

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N. F. 9	3	611—637	Taf. 27	Freiburg im Breisgau 1. Oktober 1957
--	---------	---	---------	---------	---

# Beiträge zur Hydrogeologie der näheren Umgebung von Freiburg i. Br.

von

KURT SAUER, Freiburg i. Br.\*

Mit Taf. 27

## Inhalt

	Seite
Einführung . . . . .	611
Umfang des Untersuchungsgebietes und geologischer Großbau . . . . .	612
Hydrogeologische Verhältnisse . . . . .	613
1. Der Grundgebirgsschwarzwald . . . . .	613
2. Eiszeitliche Schotterräume . . . . .	615
2.1. Zartener Becken . . . . .	615
2.2. Dreisam-Schwemmfächer . . . . .	617
2.2.1. Nördlicher Lappen . . . . .	618
2.2.2. Südlicher Lappen . . . . .	620
2.2.3. Wasserführung und -beschaffenheit . . . . .	621
2.3. Glotter-Elz-Schwemmfächer . . . . .	623
2.4. Schwemmfächer von Möhlin und Neumagen . . . . .	627
2.5. Kiessande des Rheins . . . . .	629
2.5.1. Rheingebiet . . . . .	629
2.5.2. Gebiet des ehemaligen Ostrheins . . . . .	632
3. Mesozoische und tertiäre Vorberge vor dem Grundgebirgsschwarzwald . . . . .	635
Schrifttum . . . . .	637

## Einführung

Der nachstehende Bericht beruht zum größten Teil auf Beobachtungen, Aufnahmen von Bohrungen und Erfahrungen, welche der Verfasser als Berater privater, kommunaler und staatlicher Stellen bei der Wassererschließung seit 1948 gemacht hat. Es schien an der Zeit, das in nahezu 20 Jahren erarbeitete Material auszuwerten und dabei zu versuchen, ob es zu einer allgemeinen gültigen Synthese der hydrogeologischen Verhältnisse des Freiburger Raumes führen könne. Daneben wird bezweckt, anhand der Befunde Räume aufzuzeigen, die sich nach ihrer Hydrogeologie als Grundwasservorrats- oder -schongebiete eignen. Damit soll ein Beitrag zur Ordnung des wichtigen Siedlungs- und Industrieraumes auf der Höhe von Freiburg zwischen dem Schwarzwald und dem Rhein geliefert werden. Die zahlreichen geologischen Fragen, die sich aus den Bohrungen er-

\* Anschrift des Verfassers: Professor Dr. KURT SAUER, Oberlandesgeologe, 78 Freiburg i. Br., Hildastraße 56.

geben, sollen an anderer Stelle später behandelt werden. Der vorliegende Beitrag ist somit praktischen Fragen gewidmet.

Die Zusammenstellung wäre ohne den engen Kontakt und vor allem die Hilfe der Gemeinde- und Stadtverwaltungen der Landkreise Emmendingen, Freiburg und Müllheim, der Stadt Freiburg, hier insbesondere der Stadtwerke — Gas- und Wasserversorgung —, des Regierungspräsidiums Südbaden, Abteilung VB (Wasserwirtschaft), und des ihm unterstellten Wasserwirtschaftsamtes Freiburg, der Landesstelle für Gewässerkunde und Wasserwirtschaftliche Planung in Karlsruhe, der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Freiburg, der Neubauleitung Freiburg des Autobahnamtes Baden-Württemberg sowie zahlreicher Bohrunternehmungen, die im behandelten Raum Arbeiten ausführten und hinsichtlich Probenahme und Aufbewahrung des Bohrgutes größtes Verständnis für die sehr speziellen Wünsche des Hydrogeologen zeigten, unmöglich gewesen. Die schlechte Kassenlage, welche heute auch wissenschaftliche Gesellschaften und Vereine betrifft, bringt Einschränkungen bei der Drucklegung. Infolgedessen ist es nicht möglich, die Helfer namentlich aufzuführen. Der Dank sei ihnen durch die globale Nennung der Institutionen und Behörden, denen sie als Ingenieure oder Techniker angehören, abgestattet. Leider ist auch eine ausführliche Illustration, wie sie an sich wünschenswert wäre, aus Geldgründen nicht möglich. Infolgedessen wurden bei allen wichtigen Bohrungen Nummer und entsprechende Koordinaten des Meßtischblattes 1:25 000 angegeben, auf denen sie zu finden sind (z. B. 8013: 34 19 300/53 16 050). Es ist zweckmäßig, sich für die allgemeine Übersicht der topographischen Karte 1:50 000 des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg zu bedienen. Infrage kommen die Blätter L 8110, 8112, 8114, 7910, 7912, 7914.

### **Umfang des Untersuchungsgebietes und geologischer Großbau**

Es umfaßt das Einzugsgebiet der Möhlin mit ihren Quelllästen Neumagen, Ambringer Bach, Norsinger Bach, Ehrenstetter Bach und eigentlicher Möhlin bis zur Mündung, jenes der Dreisam mit den ihr tributären Zuflüssen bis auf die Höhe von Riegel und den Bereich der Elz von Buchholz bis zur Einmündung bei Riegel einschließlich der Glotter in den Dreisamkanal. Es schließt somit drei wesentliche und voneinander in ihrem Aufbau verschiedene geologische Einheiten ein, nämlich den Westabfall des Grundgebirgsschwarzwaldes, die Vorberge des Schwarzwaldes und die Oberrheinebene. Der Grundgebirgsanteil ist der östliche Rahmen der Bruchzone des Oberrheingrabens, Vorberge und Ebene sind Teile des Grabens. Vorberge und Grundgebirge werden durch die äußere oder Schwarzwald-Randverwerfung getrennt, Vorberge und Oberrheinebene (= tief versenkter Grabeninhalt) durch die innere oder Rhein-Verwerfung.

Die Schwarzwald-Verwerfung hat eine ziemlich einheitliche Richtung (Streichen) von SSW nach NNO und ist von Staufen über das Hexental – Au – Iorettoberg bei Freiburg – Westabfall des Freiburger Schloßberges – über den Ostteil des Mauraucher Berges – Sexau bis in das N—S orientierte Brettental zu verfolgen.

Die Rhein-Verwerfung liegt unmittelbar westlich der Hügel von Schlatt und Bingen, streicht bis auf die Höhe von Rimsingen am Westrand des Tunibergeres entlang, knickt zwischen Merdingen und Ihringen nach W ab (Streichen  $\pm$  Ost—West), läuft dann dem Westrand des Kaiserstuhls entlang und streicht in das Elsaß hinein.

Der Grundgebirgsschwarzwald im Osten der Schwarzwald-Verwerfung besteht aus Metamorphiten (Gneis und Familie der Metatexit-Gesteine) unter einem in der Mächtigkeit schwankenden Schuttmantel aus rolligen und kantigen Lockergesteinen.

Die Vorbergzone umfaßt von Osten nach Westen die Emmendinger Vorberge aus älterer und mittlerer Trias (Buntsandstein und Muschelkalk), die durch vorwiegend rheinische Störungen in Einzelschollen zerlegt sind, die schmale Scholle aus Trias- und Juragesteinen vor dem Westabfall des Schwarzwaldes im Bereiche von Gundelfingen bis zum Lorettoberg in Freiburg, den Schönbergkomplex mit Ablagerungen von Trias, Jura und älterem Tertiär.

Davor liegt im Westen das Freiburger Bruchfeld, in dem die Schichten von Perm bis Tertiär zum größten Teil dem Blick durch kiesig-sandig-schluffige pleistozäne Schwemmfächer von Dreisam, Glotter und Kiessande des eiszeitlichen Ostrheines entzogen sind. Herausragen lediglich der Lehener Berg (Keuper und Lias) und der Nimberg (Oberer Muschelkalk bis älteres Tertiär) mit der kleinen isolierten Scholle des Hunnen- oder Honigbucks (Hauptrogenstein = Mittlerer Jura). Den westlichen Abschluß der Vorberge machen der Tuniberg (Mittlerer Jura bis älteres Tertiär) mit dem südöstlichen Anhängsel der Mengener Brücke, über deren geologischen Bau so gut wie nichts bekannt ist, und der Kaiserstuhl (Tertiärsedimente und -vulkanite verschiedenster petrographischer Art). Über allen liegt eine in der Mächtigkeit sehr variable Lößdecke mit unregelmäßig verteilten verlehmtten Partien.

Der westlich gelegene eigentliche Rheingraben ist von einer mächtigen Kiessandpackung verdeckt, die vom pleistozänen Rhein und zum Teil von den pleistozänen Schmelzwässern aus dem Schwarzwald (Möhlin, Neumagen) geliefert wurde. Darunter liegt als Basis, soweit Geophysik und wenige Tiefbohrungen für eine auch nur annähernd verbindliche Aussage ausreichen, Ton und Mergel des älteren Tertiärs.

Tafel 27 stellt die Einheiten skizzenhaft dar.

### Hydrogeologische Verhältnisse

Der Untersuchungsraum ist aufgrund seines geologischen Aufbaus in folgende Grundwasserlandschaften zu gliedern:

1. Grundgebirgsschwarzwald
2. Eiszeitliche Schotterräume des Zartener Beckens (Dreisam), der übrigen Schwarzwaldflüsse und des Rheins
3. Mesozoische und tertiäre Vorberge vor dem Grundgebirgsschwarzwald

#### 1. Der Grundgebirgsschwarzwald

Er umfaßt gut die Hälfte des untersuchten Gebietes und besteht aus einem festen Felsgerüst (vorwiegend Gneis, Metatexite, Granite), über dem eine geringmächtige Decke aus Lockergesteinen (Mächtigkeit 1 bis 4 m) liegt, die entweder an Ort und Stelle entstandene Verwitterungsprodukte der anstehenden Unterlage oder gewanderte (solifluidierte) Schuttmassen oder Grundmoränenbildungen sind. Sie sind letzteiszeitlich oder jünger (jungpleistozän bis holozän).

Alle drei die Decke aufbauenden Typen bestehen aus schwach gerundeten bis eckigen Lockergesteinen (Körnung Mittelsand bis Stein) mit wechselndem Anteil bindigen Zwischenmittels (Körnung Schluff bis Ton). Der Prozentsatz der einzelnen Körnungen ist sehr verschieden, infolgedessen auch das

Porenvolumen und der nutzbare Porenraum. Dementsprechend sind stark bindige Massen als Grundwasserleiter schlecht geeignet, solche mit hohem Anteil an Grobkies und Steinen bei gleichzeitigem Stopfmittel aus Grobsand dagegen sehr. Wichtig für die Eignung einer Schuttdecke als Leiter ist auch ihre Mächtigkeit. Da sich die drei Grundtypen, zwischen denen es gemäß ihrer geologischen Geschichte und der orographischen Situation alle Übergänge gibt, hydrologisch gleich verhalten, ist eine Unterscheidung derselben nicht erforderlich. Man bezeichnet die Decke deshalb als Schuttgrundwasserleiter und das anstehende Felsgerüst als Sohlschicht aus Grundgebirge.

Die Schuttdecke ist meist kein guter Leiter. Deren Geringmächtigkeit und die starke Reduktion des Porenraumes durch den hohen Anteil bindiger Beimengungen sind die Ursache. Die Erfahrung hat erwiesen, daß Schutt in Gebieten aus Granit oder Diatexit hydrologisch besser zu beurteilen ist als solcher über reinen Paragneisen oder durch den Vorgang der Anatexis nur schwach bis mäßig überprägten metamorphen Gesteinen. Die Schuttgrundwasserleiter haben infolge des durch Geringmächtigkeit und starke Bindigkeit reduzierten Porenraumes ein geringes Wasserrückhaltevermögen. Der Speicherraum ist klein und rasch gefüllt. So wird ein großer Teil des Niederschlages, der zunächst noch etwas in den Untergrund eindringt, nicht gehalten, sondern fließt ab und bessert den abklingenden oberirdischen Abfluß auf, nachdem dessen Hauptmenge abgeflossen ist. Ein weiterer Teil des Niederschlages wird durch die Bodenvegetation festgehalten und am Eindringen in den Untergrund gehindert. Auch er speist den oberirdischen Abfluß, sobald dieser das reine Oberflächenwasser abgeführt hat.

So ist es verständlich, daß Quellen (besondere Austrittsform des Grundwassers) mit Ergüssen von 1 l/s in Trockenzeiten im Grundgebirgsanteil sehr selten sind. Außer den geschilderten Untergrundsverhältnissen ist dafür auch noch das lebhaft Relief verantwortlich (Zerteilung des Grundgebirgsschwarzwalde in viele kleine, in sich geschlossene Einzugsgebiete). Der Erguß der für Versorgungszwecke genutzten Quellen — ungenutzte, die auch den Anforderungen der Wasserhygiene genügen, sind kaum noch vorhanden — liegt in niederschlagsarmen Zeiten erheblich unter der oben genannten Menge. Die Schüttungsschwankungen der Schuttquellen verhalten sich mindestens wie 1:8, Verhältnisse von 1:14 oder gar 1:33 sind keine Seltenheit. Diese starke Streuung macht deutlich, daß die Quellen in ihrem Auftreten und in ihrer Leistung von vielen Umständen abhängig sind, die sich günstig überlagern oder fehlen können (zum Beispiel Porenvolumen, Mächtigkeit der Schuttdecke, Niederschlagsmenge im Einzugsgebiet, Morphologie und Gesteinhärte, welche die Bildung von Quellmulden begünstigen oder ausschließen).

Quellen dieser Art können keine Versorgungen größerer geschlossener Ortschaften garantieren. Sie sind für die aus Einzelgehöften bestehenden Streusiedlungen des Grundgebirgsschwarzwalde ausreichend und waren es bisher auch für die kleinen geschlossenen Ortskerne mit Sitz der Verwaltung und der kulturellen und kirchlichen Einrichtungen. Die Strukturänderung nach dem Zweiten Weltkrieg hat hier Wandel geschaffen (Bevölkerungszuwachs, verstärkte Bautätigkeit, in ihrem Gefolge Verbesserung der sanitären Einrichtungen, Intensivierung des Fremdenverkehrs, Rationalisierung der Landwirtschaft). Da nutzbare Quellen nicht mehr vorhanden sind und vor allem auch bei der Geringmächtigkeit des Leiters Grundwasser aus Tiefbrunnen in ausreichenden Mengen nicht gewonnen werden kann, muß der Zusatzbedarf durch Fremdbezug aus entfernt liegenden Grundwasserleitern gedeckt werden (Beispiel: Die zu einem Versor-

gungsverband zusammengeschlossenen Gemeinden des Glottertales sind Mitglied im Versorgungszweckverband Mauracher Berg, der sein Wasser aus dem Kies des Elz-Schwemmfächers gewinnt).

Die Grundwasserlandschaft des Grundgebirgsschwarzwaldes ist wohl durch hohe oberirdische Abflüsse, aber durch geringe unterirdische Vorräte und Abflüsse gekennzeichnet. Das Grundwasserdargebot ist bescheiden.

Das Wasser ist weich bis sehr weich (0 bis 8° dGH) mit saurer Reaktion (pH < 7, meist  $\geq$  6,8). Der Gehalt an gelösten Mineralstoffen ist gering. Die unerwünschten Ionen der Schwermetalle Eisen und Mangan fehlen in den meisten Fällen. Sauerstoff ist reichlich vorhanden (meist > 7 mg/l), vielfach herrscht sogar Übersättigung. Freies Kohlendioxid ist in erheblichen Mengen enthalten und meist im gesamten Umfang kalk- und metallaggressiv.

Fassungen in Waldgebieten sind in der Regel hygienisch nicht zu beanstanden, wenn die Überdeckung aus natürlichem gewachsenem Erdreich ausreichend ist. Sie muß nach der Erfahrung mindestens 4 m betragen. Manchmal sind hohe Gehalte an nicht pathogenen Keimen festzustellen. Sie sind vor allem bei Quellen in Laubwäldern beobachtet worden und auf die Laubfäulung zurückzuführen. Quellen in Weide-, Wiesen- und Ackerland sind hygienisch sehr anfällig. Während für Waldquellen zur Erhaltung guter hygienischer Beschaffenheit des Wassers Schutzgebiete ausreichen, werden für den zweiten und dritten Typ darüber hinaus Entkeimungsanlagen erforderlich.

## 2. Eiszeitliche Schotterräume

### 2.1. Zartener Becken

Als solches bezeichnet man nach der Morphologie das Niederungsgebiet östlich Ebnet bei Freiburg, das von steil aufsteigenden Flanken des Grundgebirgsschwarzwaldes eingerahmt ist. Es handelt sich geologisch um eine fluvioglaziale Aufschüttung aus Kies und Sand. Sein Umfang wird durch die Siedlungen Ebnet, Wittental, Stegen, Burg, Kirchzarten, Neuhäuser und Littenweiler umrissen. Es ist hydrographisch durch den Vorfluter Dreisam gekennzeichnet, dessen Einzugsgebiet am Pegel Ebnet 257 km<sup>2</sup> umfaßt. Die Fläche der eigentlichen Niederung ist etwa 30 km<sup>2</sup> groß. Die Kiessandfüllung ist nach dem heutigen Stand der stratigraphischen Kenntnis jüngst- oder würmeiszeitlich und wird deshalb auch Niederterrassenschotter genannt. Sie ist als Ganzes betrachtet ein guter Porengrundwasserleiter, dessen Mächtigkeit und Aufbau vor allem nach 1957 durch geophysikalische Untersuchungen (Refraktionseismik und elektrische Widerstandsmessungen) und Bohrungen recht gut bekannt geworden ist. Der Tiefbrunnen von Stegen in den Unteren Birkäckern (8013; 34 22 530/53 15 860) hat die undurchlässige Sohlschicht aus Gneis nach 43 m Kiessand bei etwa + 344,50 m NN erreicht, der weiter westlich geteufte Brunnen Krüttmatten V der Stadt Freiburg (8013; 34 20 230/53 15 995) nach Durchörterung von 42,20 m Kies und Sand bei + 309,45 m NN. Der städtische Hungerbrunnen 1 (8013; 34 19 590/53 17 095) erreichte die Gneisfelschale bei + 304,03 m NN (30,65 m Kies). Der städtische Brunnen Rehmatten 4 (8013; 34 17 790/53 16 280) durchörterte 37,40 m Kies, Sand und Schluff (Felsschale aus Gneis + 287,41 m NN). Die Verbindung der Höhengoten der Felsschale aus Gneis ergibt, daß die Gneis-Oberfläche mit 1,2 % gleichmäßig nach Westen abfällt. Es ist infolgedessen geologisch nicht begründet, von einem Becken zu sprechen. Das Gefälle der Geländeoberfläche (Oberfläche der Niederterrasse) ist stärker als das Gefälle der stauenden

Sohlschicht. Dadurch erklärt sich die Verringerung der Kies-Mächtigkeit von Osten nach Westen. Von Talübertiefungen, Felsbarren und -riegeln, wie sie etwa am Sandfang bei Freiburg vermutet wurden, ist nichts festzustellen.

In diesem Leiter bewegen sich bedeutende Grundwassermengen langsam von Osten nach Westen als unterirdischer Abfluß. Er verteilt sich auf den Nord- und Südteil des Beckens, wobei ersterem aufgrund der günstigen Kornzusammensetzung der Schotter die Wirkung einer tiefen Abzugsrinne (unterirdische Vorflut) zukommt, in welche auch jenes Wasser aus dem Südteil einfließt, das sich dort wegen des mangelnden Speicherraumes nicht halten kann. Diese bis in größere Tiefen schluffarme Kiesrinne läßt sich von Ebnet in östlicher Richtung entlang dem Nordrand des Beckens bis auf die Höhe von Stegen verfolgen. Wohin sie dann weiterzieht, ist noch ungewiß. Aus der Taltorm könnte geschlossen werden, daß sie in nördlicher Richtung in das Eschbachtal und in östlicher Richtung in den Rechtenbach hineinzieht. Geophysikalische Untersuchungen können hier klärend wirken. Auf der Höhe des Gewanns Rehmatten (Gemarkung Ebnet) wird der Querschnitt der Tiefenrinne durch die von Süden weit nach Norden vorstoßenden, sehr stark bindigen Schotter verengt. Anstau des Grundwassers ist die Folge und sogar Rückstau jenes Teiles, der von Süden zufließt. Die Grundwasseroberfläche liegt hier ziemlich hoch. Aus diesem Grunde wurde 1872 hier das Wasserwerk der Stadt Freiburg angelegt, da das Wasser in Sammlern (Tiefdrainagen) gefaßt und ohne künstliche Hebung in freiem Gefälle nach Freiburg gebracht werden kann. Die Tiefdrainagen wurden 1895/96 und zuletzt 1921 erweitert. Die durch das Wachstum der Stadt notwendig gewordenen Zusatzmengen mußten später aus Tiefbrunnen im Zartener Becken gewonnen werden. Im Winter 1962/63 haben die in der nördlichen Rinne angelegten Brunnen (Hungerbrunnen 1 und 2) den Zusammenbruch der Freiburger Wasserversorgung verhütet, da die Anreicherung von Oberflächenwasser infolge Frostes ausfiel und durch das tiefere Grundwasser ersetzt werden konnte. Die nördliche Rinne vermag aber die ausreichende Belieferung der Stadt Freiburg auf die Dauer nicht zu sichern. Weitere beträchtliche Wassermengen können nämlich aus dem Zartener Becken ohne Beeinträchtigung der Wassernutzer westlich des Pegels Ebnet im Stadtgebiet und in dessen Westen und auch aus Rücksicht auf den steigenden Wasserbedarf der Landgemeinden im Becken selbst sowie der Ortschaften im Kristallin-Schwarzwald (Eschbach, St. Peter usw.) nicht mehr entnommen werden. Die Tiefenrinne dreht westlich Ebnet in südwestliche Richtung ab, wie die Auswertung der refraktionsseismischen Messungen von 1960 gezeigt hat. Sie zielt damit genau auf die Talflanke aus Gneis im Süden am Mösle, wo die dadurch erzeugten Grundwasseraufstöße die alte Wasserleitung der Stadt Freiburg bis zum Jahre 1872 speisten. Durch die heutigen starken Entnahmen im Becken selbst und den Betrieb zahlreicher Privatbrunnen zwischen Ebnet und dem Mösle sind die Quellenaufstöße heute verschwunden.

Wie von einem Niederterrassenschotter in der unmittelbaren Nachbarschaft des Gletschers nicht anders zu erwarten, zeigt er ein sehr unregelmäßiges Korngemisch von Schluff bis zu Blöcken von Kubikmeter-Größe. Er ist aus Gneis, Gneis-Anatexit, Granit und dessen Ganggefölschaft aufgebaut. Der prozentuale Anteil der einzelnen Kornfraktionen wechselt sowohl vertikal wie auch horizontal rasch. Dadurch entsteht zunächst der Eindruck, die Sedimente seien ohne Regel und System abgelagert. Wertet man aber die zahlreichen geoelektrischen Messungen aus, welche 1958/59 durchgeführt wurden, so ergibt sich, daß in der Becken-Nordhälfte Kiese und Sande abgelagert sind, denen bindige Beimengun-

gen weitgehend fehlen. Sie sind im Gegensatz dazu in den Schottern der Südhälfte stärker bis stark vertreten. Der Anteil bindigen Materials bestimmt den nutzbaren Porenraum und damit auch die Durchlässigkeit des Kiesgrundwasserleiters. Beide sind im Norden weit günstiger als im Süden. Ganz allgemein läßt sich über das gesamte Becken eine vertikale Aufgliederung in eine hangende Partie aus frischem, hartem Material mit geringem Schluffgehalt und eine liegende mit angewitterten oder verwitterten Schottern mit hohem Schluffgehalt erkennen. In der liegenden Zone sind die Gerölle aus Gneis meist so morsch, daß man sie in der Hand zerdrücken kann. Ein Vergleich des Materials der Bohrung Rehmatten 4 mit dem aus dem Hungerbrunnen 1 bestätigt diese im wesentlichen aus den Gesteinsverständen abgeleitete Gesetzmäßigkeit. Die Grenze zwischen frischem und verwittertem Schotter liegt im Hungerbrunnen 1 bei 24,0 m unter Gelände (= 310,68 m NN), in Rehmatten 4 bei 12,10 m unter Gelände (= 312,70 m NN), im Brunnen Lochmatten 4 (8013; 34 19 300/53 16 050) bei 9,40 m unter Gelände. Die hangende Partie aus frischen Geröllen und mit wenig bindigen Bestandteilen nimmt nach Süden und Südwesten immer mehr ab (Sammler 1 des Freiburger Wasserwerks < 10 m).

Das Grundwasser im Zartener Becken verhält sich chemisch so wie jenes in den Schuttdecken des Grundgebirgsschwarzwaldes. Es entspricht auch den hygienischen Anforderungen, wenn es sehr tief liegt und die Entnahmestelle von einem ausreichend großen Schutzgebiet umgeben ist. Wasser aus flachen Brunnen oder Tiefdrainagen ist öfters durch pathogene Bakterien verunreinigt, besonders dann, wenn die Fassungen in sehr grobem, sandfreiem Kies angelegt sind und einer undurchlässigen Deckschicht entbehren. Die Anforderungen der Hygiene sind hier nur durch ein ausreichend großes Schutzgebiet mit entsprechenden Aufbereitungsanlagen zu erfüllen. Oberflächenbeeinflussung wie Wässerung zu landwirtschaftlichen Zwecken oder zur Grundwasseranreicherung und Einleitung jeder Art von Abwässern sind hier zu unterbinden. Auch eine Bebauung kann in dem ausgesprochen grundwasserhoffigen Nordgebiet (zwischen Ebnet und Stegen nördlich der Bundesstraße 31) nicht zugelassen werden.

## 2.2. Dreisam-Schwemmfächer

Der Dreisam-Schwemmfächer hat seine Wurzel im Osten bei Ebnet. Er stößt weit über das Stadtgebiet nach Westen, Nordwesten und Südwesten vor. Der größte Teil besteht aus pleistozänen Niederterrassenablagerungen (würmeiszeitlich). Die tiefsten Teile können geologisch älter sein (vielleicht rißeiszeitlich). Er ist aus Kies und Sand, Schluff und Ton aufgebaut. Der Kies ist entweder frisch und unverwittert oder verwittert (morsch oder faul). Während die frischen Teile meist eine graue oder rötliche Farbe haben, sind die verwitterten Partien gelb, ockergelb oder braungelb. Man gliedert den Fächer zweckmäßig in einen südlichen und einen nördlichen Lappen. Der südliche Lappen wird im Norden durch die Landesstraße Freiburg—Gottenheim, im Westen durch den Ostrand des Tuniberges, im Süden durch die Mengener Brücke und im Osten durch den Schönberg und den Lorettoberg begrenzt.

Der nördliche Lappen schließt nördlich der besagten Landesstraße an, ist dann durch den Westrand der Vorberge (bis Höhe Wildtal), die Linie Wildtal—Vörstetten—Reute—Bottingen—Nimburg begrenzt und endet westlich des Nimberges mit der Linie Neuershausen—Gottenheim.

### 2.2.1. Nördlicher Lappen

Die zahlreichen der Brauchwasserversorgung dienenden Tiefbrunnen in der Stadt (> 170) liegen größtenteils in ihm. Ihnen verdankt man im wesentlichen die Kenntnis über den Gesteinsaufbau des nördlichen Lappens. Leider haben nur wenige die stauende Sohlschicht erreicht, so ein Brunnen im Anwesen Karlstr. 67 mit 23,40 m Kies über Lias 4 (7913; 34 14 800/53 19 100), Tiefbrunnen 2 Firma Herder in der Habsburger Straße (7913; 34 14 560/53 18 950) mit 37,40 m Kies auf Mergelstein des höheren Mittleren Keupers (ERB 1958), Bohrung im Freiburger Stadtgarten (8013; 34 14 300/53 18 770) mit 35,90 m schluffigem Kiessand auf Mergel des höheren Mittleren Keupers, Thermalwasseruntersuchungsbohrung Freiburg (7913; 34 14 170/53 21 760) mit 74 m Kiessand (Liegendes stark schluffig) auf Tonstein der *Opalinum*-Schichten (Unterer Dogger). Der in ihrer Nähe befindliche Brunnen 2 des Gaswerkes an der Hans-Bunte-Straße mit 70 m Tiefe hat den Schwemmfächer noch nicht durchsunken. Ebenso stehen die Brunnen 13 und 15 der Firma Rhodiaceta im Freiburger Mooswald mit 64,50 und 67,50 m noch in ihm. Auch die Versuchsbohrung für den Brunnen 7 auf dem Werksgelände dieser Firma am Scheibenweg (7913; 34 14 160/53 21 040) hat mit 67,50 m das Liegende nicht erreicht. Für den Raum des östlichen Mooswaldes ist man aufgrund dieser Daten berechtigt, eine Mächtigkeit für die pleistozänen Lockersedimente von 70 bis 75 m anzunehmen, was auch durch die Auswertung der refraktionseismischen Messungen im Gebiete Zähringen—Lehen—Hochdorf—Denzlingen aus den Jahren 1958—1960 bestätigt wird.

Weiter im Westen haben der Brunnen für den Neubau des Tierhygienischen Institutes (7912; 34 10 630/53 22 480) den 15,70 m mächtigen Kies und die zahlreichen Untersuchungsbohrungen für die Seitenentnahme der Bundesautobahn in den Landwassermatten ihn auf diesem engem Raume in zwischen 9,20 und 18,30 m schwankender Mächtigkeit durchsunken. Die Unterlage besteht in beiden Fällen aus buntfarbigen Mergelsteinen des höheren Mittleren Keupers. Unmittelbar östlich des Lehener Berges (7912; 34 11 125/53 21 260) liegen 21,20 m Kies auf Tonsteinen des Lias 2. Im westlich der Marchhügel (Lehener Berg, Nimberg) befindlichen Teil des Lappens haben bisher keine Bohrungen den Schwemmfächer durchsunken. Eine kurz nach dem Ersten Weltkrieg zur Erschließung von Braunkohle auf der Höhe von Hugstetten westlich der Dreisam niedergebrachte Bohrung (7912; 34 05 580/53 24 560) blieb mit 54 m im Kies stecken. Die Bohrung für den Tiefbrunnen für die Wasserversorgung Umkirch (7912; 34 08 420/53 22 550) hat bei 31,40 m die ab 18 m stark schluffigen pleistozänen Kiessande noch nicht durchörtert. Dies trifft auch für die Bohrung des Tiefbrunnens 2 des Trinkwasserversorgungsverbandes March mit Sitz in Hugstetten (7912; 34 09 180/53 44 000) zu.

Versucht man diese Einzelwerte in ein System zu bringen, so ergibt sich folgendes Bild:

Das als Grundwasserleiter anzusprechende Pleistozän aus rolligen Lockersedimenten mit sowohl nach Menge wie auch Lage stark wechselndem Schluff- und Tongehalt hat im östlichen Teil unmittelbar vor den mesozoischen Vorbergen des Schwarzwaldes eine Mächtigkeit zwischen 35 und 40 m. Diese dürfte auch für die wesentlichen Teile des zentralen Stadtgebietes bis zur Dreisam gelten. Dieser Zone ist im Westen ein Streifen vorgelagert, in dem durchschnittlich Mächtigkeiten von 70 bis 75 m (vom Flugplatz im Süden bis auf die Höhe von Wildtal—Gundelfingen im Norden) zu erwarten sind. Westlich daran legt sich

wieder, zunächst allerdings nur belegt für den Raum östlich des Lehener Berges, eine Zone mit Pleistozän-Mächtigkeiten, die maximal etwas mehr als 20 m erreichen. Westlich der Marchhügel sind wieder größere Mächtigkeiten zu erwarten ( $> 54$  m gemäß Bohrung Hugstetten, siehe S. 618). Die Anordnung der wechselnden Mächtigkeit führt zum Schluß, daß ein tektonisch erzeugtes älteres Relief durch den Schwemmfächer der Dreisam eingeschottert wurde. Vor den zutage austreichenden Grundgebirgs- oder Mesozoikum-Schollen liegt eine relativ schwach abgesenkte Hochscholle mit mäßiger Pleistozän-Bedeckung. An sie schließt sich die Tiefscholle von Zähringen (Rhodiaceta, Gaswerk, Industriegebiet Nord), die im Westen wieder von einer Hochscholle mit geringerer Pleistozän-Überdeckung abgelöst wird (Marchwald-Scholle). Die Marchhügel selbst bringen das ältere und jüngere Mesozoikum wieder zutage, welches zum größten Teil mit normalem Löß und Sandlöß überdeckt ist, dessen hydrologische Eigenschaften weiter unten noch behandelt werden. Westlich ist dann wieder ein Tiefschollenbereich entwickelt (Niederung Umkirch). Die im Freiburger Bruchfeld durchgeführte Tiefenseismik hat das aufgrund der Pleistozän-Mächtigkeiten zu fordernde tektonische Bild des Untergrundes bestätigt, vor allem die hydrologisch wichtigen Tiefschollen östlich und westlich der Marchhügel.

Wie im Becken von Zarten sind die Lockergesteine auch hier wieder deutlich in eine hangende Zone aus frischem, unverwittertem, schluffarmem Material, in dem vor allem die Körnungen Grobsand und Feinkies (beide scharfkantig) entwickelt sind, und eine liegende mit angewitterten bis verwitterten Komponenten (morsche oder faule Gerölle) mit sehr viel Schluff und Feinsand und geschlossenen Schlufflagen unterteilt. Die nachfolgende Aufstellung (Anordnung der Brunnen mit Projektion auf eine Standlinie von Osten nach Westen) gibt einen Überblick über die ungefähre Tiefenlage dieser Grenze unter Geländeoberfläche in zwei Schnitten:

#### Schnitt Süd

Brunnen 1	Firma Ganter (Schwarzwaldstraße 43)	17,20 m
Brunnen 1	Firma Feierling (Gerberau)	27,30 m
Brunnen 2	Firma Feierling (Gerberau)	28,70 m
Brunnen	Hotel Oberkirch (Münsterplatz 22)	ca. 21,50 m
Brunnen	Römischer Kaiser (Kaiser-Joseph-Straße 248)	24,40 m
Brunnen	Bundespost (Eisenbahnstraße 58—60)	26,35 m

#### Schnitt Nord

Brunnen	Karlstraße 67	16,60 m
Brunnen	Botanisches Institut (Schänzleweg)	16,10 m
Brunnen 15	Rhodiaceta im Mooswald (vgl. S. 618) bei rund	40,00 m
Brunnen	Hugstetten	20,35 m

Die Befunde aus den Rhodiaceta-Brunnen, dem Tiefbrunnen 2 des Gaswerks und den beiden Aufschlüssen für die Kläranlage Freiburg-Nord zeigen, daß in den  $\pm$  sauberen und frischen Kiessanden, welche bis etwa 40 m u. Gel. reichen, zwischen 14 und 16 m u. Gel. das Dach eines 2—3 m mächtigen Schluffpaketes liegt. Die Oberfläche einer tieferen Schlufflage von 3 bis 5 m Mächtigkeit wird zwischen 37 und 40 m angetroffen. In den 1966 geteuften Untersuchungsbohrungen R 1 (7913; 34 13 490/53 21 600) und S 1 (7913; 34 13 720/53 22 180), die nördlich und nordwestlich des Fabrikgeländes der Rhodiaceta liegen, wur-

den 65,30 m pleistozäne Kiessande, bzw. 70,80 m erbohrt. Auch hier war wieder zwischen rd. 40 und 42 m eine Tonlage festzustellen. In S 1 folgten ab 70,80 m blaue Tone gegenwärtig noch unbestimmten Alters. Elektrische Widerstandsmessungen hatten im Bereich der genannten Bohrungen die Grenze Kies/Ton in rd. 70 m u. Gel. ausgewiesen. Die Übereinstimmung zwischen tatsächlichem Wert und Prognose ist sehr gut. Das Dach dieser zweiten Lage zeigt im Bereiche der Rhodiacta-Brunnen etwa dieselbe Gefällsrichtung und -neigung wie die heutige Oberfläche des Schwemmfächers. Entsprechendes gilt für die erste Lage. Somit ist nicht unwahrscheinlich, daß die beiden Schlufflagen zumindest über der Zähringer Tiefscholle horizontbeständig sind. Weiterhin sind im genannten Raume nicht alle Kies- und Sandablagerungen in größeren Tiefen als 45 m stark verwittert und sehr schluffreich. Saubere und mit Grobsand angereicherte Kieslagen geringerer Mächtigkeit sind bis zur bisher erbohrten Maximaltiefe von 74 m in den tiefen Bohrungen immer wieder festgestellt worden. In größeren Tiefen als 45 m sind die Schlufflagen nicht mehr horizontbeständig. Sie keilen auf kurze Entfernung unvermittelt aus.

Aus den westlich der Marchhügel geteufte Untersuchungsbohrungen für die Wasserversorgungsbrunnen der Gemeinden Hugstetten und Umkirch, welche bis bzw. mehr als 30 m unter Gelände getrieben wurden, weiß man, daß von der oben in der Tabelle genannten Grenzfläche nach unten nur verwitterte, schluffreiche Kiessande entwickelt sind. Über die Braunkohle-Bohrung Hugstetten ist bezüglich der Zusammensetzung des Kieses leider nichts bekannt. Der westlich der Bohrung gelegene Brunnen zur Versorgung der Wartstation der Bundesbahn mit Trinkwasser steht mit Endteufe 25 m noch in Schottern der Dreisam (nähere Angaben fehlen). Für diesen Raum kann zunächst die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden, daß in den Lockersedimenten im tieferen Teil — deren Mächtigkeit kann nach der Refraktionsseismik für das Gebiet östlich Umkirch mit  $\pm$  70 m angenommen werden — ebenfalls noch frische, grobsandreiche und schluffarme Kieslagen vorhanden sind.

### 2.2.2. Südlicher Lappen

Man ist über die Mächtigkeiten und den Kornaufbau der ihn bildenden Pleistozän-Sedimente nicht sehr gut unterrichtet. Nur wenige Bohrungen sind in ihm niedergebracht worden, die zudem meist sehr flach sind. Sie liegen bevorzugt am West- bzw. Ostrand des Lappens und haben über nicht durchbohrten pleistozänen Schluffablagerungen nur wenige Meter Kiessand angetroffen. Der Brunnen für die Gemeinde Ebringen (8012; 34 07 380/53 15 240) mit 8,25 m Kies über Schwemmlöß und Schluff und die Bohrung im Ochsenmoos östlich des Blankenberges mit nur 4,7 m Kies über undurchlässiger Sohlschicht aus pleistozänem Schluff (8012; 34 05 140/53 18 060) seien genannt. Die Voruntersuchungen für die Seitenentnahmen der Bundesautobahn im Opfinger Gemeindewald (8012; Gewann Spitteloch) haben 14,30 bis 18,40 m Kiessand mit schwankendem Schluffanteil über Schluff und Ton, jene für die Seitenentnahme auf Gemarkung Tiengen (8012; Arlesheimer Wald) 18,60 bis 24,10 m Kiessand gleicher Beschaffenheit über derselben Unterlage nachgewiesen. Die Ursache für die geringe Zahl an Bodenaufschlüssen ist in der starken Versumpfung des Gebietes und der dadurch bedingten Unzugänglichkeit zu suchen. Man bemerkte außerdem schon sehr früh, daß die undurchlässigen und deshalb stark anmoorigen Deckschichten und die im Kies eingeschlossenen Linsen aus Torf, Moor und an organischem Material reichem Schluff eine ungünstige Wasserqualität bewirken.

Die Industrie-Brunnen in Freiburg-Haslach und in Freiburg-St. Georgen reichen maximal 25 m in den Kies. Keine hat ihn durchsunken. Als Beispiele seien angeführt:

	frischer, lockerer Kies bis m	schluffiger und verwitterter Kies (zugleich Endteufe) bis m
Brunnen Autohof Rauchfuß (Basler Landstraße 6—8)	8,7	22,0
Brunnen Strandbad St. Georgen (8012)	14,75	15,75
Brunnen 2 Fa. Spohn u. Knoell (8012)	14,1	20,0
Brunnen 3 Litton Techn. Werke (8012; 3409865/5316460)	20,45	21,0
	(Schluff von 18,3—20,0)	

Auch die frischen und  $\pm$  locker gelagerten Kiese sind schluffig. Sie sind aus denselben Gesteinskomponenten aufgebaut wie jene des Nordlappens.

### 2.2.3. Wasserführung und -beschaffenheit

Die gute Grundwasserführung ist im allgemeinen auf die sauberen Kiese mit geringem Schluffgehalt der Hangendpartien des Schwemmfächers beschränkt. Die tieferen schluffreichen Schotterlagen sind in der Regel nicht sehr ergiebig. Ausnahmen sind aber vorhanden, vor allem im zentralen Stadtgebiet selbst, wo häufig beträchtliche Mengen im Dauerbetrieb aus den schluffigen Partien entnommen werden können. Die zugehörigen Absenkungsbeträge sind allerdings hoch. So zeigt z. B. der Brunnen 2 der Firma Photo-Stober in der Universitätsstraße in Freiburg (Durchmesser 1400 mm, Filterdurchmesser 600 mm, Ausbautiefe 30 m, unvollkommener Brunnen) folgendes Verhalten:

Gepumpte Menge (l/s)	Absenkungsbetrag (m)
10	1,7
25	6,0
35	9,0 und mehr (keine Beharrung)

Zum Vergleich sind die Werte des Brunnens 3 der Litton Techn. Werke angeführt, der etwa denselben Ausbau hat (20 m tief):

Gepumpte Menge (l/s)	Absenkungsbetrag (m)
10	3,17
16,15	6,42
17,8	11,92

Der Brunnen der Gemeinde Lehen (7912; 34 10 240/53 20 290, Ausbautiefe 17 m) gibt 17 l/s mit Absenkungsbetrag 0,5 m. Der nordnordöstlich des Lehener Berges errichtete Tiefbrunnen für das Tierhygienische Institut (7912; 34 10 650/53 22 350) liefert aus 15,7 m Kies-Sand auf undurchlässigem Schluff des Mittleren Keupers dieselbe Menge mit Absenkungsbetrag 5,9 m! Letzterer ist auf den stärkeren Schluffgehalt des Kieses zurückzuführen. Der 30 m tiefe Brunnen Hugstetten 2 des Marchverbandes (7912; 34 09 180/53 24 000) bewirkt eine Absenkung von 2,75 m bei Entnahme von 20 l/s; steigert man die Leistung auf 40 l/s, vergrößert sich der Absenkungsbetrag auf 7,36 m.

Die um 40 m tiefen Brunnen der Reihe 1 bis 12 und 16 der Firma Rhodiaceta innerhalb ihres Werksgeländes (Engesserstraße 8) vermögen bei Dauerbetrieb je 60 bis 80 m<sup>3</sup>/h zu liefern, die rd. 60 m tiefen, ostnordöstlich im Mooswald gelegenen Brunnen 13 bis 15 geben dagegen zwischen 180 und 220 m<sup>3</sup>/h. Diese Mengen könnten zu dem Schluß verleiten, daß die stark erhöhte Ergiebigkeit durch die unter der Schluff—Ton-Lage zwischen 40 und 42 m u. Gel gelegenen Kies-Sande verursacht sei. Das trifft aber nicht zu. Brunnenvertiefungen im Werksgelände bis auf 60 m haben dort keine Erhöhung der Entnahmemengen zur Folge gehabt. Auch die bis 65,3 m, bzw. 75,6 m Tiefe geführten Versuchsbohrungen R 1 und S 1 (vgl. S. 619) haben nur 108 m<sup>3</sup>/h mit Absenkungsbeträgen von 19,52 m, bzw. 15,77 m gebracht. Der Aufbau der tiefer liegenden Kiese ist also ebenfalls sehr wechselhaft.

Die Geländeoberfläche des Schwemmfächers fällt nach W sehr stark ab, im Gegensatz dazu ist das O—W-Gefälle der darin liegenden Grundwasseroberfläche wesentlich geringer. Dadurch ist der große Abstand beider Flächen in der Altstadt, die zunehmende Verringerung nach W und die Minimaldistanz im Mooswald (Abnahme von 20 auf 1 m!) erklärt. Vielleicht üben die mesozoischen Randschollen (Brücke von Mengen, Tuniberg, Marchhügel, Kaiserstuhl) noch zusätzlich stauend.

Die Wasserführung des Schwemmfächers wird also weitgehend vom vorhandenen Porenraum bestimmt, der, über die Gesamtmächtigkeit der Lockersedimente betrachtet, nicht besonders groß ist. Er wird durch die Schluffführung sehr erniedrigt. Er ist dort besonders gering, wo relativ geringmächtige Kiessandlagen mit solchen aus Schluff und Ton wechsellagern (rascher Wechsel der k-Werte!), und besser entwickelt dort, wo zwar ziemlich schluffhaltige Kiessande entwickelt sind, die aber eine große Mächtigkeit haben und einem homogenen Korngemisch näher kommen. Die starken Schluffanteile erklären sich zwanglos aus der Genese des Schwemmfächers, der aus den Ablagerungen der pleistozänen Dreisam gebildet ist, die bei relativ geringer Wasserführung mit einer großen Geschiebefracht bei geringem Gefälle fertig werden mußte. Der Fluß benutzte die Mantellinie des Halbkegels, die je nach Wasserführung und Gefälle gerade günstig war. War eine solche Rinne mit Feinsand oder Schluff verstopft, lief der Fluß auf eine andere Mantellinie über. Ein gutes Beispiel für einen solchen früheren Lauf ist die Alte Dreisam. Aus dieser Genese erklärt sich das generell sehr inhomogene Korngemisch (sowohl vertikal wie auch horizontal), das reichliche Grundwasserführung nicht begünstigt.

Die besten Verhältnisse sind im zentralen Stadtgebiet vorhanden und auch im Grenzbereich, wo Nord- und Südlappen aneinander stoßen (Lehen—Hugstetten—Umkirch), dazu noch im Mooswald im Roßwinkel.

Das Grundwasser des Schwemmfächers ist vorwiegend weich, selten sehr weich, hat häufig sehr viel in voller Menge kalk- und metallangreifendes Kohlendioxid. Sauerstoff ist mit meist weniger als 6 mg/l vorhanden oder fehlt häufig ganz, vor allen Dingen dann, wenn der Grundwasserleiter viel anmoorigen und humosen Schluff oder Schwermetall-Sulfide enthält (letztere vor allem in den blauen bis schwarzen, schluffigen Tonen). Der Sauerstoff wird dann zur Oxidation der organischen Stoffe dem Wasser entzogen. Dieser Vorgang ist vor allem im südlichen Lappen und in der Nordhälfte des nördlichen sehr verbreitet. Hohe und technologisch unerwünschte Gehalte an zweiwertigem Eisen und Mangan sind die Folge. Eine wirtschaftliche Entfernung der Schwermetalle ist sehr problematisch. Die Hygiene wird im wesentlichen durch die dichte, bis an den Ost-

rand des Mooswaldes oder heute schon in diesen hineingehende Besiedlung (Landwassermatten) bestimmt. Sie ist heute im Grenzbereich, wo die beiden Lappen aneinander stoßen, noch günstig. Die Kiese haben hier wenig Schluff und eine günstige Kornabstufung im Sandbereich und sind so ausgezeichnete Langsamfilter. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig, weil gerade in dieser Nahtzone erhebliche Mengen Wasser aus der regulierten Dreisam in den Untergrund infiltrieren. In diesem Gebiet sind noch gute Versorgungsmöglichkeiten für kleine Landgemeinden vorhanden. Die Bakteriologie ist einwandfrei, Eisen und Mangan fehlen. Die nachstehende Tabelle 1 gibt einen Überblick über angetroffene Härten und Gehalte an Sauerstoff.

Tab. 1.

Tiefbrunnen	Grundwasserleiter genutzt bis m u. Gcl.	Deutsche Gesamthärte (DGH)	Deutsche Karbonathärte (DKH)	Sauerstoffgehalt mg/l
Lehen	17,0 m	1,8 °	1,4°	5,8
Hugstetten	13,5 m	4,32°	3,2°	4,2
Umkirch	—	2,8 °	2,0°	4,1

Wenn auch Eisen und Mangan bisher nicht beobachtet wurden, so müssen die Wässer doch ständig darauf kontrolliert werden, damit Einbrüche rechtzeitig erkannt und noch unter Kontrolle gebracht werden können. Sie werden sicherlich immer vermieden, wenn die Brunnen und damit der gesamte Grundwasserkörper sparsam bewirtschaftet, wenn also keine starken Spiegelabsenkungen erzeugt werden, die sich als Folge zu starker Entnahme einstellen. Trinkwassergroßentnahmen sind deshalb in diesem Gebiet nicht möglich. Auch große Brauchwasserentnahmen würden die Qualität des Grundwassers entscheidend verschlechtern und seine Eignung zur Trinkwasserversorgung ländlicher Gemeinden in Frage stellen. Im nördlichen Lappen sind die Eisen- und Mangangehalte bei völliger Sauerstofffreiheit des Wassers hoch. Es ist für Trinkzwecke deshalb ohne Aufbereitung nicht geeignet. Aufbereitung ist aber bei dem vorwiegenden ländlichen Charakter der im Bereiche des Nordlappens liegenden Ortschaften unwirtschaftlich. Infolgedessen versorgt man sich dort entweder mit hartem Wasser aus dem Einzugsgebiet des Nimberges (z. B. Holzhausen 21,4° DGH, 18,3° DKH) oder bezieht es aus den Horizontalfilterbrunnen des Wasserversorgungszweckverbandes Mauracher Berg im Wald von Wasser im Landkreis Emmendingen.

### 2.3. Glotter-Elz-Schwemmfächer

Er schließt an die Nordbegrenzung des Nordlappens des Dreisam-Schwemmfächers an, wird im Osten durch den Grundgebirgsschwarzwald Heuweiler—Buchholz—Sexau/Lörch, durch den Südrand der Emmendinger Vorberge bis Malterdingen begrenzt und läuft dann entlang der Glotter von Riegel bis zum Nimbergostfuß wieder an die Nordbegrenzung des Dreisam-Schwemmfächers zurück. Er wurde im Pleistozän durch die Flüsse Glotter und Elz aufgeschottert, deren Einzugsgebiete im Schwarzwaldgrundgebirge liegen. Infolgedessen ist das den Schwemmfächer aufbauende Lockergesteinsmaterial aus Gneis, Metatexiten und Graniten, dem auf der Strecke nördlich der Elz von Kollmarsreute bis Malterdingen Sandsteine und Kalke (Buntsandstein, Muschelkalk aus den Vorber-

gen) beigemischt sind. Im Grenzbereich zur Ostrheinrinne kann auch alpines Gestein beteiligt sein.

Über die Mächtigkeiten der Lockersedimente und ihre Unterlage sind nur wenige exakte Angaben zu machen. Zunächst werden die Schwemmfächer der beiden Flüsse von ihren Wurzeln beim Austritt aus dem Grundgebirge bis zur Bahnlinie Freiburg—Basel besprochen.

Noch im eigentlichen Glottertal vor der Ausmündung in den Schwemmfächer steht bei der Mattenmühle (7913; 34 19 650/53 24 760) eine Bohrung, die 26,0 m Lockersedimente über Gneis erschroten hat. Davon waren nur die obersten 8,2 m sauberer Kies und Sand, das Liegende war vorwiegend Schluff und schluffiger Sand mit faulem Kies ohne nennenswerte Wasserführung. Die Ergiebigkeit war 4,6 l/s bei sehr starker Absenkung (25 m!). Eine Untersuchungsbohrung im Wurzelbereich des Fächers östlich dem Mauracher Hof in Richtung Lossele hat das Pleistozän mit 38,5 m nicht durchsunken, nur die obersten 4,45 m waren aber frische und schlufffreie Kiessande (7913; 34 18 650/53 26 680). Der alte Brunnen von Denzlingen (7913; 34 17 260/53 26 370) östlich der Vorbergscholle des Mauracher Berges hat nach 13,7 m Kies die Sohlschicht aus anstehendem Gneis erreicht. Im Raume von Vordersexau und Sexau-Lörch durchgeführte Untersuchungen haben ebenfalls nur geringmächtige gut durchlässige und saubere, unverwitterte Kiese nachgewiesen, wie folgende Tabelle 2 zeigt (Anordnung der Bohrungen von SSW nach NNO).

Tab. 2.

Bohrloch Nr.:		3	2	1	4 (Entnahmebrunnen)
frischer Kies	bis	7,10	5,25	6,30	8,30 m
fauler Kies	bis	10,40	11,70	8,90	11,45 m
Schluff	bis	15,00 (ET)	20,30	19,70	18,60 m
kiesiger Schluff	bis	—	21,45	20,80	20,15 m
Schluff	bis	—	35,00 (ET)	21,60 (ET)	20,80 m
sandiger Kies	bis	—	—	—	25,35 m
Schluff	bis	—	—	—	29,70 m (ET)

ET -= Endteufe.

Etwas weiter östlich im Bereiche der Ortschaft Buchholz sind die Kiessandmächtigkeiten gering; man erbohrt dort rasch das Liegende aus Gneis. Die Kiesmächtigkeit schwankt zwischen 11,7 und 8,5 m. Die Bohrungen von Buchholz, die den Talquerschnitt östlich des Dorfes untersucht haben, ergaben die folgenden Werte der Tabelle 3.

Tab. 3.

Bohrloch Nr.	Koordinaten Blatt 7913	Kiesmächtigkeit in m	Kies frisch bis m	verwittert bis m	Fels aus Gneis ab m
1	34 19 850/53 27 820	11,70	8,30	11,70	11,70
2	34 19 840/53 27 640	10,50	7,20	10,50	10,50
3	34 20 130/53 27 250	8,50	5,00	8,50	8,50

Die Ergiebigkeiten waren unbefriedigend (3 bis 5 l/s bei Absenkungsbeträgen von 6 bis 7 m).

Über die Verhältnisse westlich der Bahnlinie geben die Untersuchungsbohrungen für den Zweckverband Trinkwasserversorgung Mauracher Berg, für Windenreute, Emmendingen, Teningen, Köndringen und Holzhausen Auskunft (Tab. 4).

Es zeigt sich, daß mit Ausnahme des Brunnens Holzhausen die sauberen, ± schlufffreien Kiessande bis maximal 13,50 m u. Gel. reichen und im Mittel bei 9 bis 11 m u. Gel. enden (Spalte 5 der Tabelle 4). Im Gegensatz zu den Bohrungen

Tab. 4.

1 Bohrlochbezeichnung	2 Blatt-Nr. u. Koordinaten	3 erbohrte Kiesmächtig- keit in m	4 Sohlschicht ab m und Beschaffen- heit	5 sauberer frischer Kies oder Sand bis m (Zone I)	6 schluffiger frischer Kies oder Sand bis m (Zone II)	7 fauler Kies oder Sand bis m (Zone III)
1. Versuch 1 Mauracher Berg	7913 34 14 895/ 53 28 500	29,50	nicht erreicht	8,60	11,85	29,50
2. Versuch 2 Mauracher Berg	7913 34 14 450/ 53 28 740	25,00	nicht erreicht	10,90	15,90	25,00
3. Versuch 3 Mauracher Berg	7913 34 14 460/ 53 28 640	25,00	nicht erreicht	8,85	13,60	25,00
4. Windenreute	7813 34 15 630/ 53 31 120	19,10	21,70 Dolomitstein (Mittlerer Muschelkalk)	9,15	18,00 (Schluff)	19,10
5. Emmendingen 1	7813 34 13 580/ 53 32 350	9,80	?	9,80	?	?
6. Emmendingen 2	7812 34 13 040/ 53 32 300	23,00	nicht ein- wandfrei zu ermitteln	6,70		23,00
7. Emmendingen 3	7812 34 13 120/ 53 32 140	20,80	20,80 Schluff 23,80 Kalkstein des Oberen Mu- schelkalkes	11,50		20,80
8. Teningen 2	7812 34 12 000/ 53 32 360	42,50	nicht erreicht	13,50		42,50
9. Köndringen	7812 34 11 650/ 53 33 660	18,80	nicht erreicht	13,40	18,80 (Schluff)	—
10. Holzhausen	7912 34 10 000/ 53 27 020	17,40	17,40 (Schluff Pleistozän)	17,40	—	—

östlich der Bahn liegt darunter im Bereich des Waldes von Wasser (Bohrungen für Mauracher Berg) eine noch durchschnittlich 3 bis 4 m mächtige Schluff- und Tonschicht mit doch noch reichlichem Kiesanteil. Darunter folgt dann der verwitterte Kies, der durch die faulen Gesteinskomponenten gekennzeichnet ist.

Von Windenreute ab nach Norden ändern sich die Verhältnisse. Die sauberen Kiese nehmen an Mächtigkeit zu, ihr Liegendes ist wohl noch schluffig, aber nicht mehr in dem Maße verwittert wie weiter südlich, was aus der Tabelle deutlich zu entnehmen ist (Spalten 6 und 7). Bemerkenswert ist, daß auch in größeren Tiefen absolut saubere Kieslagen eingebettet sind.

Die geologische Verschiedenheit in den Kiessandlagen findet in den k-Werten eine deutliche Bestätigung. Als Beispiel seien die Ergebnisse der Versuchsbohrungen aus dem Wald von Wasser als Tabelle 5 angeführt (OZ 1 bis 3 der Tabelle 4).

Tab. 5: k-Werte (m/s) nach Siebanalyse.

	Versuchsbohrung 1	Versuchsbohrung 2	Versuchsbohrung 3
Zone I sauberer Kies	$24,8 \times 10^{-1}$	$10 \times 10^{-1}$ *	$19,9 \times 10^{-1}$
Zone II schluffiger Kies	$1,5 \times 10^{-3}$		$0,29 \times 10^{-1}$
Zone III fauler Kies	—	$3,74 \times 10^{-1}$ **	$4,3—7,8 \times 10^{-1}$ **
Pumpversuchsergebnis (Q und zugehörige Absenkung)	36,6 l/s // 3 m	42 l/s // 4,15 m	40,6 l/s // 4,10 m
Ausbautiefe $\pm$ 10 m			

\* Wert zu niedrig, da Zone II einbezogen.

\*\* Wert zu hoch, da durch Kiespumpe Feinbestandteile ausgeschlämmt.

Die Ergiebigkeiten sind in der Zone I befriedigend. Sie sind in der nachstehenden Tabelle 6 zusammengefaßt, bei der allerdings die verschiedenen Brunnen-durchmesser nicht aufgeführt sind. In den meisten Fällen handelt es sich um Anlagen mit großem Bohr- (2000 bis 3000 mm) und Filterdurchmesser (1000 bis 1500 mm) und dicker Stützfilterkiesschicht. Versuchsbohrungen sind als solche gekennzeichnet. Die Wasserhärte (DGH und DKH) und der Sauerstoffgehalt sind ebenfalls dargestellt.

Tab. 6.

Grundwasser- entnahmestelle (Vb = Versuchsbohrung; Br = Entnahmebrunnen)	Entnahme- menge in l/s	Ab- senkungs- betrag in m	°DGH	°DKH	O <sub>2</sub> mg/l
1 Vb Mauracher Berg 1	36,8	3,0	1,25	1,1	9,2
2 Vb Mauracher Berg 2	42	4,15	1,4	1,1	9,8
3 Vb Mauracher Berg 3	40,6	4,1	1,3	1,1	8,25
4 Br Windenreute	29	6,3	8,22	5,32	9,33
5 Br Emmendingen 2	1938: 65,4 1951: 50	5,87 6,5	2,1 —	1,7 —	8,7 —
6 Br Emmendingen 3*	67	8,0	7,5	6,45	4,8
7 Br Teningen*	35	8,2	15,3	12,6	7,5
8 Br Köndringen	33,8	2,1	19,2	17,4	1,3
9 Br Holzhausen	17	3,2	24,0	18,6	2,0

\* Brunnen nutzt Zone I nicht.

Tab. 7.

OZ. Bohrlochbezeichnung (Gemarkung oder Gewinn)	Blatt-Nr. und Koordinaten	erbohrte Kies- mächtigkeit in m	Sohlsch. ab m und Be- schaffenheit	sauberer Kies bis m	schluffiger Kies bis m	fauler Kies bis m	Ergiebig- keit l/s	Ab- senkungs- betrag m	° DGH	° DKH	Sauerstoff mg/l
a) Möhlin und Nebenflüsse bis Einmündung in den Neumagen											
1 Versuch Ehrenstetten (Griesbach)	8012 34 08 570/53 09 140	18,15	18,15 Quarz- porphyr)	—	18,15 (bis 13,0 Lößlehm)	—	1	22,0	—	—	—
2 Versuch Ehrenstetten (Streicherkapelle)	8012 34 08 780/53 08 320	5,3	5,3 (Gneis)	2,7	5,3	—	2	3,8	—	—	—
3 Brunnen Kirchhofen	8012 34 05 580/53 09 920	12,7	12,7 (Kalkmergel) (Pleistozän?)	7,6	12,7	—	7,8	6,1	9,95	8,4	6,0
4 Brunnen Offnadingen	8012 34 04 100/53 11 300	8,0	nicht erreicht	6,5	8,0	—	{ 10 15	{ 1,87 3,7	5,75	5,05	2,65
5 Brunnen Aussiedlung Mengen	8012 34 03 600/53 13 890	18,0	18,0 (Schluff, pleistozän)	18,0 (bis 12,5 Löß)	—	—	10	1,7	—	—	—
b) Neumagen und Nebenflüsse bis zum Eintritt der Möhlin											
6 Versuch 1 Staufener Bucht (Grunern)	8112 34 05 800/53 03820	19,3	19,3 (Gneis)	—	14,0	19,3	1	16,45	—	—	—
7 Versuch 2 Staufener Bucht (Staufen)	8112 34 04 960/53 05 030	26,5	26,5 (Mittlerer Keuper)	5,6	26,5	—	3	8,3	—	—	—
8 Brunnen Fa. Schladerer (Staufen)	8112 34 03 160/53 05 300	16,20	16,7 (Gipskeuper)	5,3	16,2 (12,2—14,7 Schluff)	—	{ 5 6	{ 0,76 2,54	—	—	—
9 Brunnen Staufen (Gaisgraben)	8112 34 04 420/53 06 260	22,5	nicht erreicht	4,6	22,5	—	2,1	—	—	—	—
10 Brunnen Wettelbrunn	8112 34 02 920/53 04 630	12,5	nicht erreicht	12,5?	—	—	3,06	—	—	—	—
11 Brunnen Krozingen (Erlenmatten)	8012 34 03 070/53 08 340	12,5	nicht erbohrt	8,0	12,5	—	10	3,8	7,1	6,45	8,5
12 Versuch Krozingen (Erlenmatten)	8012 34 02 710/53 08 180	18,0	nicht erbohrt	11,0	18,0	—	4	4,7	—	—	—
13 Thermalbohrloch 2 Bad Krozingen	8012 34 02 370/53 09 760	70,45	70,45 (Haupt- rogenstein = Mittlerer Dogger)	12,0	70,45	—	—	—	—	—	—
14 Versuch Krozingen (Rheintal)	8012 34 01 750/53 10 080	42,65	42,65 (Ton unbe- kannter Stellung)	12,9	42,65	—	18	0,88	5,17	3,66	—
15 Bohrung Kläranlage Krozingen	8012 34 01 840/53 10 480	12,0	nicht erreicht	10,0	12,0	—	—	—	—	—	—
c) Mischzone											
16 Beregnung* Schlatt 1	8011 33 99 920/53 09 720	40,0	nicht erreicht	13,9	40,0 (22,55—27,8 Schluff) ab 27,8 auch sauberer Kies	—	40	9,3	—	—	—
17 Beregnung Schlatt 2	8011 34 00 040/53 98 840	37,0	nicht erreicht	16,1	37,0 (18,8—21,0 auch 25,2—29,3 Schluff)	—	—	—	—	—	—
18 Versuch 3 Staufener Bucht (Tunsel)	8011 33 99 460/53 09 900	20,5	20,5 (Schluff, pleistozän)	20,5	—	—	37	5,17	10,3	8,1	8,7
19 Versuch 4 Staufener Bucht	8011 33 99 525/53 09 900	37,1	37,1 (Schluff, pleistozän)	25,2	37,10 (25,2—31,0 Schluff)	—	49	7,82	11,0	8,7	8,0
20 Bremgarten	8011 34 99 280/53 10 660	25,2	nicht erreicht	23,6	25,2	—	20	2,58	13,5	10,1	7,9
21 Pegel 1 Stadt Freiburg (Hausen)	8011 33 99 360/53 13 520	138,0	138,0 (Schluff, pleistozän)	66,0	138,0	—	—	—	8,68	7,56	7,76
22 Brunnen W 2 Stadt Freiburg (Hausen)	8011 33 99 680/53 14 300	117,5	117,5	58,0	117,5	—	200	2,2	7,3	5,9	7,3
23 Brunnen W 1 Stadt Freiburg (Hausen)	8012 34 00 710/53 14 680	96,4	96,4	53,0	96,4	—	200	2,5	10,3	8,6	7,2
24 Pegel 2 Stadt Freiburg (Hausen)	8011 34 00 220/53 14 600	117,0	117,0 (Schluff, pleistozän)	64,0	117,0 75—117,0	—	—	—	10,78	8,96	7,53
25 Brunnen 2 Tuniberg- gruppe (Munzingen)	8012 34 00 950/53 15 500	35,0	nicht erreicht	27,3	35,0 (saubere Lagen eingeschlossen)	—	100	1,03	18,3	15,1	6,2
26 Versuch 3 Tuniberg- gruppe (Munzingen)	8012 34 00 840/53 15 180	40,5	nicht erreicht	29,4	40,5 (saubere Lagen eingeschlossen)	—	23	0,22	—	—	—

\* In den Nummern 16 bis 26 ist das Schwarzwaldmaterial mit Material des Alpenrheines durchmischt, das mit zunehmendem Abstand vom Schwarzwaldrand nach Westen immer mehr überhand nimmt.

Aus der Tabelle 6 geht hervor, daß die Brunnen OZ 1 bis 3 und 5 reines Grundgebirgswasser fördern, das ausweislich der hohen Sauerstoffgehalte nicht tief eindringt und auch keine lange Verweildauer im Untergrund hat. Für OZ 4 gilt dasselbe, nur daß bereits Wasser aus der vorwiegend kalkigen Vorbergzone beigemischt ist. Bei OZ 6 ist eine wesentliche Beimischung von Wasser aus dem Oberen Muschelkalk (er ist in den Bohrungen Emmendingen von ca. 24 m ab bis 30 m genutzt) festzustellen. Bei OZ 7 bis 8 herrscht Muschelkalkwasser aus den Vorbergen und aus dem Untergrund vor. Bei OZ 9 kommt das gesamte Wasser aus dem Nimberg. Dies ist eindeutig, weil unmittelbar östlich in der Niederung gelegene Flachbrunnen schon Wasser mit 2 bis 3<sup>5</sup> DGH fördern.

Man kann nach dem Chemismus einen Raum unterscheiden, der sehr weiches und eisen- sowie manganfreies Wasser beinhaltet (Sexau—Denzlingen—Wasser). Auch das Gebiet um Gundelfingen ist durch diese Eigenschaften charakterisiert, allerdings sind dort die Nitratgehalte sehr hoch und lassen eine Verwendung des Grundwassers zu Trinkzwecken bedenklich erscheinen oder schließen sie sogar aus. Der Raum Vörstetten—Reute—Holzhausen—Bottingen—Nimburg ist durch zwar sehr weiche, aber auch sehr eisen- und manganreiche Grundwässer mit sehr geringem oder gänzlich fehlendem Sauerstoffgehalt gekennzeichnet. Die Anschlüsse der Gemeinden Vörstetten und Reute an den Zweckverband Mauracher Berg erklären sich daraus. Die Versorgung von Nimburg mit seinem Ortsteil Bottingen aus einem Brunnen auf der Westseite des Nimbeges im Nordteil des Gewannes See im Grenzbereich der Lockersedimente der alten Dreisam und des Ostrheinarmes ist ebenfalls dadurch verursacht. Holzhausen ist ein Sonderfall (hart). Die Wässer südlich des Emmendinger Vorberglandes sind überwiegend mittelhart bis etwas hart.

Als Entnahmeräume für mittlere Versorgungsansprüche kommen nach Menge und Beschaffenheit das Gebiet des Waldes von Wasser und die Zone südlich der Emmendinger Vorberge in Frage. Vorräte für größere überörtliche Versorgungen oder gar für Fernwasserbezug sind hier nicht vorhanden.

#### 2.4. Schwemmfächer von Möhlin und Neumagen

Er stößt südlich der Mengener Brücke aus dem Gebiet von St. Ulrich im Grundgebirgsschwarzwald und aus dem Münstertal am Fuße des Belchens nach Westen über die Lücke in den Vorbergen zwischen Südrand des Tunibergs und Biengener Berg nach Westen vor in die Rheinebene, die gleichzeitig geologisch tiefer Rheingraben ist. Bis auf die Höhe von Biengen—Schlatt besteht sein Kiessand aus Grundgebirgsschwarzwaldkomponenten mit geringer Beimischung aus mesozoischen und Tertiär-Gesteinen. Weiter im Westen verzahnt er sich lagig mit den alpinen Kiessanden des Rheins.

Die Mächtigkeit seiner rolligen Lockersedimente ist recht verschieden, nimmt aber generell von Osten nach Westen zu, wobei aber Ausnahmen vorkommen. Soweit es sich um reine Schüttungen aus dem Schwarzwald handelt, ist wieder eine Zweiteilung in eine hangende, frische und schluffarme und eine liegende schluffreiche und  $\pm$  stark verwitterte Schicht festzustellen. Die Befunde sind in der Tabelle 7 zusammengefaßt.

Sucht man die Befunde mit dem geologischen Bauplan des Gebietes in Zusammenhang zu bringen, so ergibt sich:

Östlich der Rheinverwerfung bis zur Schwarzwaldverwerfung unter Einschluß der Talniederungen von Neumagen und Möhlin mit Zubringern aus dem Schwarz-

waldgrundgebirge, also im Stauffer Bruchschollenfeld, das durch die antithetische Heraushebung des Hauptrogensteinwestrandes (Hügel von Schlatt und Diengen sowie Südteil des Tunibergs) eine Art Schüssel darstellt, sind die durchlässigen Pleistozän-Kiessande auf wenige Meter beschränkt, darunter liegen Schluffe und stark schluffige Kiese, die je nach Tiefenlage der stauenden Sohl-schicht aus mesozoischen Sedimenten, sehr mächtig sein können (z. B. Thermalwasserbohrungen Bad Krozingen).

Westlich der Rheinverwerfung ist eine größere Mächtigkeit sauberer Kiese vorhanden, diejenige der darunter liegenden schluffigen Kiese ist nicht bekannt (Ostteil der Mischzone!). In den Bohrungen 17 und 18 der oben genannten Tabelle 7 sind die  $k$ -Werte wie folgt ermittelt worden:

17 (Versuch 3 Stauffer Bucht):  $3,9 \times 10^{-2}$  bis  $1,5 \times 10^{-4}$  m/s

18 (Versuch 4 Stauffer Bucht):  $4,4 \times 10^{-3}$  bis  $1,2 \times 10^{-4}$  m/s.

Auch unmittelbar am Südfuß des Tuniberges herrschen dieselben Verhältnisse.

Die zwar nur geringmächtige Deckschicht in der Mischzone (z. B. Raum Tunsel) ist praktisch undurchlässig ( $k = 1,3 \times 10^{-10}$  m/s).

Nach Westen (Westteil der Mischzone) zu erreichen die sauberen Kiese Mächtigkeiten von mehr als 50 m. Die stauende Sohl-schicht der darunter folgenden schluffigen Kiese liegt sehr tief, wie die Brunnen W I und W II sowie die Ergebnisse der geoelektrischen Messungen beweisen (Oberrimsingen, Niederrimsingen 80 bis 100 m). Man kommt also in immer tiefer versenkte Randschollen des Ostteiles des tiefen Rheingrabens und erhält so eine staffelförmige Zunahme der sauberen Kiessande von Osten nach Westen von rd. 2 m auf rd. 60 m.

In den geringmächtigen sauberen Kieslagen des Ostens sind keine Rückhalte-möglichkeiten für das reichlich anfallende Niederschlagwasser, der Behälter ist bald gefüllt, der größte Teil fließt oberflächlich ab, wobei ein geringer Prozentsatz als Grundwasserüberreiche im Bereich von Gallenweiler—Schmidhofen austritt, stürzt dann westlich der Rheinverwerfung in das saubere Kiesreservoir, das nach Westen immer mächtiger wird. Die trockenen Flußstrecken von Neumagen und Möhlin erklären sich dadurch (Ernährung des Grundwassers!). Mächtigkeit und Zweiteilung des Kiessandes finden auch im Verhalten der Grundwassergleichen ihren Ausdruck.

Grundwasserhärte und Sauerstoffgehalt, der meistens technologisch ausreichend hoch ist, geben wieder gute Hinweise auf Einzugsgebiet und Verweildauer im Untergrund (vgl. Tabelle 7). Kalk- und metallaggressive Kohlensäure ist überall vorhanden. Eisen und Mangan fehlen.

Der Tiefbrunnen Kirchhofen fördert Wasser aus dem Grundgebirgsschwarz-wald, gleichzeitig aber auch solches aus den Vorbergen aus kalkigem Tertiär. Die Krozinger und Offnadinger Wässer ernähren sich aus dem Abfluß im Schwarz-waldgrundgebirge. Da den durchflossenen Kiesen jedoch auch Kalksteine beigemisch sind, wird die kalkaggressive Kohlensäure wirksam und erhöht die Karbonathärte. In den Wässern der Tiefbrunnen der Tuniberggruppe spiegelt sich sehr deutlich der Einfluß von alpinem und Schwarzwald-Material. Die Kalke des alpinen Rheins wirken sich entscheidend aus. Gleichzeitig ist erkennbar, daß die Infiltration vom Rhein her noch nicht bedeutend ist. Wie sich diese einmal auswirken wird, wenn sich das Grundwasserregime auf die Veränderungen durch die Staustufen des Rheinseitenkanals und das Kulturwehr bei Breisach eingestellt hat, ist abzuwarten.

Hier sei noch das Phänomen der Quelle von Schlatt erwähnt, die aus einer Felsspalte im Hauptrogensteinkalk auf der Westseite des Schlatter Berges

nördlich der Kirche entspringt. Ihre durchschnittliche Schüttung in Trockenzeiten beträgt noch 30 l/s. Sie versorgt die Ortschaft mit dem nötigen Trinkwasser. Die Restmenge dient zu Wasch- und sonstigen Brauchzwecken. Man hat sie, da sie aus dem zerklüfteten und hohlraumreichen, verkarsteten Kalkstein kommt, als Karstquelle angesehen. Diese Deutung trifft aber nicht zu. Einmal ist der Hauptrogensteinklotz des Schlatter—Krozinger Berges als Einzugsgebiet für die Schüttung in Trockenzeiten viel zu klein. Zum anderen spricht die geringe Karbonathärte dagegen (7,7° DKH). Die Quelle bringt in Wirklichkeit ein mittelhartes Grundwasser, das aus dem Kiesschwemmfächer des Neumagens stammt und das bis zum Eintritt in den verkarsteten Kalk auf der Ostseite des Berges den Gesetzen des laminaren Fließens gehorcht (langsame Bewegung in Form einzelner Wasserfäden, die sich um die Körner herumwinden) und das nachher im Kalk turbulent auf den Klüften wie ein oberirdisches Gewässer sehr schnell fließt und geballt über eine Kluft austritt. Die bakteriologische Beschaffenheit gab bisher zu keinerlei hygienischen Beanstandungen Anlaß. Diese Feststellung ist ein weiteres Argument gegen die Karstnatur. Karstwässer sind nämlich in den kalkigen Vorbergen des Schwarzwaldes fast stets durch Krankheitserreger verunreinigt.

Das Gebiet um Hausen an der Möhlin und sein Übergang zur Rheinniederterrasse enthalten nach dem geologischen Bau des Untergrundes noch bedeutende nutzbare Grundwassereserven. Kontinuierliche Zuflußmessungen (Continuous Flowmeter) durch die Firma Schlumberger haben ergeben, daß im Brunnen W I der Stadtwerke Freiburg auf Gemarkung Hausen bis 53 m unter Gelände bereits 91,7 % der geförderten Wassermenge zufließen, die Reststrecken bis 96,4 m also nur noch 8,3 % bringen. Im Brunnen W II bringt die Strecke bis 58 m 84,6 %, die Reststrecke bis 117,5 m also nur noch 13,4 %. Daraus ergibt sich für dieses günstige Gebiet, daß es nicht erforderlich ist, die Brunnen vollkommen auszubilden, unvollkommene bis maximal 60 m Tiefe sind für die Gewinnung großer Wassermengen ausreichend. Dadurch können erhebliche Einsparungen beim Bau von Entnahmefrühen erzielt werden. Sie wirken bei der geringen Wasserführung der tiefen Schichten wie vollkommene.

## 2.5. Kiessande des Rheins

### 2.5.1. Rheingebiet

Der Anteil an der Kiesschüttung des pleistozänen Rheines ist flächenmäßig nicht groß. Er umfaßt einen dem Rhein ± parallelen Streifen, der im Osten von der Linie Brengarten—Hausen a. d. M.—Westrand des Tuniberges—Ihringen—Westrand des Kaiserstuhles begrenzt ist. Eine klare Trennung zu dem östlich anschließenden Schwemmfächer von Neumagen und Möhlin ist nicht möglich, die Schüttungen gehen hier ineinander über derart, daß zunehmend mit der Tiefe einmal Schwarzwaldkiese weit nach Westen vorstoßen, zum anderen Rheinschotter weit nach Osten reichen. Im wesentlichen herrscht aber, vor allem in den höheren Teilen der Schüttung, Kiessand aus dem Einzugsgebiet des Alpenrheins vor (Kalke und Kieselgesteine). Die Körnung baut sich vorwiegend aus Grob- und Mittelkies sowie Mittel- und Feinsand auf. Typisch ist das Fehlen von Feinkies und Grobsand, was besondere Maßnahmen beim Bau von leistungsfähigen Entnahmefrühen verlangt, um Versandung zu verhüten (ausreichend dicke und der Körnung des Grundwasserleiters angepaßte Filterkiesmäntel!). Steine als Überkorn erreichen noch 30 cm Durchmesser oder Kantenlänge, sofern sie sich der Kugelform angenähert haben. Der Abrollungsgrad ist in der Regel gut. Deutliche Schichtung und z. T. sogar Sortierung sind in den Kiesgruben über

der Grundwasseroberfläche zu beobachten und auch unter dieser anzunehmen. Mehrere Meter mächtige Mittel- und Feinsandlagen sind vor allem in den tieferen Teilen der Niederterrasse vorhanden. Schlufflagen sind generell selten, aber lokal entwickelt.

Aufgrund der Auswertungsergebnisse der geoelektrischen Messungen liegt die stauende Sohlschicht der Kiessande bei Feldkirch—Hartheim 80 bis 100 m unter Gelände, westlich und nördlich Grezhausen bei 140 m unter Gelände. Werte ähnlicher Art sind für den Raum Ober- und Niederrimsingen—Hausen a. d. M. angegeben (siehe S. 628). Im Bereich Hochstetten kann man mit 100 bis 110 m rechnen. Nach den Ergebnissen der Untersuchungsbohrungen für das Wasserwerk II der Stadt Freiburg i. Br. auf Gemarkung Hausen, welche aufgrund elektrischer Messungen angesetzt wurden und diese voll bestätigten, können die oben genannten Werte als zutreffend angesehen werden. Die Mächtigkeit verringert sich nach Osten (Richtung Gündlingen, Merdingen und Ihringen) sowie nach Norden (Raum Ihringen—Breisach—Rhein—Limberg—Sasbach—Kaiserstuhl—Westrand) wieder.

Die stauende Sohlschicht besteht von Süden bis auf die Höhe von Hochstetten aus pleistozänen Schluffen und Tonen, unter denen dann tonige Ablagerungen des älteren Tertiärs folgen. Sie wird im Raume nördlich Hochstetten unmittelbar am Rande zum Kaiserstuhl aus Tephrit des Kaiserstuhls oder verschwemmtem Löß gebildet, sonst aus Tephrit, tertiären Mergelsteinen und Tuffen, wie sie von der Ruine Limburg bei Sasbach bekannt sind. Nordwestlich Breisach (Untersuchungsbohrungen für eine geplante Rheinbrücke) wurde sie in 14,6 bis 31,0 m Tiefe aus Tephrit angetroffen, südwestlich Breisach im rechten Widerlager des Kulturwehrs bei 36,3 m ebenfalls aus Tephrit, nordwestlich Burkheim in 22,0 bis 27,0 m aus tertiären Sedimenten. Südwestlich Burkheim ist sie in 62,0 m Tiefe noch nicht erreicht. Die genaue Lage der Aufschlüsse ist der geologischen Exkursionskarte des Kaiserstuhls 1:25 000 und dem zugehörigen Erläuterungsheft zu entnehmen.

Die erheblichen Kiesmächtigkeiten dürfen nicht zur Annahme verleiten, die Schichten seien bis zur stauenden Sohlschicht sauber und gut wasserführend. Schon die Auswertung der elektrischen Widerstandsmessungen zeigt, daß die sehr hochohmigen und infolgedessen als gut wasserführend anzusprechenden Schichten im Durchschnitt bis 50 m u. Gel. in einigen Fällen bis 75 m u. Gel. entwickelt sind. Diese Daten stimmen mit den Ergebnissen der Zuflußmessungen in den Tiefbrunnen der Stadt Freiburg i. Br. bei Hausen a. d. M. sehr gut überein.

Die Befunde der Geophysik ergeben außerdem im Bereich der pleistozänen Rheinkiese eine Rinne mit sauberem Material bis ca. 75 m u. Gel., welche in ihrem Verlauf um den der heutigen Möhlin mäandriert. Es ist ein alter Möhlinlauf.

Die Grundwasserführung in den Kiessanden des Rheines ist gut. Die nachstehende Tabelle 8 bringt einige Daten:

Die Entnahmemengen sind bei geringen Absenkungsbeträgen groß. Die zugehörigen Entnahmetrichter sind klein. Im Bereiche Hartheim—Feldkirch—Gündlingen—Breisach ist in der Härte ein deutlicher Zusammenhang mit dem Vorfluter Rhein festzustellen; er wird weiter nach Osten weniger ausgeprägt. Die Wässer sind ohne störende Mengen von Schwermetallionen und weisen in der Regel Sauerstoffgehalte von mehr als 6 mg/l auf. Nach den hydrogeologischen Daten liegt hier ein sehr wichtiges Grundwasservorratsgebiet, das vor unsachgemäßer Industrialisierung, Beeinträchtigung

Tab. 8.

OZ. Bohrloch- bezeichnung (Gemarkung oder Gewinn)	Blatt-Nr. und Koordinaten	erbohrte Kies- mächtigkeit in m	stauende Sohlsd. ab m und Be- schaffenheit	sauberer Kies bis m	schluffiger Kies bis m	Ergiebig- keit l/s	Ab- senkungs- betrag m	° DGH	° DKH	Sauerstoff mg/l
1 Beregnung Bremgarten	8011 33 96 300/53 09 825	30,0	nicht erreicht	30,0 (ab 25 m Schwarz- waldmat.)	—	45	1,65*	—	—	—
2 Brunnen Bremgarten	8011 33 99 280/53 10 670	20,0	nicht erreicht	20,0	—	20	2,58	12,3	9,8	10,5***
3 Brunnen Gündlingen	7911 33 99 440/53 19 750	25,0	nicht erreicht	25,0 (ab 20,8 Schwarz- waldmat.)	—	17 63	0,27 0,87	10,6	9,5	7,6
4 Brunnen Bretsach	7911 33 98 430/53 22 500	30,3	nicht erreicht	30,3	—	100	0,16	9,45	7,7	6,8
5 Brunnen Achkarren	7911 33 96 180/53 25 900	22,4	22,4 (Schwemm- löf)	22,4	—	25	0,48	—	—	—
6 Brunnen Oberrotweil	7911 33 96 140/53 28 090	12,0	nicht erreicht	12,0	—	15	1,30**	—	—	—
7 Brunnen Burkheim	7911 33 95 940/53 29 900	12,0	nicht erreicht	12,0	—	12	1,19**	—	—	—
8 Brunnen Jechtingen	7811 33 96 010/53 32 505	24,95	nicht erreicht	24,95	—	35	0,25	—	—	—
9 Brunnen Sponeck	7811 33 94 590/53 31 800	15,3	15,3 (Tephrit)	15,3	—	20	0,12	—	—	—

\* Durchschnitrs-k =  $2,0 \times 10^{-3}$       \*\* Kesselbrunnen!      \*\*\* Luftbeimischung!

durch ungeordnete Kiesgewinnung und unzweckmäßige Abwasserbeseitigung unbedingt geschützt werden muß. Besonderes Augenmerk wird man auch auf Überlandtreibstoffleitungen richten müssen!

### 2.5.2. Gebiet des ehemaligen Ostrheines

Der eiszeitliche Ostrhein kam von Süden und umfloß den Kaiserstuhl. Er lagerte Kiessand ab, der vorwiegend aus Alpengesteinen besteht. Dieser enthält aber auch Komponenten, die von den Schwarzwaldhöhen stammen. Ein gutes Beispiel für eine solche Durchmischung gibt die bis 25 m u. Gel. erbohrte Abfolge im Brunnen Merdingen. Im Gebiet von Gottenheim—Neuershausen hat der Dreisam-Schwemmfächer die Ostrheinniederterrasse deutlich überfahren, wie die Schichtenabfolgen im Tiefbrunnen Gottenheim und aus Bohrungen bei Neuershausen zeigen.

Die Kiesmächtigkeiten gehen von Süden nach Norden zurück und erreichen an manchen Stellen nur noch 10 m. Ihre Basis besteht ganz im Süden aus älteren, verlehnten Schottern, dann aus Tertiär und im Norden aus verschwemmtem, wohl älterem Löß. Sie werden im Süden und Südwesten der Rinne zunächst von einer geringmächtigen, schluffigen, humosen Schicht abgedeckt. Diese besteht bei Wasenweiler (Ried) aus zu Moorerde zersetztem Torf, dessen Durchschnittsmächtigkeit zwischen 0,3 und 0,5 m liegt. Er verdickt sich aber stellenweise zu bis 2 m mächtigen, in die Kiesunterlage eingelassenen Linsen. Dazwischen lagern auch blaue bis blauschwarze, frisch manchmal leicht nach Schwefelwasserstoff riechende, mit organischen Resten durchsetzte tonige Schluffe. Von Bötzingen nach Nordosten ist die Deckschicht vorwiegend eine bis 2 m mächtige, stark schluffige Schwarzwaldsandschüttung (stellenweise mit Torflinsen).

Die Ostrheinrinne führt Grundwasser, auf das die Kaiserstuhlgemeinden Eichstetten, Wasenweiler und Bötzingen sowie die Tunibergorte Merdingen und Gottenheim zur Deckung ihres Fehlbedarfs oder für die Neuanlage einer zentralen Wasserversorgung nach 1945 zurückgreifen mußten. Die Grundwasseroberfläche liegt vielfach wenige cm u. Gel. Von besonderer Bedeutung ist eine von Ihringen im Norden auf die Spitze des Dimberges am Tuniberg zuziehende Grundwasserscheide. Sie verlagert sich bei niedriger Wasserführung des Rheins nach Nordosten. Sie ist hervorgerufen durch den aus dem Kaiserstuhl bei Ihringen herausfallenden Grundwasserkegel (mengenmäßig recht bedeutend). Er trennt das Rheingrundwasser im Westen vom eigenständigen Grundwasser, das heute im ehemaligen Ostrhein nach Nordosten fließt und zum größten Teil von den oberirdischen und unterirdischen Abflüssen aus dem Kaiserstuhl ernährt wird. Durch das Hineinstoßen des Dreisam-Schwemmfächers in die Rinne zwischen Gottenheim und Neuershausen und durch die Hochlage der stauenden Sohlschicht (z. B. in Wasenweiler 15 m u. Gel.) wird eine Querschnittverengung erzeugt. Diese bewirkt den Anstau des Grundwassers, der die Höhenlage der Grundwasseroberfläche u. Gel. erklärt.

Tabelle 9 unterrichtet über Kiesmächtigkeiten, Kieszusammensetzung und Ergiebigkeiten sowie wesentliche chemische Eigenschaften verschiedener Brunnen im ehemaligen Ostrhein.

Die Brunnen Breisach und Gündlingen zeigen in den Härtegraden deutlich die engen Zusammenhänge mit dem Rhein. Östlich der Grundwasserscheide Ihringen—Tuniberg ändern sich diese. Die Karbonathärte steigt merkbar an und nimmt in den an der Ostseite des Kaiserstuhls gelegenen Grundwassergewinnungsstellen bis auf die Höhe von Eichstetten laufend zu. Die Sauerstoffgehalte

Tab. 9.

OZ. Bohrloch- bezeichnung (Gemarkung oder Gewann)	Blatt-Nr. und Koordinaten	erbohrte Kies- mächtigkeit in m	stauende Sohlsch. ab m und Be- schaffenheit	sauberer Kies bis m	schluffiger Kies bis m	fauler Kies bis m	Ergiebig- keit l/s	Ab- senkungs- betrag m	° DGH	° DKH	Sauerstoff mg/l
1 Brunnen Ihringen	7911 33 96 880/53 24 660	14,3	nicht erreicht	14,3	—	—	10,5	7,0	15,15	12,0	5,9
2 Brunnen Merdingen	7912 34 00 950/53 21 945	25,0	nicht erreicht	25,0	—	—	33,0	0,18	16,4	13,85	6,5
3 Brunnen Wasenweiler	7912 34 02 090/53 23 780	15,0	15,0 (Tertiär)	13,8	15,0	—	20,0	1,05	17,25	14,3	2,8
4 Brunnen Gottenheim	7912 34 04 440/53 25 400	12,5	12,5	12,5	—	—	20,0	0,45	22,35	17,1	0
5 Brunnen Bötzingen	7912 34 04 800/53 26 260	8,8	nicht erreicht	8,8	—	—	15,0	0,3	24,1	17,9	0
6 Bötzingen Bohr- versuch 1964	7912 34 03 960/53 25 300	15,6	15,6 (Tertiär)	15,6	—	—	30,0	0,3	24,6	18,2	0
7 Brunnen Eichstetten	7912 34 06 630/53 29 670	10,0	10,0	10,0	—	—	22,0	1,1	—	19,6	—
8 Brunnen Nimburg	7812 31 08 570/53 30 300	12,6	12,6 (? Tertiär)	12,6	—	—	20,4	0,62	10,8	8,9	3,6
9 Bahlingen Probefohrung 18	7812 34 07 320/53 32 160	15,0	nicht erreicht	15,0	—	—	27,8	0,55	—	—	—
Gem. Riegel	34 07 665/53 34 270	50,1	50,1 (Dogger 5 = Haupt- rogenstein)	18,0	50,1 (ab 15,0 Schwarz- waldmat.)	—	53,0	0,63	9,0	8,1	9,5
11 Brunnen Brauerei Riegel	7812 34 07 400/53 35 175	11,2	nicht erreicht	11,2	—	—	38,0	2,15	—	—	—
12 Brunnen Riegel	7812 34 06 650/53 35 840	13,8	nicht erreicht	13,8	—	—	14,0	2,25	—	—	—
13 Probefohrung 33 Gem. Malter- dingen	7812 34 08 420/53 36 340	22,2	nicht erreicht	22,2 (ab 16,5 Schwarz- waldmat.)	—	—	47,0	0,54	7,1	6,2	2,3

verringern sich kontinuierlich bis zu völligem Schwund. Für die Härte ist der Zufluss von Wasser aus dem Kaiserstuhl verantwortlich (Schuttfächer aus dem Wetzental, Mühletal, Tal von Oberschaffhausen, Etlisbach u. a.), der beachtlich ist.

Die Chemie des Ostrheingrundwassers ist sehr komplex. Häufig findet man den Typ des sauerstofffreien, schwefelwasserstoffhaltigen und harten Wassers. Eisen ist meist mit mehr als 1 mg/l vertreten. Der Anteil an Mangan ist ebenfalls sehr hoch. Der hohe Kaliumpermanganatverbrauch zeigt, daß der Untergrund viel organische Stoffe enthält. Ein solches Wasser ist kaum aufzubereiten. Infolgedessen müssen Grundwasserentnahmen so plaziert werden, daß sie Torf- und Moorlinsen sowie an organischem Material reichen Schluff meiden. Dies war in Wasenweiler möglich. Durch entsprechende Wahl korrosionsbeständigen Filtermaterials, durch dem Grundwasserdargebot angepaßte Filterdurchmesser und Filterkiesmäntel kann die Wassereintrittsgeschwindigkeit in den Brunnen gering gehalten werden. Dadurch ließ sich ein zu starkes Abreißen der Grundwasseroberfläche vermeiden, die Absenkung bleibt auf ein Minimum beschränkt. Unter diesen Kautelen wiederum werden starke Belüftung und Wiederaustreibung der Luft aus den Poren des Grundwasserleiters und damit eine Mobilisierung von Eisen und Mangan minimal. Deshalb ist es möglich, eisen- und manganfreie Wasser zu fördern. Solch labiler Grundwasserchemismus ist in den Tiefbrunnen Wasenweiler und Gottenheim zu beobachten. Generell sind alle Grundwasserbrunnen in der Ostrheinrinne anfällig und müssen daher vernünftig bewirtschaftet werden. Bei Ansteigen des Wasserbedarfes in den Gemeinden müssen weitere Brunnen in großem Abstand von den bestehenden mit geringer Absenkung des Ruhegrundwasserspiegels beim Betrieb errichtet werden. Würde man vorhandene Brunnen stärker beanspruchen, wären katastrophale Eisen- und Manganerbrüche die Folge. Bodenaufschlüsse durch Kiesgruben sind tunlichst zu vermeiden.

Aus der Chemie resultiert, daß im Abschnitt des Ostrheines von Wasenweiler bis Eichstetten keine großen Mengen entnommen werden können, daß hier aber die örtlichen Bedürfnisse der Gemeinden des Ostkaiserstuhls bei vernünftiger Bewirtschaftung für die kommenden Jahre noch gut gedeckt werden können.

Im Raum nördlich Nimburg sind ausweislich verschiedener Bohrungen (z. B. OZ. 9—12, Tab. 9) mächtigere Kiese vorhanden, die in ihrem Liegenden (etwa von 25 m ab) aus Schwarzwaldmaterial bestehen. Die oberen Schichten sind alpiner Zusammensetzung. Die Filtergeschwindigkeiten ( $v_f$ ) betragen in den alpinen Kiesen im Durchschnitt 2—3 m/h, im Maximum 7,7 m/h, in den tieferen Kiesen (vorwiegend Material aus dem Schwarzwald und den Vorbergen) im Durchschnitt 0,35—0,36 m/h.

In diesem Bereiche sind größere Grundwassermengen, auch für überörtliche Bedürfnisse, gewinnbar, wie die Ergiebigkeiten der Tiefbrunnen Bahlingen und Nimburg und auch der Versuchsbohrung 33 zeigen, ebenso der Tiefbrunnen der Riegeler Brauerei. Diejenigen von Ihringen und Riegel (OZ 1 u. 12, Tab. 9) sind nicht repräsentativ, da es sich um sehr alte, gemauerte Kesselbrunnen handelt, bei denen das Wasser nur von der Sohle her eintreten kann.

Die Wasserhärte ist im Raum nördlich Nimburg deutlich von der im eigentlichen Ostrhein südlich davon verschieden. Hier drückt sich die Alimentation des Grundwassers aus den Oberflächengewässern (Mühlkanal, alte Dreisam, Dreisamkanal, Glotter, Elz) aus, die sehr wesentlich zur Auffüllung des Grundwasservorrates in den Kiesen bis 25 m unter Gelände beiträgt. Man wird wohl auch hier für die Wassergewinnung mit unvollkommenen Brunnen auskom-

men, welche nur die hangenden sauberen, gut wasserführenden Kiese nutzen, aber in der Leistung vollkommenen nahezu gleichkommen.

So ergibt sich in diesem Raume aufgrund hydrogeologischer Befunde ein weiteres wesentliches Grundwasservorratsgebiet, das keine störenden Mengen von Eisen- und Mangan-Ionen enthält. Auch hier muß die Raumplanung auf das Grundwasservorkommen Rücksicht nehmen.

### 3. Mesozoische und tertiäre Vorberge vor dem Grundgebirgsschwarzwald

Die Grundwasserlandschaft Kaiserstuhl besteht aus dem unverwitterten, anstehenden vulkanischen Gerüst, dem aus ihm entstandenen und deshalb darüber gelagerten Verwitterungs- und Gehängeschutt und dem von Lehmdecken und Sandlinsen durchsetzten Lößmantel. Auf der Ostseite wird das vulkanische Substrat durch bindige Tertiär-Sedimente ersetzt, die östlich der Linie Wasenweiler—Edingen auftreten. Die nach Genese und Erscheinungsform sowie Alter sehr vielfältigen Vulkanika werden wegen ihrer gleichgearteten hydrologischen Eigenschaften nicht auseinandergehalten. Sie sind frisch und unzerklüftet ausgesprochene Wasserstauer. Nur in klüftigem und hohlraumreichem Zustand, der ohnehin sehr selten ist, können sie geringmächtige Grundwasserleiter sein. Ihre meistens darüber liegenden Verwitterungsprodukte sind gute Leiter. Sie erreichen vorwiegend am Fuße der Hügelflanken größere Mächtigkeiten (2 m und mehr). In den heute mit jungen Lößschwemmassen abgedeckten Talrinnen können sie bis 10 m mächtig werden (z. B. Krottenbach). Da man früher in diesen Tälern keine tiefen Bohrungen machte, weil man der Ansicht war, sie seien nur von Schwemmlöß erfüllt, sind diese vulkanischen Schuttmassen erst sehr spät erkannt worden. Schließlich ist der Löß ein guter Grundwasserleiter, allerdings nur in seinen tiefsten Lagen über den undurchlässigen Sohlschichten. Er enthält dann vielfach Sandlinsen, die das Wasser speichern. Nach den verschiedenen Grundwasserleitern unterscheidet man:

- a) Normale Schuttquellen, die den jahreszeitlichen Gang der Niederschläge mit geringer zeitlicher Verzögerung ziemlich genau wiedergeben. Ihre Schüttung ist in niederschlagsarmen Zeiten gering, in niederschlagsreichen stark;
- b) Stauschuttquellen mit einem gewissen Speicherraum im Einzugsgebiet, der rückhaltend wirkt und den Abfluß verzögert. Infolgedessen ausgeglichener Schüttung als bei a. Leiter und Sohlgesteine sind sowohl bei a wie b Vulkanika;
- c) Lößquellen über unverwittertem Eruptivgestein oder Tertiärsedimenten als Nichtleitern.

Die Einzugsgebiete der Quellen sind bei der starken Zertalung des Gebirges klein. Die Schüttungen sind deshalb mäßig (Mittel meist  $< 1$  l/s). Die Wasserqualität ist durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung bakteriologisch vielfach schlecht und durch Schutzmaßnahmen kaum zu bessern, da jedes Fleckchen Erde bewirtschaftet werden muß. Schutzgebiete würden die landwirtschaftlichen Nutzflächen beschneiden. Abhilfe schaffen einfach zu bedienende Entkeimungsanlagen oder Abschaltung der Quellen vom Netz, sofern Ersatz aus dem tiefliegenden Grundwasser der Ebene geliefert werden kann. Chemisch ist das Wasser mittelhart bis hart. Weiteres Grundwasser aus Quellen ist nicht mehr zu beschaffen, da deren Vorkommen begrenzt, die Schüttungen zu klein

und der hygienische Zustand unbefriedigend sind. Steigender Wasserbedarf wird immer mehr aus der umgebenden Ebene gedeckt, die bereits besprochen ist. Auf den bedeutenden unterirdischen Abfluß aus dem Kaiserstuhl in die ihn umgebenden Niederterrassenkiese wurde ebenfalls hingewiesen. Die gemeinsame Grundwasserentnahme für Bischoffingen, Leiselheim und Kiechlinsbergen nutzt diesen durch einen 20 m tiefen Brunnen in Kies auf verschwemmtem Löß als Sohlschicht, der bei einem Absenkungsbetrag von 1,40 m 32 l/s hergibt (19,3° DGH, 15,9° DKH, Sauerstoffgehalt 9,1 mg/l). Auch Oberrotweil nutzt den unterirdischen Abfluß des Krottenbaches aus dem Gebirge mit seinem 8,1 m tiefen Brunnen (15 l/s bei 1,30 m Absenkung). Aus mit vulkanischem Schutt erfüllten Tälern des zentralen Kaiserstuhles selbst wird Grundwasser gefördert, allerdings in kleinen Mengen (Oberbergen: 6 l/s bei 12,8 m Absenkung, 19,38° DGH, 17,36° DKH; Schelingen: 3,3 l/s bei 3,42 m Absenkung, 16,9° DGH, 15,1° DKH, 8,8 mg l O<sub>2</sub>; Achkarren: 3,4 l/s bei 4,8 m Absenkung, 17,46° DGH, 16,10° DKH, 9,31 mg/l O<sub>2</sub>). Hingewiesen sei noch auf die beachtliche Stauquelle Neunbrunnen zwischen Vogtsburg und Oberbergen im Krottenbachtal, die im Januar 1963 noch mehr als 8 l/s schüttete und mit Auftrieb aus einer Gesteinsspalte kommt.

Die Grundwasserlandschaften der Vorberge bleiben noch zu besprechen. Die tertiären Kalksandsteine des Batzenberges sowie des Schönberges und die als Wasserleiter entwickelten Partien (Kalke) der Ablagerungen des Mesozoikums des Schönberges sind quantitativ unergiebig und qualitativ schlecht (bakteriologisch verseucht). Deshalb haben die meisten Gemeinden Quelfassungen im Grundgebirgsschwarzwalde (Möhlinggruppe, Sölden, Wittnau, Ehrenstetten). Nur Ebringen und Wolfenweiler haben Quellen aus dem Tertiär bzw. aus Gehängeschutt über mittleren Juraschichten, die aber ebenfalls nach Menge und Güte unzureichend sind. Infolgedessen hat Wolfenweiler einen Tiefbrunnen in den Konglomerat-Schichten des älteren Tertiärs (Sannoisien) bis auf 20 m angelegt, der bei starker Absenkung 3,3 l/s bringt. Ebringen bezieht bereits Grundwasser aus dem Dreisam-Schwemmfächer (vgl. S. 620). Auch der Tuniberg und die Marchhügel sind wenig ergiebig, haben aber — insbesondere der Nimberg — einen ansehnlichen unterirdischen Abfluß, der dem Grundwasser im Dreisamschwemmkessel zugute kommt, das für die Versorgung herangezogen wird.

Ein allen Vorhügeln gemeinsames hydrologisches Merkmal ist erwähnenswert. Ihre orographisch hochgelegenen Gebiete sind die Teile der Leiter, die noch nicht grundwassererfüllt sind oder in denen sich durch undurchlässige Einschaltungen nur kleine und örtlich begrenzte Wasseransammlungen bilden, die als Quellen auslaufen und den Siedlungen im freien Gefälle zugeführt werden. Die Hauptmenge des Grundwassers liegt aber tief über der jeweiligen Sohlschicht und wird zum Teil in natürlich gebildeten Becken aus undurchlässigem Untergrund zurückgehalten, bis das Fassungsvermögen erreicht ist. Das Überangebot fließt dann dem Grundwasser der die Hügel umgebenden Ebenen zu. Sind keine Becken vorhanden, strömt das gesamte Grundwasser in die Niederterrassenkiese ab. So erklärt sich die auffällige Wasserarmut von Kaiserstuhl und Tuniberg. Dadurch wird auch verständlich, weshalb die Gemeinden in und unmittelbar an den Vorbergen schon relativ früh auf das Grundwasser in der Niederung zurückgriffen und erst mit fortschreitender hydrogeologischer Erkenntnis z. B. im zentralen Kaiserstuhl tiefliegendes Grundwasser erschlossen wurde.

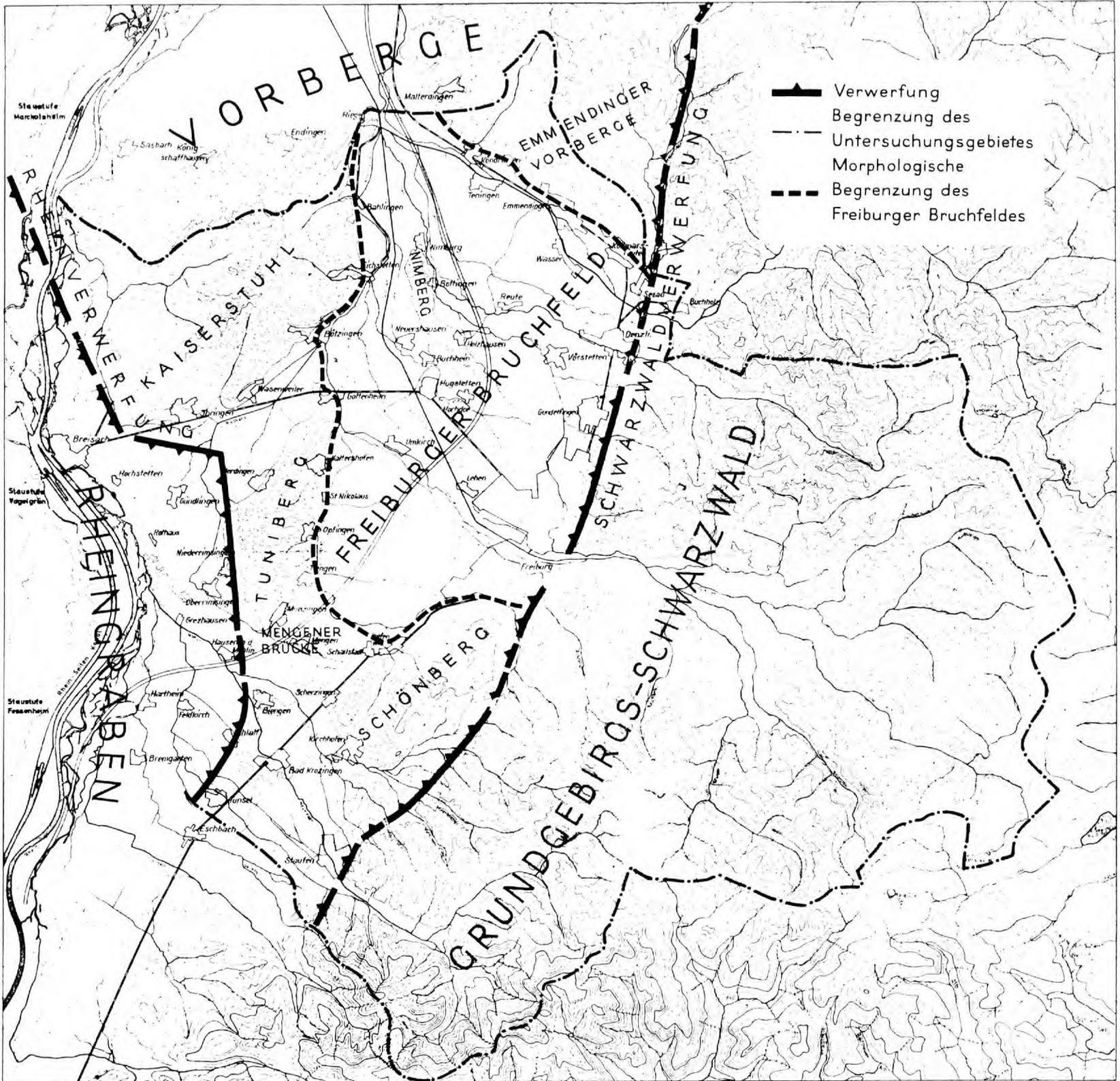
Schrifttum:

- DELCKE, W.: Hydrographie des Kaiserstuhls. — Abh. Heidelb. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., 18, 41 S., Berlin & Leipzig 1931.
- ERB, L.: Eine tektonische Hochscholle unter dem Dreisamtschuttkegel im Stadtgebiet von Freiburg i. Br. — Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N. F., 7, S. 187—189, Freiburg i. Br. 1958.
- FAST, H. & SAUER, K.: Die chemische Zusammensetzung südbadischer Grundwässer, Herkunftsfragen und Versuch einer Typologie. — Vom Wasser, 25, S. 48—81, Weinheim 1958.
- GUENTHER, E.: Stau und Schwankungen des Grundwassers in der Freiburger Bucht und ihre Abhängigkeit vom geologischen Unterbau. — Decheniana, 98 A, S. 13—30, Bonn 1938.
- Die jüngeren tektonischen Bewegungen im südwestlichen Deutschland (Südliches Oberrheintal). — Neues Jb. Mineral. etc., Beil.-Bd. 85 B, S. 191—292, Stuttgart 1941.
- HÜTTNER, R., SAUER, K. & WIMMENAUER, W.: Zur Geologie, Hydrologie und Petrographie auf Blatt Freiburg 1:25 000. — Z. deutsch. geol. Ges., 113 (1961), S. 610 bis 611, Hannover 1962.
- RÖMLER, W.: Wasserwirtschaft. — Freiburg i. Br., Amtl. Kreisbeschreib., Bd. 1, S. 615 bis 624, Freiburg i. Br. 1965.
- SAUER, K.: Einige geologisch aufschlußreiche Bohrungen in Freiburg i. Br. und seiner weiteren Umgebung. — Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N. F., 7, S. 423—433, Freiburg i. Br. 1960.
- Die hydrogeologische Situation im Zartener Becken und sich aus ihr ergebende Folgerungen für die Regionalplanung. — Vierteljb. Planungsgemeinsch. Breisgau 1960, Heft 4, S. 21—26, Freiburg i. Br. 1960.
- Die Grundwasserlandschaften um Freiburg i. Br. — Einwohnerbuch Landkreis Freiburg 1963, S. 1—11, Freiburg i. Br. 1963.
- Geologischer Bau und Oberflächenformen. — Freiburg i. Br., Amtl. Kreisbeschreib., Bd. 1, S. 4—60, 819—822 u. 1128—1129, Freiburg i. Br. 1965.
- Grundwasser und Quellen. — Freiburg i. Br., Amtl. Kreisbeschreib., Bd. 1, S. 85 bis 98, Freiburg i. Br. 1965.
- Die Freiburger Thermalwasserbohrung und ihre Geschichte. — Freiburger Jahreszeiten, 1, 2, S. 67—71, Freiburg i. Br. 1965.
- SCHWALENSTÖCKER: Das Wasserproblem in unserem Werk (Rhodiacaeta). — Rhodiapost, 3, S. 24—25, Freiburg i. Br. 1959.
- WUNDT, W.: Oberflächengewässer und Abflußverhältnisse. — Freiburg i. Br., Amtl. Kreisbeschreib., Bd. 1, S. 98—105, Freiburg i. Br. 1965.
- WIMMENAUER, W., mit HASEMANN, W. & SCHREINER, A.: Geologische Exkursionskarte Kaiserstuhls 1:25 000, mit Erläut. — Stuttgart (1956) 1959.
- WIMMENAUER, W. & HÜTTNER, R.: Geologische Spezialkarte von Baden-Württemberg 1:25 000, Blatt 8013 Freiburg i. Br., mit Erläut. — Stuttgart 1967 (im Druck).
- Gutachten und Archivakten des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg.

(Am 15. 5. 1967 bei der Schriftleitung eingegangen.)

## **Tafel 27**

Das Untersuchungsgebiet und sein geologischer Großbau.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 1966-1968

Band/Volume: [NF\\_9](#)

Autor(en)/Author(s): Sauer Kurt F.J.

Artikel/Article: [Beiträge zur Hydrogeologie der näheren Umgebung von Freiburg i. Br. \(1967\) 611-637](#)