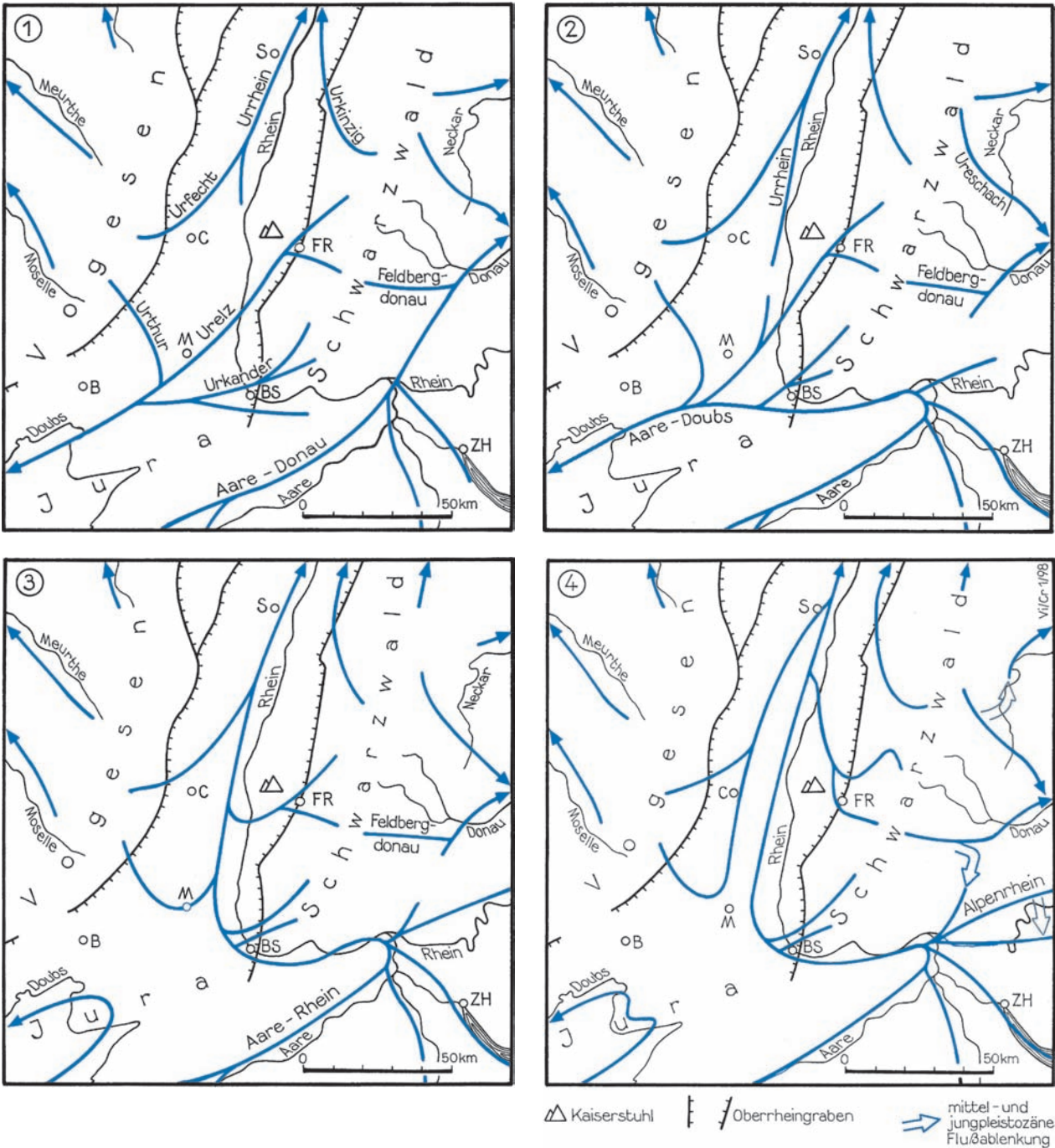


Abb. 6: Entwicklung des Flußnetzes im südlichen Oberrheingebiet während des Jungtertiärs und Pleistozäns

Nach VILLINGER (1998: Abb. 5, verändert), Abkürzungen von Städtenamen: B – Belfort, BS – Basel, C – Colmar, FR – Freiburg, M – Mulhouse, S – Strasbourg, ZH – Zürich; a – Obermiozän bis Unterpliozän. Zuvor, im Mittel- bis Obermiozän, flossen die Urelz und ihre Zuflüsse nach Süden ins Molassebecken. Schweizer Jura und Aare-Donau gab es noch nicht; b – Mitte des Pliozäns, nach der Ablenkung der Aare bei Waldshut zum Doubs (Aare-Doubs); c – Oberpliozän, nach der Ablenkung der Aare in den Oberrheingraben (Aare-Rhein); d – Frühes Altpleistozän, nach dem im späten Eopleistozän erfolgten Anschluß des vorher zur Urdonau fließenden Alpenrheins an den Aare-Rhein. Kleinere Flußablenkungen geschahen auch noch später im Mittel- und Jungpleistozän. Die letzte war die der Feldbergdonau zur Wutach vor knapp 20 000 Jahren.

Tab. 1: Gliederung des Quartärs in Südwestdeutschland

Altersangaben in tausend Jahren (ka). In den schematisch als Kaltzeiten ausgewiesenen Phasen war das Klima überwiegend kühl bis sehr kalt, es gab darin jedoch auch wärmere Abschnitte (nach VILLINGER 1998: Tab. 1, verändert).

Epoche	Klima <sup>1</sup>		Alter (ka)	Sedimentkomplexe <sup>2</sup>		Ablagerungen und Vorgänge	
	Subepoche						
Pleistozän	Holozän		0			Bodenbildung, Hauptlage, Hochflut-sedimente, Schotter, Auensedimente, Torf, Kalktuff, Fließerden, Hangschutt, Rutschmassen	
		Jungpleistozän	Spätwürm	12	Würm-komplex	Riß-Würm-Komplex	Niederterrassenschotter, Löss; im Alpenvorland u. Schwarzwald Moränen- u. Beckensedimente
			Hauptwürm	16			
			Älteres Würm	25			
			Gossau-Würm Saulgau-Würm	70			
	Eem		115	Eem		Bodenbildung, Seesedimente, lokal Torf	
	Mittelpleistozän	Riß	Jungriß	130	Riß-komplex	Riß-Würm-Komplex	Hochterrassenschotter, Löss; im Alpenvorland Moränen- u. Beckensedimente
			Doppelwallriß				
			Älteres Riß				
		Holstein <sup>3</sup>	450		Bodenbildung, Seesedimente, lokal Torf		
	Altpleistozän	Cromer		500	Cromerkomplex		Tiefenerosion (Rinnen- u. Beckenbildung); Moränensedimente im Alpenvorland, lokal Torf; Schotter im Oberrheingraben und z. T. in seinen Seitentälern
		Mindel	Mindelkomplex	790	Haslach-Mindel-Komplex	Deckenschotterkomplex	Jüngere, Mittlere und Ältere Deckenschotter sowie Moränensedimente im Alpenvorland; Tiefenerosion; Schotter im Oberrheingraben lokal in der Tiefe erhalten?
			Haslachkomplex	900			
	Günz	Günzkomplex					
Eopleistozän	Donau	Donaukomplex	1770	Biber-Donau-Komplex	Deckenschotterkomplex		
		Biberkomplex					
	Biber		2600				

<sup>1</sup> Kaltzeit, meist mit zeitweiligen Vorlandvergletscherungen (Eiszeiten), schematisch; Warmzeit

<sup>2</sup> Untergliederung entwickelt im Alpenvorland

<sup>3</sup> Vertreten durch das sogenannte Samerberg-Holstein

gliederung s. Tab. 1) mit dem Übergang zum Holozän, der Nacheiszeit. Das Pleistozän ist gekennzeichnet durch drastische weltweite Klimaänderungen, deren Vorläufer sich schon im Miozän bemerkbar machten. In weiten Teilen der Erde, so auch im Freiburger Raum, sank die mittlere Jahrestemperatur während einiger Kaltzeiten in mehreren, jeweils etliche Jahrtausende langen und besonders kalten, sogenannten hochglazialen Phasen (den eigentlichen Eiszeiten oder Glazialen) um 10–15 °C ab. Dies führte mehrfach zu Vorstößen der Hochgebirgsgletscher bis weit in die Vorländer hinaus (z. B. Alpenvorland). Dazwischen erwärmte sich das Klima wiederholt kurzfristig auf heutige Werte oder war sogar wärmer (Warmzeiten oder Interglaziale).

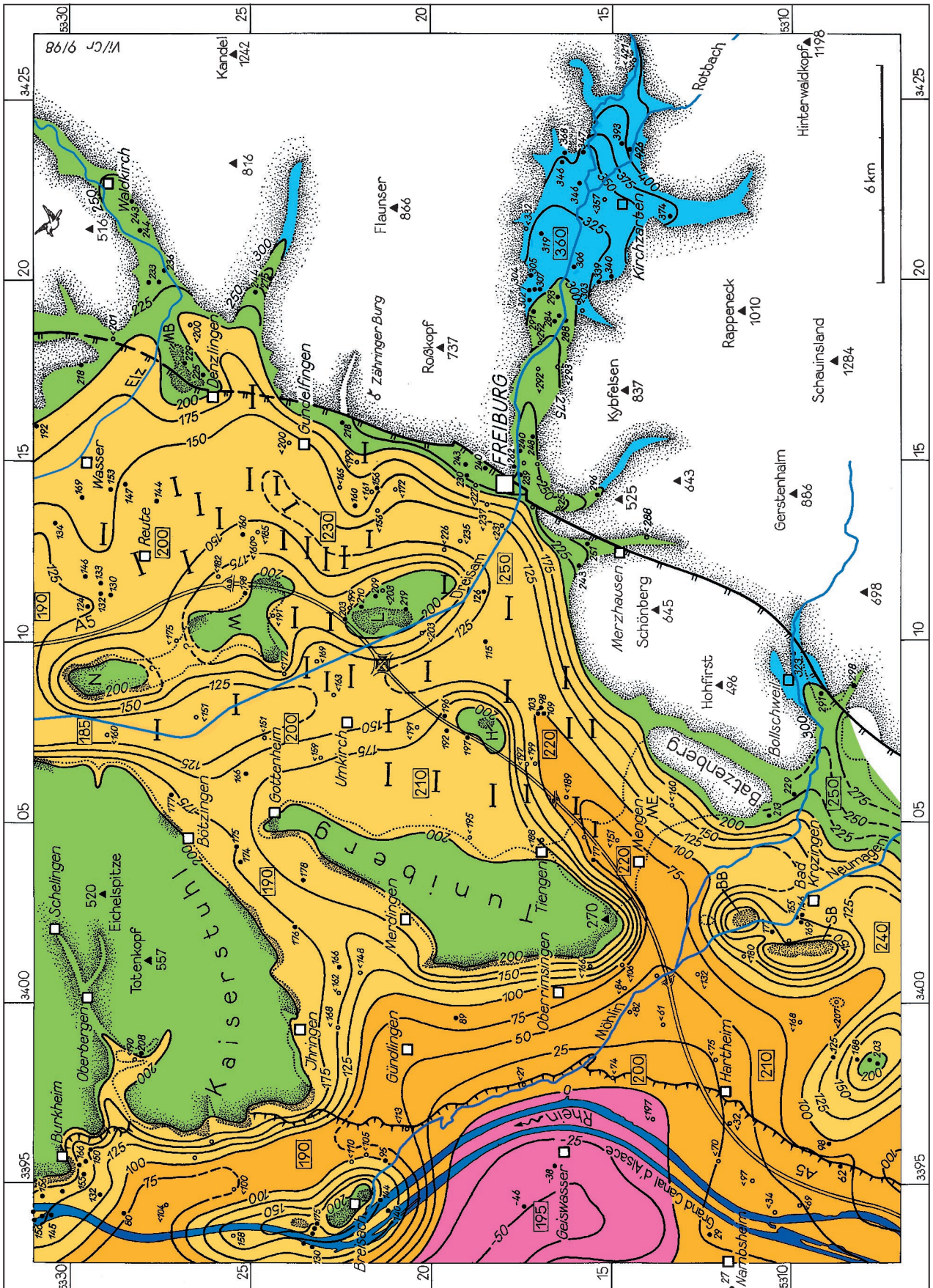
Zumindest während der beiden letzten Kaltzeiten (Riß, Würm) waren auch der Südschwarzwald und die südlichen Vogesen mehrmals vergletschert. Die Ausdehnung dieser Vergletscherungen ist in den Übersichtskarten von BRUNNER et al. (1998) und GROSCOPF (1998) dargestellt (s. dazu auch ELLWANGER et al. 1995, SCHREINER 1997, GROSCOPF & VILLINGER 1998: Kap. 3.4.2 sowie LESER & METZ 1988). Im Freiburger Raum bedeckte das Eis den Schauinsland und den Hinterwaldkopf als nordwestliche Ausläufer einer Südschwarzwälder Eiskappe, deren Zentrum das Feldbergmassiv war. Würmzeitliche Talgletscher stießen ins hinterste Bohrerntal und Kappeler Tal, ins Zastlertal und im Rotbachtal bis etwa zum Hirschsprung vor. In den vorangegangenen hochglazialen Phasen des Riß reichten die Gletscher noch weiter talabwärts; das Günterstal und das Zartener Becken oder gar das Dreisamtal haben sie aber nach heutigem Kenntnisstand nicht erreicht. Für noch ältere Vergletscherungen läßt sich das jedoch nicht ausschließen, denn neuerdings gibt es Anzeichen für besonders weite Cromerzeitliche Vorstöße zumindest der Alpengletscher.

Während des gesamten Quartärs wurden die Flanken des Oberrheingrabens, bis heute anhaltend, stark herausgehoben. Dadurch entstanden Schwarzwald und Vogesen als Mittelgebirge, während der Graben generell weiter absank und immer noch absinkt (Kap. 3.1). Nach dem Anschluß der großen alpinen Flüsse Aare (im Pliozän) und vor allem Alpenrhein an das Rheinsystem (Ende des Eopleistozäns, VILLINGER 1986, 1989, 1998) gelangten im Laufe der zahlreichen Kaltzeiten des Pleistozäns riesige Mengen an Abtragungsmaterial aus den Alpen in den Oberrheingraben. Dort wurden sie in Form von z. T. mehrere hundert Meter mächtigen Sedimenten, meist Schottern, auf der in die Tiefe sinkenden Land-

oberfläche aus älteren Festgesteinen (Südgraben) bzw. auf pliozänen Lockersedimenten (Nordgraben) abgelagert. Nach BARTZ (1974: Abb. 1) sind die Mächtigkeiten in drei Teilbecken mit stärkerer Senkungstendenz am größten: westlich und südwestlich des Kaiserstuhls im linksrheinischen Gebiet (bis 250 m), westlich Offenburg (> 150 m) und im Raum Heidelberg–Mannheim (200–400 m). Nach neuesten Überlegungen könnten bei Heidelberg vielleicht sogar > 1000 m Quartär vorhanden sein. Die Schotter des Oberrheingrabens enthalten heute die größten Grundwasservorkommen Baden-Württembergs.

Auch aus den Vogesen und aus dem Schwarzwald wurde reichlich Abtragungsschutt (entstanden bei eiszeitlicher Frostsprengung und Gletscheraktivität sowie intensiver Tiefenerosion durch die Gewässer) in den Graben verfrachtet. Durch die z. T. in Mündungsschwemmkegeln (Kap. 4.1) abgesetzte Geröllfracht von Dreisam, Elz und anderen Schwarzwaldflüssen wurde das vor allem im Jungtertiär entstandene Schollenmosaik der Freiburger Bucht (Kap. 3.1), bestehend aus alttertiären und mesozoischen Gesteinen, großenteils verschüttet (größte Schottermächtigkeit 125 m in der Thermalwasserbohrung Freiburg II). Tuniberg, Nimberg, Lehener Bergle und andere Bruchschollenhügel erheben sich daher z. T. kaum noch über die heutige Ebene, die weitgehend der Aufschüttungshöhe der in der letzten Eiszeit entstandenen Niederterrasse entspricht.

Vor der Aufschotterung war das Relief wesentlich stärker, wie Abb. 7 zeigt. Die dort zu erkennenden tiefen Rinnen sind vermutlich gegen Ende des Altpleistozäns durch Zusammenspiel von tektonischen Bewegungen und Flußerosion entstanden. In Analogie zum Alpenvorland und anderen Gebieten waren dabei wohl auch die klimatischen Umstellungen im ausgehenden Altpleistozän mitbestimmend: Durch sie wurde eine Phase starker Erosion, vermutlich verbunden mit weiten Gletschervorstößen, und nachfolgender Aufschotterung ausgelöst (Cromerkomplex, Tab. 1, s. auch Kap. 4.1). Die in Abb. 7 dargestellte Basisfläche dieser Lockergesteine entspricht deshalb wohl etwa der ehemaligen Landoberfläche zu Beginn der Aufschüttung. Deutlich ist, daß zu dieser Zeit die Entwässerung der Freiburger Bucht noch nach Südwesten durch die Urelz erfolgte, die vielleicht im Raum Geiswasser den Rhein erreichte. Im tiefer abgesunkenen Westteil der Grabenrandzone (Kap. 3.1) bildet vor allem Tertiär die Lockergesteinsbasis, während im stärker abgetragenen Ostteil hauptsächlich Jura und Keuper im Liegenden anstehen (Abb. 12: Schnitte 1–4).



Der wohl in den Cromerkomplex zu stellende untere, meist mächtigere Abschnitt der quartären Schotterfüllung ist reich an Schluff und verwittertem Geröllmaterial, besonders dort, wo dieses aus dem Schwarzwald stammt. Diese durch sogenannten Faulen Kies charakterisierten Ablagerungen werden neuerdings nach ihrem typischen Verbreitungsgebiet als „Breisgauschichten“ bezeichnet. Vermutlich lag das Material zuvor in Form mächtiger Verwitterungs- und Hangschuttdecken auf dem Kristallinen Grundgebirge, wurde dort abgetragen und in die tiefen Erosionsrinnen verfrachtet. Durch fortschreitende, z. T. völlige Zersetzung eines Großteils der verwitterten Kristallingerölle zu Grus, Sand und Schluff entstand darin der Faule Kies. Der jüngere, obere Abschnitt der Schotterfüllung besteht aus „frischem“, d. h. unverwittertem und schluffärmerem Kies. Diese „Jüngeren Schotter“ sind nach neuester Ansicht vermutlich ein Äquivalent des Riß-Würm-Komplexes im Alpenvorland (Tab. 1), sie enden oben mit den würmzeitlichen Niederterrassenschottern. Die Zweiteilung in Breisgauschichten unten und Jüngere Schotter oben gilt auch für die Schotterfüllungen des Dreisamtals und des Zartener Beckens (Kap. 4), die – von randnahen Bereichen abgesehen – jeweils Mächtigkeiten um 30–60 m erreichen (vgl. EHRMINGER 1993: Abb. 4, GROSCHOFF & STENGER 1985: 79) und ebenfalls von bedeutenden Grundwassermengen erfüllt sind (Kap. 5.2). Abb. 8 zeigt einen Schnitt durch die Schotterfüllung im Bereich des Wasserwerks Ebnet der Stadt Freiburg.

In der letzten Eiszeit, zur Zeit des Hauptwürms, überflutete der Rhein eine flache Wasserscheide zwischen Kaiserstuhl und Tuniberg und umfloß fortan, wohl bis zum Beginn des Holozäns, den Kaiserstuhl auch auf der Ostseite (Ostrheinrinne, Abb. 12: Schnitte 1 u. 2,

Abb. 16). Nachzuweisen ist dies durch alpin geprägte Niederterrassenschotter von 10–25 m Mächtigkeit. Da der Mensch wohl spätestens im Mittelpaläolithikum (130 000–40 000 Jahre vor heute) auch im Freiburger Raum anwesend war, wird er diese Entwicklungen wahrgenommen haben, womöglich war er auch unmittelbar davon betroffen. Bei Hochwasser ist vermutlich bis ins späte Mittelalter Rheinwasser durch die ehemalige Ostrheinrinne geflossen (BANGERT 1958, KAYSER & MÄCKEL 1994). Der Überlauf in die Ostrheinrinne erfolgte zwischen Grezhausen und Gündlingen.

Während der hochglazialen Phasen wurde aus den weithin freiliegenden Schotterflächen des Oberrheingrabens und anderer Gebiete durch den Wind Feinmaterial ausgeblasen. Dieser Staub setzte sich in windstillen Bereichen wieder ab, was z. B. im Kaiserstuhl zu einer bis über 60 m mächtigen Decke aus Löß und Schwemmlöß über den vulkanischen Gesteinen führte, wobei auch Dünen aufgeweht wurden (SCHÄDEL 1997). Aus noch mächtigeren Löß- und Lehmlagerungen – und nicht aus präquartären Festgesteinen, wie man angesichts des Hügelcharakters meinen könnte – besteht die Mengener Brücke zwischen Tuniberg und Batzenberg (bei Munzingen 140 m erbohrt), durch welche Staufener und Freiburger Bucht morphologisch voneinander getrennt werden. Eine ähnliche Lößbrücke könnte Nimberg und Marchhügel miteinander verbinden (zwischen Neuershausen und Holzhausen, Abb. 7), doch ist hierüber nichts Konkretes bekannt.

In der Endphase der letzten Kaltzeit, im Spätwürm, wurden bei Überschwemmungen örtlich noch geringmächtige Hochflutlehme und abschließend weitverbreitet eine dünne Lößlage (Haupt- oder Decklage



Abb. 7: Karte der Lockergesteinsbasis im Freiburger Raum

Die Konstruktion erfolgte nach Bohrergebnissen und mit Hilfe geophysikalischer Meßergebnisse (HOMILIUS & SCHREINER 1991: Taf. 4–6), im linksrheinischen Gebiet unter Verwendung der Angaben des BRGM (1977/78), im Zartener Becken unter Berücksichtigung von EHRMINGER (1993: Abb. 3) und FRIEG (1987: Abb. 13). Zur Verdeutlichung des Basisreliefs sind die 100-m-Höhenstufen farbig angelegt.

In der Legende nicht aufgeführte Signaturen s. Abb. 11. Die Bezeichnung Lockergesteinsbasis anstatt Quartärbasis wurde gewählt, weil nicht auszuschließen ist, daß sich im basalen Teil der Lockergesteine örtlich auch Sedimente pliozänen Alters verbergen. Die vergleichsweise geringmächtigen Lockergesteine über den Kristallingesteinen des Schwarzwalds (quartäre Deckschichten usw.) sind nicht berücksichtigt.

—100— Linie gleicher Höhe der Lockergesteinsbasis (mNN),  
 - - - - - meist gleich Quartärbasis, gerissen = vermutet

• 173 Lockergesteinsbasis erbohrt (mNN)

○ < 25 Lockergesteinsbasis nicht erreicht (Endteufe mNN)

▲ 866 Geländehöhe ≈ Lockergesteinsbasis im Bergland (mNN)

190 Geländehöhe in der Ebene (mNN)

— Hinweis auf Höhe der Lockergesteinsbasis nach geophysik. Messungen

— Erosionsrand der Rhein-Niederterrasse (Ostrand der Rhein-Aue)

○ Morphologische Grenzen von Hügeln und Tälern

■ Präquartäre Gesteine an der Oberfläche anstehend

— Hauptverwerfung

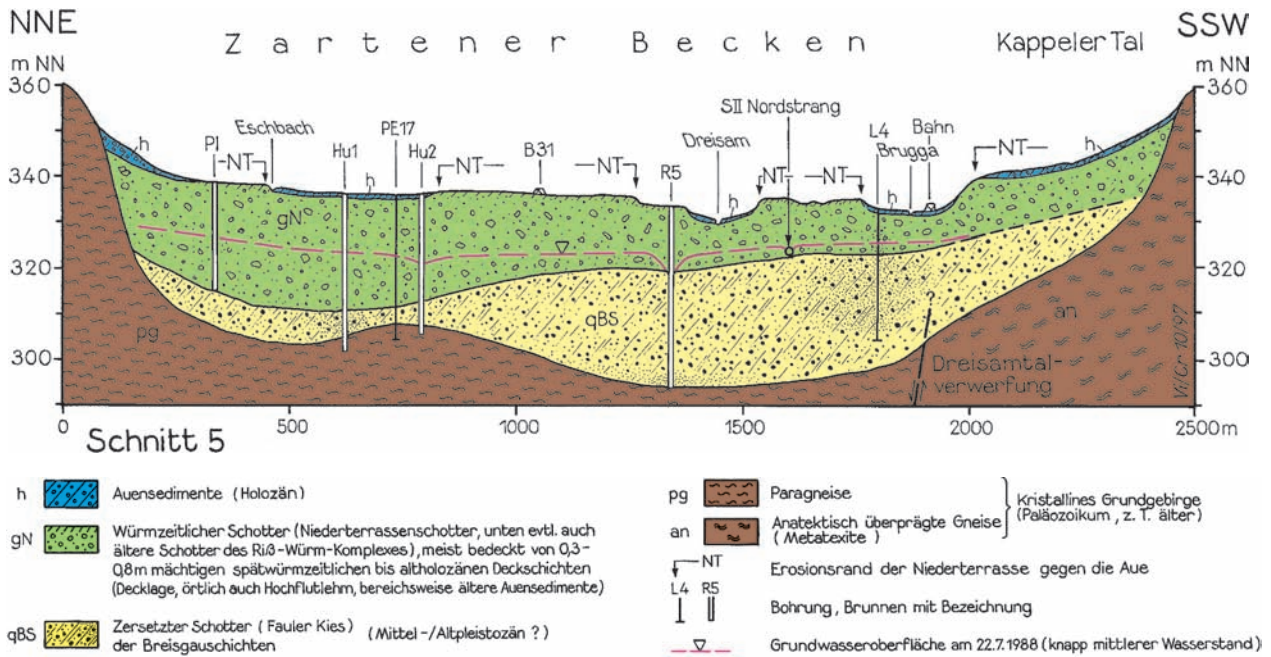


Abb. 8: Geologischer Schnitt (5fach überhöht) durch das Zartener Becken im Bereich der Fassungsanlagen des Wasserwerks Ebnet

Nach HERDEG (1993: Abb. 8, verändert). Verlauf der Schnittlinie s. Abb. 11. Die Bezeichnung S II Nordstrang bezieht sich auf einen Grundwassersammler des Wasserwerks. Angaben zu den holozänen und spätwürmzeitlichen Deckschichten nach neuen bodenkundlichen Untersuchungen des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

der Jüngeren Dryas als Auftauboden am Ende einer letzten, kurzen Permafrostphase) über dem Niederterrassenschotter abgelagert (Abb. 9). Als die eiszeitliche Schuttanlieferung allmählich aufhörte, begannen sich die Flüsse in die Niederterrassen unter Ausbildung von Erosionsrändern einzutiefen, was sich im Holozän verstärkte (Kap. 4.1). In den dabei entstandenen Auenbereichen lagerten sich schließlich im Holozän bis wenige Meter mächtige, kiesige bis lehmige, z. T. torfige Auensedimente ab, oft bis in jüngste Zeit durch anthropogene Eingriffe verstärkt (Rodung mit nachfolgender Abschwemmung, vgl. BLUDAU & FELDHOF 1997). Als jüngste geologische Einheit entstanden in historischer Zeit anthropogene Aufschüttungen (s. dazu Kap. 4.1 u. 6.4).



Abb. 9: Übergang des Niederterrassenschotters (unten) in die darüber folgende verwitterte lehmige Decklage im Keller des Gebäudes Oberlinden 14 in Freiburg i. Br.

Auf der Decklage gründet eine zum Komplex des ehemaligen Grafenhofs gehörende Wackenmauer, vermutlich aus der Zeit um 1000 n. Chr.

## 3 Tektonischer Bau

### 3.1 Bruchstrukturen

Wie schon in den vorangegangenen Kapiteln deutlich wurde, gibt es im Freiburger Raum spätestens seit dem Tertiär enge Beziehungen zwischen der jüngeren erdgeschichtlichen und der tektonischen Entwicklung<sup>5</sup>. Der in der Oberkreide vor 100 Millionen Jahren zögernd einsetzende und schließlich im Miozän kulminierende Vulkanismus in diesem Raum (ebenso im Hegau und auf der mittleren Schwäbischen Alb) hängt einerseits mit der im Kap. 2.4.1 angesprochenen Entwicklung der Bruchstrukturen des Oberrheingrabens und andererseits mit einer ebenso spektakulären Aufwölbung des Erdmantels zusammen. Deren Scheitel befindet sich bemerkenswerterweise nicht in der Mitte des erwähnten Rheinischen Schilds (Raum Frankfurt a. M.–Mainz), sondern im Raum Freiburg–Colmar, mit dem Kaiserstuhl im Zentrum und mit der höchsten Heraushebung der beiderseitigen Grabenschultern. Wie geophysikalische Forschungen in den letzten Jahrzehnten ergeben haben, liegt hier die Grenze zwischen Erdkruste und Erdmantel in weniger als 24 km Tiefe, gegenüber mehr als 30 km in den Gebieten außerhalb des Oberrheingrabens (Abb. 10).

Offenbar spielt dabei eine Rolle, daß gerade im Freiburger Raum eine weitere große tektonische Struktur, der vom Gebiet der Hegauvulkane her kommende und den Schwarzwald durchquerende Bonndorfer Graben (Abb. 11), von Südosten her auf den Oberrheingraben trifft. Im Vergitterungsbereich beider Strukturen muß die Erdkruste, besonders im Tertiär, stark gedehnt worden sein, so daß basaltische Magmen aus dem sich damals schon aufwölbenden Erdmantel leichter als anderswo zur Erdoberfläche aufsteigen konnten. Verursacher der Krusten-dehnungen sind vermutlich Konvektionsströmungen im Erdmantel (FRISCH & LOESCHKE 1993: 44, vgl. ILLIES 1981), die auch zu einem erhöhten Erdwärmestrom im Oberrheingraben beitragen. Zum Riftsystem des Oberrheingrabens ist eine Fülle von Literatur erschienen, für die u. a. auf HÜTTNER (1991: Kap. 9) verwiesen wird.

Als Ergebnis der in den letzten 50 Millionen Jahren abgelaufenen tektonischen Bewegungen weist der Freiburger Raum einen außerordentlich komplizierten tektonischen Bau auf. Aufgrund neuerer Untersuchungen, vor allem von HOMILIUS & SCHREINER (1991), außerdem von GROSCHOPF (1988), GROSCHOPF & SCHREINER (1996) und WIMMENAUER &

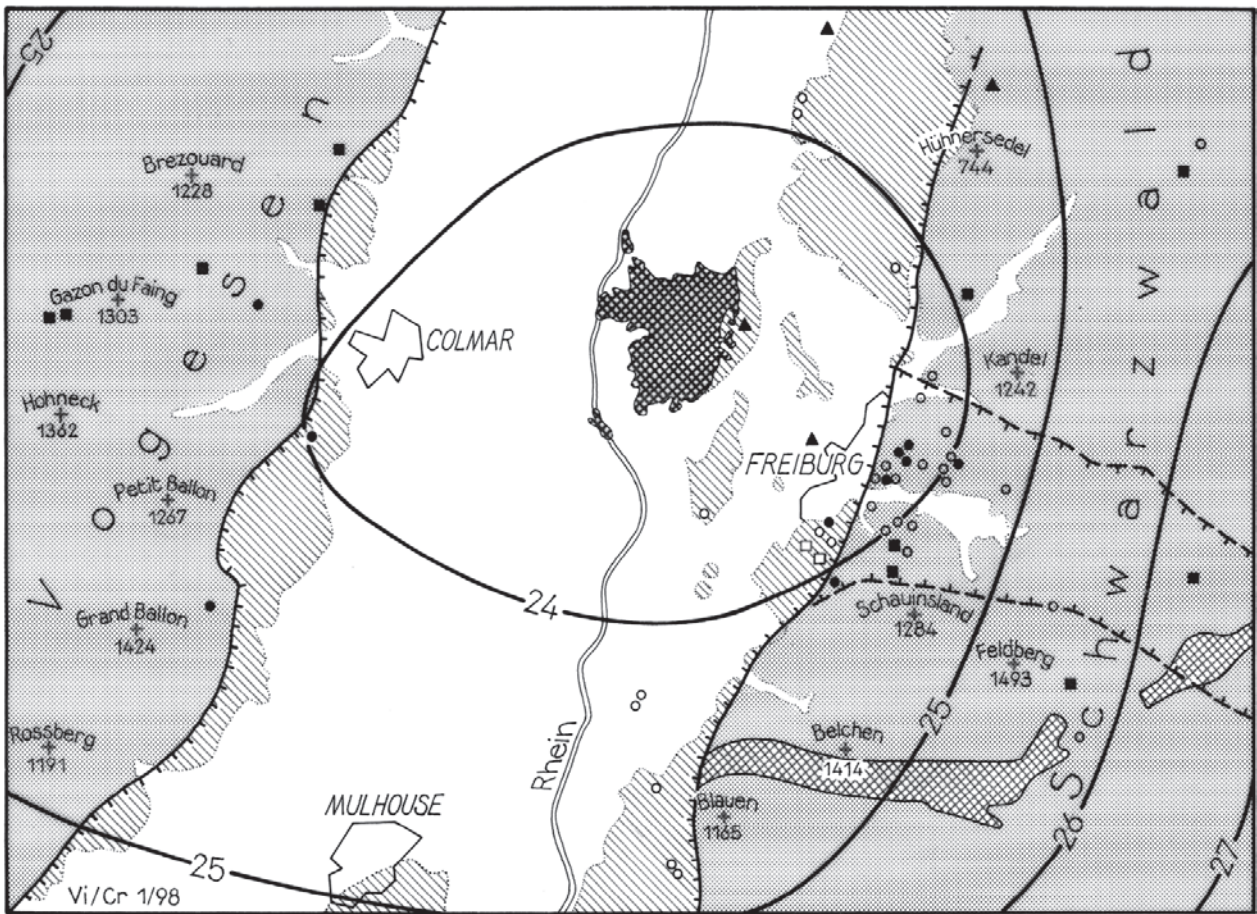
SCHREINER (1999), ist er in seinen wesentlichen Elementen heute zwar bekannt. Doch sind nach wie vor viele Einzelheiten unklar, weil die Bruchstrukturen und Schollen der präquartären Festgesteine im Grabenbereich weithin von mächtigen quartären Lockergesteinen verhüllt werden (Kap. 2.4.3). Die in solchen Fällen für Untersuchungen eingesetzten geophysikalischen Meßmethoden sind überdies mit Unsicherheiten behaftet. Im Kristallinen Grundgebirge des Schwarzwalds ist die Identifizierung tektonischer Störungen zudem von vorne herein schwierig. Der heutige Kenntnisstand über die tektonische Situation ist in Abb. 11 als Strukturkarte wiedergegeben, wobei die Verhältnisse in der Realität noch weitaus komplizierter sind. Das räumliche Bild verdeutlichen vier geologisch-tektonische Schnitte (Abb. 12).

Die beherrschende tektonische Großstruktur des Freiburger Raums ist der tief eingesunkene und zerstückelte Oberrheingraben, dessen Ostrand gegen den hoch herausgehobenen Schwarzwaldblock durch die am Gebirgsfuß verlaufende und morphologisch wirksame Hauptverwerfung markiert wird (auch als Äußere Grabenrand- oder Schwarzwaldrandverwerfung bezeichnet, Sprunghöhe 1000 bis 1500 m). Das Ausmaß der Versatzbeträge der einzelnen Schollen wird in Abb. 11 und 12 (Schnitte 1–4) durch die Höhen- bzw. Tiefenlage der Grenze Muschelkalk/Keuper verdeutlicht. Die unter den quartären Sedimenten verborgene Innere Grabenrandverwerfung (auch als Rheinverwerfung bezeichnet) trennt mit einer Sprunghöhe bis über 2000 m die besonders tief abgesunkene Innere Grabenzone im Westen (an der das Stadtgebiet von Freiburg südwestlich von Munzingen noch Anteil hat, Abb. 12: Schnitt 4) von einem unübersichtlichen „Haufwerk“ aus zahlreichen, unterschiedlich tief abgesenkten Schollen im Osten.

Diese Schollen wurden bisher zu drei Untereinheiten zusammengefaßt. Von Westen nach Osten sind das Grabenrandscholle, Äußere Grabenzone und Randliche Vorbergzone (vgl. SCHREINER in GROSCHOPF et al. 1996: Abb. 23, S. 229–232), wobei offensichtlich alle drei Untereinheiten zusammen auch als „Vorbergzone“ verstanden werden, ein Begriff, der in der Literatur recht unterschiedlich verwendet wird (zu seiner Entstehung s. SAUER 1953). Auf der neuen Strukturkarte (Abb. 11) ist diese Untergliederung nicht mehr ohne weiteres nachzuvollziehen. Es wird daher vorgeschlagen, die drei genannten Un-

<sup>5</sup> Tektonik ist die Lehre vom Bau der Erdkruste sowie den Bewegungen und Kräften, die diesen erzeugt haben.





- 25- Linie gleicher Tiefe der Grenze Erdkruste / Erdmantel (= Moho - Fläche) in km u. G.
- Magmatite des Kaiserstuhls (Miozän)
- Vulkanische Schloten und Gänge (meist Tuffe und Basalte):
- ▲ Miozän
- Alttertiär
- Oberkreide
- unbestimmt

- Bruchschollen des Grabens (Rotliegend bis Tertiär)
- Grundgebirge der Grabenschultern
- Badenweiler-Lenzkirch-Zone (Paläozoikum)
- Hauptverwerfungen des Oberrheingrabens
- Randverwerfungen des Bonndorfer Grabens
- +  
1284 Berggipfel mit Höhe (mNN)

Abb. 10: Aufwölbung der Grenze Erdkruste/Erdmantel und Vorkommen junger Vulkanite im Raum Freiburg-Colmar. Im Zentrum liegen die miozänen Kaiserstuhlvulkane, in deren Umgebung zahlreiche vulkanische Schloten und Gänge aus dem Zeitraum Oberkreide-Miozän (im wesentlichen nach ILLIES 1981: Abb. 10, verändert; zum gesamten Oberrheingraben s. ILLIES 1984: Abb. 3 u. SITTLER 1992: Abb. 6 u. 7). Verwerfungen und Badenweiler-Lenzkirch-Zone nach BRUNNER et al. (1998)

tereinheiten zur „Grabenrandzone“ zusammenzufassen und innerhalb dieser außer der Randlichen Vorbergzone (Emmendinger Vorberge, Mauracher Berg, Vorhügel im Gebiet Gundelfingen–Herdern, Lorettoberg, Schönberg/Hohfirst, Batzenberg, Staufener Vorberge usw.) nur noch einzelne diskrete Schollen auszuscheiden und zu benennen.

Die Grabenrandzone ist in einen westlichen, tiefer und einen östlichen, geringer abgesunkenen Teil gegliedert. In letzterem ist im Gebiet Gundelfingen–Zähringen randnah nur der schmale Zähringer Graben stärker eingesenkt (Abb. 12: Schnitte 1 u. 2). Ob er sich nach Süden bis ins zentrale Stadtgebiet fortsetzt (wie in Abb. 11 u. 12: Schnitt 3 gezeichnet), ist nicht gesichert. Im Osten wird er von schmalen Schollen der Randlichen Vorbergzone begleitet, die bei Herdern–Zähringen etwas herausgehoben sind (Abb. 12: Schnitt 2). Nördlich der Freiburger Altstadt wurde in drei Bohrungen unter nur 23,6 bis 37,4 m mächtiger quartärer Bedeckung Unterjura bzw. Keuper einer relativ hochliegenden Scholle angetroffen (Bereich Stadtgarten–Karlstraße–Sautierstraße).

Im westlichen Teil der Grabenrandzone sind der langgestreckte Tuniberg-Ostgraben und – westlich des herausgehobenen, tektonisch und geologisch zweigeteilten Tunibergs – die Gündlinger Scholle durch die große Tunibergverwerfung (Sprunghöhe um 1000 m) stark abgesenkt. Diese zieht nach Norden zum Kaiserstuhlzentrum und dürfte als Aufstiegsstruktur für das Magma im Miozän wirksam gewesen sein. Nimberg und Marchhügel werden durch ein Verwerfungsbündel längs in mehrere Teilschollen zerlegt, deren westliche Randverwerfung offenbar an Uffhausen vorbei bis zum Schönberg bei Merzhausen verläuft.

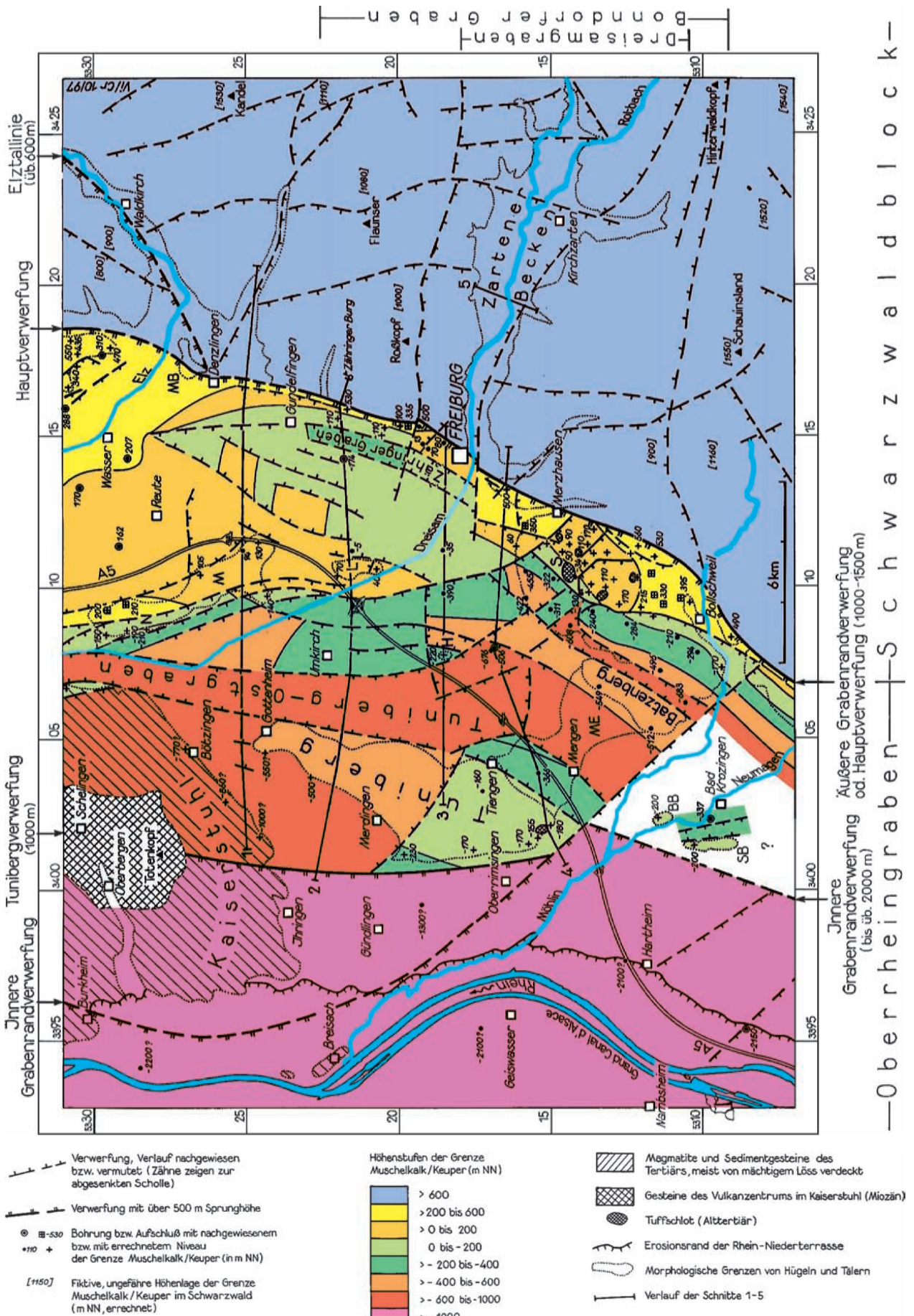
Im Bereich des Schwarzwaldblocks sind Verwerfungen, wie erwähnt, schwer zu fassen, weshalb nur einige größere, einigermaßen sichere in Abb. 11 eingetragen sind (Sprunghöhen mehrere hundert Meter). Daneben gibt es unzählige kleinere Störungen. Wichtig ist der schon erwähnte Bonndorfer Graben mit dem zentral darin noch tiefer eingesenkten Dreisamgraben. In diesem erstreckt sich auch das morphologisch so auffällige Zartener Becken (mit der magnetischen Anomalie Kirchzarten, Kap. 2.2). Es ist ebenfalls durch tektonische Störungen (darunter wohl auch Horizontalverschiebungen<sup>6</sup>) vorgezeichnet, verdankt seine tiefe Ausräumung aber vor al-

lem der leichten Erodierbarkeit der tektonisch zerrütteten Kristallingesteine durch die Dreisamzuflüsse, vielleicht auch besonders weiten Vorstößen der Schwarzwaldgletscher im älteren Pleistozän (Cromerkomplex, Kap. 2.4.3). Das gleichmäßige Abfallen der Schotteruntergrenze talabwärts auch über Ebnet hinaus (Abb. 7) spricht für eine überwiegende Ausformung des Beckens durch fließendes Wasser. Die südliche Randverwerfung des Dreisamgrabens verläuft vermutlich nahe dem Südrand des Zartener Beckens (Abb. 8 u. 11), ist aber in diesem Abschnitt nicht genau zu fassen. Sie tritt jedoch im Stadtgebiet von Freiburg, das sie vermutlich südlich der Dreisam etwa in West–Ost-Richtung durchquert (Beil. 1, Abb. 20: Schnitte B u. C), als Verwerfung mit einer Sprunghöhe von etwa 400 m in Erscheinung, indem sie den Buntsandstein des Lorettobergs gegen die oben erwähnte quartärbedeckte Unterjura- bzw. Keuperscholle nördlich der Altstadt verwirft. Der im Freiburger Stadtgebiet auf den Oberrheingraben treffende Dreisamgraben ist verantwortlich dafür, daß in diesem Abschnitt keine Randliche Vorbergzone ausgebildet ist.

Der Bau des Tunnels für die Höllentalbahn quer durch den Lorettoberg war ein Glücksfall für die Geologie, denn er erschloß 1928/29 in einmaliger Weise die Zone der Hauptverwerfung, die den Lorettoberg der Länge nach durchschneidet, nordöstlich davon das Dreisamtal quert und am Schwabentor den Schloßbergfuß erreicht (Beil. 1, Abb. 8: Schnitt 4). Abb. 13 zeigt die intensive Zerrüttung der Gesteine in der Zone beiderseits der Hauptverwerfung im Lorettoberg, Abb. 14 die Situation an der im Tunnel beim Ausbau freigehaltenen Hauptverwerfung („Hauptspalte“ nach BRILL 1933: 44). Die starke tektonische Beanspruchung des Buntsandsteins war mit ein Grund dafür, daß man beim Bau des Münsters die Werksteine vom Lorettoberg nur anfänglich verwendete und später andere Gewinnungsstellen suchte (HÜTTNER & WIMMENAUER 1967: 128).

Der Lorettotunnel ermöglichte in der Folgezeit genaue Nivellements zur Klärung der Frage, ob der Oberrheingraben auch heute noch einsinkt. Diese und andere Messungen haben belegt, daß Einsenkung des Grabens und Hebung des Schwarzwaldblocks bis in die Gegenwart weitergehen, wobei sich die einzelnen Schollen innerhalb der Großeinheiten unterschiedlich rasch senken oder heben. Die tektonisch bedingten heutigen Bewegungsraten erreichen im rechtsrheinischen Gebiet 0,1–0,6 mm/Jahr

<sup>6</sup> Horizontalverschiebungen sind Brüche in der Erdkruste, an denen die Bewegungen der beiderseitigen Schollen nicht mehr oder weniger vertikal wie bei Verwerfungen, sondern überwiegend horizontal erfolgen.



(SCHWEIZER 1992: Kap. 4.7, vgl. FECKER et al. 1999: 363) – Werte, die unbedeutend erscheinen, sich jedoch schon nach 10 000 Jahren auf 1–6 m summieren. So ist der zwischen 2 und 22 m betragende Höhenunterschied zwischen den Oberflächen der Niederterrasse und der Aue entlang dem südlichen Oberrhein (ILIES & MÄLZER 1981: 73) das Ergebnis junger tektonischer Bewegungen seit dem Spätwürm, d. h. in den letzten 16 000 Jahren. Im Elsaß erreichen die Höhenänderungen gegenwärtig sogar 0,7–1,8 mm/Jahr, gleichzeitig wird der Graben jährlich um etwa 0,5 mm breiter. Die Vogesen werden außerdem um 0,05 mm/Jahr nach Süden verschoben (SITTLER 1992: 267). Deren Verschiebungsbetrag gegen den Schwarzwald ist bis heute auf 30–40 km angewachsen.

## 3.2 Erdbeben

Mit den anhaltenden tektonischen Bewegungen der Erdkruste hängen auch die im südlichen Oberrhein-Graben gehäuft auftretenden Erdbeben zusammen. Damit sind Beben gemeint, deren Epizentren im Bereich des Grabens liegen. Davon zu unterscheiden sind weiter entfernte Ereignisse, die sich infolge ihrer Heftigkeit bis in den Freiburger Raum auswirkten (nur spürbar oder auch Schäden verursachend). Der Katalog der etwa ab dem Jahr 1000 n. Chr. belegten oder identifizierbaren, weil mit überlieferten Schadensereignissen verbundenen Erdbe-

ben in Deutschland (LEYDECKER 1986 sowie Daten des Erdbebendienstes im Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg i. Br.) weist auch zahlreiche, im weiteren Freiburger Raum lokalisierbare Epizentren auf, in deren Bereich es örtlich zu Schäden gekommen ist (Intensitäten<sup>7</sup> im jeweiligen Epizentralbereich I = ca. 5–8). Das erste und gleichzeitig stärkste Ereignis dieser Art ist vom 3.8.1728 überliefert (I = 7 oder 8), sein Epizentrum wird heute im Gebiet Kenzingen–Lahr angenommen (früher bei Rastatt). Das bisher letzte bedeutendere Beben ereignete sich am 19.9.1965 bei Neustadt/Schwarzwald (I = 6). Dazwischen gab es mindestens 16 weitere Beben dieser Kategorie (die meisten im 19. Jahrhundert), wovon zwölf Epizentren im nördlichen Kaiserstuhl liegen (die beiden stärksten mit I = 7 am 14.2.1899 und 28.6.1926). Das einzige für Freiburg selbst gemeldete nennenswerte Beben (I = 5) ereignete sich am 17.11.1891, wobei sein Epizentrum ungefähr bei Opfingen angenommen wird.

Neben diesen im jeweiligen Epizentralbereich (jedoch nicht im Freiburger Stadtgebiet) Schäden verursachenden Beben gab und gibt es im Freiburger Raum viele schwache Erdbeben, die allerdings meist unter der Fühlbarkeitsschwelle bleiben. Durch Ausbau des seismologischen Meßnetzes in den letzten Jahrzehnten lassen sich aber auch diese Beben heute genauer lokalisieren und auswerten (Abb. 15). Die registrierten Magnituden<sup>8</sup> waren alle kleiner als MI = 4. Erkennbar ist eine Häufung von Epizentren innerhalb des südlichen Oberrheingrabens und sei-

<sup>7</sup> Intensitäten I werden nach einer zwölfteiligen Skala angegeben, welche die Bebenstärke phänomenologisch nach spürbaren Auswirkungen und Schäden klassifiziert. Dabei treten bis I = 4 keine Schäden auf. Die weitere Einteilung lautet (Beschreibung stark verkürzt):  
 I = 5 allgemein sehr deutlich gespürt, Erschütterung des ganzen Hauses, Verputz bröckelt ab  
 I = 6 erschreckend gespürt, Gegenstände fallen von Regalen, leichte Gebäudeschädigungen (Risse im Verputz usw.)  
 I = 7 viele Personen flüchten ins Freie, einige Möbel fallen um, mäßige Gebäudeschäden (teilweise kleine Risse im Mauerwerk, Dachziegel fallen ab usw.)  
 I = 8 allgemein großer Schrecken, beträchtliche Gebäudeschäden, vor allem an Giebeln und Dächern (z. T. tiefe Risse im Mauerwerk, Schornsteine brechen ab usw.), Spalten im Boden  
 I = 9 Panik, schwere bis totale Gebäudeschäden, verbreitet Erdrutsche  
 I = 10 Katastrophe, viele Bauwerke total zerstört, Bergstürze  
 I = 11 nur wenige Bauwerke halten stand, umfangreiche Veränderungen an der Erdoberfläche  
 I = 12 totale Zerstörung aller Bauten, tiefgreifende Veränderungen der Erdoberfläche

<sup>8</sup> Die heutige Klassifizierung von Erdbeben erfolgt meist nach der sogenannten RICHTER-Skala mit der Magnitude (MI, Ms), die ein logarithmisches Maß für die freigesetzte Energie im Bebenherd ist und mit Messungen (Seismogrammen) recht genau bestimmt werden kann. Die weltweit größten gemessenen Werte liegen bei 9.



Abb. 11: Strukturkarte des Freiburger Raums

Konstruktion im wesentlichen nach HOMILIUS & SCHREINER (1991: Taf. 3–7) sowie HÜTTNER & SCHREINER in GROSCHOPF et al. (1996: 199–241, Beil. 1), unter Einbeziehung von GROSCHOPF & SCHREINER (1996: Beil. 1), GROSCHOPF (1988: Beil. 1) und WIMMENAUER & SCHREINER (1999), im Grabenbereich z. T. etwas abgewandelt aufgrund neuer Bohrergebnisse

Von den Vorkommen vulkanischer Gesteine außerhalb des Kaiserstuhls sind nur die Tuffschlote eingezeichnet, die zahlreichen kleinen Basaltgänge sind weggelassen. Ebenso sind zahlreiche kleine Verwerfungen aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Die Äußere Grabenrandverwerfung oder Hauptverwerfung wird auch als Schwarzwaldrandverwerfung bezeichnet. Abkürzungen: BB – Biengener Berg; H – Hunnenbuck; L – Lehener Bergle; N – Nimberg; M – Marchhügel; MB – Mauracher Berg; ME – Mengener Brücke; S – Schönberg; SB – Schlatter Berg



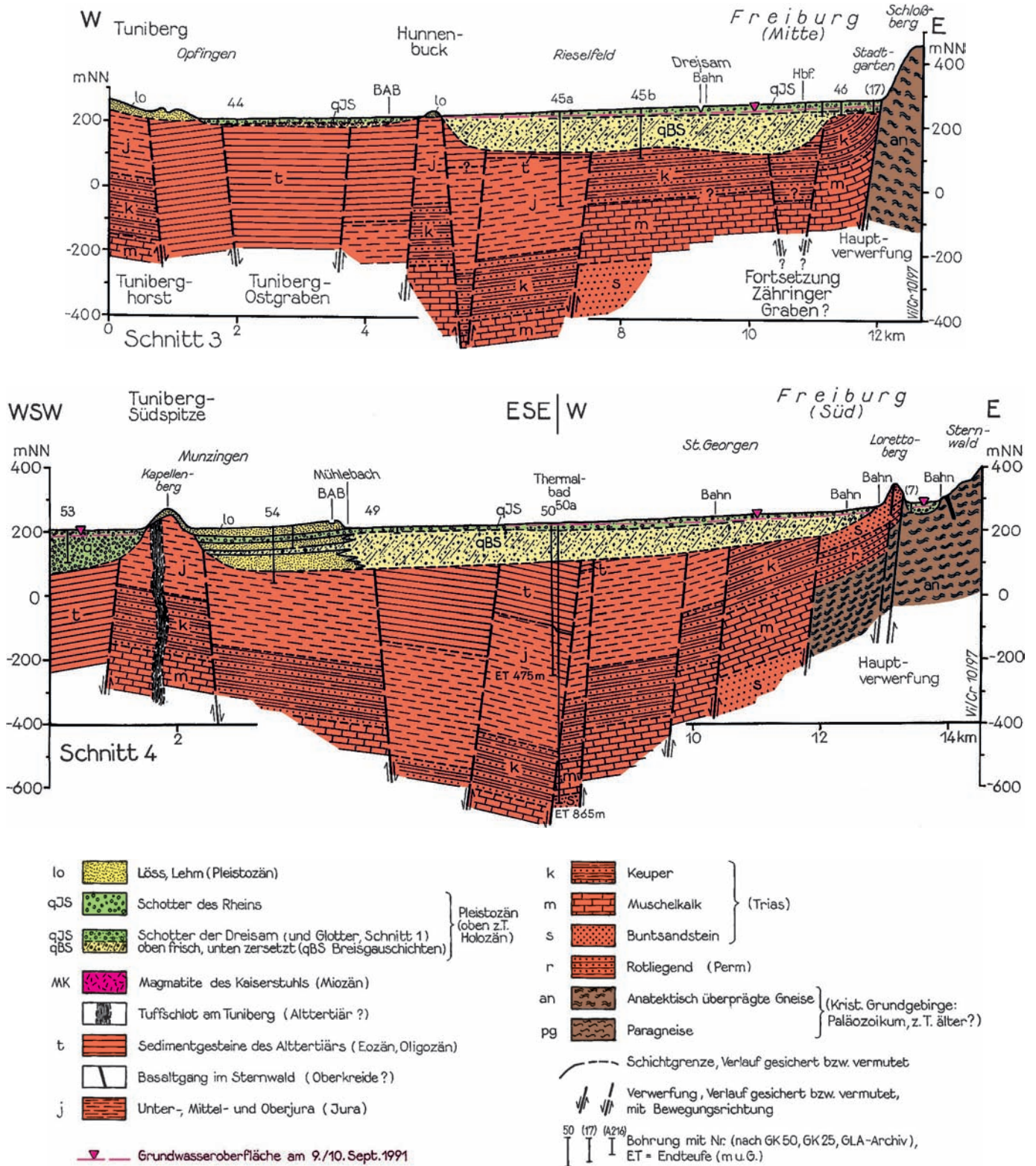


Abb. 12: Geologische West-Ost-Schnitte 1-4 durch die Freiburger Bucht

Konstruktion größtenteils unter Zugrundelegung der geophysikalischen Ergebnisse von HOMILIUS & SCHREINER (1991: Taf. 5 u. 6) und nach neueren Bohrergebnissen. Verlauf der Schnittlinien s. Abb. 11. Die geringmächtigen holozänen und spätwürmzeitlichen Deckschichten sind aus Maßstabsgründen weggelassen. Ebenso ist die Grundwasseroberfläche nur dort eingetragen, wo sie einen Flurabstand von mehr als ca. 5 m hat (Niedrigwassersituation vom 9./10.9.1991, nach HGK Oberrheinebene 1995).



Sicht erstaunlich. Denn von weniger starken und viel weiter entfernten Erdbeben bei Ebingen auf der westlichen Schwäbischen Alb am 16.11.1911 ( $I = 8$ ) und am 20.7.1913 ( $I = 7$ ) sind einige kleinere Schäden aus dem Freiburger Stadtgebiet beschrieben (Freiburger Zeitung, jeweils in den Ausgaben der auf die beiden Beben folgenden Tage, sowie LAIS 1914). Die

aus der Verteilung der beobachteten Intensitäten damals abgeleiteten tektonischen Schlußfolgerungen sind aus heutiger seismologischer Sicht nicht haltbar, besonders hinsichtlich angenommener Verwerfungen im Stadtgebiet (vgl. auch NEUMANN & DEECKE 1912).



Abb. 14: Östliche Hauptverwerfung des Oberrheingrabens im Lorettotunnel der Höllentalbahn

Das "Fenster" in der Tunnelauskleidung zeigt den Ostrand der rd. 20 m breiten Ruschelzone (vgl. Schnitt in Abb. 13). Diese Zone besteht aus zerriebenem und gebleichtem Gneismaterial mit schwarzen, plastischen Lagen und Linsen (links oben). Sie wird durch eine scharfe Störungsfläche (graue mittlere Zone), die sogenannten Hauptspalte BRILLS (1933), von intensiv vererztem und verquarstem Paragneis (rechts unten) getrennt. Mit den eingebauten Meßgeräten werden seit 1995 nach der gleichen Methode wie schon seit 1993 im Wattkopftunnel bei Ettlingen (FECKER et al. 1999) Bewegungen des Gebirges in der Verwerfungszone registriert (Photo: R. SCHWEIZER, 22. Juni 1998).



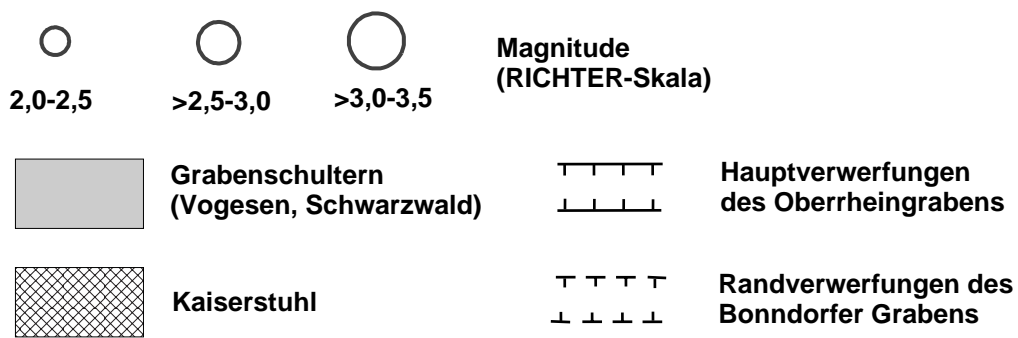
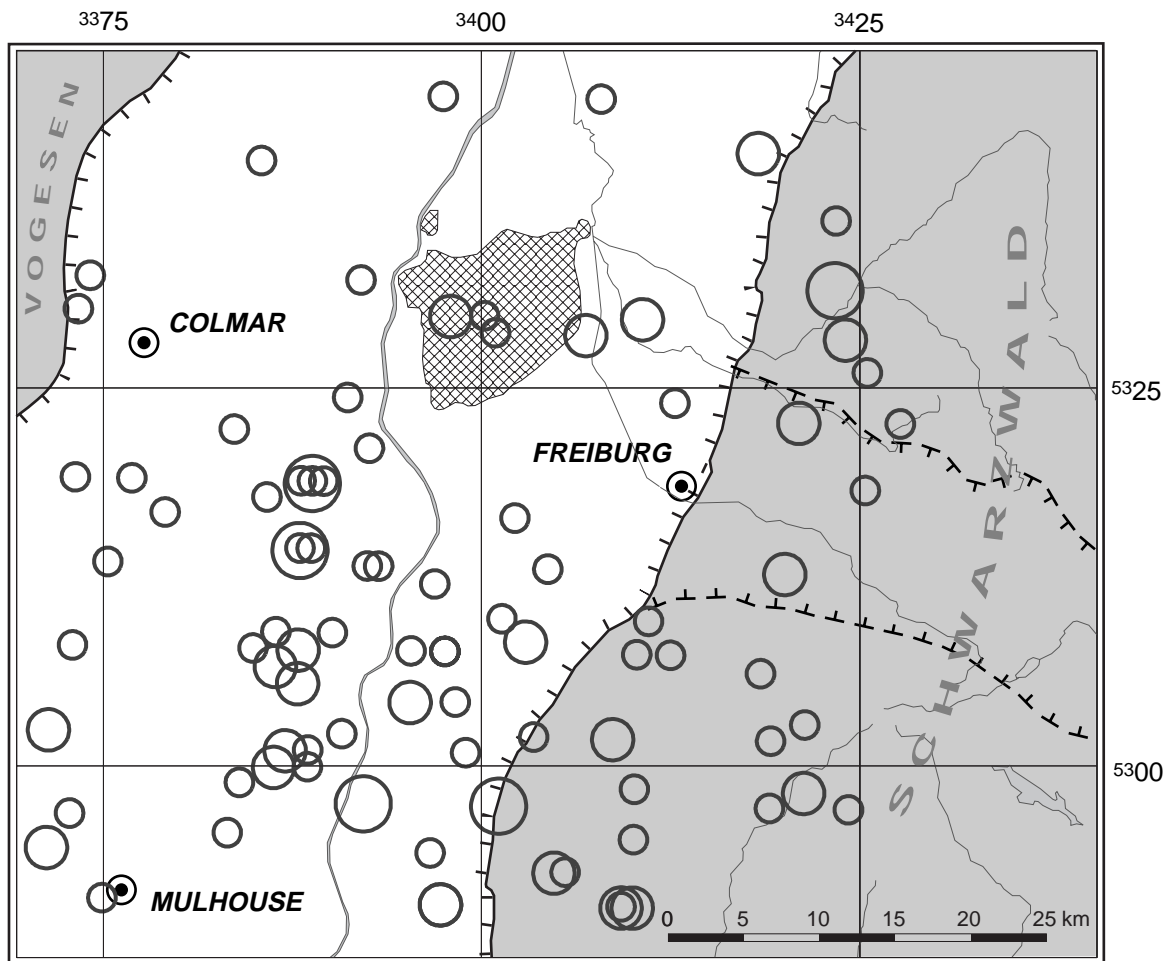


Abb. 15: Epizentren von Erdbeben mit Magnituden von mindestens 2,0 in den Jahren 1973–97 im Raum Freiburg–Colmar

Die Genauigkeit der Lokalisierung beträgt ± 1 km. Die zahlreichen Beben mit Magnituden kleiner als 2,0 sind der Übersichtlichkeit halber weggelassen (nach Erdbebendienst des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg).

## 4 Mündungsschwemmkegel der Dreisam

### 4.1 Entstehung und Aufbau

Die Verebnungsfläche des Niederterrassenschotters, welcher von der Dreisam bzw. den zu ihr entwässernden Schmelzwässern der würmzeitlichen Gletscher aufgeschüttet wurde, fällt vom Zartener Becken bis Freiburg ziemlich gleichmäßig ab, ebenso wie die Sohle der Talfüllung. Die Höhenlinien der Terrassenoberfläche verlaufen deshalb – wie in breiteren Flußstälen üblich – annähernd quer zum Tal, um nur im Bereich der etwas tiefer liegenden Aue gegen die Flußrichtung auszubiegen. Dieses Bild ändert sich mit dem Austritt des Dreisamtals aus dem Schwarzwald bzw. dem Eintritt in den Oberrheingraben, d. h. mit dem Überqueren der Hauptverwerfung südlich der Freiburger Altstadt (Abb. 16). Die Höhenlinien biegen in weitem Bogen in Fließrichtung aus und verlaufen in der gesamten Freiburger Bucht halbkreisförmig um die Austrittsstelle der Dreisam aus dem Gebirge. Sie zeichnen damit die Oberfläche eines weiten, flachen, schild- oder kegelförmigen Schotterkörpers nach, der von der Dreisam in den einsinkenden Graben geschüttet wurde.

Terminologisch ist dieser Schotterkörper in die Kategorie der Mündungsschwemmkegel einzuordnen (HINZE et al. 1989: 37). Mündungsschwemmkegel entstehen als relativ grobkörnige Ablagerung von Seitenbächen bzw. -flüssen an deren Mündung in ein Haupttal, wenn die Transportkraft des geröllführenden Gewässers durch Abnahme des Gefälles, starke Verbreiterung des Strömungsquerschnitts und damit einhergehende Verringerung der Fließgeschwindigkeit plötzlich abnimmt (ähnlich bei Deltaablagerungen von Flüssen an der Mündung in Seen). Im Unterschied dazu sind *S c h w e m m f ä c h e r* vorwiegend feinkörnig und flacher, sie entstehen z. B. durch Abschwemmung des Lockermaterials von Hängen.

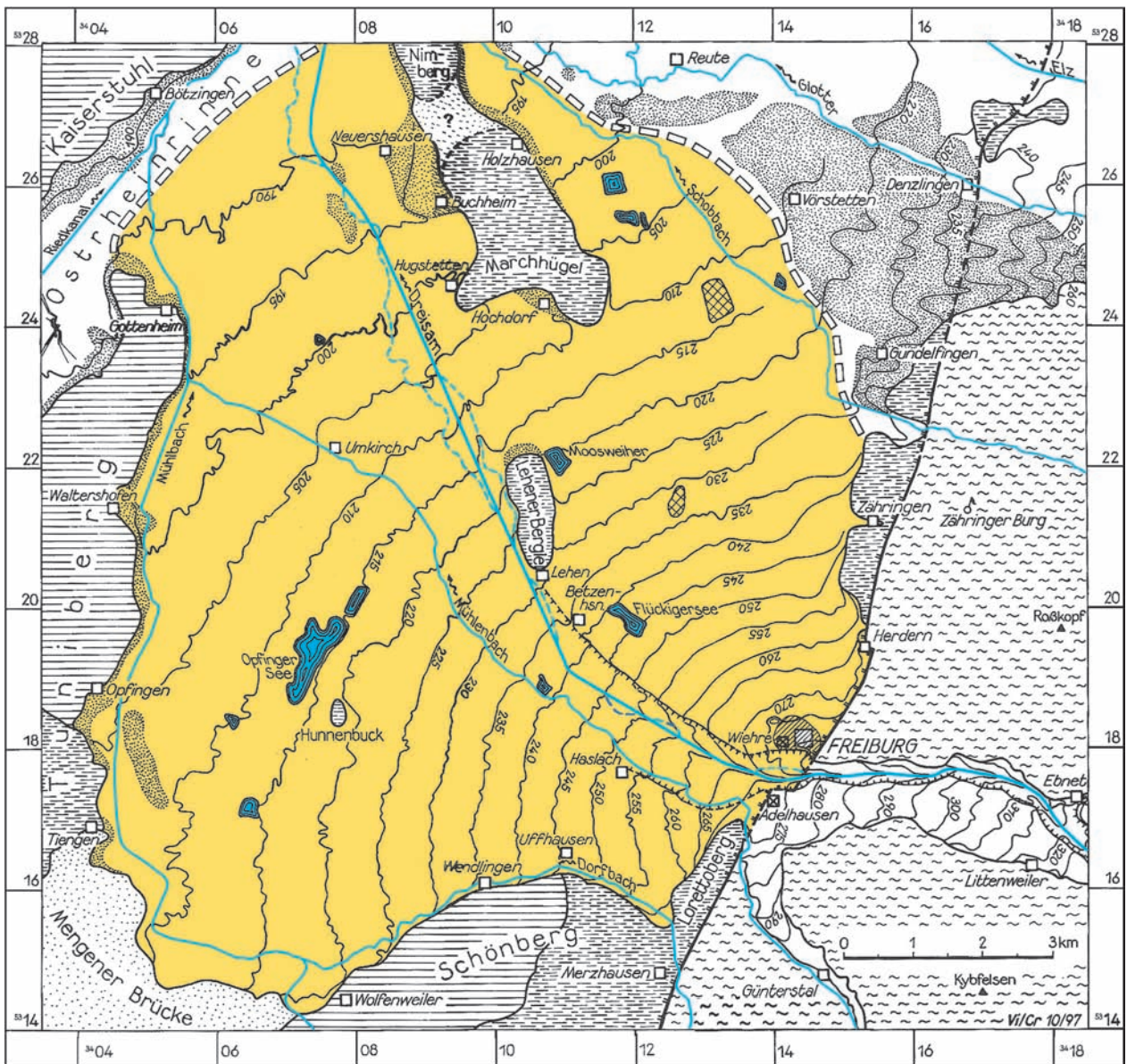
Voraussetzung für die Entstehung von Mündungsschwemmkegeln ist weiterhin ein Gewässer mit starker Geröllfracht, wozu wiederum eine gewisse Größe des Einzugsgebiets, dessen fortlaufende Hebung und entsprechend starke Abtragung notwendig ist. Alle diese Bedingungen sind bei der Dreisam spätestens seit dem Altpleistozän erfüllt. Als Strömungsquerschnitt der eiszeitlichen Dreisam ist die gesamte Talbreite anzusetzen, da bei der Ablagerung des Niederterrassenschotters der „verwilderte“ Fluß sein Bett vielfach wechselte bzw. zahlreiche miteinander verflochtene Rinnen benutzte. Die Einebnung des dadurch zunächst zerfurchten Talbodens erfolgte

durch periglaziales Bodenfließen, Überschwemmungen mit Absatz von Lehm usw.

Ursache für die Entstehung des Mündungsschwemmkegels ist die plötzliche Verbreiterung des Dreisamtalquerschnitts um ein Vielfaches und die Gefällsabnahme von 10 ‰ auf 8 ‰ beim Austritt des Flusses aus dem Schwarzwald (gemessen über eine Strecke von jeweils 5 km ober- und unterhalb der Hauptverwerfung, die von der Dreisam beim Mariensteg gequert wird, s. Beil. 1 u. Abb. 20: Schnitt A). Dadurch bedingt nimmt im Bereich des Mündungsschwemmkegels die Korngröße des zuletzt abgelagerten Niederterrassenschotters nach Beobachtungen in Bohrungen und Baugruben mit zunehmender Entfernung ab. So beträgt der maximale Durchmesser der Gerölle bzw. Blöcke von Ebnet bis in die Wiehre um 50–80 cm, in der Stadtmitte 40–60 cm und in Freiburg-West bis -Nord 20–40 cm und weniger. Die Entstehung des Mündungsschwemmkegels am Ausgang des Dreisamtals dürfte schon im Altpleistozän eingesetzt haben, denn die mächtigen Breisgauschichten, welche etwa die untere Hälfte bis drei Viertel der Lockergesteinsfüllung des Zartener Beckens und des Dreisamtals sowie der Freiburger Bucht ausmachen (Schnitte in Abb. 8, 12, 20 u. Kap. 2.4.3), stammen vermutlich aus der Cromerzeit.

Die Umkehr der ursprünglich südwestlichen Entwässerungsrichtung in der Freiburger Bucht (Urelz, Kap. 2.4.3) nach Norden zur Riegeler Pforte erfolgte wohl im Verlauf der ersten kräftigen Aufschüttungen im Mündungsschwemmkegel der Dreisam (verbunden mit ähnlichen Aufschüttungen der südlich benachbarten Möhlin). Der Fluß dürfte dann zunächst westlich an Gundelfingen vorbei und – ab der Denzlinger Gegend mit der Elz vereinigt – über Reute geflossen sein. Später änderte er seinen Lauf immer wieder, dabei auch weit nach Südwesten bis zur Mengener Brücke und zum Tuniberg ausbiegend, und schotterte nach und nach die ganze Freiburger Bucht auf.

Bedingt durch den fortlaufend einsinkenden Oberrheingraben konnte sich der Mündungsschwemmkegel während des Mittel- und Jungpleistozäns auf diese Weise immer weiter ausbreiten, wobei die frischen Jüngerer Schotter (Kap. 2.4.3) abgelagert wurden. Bereits SAUER (1967: 617) vermutete, daß deren tiefste Teile rißzeitlich sein könnten. Die Jüngerer Schotter weisen Mächtigkeiten von etwa 10 bis 30 m auf, im Bereich des Freiburger Industriegebiets Nord (vermutlich infolge vorausgehender Erosion älterer Sedimente) sogar bis etwa 40 m. Diese Werte gelten auch für das Dreisamtal und das Zartener Becken (vgl. EHRMINGER 1993: Abb. 6).
















- |   |   |
|---|---|
|  Anthropogene Aufschüttung über Niederterrassenschotter  |  Erosionsrand der Dreisam-Niederterrasse gegen die Dreisam-Aue |
|  Löss, Lösslehm u. Schwemmlöss (2-15m) über Niederterrassenschotter  |  Nordgrenze des Dreisam-Mündungsschwemmelkegels                |
|  Niederterrassenschotter (Würm-Eiszeit), meist bedeckt von 0,3-3 m mächtigen, spätwürmeiszeitlichen bis holozänen Deckschichten (Hochflutlehm, Decklage, Auenlehm, örtlich Torf) |  Hauptverwerfung   |
|  Quartärer Lehm und Löss (bis 140 m mächtig)   |  Mittelalterlicher Stadtkern von Freiburg                      |
|  Festgesteine des Tertiärs, meist von mächtigem Löss bedeckt   |  Höhenlinie (m NN)   |
|  Festgesteine der Trias und des Juras, z.T. von mächtigem Löss bedeckt   |  ehemalige Dreisam   |
|  Festgesteine des Kristallinen Grundgebirges (meist Gneise)  |  Fließgewässer   |
|   |  Ortschaft, ehemalige Ortschaft                                |

Abb. 16: Geologische Übersichtskarte des Mündungsschwemmelkegels der Dreisam und seiner Umrahmung  
 Verlauf der Höhenlinien im Bereich des farbig unterlegten Mündungsschwemmelkegels nach der amtlichen topographischen Karte 1 : 25 000, z. T. ergänzt nach der Grundkarte 1 : 5 000; Angaben zu den holozänen und spätwürmeiszeitlichen Deckschichten nach neuen bodenkundlichen Untersuchungen des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

Im Westen reichte der Schwemmkegel schließlich bis zu den Hochgebieten Mengener Brücke und Tuniberg, im Nordwesten bis zur würmzeitlichen Ostrheinrinne entlang dem Kaiserstuhl (die schließlich dadurch quasi abgeschnürt wurde) und im Norden bis zum Aufschüttungsgebiet der Glotter und Elz (Abb. 16). Dadurch ist der Mündungsschwemmkegel der Dreisam nach dem des Neckars bei Heidelberg zum zweitgrößten im gesamten Oberrheingraben angewachsen.

Die bei derart großen Schüttungskörpern in einem bestimmten Stadium auch in rückwärtiger Richtung, d. h. von der Ausgangsstelle flußaufwärts, einsetzende Vergrößerung durch Rückstau der angelieferten Geröllfracht (AHNERT 1996: 244) fand weder beim Neckar noch bei der Dreisam statt, weil in beiden Fällen die günstigen Ausgangsbedingungen durch die fortdauernde tektonische Einsenkung des Grabens und die Hebung seiner Randschultern bestehen blieben.

Die weitere Ausbreitung und Aufschüttung des Dreisam-Mündungsschwemmkegels kam gegen Ende

der letzten Vereisung (Hauptwürm) annähernd zum Stillstand, weil die starke Geröllanlieferung durch die Gletscherschmelzwässer aus dem Schwarzwald aufhörte. Der ursprüngliche Zustand der Niederterrasse bzw. der Oberfläche des Mündungsschwemmkegels, den noch der nomadisierende Mensch des Spätpaläolithikums antraf, wurde in Abb. 17 zu rekonstruieren versucht. Das höchstgelegene Gebiet erstreckte sich im Bereich der heutigen Freiburger Altstadt und südlich davon, also bezogen auf die Dreisamtalachse etwas nach Norden verschoben. Die Ursache dafür dürfte in der erst ab hier wirksam werdenden, wohl seit dem Mittelpleistozän generell nach Norden gerichteten Entwässerung in der Freiburger Bucht liegen. Zusätzlich dürfte ein Abdrängen der Dreisam durch von Süden her einmündende Gewässer aus dem Günterstal eine Rolle gespielt haben, die während der Eiszeiten viel Schmelzwasser aus dem vergletscherten Schauinslandgebiet führten. Womöglich kamen tektonische Kippbewegungen verstärkend hinzu.

Zuletzt wurden die hochglazial entstandenen Schotterflächen spätwürmzeitlich bei Überflutungen ge-

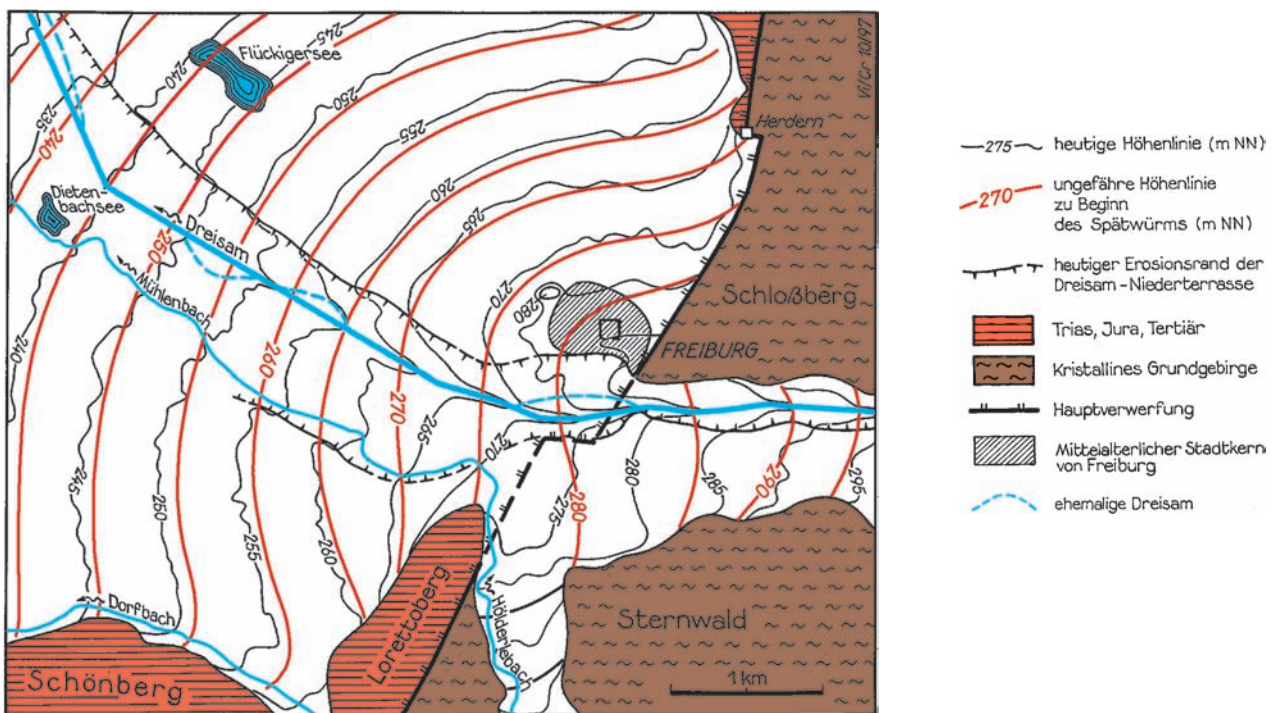


Abb. 17: Mutmaßliche Höhenlinien im Bereich des Dreisam-Mündungsschwemmkegels und des Dreisamtals am Ende der hochglazialen Schottersedimentation des Hauptwürms

Dargestellt ist somit die Situation vor Ablagerung der spätwürmzeitlichen bis holozänen, meist lehmigen Deckschichten (Hochflutlehm und Decklage). Eingerechnet ist im Gebiet westlich der Hauptverwerfung eine angenommene tektonische Absenkung von 5 m in den letzten 16 000 Jahren (= 0,3 mm/Jahr) gegenüber dem angrenzenden Schwarzwald. Der Verlauf der Linien ist generalisiert, da die Lage etwaiger Rinnen von Fließgewässern, die vor allem im Bereich beiderseits der heutigen Dreisam anzunehmen sind, nicht bekannt ist.

bietsweise mit einigen Dezimetern Hochflutlehm und der Decklage überschichtet (Kap. 2.4.3). Danach setzte – noch im Spätwürm – wieder Erosion ein: Die Dreisam und ihre Zuflüsse begannen sich in ihre Niederterrassenschotter einzutiefen, verstärkt im Holozän, setzten aber andererseits – vor allem im äußeren Bereich des Schwemmkegels – bei vielen ausgreifenden Hochwässern verbreitet Auensedimente ab (vgl. Kap. 6.2). Bei diesem Wechselspiel von Erosion und Sedimentation entstanden beiderseits der Fließgewässer Erosionsränder (auch als Hochgestade bezeichnet), welche die heutigen Auenbereiche von der einige Meter höher liegenden Niederterrasse trennen. Lediglich im Günterstal fehlen solche Erosionsränder, weil offenbar auch im



Abb. 18: Colombspalöble im Colombspark

Der Hügel des Colombsparks besteht aus den Trümmern der 1744/45 geschleiften Bastion St. Louis der VAUBANSCHEN Stadtbefestigung. Die Nordwestecke der ehemaligen Bastion entspricht der heutigen Ecke Rosa-/Colombistraße (im Vordergrund).

Spätwürm und Holozän weiter sedimentiert wurde, vermutlich als Folge tektonischer Absenkung dieses Bereichs. Der Einschnitt der Höllentalbahn hat dort eine Art geologisches Fenster geschaffen, in dem von Auensedimenten bedeckte Niederterrassenschotter aufgeschlossen sind (Abb. 13, Beil. 1).

Die jüngste Bildung im Bereich des Dreisam-Mündungsschwemmkegels ist die anthropogene Aufschüttung aus Kultur- und Siedlungsschutt, zu dem auch der Schutt der geschleiften Stadtbefestigung zählt. Diese Aufschüttung überdeckt in der Stadtmitte (Bereich Dreisam–Bahnlinie–Rhein-/Bernhardstraße–Schloßbergring) nahezu geschlossen den natürlichen Untergrund als meist mehrere Meter mächtige Schicht. Im Bereich der alten Stadtbefestigungen selbst ist die Aufschüttung teilweise noch morphologisch sichtbar und einschließlich ehemaliger Fundamente bis über 10 m mächtig (Beil. 1, Abb. 18 u. 20: Schnitte A–C).

## 4.2 Erosionsränder der Niederterrasse

Während im Zartener Becken die Erosionsränder z. T. mustergültig zu sehen sind (Abb. 8 u. 19), fehlt im Dreisamtal zwischen Ebnet und Freiburg das – in Fließrichtung gesehen – rechte Hochgestade. Das auf der linken Seite ist dagegen durch die ganze Oberstadt zu verfolgen (Beil. 1, Abb. 16 u. 17)<sup>9</sup> und erreicht schließlich bis zur Schwabentorbrücke fast die Dreisam. Diese fließt ab Ebnet nahe dem nördlichen Talrand und hat die ursprünglich auch dort vorhandene Niederterrasse bis zum Hangfuß beseitigt. Vermutlich hängt dieser „Rechtsdrall“ mit jungen tektonischen Kippbewegungen im Bereich der Dreisamtalverwerfung (Kap. 3.1) zusammen, durch die der Fluß nach Norden gegen den rechten Talrand gedrängt wurde. Auch für die mit 150 m auffallend geringe Breite der Aue bei der Schwabentorbrücke könnten tektonische Ursachen, wie lokale postglaziale Hebung im Zwickel zwischen Hauptverwerfung und Dreisamtalverwerfung und dadurch bedingte Einengung der Erosion der Dreisam in diesem Bereich verantwortlich sein.

Ab dem Austritt des Dreisamtals aus dem Schwarzwald (Beginn des Mündungsschwemmkegels), d. h.

<sup>9</sup> Der Verlauf der Terrassenränder beiderseits der Dreisam im Stadtgebiet wurde neu kartiert. Dabei ergaben sich z. T. kleinere Abweichungen zu den publizierten geologischen Karten. Auch mit Hilfe der topographischen Darstellung in der ersten geologischen Karte (SCHILL 1862) war es möglich, die Erosionskante links der Dreisam von der Schwabentorbrücke ab noch bis fast zur Johanniskirche zu verfolgen (Beil. 1).

mit dem Überqueren der Hauptverwerfung, setzt auf der rechten Talseite bei der Schloßbergnase der Erosionsrand der Niederterrasse wieder ein (Beil. 1) und zwar mit einer markanten Stufe von ursprünglich wohl etwa 5 m Höhe gegen die tiefer liegende Aue im Bereich der südlich angrenzenden Vorstadt (heute durch mittelalterliche und frühneuzeitliche Geländeänderungen reduziert und z. T. verschliffen). UNTERMANN (1996a: 92) hält diese Stufe für eine weitgehend anthropogene Struktur, die durch „hochmittelalterliche und barocke Aufschüttungen in der Altstadt“ entstanden sei. Dies trifft so sicher nicht zu. Die Stufe verläuft weiter entlang dem Südrand der Freiburger Altstadt bis westlich des Martinstors und ist dann mit abnehmender Höhe bis Lehen zu verfolgen, von wo ab sie wegen holozäner Sedimentation (s. auch Kap. 6.2) auf dem Schwemmkegel allmählich verschwindet. Auch zwischen der Universität und den Bahnanlagen ist der Erosionsrand kaum mehr zu identifizieren, da dort die VAUBANSchen Festungsanlagen des 17./18. Jahrhunderts (Beil. 1) die

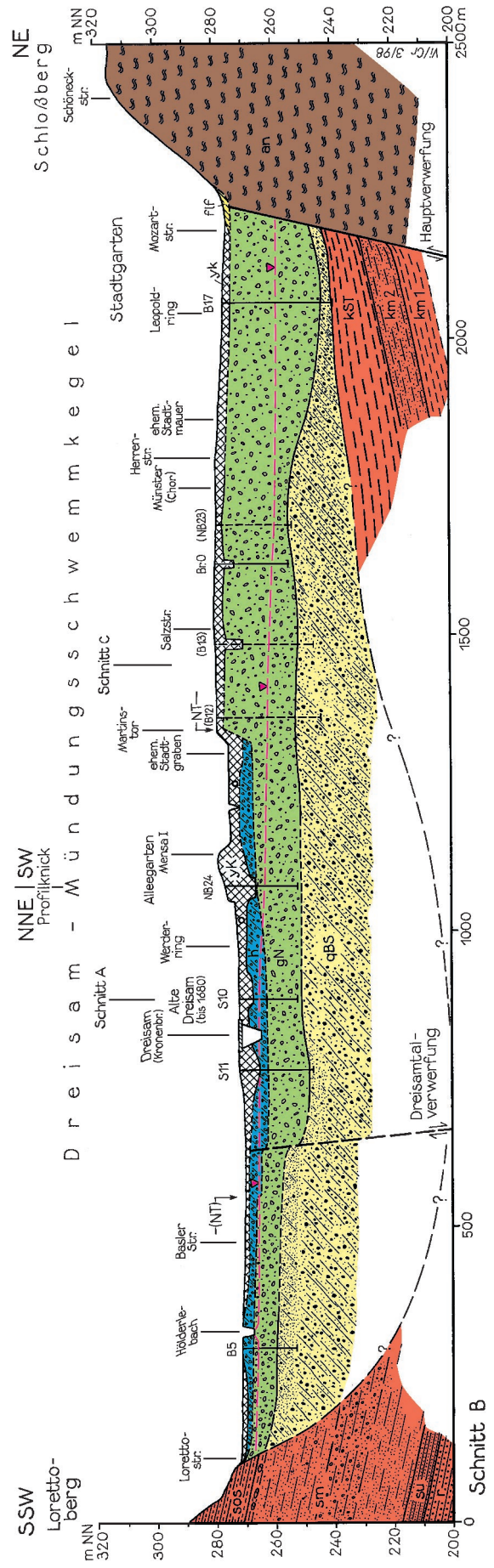
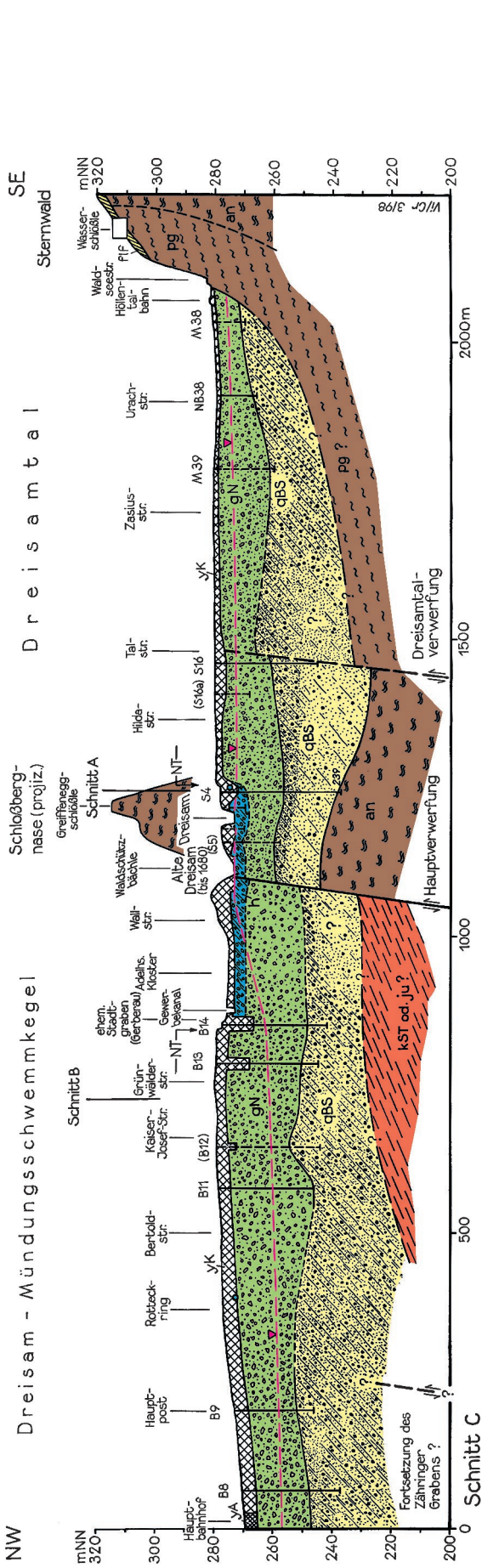
natürliche Topographie beträchtlich verändert haben und das Gelände heute durch den Trümmerschutt bis über 5 m aufgefüllt ist (Abb. 20: Schnitt C).

Am linken Rand der Aue fehlt das Hochgestade in der Wiehre etwa von der Johanniskirche bis ins Postbahnhofgelände ebenfalls. Dies ist entweder primär auf die Überschüttung der Niederterrasse mit mehrere Meter mächtigen, spätwürmzeitlichen Hochflut- und holozänen Auensedimenten durch vom Günterstal gekommene Gewässer (Hölderlebach usw.) oder/ und sekundär auf Überprägung durch die neuzeitliche Bebauung zurückzuführen. Zusätzlich könnten wiederum vom Günterstal her einmündende Gewässer eine „verdrängende“ Rolle gespielt haben. In jedem Fall hat die Dreisam hier als Folge ihres oben erwähnten „Rechtsdralls“ auch nach dem Austritt aus dem Gebirge keine solche deutliche Stufe in den Mündungsschwemmkegel eingeschnitten wie auf der gegenüberliegenden Seite. Endgültig verschwindet der linksseitige Erosionsrand in Haslach.



Abb. 19: Aue der Dreisam zwischen Ebnet (rechts) und Littenweiler (links) mit linksseitigem Erosionsrand der Niederterrasse

Der Terrassenrand wird durch den Gehölzstreifen markiert. Die dahinter schwach erkennbaren Gebäude stehen auf der Verebnungsfläche der Niederterrasse.







## 5 Grundwasserverhältnisse

### 5.1 Vorbemerkungen

Im vorliegenden Beitrag kann kein vollständiger hydrogeologischer Überblick über den Freiburger Raum gegeben werden. Hierzu sei auf die einschlägige Literatur verwiesen (zuletzt WENDT in GRO-SCHOPF et al. 1996, frühere zusammenfassende Übersichten gaben SAUER 1965, 1967 sowie HGK Freiburger Bucht 1979). Herausgegriffen werden sollen lediglich einige für den engeren Bereich des Freiburger Stadtgebiets wichtige Grundzüge der oberflächennahen Grundwasservorkommen. Näher angesprochen werden hier nur die Vorkommen in den Schottern und im Kristallinen Grundgebirge. Die mesozoischen Gesteine in den Bruchschollen des Lorettobergs und des Bereichs Herdern–Zähringen sind grundwasserarm, teils weil keine Grundwasserleiter entwickelt sind, teils weil die Schollen so zerrüttet sind (Abb. 13), daß in den Untergrund eingesickertes Niederschlagswasser nicht gespeichert wird, sondern unterirdisch in die angrenzenden Schotter abströmt.

### 5.2 Grundwasser in den Schottern der Dreisam

Die von der Dreisam und ihren Zuflüssen im Zartener Becken und in der Freiburger Bucht abgelagerten mächtigen Schotter enthalten in ihrem Porenraum größere Grundwassermengen. Sie werden von zahlreichen Gemeinden und Betrieben mittels Brunnenbohrungen zur Wasserversorgung genutzt, so auch von der Stadt Freiburg mit dem Wasserwerk Ebnet. Abb. 21 zeigt die Lage der Grundwasseroberfläche bzw. den Verlauf der Grundwasserhöhengleichen im Freiburger Raum als Abbild der Strömungsverhältnisse in den Schottern. Die Darstellung bezieht sich auf relativ niedrige Wasserstände, unterscheidet sich aber von höheren Ständen strukturell nur geringfügig.

Als Grundwasserleiter wirkt in erster Linie der obere Abschnitt der Schotterfüllung mit den frischen, durchlässigen Kiesen (vor allem die Niederterrassenschotter zuoberst), während der tiefere, schluffreiche Abschnitt (Breisgauschichten) als Grundwasserringleiter anzusprechen ist, in dem allenfalls einzelne weniger schluffige Kieslagen Wasser führen. Auch die Möslequellen der ältesten zentralen Wasserversorgung Freiburgs am Südrand des Dreisamtals beim Waldsee werden aus dem oberen Grundwasserleiter gespeist (s. auch Kap. 6.3).

Für den bei Ebnet (bei der 310-m-Linie in Abb. 21) das Zartener Becken verlassenden beträchtlichen Grundwasserstrom ermittelte FRIEG (1987: 63, 124) je nach Berechnungsmethode und verwendeten Eingangsgrößen Werte zwischen 170 und 750 l/s, wobei der zutreffendste Wert rd. 500 l/s (Mittelwert aus Querschnittsberechnung) sein dürfte. EHRMINGER (1993: 60) errechnete mit dem am Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Freiburg i. Br., entwickelten numerischen Grundwassermodell rd. 400 l/s für den Zeitraum Februar 1987 – Juni 1988. Diese Werte sind um die Grundwasserentnahmen aus dem Zartener Becken vermindert (etwa 300–500 l/s, durchschnittlich um 400 l/s).

Auf seinem weiteren Weg folgt der Grundwasserstrom dem Dreisamtal, wobei er in manchen Abschnitten durch Uferfiltrat aus dem Fluß verstärkt wird (z. B. oberhalb der Sandfangbrücke). Zwischen Hirzberg (Blauer Felsen) und Glümerhöhe (Weißer Felsen) verengt sich das Tal und damit auch der Querschnitt des Grundwasserleiters beträchtlich (bei der 290-m-Linie in Abb. 21), möglicherweise unter Beteiligung von querenden Verwerfungen. Deshalb werden in diesem Bereich Teile des Grundwasserstroms zum Austreten gezwungen, was zur Entstehung der Möslequellen am südlichen und von Quellaustritten in der Dreisam unterhalb der Sandfangbrücke am nördlichen Talrand geführt hat. Die Quellaustritte (vgl. WUNDT 1953: 54, FRIEG 1987: 53) sind durch die starken Grundwasserentnahmen in den letzten 100 Jahren zurückgegangen (SAUER 1967: 616). Die nicht mehr genutzten Möslequellen schütten mindestens  $1500 \text{ m}^3/\text{Tag} = \text{rd. } 17 \text{ l/s}$  (FUNK 1967: 7). Dadurch und durch Entnahmen aus gewerblichen Brunnen wird der Grundwasserstrom im weiteren Verlauf bis zum Übergang des Dreisamtals in den Mündungsschwemmkegel beträchtlich reduziert. Der Abstrom am Talausgang hat nach HGK Freiburger Bucht (1979: 68) im Zeitraum 1968–1974 nur noch 80 l/s, nach FRIEG (1987: 63) dagegen im Trockenjahr 1971 noch über 300 l/s betragen. Diese stark differierenden Werte dokumentieren, daß weitere Untersuchungen erforderlich sind.

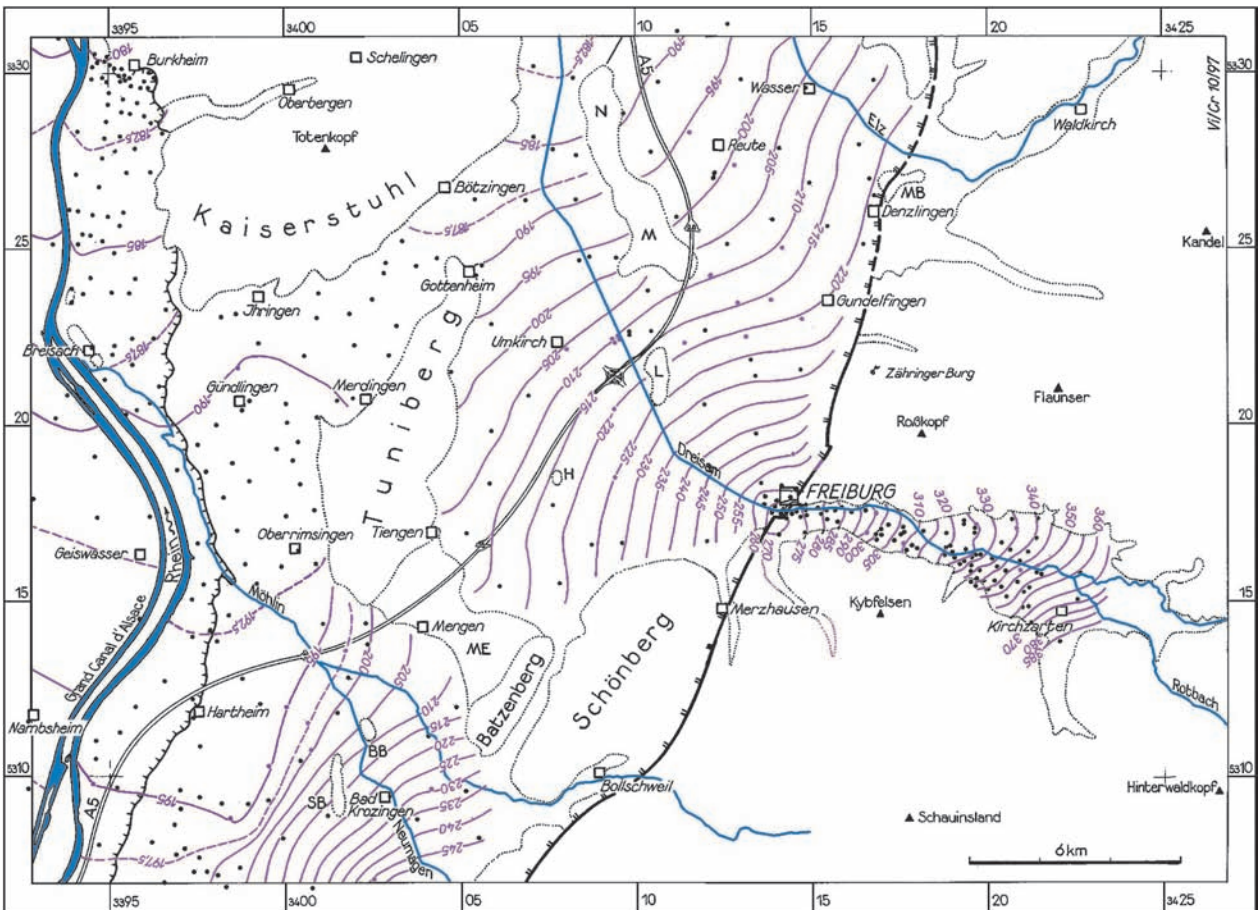
Das Grundwassergefälle beträgt im Dreisamtal, d. h. östlich der Hauptverwerfung, 11–12 ‰ (Beil. 2). Nach deren Überquerung wächst es im Mündungsschwemmkegel vorübergehend etwas an, um dann, bedingt durch die starke Querschnittsverbreiterung des Grundwasserleiters, stromabwärts immer mehr abzunehmen (von zunächst 9–10 ‰ auf <4 ‰). Als mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers werden für den oberen Abschnitt der Schot-

terfüllung je nach deren Durchlässigkeit und je nach dem Gefälle der Grundwasseroberfläche 2–10 m/Tag, im Stadtgebiet Freiburg bis 30 m/Tag angegeben, während sie im Bereich des Wasserwerks Hausen a. d. Möhlin in der Rheinebene zwischen 0,5 und 3 m/Tag beträgt (HGK Freiburger Bucht 1979, FRIEG 1987, HERDEG 1993, WENDT in GROSCHOPF et al. 1996).

Die niederschlagsbedingten Schwankungen der Grundwasseroberfläche betragen im Zartener Becken um 5–12 m, im Dreisamtal um 2–5 m (entlang der Dreisam meist weniger) und in der Freiburger Bucht um 1–2 m. Entsprechend schwankt der Flurabstand der Grundwasseroberfläche. Im langjährigen

Mittel beträgt er im Zartener Becken etwa 3–30m (bezogen auf 1987–1989 bzw. 1971–1986, nach HERDEG 1993: Abb. 10), im Dreisamtal etwa die Hälfte davon. Im Bereich des Mündungsschwemmkegels ist der Flurabstand im Altstadtbereich mit etwa 10–20 m am größten. Von dort nimmt er mit wachsender Entfernung bis auf unter 1 m im Mooswald ab (vgl. HGK Freiburger Bucht 1979: Karte IV), weil das Gefälle der Grundwasseroberfläche kleiner ist als das Oberflächengefälle des Mündungsschwemmkegels. In dessen äußerem Bereich tritt das Grundwasser da und dort sogar zutage.

In Beil. 2 ist die Grundwasseroberfläche im Bereich der Freiburger Stadtmitte detailliert dargestellt (für



Hauptverfurgung  
 Erosionsrand der Rhein-Niederterrasse (Ostrand der Rhein-Aue)  
 Morphologische Grenzen von Hügeln und Tälern  
 Grundwassermeßstelle  
 Linie gleicher Höhe der Grundwasseroberfläche (m NN, niedriger bis knapp mittlerer Stand: 9./10.9.1991, 10.8.1992, 22.7.1988)

Abb. 21: Karte der Grundwasseroberfläche in den quartären Lockergesteinen des Freiburger Raums  
 Die Darstellung beruht auf Stichtagsmessungen am 9./10.9.1991 im Oberrheingraben (nach HGK Oberrheinebene 1995, örtlich ergänzt), am 10.8.1992 im Stadtgebiet Freiburg und am 22.7.1988 im Zartener Becken. Der Verlauf der Grundwasserhöhengleichen repräsentiert im Oberrheingraben relativ niedrige, im Dreisamtal und Zartener Becken knapp mittlere Wasserstandsverhältnisse (Linienabstände 5 m, in der Rheinebene 2,5 m). In der Legende nicht aufgeführte Signaturen s. Abb. 11.

den Stichtag 10.8.1992 bei knapp mittlerem Wasserstand). Allerdings läßt die Zahl der Grundwassermeßstellen in der Wiehre sehr zu wünschen übrig, weshalb dort die Linienführung bei der Konstruktion der Grundwasserhöhengleichen weithin mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist. Die Dreisam hat im Stadtgebiet deutlichen Einfluß auf das Grundwasser: Ab unterhalb der Oberaubrücke bis zu den Schwabentor-/Greiffeneggbrücken infiltriert die Dreisam nach beiden Seiten ins Grundwasser. Danach, bis unterhalb der Kaiserbrücke, ist dieser Einfluß kaum mehr erkennbar, was durch die in den letzten Jahren neu hinzugekommenen Meßstellen recht gut zu belegen ist. Ab den Kronenbrücken nimmt die Infiltration der Dreisam wieder etwas zu, erreicht aber offenbar kein größeres Ausmaß.<sup>10</sup>

Die relativ starke Infiltration rechts der Dreisam und oberhalb der Schwabentorbrücke (mutmaßliche Größenordnung einige Zehner l/s am 10.8.1992) erzeugt eine auffallende, flußabwärts gerichtete Ausbuchtung der Isolinien 273 m bis 268 m, d. h. eine Aufhöhung der Grundwasseroberfläche zwischen dem Fluß und etwa der Wallstraße. Die in diesem Bereich hochliegende Grundwasseroberfläche ist nicht nur durch die Meßstelle S 7 direkt nachgewiesen. Sie wird auch gestützt durch die beim Schwesternhaus des St. Elisabeth-Krankenhauses notwendige Drainage der Fundamente durch laufendes Abpumpen und Ableiten in den Waldschützbach (in Beil. 2 östlich der Meßstelle S 7) und durch die frühere Existenz einer Quelle im Garten der ehemaligen Villa Waldschütz (Bereich um den heutigen Greiffeneggring). Betont wird die Konfiguration der Isolinien noch durch steiles Abfallen der Grundwasseroberfläche nördlich der Wallstraße bis zur Altstadt, was auf eine Verringerung der Schotterdurchlässigkeit in diesem Bereich zurückgehen könnte.

Im Bereich des Grundwasserrückens verläuft auch das ehemalige Flußbett der Dreisam (Beil. 1 u. 2), das beim Ausbau der Stadtfestung unter Leitung von VAUBAN um 1680 zugeschüttet wurde und bis auf ein Reststück zwischen Greiffeneggring und Luisenstraße im Bereich des ehemaligen Festungsgrabens nicht mehr sichtbar ist (Abb. 20: Schnitte). Die Auffüllung dürfte jedoch keine wesentliche Auswirkung auf die Lage der Grundwasseroberfläche haben, da sie sich in Richtung der Grundwasserströmung erstreckt und nicht tief ins Grundwasser reicht. Die von mancher Seite geäußerte Vermutung, eine unter der Oberfläche bleibende, überschotterte Gneisschwelle als unterirdische Fortsetzung des Schloß-

bergsporns bewirke die Grundwasseraufhöhung, trifft nicht zu, weil eine solche Struktur nicht existiert (Kap. 6.2).

Der Gewerbekanal, der bis zur Universität und weiter nach Westen weitgehend einem der ehemaligen Dreisamläufe folgt bzw. daraus hergestellt wurde, verläuft 10–12 m über der Grundwasseroberfläche (zwischen Schwabentorring und Insel etwa 5–10 m, bezogen auf den 10.8.1992). Versickerungsverluste des Kanals kommen somit dem Grundwasser zugute. Ähnliche Verhältnisse, wenn auch bei wesentlich geringerem Abstand zum Grundwasser, herrschen beim Kronenmühlebach südlich der Dreisam.

## 5.3 Grundwasser im Kristallinen Grundgebirge

Kristallingesteine enthalten gewöhnlich nur geringe Grundwassermengen, so auch in der Freiburger Umgebung. Ursache ist das sehr geringe Speichervermögen dieser Gesteine, welches wiederum auf den geringen Anteil wasserwegsamere Gesteins Hohlräume zurückgeht. Trotz des hohen Niederschlagsdargebots von 900–1100 mm/Jahr kann allenfalls in Kluft- und Vergrusungszonen etwas Sickerwasser in den Untergrund eindringen und zu einer bescheidenen Neubildung von Kluftgrundwasser führen. Lediglich im Bereich von Hangschuttdecken, wie sie z. B. in kleinen Tälchen und Hangmulden auftreten, sind die Verhältnisse ein wenig günstiger, weil sich etwas Porengrundwasser ansammeln kann. Trotzdem fließt nahezu das gesamte von Verdunstung und Vegetation nicht aufgezehrte Niederschlagswasser oberflächlich ab.

Infolge der häufigen Niederschlagsereignisse gibt es im Kristallinen Grundgebirge zwar viele schwache Wasseraustritte, die nach der Schneeschmelze im Frühjahr bzw. in niederschlagsreichen Zeiten kurzfristig bis über 1 l/s schütten können, dann aber schon nach kurzer Trockenheit rasch zurückgehen und häufig versiegen. Der Altstadt am nächsten gelegen sind einige solcher unsteter Quellaustritte am Westhang des Schloßbergs unterhalb des Burghalderings (Bereich Faule Brunnen–Schöneck). Quellen, die vom Kluftgrundwasser oder aus Hangschuttdecken gespeist werden und länger aushalten, sind dagegen eher selten. Solche Wasseraustritte sind häufig für laufende Brunnen gefaßt, z. B. der Obere Faule Brun-

<sup>10</sup> Für die Linienkonstruktion in diesem Bereich gab Herr WEISS vom städtischen Umweltschutzamt wertvolle Hinweise.

nen beim Restaurant Dattler am Schloßberg, der Katharinenbrunnen am Beginn des Immentals, der Silberbrunnen am Hirzberg, der Odilienbrunnen in St. Ottilien und das Jägerbrünnele bei Günterstal (alle mit Schüttungen von höchstens einigen Zehnteln l/s). Einzelne Quellen sind für private Zwecke gefaßt (z. B. eine Quelle nordöstlich Restaurant Dattler).

Quellen mit anhaltenden Schüttungen über 1 l/s sind in der näheren Umgebung von Freiburg nur verein-

zelt zu finden. Die Wasserversorgung der Freiburger Ortsteile Kappel und Günterstal stützt sich auf eine Vielzahl von Quelfassungen, die fast alle durchschnittlich um 0,5–1 l/s schütten: Günterstal nutzt 40 Quellen im oberen Bohreratal mit zusammen um 8 l/s Schüttung, Kappel 15 Quellen im obersten Großtal mit zusammen 15–20 l/s, darunter jedoch eine Stollenfassung mit Wasser aus dem ehemaligen Schauinsland-Bergwerk, die allein etwa die Hälfte der Gesamtschüttung liefert.

## 6 Zur Entstehung von Freiburg aus geologischer Sicht

### 6.1 Natürliche Voraussetzungen

Man sollte im Raum Freiburg eigentlich eine frühe Besiedelung erwarten, bietet doch die natürliche Situation, wie sie sich im Laufe der jüngeren Erdgeschichte herausgebildet hat, für eine Ansiedlung mindestens so gute Bedingungen wie die Niederterrasse bei Kirchzarten für die Keltensiedlung Tarodunum: Wasserreichtum, annehmbare Böden, reichlich Wild, Fische, Holz und Bausteine sowie vorteilhafte Geländebeschaffenheit, verkehrsgünstige Lage an einem uralten Handelsweg über den Schwarzwald (FINGERLIN 1995: 18) und nicht zuletzt günstige klimatische Verhältnisse. Spuren einer Besiedelung des engeren Freiburger Stadtbereichs vor dem Hochmittelalter sind aber bisher nicht belegt, sieht man von den Funden einiger römischer Mosaikreste auf dem Schloßberg und römischer Scherben in Altstadtgrabungen ab (FINGERLIN 1996: 29). Wie die Mosaikreste auf den Schloßberg kamen, ist allerdings unklar. Gefunden wurden sie im Schutt der Befestigungen des 17./18. Jahrhunderts.

Das Dreisamtal selbst, genauer die Aue der Dreisam, war zwar für eine frühe ständige Besiedelung wenig geeignet, weil sie bis in die Neuzeit hinein von zeitlich und räumlich wechselnden, verästelten Flußläufen durchzogen und häufig von Überschwemmungen betroffen wurde. Dies zeigen auch Darstellungen der Stadt im 17./18. Jahrhundert, in denen z. T. noch der alte Zustand der Dreisam zu erkennen ist (DIEL et al. 1988: z. B. 272, 494, 534). Doch bot der seit Jahrtausenden nicht mehr überflutete höchste Teil des pleistozänen Mündungsschwemmkegels der Dreisam unmittelbar nordwestlich der Schloßbergnase beste Voraussetzungen als hochwassersicheres Siedlungs- und Weideland in zusätzlich dominierender Lage. Seine Oberfläche ist schildförmig aufgewölbt und weist ein gleichmäßiges Gefälle nach Westen und Norden auf (südlich Oberlinden–Grünwälderstraße–Löwenstraße nach Süden). Dieses Gefälle ist natürlich entstanden, weitgehend auch in seiner Gleichmäßigkeit. Es mußte nicht erst durch anthropogene Aufschüttungen erzeugt werden, um im Hochmittelalter das Bächlesystem anlegen zu können (Kap. 6.4), wie das meist angenommen wird (DIEL 1981: 42, UNTERMANN 1995b: 225, 1995c, 1996a: 111, KALCHTHALER 1997: 74, LÖBBECKE 1997: 127 und andere Autoren).

Zuoberst liegt als Substrat der im Holozän entwickelten Böden eine lehmige, spätwürmzeitliche Deckschicht (Decklage und örtlich Hochflutlehm, Kap. 2.4.3) über wasserdurchlässigem Niederterrassenschotter aus der Zeit des Hauptwürms. In der ar-

chäologischen Literatur wird für diese lehmige Deckschicht häufig der hier nicht zutreffende Begriff Auelehm verwendet. Auch Bezeichnungen wie Schwemmlöß und dergleichen sind nicht korrekt, weil mit diesen Begriffen bestimmte geogenetische Definitionen verknüpft sind. Ebenso sollte der bei den Archäologen oft benutzte Begriff „Kiesel“ (z. B. BEYER 1992, PORSCHE 1994, UNTERMANN 1995a), vermieden und statt dessen von Geröllen gesprochen werden. Die etwa 0,3–0,7 m mächtige Deckschicht ist üblicherweise bräunlich, im Altstadtbereich – soweit sie infolge der starken, seit dem Hochmittelalter währenden Bautätigkeit überhaupt noch erhalten ist – jedoch oben oft grau verfärbt. Dies ist eine Folge anthropogener Verdichtung des Lehms durch Begehen, Befahren, Auflagerung und/oder zusätzliche Feuchtigkeitzufuhr (z. B. durch Wässerung). Wo örtlich Holzkohle in dem Lehm erhalten ist, deutet das auf unmittelbare anthropogene Einflüsse und Umlagerung des Substrats.

Nicht zufällig folgt dem heutigen Scheitelbereich des Mündungsschwemmkegels der Straßenzug Oberlinden–Salzstraße, der als Teil des uralten Verkehrswegs über den Schwarzwald angesehen wird. Topographisch am höchsten liegt das Geländedreieck zwischen dem Steilhang des Schloßbergsporns und dem an dessen Spitze einsetzenden Erosionsrand gegen die tiefer liegende Aue der Dreisam. Dort zweigte von dieser Route seit alters her der Weg nach Norden ab (Oberlinden–Herren- bzw. Konviktsstraße).

Spätestens die Herrschaftsträger des frühen Hochmittelalters, die Zähringer, haben die strategische Bedeutung dieses Platzes erkannt und mit einem burgähnlichen Gebäude gesichert. BEYER (1992: 61, 1997) bezeichnet dieses Gebäude als „Grafenhof“. Noch ältere Gebäude aus dem 9. Jahrhundert nimmt BEYER (1996b: 7) in der nahe gelegenen Münzgasse an. Mit dem Grafenhof waren sowohl die wichtige Weggabelung als auch der Dreisamübergang zu kontrollieren, Aufgaben, die später, ab etwa 1090, die neue Burg der Zähringer auf dem Schloßberg und die 1091 gegründete Siedlung Freiburg übernahmen. Überdies beherrschte der befestigte Posten die ihm zu Füßen liegende, schon im Jahr 1008 urkundlich bezeugte, lockere Gewerbesiedlung Wiehre (ZOTZ 1996: 56 ff., SCHADEK 1996: 61) im Bereich der Dreisam bzw. des von ihr abgeleiteten Gewerbebachs (Alte Runz), dem heutigen Gewerbekanal. Dieser war schon damals mit Wehren zur Nutzung der Wasserkraft versehen und hatte erhebliche wirtschaftliche Bedeutung. Die damalige Hochwassergefährdung in der Aue legt nahe, daß sich die eigentliche Wohnsiedlung der Wiehre mit dem

Weideland unmittelbar benachbart auf der erhöhten Niederterrasse erstreckte, wo tatsächlich alte Siedlungskerne in der heutigen Freiburger Altstadt diskutiert werden. Um 1100 haben dort auch Silber verarbeitende Betriebe bestanden (UNTERMANN 1995a). Für diese Lage der Siedlung spricht ferner die Situation der viel früher entstandenen Dörfer Haslach, Betzenhausen und Lehen, deren alte Ortskerne ebenfalls auf der Niederterrasse liegen (Abb. 16).

Möglicherweise besteht ein zeitlicher Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Gewerbesiedlung Wiehre in der Aue und dem im 10. Jahrhundert einsetzenden und bis etwa 1300 dauernden Kleinen Klimaoptimum (ein späteres Ende des Kleinen Klimaoptimums, um 1400 oder sogar 1550 könnte aus den Statistiken von MÜLLER 1947 gefolgert werden). Die Hochwassergefährdung dürfte in dieser Wärmeperiode zurückgegangen und damit der Auenbereich besser erschließbar geworden sein. Welch schwere Überschwemmungsschäden, Mißernten und dadurch ausgelöste Hungersnöte und Seuchen umgekehrt die spätere Klimaverschlechterung wäh-

rend der Kleinen Eiszeit ab Mitte des 16. Jahrhunderts mit sich gebracht hat, ist auch von Freiburg eindrucksvoll belegt (BUSCELLO 1994: 95 ff.). Nach Untersuchungen zum Klima der Neuzeit in der Schweiz umfaßt die Kleine Eiszeit den Zeitraum 1565–1895. Die damit verbundene „Neuzeitliche Gletscherhochstandsphase“ begann schon etwa 100 Jahre vorher (PFISTER 1985: 117, 149, Abb. 22 u. 28). Die Gewalt der Dreisamhochwässer zeigte auch die Katastrophe am 8. März 1896, als trotz bereits erfolgtem Ausbau der Dreisam (Kap. 6.2) neben vielen anderen Brücken auch die Schwabentorbrücke von den verheerenden Fluten zerstört wurde (Abb. 22). Der Abfluß der Dreisam hat damals in der Stadt 260 m<sup>3</sup>/s betragen (ROSSHIRT 1898: 111). Zum Vergleich: Am Pegel Ebnet wurde im Zeitraum 1941–95 der mittlere Abfluß mit 5,62 m<sup>3</sup>/s und der seit 1896 höchste bei dem Jahrhunderthochwasser am 22.12.1991 mit 233 m<sup>3</sup>/s gemessen (Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch 1997: 71).

Die strategische Bedeutung der Erosionsstufe zwischen Niederterrasse und Aue wird auch aus dem



Abb. 22: Beim Hochwasser der Dreisam am 8. März 1896 zerstörte Schwabentorbrücke

Beim Einsturz der Brücke kamen zwei die kritische Lage inspizierende Beamte ums Leben, während sich der damalige Oberbürgermeister von Freiburg (OTTO WINTERER) gerade noch retten konnte (SCHADEK 1989: 106; Photo: RÖBCKE, 9. März 1896, Stadtarchiv).

in Beil. 1 dargestellten Verlauf der hochmittelalterlichen Stadtmauer ersichtlich. Sie wurde um 1120–1150 (oder etwas früher) unter BERTOLD V. errichtet und um 1200–1210 stark ausgebaut (PORSCHKE 1994: 123 f., STEUER 1995: 118, UNTERMANN 1996a: 96, 117). Die Stadtmauer folgt vom Schwabentor, das am höchsten Punkt des Dreisam-Mündungsschwemmkegels, an der Südspitze des oben erwähnten Geländedreiecks, in beherrschender Spornposition um 1265 errichtet wurde, bis westlich des Martinstors (erbaut um 1202, SCHADEK 1997: 17, 61) dem Terrassenrand (Abb. 23). Zusammen mit dem ehemaligen, am Fuß der Stufe angelegten, flutungsfähigen Stadtgraben (entlang der heutigen Gerberau) bot diese Situation bis zur Anlage der gewaltigen VAUBANSchen Fortifikation ab 1680 (1744/45 geschleift) ausreichenden Schutz.

Auf der Niederterrasse südlich der Dreisam erstreckte sich das ebenfalls schon 1008 bezugte Dorf Adelhausen, das von Acker- und Weinbau geprägt war. Seine Lage im Bereich der heutigen Unterwiehre, westlich der mittleren Kirchstraße (Abb. 16), ergibt sich u. a. aus einem Plan um 1675 in DIEL et al. (1988: 49). Diese Position erscheint zwar strategisch weniger günstig, aber dort, im verlängerten Mündungsbereich des Günterstals, gab es wahrscheinlich landwirtschaftlich besser nutzbare Böden, die sich aus den holozänen lehmigen Auensedimenten des Hölderlebachs über dem Niederterrassen-



Abb. 23: Rekonstruierte Schürze der mittelalterlichen Stadtmauer am Augustinerplatz

Schürze und Mauer folgen der Erosionsstufe zwischen der Verbnungsfläche der Niederterrasse (rechts oben) im Bereich des Mündungsschwemmkegels und der südlich (links) anschließenden Aue der Dreisam. Die ursprünglichen natürlichen Niveauunterschiede sind durch anthropogene Aufschüttungen und sonstige bauliche Veränderungen bei und nach der Anlage der Stadtbefestigung verwischt. Die Mauerschürze befestigte den Steilabfall gegen den ehemaligen tiefen Stadtgraben.

schotter der Dreisam entwickelt haben. Dies und die vor Hochwässern sichere Lage zwischen Dreisam-Aue im Norden, Hölderlebach im Westen und Amselfächle im Süden (das einer talparallelen schwachen Senke etwa entlang der Urachstraße folgt, Beil. 1, Abb. 20: Schnitt C) könnten Gründe für die Ansiedlung von Kloster und Dorf Adelhausen in diesem Bereich gewesen sein.

## 6.2 Flußübergang und Dreisambett

Der Ost–West-Fernweg verlief, von Ebnet her kommend, auf der hochwassersicheren Niederterrasse südlich der Dreisam und überquerte den Fluß und seine überflutungsgefährdete Aue im Bereich der heutigen Schwabentorbrücke. Diese Stelle war prädestiniert, weil dort der Abstand zwischen den erhöhten Niederterrassen beiderseits der Dreisam am geringsten und damit die gefährdete Strecke durch die Aue am kürzesten ist (Abb. 17, Beil. 1). Der Flußübergang mußte bis zum Bau der ersten, wohl mittelalterlichen Holzbrücke in einer Furt erfolgen. In der Literatur sind in diesem Bereich („unterhalb der Schwabentorbrücke“) wiederholt eine Schwelle bzw. im Dreisambett anstehende Gneisrippen als zugeschottete Fortsetzung der Schloßbergnase erwähnt (LAIS 1914: 683, GUENTHER 1935: 46, WUNDT 1953: 49, HÜTTNER & WIMMENAUER 1967: 115, SCHWINKÖPER 1975: 12, SAUER 1984: 322). Bemerkenswert ist jedoch, daß STEINMANN & GRAEFF (1890) in ihrem breit angelegten Führer nichts über Gneisschwellen im Dreisambett berichten. Von den späteren Autoren wurden z. T. Zusammenhänge mit dem Flußübergang, der wenig flußabwärts querenden Hauptverwerfung (Beil. 1) und mit Stromschnellen bzw. kleinen Wasserfällen in diesem Bereich gesehen.

Solche Zusammenhänge sind jedoch aus heutiger Sicht zu verneinen, denn weder gibt es in der Dreisam anstehenden Gneis noch ist die vorübergehende Gefällsverteilung des Flußbetts unterhalb der heutigen Greiffeneggbrücke (Bereich der sog. Pritsche, Abb. 24) natürlichen Ursprungs. Die erstgenannte Aussage ist aufgrund neuerer Bohrergebnisse möglich: Vor dem Bau der Greiffeneggbrücke zu beiden Seiten der Dreisam im Jahr 1961 abgeteufte Baugrundbohrungen wiesen nach, daß bis in über 8 m Tiefe (< 270 m NN) Schotter mit großen Geröllen ansteht (Blöcke bis fast 40 cm Durchmesser). Von den viel tieferen Erkundungsbohrungen für den geplanten Stadttunnel der Bundesstraße 31 (S 2,

S 4–S 6) hat in diesem Bereich nur die Bohrung S 4 unter den Schottern das Kristalline Grundgebirge angetroffen und zwar erst in 39 m Tiefe (Beil. 1, Abb. 20: Schnitte A u. C). Bei den in der Literatur genannten Gneisrippen dürfte es sich deshalb entweder um nach der Dreisamkorrektur (im Stadtgebiet erfolgte diese zwischen 1822 und 1824) künstlich in das Flußbett eingebaute Schwellen zur Befestigung der erosionsgefährdeten Sohle handeln, oder es waren früher im Dreisambett größere, im Schotter enthaltene Gneisblöcke (Kap. 4.1) so freigelegt, daß der Eindruck von „gewachsenem“ Fels entstand.

Die Befestigung der Dreisamsohle mit Querschwellen (zunächst Faschinen) war nämlich schon bis Ende der 1840er Jahre auf der ganzen Strecke notwendig geworden. Besonders nach den schweren Hochwässern der Jahre 1851 und 1872 wurden schließlich im Stadtgebiet die Ufer der Dreisam mit Felsstücken gepflastert und auch die Sohlschwellen verstärkt (Grossh. Oberdirektion 1887: 51 f., 55). Der Hinweis von HÜTTNER & WIMMENAUER (1967: 115) auf Felsen an der Schwabentorbrücke ging nicht auf eigene Beobachtungen zurück, sondern stützte sich auf Literaturangaben (Mitteilung von Dr. HÜTTNER im Jan. 1998), vor allem wohl auf GUENTHER (1935: 46). Dieser erwähnte, daß im Jahr 1896 bei Ausbesserungsarbeiten unterhalb der Brücke anstehender Gneis des Schloßbergs festgestellt worden sei. In den Akten des Stadtarchivs (C 4 Wasserbau XVII/2/8) befindet sich dazu ein Artikel der Freiburger Tagespost (Nr. 214) vom 13.9.1933 mit dem Titel „Die neue Dreisampritsche bei der Schwabentorbrücke“. Darin heißt es u. a.: „Unter der Pritsche liegt hartes Felsgestein.“ Im weiteren Text wird jedoch beschrieben (in Übereinstimmung mit Planzeichnungen in den Akten), daß im Bereich der neuen Pritsche „50 neue dicke Pfähle von 2–3 Meter Länge“ in den Untergrund gerammt worden sind, um die neuen Sohlschwellen zu befestigen. Auch wenn die Eichenholzpfähle mit Eisenbändern an der Spitze versehen waren, ist es unmöglich, sie in anstehenden Fels aus „Urgestein“ (hier Metatexite) einzutreiben. Dieser Bericht belegt folglich ebenfalls, daß es keine Felsschwelle in der Dreisam bei der Schwabentorbrücke gibt.

Da somit die Dreisamsohle nicht durch anstehendes Kristallingestein festgelegt ist, kann die heute mit Rundhölzern gesicherte Steilstrecke unterhalb der Greiffeneggbrücke (Abb. 24) keine natürliche Ursa-

che haben, auch wenn der Fluß nur 100 m flußabwärts der Gefällsstrecke die Hauptverwerfung quert. Bei Schotteruntergrund könnte ein solcher Gefällsbruch gar nicht erst entstehen, geschweige sich über längere Zeit erhalten. Deshalb ist davon auszugehen, daß er beim hochwassersicheren Ausbau der Dreisam 1822–24 als Übergang<sup>11</sup> zwischen beibehaltenem Oberlauf und neuem Unterlauf der Dreisam künstlich geschaffen wurde: Im Bereich des Mündungsschwemmkegels wurde die Dreisam zwischen 1817 und 1845 nach Vorschlägen von TULLA von Freiburg bis zur Mündung in die Elz bei Riegel korrigiert. Sie erhielt einen begradigten, tiefer gelegten und mit Dämmen versehenen neuen Lauf. Die Dreisam floß in diesem Abschnitt infolge ihres geringen und flußabwärts weiter abnehmenden Gefälles in vielen Windungen, und ihr Bett lag nur wenig tiefer als das umgebende Gelände. Sie brach deshalb bei jedem nennenswerten Hochwasser aus und verwüstete weite Landstriche mit zahlreichen Dörfern (Grossh. Oberdirektion 1887: 48 ff.). Auf solche Überschwemmungen geht auch die z. T. mehrere Meter mächtige Hochflut- und Auensedimentdecke zurück, die während des Spätwürms und Holozäns bis zur Dreisamkorrektur im äußeren Bereich ihres Mündungs-



Abb. 24: Gefällsverteilung der Dreisam unterhalb der Greiffeneggbrücke

Das Flußbett ist in diesem Bereich mit einer sogenannten Pritsche aus Holzstämmen befestigt; im Hintergrund der obere Schloßberg.

<sup>11</sup> Planunterlagen zu diesem Übergang aus der Bauzeit waren trotz eigener Recherchen bei verschiedenen Ämtern (u. a. Stadtarchiv) nicht aufzufinden. Schon frühere Nachforschungen waren ebenso ergebnislos geblieben, wie die Herren WEISS vom Umweltschutzamt der Stadt Freiburg sowie HAJEKHAUS vom Landratsamt Emmendingen (früher Regierungspräsidium Freiburg) freundlicherweise mitteilten.



schwemmkegels über den Niederterrassenschottern abgelagert wurde (Kap. 4.1).

Flußaufwärts der Schwabentorbrücke konnte man sich bei der Dreisamkorrektur dagegen darauf beschränken, dem bestehenden Flußlauf ein regelmäßiges Profil zu geben und nur die Ufer zu befestigen (Ausführung vor allem in den 1830er Jahren, Grossh. Oberdirektion 1887: 51). Die Dreisam hat dort ein erhebliches Gefälle, war von jeher stärker eingetieft und deshalb in der relativ schmalen Aue nur von einem kleinen Überschwemmungsbereich begleitet.

Für die Platzierung des Gefällsbruchs am Übergang zwischen Ober- und Unterlauf, d. h. zwischen Dreisamtal oberhalb und Mündungsschwemmkegel unterhalb der Freiburger Stadtmitte, dürfte die Existenz der Schwabentorbrücke mitentscheidend gewesen sein. Wäre die Dreisam auch noch ein Stück weit flußaufwärts der schließlich gewählten Stelle an der heutigen Pritsche tiefer gelegt worden, hätte man die Brücke aufwendig neu bauen müssen. Außerdem wird der Einlauf des Kronenmühlbachs, der sich heute an dieser Brücke befindet, bei den Planungen eine Rolle gespielt haben:

Nach Angaben aus dem 15. Jahrhundert und den Kartendarstellungen des 16./17. Jahrhunderts (SCHÜLE & SCHWINEKÖPER 1988: 117 sowie Großer SIKKINGER-Plan von 1589 und MERIAN-Plan von 1644, Augustinermuseum 1995: Abb. auf S. 76 u. 94/95, s. auch DIEL et al. 1988: 35) wurde der damalige Dreisamlauf in der südlich angrenzenden Aue von einem durchgängigen Gewerbebach begleitet (urkundlich erstmals 1272 erwähnt), der unterhalb der Sandfangbrücke von der Dreisam abzweigte. Beim Bau der Stadtbefestigung durch VAUBAN ab 1680 wurde die Dreisam ab der Schwabentorbrücke bis etwa zum heutigen Faulerbad nach Süden verlegt (alter Lauf s. Beil. 1), wobei im oberen Abschnitt für den neuen Lauf z. T. dieser Gewerbebach benutzt worden sein dürfte. Dadurch wurde dessen durchgängiger Lauf unterbrochen und der später Dillenmühlbach genannte obere Abschnitt mündete vor der Schwabentorbrücke wieder in die Dreisam. Der untere Abschnitt blieb als Kronenmühlbach erhalten, aber mit dem Einlauf samt Dreisamwehr erst an der Kronenbrücke. Nach 1744, anderen Anga-

ben zufolge schon bald nach 1698<sup>12</sup>, wurde der Einlauf etwas flußaufwärts in den Bereich zwischen dem heutigen Luisen- und Mariensteg verlegt. Darstellungen des ausgehenden 18. Jahrhunderts<sup>13</sup> zeigen den Einlauf wenig unterhalb der Schwabentorbrücke, wozu auch hier ein Wehr in der Dreisam gehörte.

Nach der Dreisamkorrektur von 1822–24 im Stadtgebiet begann der Kronenmühlbach ("Mühlbach"), bedingt durch die Vertiefung des Dreisambetts, wieder erst zwischen dem später erbauten Marien- und Luisensteg, wie die nunmehr präzisen Karten zeigen (z. B. RÖSCH-Plan 1825 und LERCH-Plan 1852 in Augustinermuseum 1995: Abb. 4 auf S. 44/45 u. 47, SCHILL 1862: Taf. 1). Der Dillenmühlbach mündete etwas unterhalb der Schwabentorbrücke zwar wieder in die Dreisam, verzweigte sich aber vorher noch in mehrere Bewässerungsgräben, die sich in den damaligen Wiesen im Bereich beiderseits der heutigen Uhlandstraße verloren. Diesen Zustand zeigt z. B. der Stadtplan von BOLIA noch um 1870 (Maßstab 1 : 6 000). 1873/74 erfolgte die Verbindung von Kronenmühl- und Dillenmühlbach (SCHÜLE & SCHWINEKÖPER 1988), ausgelöst – wie viele andere, frühere Veränderungen der Bacheinläufe – durch ein Hochwasser (26.5.1872), bei dem erneut die Dreisamwehre zerstört wurden. Nach dem Zusammenschluß war annähernd der frühere Zustand eines in der südlichen Aue durchgehenden Gewerbebachs wieder hergestellt (Beil. 1), wie er bis 1680 bestanden hatte. Der Dillenmühlbach wurde nach dem 2. Weltkrieg beseitigt, weil er nicht mehr benötigt wurde.

Während der Belagerung Freiburgs im September 1744 schnitten die französischen Truppen die Stadt von der Wasserzufuhr ab, indem sie die Dreisam oberhalb der Abzweigung des Gewerbebachs bei der Sandfangbrücke absperren und umleiteten (VOGEL 1988: 65). Den ungefähren Verlauf der Umleitungsstrecke zeigen Pläne in DIEL et al. (1988: 476 bis 486). Dazu wurde in nur fünf Tagen ein Kanal gegraben, der – den Anstieg zur Niederterrasse überwindend – nach Südwesten durch das heutige Stadthallengelände führte. Im weiteren Verlauf, etwa entlang Andlawstraße und Urachstraße, benutzten die Kanalbauer offenbar die flache morphologische Depression parallel zum südlichen Talrand, die als

<sup>12</sup> Die Pläne in DIEL et al. (1988: z. B. 99, 385, 531) zeigen den Einlauf bis 1744 durchweg an der Kronenbrücke, während nach den in SCHÜLE & SCHWINEKÖPER (1988: 106 f.) zitierten alten Protokollen der Kronenmühlbach „bald nach 1698“ mit dem Einlauf weiter oberhalb wiederhergestellt worden sei.

<sup>13</sup> Gemarkungsplan von 1786 (SCHÜLE & SCHWINEKÖPER 1988: 98, Abb. 26) und SCHMITTSche Karte von Südwestdeutschland 1797 (Blatt 17 Freiburg, Nachdruck des Landesvermessungsamts Baden-Württemberg). Eine nicht maßstäbliche Skizze vom 18.6.1805 (Verfasser: FISCHER) läßt dagegen eher auf einen Einlauf weiter unterhalb schließen (Stadtarchiv, C 1 Wasserbau, 12/1).

Sammelrinne der vom Sternwald bzw. Bromberg abfließenden Bäche fungierte und aus der heute noch das Amselebächle Zulauf erhält. Der Kanal bog, den alten Plänen zufolge, etwa nahe dem Westende der Urachstraße ab, um nördlich am Annaplatz und am Hölderlebachknie vorbei wieder die Aue der Dreisam zu erreichen. Etwa über Postbahnhof und Staudingerschule weiterführend, mündete der Kanal schließlich nördlich von Haslach in den Kronenmühlebach.

## 6.3 Quellfassungen und Brunnen

Für jede Ansiedlung ist die Versorgung mit Trink- und Brauchwasser von existentieller Bedeutung. Im Freiburger Raum war und ist Wasser reichlich vorhanden, lediglich seine Gewinnung ist nicht überall einfach. Das galt schon für das mittelalterliche Freiburg. Das ergiebige Grundwasservorkommen im Niederterrassenschotter hätte zwar mit Brunnen-schächten erschlossen werden können, was aber angesichts der tiefen Lage der Grundwasseroberfläche (Kap. 5.2) sowohl beim Abteufen wie bei der täglichen Wasserförderung für den normalen Bürger mühsam gewesen wäre. Zudem wurde das Grundwasser durch die zahlreichen, den etwaigen Hausbrunnen zwangsläufig unmittelbar benachbarten Latrinenschächte (Tiefe bis 6,6 m, UNTERMANN 1996a: 112) ständig gefährdet und sicher auch verunreinigt.

Es ist deshalb davon auszugehen, daß die vielgerühmte zentrale Quellwasserversorgung der Stadt schon bei oder kurz nach der Stadtgründung eingerichtet wurde (KÜHL 1992: 211, UNTERMANN 1996b: 497), zumal man bisher nur wenige alte Schachtbrunnen gefunden hat (in offenbar privilegierten Gebäuden). Die Wasserversorgung mit Laufbrunnen, die durch Beileitung von Quellwasser in hölzernen Deicheln aus Fassungen im „Mösle“ (beim heutigen Waldsee, Abb. 25) und vorübergehend auch aus Fassungen im „Grien“ (zwischen Kartäuserstraße und Dreisam) gespeist wurden (UNTERMANN 1996b: 499), ist 1317 erstmals urkundlich erwähnt (FUNK 1967, ECKER 1996: 489). Dieses System war in Betrieb, bis das Grundwasserwerk Ebnet gebaut wurde und mit dem ersten Wasserbehälter am Schloßberg die moderne Zentralversorgung aller Häuser 1875 in Betrieb ging (FUNK 1967: 8). Danach dienten die Möslequellen (eigentlich Sickerfassungen, d. h. Rohre mit Schlitz zum Wassereintritt) noch bis 1945 zur Speisung der Laufbrunnen in der Stadt. Seither fließen die Quellen ungenutzt ab.

Die Zuleitung von Quellwasser aus dem Areal des Schloßbergs wäre zwar möglich gewesen, kann aber angesichts der nur gering und unzuverlässig schüt-tenden Quellen (Kap. 5.3) allenfalls für einzelne Gebäude in Frage gekommen sein. Die nächstgele-genen Quellen sind die beim Oberen Faulen Brunnen (Beil. 1). Es gibt jedoch offenbar keine Hinweise auf eine frühere Wasserleitung von dieser oder anderen hochliegenden Quellen. Die Versorgung des Herrschersitzes an der Weggabelung Oberlinden erfolgte vermutlich aus dem im Keller des Gebäudes Oberlinden 12 b (Hotel Roter Bären) entdeckten gemauerten Brunnen (BEYER 1997: 7, Abb. 27), eine Ein-richtung, die krisensicher und somit höchst zweck-mäßig war. Das Wasser in diesem heute leider weitgehend verfüllten Brunnen ist bei knapp mittlerem Grundwasserstand wie am 10.8.1992 (Beil. 2) aller-dings erst in einer Höhe um 265 m NN zu erwarten, d. h. fast 17 m unter dem heutigen Straßenniveau (rd. 12,5 m unter der Schachtoberkante im Brunnen-keller).



Abb. 25: Übereich der früher zur Wasserversorgung von Freiburg genutzten Quellfassungen im Möslepark  
Rechts hinter dem Wasseraustritt ist der Deckel eines der Quellschächte zu erkennen.

Die Siedler in der Aue hatten dagegen neben der Verwendung von Oberflächenwasser die Möglichkeit, mit nur wenige Meter tiefen Brunnen das Grundwasser zu erschließen. Gleiches gilt für das ehemalige Dorf Adelhausen. Ob auch die diskutierten Wohnbehauungen der damaligen Wiehre auf der nördlichen Niederterrasse aus Brunnen versorgt wurden, erscheint angesichts des großen Flurabstands der Grundwasseroberfläche fraglich. Eher könnte man hier an die Nutzung von beigeleitetem Oberflächenwasser aus der Dreisam denken und zwar aus Vorläufern der heutigen Bächle (Kap. 6.4).

## 6.4 Bächlesystem und Straßenaufschüttung

Der schon seit Jahren anhaltende Disput um die Anlage der 1238 bzw. 1246 erstmals urkundlich erwähnten Freiburger Bächle ist eng verknüpft mit der Bewertung der im Stadtkern unter den öffentlichen Straßen und Plätzen festgestellten Aufschüttung von etwa 1–2,9 m Kies und Sand (DIEL 1981: 42 f., BEYER 1992: 60, UNTERMANN 1995c: 15, 1996a: 111). Sie liegt auf dem nachgewiesenermaßen ersten befestigten Straßenniveau vom Ende des 11. bis Anfang des 12. Jahrhunderts (UNTERMANN 1995c: 17; z. T. vielleicht auch älter). Unter diesem Niveau befindet sich der „gewachsene“ Untergrund, die lehmige spätwürmzeitliche Deckschicht (Kap. 2.4.3 u. 6.1).

Die eine These geht davon aus, daß diese Aufschüttung durch einen vom Zähringer Stadtherrn befohlenen Akt als mehr oder weniger einheitlicher Vorgang erfolgte, um das Bächlesystem in der schon bestehenden Stadt anlegen und damit die Brauch- und Löschwasserversorgung, aber auch die Entsorgung (Abwässer, Fäkalien der zahlreichen Vierbeiner usw.) und die Straßenreinhaltung in der wachsenden Stadt verbessern zu können (DIEL 1981: Kap. 6.2 und nachfolgend besonders UNTERMANN 1995b: 224f., 1995c: 17 ff., 1996a: 110 ff. sowie andere Autoren, s. Kap. 6.1). Die Aufschüttung sei notwendig gewesen, um für die Bächle ein gleichmäßiges Gefälle der Oberfläche aller Straßen und Plätze von 10 ‰ in der gesamten Stadt herzustellen. Diese Ansicht stützt sich besonders auf den unstrittigen Befund, daß durch die Aufschüttung das ursprüngliche Erdgeschoß der bereits bestehenden Häuser zum Kellergeschoß wurde. Ein solch schwerwiegender Eingriff in das Eigentum vieler Bürger müsse einen Befehl des Stadtherrn voraussetzen, wird bei dieser These angenommen. Für den Aufschüttungsvorgang

und die Anlage der Bächle wird der Zeitraum 1170 bis 1180 vermutet (UNTERMANN 1995c: 22, 1995d, 1996a: 111), wobei für die Zuleitung des Wassers aus dem Gewerbebach und damit aus der Dreisam ein Stollen durch den Schloßberg bis zum Schwabentor angelegt worden sei.

Nach der zweiten These wäre dagegen das Bächlesystem, zumindest in den Grundzügen, bereits von Anfang an angelegt worden und das Straßenniveau wäre in vielen kleinen, manchmal etwas größeren Schritten, verteilt über Jahrhunderte, durch unregelmäßige und lokal jeweils unterschiedlich starke Aufschüttungen allmählich angewachsen (BEYER 1996a: 7, Stadtnachrichten 1997: 7). Von Zeit zu Zeit, wenn es das jeweils erreichte Aufschüttungsniveau in einer Straße notwendig gemacht habe, sei dann das dort verlaufende Bächle ebenfalls angehoben worden. Das Material der Aufschüttung ist nach dieser



Abb. 26: Bächle in der Herrenstraße bei Oberlinden  
Beim Schwabentor (im Hintergrund) tritt das Wasser, aus dem Bächlestollen am Schloßberg kommend, in die Altstadt ein und wird hauptsächlich von der Herrenstraße aus in zahlreiche Nebenbächle verteilt.

These entsorgter Kies und Sand, der zunächst z. T. beim Ausbau der Stadtbefestigung (Mauer, Graben) Ende des 12./Anfang des 13. Jahrhunderts unter BERTOLD V. und später z. B. beim Aushub von Baugruben sowie beim Anlegen der zahlreichen sekundären Tiefkeller unter bestehenden Gebäuden im 13. und z. T. bis in das 17. Jahrhundert angefallen ist. Auf diese Weise habe das Material nicht umständlich weggefahren werden müssen.

Aus geologischer Sicht ist dazu festzustellen, daß – wie schon im Kap. 6.1 erwähnt – die natürliche Oberfläche des Mündungsschwemmkegels nach dem Ende der spätglazialen Deckschichtsedimentation vor etwa 12 000 Jahren im Bereich der späteren Stadt ein einheitliches und wahrscheinlich recht gleichmäßiges Gefälle gehabt haben dürfte (um 10–12 ‰, ähnlich der Schotteroberfläche in Abb. 17). Das Gefälle blieb, bei weitergehendem Absinken des Oberrheingrabens (Kap. 3.1), auch im Holozän erhalten (Abb. 16). Für die Anlage eines Bächlesystems war deshalb in der Frühzeit der Stadt keine generelle künstliche Aufschüttung auf die Straßen und Plätze notwendig<sup>14</sup>, vielleicht abgesehen von örtlichen Maßnahmen zum Ausgleich kleinerer Unebenheiten. Überdies wären für das Einrichten eines solchen Fließsystems auch weit geringere Gefällswerte von wenigen Promille ausreichend, wie u. a. viele Flüsse zeigen.

Auch einige der heutigen Bächle in der Altstadt selbst belegen das: Dort differieren die Gefällswerte der einzelnen Abschnitte beträchtlich, nämlich zwischen 48 ‰ (Kaufhausgäßle) und weniger als 2 ‰ (Weberstraße/Merianstraße), was ähnlich auch für die Verhältnisse in der mittelalterlichen Stadt angenommen werden kann. Die bei Oberlinden sich trennenden Hauptachsen des Bächlesystems entlang der Herrenstraße (Abb. 26) bzw. entlang der Salz- und Bertoldstraße (Beil. 1) weisen ebenfalls deutliche interne Gefällsunterschiede auf (Tab. 2). Das größte durchschnittliche Gefälle der heutigen Oberfläche herrscht mit 12,4 ‰ entlang der Luftlinie zwischen dem Schwabentor als höchstem Punkt, an dem der Bächlekanal die Altstadt erreicht, und deren NW-Ecke (Ecke Rotteckring/Ringstraße) als tiefstem Punkt, in dessen Nähe bis heute der Gewerbekanal als Vorflut aller Bächle der Altstadt vorbeiführt (Höhendifferenz 8,8 m auf 710 m Entfernung).

Das Gefälle der ehemaligen natürlichen Oberfläche, das sich aus der Subtraktion der Aufschüttungsmächtigkeiten von den heutigen Geländehöhen ermitteln läßt, ist entlang den oben genannten drei Strecken auf durchschnittlich 8–12 ‰ zu veranschlagen. Selbst wenn man dennoch unterstellt, es habe nur ein geringes natürliches Gefälle von wenigen ‰ im Bereich der Altstadt (Höhendifferenz Schwabentor/Ringstraße z. B. nur 2 m) gegeben und dieses

Tab. 2: Höhen- und Gefällsverhältnisse entlang dreier Hauptstrecken in der Freiburger Altstadt

Zugrunde gelegt ist der Plan von SCHWINEKÖPER (1975) im Maßstab 1 : 2000; <sup>1</sup> Luftlinie; <sup>2</sup> Zwischen den 1-m-Höhenlinien

	Herrenstraße, Ecke Gußmann- straße	Bertoldstraße, Kreuzung Rotteckring	Rotteckring, Ecke Ringstraße
Heutige Geländehöhe (m NN)	277,7	276,4	274,0
Höhendifferenz zum Schwabentor (282,8 m NN) in m	5,1	6,4	8,8
Entfernung längs der Straße zum Schwabentor (m)	420	730	710 <sup>1</sup>
Durchschnittl. Gefälle vom Schwabentor (‰)	12,1	8,8	12,4
Schwankungen des Gefälles auf dieser Strecke (‰) <sup>2</sup>	9–17	7–10,5	9–20

<sup>14</sup> Die Schlagzeile des Artikels „Die Bächle bestimmen das Gefälle der neuen Stadt“ (UNTERMANN 1995d) ist daher irreführend.

sei für die Einrichtung eines Bächlesystems seinerzeit als zu schwach beurteilt worden, machte eine mehr oder weniger gleichmäßige Niveauanhebung des ganzen Areals durch Aufschüttung keinen Sinn. Zur Schaffung eines Gefälles von 10 ‰ zwischen dem Schwabentor und dem tiefsten Teil der Altstadt nordwestlich von Unterlinden (Distanz rd. 710 m) hätte man dann einen Niveauunterschied von 7,1 m durch entsprechende Aufschüttung herstellen müssen. Das heißt, diese hätte beim Schwabentor bis etwa 5 m Mächtigkeit erreichen und nach NW bis zum unverändert (!) bleibenden Geländeniveau bei Unterlinden etwa gleichmäßig abnehmen müssen. Die vorliegenden Befunde widerlegen jedoch solche Annahmen.

Außerdem erscheint die Vorstellung einer Aufschüttung in einem Zuge wenig einleuchtend, weil mit ihr in den unbebauten Bereichen der Stadt ein Verlauf der Straßen auf bis fast 3 m hoch aufgeschütteten Dämmen aus Kies und Sand gefolgert werden müsste (UNTERMANN 1995c: 19). Solche Dämme sind aber ohne massive seitliche Befestigungen wenig standfest und als Verkehrswege kaum brauchbar. Außerdem böschten sie sich mit der Zeit auf etwa die doppelte Breite ab, was angrenzende Grundstücke beeinträchtigt.

Die Beobachtung von zahlreichen unregelmäßigen, vom basalen Teil abgesehen meist etwa 5–15 cm dicken Lagen und dazwischen mehrfach auftretenden Laufniveaus (erkennbar an stärkerer Verdichtung, Verfärbung und Vermischung des Kiessands mit Feinmaterial sowie organischen Resten wie Knochensplittern)<sup>15</sup> innerhalb der kiesig-sandigen Aufschüttung spricht eindeutig für deren schrittweises Anwachsen über längere Zeiträume hinweg (Abb. 27). Vermutlich wird man damals Kiessandlagen auch deshalb von Zeit zu Zeit auf Straßen und Plätzen aufgebracht haben, um den sich ansammelnden, offenbar beträchtlichen Schmutz und Unrat von Mensch und Tier abzudecken. Der aufgebrachte Kiessand konnte leicht wieder festgestampft werden (ein Straßenpflaster im heutigen Sinne gab es nicht). Wurden durch die jeweils sicher eher kleinräumig aufgebrachten Aufschüttungen vor den Gebäuden die Höhenunterschiede innerhalb einer Straße zu groß und hinderlich, insbesondere auch in bezug auf das in der Mitte fließende und in seiner Höhenlage verbliebene Bächle, dürfte das Niveau wieder über ein längeres Stück egalisiert und das Bächle mitangehoben worden sein.

Vom Gefälle her war das ohne weiteres mehrfach möglich.

Was alles an Abfällen absichtlich oder achtlos einfach auf die Straße bzw. in die Bächle geschüttet wurde – zusätzlich zu den Hinterlassenschaften des herumlaufenden Viehs – ist den Beschreibungen ERASMUS' VON ROTTERDAM aus dem Jahr 1534 (UNTERMANN 1995c: 12) und ECKERS (1996: 492) zu entnehmen. Vergleichbare Situationen sind von anderen mittelalterlichen Städten bekannt, z. B. von Basel. Auch in der Breisacher Oberstadt auf dem Münsterberg erfolgte eine allmähliche Anhebung des Straßenniveaus um 0,8–1,1 m während sechs Jahrhunderten durch „Entsorgung“ von Abfallstoffen aller Art (darunter offenbar reichlich organisches Material) – und zwar ohne Kontext mit einem Bächlesystem. Die entsprechenden Befunde von SCHMAEDECKE (1992: 614) werden von UNTERMANN (1995c: 15) jedoch ohne Begründung abgelehnt.

Die Bewertung aller geschilderten Befunde bestätigt die Ansicht, daß das Bächlesystem in seinen Grundzügen bereits bei der Stadtgründung angelegt worden ist. Wahrscheinlich diente es primär zur Brauch- und vielleicht auch Trinkwasserversorgung, solange die Wasserleitung zu den Möslequellen (Kap. 6.3) noch nicht vorhanden war. Wenn BEYER (1996a: 6) recht hat und das romanische Haus im Sparkassenkomplex an der Gauchstraße nicht um 1200 erbaut wurde, sondern bereits in die Zeit vor 1120 zu datieren ist, dann stützt der Fund einer bis ca. 1 m tief reichenden tonigen Isolierschicht gegen Zutritt von versickertem Bächlewasser an der straßenseitigen Kellerwand dieses Hauses (UNTERMANN 1995c: 22, Abb. 4) die Auffassung einer frühen Anlage des Bächlesystems. Möglicherweise sind die Anfänge dieses Systems sogar älter als die Stadt und das Wasser wurde ursprünglich zur Bewässerung von Weideland auf dem relativ trockenen hochgelegenen Bereich des Mündungsschwemmkegels beigeleitet. Schon BUHLE (1898: 116) und SCHWINKÖPER (1975: 14) nahmen dies an. Darüber hinaus könnte die Beileitung zur Wasserversorgung der ersten Siedlung genutzt worden sein (Kap. 6.3). Daß Wiesenwässerung betrieben wurde, ist urkundlich bereits im Jahr 1220 (im Bereich des vom Kloster Tennenbach gekauften Hofes bei der Habsburgerstraße, DIEL 1981: 43) und auch später für das Gebiet außerhalb der Stadtmauern belegt (ECKER 1996: 493). Aus anderen Gegenden ist schon viel frühere Wiesenwässerung bekannt.

<sup>15</sup> Befund nach Unterlagen von Dr. I. BEYER (Hochbauamt der Stadt Freiburg i. Br.) in einer Baugrube am Gebäude Salzstraße 17, vgl. auch BEYER (1992: 63, 1998). Diese Beobachtungen lassen sich nicht mit den Einwänden von UNTERMANN (1995c: 17, 1996a: Anmerkung 175 auf S. 614) abtun.



Abb. 27: Straßenaufschüttung in der Salzstraße

Baugrube vor dem Sickingen-Palais (Salzstraße 17). Die Mächtigkeit der Aufschüttung beträgt nach der Darstellung von BEYER (1992: 63, 1998) rd. 2,8 m. Das im Photo nicht erfaßte, natürliche Liegende besteht aus 0,5–0,6 m Lehm, der Deckschicht des darunter folgenden Niederterrassenschotters (Photo: I. BEYER, 14. Sept. 1985).

Die Zuleitung des Dreisamwassers für das Bächle-system (heute bis 200 l/s) erfolgte von Anfang an mit dem auch jetzt noch dafür genutzten sogenannten Bächlekanal. Er zweigt am Südrand des Schloßbergs, hinter dem Gebäude Kartäuserstr. 47a, vom Gewerbekanal ab (Abb. 28) und verläuft bis vor das Schwabentor in einem engen Stollen (Beil. 1). Nach neueren Vermessungen schlängelt sich dieser den Hangfuß des Schloßbergs entlang, den Augustinerweg nördlich bzw. südlich begleitend (Unterlagen des Hochbauamts der Stadt Freiburg i. Br. sowie BEYER 1997: 22). Der Kanal war ursprünglich ein offener Wasserlauf, der wohl erst im Zuge des Festungsbaus gegen Ende des 17. Jahrhunderts überwölbt und als wichtige Versorgungsader dadurch besser geschützt wurde. Dies dürfte vor allem wegen der Verschüttungsgefahr durch Rutschmassen vom Steilhang des Schloßbergs und wegen der Gefährdung bei kriegerischen Auseinandersetzungen notwendig geworden sein. Erstaunlich ist, daß die Annahme, der Bächlekanal verlaufe in einem Stollen d u r c h den Schloßberg (UNTERMANN 1995d, 1996a: 111 und andere Autoren), überhaupt aufkommen konnte, denn in zahlreichen Plänen des 17. und 18. Jahrhunderts ist dieser Gewässerlauf enthalten. Er zweigt darin korrekt von dem am Hangfuß verlaufenden Gewerbebach ab und begleitet diesen wenig oberhalb bis vor das Schwabentor (DIEL et al. 1988: z. B. die Pläne auf den Seiten 35/Zustand 1638, 83/um 1680, 105 u. 526/1694, 269/1711, 298/1713, 388/1723 und 487/1744). In allen Darstellungen ist der Bächlekanal wie ein offenes Gewässer eingezeich-



Abb. 28: Abzweigung des Bächlekanals vom Gewerbekanal und Eingang in den Bächlestollen hinter dem Gebäude Kartäuserstraße 47a

#### Tafel 1: Mittelalterliche Abbaustellen und Bausteine aus Buntsandstein und Kristallinem Grundgebirge

##### Fig. 1: Ehemaliger Steinbruch im Geröllsandstein (Mittlerer Buntsandstein) auf der Ostseite des Lorettobergs

Über den hier (beim Haus Mercystraße 40) stark nach Westen einfallenden Sandsteinbänken ist im Hintergrund der Hildatum zu erkennen. Dicht östlich des Steinbruchs verläuft die Hauptverwerfung und unter seinem Südrand befindet sich der Lorettotunnel.

##### Fig. 2: Wasserspeier aus Buntsandstein von der Südseite des Freiburger Münsters

Die frühgotische Skulptur des "Kauernden Mannes" stammt wahrscheinlich aus der Zeit um 1230–40 (KÖSTER & JERAS 1997: 18). Die Einflüsse der Verwitterung haben die Härteunterschiede der einzelnen, z. T. verkieselten Sandsteinlagen herauspräpariert, wodurch am Körper der Figur Riefen entstanden sind. Ob das verwendete Steinmaterial aus einem der alten Steinbrüche am Schlierberg (vgl. SAUER 1983: 13) oder aus der Gegend von Heimbach stammt, ist offen (Photo: J. JERAS, Juli 1996).

##### Fig. 3: Angeschliffenes Handstück eines Metatextits

Aus diesem Kristallingestein besteht auch der Freiburger Schloßberg (aus HÜTTNER & WIMMENAUER 1967: Taf. 3, Fig. 1).

##### Fig. 4: Die Schloßbergnase, vom Münsterturm aus gesehen

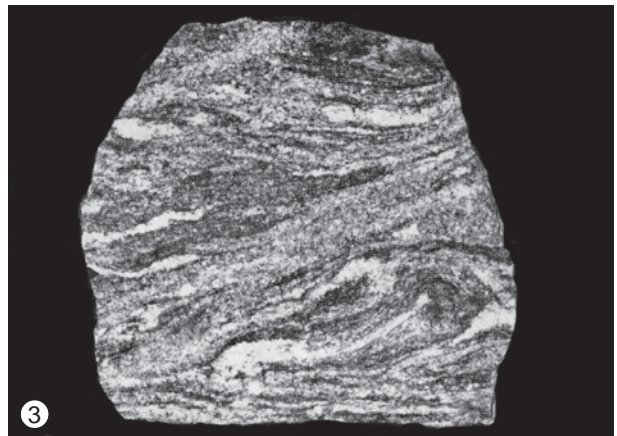
Der morphologische Abbruch unterhalb des Greiffeneggschlößles (links) entspricht der bergseitigen Abbauwand eines mittelalterlichen Steinbruchs im Metatexit. Sie ist auf einer Photographie aus der Zeit um 1900 (KALCHTHALER 1997: Abb. 45), als die Schloßbergnase unbewaldet war, noch deutlicher zu erkennen. Ursprünglich reichte der Bergsporn weiter nach rechts bis fast zum Schwabentor.

##### Fig. 5: Steilwand des mittelalterlichen Steinbruchs an der Schloßbergnase unterhalb des Greiffeneggschlößles

Blick von der Galerie des Schwabentors, unten die Gebäude städtischer Ämter, rechts im Hintergrund das Dreisamtal.

##### Fig. 6: Halsgraben hinter der Ludwigshöhe (rechts) auf dem Schloßberg

Beide Strukturen sind Reste der mittelalterlichen Burganlage der Herzöge von Zähringen. Im Halsgraben ist der Metatexit des Schloßbergs am besten aufgeschlossen.





net. Offenbar war er aber spätestens Ende des 17. Jahrhunderts überwölbt (zumindest in bestimmten Abschnitten), denn ein Querschnitt durch den Schloßberg von 1698 zeigt ihn, oberhalb des Gewerbebachs verlaufend, als Stollen (DIEL et al. 1988: 161).

Diese Befunde werden durch Beobachtungen beim Bau eines Zugangsstollens zum Schloßbergbunker von der Kartäuserstraße her (beim Spielplatz zwischen den Gebäuden Nr. 21 und 23) im Jahr 1979 gestützt. Etwa 8 m nach dem Stolleneingang wurde der dort 1,14 m (unten) bzw. 1,74 m (oben) breite und 1,15 m hohe Bächlestollen gequert. Er verläuft, nach den Eintragungen im Bautagebuch des Staatlichen Hochbauamts II (Freiburg i. Br.) in künstlich aufgeschüttetem Lockermaterial. Etwa 13 m nach dem Eingang schlägt der Zugangsstollen an der Sohle den Fels des Kristallinen Grundgebirges an, und erst bei ca. 18 m tritt er vollständig in dieses ein.

## 6.5 Baumaterial der Stadtmauer

Die hochmittelalterliche Stadtmauer umschloß mit ihrem vorgelagerten Graben den gesamten damaligen Stadtkern in einer Länge von rd. 2200 m (Beil. 1; nach SCHWINEKÖPER 1975). Sie war monumental ausgeführt als (ältere) dreischalige Kernmauer (mittlere Schale aus großen Geröllen, sogenannten Wackken) von 3–4 m Höhe mit vorgesetzter einschaliger (jüngerer) Schürze bis in den Stadtgraben und aufgesetzten zweischaligen Zinnen (insgesamt gegen 12 m hoch) sowie einer einschaligen Gegenmauer von etwa 5 m Höhe an der anderen Grabenseite (nach Rekonstruktionen von BEYER 1997: Abb. 35 u. 36, vgl. auch den Großen SICKINGER-Plan von 1589, Augustinermuseum 1995: 94/95). Stadteinwärts vervollständigten ein aufgeschütteter Damm (oben mit einem Rondenweg) und eine Stützmauer (0,6–1,0 m breit, aus Bruchsteinen und Wackken) die Befestigungsanlage. Als Bausteine wurden meist Bruchsteine aus Metatexit, untergeordnet aus Buntsandstein des Lorettobergs sowie Wackken aus dem Niederterrassenschotter der Dreisam verwendet. Die Stadttore wurden dagegen mit Werksteinen aus Steinbrüchen im Oberen und Mittleren Buntsandstein des Lorettobergs errichtet (Taf. 1, Fig. 1), ebenso wie romanische Bauteile und manche Skulpturen des Freiburger Münsters (Taf. 1, Fig. 2; SAUER 1983: 13).

Über die Herkunft der Metatexit-Bruchsteine wird in der Literatur nichts berichtet. Doch liegt es nahe, hierfür Gewinnungsstellen in unmittelbarer Nähe zur Altstadt zu vermuten und zwar am Schloßberg, der größtenteils aus Gesteinen des in der Stadtmauer verbauten Typs aufgebaut ist (Taf. 1, Fig. 3). Die Geländesituation an der Schloßbergnase beim Schwabentor zeigt bei näherer Betrachtung, daß es sich um einen ehemaligen Steinbruch handelt (Taf. 1, Fig. 4, Beil. 1). Dessen bergseitige, hohe Abbauwand unterhalb des Greiffeneggschlößles ist heute im unteren Teil durch eine Natursteinmauer gesichert. Davor stehen mehrere Gebäude (Taf. 1, Fig. 5), während der östlich angrenzende Teil in das Reb Gelände einbezogen ist. Der Steilabfall ist sehr alt, denn er ist schon in frühen Ansichten der Stadt zu erkennen (Augustinermuseum 1995: z. B. DEUTSCHS Ansicht von 1549 auf S. 74, Großer SICKINGER-Plan von 1589 auf S. 94/95 und LE CLERCS Ansicht von 1677 auf S. 98). Beim Bau der Festungsanlagen im 17./18. Jahrhundert wurde er entsprechend ausgespart, wie der Verlauf der Befestigungsanlagen zeigt (Beil. 1).

Man kann davon ausgehen, daß die gesamte Nase des Schloßbergs zwischen dem westlichsten Abschnitt des Augustinerwegs und der Steilwand unter dem Greiffeneggschlößle abgebaut worden ist (Abb. 20: Schnitt A). Dies ergibt ein Abbauvolumen von mindestens 30 000 m<sup>3</sup> Metatexit, eine Menge, die bei weitem ausreichte, um damit die gesamten, oben beschriebenen Bruchsteinmauern zu erbauen, selbst wenn kein Buntsandstein- und Wackkenmaterial verwendet worden wäre. Eine Überschlagsrechnung ergibt, daß dafür pro laufenden Meter der Gesamtbefestigung max. 10 m<sup>3</sup>, d. h. insgesamt höchstens 22 000 m<sup>3</sup> Steine benötigt wurden. Weitere alte, jedoch kleinere Steinbrüche sind auf Höhe des Greiffeneggschlößles und im Bereich des großen Wasserbehälters nordwestlich des Kanonenplatzes vorhanden (Beil. 1). Sie könnten auch bei der Anlage der Schloßbergfestung im 17./18. Jahrhundert entstanden sein. Der tiefe Halsgraben zwischen der heutigen Ludwigshöhe und dem Bismackrturm (Abb. 14: Schnitt A, Taf. 1, Fig. 6) wurde jedoch schon beim Bau der Burg auf dem Schloßberg im 11./12. Jahrhundert angelegt (SCHWINEKÖPER 1975: 12, ZETTLER 1995: 156). Das ausgebrochene Gesteinsmaterial aus Metatexit dürfte in der Burg verbaut worden sein, die sich im Bereich Ludwigshöhe – Kanonenplatz erstreckte.

## Zusammenfassung

Die geologischen Verhältnisse im Freiburger Raum sind das Ergebnis der erdgeschichtlichen Vorgänge in den vergangenen 500 Millionen Jahren. Während dieses langen Zeitraums war der Breisgau überwiegend Teil des Festlands, auf dem zeitweise Erosions- und zeitweise Sedimentationsprozesse in Seen und Flüssen vorherrschten. Vor allem im Mesozoikum, phasenweise auch im Tertiär, überflutete aber das Meer diesen Raum und hinterließ mächtige Ablagerungen. Für die Entwicklung der heutigen geologischen Situation und des reizvollen Landschaftsbilds im Freiburger Gebiet waren hauptsächlich die letzten 50 Millionen Jahre entscheidend. In diesem Zeitraum, während des Tertiärs und Quartärs, sank der Oberrheingraben ein, was weitreichende Folgen hatte (Umverteilung der Abtragungs- und Sedimentationsgebiete, zeitweilige Vulkanausbrüche, Entstehung des Rheinsystems usw.). Während des Quartärs ereigneten sich schließlich dramatische Klimaveränderungen mit zeitweiligen Vergletscherungen auch weiter Teile des Schwarzwalds.

Besonders die Vorgänge während dieses letzten Abschnitts der Erdgeschichte führten zu den geologischen Strukturen, die letztlich auch für die Entstehung und Weiterentwicklung Freiburgs mitbestimmend waren. Die wichtigste Rolle spielt dabei der aus Schottern der Dreisam bestehende Mündungsschwemmkegel, den diese an ihrem Austritt aus dem Schwarzwald und Eintritt in den Oberrheingraben aufgeschüttet hat. Er bot für den Menschen nutzbares Land in hochwassersicherer sowie verkehrsmäßig und strategisch günstiger Lage. Die von Natur aus weitgehend gleichmäßig abfallende Oberfläche des Schwemmkegels erlaubte die Anlage eines von der Dreisam gespeisten Wasserzuleitungssystems im freien Gefälle, das zunächst zur Wiesensbewässerung und zur Versorgung der präurbanen Bebauung gedient haben dürfte. Mit der Anlage der Stadt im ausgehenden 11. Jahrhundert konnte daraus das Bächlesystem entwickelt werden.

Die Gunst der geologischen Verhältnisse ermöglichte auch die frühe Einrichtung einer zentralen Trinkwasserversorgung aus reichlich schüttenden Quellen, die aus dem Schotter im Dreisamtal entspringen.

Zudem gestatteten die in unmittelbarer Nähe der Stadt am Lorettoberg und am Schloßberg anstehenden Gesteine des Buntsandsteins und des Kristallinen Grundgebirges die Gewinnung von geeignetem Baumaterial für die Errichtung der Stadtbefestigungen und des Münsters sowie anderer Bauwerke, die mit den reichen Erlösen aus dem Silberbergbau im Schwarzwald (Schauinsland usw.) finanziert worden sind. Diese und andere, im vorliegenden Aufsatz skizzierte Zusammenhänge illustrieren, wie eng Geologie und Stadtgeschichte Freiburgs miteinander verknüpft sind.

**Dank:** Zum Gelingen der vorliegenden Arbeit haben zahlreiche Personen und Institutionen beigetragen, indem sie freundlicherweise Unterlagen (Pläne, Akten, Literatur, Photos) zur Verfügung gestellt oder Auskünfte erteilt haben. Zu danken habe ich vor allem den Vertretern mehrerer Ämter der Stadt Freiburg i. Br.: Herrn ANGENENDT (Hochbauamt) und ganz besonders Herrn Dr. BEYER (frühere Stelle für Stadtkernforschung und Monumentenarchäologie beim Hochbauamt), Herrn ZINK (Vermessungsamt), Herrn ZENKER (Tiefbauamt), den Herren Dr. SCHADEK und Dr. ECKER (Stadtarchiv) sowie LÜDERS und WEISS (Umweltschutzamt), des weiteren Herrn GUTJAHR (Dorsch-Consult), Herrn JERAS (Fotodesign), Herrn ROGG (Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG), Frau HEUER und Herrn VOOS vom Eigenbetrieb Stadtentwässerung, Herrn HAJEKHAUS (Landratsamt Emmendingen), Herrn SCHECK (Vistatour), Frau MITTMANN und Herrn LEUSCHNER (Münsterbauverein), dem Freiburger Redaktionsarchiv der Badischen Zeitung und Herrn MÜLLER (Zinnfigurenklausur im Schwabentor).

Meinen Amtskollegen Dr. BRÜSTLE (Erdbebendienst), Dr. FLECK (Bodenkunde), Dr. GROSCOPF (Geologie), Dr. KECK (Ingenieurgeologie), Dr.-Ing. SCHWEIZER und Dr. WIRSING (Hydrogeologie) verdanke ich Hinweise und Unterlagen sowie Herrn CROCOLL, Frau FISCHER, Frau Dipl.-Ing. (FH) SCHMÜCKING und Herrn Dipl.-Ing. (FH) SCHUFF die sorgfältige Reinzeichnung bzw. kartographische Bearbeitung der Abbildungen und Beilagen. Frau DUFNER und Frau MERKT besorgten mit dankenswerter Geduld die langwierigen Schreib- und Satzarbeiten. Last but not least bin ich Herrn PD Dr. STORCH für die engagierte redaktionelle Bearbeitung und Herrn Prof. Dr. SCHNEIDER, dem Präsidenten des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, für die Aufnahme der Arbeit in diese Schriftenreihe zu Dank verpflichtet.

## Literatur

- AHNERT, F. (1996): Einführung in die Geomorphologie. – 440 S., 224 Abb., 23 Tab.; Stuttgart (Ulmer).
- Augustinermuseum (1995), mit Beitr. von BARCELÓ, N., BOCK, S., KALCHTHALER, P., KORTHAUS, J. u. MANGEI, J.: Friburgum – Freiburg, Ansichten einer Stadt. – Ausstellungskatalog: 140 S., zahlr. Abb.; Freiburg i. Br. (Waldkircher Verlag).
- BANGERT, V. (1958): Über Rheinarne und Grundwasserhältnisse südlich des Kaiserstuhls. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **48** (1): 159–166, 2 Abb.; Freiburg i. Br.
- BARTZ, J. (1974): Die Mächtigkeiten des Quartärs im Oberrheingraben. – In: ILLIES, H. & FUCHS, K. [Hrsg.]: Approaches to taphrogenesis: 78–87, 1 Abb.; Stuttgart (Schweizerbart).
- BECKSMANN, R., KOBLER, F. & KURMANN, P. (1996): Das Freiburger Münster – der Bau und seine Originalausstattung. – In: HAUMANN, H. & SCHADEK, H. [Hrsg.]: Geschichte der Stadt Freiburg im Breisgau, **1**: 342–375, Abb. 88–102; Stuttgart (Theiss).
- BEYER, I. (1992): Bauliche Hinweise zur Gründung Freiburgs im Breisgau 1091. – Nachr. schweiz. Burgenver., **17** (2): 58–67, zahlr. Abb.; Basel.
- (1996a): Haus zum Wetzstein. – Dokumentationsmappe: 9 S., 21 Abb.; Freiburg i. Br. (Hochbauamt).
  - (1996b): Haus Münzgasse I. – Dokumentationsmappe: 10 S., 25 Abb.; Freiburg i. Br. (Hochbauamt).
  - (1997): Haupthaus des Grafenhauses um 1000, Oberlinden 10–14. – Dokumentationsmappe: 23 S., 49 Abb.; Freiburg i. Br. (Hochbauamt).
  - (1998): Die Romanische Stadt – Freiburg von unten. – Ausstellung 18.09.–16.12.1998: Poster Sickingen-Palais Salzstr. 17; Freiburg i. Br. (Hochbauamt).
- BLUDAU, W. & FELDHOFF, R. A. (1997): Holozäne Sedimente im mittleren Oberrheingraben als Zeugen einer zerstörten Auenlandschaft. – Z. dt. geol. Ges., **148** (2): 279–287, 3 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- BONJER, K. P. (1997): Seismicity pattern and style of seismic faulting at the eastern borderfault of the southern Rhine Graben. – Tectonophysics, **275**: 41–69, 14 Abb., 1 Tab.; Amsterdam.
- BRGM (1977/78): Blatt 378/379 Neuf-Brisach–Obersaasheim. – Carte géol. France 1 : 50 000, mit Erl.: 43 S., 1 Abb.; Orleans.
- BRILL, R. (1933): Die Tektonik an der Hauptthentalverwerfung am Lorettoberg bei Freiburg i. Br. – Geol. Rdsch., **23a** (SALOMON-CALVI-Festschr.): 38–51, 3 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- BRUNNER, H., HÜTTNER, R. & SCHREINER, A. (1998), mit Nachträgen von ELLWANGER, D., GROSCOPF, R. u. VILLINGER, E.: Geologische Übersichtskarte von Baden-Württemberg 1 : 500 000. – 2., erg. Aufl.; Freiburg i. Br. (GLA) – [1. Aufl. 1989]
- BUHLE, M. (1898): Stadtbäche und Gewerbekänäle. – In: Freiburg im Breisgau. Die Stadt und ihre Bauten: 115–123; Freiburg i. Br. (Poppen).
- BUSCELLO, H. (1994): Armut, Not und Pest. – In: HAUMANN, H. & SCHADEK, H. [Hrsg.]: Geschichte der Stadt Freiburg im Breisgau, **2**: 90–110, 4 Abb.; Stuttgart (Theiss).
- CLOOS, H. (1947): Gespräch mit der Erde. Geologische Welt- und Lebensfahrt. – 410 S., 71 Taf.; München (Piper).
- Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch (1997): Rheingebiet, Teil 1, 1995. – 152 S., zahlr. Abb., 1 Beil.; Karlsruhe.
- DIEL, J. (1981): Die Tiefkeller im Bereich Oberlinden. Zeugnisse der baulichen Entwicklung Freiburgs im 12. und 13. Jahrhundert. – Stadt und Geschichte, N. R. Stadtarchiv, **2**: 48 S., 16 Abb.; Freiburg i. Br.
- , ECKER, U., KLUG, W. & SÜSS, R. (1988): Stadt und Festung Freiburg I. – Veröff. Archiv Stadt Freiburg i. Br., **22**: 544 S., zahlr. Abb. u. Kt.; Freiburg i. Br.
- ECKER, U. P. (1996): Bettelvolk, Aussätzige und Spitalpfündner. Armut und Krankheit als zentrales Aufgabenfeld der Stadtverwaltung. – In: HAUMANN, H. & SCHADEK, H. [Hrsg.]: Geschichte der Stadt Freiburg im Breisgau, **1**: 468–493, Abb. 136–141; Stuttgart (Theiss).
- EHRMINGER, B. (1993): Simulation der Sauerstoffisotopen-Zusammensetzung von Grundwasser mit einem numerischen Strömungs- und Transportmodell am Beispiel des Zartener Beckens. – Diss. Univ. Freiburg: 104 S., 76 Abb., 7 Tab.; Freiburg i. Br.
- ELLWANGER, D., BIBUS, E., BLUDAU, W., KÖSEL, M. & MERKT, J. (1995): Baden-Württemberg. – In: BENDA, L. [Hrsg.]: Das Quartär Deutschlands: 255–295, 8 Abb., 1 Tab.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- FECKER, E., KOŠTÁK, B., RYBÁR, J. & STEMBERK, J. (1999): Beobachtung rezenter tektonischer Bewegungen im Wattkopftunnel bei Ettlingen. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **81**: 355–364, 3 Abb.; Stuttgart.
- FINGERLIN, G. (1995): Das archäologische Umfeld bis zur Gründung Freiburgs. – In: SCHADEK, H. & ZOTZ, T. [Hrsg.]: Freiburg 1091–1120. Neue Forschungen zu den Anfängen der Stadt: 9–47, 39 Abb.; Sigmaringen (Thorbecke).
- (1996): Das Umfeld Freiburgs von der römischen Herrschaft bis zur Karolingerzeit. Der archäologische Befund. – In: HAUMANN, H. & SCHADEK, H. [Hrsg.]: Geschichte der Stadt Freiburg im Breisgau, **1**: 24–42, Abb. 5–7; Stuttgart (Theiss).
- FLECK, W. & HERRGESELL, G. (1997): Blatt 7912 Freiburg im Breisgau-NW. 1., vorläufige Ausgabe. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: 44 S., 1 Beil., 1 Kt.; Freiburg i. Br. (GLA).
- FRIEG, B. (1987): Hydrogeologie und Grundwasserhydraulik des Einzugsgebietes des Wasserwerkes Freiburg-Ebnet. – Diss. Univ. Heidelberg: IV + 143 S., 26 Abb., 28 Tab., Anh.: 104 Abb., 55 Tab., 2 Kt.; Heidelberg.
- FRISCH, W. & LOESCHKE, J. (1993): Plattentektonik. 3., überarb. Aufl. – Erträge Forsch., **236**: 243 S., 83 Abb.; Darmstadt (Wiss. Buchgesellschaft).
- FROMHERZ, C. (1837): Geognostische Beschreibung des Schönbergs bei Freiburg im Breisgau. – Programm zur academ. Feier des hohen Geburtsfestes seiner königlichen Hoheit unseres Durchlauchtigsten Grossherzogs LEOPOLD: 36 S., 1 Abb.; Freiburg i. Br. (Goos).

- FROMHERZ, C. (1838): Geognostische Skizze der Umgebungen von Freiburg. – In: SCHREIBER, H.: Freiburg im Breisgau mit seinen Umgebungen. – 2. Aufl.: 80–142; Freiburg i. Br. (Herder).
- FUNK, R. (1967): Quellen, Brunnen, Deichele. Freiburgs Wasserversorgung von den ersten Anfängen im Mittelalter bis zur Neuzeit. – Freiburger Stadt-H., **13**: 10 S., 7 Abb.; Freiburg i. Br.
- GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1991): Geologie von Baden-Württemberg. – 4. Aufl.: VIII + 482 S., 255 Abb., 26 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).
- GRADSTEIN, F. M. & OGG, J. (1996): A Phanerozoic time scale. – Episodes, **19** (1/2): 3–5, 1 Beil.; Nottingham.
- GRAMANN, F. & KOCKEL, F. (1988): Palaeogeographical, lithological, palaeoecological and palaeoclimate development of the Northwest European Tertiary Basin. – Geol. Jb., **A 100**: 428–441, Kt. 3 u. 4; Hannover.
- GROSCHOFF, R. (1988): Blatt 7914 St. Peter. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: IV + 98 S., 3 Abb., 5 Tab., 8 Taf., 2 Beil., 1 Kt.; Stuttgart (GLA).
- (1998), mit Beitr. von ELLWANGER, D., HÜTTNER, R. & VILLINGER, E.: Geologische Schulkarte von Baden-Württemberg 1 : 1 000 000. – 12., überarb. Aufl.; Freiburg i. Br. (LGRB).
- GROSCHOFF, R., KESSLER, G., LEIBER, J., MAUS, H., OHMERT, W., SCHREINER, A. & WIMMENAUER, W. (1996), mit Beitr. von ALBIEZ, G., HÜTTNER, R. u. WENDT, O.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Freiburg im Breisgau und Umgebung 1 : 50 000. 3., erg. Aufl. – IV + 364 S., 27 Abb., 7 Tab., 7 Taf., 1 Beil.; Freiburg (GLA) – [1. Aufl. 1977]
- GROSCHOFF, R. & SCHREINER, A. (1994): Blatt 7913 Freiburg i. Br.-NO. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1:25 000, 2., erg. Aufl.; Freiburg i. Br.
- & – (1996), mit Beitr. von KILGER, B. M. & WIRSING, G.: Erläuterungen zum Blatt 7913 Freiburg i. Br.-NO. 2., erg. Aufl. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: VI + 130 S., 6 Abb., 8 Tab., 4 Taf., 5 Beil.; Freiburg i. Br. (GLA) – [1. Aufl. 1988]
- GROSCHOFF, R. & STENGER, R. (1985): Geologisch-tektonischer Rahmen der magnetischen Anomalie Kirchzarten. – Geol. Jb., **E 28**: 75–80, 2 Abb.; Hannover.
- GROSCHOFF, R. & VILLINGER, E. (1998), mit Beitr. von BRÜSTLE, W., LINK, G. & WAGENPLAST, P. u. ZWÖLFER, F.: Erläuterungen zur Geologischen Schulkarte von Baden-Württemberg 1 : 1 000 000. – 12., überarb. u. erweitert. Aufl.: VI + 142 S., 27 Abb., 2 Tab.; Freiburg i. Br. (LGRB).
- Grossh. Oberdirektion des Wasser- und Strassenbaus (1887): Der Binnenflussbau im Grossherzogthum Baden. – Beitr. Hydrogr. Grossh. Baden, **5**: 131 S. u. Kt.-H.; Karlsruhe.
- GUENTHER, E. (1935): Der geologische Bau der Freiburger Bucht. – Bad geol. Abh., **7**: 2–56, 4 Abb., 3 Tab.; Karlsruhe.
- HAHN, A., BOSUM, W., GROSCHOFF, R., PUCHER, R., SAUER, K. & STENGER, R. (1985): Forschungsbohrung Kirchzarten 3. Vorgeschichte, Ergebnisse und Folgerungen. – Geol. Jb., **E 28**: 17–41; Hannover. – [Im gleichen Band zahlreiche weitere Arbeiten zur Erforschung der magnetischen Anomalie]
- HASEMANN, W., SAUER, K., SCHMID, E., SCHREINER, A., SCHROTH, J. & WIMMENAUER, W. (1959), mit einem Vorwort von KIRCHHEIMER, F.: Erläuterungen zur Geologischen Exkursionskarte des Kaiserstuhls. – IV + 139 S., 5 Abb., 5 Tab., 10 Beil.; Freiburg i. Br. (GLA) – [4., unveränd. Aufl. 1993]
- HERDEG, U. (1993): Untersuchungen zu den Grundwasserfließsystemen im Bereich der Wasserwerke von Freiburg i. Br. auf der Grundlage isotopenhydrologischer und geologischer Daten. – Diss. Univ. Freiburg: X + 231 S., 154 Abb., 24 Tab.; Freiburg i. Br.
- HERRGESELL, G. & FLECK, W. (1996): Blatt 8012 Freiburg im Breisgau-SW. 1., vorl. Ausg. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: 57 S., 1 Beil., 1 Kt.; Freiburg i. Br. (GLA).
- HGK Freiburger Bucht (1979): Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet, Freiburger Bucht. – 72 S., 21 Abb., 10 Tab., 10 Kt.; Freiburg i. Br.
- HGK Oberrheinebene (1995): Hydrogeologische Kartierung der Oberrheinebene. – Karte der Grundwasserhöhengleichen, Niedrigwassersituation vom 9./10.9.1991, Blatt Colmar–Freiburg, 1 : 50 000; Strasbourg, Paris, Stuttgart (Europ. Programm Interreg).
- HINZE, C., JERZ, H., MENKE, B. & STAUDE, H. (1989): Geogenetische Definitionen quartärer Lockergesteine für die Geologische Karte 1 : 25 000 (GK 25). – Geol. Jb., **A 112**: 243 S., 3 Tab.; Hannover.
- HOMILIUS, J. & SCHREINER, A. (1991), mit Beitr. von DÜRBAUM, H.-J. & LEIBER, J.: Geoelektrische Untersuchungen in der Freiburger Bucht. – Geol. Jb., **E 48**: 43–70, 9 Abb., 7 Taf.; Hannover.
- HÜTTNER, R. (1991): Bau und Entwicklung des Oberrheingrabens. Ein Überblick mit historischer Rückschau. – Geol. Jb., **E 48**: 17–42, 10 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- & WIMMENAUER, W. (1967): Erläuterungen zu Blatt 8013 Freiburg. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000: IV + 159 S., 2 Abb., 8 Taf., 3 Beil.; Freiburg i. Br. (GLA). – [3., unveränd. Aufl. 1990]
- ILLIES, H. (1981): Mechanism of graben formation. – Tectonophysics, **73**: 249–266, 14 Abb.; Amsterdam.
- (1984): Intraplate tectonics in stable Europe as related to plate tectonics in the Alpine system. – Geol. Rdsch., **64**: 677–699, 10 Abb.; Stuttgart.
- & MÄLZER, H. (1981): Der Oberrheingraben: Tektonik, Seismizität und rezente Höhenänderungen. – 65. dt. Geodätentag, 23.–26. Sept. 1981, Karlsruhe, Tagungsführer: 67–78, 5 Abb.; Karlsruhe.
- KALCHTHALER, P. (1997): Kleine Geschichte der Stadt Freiburg im Breisgau. – 1. Aufl.: 226 S., 52 Abb.; Freiburg i. Br. (Rombach).
- KAYSER, S. & MÄCKEL, R. (1994): Fluviale Geomorphodynamik und Reliefentwicklung im Oberrheingebiet. – Ber. naturf. Ges. Freiburg, **82/83**: 93–115, 11 Abb.; Freiburg i. Br.

- KELLER, J. (1984): Der jungtertiäre Vulkanismus Südwestdeutschlands: Exkursionen im Kaiserstuhl und Hegau. – Fortschr. Miner., **62** (Beih.2): 2–35, 19 Tab.; Stuttgart.
- KIRCHHEIMER, F. (1976): Bericht über Spuren römerzeitlichen Bergbaus in Baden-Württemberg. – Aufschluß, **27**: 361–371, 3 Abb.; Heidelberg.
- KÖSTER, H. & JERAS, J. (1997): Die Wasserspeier am Freiburger Münster. – 1. Aufl.: 64 S., zahlr. Abb.; Freiburg i. Br. (Fink).
- KÜHL, U. (1992): Kommunale Versorgungsbetriebe der Stadt. – In: HAUMANN, H. & SCHADEK, H. [Hrsg.]: Geschichte der Stadt Freiburg im Breisgau, **3**: 211–217, 1 Abb.; Stuttgart (Theiss).
- LABHART, P. (1998): Geologie der Schweiz. – 4., überarb. Aufl.: 211 S., 97 Abb., 8 Tab.; Thun (Ott).
- LAIS, R. (1914): Die Wirkungen des Erdbebens vom 20. Juli 1913 in der Stadt Freiburg i. Br. – Mitt. großherzogl. bad. geol. L.-Anst., **7**: 671–699, 1 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Heidelberg.
- LESER, H. & METZ, B. (1988): Vergletscherungen im Hochschwarzwald. – Berliner geogr. Abh., **47**: 155–175, 7 Abb.; Berlin.
- LEYDECKER, G. (1986): Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 1000–1981. – Geol. Jb., **E 36**: 3–83, 7 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- LÖBBECKE, F. (1997): Das Freiburger Wohnhaus des 13. Jahrhunderts. Ein Haustyp und seine Vorstufen. – Z. Breisgau-Geschichtsver. Schauinsland, **116**: 127–140, 11 Abb.; Freiburg i. Br.
- LOESCHKE, J., GÜLDENPFENNIG, M., HANN, H. P. & SAWATZKI, G. (1998): Die Zone von Badenweiler–Lenzkirch (Schwarzwald): Eine variskische Suturzzone. – Z. dt. geol. Ges., **149** (2): 197–212, 4 Abb.; Stuttgart.
- MAUS, H. (1995): Forschungsbohrungen im Kaiserstuhl. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., **35** (1993): 349–360; Freiburg i. Br.
- MAYER-ROSA, D. & CADIOT, D. (1979): A review of the 1356 Basel earthquake: basic data. – Tectonophysics, **53**: 325–333, 2 Abb., 2 Tab.; Amsterdam.
- MENNING, M. (1995): A numerical time scale for the Permian and Triassic periods: an integrated time analysis. – In: SCHOLLE, P. A., PERYT, T. M. & ULMER-SCHOLLE, D. S. [Hrsg.]: The Permian of Northern Pangaea, **1**: 77–97, 5 Abb.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- MERIAN, P. (1831): Geognostische Uebersicht des südlichen Schwarzwaldes. – Beitr. Geognosie, **2**: VI + 271 S., 1 Taf. (Geognost. Kt.); Basel (Schweighauser).
- MÜLLER, K. (1947): Weinjahre und Klimaschwankungen der letzten 1000 Jahre. – Der Weinbau, Wiss. Beih., **1** (4): 83–103, und **1** (5): 123–141; Mainz.
- NEUMANN, L. & DEECKE, W. (1912): Das Erdbeben vom 16. November 1911 in Südbaden. – Mitt. großherz. bad. geol. L.-Anst., **7** (1): 148–199, 10 Abb., 1 Taf.; Heidelberg.
- PAUSE, C. (1996): Mittelalterliche Bergbauspuren im Freiburger Sternwald. – Archäol. Nachr. Baden, **55**: 28–33, 3 Abb.; Freiburg i. Br.
- PFISTER, C. (1985): Klimageschichte der Schweiz 1525–1860. 2., unveränd. Auflage. – Acad. helv., **6** (I): 184 S. u. Anhang, 29 Abb., 34 Tab.; Bern, Stuttgart (Haupt).
- PFLUG, R. (1982): Bau und Entwicklung des Oberrheingrabens. – Erträge Forsch., **184**: X + 145 S., 43 Abb., 2 Tab.; Darmstadt (Wiss. Buchgesellschaft).
- PLEIN, E. (1993): Voraussetzungen und Grenzen der Bildung von Kohlenwasserstoff-Lagerstätten im Oberrheingraben. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **75**: 227–253, 10 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- PORSCHKE, M. (1994): Die mittelalterliche Stadtbefestigung von Freiburg im Breisgau. – Materialh. Archäol., **22**: 241 S., 79 Abb., 2 Taf.; Stuttgart.
- ROSSHIRT, J. (1898): Die Dreisam. – In: Freiburg im Breisgau. Die Stadt und ihre Bauten: 109–113; Freiburg i. Br. (Poppen).
- SAUER, K. (1953): Zur historischen Entwicklung des Begriffes „Vorbergzone des Schwarzwaldes.“ – Alemann. Jb., **1**: 1–9; Lahr.
- (1965): Geologischer Bau und Oberflächenformen (S. 4–60); Geologischer Bau (S. 819–822). – In: Freiburg im Breisgau, Stadtkreis und Landkreis, Amtliche Kreisbeschreibung, **1.1** u. **1.2**; Freiburg i. Br.
- (1967): Beiträge zur Hydrogeologie der näheren Umgebung von Freiburg i. Br. – Mitt. bad. Landesver. Naturkde. u. Naturschutz, N. F., **9** (3): 611–637, 9 Tab., 1 Taf.; Freiburg i. Br.
- (1979): Freiburgs Themen – Erschließungsgeschichte und erdgeschichtliche Voraussetzungen. – In: Mineral-Thermalbad Freiburg: 8–15, 2 Abb.; Freiburg i. Br. (Freiburger Kommunalbauten).
- (1983): Herkunft und Beschaffenheit der Bausteine des Freiburger Münsters. – In: Struktur der Gebäude und Wohnungen am 1. Januar 1983. – Beitr. Statistik Stadt Freiburg im Breisgau: 11–19; Freiburg i. Br.
- (1984): Der Bodenschatz Wasser in Freiburg i. Br. und seine geologischen Voraussetzungen. – Bad. Heimat, **1**: 321–331, 4 Abb.; Karlsruhe.
- SCHADEK, H. (1996): Die Frühgeschichte der Stadt im Spiegel der schriftlichen Quellen. – In: HAUMANN, H. & SCHADEK, H. [Hrsg.]: Geschichte der Stadt Freiburg im Breisgau, **1**: 56–87, Abb. 9–19; Stuttgart (Theiss).
- (1997): Freiburg: Ehemals – gestern – heute. Die Stadt im Wandel der letzten 100 Jahre. – 128 S., 194 Abb.; Stuttgart, Kiel (Steinkopf).
- SCHÄDEL, K. (1997): Löß im Kaiserstuhl – Ablagerungen und Landschaftsformen. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **79**: 183–202, 7 Abb.; Stuttgart.
- SCHILL, J. (1862): Geologische Beschreibung der Umgebungen der Bäder Glotterthal und Suggenthal (Section Freiburg der topographischen Karte des Großherzogthums Baden). – Beitr. Statist. innere Verwaltg. Großherz. Baden, **12**: VI + 72 S., 2 Taf. (Geol. Kt., Schnitte); Karlsruhe (Müller).
- SCHIRMER, W. (1994): Der Mittelrhein im Blickpunkt der Erdgeschichte. – In: KOENIGSWALD, W. VON & MEYER, W. [Hrsg.]: Erdgeschichte im Rheinland: 179–188, 13 Abb., 1 Tab.; München (Pfeil).

- SCHMAEDECKE, M. (1992): Zur Wasserversorgung und Entsorgung in Breisach im Mittelalter und in der frühen Neuzeit. – *Fundber. Baden-Württ.*, **17** (1): 575–646, 35 Abb.; Stuttgart.
- SCHÖNENBERG, R. & NEUGEBAUER, J. (1997): Einführung in die Geologie Europas. – 7., neubearb. Aufl.: 385 S., 48 Abb.; Freiburg i. Br. (Rombach).
- SCHREINER, A. (1991): Geologie und Landschaft. – In: HOPPE, A. [Hrsg.]: *Das Markgräflerland: Entwicklung und Nutzung einer Landschaft.* – *Ber. naturf. Ges. Freiburg*, **81**: 11–24, 6 Abb., 1 Tab.; Freiburg i. Br.
- (1996): Geologische Karte von Freiburg i. Br. und Umgebung 1 : 50 000. – 3., erg. Aufl.; Freiburg i. Br. (GLA) – [1. Aufl. 1977]
- (1997): Einführung in die Quartärgeologie. 2. Aufl. – 257 S., 104 Abb., 9 Photos, 14 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).
- SCHÜLE, E.-M. & SCHWINEKÖPER, K. (1988): Kulturhistorische Untersuchung der Wiesenbewässerung in Freiburg im Breisgau. – *Dipl.-Arbeit Univ. Hohenheim*: XIV + 196 S., 35 Abb., 6 Tab., 3 Anh.; Stuttgart-Hohenheim.
- SCHWEIZER, R. (1992): Höhenänderungen von Nivellementpunkten im südlichen Oberrheingraben. – *Schr. angew. Geol. Karlsruhe*, **16**: VIII + 180 S., 72 Abb., 11 Tab.; Karlsruhe.
- SCHWINEKÖPER, B. (1975): Historischer Plan der Stadt Freiburg im Breisgau (vor 1850). – *Veröff. Archiv Stadt Freiburg i. Br.*, **14**: 19 S., 1 Kt.; Freiburg i. Br.
- SITTLER, C. (1969): Le Fossé Rhénan en Alsace, aspect structural et histoire géologique. – *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, **11**: 465–493, 20 Abb., 2 Tab.; Paris.
- (1992): Illustration de l'histoire géologique du Fossé Rhénan et de l'Alsace. – *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, **186** (3): 255–282, 7 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- Stadtnachrichten (1997): Erstmals historisches „Bächle“ entdeckt. – Ausgabe vom 10. Okt. 1997: 7, 1 Abb.; Freiburg i. Br. (Presse- u. Inform.-Amt).
- STEINMANN, G. & GRAEFF, F. (1890): Geologischer Führer der Umgebung von Freiburg. – X + 141 S., 16 Abb., 5 Taf.; Freiburg i. Br. (Mohr).
- STEUER, H. (1995): Freiburg und das Bild der Städte um 1100 im Spiegel der Archäologie. – In: SCHADEK, H. & ZOTZ, T. [Hrsg.]: *Freiburg 1091–1120. Neue Forschungen zu den Anfängen der Stadt*: 79–123, 11 Abb.; Sigmaringen (Thorbecke).
- & ZETTLER, A. (1996): Der Bergbau und seine Bedeutung für Freiburg. – In: HAUMANN, H. & SCHADEK, H. [Hrsg.]: *Geschichte der Stadt Freiburg im Breisgau*, **1**: 320–342, Abb. 82–87; Stuttgart (Theiss).
- Symbolschlüssel (1995): Symbolschlüssel Geologie (Teil 1) und Bodenkunde Baden-Württemberg. – *Geol. Landesamt Baden-Württ., Informationen*, **5**: 68 S., 1 Abb.; Freiburg i. Br. (GLA).
- (1999): Symbolschlüssel Geologie (Teil 1) Baden-Württemberg. Aktualisierte Ausgabe. – 39 S.; Freiburg i. Br. (LGRB Baden-Württ.). – [unveröff.]
- UNTERMANN, M. (1995a), mit Beitr. von HAKELBERG, D., KALTWASSER, S., KLEIN, U., NEUBAUER, D., PORSCHKE, M., RAUB, C. und WEINSTOCK, J.: Die Befunde der Grabung auf dem „Harmonie“-Areal in Freiburg i. Br. (Grünwälderstr. 16–18). – *Forsch. Ber. Archäol. Mittelalter Baden-Württ.*, **19**: 12–216, 174 Abb., 5 Beil.; Stuttgart.
- UNTERMANN, M. (1995b): Archäologische Befunde zur Frühgeschichte der Stadt Freiburg. – In: SCHADEK, H. & ZOTZ, T. [Hrsg.]: *Freiburg 1091–1120. Neue Forschungen zu den Anfängen der Stadt*: 195–230, 17 Abb.; Sigmaringen (Thorbecke).
- (1995c): Archäologische Beobachtungen zu den Freiburger Altstadt-Straßen und zur Entstehung der „Bächle“. – *Z. Breisgau-Geschichtsver. Schauinsland*, **144**: 9–26, 13 Abb.; Freiburg i. Br.
- (1995d): Die Bächle bestimmen das Gefälle der Stadt. – *Bad. Ztg.*, Nr. 150, 3.7.1995 (Stadtmagazin); Freiburg i. Br.
- (1996a): Archäologische Befunde zur Frühgeschichte der Stadt. – In: HAUMANN, H. & SCHADEK, H. [Hrsg.]: *Geschichte der Stadt Freiburg im Breisgau*, **1**: 88–119, Abb. 20–32; Stuttgart (Theiss).
- (1996b): „So vil wassers, also wir bedurften“. Brunnen und Wasserleitungen. – In: HAUMANN, H. & SCHADEK, H. [Hrsg.]: *Geschichte der Stadt Freiburg im Breisgau*, **1**: 496–500; Stuttgart (Theiss).
- VILLINGER, E. (1986): Untersuchungen zur Flußgeschichte von Aare-Donau/Alpenrhein und zur Entwicklung des Malm-Karsts in Südwestdeutschland. – *Jh. geol. Landesamt Baden-Württ.*, **28**: 297–362, 10 Abb., 2 Tab., 3 Beil.; Freiburg i. Br.
- (1989): Zur Fluß- und Landschaftsgeschichte im Gebiet von Aare-Donau und Alpenrhein. – *Jh. Ges. Naturkde. Württ.*, **144**: 5–27, 5 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- (1998): Zur Flußgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland. – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N. F., **80**: 361–398, 5 Abb., 5 Tab.; Stuttgart.
- VOGEL, D. (1988): Die Belagerungen Freiburgs i. Br. während des 17. und 18. Jahrhunderts. – In: *Stadt und Festung Freiburg II.* – *Veröff. Archiv Stadt Freiburg*, **22**: 41–73, 7 Abb.; Freiburg i. Br.
- WECHSLER, E. (1987): Das Erdbeben von Basel 1356. Teil 1: Historische und kunsthistorische Aspekte. – *Publ. Schweiz. Erdbebendienst ETH-Zürich*, **102**: II + 128 S., 55 Abb.; Zürich.
- WIMMENAUER, W. (1956), mit Beitr. von HASEMANN, W. & SCHREINER, A.: Geologische Exkursionskarte des Kaiserstuhls 1 : 25 000. – Freiburg i. Br. (GLA). – [4., unver. Aufl. 1993]
- WIMMENAUER, W. (1978): Limberg und Lützelberg aus geologischer Sicht. – In: *Naturschutzgebiet Limberg am Kaiserstuhl. Begleiter zum Wissenschaftlichen Lehrpfad bei Sasbach a. Rh.* – *Führer Natur- u. Landschaftsschutzgebiete Baden-Württ.*, **2**: 41–54, 9 Abb.; Karlsruhe.
- (1989): Gesteine und Minerale. – In: *Der Kaiserstuhl, Gesteine und Pflanzenwelt*. 3., neubearb. Aufl.: 39–88, 71 Abb.; Stuttgart (Ulmer).

- & HÜTTNER, R. (1968): Blatt 8013 Freiburg. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1:25 000; Freiburg i. Br. (GLA). – [3., unveränd. Aufl. 1993]
- WIMMENAUER, W. & SCHREINER, A. (1999): Blatt 8014 Hinterzarten. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000; Freiburg i. Br. (LGRB). – [im Druck].
- WUNDT, W. (1953): Die Hydrographie der Freiburger Bucht. – Alemann. Jb., **1953**: 45–61, 1 Abb.; Lahr.
- ZETTLER, A. (1995): Das Freiburger Schloß und die Anfänge der Stadt.– In: SCHADEK, H. & ZOTZ, T. [Hrsg.]: Freiburg 1091–1120. Neue Forschungen zu den Anfängen der Stadt: 151–194, 14 Abb.; Sigmaringen (Thorbecke).
- ZOTZ, T. (1996): Siedlung und Herrschaft im Raum Freiburg am Ausgang des 11. Jahrhunderts. – In: SCHADEK, H. & ZOTZ, T. [Hrsg.]: Freiburg 1091–1120. Neue Forschungen zu den Anfängen der Stadt: 49–78, 3 Abb.; Sigmaringen (Thorbecke).

## Beilagen

Beil. 1: Geologische Karte des zentralen Stadtgebiets von Freiburg i. Br. 1 : 5000

Geologische Grenzen weitgehend nach WIMMENAUER & HÜTTNER (1968) und GROSCHOPF & SCHREINER (1994), z. T. verändert. Die digitale topographische Grundlage stellte das Vermessungsamt der Stadt Freiburg i. Br. zur Verfügung. Der Verlauf des Bächlestollens entlang dem Hangfuß des Schloßbergs beruht auf Vermessungen des Hochbauamts der Stadt Freiburg i. Br. Von den zahlreichen Baugrund- und Brunnenbohrungen im Stadtgebiet sind nur die Ansatzpunkte der geologisch wichtigeren bzw. tieferen Bohrungen eingetragen. Bezeichnungen: B 1–B 19 – Bohrprofile aus HÜTTNER & WIMMENAUER (1967: Kap. X). Sonstige Bohrprofile nach Archivunterlagen des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Freiburg i. Br.; Br – Brunnen; S – Erkundungsbohrungen für B 31-Stadttunnel; M – Erkundungsbohrungen für B 31-Ost; NB – Notwasserbrunnen; Bohrpunkte ohne Bez. – Baugrundbohrungen. Die

Schnittlinien A–D zeigen die Lage der Schnitte in Abb. 13 und 20. Verlauf der Stadtmauer hauptsächlich nach SCHWINEKÖPER (1975); Lage der VAUBANSchen Befestigungen nach Unterlagen des städtischen Hochbauamts (vereinfacht)

Beil. 2: Karte der Grundwasseroberfläche im zentralen Freiburger Stadtgebiet am 10.8.1992 bei knapp mittlerem Wasserstand, Maßstab 1 : 5000

Abkürzungen der Meßstellenbezeichnungen s. Beil. 1. Bei der Konstruktion der Linien sind die Höhen der Gewässersohle und damit auch des Wasserspiegels der Dreisam (angenommene Wassertiefe etwa 0,3 m) berücksichtigt. Die Sohlhöhen der Dreisam wurden im wesentlichen der topographischen Karte 1 : 5 000 (Ausgabe 1930) entnommen. Der Hölderlebach ist als über der Grundwasseroberfläche fließend angenommen (vgl. Abb. 20: Schnitt B).

### **CD-ROM Geowissenschaftliche Übersichtskarten von Baden-Württemberg 1 : 350 000**

CD-ROM mit 20 Karten, Freiburg i. Br. 1998, DM 49,-

Im Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg i. Br., wurde eine CD-ROM erarbeitet, die vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg herausgegeben wurde. Es handelt sich um 20 geowissenschaftliche Karten im Maßstab 1 : 350 000, die auf einer CD-ROM zusammengestellt sind, gemeinsam mit Anwendungsprogrammen. Die 20 Karten sind folgenden Themen und Teildisziplinen gewidmet: Topographie, Geologische Einheiten und Tektonik, Hydrogeologie (6), Rohstoffgeologie (3), Bodenkunde (7) sowie Erdbeben (2).

Neben der klassischen Darstellungsart, den gedruckten geowissenschaftlichen Karten, werden seit einiger Zeit solche Karten auch digital erstellt. Mit Hilfe von Geoinformationssystemen (GIS) können die zugrunde liegenden digitalen Daten visualisiert, weiterverarbeitet, ausgedruckt und Karten unterschiedlichster Größen oder Maßstäbe erzeugt werden. Außerdem können erheblich mehr Informationen gespeichert werden (auf einer CD-ROM z. B. der Text von 300 000 Schreibmaschinenseiten). Neben der raschen Zugriffszeit auf die gespeicherten Informationen hat der Nutzer auch noch den Vorteil, daß er wesentlich weniger Platz benötigt, um die Unterlagen aufzubewahren.

Die auf dieser CD-ROM gespeicherten Geodaten liegen als Raster- und Vektordaten vor. Mit Hilfe der mitgelieferten Benutzeroberfläche kann man sich flexibel im Datenbestand bewegen und die CD-ROM als digitalen Atlas nutzen. Wer sich z. B. die Geologische Karte von Baden-Württemberg daraus auf dem Bildschirm betrachtet, der kann durch einfaches Anklicken der ausgewählten Fläche Zusatzinformationen erhalten, wie die Größe der Fläche oder die stratigraphische Situation. Wichtig ist ferner, daß die Karte oder ein Ausschnitt davon im jeweils gewünschten Maßstab angesehen werden kann. Da die Daten in Standarddatenformaten vorliegen, können sie auch für eigene Visualisierungen und Auswertungen in gängige GIS-Systeme eingebunden werden. Bei der Installation kann man sich entscheiden, ob man nur mit der Benutzeroberfläche und den Karten oder zusätzlich mit den Vektordaten (Themen) arbeiten will.

Die Bedeutung dieser CD-ROM für die Nutzer ergibt sich dadurch, daß sie vor allem als Grundlage für landesweite Planungs- sowie Lehr- und Forschungsvorhaben geeignet ist. Daneben gibt es weitere Anwendungsmöglichkeiten: So kann der private Nutzer z. B. von seinem Heimcomputer aus sofort feststellen, welche geologischen Einheiten in der Nachbarschaft (oder am Urlaubsort, sofern dieser in Baden-Württemberg liegt) vorhanden sind und wie groß das jeweilige Verbreitungsgebiet ist.

Mit dieser CD-ROM erhalten die Nutzer ein Kartenwerk von hoher Aktualität, Praxisbezogenheit und zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten. Voraussetzung ist lediglich ein geeigneter PC (zumindest ein PC 486, 16 MB RAM, Windows95).

Die CD-ROM und die Geologische Schulkarte sind bei dem Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Abhofach, D-79095 Freiburg im Breisgau, zu beziehen. Bestellungen sind auch möglich per Fax (0761-204 4438) oder per E-Mail (vertrieb@lgrb.uni-freiburg.de).

### **Geologische Schulkarte von Baden-Württemberg 1 : 1 000 000**

12. Aufl.: 1 Karte und Erläuterungen: VI + 142 S., 27 Abb., 2 Tab., Freiburg i. Br., DM 12,80

Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) hat die seit 1951 an den Schulen und Hochschulen sowie in der geologisch interessierten Öffentlichkeit viel verwendete Geologische Schulkarte von Baden-Württemberg 1 : 1 000 000 überarbeitet und in 12. Auflage herausgegeben. Zugleich erschienen die Erläuterungen in 12., überarbeiteter und wesentlich erweiterter Auflage.

Die Karte wurde auf moderner und den Belangen der Geologie angepaßter topographischer Grundlage neu gestaltet. Dabei konnten in den vergangenen Jahrzehnten gewonnene Erkenntnisse über die geologischen Verhältnisse des Landes eingearbeitet werden, sofern sie in diesem Maßstab darstellbar sind. Gleiches gilt für die beiden neu konstruierten geologischen Schnitte auf dem Kartenblatt: Sie zeigen den Aufbau des tieferen Untergrunds, soweit dieser sich von der Oberfläche aus und durch Bohrungen erschließen läßt. Die völlig überarbeiteten und wesentlich erweiterten Erläuterungen – zuvor waren es nur maximal 40 Seiten – wurden ebenfalls neu gestaltet. Sie enthalten jetzt erstmals Abbildungen und Tabellen, wodurch die Verständlichkeit des Textes erleichtert wird. Die Karte wurde auf wasserabweisendem und abwaschbarem Spezialpapier gedruckt, das nicht mehr auf Leinen aufgezogen werden muß. Sie wird gefaltet und zusammen mit den Erläuterungen in einer handlichen Mappe ausgeliefert.

Die Karte und die Erläuterungen vermitteln ein kurz gefaßtes Bild der geologischen Verhältnisse in Baden-Württemberg und den angrenzenden Gebieten, wie es dem heutigen Kenntnisstand entspricht. Auf der Karte ist die Verbreitung der zu größeren geologischen Einheiten zusammengefaßten Gesteine und Schichten dargestellt, d. h. deren Ausstrich an der Erdoberfläche. Aufgeführt sind auch Altersangaben nach der neuesten Zeitskala. Weiter sind auf der Karte bedeutendere Bergwerke und Salinen, wichtige Vorkommen von Erdöl und Erdgas (deren Förderung inzwischen eingestellt ist) sowie von Mineral- und Thermalwasser eingetragen.

Zweck der Erläuterungen ist es, dem Leser das auf der Karte Dargestellte in seinen Grundzügen näherzubringen. Aufbau und Entstehung der Gesteine und Schichten sowie anderer geologischer Einheiten in Baden-Württemberg, ihre Stellung in der Erdgeschichte, der tektonische Bau sowie die Grundzüge der Landschaftsgeschichte sind hier beschrieben und illustriert. Außerdem werden die wichtigen Themenbereiche Erdbeben, Bodenschätze (einschließlich Grund-, Mineral- und Thermalwasser sowie Erdwärme), Baugrund und Böden behandelt. Eine Auswahl weiterführender Literatur sowie eine Zusammenstellung von Besucherbergwerken und Schauhöhlen in Baden-Württemberg runden den informativen Text ab.

Die Geologische Schulkarte soll nicht nur Lehrern und Schülern als anschauliches Arbeitsmittel dienen, sondern auch vielen anderen, an der Geologie Südwestdeutschlands Interessierten Kenntnisse über den Untergrund vermitteln, auf dem wir leben.