

Bibliothek v. P. Geol. 0.1  
Inv. No. A. 29.  
✓

# Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Speyer (Nr. XVIII)

der  
Geognostischen Karte  
des  
Königreiches Bayern.

---

Herausgegeben  
im Auftrage des Kgl. Bayer. Staatsministeriums des Innern.

Nach den bei der geognostischen Untersuchung des Königreiches unter der Leitung  
des Verfassers gewonnenen Ergebnissen,  
namentlich nach den Aufnahmsarbeiten von  
k. Oberbergamts-Assessor Dr. v. Ammon,  
den Assistenten Dr. Leppla, Dr. Thürach, Dr. Reis und Dr. Pfaff,

ausgearbeitet von

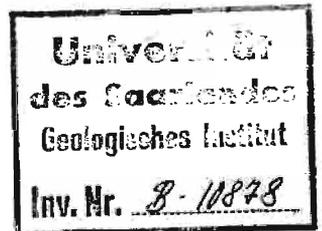
**Dr. C. W. v. Gümbel,**  
k. Geh. Rat und Oberbergdirektor.

Mit einem Blatte (Nr. XVIII) der Geognostischen Karte des Königreiches Bayern.



MÜNCHEN.

Verlag von Piloty & Loehle.  
1897.



# Geognostisches Blatt Speyer.

---

Das Blatt Speyer umfaßt unter den vier den Pfalzkreis darstellenden Blättern (im Westen Blatt Zweibrücken, im Norden Blatt Donnersberg und im Nordwesten Blatt Cusel) den südöstlichen Teil dieses Gebiets von der südlichen Landesgrenze zwischen Lauterburg und Fischbach, dann von der östlichen Landesgrenze am Rhein zwischen Lauterburg und Ludwigshafen bis zu einer im Norden ungefähr von Ost nach West verlaufenden Linie Ludwigshafen—Kaiserslautern. Im Westen schließt sich unser Blatt in der Linie Fischbach—Siegelbach bei Kaiserslautern an das Blatt Zweibrücken an. Da aber die Kartenränder im Süden und Osten über diese Landesgrenzlinien hinübergreifen, so wurden auch anstoßende Striche der benachbarten Reichslande von Unter-Elsaß\*) und vom Großherzogtum Baden mit zur Darstellung gebracht.

Der Kartenmaßstab ist, wie bei den übrigen bisher erschienenen geognostischen Karten Bayerns 1:100 000 und die Zeichnung nach der in gleichem Maßstabe ausgeführten deutschen Reichskarte hergestellt, während die geognostische Darstellung durch Reduktion aus 28 Originalaufnahmsblättern der 25 000 teiligen Generalstabs-Positionskarten gewonnen wurde. Für die ausführliche Schilderung, welche den gesamten Pfalzkreis umfassen soll, bleibt die Darstellung in diesem größeren Maßstabe (1:25 000) bei den wichtigeren Teilen des Gebiets vorbehalten.

## Topographischer Überblick.\*\*)

Das Gebiet, welches auf dem vorliegenden Blatte zur Darstellung gebracht ist läßt sich nach den Höhenverhältnissen und der Oberflächengestaltung in zwei Hauptglieder teilen, nämlich in die gebirgige Erhebung und in

---

\*) Dieser Teil der Karte wurde teils nach den bisher erschienenen geologischen Karten von Elsaß-Lothringen, teils nach einer kursorischen Aufnahme, bei welcher wir uns der ausgiebigsten Beihilfe und Unterstützung durch die reichsländische geologische Landesanstalt in Straßburg zu erfreuen hatten, zur Darstellung gebracht. Wir ergreifen gerne diese Gelegenheit, der genannten Anstalt für diese freundnachbarliche Unterstützung den besten Dank auszusprechen.

\*\*) Es wird in diesen kurzen Erläuterungen von den Literaturnachweisen Umgang genommen. Letztere sollen in der zusammenfassenden Schilderung der auf sämtlichen vier Pfalz-kreisblättern dargestellten geognostischen Verhältnisse ihre Berücksichtigung finden.

die mehr verebnete, tiefer gelegene mittelrheinische Fläche. Das aus letzterer mit steilen Rändern sich erhebende Gebirge — die Haardt\*) — bildet den nördlichsten Teil und den Abschluß der Vogesenkette. Es wird im Gegensatz zu dem südlichen, aus älteren Gesteinsbildungen bestehenden Zweig wohl auch Sandsteinvogesen genannt, weil seine Hauptmasse weitaus mit Schichten des Buntsandsteins aufgebaut ist. Ein dritter Landesteil der Pfalz — das westlicher Hinterland — berührt nur in der nordwestlichen Kartenecke auf eine kleine Strecke das vorliegende Gebiet.

### Haardtgebirge.

Das hohe, waldige, von tiefen Talrinnen durchzogene Bergland zieht sich im orographischen Sinn von den Saar- und Zorn-Quellen nördlich vom Breusch-tale, nach den geotektonischen Verhältnissen beurteilt, von der Zaberner Senke an im Elsaß ohne Unterbrechung die Landesgrenze überschreitend, nordostwärts durch die Pfalz bis gegen den Donnersberg hin, wo dasselbe zwischen Grünstadt und Göllheim in eine sanfte Verflachung verläuft, ähnlich wie wir dies an den Rändern des Schwarz- und Odenwaldes wahrnehmen. Es wird schon dadurch eine gewisse innige Beziehung zwischen den großen rechts- und links-mittelrheinischen Gebirgen angedeutet, die auch in der Ähnlichkeit ihrer Oberflächenbildung Bestätigung findet und keinen Zweifel übrig läßt, daß in einer früheren erdgeschichtlichen Zeit diese Gebirgszüge ein einheitliches geschlossenes Ganzes bildeten, welches erst später durch Niederbrüche und Ausnagungen längs der Rheintalspalten getrennt und zerstückelt worden ist. Dadurch wird auch die Steilheit des Ostrandes unseres Haardtgebirges gegen die Rheinfläche bedingt, während nach Westen durch die westlicher Senke zwischen Homburg, Landstuhl und Grünstadt der Haupthöhenzug zwar abgegrenzt erscheint, aber doch durch Vermittlung eines zwischengelagerten Hügellandes sich an das ältere westpfälzische Hinterland anlehnt.

Die Hauptrichtung des Haardtgebirges ist eine in SW.—NO. ungefähr mit der Rheintalfläche gleichlaufende. Da die Abgrenzung gegen das westliche Hinterland abweichend von dieser Richtung sich stark nach O. abbiegt und in das Rheinland schief einschneidet, so erhält dadurch das Gebirge einen Dreieck-ähnlichen Umriß, dessen Grundlinie die südliche Landesgrenze, dessen Scheitel in der Nähe von Grünstadt liegt.

Dieser Form entsprechend, nimmt die Wasserscheide, wenn auch vielfach gewunden und abgelenkt, doch in der Hauptsache einen Verlauf, der von SW. nach NO. beiläufig dem Rheintal parallel gerichtet ist, von Bitsch her zwischen Eppenbrunn und Ludwigswinkel in die Pfalz eintritt, über den Eschkopf und die Frankenweide zum Stumpfwald und den Donnersberg verläuft. Dadurch scheidet sich der Lauf der Gewässer in einen östlichen direkt zum Rhein gewendeten und in einen westlichen, zum Teil nordwestlichen, der unter Ver-

---

\*) Es ist hier diese Schreibweise als die allgemeiner übliche und offizielle beibehalten, obwohl Hart (Wald) richtiger sein dürfte.

mittlung von Blies und Nahe die Gewässer indirekt dem Rhein zuführt. Es ist bemerkenswert, daß diese Wasserscheide nicht über den Scheitel der Haardt sich hinzieht; es sind die höchsten Berggipfel weiter ostwärts, vielfach sogar dicht an den Rheintalrand gerückt. Auch hiedurch verrät sich der frühere Zusammenhang mit den rechtsrheinischen Gebirgen unzweideutig. Die Wasserscheide entspricht mithin nicht einer Sattellinie, sondern großenteils nur einer Folge von Lagerungsstörungen, Abnagungen und Ausfurchungen der Sandsteinschichten. Dieses Verhältnis trägt viel dazu bei, daß der Abfall zur Rheinfläche ein sehr hoher ist, während das Gebirge gegen NW. nur nach und nach sich niedersenkt. Es ergibt sich dies deutlich, wenn man die durchschnittliche Höhe der dem Ostrande zunächst gelegenen Bergkuppen mit jenen des nachbarlich angeschlossenen Hügellandes (nicht der Rheintalebene) vergleicht. Jene beträgt ungefähr 550 m Meereshöhe, diese 200 m; es besteht hier mithin auf kurze Entfernung ein Absturz von 350 m, während am Nordwestrande des Gebirgs die höheren Teile desselben nur zu 430 m sich erheben und die benachbarten vorgelagerten Höhenzüge 300 m wachsen, mithin der Abfall hier nur 130 m erreicht. Aus diesem Verhältnis und der Tatsache, daß die höchste Erhebung des Haardtgebirges dem Ostrande sehr nahe sich hinzieht, erklärt es sich auch, daß die Täler und Tälchen, die nach der Rheinseite den Gewässern zum Rinnsal dienen, viel tiefer in das Gebirgsmassiv eingeschnitten sind, als jene, welche west- und nordwestwärts zum Abflußgebiet der Blies und Nahe gehören.

Verfolgen wir die wasserscheidende Linie von S. nach N. hin, so zieht sich diese von ihrem Eintritt in das Pfälzer Gebiet vom Erlenkopferhof (395 m) über Ketterichhof (459 m), die Straßenhöhe zwischen Kaltenbach und Ruppertsweiler (288 m), den Grafenstein bei Merzalben (488 m), den Sattelpunkt bei Leimen (513 m), den Eschkopf (610 m) als höchsten Punkt, dann über Johanniskreuz (472 m), den Sattelpunkt bei Mölschbach (480 m), Harterkopf bei Waldleiningen (453 m), die Straßenhöhe zwischen Hochspeyer und Kaiserslautern (305 m), den Queilersberg (390 m), Altenhof (293 m) und nach dem Stumpfwald (436 m). Westlich von dieser Wasserscheide liegen nur wenige Höhen, welche über 500 m messen, wie z. B. der Ringelsberg bei Merzalben (525 m), der Hahnenberg (515 m), die Grafensteiner Waldhöhe (533 m); die meisten Gipfelpunkte halten sich hier zwischen 430 und 475 m. Dagegen sind die Berggipfel östlich der Wasserscheide, welche 500 m überragen und nahezu 700 m Höhe (Gr. Kalmit 683 m) erreichen, sehr zahlreich und, wie schon erwähnt wurde, nicht in der Nähe dieser Linie am beträchtlichsten hoch, sondern sie sind ganz nahe am östlichen Gebirgsrande gelagert. Es genügt einige wenige derselben namhaft zu machen, wie z. B. in der Richtung von S. nach N. fortlaufend Wegelsberg (574 m), Derstenberg (560 m), Rehberg (579 m), Trifels (494 m), Orensberg (581 m), Roßberg (633 m), Teufelsberg (603 m), Kesselberg (662 m), Gr. Kalmit (683 m), Stoppelkopp (567 m), Drachenfels (571 m), Rahnfels (515 m), Peterskopf (500 m). Die höchsten Erhebungen konzentrieren sich auf einen kleinen Teil des Gebirgs zwischen Annweiler, Neustadt, Elmstein und Merzalben, in dem zahlreiche Berge über 600 m auf-

ragen und der Eschkopf (612 m) als der eigentliche Mittelpunkt des ganzen Haardtgebirges sich heraushebt. Aus seiner nächsten Umgebung fließen nach den vier Himmelsgegenden Quellbäche, die im Speyerbach, in der Queich und im Schwarzbach sich sammeln. Da dieses Gebirgsmassiv von sehr zahlreichen tiefen Talfurchen durchzogen ist, so bilden sich dadurch stark kontrastierende und eigentümliche Oberflächenformen aus, welche wegen ihrer pittoresken, ruinenartigen Ausgestaltung, wie z. B. im berühmten Dabuer und Annweiler Tal um so mehr zu den landschaftlichen Reizen des Haardtgebirges beitragen, als auch viele dieser wunderbar geformten Felskuppen noch von aufragenden Schloßruinen gekrönt sind. Solche sonderbar geformte Felsruinen erweisen sich, wie dies später ausführlicher dargelegt werden soll, als das Erzeugnis der vereinigten Einwirkung von Abnagung und nach bestimmten Richtungen meist parallel verlaufender Zerklüftung, durch welche aus den abwechselnd weicheren und härteren Sandsteinlagen die oft kühn übereinander gestellten mauerähnlichen Pfeiler, Zinnen und Wände herausgeschnitten worden sind.

Die meisten größeren Täler sind in ihrem unteren Lauf gegen die zunächst benachbarten Berge gegen 300 m und selbst in den oberen Teilen noch gegen 200 m eingetieft, wo sie endlich in ungemein zahlreiche, vorherrschend wasserarme Quelladern und Wasserfurchen sich verzweigen. Ihr Gefälle innerhalb des Gebirgs ist meist sehr stark und beträgt bis 0,5 %. Dabei macht sich bei den zum Rhein direkt gewendeten Tälern die Tatsache bemerkbar, daß ihr Austrittspunkt aus dem Gebirge um so tiefer liegt, je weiter nach Norden die Bäche in die Rheinfläche gelangen (Wieslauter bei Schweigen 165, Queich bei Albersweiler 158, Speyerbach bei Neustadt 135, Isenach bei Dürkheim 130, Eisbach bei Asselheim 120 m). Auf der Nordwestseite halten sich die wenigen hier den Bergen entquellenden Bäche alle auf fast gleicher Höhe von 225 bis 250 m.

Abgesehen von der Sauer, welche südwärts in das elsässische Gebiet gerichtet ist, sind als die bedeutendsten dem Rhein direkt zugewendeten Bäche und Fließchen hervorzubeben im Süden die Wieslauter, deren Quellbäche einesteils bei Merzalben, anderenteils bei Ketterichhof entspringen, dann die Queich mit ihren Quellpunkten bei Hauenstein und am Eschkopf, der Speyerbach, welcher sein Wasser aus Quellen nördlich von Eschkopf und bei Hochspeyer sammelt, die Isenach am hohen Bühl unfern Hertlingshausen entspringend und der Eisbach, welcher aus Quellen im Stumpfwald bei dem Langenthaler Hof entsteht. Auf der Nordwest- und Westseite reichen sowohl Alsenz mit ihrem Quellpunkte bei Alsenborn, wie die Glanlauter, welche oberhalb Lauterspring ihren Anfang nimmt, nur wenig in das eigentliche Haardtgebirge hinein und der Glan berührt nur den Fuß des Gebirgs in der Waldmohr—Landstuhler-Niederung. Dagegen verzweigt sich der wasserreiche Zufluß zur Blics, der Schwarzbach (Erbach) in ungemein zahlreichen Adern gegen das Innerste des Gebirgs hinein bis zum Eschkopf und gewinnt unter allen Gewässern des Gebirgs das weitaus größte Sammelgebiet. Bemerkenswert ist, daß viele dieser Quellbäche die Bezeichnung Alb führen, wie Fels-, Wahl-, Rad-, Stein-, Moos-Alb. Das Wasser aller der dem Buntsandsteingebiet

entspringenden Quellen ist sehr weich, fast chemisch rein im Gegensatz zu jenem der Muschelkalkhöhlen, welches durchweg kalkhaltig sich erweist. Die Temperatur der Quellen am Ursprungsort ist die gleiche wie die mittlere Jahrestemperatur der Luft am gleichen Orte. Die noch salzführenden Quellen bei Dürkheim steigen am Abbruchrande des Gebirgs aus der Tiefe empor und lassen sich nicht als ein eigentliches Zubehör zum Haardtgebirge betrachten.

Denkt man sich nun alle die Höhen der Berge und alle die Eintiefungen der Täler und Tälchen ausgeglichen und das ganze zu einer ununterbrochenen Felsmasse vereinigt, so würde man ein Gebirgsmassiv erhalten, dessen mittlere Höhe ungefähr 350 m beträgt.

### **Rheinfläche.**

Zwischen Basel und Mainz dehnt sich auf eine Länge von 300 km und in einer mittleren Breite von 35 km eiae im Verhältnis zu den an beiden Rändern parallel verlaufenden, rechts- und linksseitigen Gebirgen und Höhenzügen verflachte Landschaft aus, durch welche der Rhein seine am tiefsten liegende, verhältnismäßig schmale Stromrinne ausgefurcht hat. Die durch Einsenkungen und Niederbrüche zwischen den beiderseitigen mittelhheinischen Gebirgen anfänglich tiefe, spaltenartige Bucht wurde nach und nach durch jüngere und jüngste Ablagerung stufenweise wieder aufgefüllt und verobet. Dadurch bildet sich ein terrassenförmiger Aufbau an den Rändern der Rheinfläche heraus, welcher der Hauptsache nach in drei, dem Gebirgsraude nahezu parallel verlaufende, gegen letzteren ansteigende Zonen von wechselnder Breite sich hinzieht.

Die tiefstgelegene Zone ist die des Rheinlaufs und seines Überschwemmungsbezirks, das eigentliche alluviale Rheintal im engeren Sinn. Der Rhein selbst tritt bei Neuburg mit 105 m Meereshöhe in die Pfalz ein und verläßt dieselbe am Schleusenhaus bei Boxheim mit 71 m. Der zunächst dem Strom angeschlossene Tieflandwall von Altwässern und oft überfluteten Niederungen mit durchschnittlich 600 m Breite auf Pfälzer Seite hält sich im Mittel auf 100 m Höhe. Doch greift diese Niederung mehrfach weiter hinaus, so daß das nächstliegende Kulturland durch Dämme vor Überflutungen geschützt werden muß.

Mit einem 3—15 m höheren oft mauerartig aufsteigenden Steilrand beginnt die zweite Flachlandszone sich vom Alluvialboden zu erheben. Es ist dies die fruchtbare, meist von tiefgründigem Lehm (Löß) bedeckte Landschaft, die man als eigentliche Rheinebene bezeichnen kann. Mit sanftem Ansteigen gegen den Gebirgsfuß erhebt sie sich von durchschnittlich 100 m am Rheintalrande allmählich bis zu beiläufig 200 m im Westen, wo sie ohne scharfe Abgrenzung in das hügelige Vorland des Haardtgebirges übergeht. Ihre mittlere Höhe ist auf 150 m zu veranschlagen.

Die dritte Zone der Rheinfläche schließt sich zunächst an den Steilrand des Haardtgebirges in Form von stark welligen, meist langgestreckten, vielfach zerschnittenen und zum Teil hoch am Gebirgsfuß emporragenden Vor-

bergen und Hügeln, die sich rebenbekrönt als vorderpfälzisches Hügel-land vom waldigen Gebirge und der saatenreichen Rheinebene ziemlich scharf abheben.

Dieses hügelige Gelände beginnt im Süden bei Weißenburg rasch aus der Bienwaldsverebnung (135 m) zu den Höhen von Schweigen (195 m) und Rechtenbach (217 m) anzusteigen und nimmt strichweise, indem ältere, oft steil aufgerichtete Gesteinsschichten an dessen Aufbau teilnehmen, zunächst am Steilrande der Haardt eine riffähnliche Form an.

Aus der Gegend von Weißenburg erstreckt sich dieser Höhenzug, dicht an den Gebirgsfuß angeschmiegt und nur durch die querlaufenden Taleinschnitte unterbrochen in meist schmalen Strich bis in die Gegend von Grünstadt, wo derselbe sich um das Nordende der Haardt umbiegend und bis zum Rand des älteren Hinterlandes ausbreitend in einer eine beträchtliche Höhe erreichenden und bis zum Rheintal vordringenden kuppigen Hügelgruppe — das pfälzisch-hessische Hügelland — bis Mainz sich fortsetzt.

Auf dem Blatt Speyer gehört diesem Höhenzug der Geißberg bei Weißenburg im Elsaß (243), der Wachholderberg bei Rechtenbach (217), dann weit in die Ebene vorspringend die kleine Kalmit bei Arzheim (269), ferner die Kuppen bei Frankweiler und Burrweiler (243 und 278), der Hahnenbühl bei Forst (187) u. s. w. an.

Werfen wir einen Blick auf die Rheinfläche als Ganzes, so zeigt sich, daß dieselbe von allen den Flüssen, welche aus den hohen Sandsteinbergen der Haardt ostwärts zum Rhein sich herabziehen, durchquert wird. Diese schlagen dabei meist eine der allgemeinen Senkung des Rheintals folgende etwas nach Norden abgelenkte Richtung ein, wodurch die Ebene zwischen diesen Taleinschnitten in sanft nordwärts gekrümmte Höhenrücken zerschnitten erscheint. Doch stimmt ihre Richtung nicht immer mit dem gegenwärtigen Verlauf der Täler überein, weil die Flüßchen, nachdem sie in die Hochfläche herausgetreten sind, im Laufe der Zeit durch Aufschüttungen oder Durchbrüche ihr Bett verlegt oder selbst sich verzweigt haben. Ersteres ist beispielshalber bei der Wieslauter der Fall, welche einst von Weißenburg über Schaidt nördlich vom Bienwald zum Rhein abfloß, letzteres bei dem Speyerbach, welcher sich unterhalb Neustadt in den Rehbach und jetzt noch bestehenden Speyerbach vergabelt hat.

### **Geologischer Überblick.**

Schon die kurze Schilderung der topographischen Verhältnisse des Pfälzer Gebiets und die Bezeichnung des Haardtgebirgs als unmittelbare Fortsetzung der Hochvogesen weisen darauf hin, daß auch in geologischer Beziehung ein inniger Zusammenhang zunächst zwischen den beiden Abschnitten des linksrheinischen Gebirges besteht.

Die Hochvogesen werden der Hauptsache nach von archaischen Gesteinen, Granit und Gneiß, dann von Tonschiefer und Quarzitschichten unbestimmten Alters, ferner von Devon- und Kulmschichten, denen sich in be-

schränkter Verbreitung Karbon- und Steinkohlegebirgsablagerungen, sowie Rotliegendes anschließen, aufgebaut. Diese ältesten Gesteinsbildungen senken sich in nördlicher Richtung mehr und mehr ein und werden schon in dem Breuschtalgebiete von rotem Sandstein — sogen. Bunt- oder Vogesensandstein — bedeckt, verhüllt und dem Auge des Beobachters fast völlig entzogen. Doch ist es nicht zweifelhaft, daß im tieferen und tiefsten Untergrunde dieser nördlichen Fortsetzung des Gebirgs, in den sogen. Sandsteinvogesen, auch jenseits der Zaberner Senke die älteren Gesteinsbildungen als Kern und gleichsam als festes Gerüste weiter nordwärts fortzichen. Einen tatsächlichen Beweis für diese Annahme finden wir in dem Vorkommen von Granit bei Niederbroun, wo derselbe in dem tiefen Taleinschnitt als ältestes Untergrundgestein zutage bloßgelegt ist.

### Grundgebirge.

Daß diese, eine unterirdische Gebirgskette bildende Gruppe von ältesten Gesteinen auch noch weiter in dem Sandsteingebirge der Pfalz fortsetzt, dafür liefern die zahlreichen, an steilen Gebirgsrande und in tiefen Taleinschnitten durch Ausnagungen entblößten und zutage anstehenden Gesteinsbildungen von dem Typus jener der Hochvogesen den vollgültigen Beweis. Schon im äußersten Süden, im Wieslautertal bei Weißenburg (Weiler), tauchen auf beiden Talseiten ältere Tonschiefer, die jenen der Südvogesen ähnlich sind, auf; sie werden hier von Gangmassen (Kersantit) durchsetzt und zunächst von Rotliegendem umhüllt, um dann nordwärts dem mächtigen Stock des Sandsteingebirges als Unterlage zu dienen. Solche Aufbrüche und Entblößungen älterer Felsmassen von Granit, Gneiß, Kersantit, Melaphyr, Porphyry und Rotliegendem wiederholen sich nun längs des Gebirgsrandes oft in anscheinlicher Verbreitung in fast allen tieferen Taleinschnitten bis nach Dürkheim hinab, wo Tonschiefer und Grauwacke noch in einem Bohrloch nach Soole bis 295 m aufgeschlossen wurden. Damit ist die Fortsetzung des Vogesenkerngesteins im Haardtgebirge außer Zweifel gestellt und man darf wohl annehmen, daß dasselbe nicht bloß am Abbruch gegen die Rheinfläche zum Vorschein kommt, sondern ein fortlaufendes festes Gerippe im Sandsteingebirge selbst ausmacht. Zugleich aber wird durch dieses merkwürdige Auftauchen von älteren Vogesengesteinen auch der Zusammenhang dieses Gebirgsabschnittes mit dem rechtsrheinischen Odenwald, wie dies schon aus den topographischen Verhältnissen gefolgert wurde, bestätigt. Findet sich doch selbst noch dicht am Rheintalufer bei Nierstein Rotliegendes entwickelt, dessen Auftreten an dieser Stelle eine Brücke bildet zu den nahe gelegenen gleichalterigen Ablagerungen im Odenwalde.

### Permbildungen.

Sehen wir zunächst ab von den kristallinen Urgebirgsfelsarten, dem Granit und Gneiß, welche in beschränkterer Weise entblößt sind, wie von den wahrscheinlich paläolithischen Tonschiefer- und Grauwackenschichten, sowie den älteren Kersantit-artigen Durchbruchgesteinen, so sind

es die Ablagerungen des oberen Rotliegenden, welche mit den sie begleitenden Melaphyren und Porphyren in den Aufschlüssen am Rande des Gebirges und in den Taleinschnitten bis tief in den Hauptstock der Haardt sich verbreitet zeigen. Sie liegen hier direkt auf dem oben genannten Grundstockgestein, ohne daß ältere Schichten des Karbons oder der unteren Permstufe und selbst nicht einmal Lebacher Schichten darunter sich vorfinden, welche doch im W. und NW. der Haardt so mächtig und ausgedehnt verbreitet sind. Es scheint dies zu beweisen, daß der aus älterem Gestein bestehende Kern des Gebirges vor Ablagerung des oberen Rotliegenden hoch genug emporragte, um einen Absatz von Karbon- und unterpermischem Material auf der Ostseite des alten Riffs hintanzuhalten, wie dies auch im Odenwald und Spessart der Fall ist. Dieser frühere Zusammenhang mit dem rechtsrheinischen Gebirge findet eine weitere Bestätigung in der Tatsache, daß der auf das obere Rotliegende unmittelbar folgende Zechstein vom Odenwaldgebiet, wo er in SW.-Richtung noch im Schloßgraben von Heidelberg bekannt ist, herüber in das Haardtgebirge reicht und mit seinen charakteristischen organischen Einschlüssen bis in die Gegend von Annweiler verfolgt werden kann. Es ist wahrscheinlich, daß er in Form gelber dolomitischer Einlagerungen noch weiter nach S. bis in das Elsaß fortstreicht. Wenn sich demnach eine Änderung in der relativen Höhenlage zwischen dem karbonischen und postkarbonischen Westrich und dem Haardt-Grundgebirge vor Ablagerung des Rotliegenden voraussetzen läßt, so tritt nunmehr nach Absatz des letzteren eine lang andauernde Periode ruhig vor sich gehender Gesteinsniederschläge wenigstens nach O. und SO. unseres Gebiets ein, höchstens daß noch schwache Nachzuckungen gegen W. hin am westlicher Gebirgsrande stattfanden.

### **Buntsandstein.**

Es folgt nämlich auf die Ablagerungen der jüngsten Perm-schichten, des oberen Rotliegenden und Zechsteins, jene des fast ausschließlich sandigen Niederschlags in großartiger, bis gegen 500 m betragender Mächtigkeit, welche man im ganzen als das System des Buntsandsteins bezeichnet und aus welchem nahezu ausschließlich das Massiv der Sandsteinvogesen und mithin auch das unseres Haardtgebirges aufgebaut ist. Es sei hier einschaltend bemerkt, daß der Buntsandstein mit dem ihm auflagernden Muschelkalk und dem auf letzteren folgenden Keuper als ein größeres geologisches Ganze zusammengefaßt und als untere Systemgruppe der mesolithischen oder sekundären Periode oder Trias bezeichnet wird. An der Grenze nun, wo die obersten Lagen des permischen Systems unmittelbar von den untersten des Buntsandsteins überdeckt werden, zeigt sich, wenigstens an der Ostseite des Gebirgs nicht nur eine vollständig gleichförmige Aufeinanderfolge der Gesteins-schichten, sondern auch eine so große Ähnlichkeit in der petrographischen Beschaffenheit — abgesehen von der eigentlichen Zechsteinbank —, daß es recht schwierig ist, hier eine scharfe Grenze zwischen den beiden Schichten-systemen zu ziehen. Es hat in diesem Gebiete eine ruhig fortschreitende, ununterbrochene Niederschlagsarbeit stattgefunden, welche allerdings mit raschem

Übergang durch Zunahme der sandigen Beschaffenheit des Absatzmaterials von sandig tonigen, dünn geschichteten, intensiv eisenroten Schieferlagen (Leberschiefer) zur Bildung jener mächtigen Sandsteinbänke übergang, aus welchen das Haardtgebirge seinen Hauptmassen nach besteht.

Mit dieser Buntsandsteinbildung haben wir uns bei Schilderung des vorliegenden Blattes Speyer hauptsächlich zu befassen, weshalb es erforderlich erscheint, vorerst im allgemeinen auf die Beschreibung ihrer Gesteinsbeschaffenheit und Schichtgliederung hier näher einzugehen.

Wenn wir das permische System mit dem erwähnten Zechsteinlager nach oben abgrenzen und darüber das System des Buntsandsteines seinen Anfang nehmen lassen, so stellen sich zunächst als unterste Schichten des letzteren am Ostrande der Haardt intensiv braunrote lettige, den unter dem Zechstein ausgebildeten Schichten (Rötelschiefer) sehr ähnliche, zum Teil sandige Schiefer (Leberschiefer) mit vielen hellen, meist grünlich gefärbten runden Flecken ein, welche nach oben mit zunehmend sandigeren, dabei dünn-schiefrigen Lagen wechseln und endlich in einen großbankigen, geröllfreien, glimmerführenden, oft von wurzlähnlichen, grellroten Adern vertikal durchzogenen Sandstein von roter, oft blaurot gestreifter, gelber und weißlicher Färbung (Annweiler oder Leisbühler Bausandstein, südliche Fazies) übergehen. Festere Bänke desselben werden als Baumaterial verwendet und in mehreren Steinbrüchen gewonnen. Nicht selten stellen sich auch Manganbutzen ein, welche dem Gestein ein braungeflecktes Aussehen verleihen (Tigersandstein). Im NW. und W. der Haardt verlieren diese Sandsteine ihren festeren Zusammenhalt, es treten dafür lockere, ähnlich gefärbte Sande, sogen. Schweiß- oder Formsande in Begleitung von lockeren Geröllagen und Konglomeraten (Staufer Konglomerat) auf, welche sich hier am Rande des älteren Gebirges aus aufgewühltem Untergrunde unter der Mitwirkung brandender Fluten abgesetzt haben, und schwach diskordant über dem unebenen Boden des Rotliegenden ausgebreitet sind (nördliche Fazies oder Staufer Schichten). Vielfach kommen in dieser Region auch Sandeisenstein in Lagern, Adern und Butzen ausgeschiedene, sowie gelbe dolomitische Geoden und stellenweise (Bexbach, Mehlbach) Ausscheidungen von Schworspat und Butzen von Manganerz vor. Diese tiefsten, bohlänfig 50—70 m mächtigen Lagen des Buntsandsteins bis zu einer darauf folgenden Rollsteinbank, die sich durch das Vorkommen von Urgesteins- und Porphyrgeschieben (buntgemengtes, sogen. Eck-sches Konglomerat im Schwarzwald) auszeichnet, lassen sich als älteste und unterste Stufe des Systems, d. h. als unterer Buntsandstein (b' der Karte) von den höheren Bänken abtrennen. Ihre obersten Lagen sind meist tonreich, undurchlässig und bilden einen Wasserhorizont, auf dem zahlreiche Quellen zutage treten.

Die Hauptmasse des Haardtgebirges und der Sandsteinvogesen überhaupt baut sich über dieser ersten tiefsten Stufe aus Sandsteinbänken auf, welche mehr oder weniger verfestigt, mit untergeordneten, sandig-tonigen und an Geröll reichen Zwischenmitteln wechselnd, in zahllosen Einzellagen in einer Mächtigkeit von 400 m sich übereinander auftürmen. Man bezeichnet

diesen Schichtenkomplex namentlich im Elsaß Vogesensandstein und im allgemeinen als Hauptbuntsandstein. Die festeren Bänke bestehen weit überwiegend aus abgerollten zum Teil fazettierten und mit einem dünnen, tonigen Roteisenerz oder mit Kieselrinde überzogenen Quarzkörnchen, die teils nur lose aneinander geklebt, teils durch ein eisentoniges oder kieseliges Bindemittel zu einem festeren Gestein verkittet sind. Letzteres wird an vielen Stellen als Baumaterial in großen Steinbrüchen gewonnen. Weitaus ist die vorherrschende Farbe ein blasses Eisenrot. Häufig treten wechselnd hellere oder dunklere weißliche, grünliche oder gelbliche Streifen und Flecken hinzu, welche dem Gestein ein buntes Aussehen verleihen. Daher die Bezeichnung „Buntsandstein“. Mehr untergeordnet sind in Kaolin zum Teil zersetzte Feldspatkörnchen und sehr spärliche Blättchen von weißem Glimmer beigemengt. Dazu gesellen sich auch in dieser Region bankweise braune Zapfen, von Manganerzausscheidungen erzeugt — sogen. Tigersandsteine —, und oft netzförmig verzweigte Adern, Butzen und Lager von Sandeisenerz. Viel häufiger noch sind nierenförmige Knollen oder Linsen von eisenrotem Ton, sogen. Tongallen der Steinbrecher, sowie ei- bis faustgroße Gerölle von harter quarzitischer und grau-wackenartiger Beschaffenheit und weißliche Quarzkiesel in dem Sandstein eingestreut oder lagerartig angehäuft, wie dies in einzelnen Schichten, namentlich in dem sogen. Hauptkonglomerat, einem geröllreichen Sandsteinlager an der oberen Grenze des Hauptbuntsandsteins und in den Konglomeratlagen der tiefen Schichten des oberen Buntsandsteins der Fall ist. In bestimmten Lagen — den sogen. Kugelfelsen — stellen sich meist kugelig runde Konkretionen ein, bei welchen Quarz das Kittmittel ausmacht. Durch Auswitterung der Tongallen entstehen glattwandige Hohlräume, welche, wenn sie häufiger sich einstellen, die bautechnische Benutzung wesentlich beeinträchtigen. Die Sandsteinbänke werden von sehr zahlreichen Spalten, sogen. Lassen, durchzogen, welche meist so scharf und glatt sind, daß, wenn sie auf ein eingeschlossenes Rollstück treffen, letzteres entzwei spalten, als wäre es mit einem Rasiernmesser durchgeschnitten. Ihre Richtung verläuft im allgemeinen parallel mit jener der großen Verwerfungs-spalten, die wir später kennen lernen werden und in mehr oder weniger senkrecht darauf gerichteten Erstreckungen. Dadurch ist wesentlich die Ausformung der Felskämme und der einzelnen Höhenzüge bedingt, welche in auffallender Weise häufig in schmalen von SW. nach NO. verlaufenden Rücken sich hinziehen. Eine sehr bemerkenswerte Erscheinung tritt uns am Gebirgsrande gegen die Rheinfläche entgegen, indem hier die sonst rot gefärbten Gesteine der verschiedensten Stufen fast durchweg in heller weißer oder gelblich weißer Färbung auftreten. Es ist dies eine Folge von nachträglich erfolgter Entfärbung oder Bleichung, welche sich hauptsächlich an den durch zahlreiche Spalten durchzogenen Gesteinspartien des Gebirgsrandes vollzogen hat, stellenweise sich ziemlich tief in das Gebirge erstreckt und, wie im Dürkheimer Tale, allmählich in die normale rote Gesteinsfärbung verläuft. Die rotfärbende Substanz, das Eisenoxyd, ist in diesem Fall durch mächtige, in den Klüften zirkulierende und von diesen in das Nebengestein sich ausbreitende, wahrscheinlich kohlen säurehaltige Wasserströme desoxydiert und gebleicht oder auf-

gelöst und fortgeführt worden, wie sich deutlich in der Zone gegen das Innere des Gebirgs hin zu erkennen gibt, in der die Ausbleichung nach und nach erlischt und das Gestein nur unmittelbar neben den Spalten auf geringe Entfernung entfärbt sich zeigt. Dieser Ausbleichung unterliegen alle die verschiedensten Stufen des Buntsandsteins, welche wir ohne weitere Unterscheidung durch die Bezeichnung als „Haardter Sandsteine“ hervorheben wollen.

In diesem 300—350 m mächtigen Schichtenkomplex des Hauptbuntsandsteins mit seinen zahlreichen Sandsteinbänken lassen sich selbstverständlich nach der Zeit der Aufeinanderfolge der Ablagerung mehrere sich auszeichnende Stufen unterscheiden, die, wenn auch nicht von allgemeiner Bedeutung, doch für örtliche Verhältnisse des Haardtgebirges in Bezug auf Bodenbeschaffenheit Vegetation, technische Benutzung zu Baumaterial, auch Quellenbildung u. s. w., so großes Interesse gewinnen, daß sie nicht unbeachtet gelassen werden dürfen.

Lassen wir den unteren Buntsandstein bis zu der erwähnten buntgemengten Geröllbank reichen, so beginnt der mittlere Hauptbuntsandstein oder Vogesensandstein mit dieser öfters locker, selten konglomeratartig verfestigten, meist halblockeren Geröllage und' grenzt sich nach oben gegen den oberen Buntsandstein wieder an einer Geröllbank ab, die sich streckenweise zu einem wirklichen Konglomerat (Hauptkonglomerat) verfestigt zeigt. Die Rollstücke bestehen weit vorherrschend aus dunkelfarbigem, rötlichgrauen, oft grauwackenartigen Gesteinen oder unreinem Quarzit und sind durch sandig quarzige, eisenschüssige, nicht dolomitische oder chalcedonartige Bindemittel verbunden; ähnlich sind auch die darauffolgenden Konglomeratlagen des oberen Buntsandsteins in den Gegenden, wo sie entwickelt sind, beschaffen, so daß sie mit ersterem verwechselt werden können. Man kann den ganzen Schichtenkomplex des Hauptbuntsandsteins in drei Stufen gliedern, die untere oder Trifels-, die mittlere oder Rehberg- und die obere oder Trippstadt (Karlstal-) Stufe.

Die Trifelsstufe\*) (b<sup>2a</sup> der Karte) nimmt ihren Anfang über dem unteren Buntsandstein mit der aus wohl abgerundeten Geschieben von verschiedenartigen Felsarten, namentlich von Urgebirgsgesteinen, von Porphyr, Tonstein, weißem Quarz, Quarzphyllit und Quarzit zusammengesetzten Geröllbank, die, wie bereits erwähnt wurde, nur selten die Beschaffenheit eines festen Konglomerats besitzt. Damit verbinden sich in eine Gesamtmächtigkeit von beiläufig 10—15 m lockere, grobkörnige Sandsteine, welche in den nördlichen und nordwestlichen Gegenden spärlich Porphyrgerölle, noch seltener gneisartige Geschiebe führen und hier das oben erwähnte Geröllager ersetzen. Höher nun folgen die meist in mächtigen Felsbänken ausgebildeten Hauptlagen dieser Stufe, 50—70 m mächtig. Es wechseln auch hier festere und weniger stark gebundene, mehr grob- als feinkörnige, im Sonnenlicht glitzernde Sandsteine, welche sehr häufig Anwachsstreifen zeigen und einzeln eingestreute Gerölle führen. An der Decke vorspringender unterhöhlter Felsen kann man eigen-

---

\*) Nach der berühmten Burgruine Trifels bei Annweiler genannt, welche auf hieher gehörigen Sandsteinfelsen aufgebaut ist.

tümliche groß pockennarbig vertiefte oder aderartig verlaufende Auswitterungsformen vorfinden. Vorherrschend sind die festeren, Felsen bildenden, zum Teil als Baustein (Kaiserslautern) brauchbaren und benützten Sandsteinbänke an dem Aufbau dieser Stufe beteiligt, welche infolge von Zerklüftung und Auswitterung die schon früher erwähnten burgruinenartigen pittoresken Formen angenommen haben und in großer Mannigfaltigkeit sich durch oft ruffartig aufragende Berg Rücken und Gipfel namentlich in SO. des Gebirgs (Dahn, Annweiler, Bergzabern) auszeichnen, in den nördlichen Gebirgstteilen dagegen, wo die Lagen weniger über die Oberfläche aufragen und von höheren Schichten bedeckt sind, in großen über die Gehänge verstürzten Blöcke verwittert erscheinen.

Die mittlere Hauptbuntsandstein- oder die Rehbergstufe\*) (b<sup>2b</sup> der Karte) bildet über einer schwachen, durch Abwitterung weicherer Zwischenschichten hervorgerufenen Verflachung, mit welcher häufig ein ausgezeichnete ergiebiger Quellenhorizont verknüpft ist, eine zweite durch mehrere sehr feste Sandsteinbänke veranlaßte felsige Region von 70—100 m Gesamtmächtigkeit. Hierin zeichnen sich namentlich mächtige Lagen von vorherrschend feinkörnigen, blaß eisenroten oder violettroten Sandsteinen aus, die als vortreffliches Baumaterial in zahlreichen Steinbrüchen gewonnen werden. Auch in dem Verbreitungsgebiet dieser Abteilung des Hauptbuntsandsteins machen sich da, wo die festeren Bänke die Höhen oder Bergkuppen erreichen und der Abwitterung ausgesetzt sind, pittoresk geformte Felsgebilde bemerkbar, die oft tischförmig aufragen oder gesimsartig an den Gehängen vorspringen. Gerölle sind im ganzen spärlich verstreut, dagegen erweist es sich als eine fast durchgehende Erscheinung, daß die Sandsteine braun gefleckt sind und kleine eckige Hohlräume oft ziemlich reichlich enthalten, deren Wandungen von Manganz oxyd bedeckt erscheinen.\*\*\*) Auf Schichtflächen zeigen sich zuweilen Austrocknungsrisse und auf Spalten Rindenüberzüge von Brauneisenerz und Psilomelan.

Mit der dritten oder Trippstadtstufe, welche im ganzen 110 bis 130 m mächtig ist (b<sup>2c</sup> der Karte), betreten wir eine zuerst wieder mehr verflachte Gebirgsregion, in deren Untergrund zunächst konglomeratartige ungefähr 30 m mächtige Lager, darunter auch weiche, mittelkörnige, oft schiefelige, ziegelrot oder rotbraun gefärbte Sandsteine mit häufiger Anwachsstreifung lagern. Festere Bänke sind vereinzelt eingeschaltet. Erst über diesem Schichtenkomplex gewinnen zahlreiche feste quarzitisches Sandsteine mit spärlichen Geröllen aus weißem Quarz und dunkel schmutzig roten Quarziten und mit etwas weicheren Lagen wechselnd, das Übergewicht, weshalb auch in dieser Region infolge von Auswitterung an der Oberfläche sehr wunderbar ausgeformte Felspartien, z. B. im Karlstal bei Trippstadt, zum Vorschein kommen (15 m Mächtigkeit). Eine nicht seltene Erscheinung, namentlich in den oberen Lagen,

---

\*) Nach dem Rehberg bei Annweiler benannt, auf dessen kugelförmiger Spitze die typischen Schichten dieser Stufe anstehen und zur Entstehung einer auf ungewöhnlich hoher Lage entspringenden Quelle Veranlassung geben.

\*\*\*) Deshalb werden diese Lagen wohl auch Pseudomorphosensandsteine genannt.

sind kugelförmige Ausscheidungen, welche, wo sie häufiger sich vorfinden, zur Bezeichnung solcher Lagen als Kugelfelsen Veranlassung geben. In den tonigen, dünn geschichteten Zwischenlagen bemerkt man ziemlich häufig Austrocknungsrisse, Kriechspuren von Reptilien und Wellenfurchungen. In einem gewissen Niveau an der oberen Grenze stellen sich häufiger Gerölle ein, deren Anzahl so zunimmt, daß schließlich eine sehr ausgezeichnete Kiesbank und, wenn die Rollstücke\*) mehr oder weniger verkittet sind, strichweise ein Konglomerat (b<sup>2a</sup> der Karte) daraus hervorgeht. Diese durch den Reichtum an Geröllen in auffallender Weise ausgezeichnete Region kennt man auch in den Vogesen und im Schwarzwald, wo sie als Hauptkonglomerat bezeichnet wird, welchen Namen wir auch für die Pfalz anwenden, um die genaue geologische Parallele mit den benachbarten Gebirgen festzuhalten, obwohl sich solche konglomeratartige Bänke in dem Haardtgebirge hauptsächlich auf die Gegend von Pirmasens, Waldfishbach gegen Dürkheim und Neuleiningen, in typischer Ausbildung bis 35 m mächtig, beschränken; sonst sind 5—10 m mächtige geröllreiche Sandsteinlagen an ihrer Stelle entwickelt, welche an vielen Orten infolge von Verwitterung Kies zur Straßenbeschotterung (sogen. Kieskauf) liefern.

Dieses oberste Glied des Hauptbuntsandsteins leitet uns hinüber zu einer im Haardtgebirge, namentlich in seinen westlichen Teilen, weitverbreiteten, stellenweise gleichfalls geröllreichen und stellenweise als Konglomerat entwickelten jüngeren Schichtenreihe. Dieses Konglomerat hat vielfach zu einer Verwechslung mit dem sogen. Hauptkonglomerat Veranlassung gegeben, läßt sich aber von letzterem dadurch leicht unterscheiden, daß es mit gelbem dolomitischem Material verbunden ist und Karneol\*\*) häufig als Zwischenmasse und Einlagerung enthält. Auch stellt sich eine Beimengung von weißem Glimmer in größerer Menge als charakteristisch ein. Strichweise sind aber diese Lagen auch mehr oder weniger geröllarm oder -frei, jedoch durch gelbe Dolomitknollen, Manganbutzen und Hornstein-Ausscheidungen als zu demselben geologischen Horizont gehörig gekennzeichnet. Diese Ablagerung läßt auf eine geänderte Beschaffenheit der Gewässer, welchen diese Schichten ihren Ursprung verdanken, auf mächtige, die Geröllmassen führende Flutungen schließen.\*\*\*) Es wird dieser Abschnitt in der Entwicklungsgeschichte des Buntsandsteins schon durch die geröllreichen Lagen des obersten Hauptbuntsandsteins als Übergangsbildung eingeleitet und ist daher eine scharfe Scheidung in größeren Strichen des Gebirgs schwierig vorzunehmen. Überblickt man aber das ganze Gebiet, so ergibt es sich doch als naturgemäß, mit diesen Dolomit und Hornstein führenden, meist mürben, durch eine streifenweise blaurote Färbung ausgezeichneten, an Glimmer reichen Sandsteinschichten eine neue Abteilung des Systems — den oberen Buntsandstein — beginnen zu lassen.

---

\*) Wir behalten diese Bezeichnung wegen ihrer allgemeinen Verwendung bei, obgleich dieses Kieselmineral aus einem Gemenge verschiedener Quarzvarietäten besteht.

\*\*) Es wäre deshalb gerechtfertigt, die obere Abteilung des Buntsandsteins schon mit dem Hauptkonglomerat beginnen zu lassen. Um indessen eine Übereinstimmung mit der Gliederung in anderen Verbreitungsgebieten zu erzielen, ist die oben angenommene Einteilung beibehalten worden.

In den Ablagerungen dieses jüngsten Gliedes des Systems gibt sich eine weitere dreifache Abstufung zu erkennen, nämlich eine untere (b<sup>3a</sup> der Karte) gegen 50 m mächtige Stufe, die sogen. Zwischenschichten und Karneolschichten, eine mittlere, die Voltziensandsteinschichten, und eine obere Stufe oder die Röhlschichten.

In der unteren Abteilung beteiligen sich in den tieferen Lagen zunächst bis 1 m mächtige, meist Glimmer führende Sandsteine und dünnschichtige Lettenschiefer von tiefroter, bläulich violetter, gelblicher, oft gesprenkelter Färbung mit Geröllschmitzen und Einlagerungen von gelbem Dolomit in Bänken und Knollen, von sogen. Karneolaustrichungen und Manganbutzen. Die tonige Beschaffenheit bewirkt, daß in dieser Region häufig Quellen, wenn auch nicht von großer Ergiebigkeit, zutage treten.

Höher folgt das eigentliche sogen. Karneolkonglomerat, eine meist lockere 15—20 m mächtige Anhäufung von Rollstücken meist durchwegs braunroter dichter Quarzite, hellfarbiger Porphyre, seltener weißer Quarze und Pegmatite; besonders charakteristisch ist das Vorkommen durchsichtiger Quarze und von Höhlungen, welche durch Auswitterung von Schwefelkies in den Quarzitgeröllen entstanden sind. Auch Eindrücke in den Rollstücken zeigen hier sich häufig. Die bis 10 cm in der Länge messenden, meist eiförmigen Rollstücke zeigen teilweise seichte, zuweilen auch ziemlich tiefe Eindrücke, welche hier und da mit Gleitstreifen versehen sind. Daß diese Eindrücke nicht durch den Druck eines härteren Rollstücks in ein benachbartes, minder hartes, etwa durch Feuchtigkeit erweichtes entstanden sind, erweist sich unzweideutig in Dünnschliffen, in welchen senkrecht zu der Fläche des Eindrucks angeschnittene Glimmerblättchen sich befinden. Diese sind nicht etwa zusammengedrückt, gebogen und gefaltet, wie es sich zeigen müßte, wenn die Ausbildung durch Druck entstanden wäre. Das gleiche läßt sich auch gut an versteinerten Austernschalen mit Eindrücken wahrnehmen, bei welchen die Stäbchenschicht der Schalen an den Eindrücken keine Spur erlittener Zusammenpressung oder Stauchung in den Dünnschliffen zeigen. Statt Druck sind es Reibungs- und Ausschleifungsarbeiten des auf der Lagerstätte schwach, aber unendlich oft in zitternde Bewegung versetzten Materials. In den mittleren Lagen dieser Abteilung stellen sich feinkörnige, dünnplattige, meist glimmerreiche Sandsteine, oft mit wulstigen Konkretionen, ein. Durch Aufnahme von Rollsteinen wird ein Übergang in das oben beschriebene Konglomerat vermittelt (25 m M.) Dickbankige Sandsteine von roter und blauroter Färbung werden strichweise nach oben von geröllreichen Lagen und von tonigen Schichten, welche Bänke von bröcklichem Dolomit beherbergen, begleitet. Die ton- und glimmerärmeren, glitzernden, violettroten, ziemlich festen, als Bausteine dienenden Sandsteine der oberen Lagen sind durch das Vorkommen rundlicher, meist mit Mangansand ausgefüllter, leicht auswitternder Butzen, Sandkugeln und Kriechspuren ausgezeichnet (25 m M.).

Diese normale Ausbildungsweise ist namentlich im W. und NW. des Gebirgs verbreitet, während das sogen. Karneolkonglomerat seine größte Mächtigkeit

im S. und SW. erreicht, gegen N. und NO. aber in einen viele Gerölle führenden grobkörnigen Sandstein übergeht.

Eine mittlere Stufe wird von mehreren in dicken Bänken abgesonderten, zum Teil auch plattenförmigen, durchweg hellfarbigen, licht rötlichen, weißen, zuweilen gelblichen, oft buntgestreiften, feinkörnigen Sandsteinlagen gebildet, welche ein vortreffliches, fein zu bearbeitendes Baumaterial (Steinbrüche von Bubenhausen bei Zweibrücken) liefern und deshalb in zahlreichen Steinbrüchen aufgeschlossen sind. Diese Sandsteine umschließen zahlreiche, meist mit einer Brauneisensteinrinde überzogene Pflanzenreste, namentlich Stammteile und Zweige von Voltzien, weshalb das Lager mit Recht als Voltziensandstein (b<sup>2b</sup> der Karte) bezeichnet wird. Zwischen den Sandsteinbänken sind sehr häufig bunte, sehr feintonige Lettenschiefer eingebettet, welche gleichfalls vortrefflich erhaltene Pflanzenreste beherbergen. Seltener stellen sich hier gelbliche, fein braungefleckte, dolomitische Zwischenlagen, erfüllt von Conchylien-Steinkernen, Fischzähnen und Saurierknochen ein.

Als dritte und oberste Stufe zeigt sich im Westen nur angedeutet, gegen Osten hin bis zu 3—5 m Mächtigkeit anschwellend das sogen. Röth, ein vorherrschend grellroter, streifenweise weißlich und grünlich gefärbter Lettenschiefer, der nach oben gegen den Muschelkalk mit einer dolomitischen Bank — dem Grenzdolomit — abschließt, im Westen meist ganz allmählich in den sogen. Muschelsandstein verläuft.

### Muschelkalk.

In fast allen Verbreitungsgebieten des Buntsandsteins folgt als Auflagerung auf letzteren ein System weit vorwaltend kalkiger Gesteinschichten. Diese mittlere Abtheilung der Trias — das sogen. Muschelkalksystem — ist an der Zusammensetzung der Untergrundgesteine auch des Pfälzer Bodens und zwar in zwei getrennten Verbreitungsgebieten beteiligt. In der Bliesgegend dringt von Lothringen her eine buchtenartige Ausbreitung des Muschelkalks im SW. der Pfalz zwischen Blieskastel und Pirmasens über die Sickinger Höhe bis in die Gegend von Landstuhl vor und nimmt, bis auf Höhen von 450 m aufsteigend, Anteil am SW.-Abfall des Haardtgebirges, gewinnt aber in diesem Hauptverbreitungsgebiet an der Blies eine mehr selbstständige Stellung, die Bliesmuschelkalkplatte bildend. Auf das Blatt Speyer reichen von diesem Verbreitungsgebiete keine Muschelkalkschichten herein.

Dagegen streicht an der Westabdachung des Haardtgebirgs ein schmaler Streifen von Muschelkalk vom Elsaß herein über Weißenburg mit Unterbrechungen bis Grünstadt fort. Hier am Bruchrande des Gebirgs ist er wesentlich an der Zusammensetzung von Schollen beteiligt, welche meist staffelförmig abgesenkt mit steilgestellten Schichten bis zu den der Haardt gegen die Rheinseite hin angeschlossenen Hügeln und Vorbergen sich niederziehen. Namentlich ist es auf Blatt Speyer die Umgegend von Bergzabern, in welcher solche riffähnliche Muschelkalkausstriche sich bemerkbar machen. Auch bei Neustadt (Haardter Schlöbchen) und bei Grünstadt tauchen die gleichen Schichten wieder auf.

Man gliedert die Gesamtmuschelkalkschichten\*) in die untere oder Wellenkalk-, die mittlere oder Anhydrit- und in die obere oder Hauptmuschelkalk-Gruppe. Auch am Ostrande der Haardt, um zunächst dieses Verbreitungsgebiet ins Auge zu fassen, finden sich diese drei Abteilungen entwickelt, aber, wenigstens in Bezug auf die untere Stufe, in einer zwar auch in der Bliesgegend herrschenden, sonst aber ungewöhnlichen Ausbildungsweise. Es tritt hier nämlich an die Stelle der mergelig kalkigen, auf den Schichtflächen wellig unebenen plattigen Schichten anderer Verbreitungsgebiete, des sogen. unteren Wellenkalks, dolomitisch sandiges Material, welches Veranlassung gegeben hat, diese tieferen, 30—40 m mächtigen Lagen, welche dieser Stufe entsprechende Versteinerungen beherbergen, als Muschelsandstein ( $m^{1a}$  der Karte) zu bezeichnen. Derselbe beginnt unten über dem buntfarbigen Röth oder der Grenzdolomitbank mit gelblich-grauen, oft braungefleckten, dolomitischen Mergeln und Sandsteinen, welche durch dolomitisches Bindemittel gebunden sind. Untergeordnet treten in unverwittertem Zustande blaugraue, angewittert schmutzig hellgelbliche, feste Dolomitbänke hinzu. Eine an *Crinoideen*-Stielen reiche, dünne Lage bezeichnet ungefähr die untere Grenze wie eine graue, dünnplattige Kalkbank, voll von *Entrochus dubius*-Stielen, eine obere Abgrenzung gegen eine gegen 15—20 m mächtige Reihe mehr hellgrauer, plattiger, zum Teil schwach dolomitischer Kalke, bräunlicher Dolomitlagen und ebenblättriger Mergel als Vertreter des oberen Wellenkalks ( $m^{1b}$ ). Auch sind hier dem fränkischen Schaumkalk vollständig gleichartige Bänkechen, kleinlückige, braungefleckte, blaugraue versteinungsreiche (*Pecten discites*, *Gervillia costata*, *Myophoria cardisoides* u. a.) Schichten beige-sell. Während in den dolomitisch sandigen, tieferen Lagen als charakteristische organische Überreste unter anderen *Lima lineata*, *Gervillia socialis*, *Myophoria vulgaris* und *M. orbicularis*, selten *Pecten discites*, *Myalina vetusta*, *Terebratula vulgaris*, *Spiriferina fragilis*, vorkommen, stellen sich in den oberen kalkigen Bänken, die auch vielfach zu verschiedenen Zwecken in Steinbrüchen gewonnen werden, besonders häufig Steinkerne von *Myophoria orbicularis*, daneben *Modiola gibba*, *Pleuromya fassaensis*, *Terebratula vulgaris* u. s. w. ein. Solche Bänke von gelblichem Dolomit voll von *Myophoria orbicularis* bezeichnen die obere Grenze dieser Stufe.

Die mittlere oder Anhydritstufe ( $m^2$ ) ist zwar deutlich, aber schwach durch buntfarbige dolomitische Mergel, dann durch gegen 30 m mächtige gelbe zellige Kalke und hellfarbige dolomitische Mergel vertreten. Wir gelangen daher im Schichtenaufbau rasch zu der oberen oder Hauptmuschelkalkstufe ( $m^3$  der Karte) mit zahlreichen, zum Teil dicken Bänken von lichtgrauem Kalkstein, welche in größern Steinbrüchen abgebaut werden. Auch Zwischenlagen von grauem Mergel fehlen hier nicht. Es lassen sich darin zwei Abteilungen unterscheiden. Gleich über den hellfarbigen Mergelschichten der mittleren Stufe begegnen wir einer durch Hornsteineinschlüsse leicht kenntlichen Kalkbank, welcher dann Lagen voll von *Encriniten*-Stielen (*En-*

\*) Eine eingehendere Behandlung dieses Systems bleibt den Erläuterungen zu Blatt Zweibrücken vorbehalten.

*crinus liliiformis*), sogen. Trochitenkalke (18—20 m) folgen. Bekannt sind besonders die früher durch Steinbrüche aufgeschlossenen Kalkbänke bei dem Haardter Schlößchen, wo wohlerhaltene Kronen dieser *Crinoideen* gefunden wurden (m<sup>3a</sup>). Als die oberste Abteilung des Hauptmuschelkalks (m<sup>3b</sup>) zeigt sich auch in der Pfalz, wie sonst, eine Reihe nicht dicker plattiger Bänke von lichtgrauem dichtem Kalk mit ebenen Schichtflächen und schwachen Zwischenlagen von Mergel. Eine sehr charakteristische hierin häufig eingeschlossene Versteinerung, der *Ceratites nodosus*, dessen Reste allerdings schon im Trochitenkalk, aber sehr vereinzelt, sich finden, hat diesen Lagen die Bezeichnung *Nodosenkalk* verliehen. Auch andere organische Überreste stellen sich in den allerdings nur selten gut aufgeschlossenen Schichten ein z. B. *Terebratula vulgaris*, *Ostrea subanomia*, *Corbula gregaria*, *Gervillia costata*, *Pecten discites*, *Lima striata*, *Myophoria vulgaris*, *M. laevigata*, *Goldfussi*, *Myalina vetusta* u. s. w. Ob noch höhere, den *Trigonodus*-Kalken entsprechende Lagen entwickelt sind, läßt sich bei den sehr selten gebotenen Entblößungen nicht sicher ermitteln. Dagegen konnten trotz der sehr beschränkten Verbreitung noch zahlreiche Glieder des oberen Triasssystems nachgewiesen werden, nämlich:

### Keuper.

Dieses in Franken, Schwaben und Lothringen so weit ausgedehnte und mächtige Schichtensystem beteiligt sich in der Pfalz nur als schmale Streifen in den Hügeln, welche dem Gebirge zwischen Bergzabern und Frankweiler bei Landau vorliegen, an der Zusammensetzung des Untergrundes. In dem Kästendelltälchen bei Siebeldingen, wo Spuren von Kohlen Veranlassung zu Bergbauversuchen gegeben haben, wurden zuerst zum Keuper gehörige, grünlichgraue Sandsteine und Schiefertone aufgefunden und als solche erkannt. Von da an breiten sich diese Ablagerungen auf der Nordseite des Queichtals gegen St. Johann zu aus und folgen aber auch südwärts am Gebirgsrande dem Muschelkalkzuge gegen Bergzabern hin bis in das Elsaß. Es sind hier immer nur abgebrochene Schollen, welche bis zu Tage austreichen und in denen man da oder dort als Glieder des Keupers sowohl Lettenkohlschichten (lkp) mit dem Grenzdolomit, als auch dunkelgraue, rötliche und grünliche Letten- und Mergelschiefer mit Zwischenlagen von Steinmergelplatten des unteren Gipskeupers (kp<sup>1</sup>) (12—15 m) findet. Darüber legen sich ferner Bänke eines dem Schilfsandstein (kp<sup>2</sup>) entsprechenden weichen, grauen, rötlich gestreiften und gefleckten glimmerführenden Sandsteins, über welchen etwa 20 m mächtige, vorherrschend intensiv rote Lettenschiefer, dünngeschichtete Sandsteinlagen mit Abdrücken von Steinsalzwürfeln und Steinmergelbänken, den Lehrberglagen Frankens (kp<sup>3</sup>) vergleichbar, folgen. Soweit die Aufschlüsse erkennen lassen, bilden schließlich rote und graue Letten- und Mergelschichten mit mehreren, versteinierungsführenden Steinmergelbänken (*Avicula gansingensis*, *Perna keuperina*, *Corbula* sp., *Natica* sp.), im ganzen etwa 25 m mächtig, das Schlußglied des Keupers (kp<sup>4</sup>), dem in diesem sehr beschränkten Verbreitungsgebiet noch höhere Glieder fehlen.

### Lias.

In nächster Nähe des Vorkommens von Keuperablagerungen trifft man oberhalb der Ziegelhütte zwischen Siebdingen und Albersweilers aus den Weinbergrodungen herausgegrabene zahlreiche dunkelgraue, mergelige Kalkbruchstücke, welche sich durch mannigfache Versteinerungen als zugehörig zum Lias zu erkennen geben. Diese organischen Überreste weisen auf verschiedene Liasschichten hin und zwar sind sowohl solche vorhanden, welche die tiefste Stufe des Liassystems charakterisieren wie *Ammonites (Psiloceras) Johnstoni*, *Belemnites acutus*, *Unicardium cardissoides*, *Lima gigantea*, *Gryphaea arcuata*, *Pentacrinus tuberculatus* u. a. (Gryphitenkalk l<sup>1</sup>) als auch solche der mittleren Liasstufe (Margaritatusschichten l<sup>2</sup>), wie *Ammonites (Amaltheus) margaritatus*, *A. (Arietites) kridion*, *Belemnites clavatus*, *Pecten textorius*, *Leda subovalis*, *Gresslya liasina*, *Pleurotomaria helicinoides*, *Rhynchonella variabilis* u. a. Ob auch Schichten der oberen Liasstufe entwickelt sind, ist zweifelhaft, da das Vorkommen von *Monotis substriata*, welche sonst dieser Abteilung angehört, nicht sichergestellt ist. Leider ist ein Aufschluß, welcher die Mächtigkeit dieser hier ganz unerwartet auftauchenden jurassischen Ablagerungen zu bestimmen ermöglichte, nicht vorhanden. Wir werden später nachzuweisen versuchen, daß die Lias- wie Keuperbildungen an der Queich als ein äußerster westlicher Ausläufer der rechtsrheinischen Kraichgaumulde, die bei Langenbrücken an den Rheintalrand tritt, zu betrachten sind.

Noch jüngere jurassische Schichten, Dogger und Malm, sind, obgleich solche im oberen und mittleren Elsaß am östlichen Vogesenrande in den Vorbergen zum Vorschein kommen, bis jetzt in der Pfalz nicht ermittelt worden. Erst in der Diluvialzeit entstanden innerhalb des Gebirgsmassivs auf Hochuferterrassen der inzwischen ausgenagten Taleinschnitte Absätze von angeschwemmtem, aus dem Sandstein ausgewaschenem Geröll und grobem Sand, welche oben meist von einer gelbbraunen Lehmlage bedeckt sind. Dabei ist bemerkenswert, daß von Süden her bis zum Speyerbach ein Eindringen von aus der Rheinfläche in die Talungen des Gebirgsstockes verfrachtetem Material nirgends beobachtet wurde. Erst weiter nördlich breiten sich einzelne Lößablagerungen, wie im Speyerbachtal bei Lambrecht, dann in beträchtlicher Ausdehnung über die Nordabdachungen der Haardt Geröll-, Löß- und Lehmdecken über das Untergrundgestein und reichen hier den Sand- und Lehmabsätzen der Landstuhl-Homburger Niederung und der Bliesmuschelkalkplatte die Hand. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß oberflächliche Verwitterung Sand und Geröll in rezenter Zeit erzeugte, wie in den Taleinschnitten zeitweise Überschwemmungen sandige und lehmige Aufschüttungen bewirkten.

Nachdem wir im vorausgehenden die petrographischen Verhältnisse, die Gliederung und Aufeinanderfolge der verschiedenen am Aufbau des Haardtgebirgs und der ihm zunächst angeschlossenen, gegen die Rheinfläche vorgelagerten Gesteinsbildungen kennen gelernt haben, läge es nunmehr nahe, uns einer übersichtlichen Schilderung der Lagerungsweise, der geotektonischen Verhältnisse und der Art des Gebirgsaufbaues zuzu-

wenden. Es scheint jedoch zweckentsprechender, ehe wir zu diesem Versuch übergehen, vorerst auch noch die mannigfachen Ablagerungen ihrer Beschaffenheit nach kurz zu beschreiben, welche an der Zusammensetzung des Bodens der Rheinfläche teilnehmen.

### **Ablagerungen in der Rheinfläche.**

In der Rheinebene beteiligen sich nur Bildungen der jüngeren und jüngsten Periode der Erdgeschichte, Gesteine und Absätze der tertiären, quartären oder diluvialen und der rezenten oder novären Zeit, an der Zusammensetzung des Bodens.

Zunächst ist zu bemerken, daß vor Ablagerung dieser jüngeren Schichten bereits eine Trennung der rechts- und linksseitigen mittelrheinischen Gebirge sich vollzogen hatte. Es war dadurch eine muldenartige Bodenvertiefung zwischen diesen Gebirgen entstanden, welche im großen und ganzen durch die jetzt von dem damals noch nicht vorhandenen Rhein der Länge nach durchzogene Rheintalfläche zwischen Basel und Mainz in ihren allgemeinen Umrissen sich zu erkennen gibt.

In diese breite Einbuchtung brach nun nach längerer Ruhezeit, während welcher das ganze mittelrheinische Gebiet als Festland vor Überflutungen durch Meerestgewässer — während der cretacischen Periode — verschont geblieben war, aufs neue das Meer herein, erfüllte die Vertiefung mit Salzwasser und setzte, sich nach und nach aussüßend, wenigstens an den Rändern teils sandiges trümmerreiches, teils mergeliges und kalkiges Material zu Gesteinsbildungen ab. Inzwischen waren die Bewegungen der Erdrinde auch in diesem Landstriche noch nicht beendigt. Es ist dies die Zeit der Erhebung des Hochgebirgs der Alpen und des Ausbruchs der Basalte und der basaltartigen Eruptionenmassen, Erscheinungen, deren Wirkung auch auf das Gebiet des Mittelrheins in der großartigsten Weise sich erstreckte. Es entstanden jetzt verschiedenartige Flutablagerungen, mit welchen tiefere Striche der Rheintalfläche zum Teil weiter ausgefüllt wurden, während von den höhern, mit Gletschereis bedeckten Gebirgen abstammende glaziale Geröll- und Moränenschutt-Anhäufungen sich flutweise verbreiteten und sich eine großartige Sand-, Lehm- und Lößdecke über die Gegend anlegte. Endlich brachten die Fluten des nunmehr entstandenen Rheins Gerölle und feinen Schlamm herbei, die sich neben dem Flußbett als Kies und Schlick absetzten. Auch die aus dem Sandsteingebirge der Haardt herabkommenden Bäche und Flüßchen führten Sand in die Ebene, wo das lockere Material vielfach durch Winde dünenartig umgelagert wurde.

### **Tertiärgebilde.**

Betrachten wir nun die einzelnen jüngeren Ablagerungen in der Rheinfläche, soweit diese der Pfalz angehört, näher, so nehmen sie in den sichtbar an der Oberfläche austreichenden Lagen mit einem sandig kalkigen und aus zertrümmerten Gesteinen des Gebirgsrandes entstandenen mittel-oligocänen Gebilde — dem sogen. Meeresand von Weinheim ihren

Anfang, während ältere Tertiärabsätze, welche noch reichlich im höheren Elsaßgebiet (Pechelbronn, Lobsann, Hagenauer Forst, Weißenburg) entwickelt sind, wahrscheinlich nicht zutage treten, wohl aber in Form der in nächster Nähe der Landesgrenze weit verbreiteten unteroligocänen (to<sup>1</sup>) Petroleum führenden Sande und brackischen Mergel im tieferen Untergrunde in die Pfalz herüberstreichen. Wenigstens deutet das Auftreten von Petroleum in Frankweiler und von Bitumen auf Klüften des Keupers bei der Kästendell bei Siebeldingen auf diese Fortsetzung hin. Ob grüngraue Mergel bei Schaidt, in denen Gruben auf Töpferton angelegt waren (jetzt verschüttet), den brackischen unteroligocänen Ablagerungen angehören, ist aus Mangel an organischen Einschlüssen nicht zu entscheiden.

Der mitteloligocäne Meeressandstein (to<sup>2</sup>) lehnt sich in schmalen Streifen von Weißenburg an dem ganzen Gebirgsrande entlang, jedoch mit vielfachen Unterbrechungen an die älteren Gesteinsschichten der Trias an und besteht teils aus konglomeratartigen Trümmeranhäufungen von aus Bruch- und Rollstücken des unter- und nebengelagerten Buntsandsteins, hauptsächlich des Muschelkalks bestehenden Lagen, teils aus grobem kalkigem Sand und Sandstein. Ersteres deutet auf eine Entstehung an der brandenden Küste des damaligen Meeres und läßt sich daher als Küstengeröll bezeichnen.

Die sandig trümmerigen Lagen umschließen, wie z. B. am Fuß der Madenburg, organische Überreste und zwar nur marine Arten: *Ostrea callifera*, *O. cyathula*, *Pectunculus obovatus*, *Cytherea incrassata*, *Pecten pictus*, *Lithodomus delicatulus*, *Natica crassatina*, *Balanen*-Reste, *Lamma cuspidata*, *Odontaspis contortidens*, *Myliobatis* spec., *Halitherium Schinzi* u. s. w. In der beträchtlichen Erweiterung des Mainzer Beckens im Norden der Pfalz und in Rheinhessen ziehen sich diese Ablagerungen dann nordwestwärts gegen Kreuznach zu und überdecken bei Ebernburg und Feilbingert die Porphyry- und ältesten Perm-schichten mit gleichfalls Meerestierreste umschließenden, auch Schwerspat führenden Trümmersanden. Zu denselben Ablagerungen sind auch die stark eisen-schüssigen Sandsteine zu zählen, welche namentlich am Battenberg bei Grünstadt die Hügel zusammensetzen und den unter dem Namen Kapuzinerstein bekannten gelbbraunen Baustein liefern. Stellenweise hat hier das Brauneisen sich konzentriert und bildet jene sonderbar geformten orgelpfeifenähnlichen Sandeisenröhren, welche in schönster Ausbildung unter dem alten Schloß von Battenberg bloßgelegt sind. Mit diesem eigenartigen, eisenreichen Sandstein ist auch das Vorkommen des auf den benachbarten Höhen reichlich abgelagerten Eisenoockers verknüpft, dessen Gewinnung in zahlreichen Gruben hier einen besonderen Industriezweig der Farbenfabrikation ins Leben gerufen hat. Knollen von meist fasrigem Baryt kommen in diesem eigentümlichen eisenschüssigen Ton, der den Übergang zu der darauf folgenden Tertiärstufe vermittelt, häufig vor.

Der mit dem Meeressandstein nach oben eng verbundene Septarien-ton (to), welcher in der Gegend von Kreuznach reichlich entwickelt ist, gibt sich in der Pfalz in den Gipskristalle und Foraminiferen einschließenden dunklen Mergeln sicher zu erkennen, während die Zugehörigkeit petrographisch ähnlicher Schichten am Fuße der kleinen Kalmit und bei Schaidt (wie schon

angeführt wurde) unfern Weißenburg nicht sicher festgestellt ist; letztere lassen sich nach der Zuweisung ähnlicher Lagen südlich von Weißenburg auf Elsässer Gebiet auch als unteroligocän auffassen.

Auch die Ablagerungen des oberoligocänen brackischen Cyrenenmergels (to<sup>3</sup>), der in der nach und nach sich aussüßenden mittelhheinischen Meeresbucht abgelagert wurde, finden sich in der Pfalz verhältnismäßig nur an wenigen Orten über Tag aufgeschlossen. Es sind vorherrschend licht grünlich graue, zuweilen dunkler gefärbte, Spuren von Braunkohlen beherbergende Mergel, neben denen streifenweise, aber stets untergeordnet, glimmerführende Sande (Schleichsand) mit spärlichen Pflanzenresten zwischengelagert vorkommen. Besonders bemerkenswert machen sie sich z. B. unterhalb Dorf Haardt und im Zellertal, wo sie zugleich ziemlich versteinierungsreich sich erweisen (*Cyrena subarata*, *Cerithium margaritaceum*, *C. plicatum*, *Natica Nysti* u. a.).

Eine kalkige Bank voll von Balanen, stellenweise mit einer Lage von Quarzgerölle und Sand, bildet die Grenzschicht gegen die auflagernden miocänen, vorherrschend kalkigen Schichten in der fortschreitend sich aussüßenden Meeresbucht.

Die erste tiefste Stufe dieser untermiocänen Ablagerungen fassen wir als Landschnecken- und Cerithienkalke (tm<sup>1</sup>) zusammen, weil dieselben miteinander verbunden aufzutreten pflegen und sich strichweise vertreten. Die vorherrschend hellfarbigen, gelblichweißen, oft dunkelfleckigen, löchrigten, sogar tuffartig porösen, seltener oolithischen Kalke setzen plumpe, undeutlich geschichtete Bänke zusammen, welche vielfach behufs Gewinnung von sehr gutem Baumaterial in Steinbrüchen aufgeschlossen sind. Streifenweise dem Kalkmaterial beigemengte Sandkörner häufen sich zuweilen in der Art an, daß daraus ein kalkiger Sandstein hervorgeht.

Die Lagen der sogen. Landschneckenkalke enthalten fast ausschließlich Schalen von Landschnecken: *Helix rugulosa*, *H. Ramondi*, *H. deflexa*, *Archaeozonites subverticillus* u. a. Es sind dies Kalke, welche, von Hochheim bei Mainz bekannt, in ausgezeichneter Weise auch auf dem kleinen Kalmitberg bei Landau wieder auftauchen, aber weiter südlich im Elsaß ebensowenig wie die noch jüngeren miocänen Kalke fortzusetzen scheinen. Es verdient diese Erscheinung für die Beurteilung der vorgeschichtlichen Vorgänge im Rheintale besondere Beachtung.

Es dürfte dies nämlich mit der letzten Erhebung der Alpenkette, vielleicht auch mit dem Ausbruch von vulkanischen Gesteinsmassen (Feldberg, Forst, Steinheim) in genetischem Zusammenhang stehen, wodurch zugleich eine geänderte Richtung im Abzug der Gewässer bedingt gewesen zu sein scheint.

Die Cerithienkalke bekunden durch ihre organischen Einschlüsse (*Cerithium Rahti*, *C. plicatum* var. *pustulatum*, *Neritina callifera*, *Mytilus socialis*, *Perna Sandbergeri* u. a.) noch die Fortdauer der brackischen Beschaffenheit des Meeres, welches damals den unteren Teil der mittelhheinischen Eintiefung einnahm.

Auch die zunächst folgenden, durch ganz allmähliche Übergänge mit den Cerithienlagen innig verknüpften Kalkschichten, die sogen. Corbiculakalke, besitzen eine ähnliche Beschaffenheit, wie die unten lagernden Kalke, sind jedoch meist noch fester und massiger ausgebildet, nur selten durch mergelige Zwischenlagen in Bänke abgeteilt. Sie zeichnet sich durch die Anhäufung von Conchylienresten namentlich von *Corbicula (Cyrena) Faujasi*, *Cerithium plicatum* var. *pustulatum*, *Hydrobia obtusa*, *Melania Escheri*, *Dreissensa Brardi* aus. Wir finden diese Kalke hauptsächlich im nördlichen Teil der Rheinfläche von Grünstadt an abwärts weit verbreitet. Es sei bemerkt, daß im nördlichen Rand ihrer Ausbreitung, namentlich bei Weißenau, auch zahlreiche Knochen von Säugetierarten, unter denen namentlich *Microtherium Renggeri* und *Rhinoceros incisivus* die wichtigsten sind, sich finden.

Als oberstes Glied der Miocänablagerungen zeigen sich fast untrennbar mit den Corbicula-Schichten verbunden die sogen. Litorinellen- oder Hydrobienkalke (tm<sup>3</sup>), so benannt nach der kleinen Schnecke *Litorinella acuta (Hydrobia ventrosa)*, deren Reste vielfach fast ausschließlich, durch nur geringes Kittmittel verbunden, den Kalkstein zusammensetzen. Ungemein häufig ist daneben der kleine Zweischaler *Dreissensa Brardi*. Diese Einschlüsse weisen auf die fast vollständige Aussüßung des Beckens hin, was auch durch das Vorkommen von Süßwasserschnecken-Resten (*Planorbis*-, *Limnaeus*-, *Paludina*-Arten) bestätigt wird. Eigentümlich ist das inselartige Aufragen einer mächtigen Kuppe dieses Kalksteins dicht an der Grenze gegen Elsaß bei Büchelberg, während im Elsaß selbst solche Ablagerungen nicht bekannt sind und die Hauptverbreitung in der Pfalz sich auf die nördlichsten Teile der Rheinfläche, namentlich der Gegend von Göllheim, Bockenheim, Zell, Ilbesheim bis zum Taunus hin beschränkt.

Daß der Ausbruch von Eruptivmassen wahrscheinlich in die Zeit der Ablagerung der mittel- und obertertiären Schichten fällt, ist bereits früher angedeutet worden. In der Pfalz haben wir nur an einem Punkte, am sogen. Pechsteinkopf bei Forst, das Auftauchen von Basalt auf einer Spalte in Mitte von Buntsandstein- und Muschelkalk-Schollen zu verzeichnen. Mit dieser Eruption scheinen aufs neue Niveau-Veränderungen im Rheingebiet eingetreten zu sein, welche einen neuen Abschnitt in der durch Anhäufung von Auffüllungsmaterial fortschreitenden Ausbildung der Rheinfläche bewirkten.

Ein erster Abschnitt, der sich zunächst an die Miocänzeit anschließt, jener der pliocänen Stufe (tp), lieferte zunächst nur in den nördlichsten Teilen der Rheinfläche eine Anschüttung von grobem eisenschüssigem Quarzsand und von Quarzgeröllen, welche zum Teil durch Brauneisenerz zu einer Art von Konglomerat verkittet sind. Die etwa 5 m mächtige Bildung gleicht einer Ablagerung in einem Flußbett. In diesem Lager kommen bei dem hessischen Dorf Eppelsheim unfern Alzey die Knochen eines gewaltigen Pachydermen, des *Dinotherium giganteum*, vor, weshalb der Ablagerung die Bezeichnung *Dinotheriumsand* erteilt wurde. Damit sind zugleich Knochenreste von *Mastodon longirostris*, *Rhinoceros minutus*, *R. incisivus*, *Palaeomeryx furcatus*, *Machairodus cultridens* u. a. vergesellschaftet, welche das unterpliocäne Alter der Ab-

lagerung anzeigen. So nahe der Fundort Eppelsheim der pfälzischen Grenze liegt, innerhalb der letzteren konnte bis jetzt eine ganz gleichartige Bildung nicht nachgewiesen werden. Im Hangenden dieser Geröll-reichen Lagen finden sich in Rheinhessen weiße Sande, die sich südwärts weiter ausbreiten.

In der Pfalz erfolgte die weitere Ausfüllung der Rheinvertiefung hauptsächlich durch stellenweise sehr mächtige Lagen dieser auffallend weißen, lockeren, oft Kaolin-haltigen kalkfreien Sande, die hier unter der Bezeichnung Glas- und Klebsande in Verbindung mit Lagen hellfarbiger Gerölle von Quarzgesteinen bekannt, in vielen Gruben zu technischen Zwecken gewonnen werden. Diese Lagen reichen durch die ganze pfälzische Rheinfläche und breiten sich auch nach Elsaß aus, wo sie bei Riedselz unfern Weißenburg gegraben werden und deshalb hier als Riedselzer Sande benannt werden. Sie sind vielfach von Zwischenlagen eines sehr plastischen, feinen Tons, der sogen. Grünstedter Erde, begleitet, welcher ein sehr geschätztes feuerfestes Material liefert und namentlich in den Tongruben von Hettenleidelheim, Lautersheim und bei Grünstadt in großen Quantitäten (jährlich über eine Million Zentner) gewonnen wird.

Bei Erpolzheim unfern Dürkheim liegt unter dem Klebsand auch ein Braunkohlenflöz, in dessen mulmiger Kohle Zapfen von *Pinus spinosa* (*P. Cortesi*) eingebettet sind. Spuren von Braunkohlen wurden auch unter dem Ton von Hettenleidelheim entdeckt. Leider vermißt man im übrigen sowohl im Sand als im Ton jede Spur organischer Einschlüsse, welche geeignet wären, das jung pliocäne Alter dieser Gebilde sicherer festzustellen.

### Quartär- und Diluvialgebilde.

Soweit auch diese weißen Sande, welche nach oben meist in rötlich gefärbte und in Geröll-reiche Lagen übergehen, hauptsächlich gegen den Gebirgsrand hin in der pfälzischen Rheinfläche verbreitet sind, war mit ihrem Absatze der Ausfüllungsprozess der Niederung doch noch nicht beendet. Der nun folgende Zeitabschnitt, den man als quartären, diluvialen oder pleistocänen zu bezeichnen pflegt, brachte namentlich in den tieferen Teilen der Rheinniederung großartiges Flutmaterial herbei, das hier in mächtigen Massen zum Absatz gelangte und damit die Ausfüllung nahezu ganz vollendete.

Das merkwürdigste und auffallendste dieser jüngeren Gebilde ist das dicht am Fuße der Vorberge oder wenig davon entfernt lagernde schuttkegelartig abgesetzte Blockhaufwerk, welches hauptsächlich aus teils gebleichten, teils rötlich gefärbten, bis 3 m im Durchmesser grossen, teils kantengerundeten, teils scharfkantigen Buntsandsteinblöcken in vollständig unregelmäßig wirrer Lagerung besteht. Die Zwischenräume sind von kleinen Gesteinsbruchstücken, Quarz- und Quarzitzeröllen und beigeschwemmtem rotem oder vom Untergrund aufgewühltem weißem Sand oft so satt ausgefüllt, daß das Ganze eine fest gepackte Masse bildet. Nicht selten gewinnen die Sand- und Geröllbeimengungen in streifenweiser Ausbreitung unzweideutig den Charakter einer Schichtung nach Art von Flutabsätzen. Es nehmen weder alpine Gesteine an ihrem

Bestande teil, noch läßt sich eine Spur von Kritzung, wie dies bei erratischen Geschieben als charakteristisches Kennzeichen gilt, wahrnehmen.

Diese wirrgelagerten Blockschuttmassen, wie sie bei Klingenstein, Landau, Edenkoben, Neustadt und Dürkheim entblößt sind, werden von manchen Geologen als Moränenschutt gedeutet, wobei angenommen wird, daß zur Diluvialzeit das Haardtgebirge mit Gletschern bedeckt gewesen sei. Zu dieser Annahme fehlt es jedoch an auch nur einigermaßen sicheren Anhaltspunkten und es läßt sich die allerdings eigentümliche Bildung sehr wohl als durch Bergstürze hoher, unterwaschener Vorsprünge des früher weiter in die Rheinfläche hereinragenden Buntsandstein-Randgebirgs erzeugt auffassen. Damit stimmt auch die Tatsache überein, daß die großen Blöcke nach der Ebene zu sehr rasch abnehmen und dafür die Ablagerung in einen roten Geröll- und Sandabsatz übergeht, der auf höhere Lagen der Rheinfläche beschränkt, als älteste Diluvialbildung, als Hochflutgeröll bezeichnet werden kann.

Daran schließen sich die wechselnd aus feinem grauem und blaßrötlichem Ton, weißem und rotem Sand und Quarz- und Buntsandstein-Geröllen bestehenden, durch zahlreiche Tongruben bei Freinsheim bloßgelegten Ablagerungen an, welche unter der Bezeichnung „Freinsheimer Schichten“ besonders hervorzuheben sind (qt), weil sie eine eigentümliche Stellung einnehmen, einerseits an die weissen Glassande erinnern, andererseits gewissen grauen Sanden ähnlich sind, die wir noch kennen lernen werden. Sie zeichnen sich außerdem dadurch aus, daß in dem sehr zarten plastischen Ton, der für die Herstellung von feinen Ziegelwaren gewonnen wird, sehr zahlreiche Pflanzenreste von leider nur wenigen und wenig bezeichnenden Arten in großer Menge eingebettet sind, nämlich *Salix* aff. *nigricans*\*) oder *cinerea*, *Alnus* aff. *incana*, *Alnus* aff. *glutinosa*, *Corylus avellana* und von Gramineen-Blättern, welche wenigstens das quartäre Alter der Ablagerung bezeugen.

Sehr ausgebreitet und bis zum Steilabfall an dem Strombett des Rheins reichend ist in der Pfalz ein grauer Glimmer- und Conchylienreste-reicher Sand an der Ausfüllung der verebneten Fläche beteiligt, der sogen. graue Schnecken- oder graue Rhein-Sand (q<sup>1°</sup>), welcher im Elsass seine Fortsetzung im sogen. Hangenbieten und bei Wiesbaden im Moosbacher Sand besitzt. Es ist eine Flutablagerung, welche wahrscheinlich aus der Zeit stammt, in der die Gewässer des Rheins zuerst sich nach Norden Bahn gebrochen hatten und nun an sandreiches Material der Schweizer Molassenlandschaft entführten, sowie Geröll von alpinem Gestein nordwärts verschwemmten. Vorherrschend gehören die eingeschlossenen Schneckenschalen vom Land abgeschwemmten Arten an, wie *Helix bidens*, *H. arbustorum*, *H. lapicida*, *Buliminus montanus*, *Pupa muscorum* u. a. Doch fehlen auch Süßwasserconchylien nicht, wie *Limnaeus stagnalis*, *Valvata piscinalis*, *Bythinia tentaculata*, *Pisidium amnicum* u. a., welche auf teichartige stagnierende Wasseransammlungen hinweisen. Damit stimmt auch die Zwischenlagerung von sehr zartem grauem

---

\*) Nach der gefälligen Bestimmung von Prof. Dr. Nathorst.

Ton, der oft mit torfartigen, moosreichen Braunkohlen vergesellschaftet ist. Dieser Ton, welcher lebhaft an jenen von Freinsheim erinnert, wird, besonders bei Jockgrim, in ausgedehnten Gruben gewonnen und zur Ziegelfabrikation verwendet. Hier ist es auch, wo Wirbeltierreste aufgefunden wurden: *Trogontherium Cuvieri* (Biber-form), Mammuth (*Elephas primigenius*), Nashorn (*Rhinoceros Mercki*) u. a., allbekannte Arten der Diluvialzeit.

In Gegenden der Rheinfläche geht da, wo die weitere Entwicklung nicht unterbrochen wurde, der graue Sand durch Aufnahme von Geröll und rotem Sand in eine jüngere Stufe des Diluviums über. Diese jüngeren Gerölle, welche teils von Fluten des Rheintals angeschwemmt wurden, teils von dem aus den Gebirgstälern herabgeführten, aus den Rollsteineinschlüssen des Buntsandsteins ausgewaschenen Material abstammen und in grossartiger Verbreitung, z. B. die Bienwaldfläche, überdecken — daher auch als Bienwaldgerölle ( $q^{1a}$ ) bezeichnet werden können, nehmen durchweg eine tiefere Lage in der Rheinfläche ein, als die im vorausgehenden beschriebenen Rollsteinabsätze und bilden meist eine aus der Rheinebene steil ansteigende Terrasse — daher Niederterrassenschotter genannt. Ein charakteristischer Unterschied von den älteren Geröllablagerungen zeigt sich darin, daß den Quarz-, Quarzit- und Sandstein-Geschieben ziemlich häufig solche aus alpinen Gesteinen bestehende, namentlich von rotem Jurahornstein und Flyschsandstein, spärliche von Urgebirgsfelsarten beigemischt sind zum Zeichen, daß bei ihrer Bildung von den Alpen herkommende Überflutungen neben den aus den Seitentälern herabfließenden Flüssen mitgewirkt haben, während die ihnen zwischen- und aufgelagerten roten Sande ausschließlich aus den benachbarten Sandsteinbergen herbeigeschwemmt worden sind. Daher gewinnen diese Geröll- und Sandansammlungen häufig das Aussehen von Schuttkegeln vor den größeren Tälern des Gebirgs. Die Gerölle nehmen gegen den südlichen Teil des Gebiets, auch auf der rechtsrheinisch-badischen Seite sehr große Flächen ein, gegen Norden hin gewinnen die roten Sande gegenüber den Geröllabsätzen mehr die Herrschaft und liefern hier zur Dünen- und Flugsandbildung ausgiebiges Material. Im Bienwald sind auf weite Strecken hin diese Lagen durch Raseneisenerz-ähnliche und humöse Massen fest verkittet und bilden eine dem norddeutschen Ortstein ähnliche Schicht, welche dem tiefen Eindringen der Baumwurzeln Widerstand leistet.

Das an der Ausformung der Oberfläche der Rheintalniederung am meisten beteiligte und in kultureller Beziehung wichtigste Gebilde des jüngsten Abschnitts der Diluvialzeit ist der Löß ( $q^{2b}$ ) in seinen verschiedenen Abänderungen als sandiger Löß, Lehm und sandiger Lehm. Man versteht darunter von jeher in den mittelhheinischen Gegenden, von denen diese in die Wissenschaft übergegangene Bezeichnung herrührt und welche deshalb als das Vaterland dieser hier bis zu 10 m mächtigen Ablagerungen angesehen werden müssen, eine hell- bis dunkelbraun-gelbe, mehr oder weniger poröse und permeable, fein zerreibliche, sandig-tonig-kalkige Erdart von hervorragender Fruchtbarkeit, durch welche diese Landschaft in so besonderer Weise ausgezeichnet ist. Nähere Untersuchungen lehren, daß der typische Löß aus ungefähr 60% sehr

feinen, 0,1—0,04 mm großen, meist eckigen, vorherrschend von einer dünnen Kalkrinde unkleideten Quarzkörnchen, 20—25% kohlensaurem Kalk (mit Einschluss 2—5% Magnesiumkarbonat) und 8—10% durch Eisenoxydhydrat gefärbtem, etwas Alkali-haltenden Ton besteht. Dazu gesellen sich in geringer Menge, nur in wissenschaftlicher Beziehung beachtenswerte Mineralteilchen, wie Feldspath, Glimmer, Zirkon, Rutil, Turmalin, Hornblende etc. Außerdem zeichnet sich der Löss durch den Einschluss Kartoffelknollen-ähnlicher Kalkkonkretionen, sogen. Lößkindchen oder -Männchen, aus, welche im Innern meist hohl und infolge von Austrocknung rissig zerklüftet, ihrer Länge nach horizontal ausgedehnt, oft in 2—3 übereinander liegenden, horizontal fortlaufenden Schichten angehäuft, selten vereinzelt sich vorfinden, wie auch bei den zahlreich eingeschlossenen Landschneckengehäusen (am häufigsten und charakteristischsten: *Succinea oblonga*, *Helix hispida*, *Pupa muscorum*), wo sie in größerer Menge sich einstellen, eine schichtenweise Verbreitung angedeutet ist. Die Lagerung des Lößmaterials ist so fest zusammenhaltend, daß in diese Erdmasse Wege mit fast vertikalen Wänden tief in dieselbe einschneiden und infolge von Frosteinwirkung und Verwitterung an solchen Wänden nur ein Abbruch in vertikalen Blättern oder Schalen erfolgt. Sehr häufig bemerkt man in der Lößmasse bis erbsengroße, durch ihre dunklere Färbung in die Augen fallende Ausscheidungen, welche teils aus lockeren Eisenoxydhydrat-reichen und Mangan-haltigen, teils aus ähnlich zusammengesetzten, aber mehr verfestigten Bohnerz-ähnlichen Knöllchen bestehen. Eine weitere oft zu beobachtende Erscheinung an größeren Entlöbungen besteht darin, daß mehr oder weniger vertikale dünne weiße Röhrechen von lockerer pulveriger Kalksubstanz die Masse durchziehen. Es sind dies Absätze, welche sich nachträglich um feine, in den Untergrund leicht und tief vordringende Pflanzenwurzeln angelegt haben. Die infolge ihres festen Zusammenhaltes dem Auge sich darbietenden hohen Wände machen oft den Eindruck, als wäre die Lößmasse ungeschichtet. Indessen zeigen sich nicht nur horizontal fortlaufende, durch verschiedene dunklere und hellere Färbung erkennbare, der Schichtung entsprechende Streifen — man nennt sie Bänderung —, sondern auch häufig Einlagerungen von gleichfalls schichtenweise eingeschlossenem Gerölle neben verstreut eingebetteten Einschlüssen und von Sandstreifen. Letztere bewirken einen Übergang in den sogen. Sandlöß, dessen sedimentärer Ursprung wohl nicht bezweifelt wird und der auch durch den Einschluss von Süßwasserconchylien (*Planorbis rotundatus*, *Limnaeus palustris*, *Valvata macrostoma*, *Pisidium amnicum* u. a.) und eine eigentümliche Ausbildungsweise der auch hierin eingebetteten Konkretionen (Lößkindchen) in Form von brotlaibartigen Mergelausscheidungen, die der Schichtung entsprechende Vorsprünge und Einschnitte zeigen, diese Entstehungsart deutlich genug zu erkennen gibt. Noch ist zu erwähnen, daß mit diesem kalkhaltigen Löß vielfach kalkfreie oder kalkarme, sonst demselben sehr ähnliche Bildungen, die man als Lehm (q<sup>2</sup>) zu bezeichnen pflegt, eng verknüpft sind, vielfach Zwischenlagen in demselben oder darüberliegende Decken bilden, aber auch über größere Strecken, wie z. B. in der Westrichor Niederung und auf der Bliesmuschelkalkplatte, selbständig auftreten. Derartige Lehme gelten teils als Rückstände des Lößes nach dessen

Auslaugung durch eingesickertes, kohlenstoffhaltiges Wasser, teils als Anschwemmungsabsätze der oft entkalkten Massen von höherliegendem Löß, — verschemmter Löß —, wie denn auch in der Tat an nicht wenigen Orten von Höhen herabgeschlemmter oder -geglittener Löß oder Löß-ähnlicher Lehm auf sekundärer Lagerstätte erkannt worden ist.

Den Ursprung eines beträchtlichen Teils dieser Lehmlagerungen muß man aber auf den Niederschlag aus flutenden oder stehenden Gewässern zurückführen, welchen zeitweise kalkreiches oder kalkarmes Material zur Verfügung gestanden haben mag.

Anlangend die Entstehung des typischen Lößes innerhalb unseres Gebiets, welches, wie bereits erwähnt wurde, die Geburtsstätte dieses Gebildes ist, so erweist sich hier die jetzt ziemlich allgemein herrschende Theorie eines sub-aërischen oder äolischen Ursprungs nicht als den beobachteten Tatsachen entsprechend und naturgemäß. Es ist bei diesen Erläuterungen nicht der Raum gegeben, ausführlicher auf die vorliegende Frage einzugehen, nur sei kurz zur Rechtfertigung der hier vertretenen Stellungnahme folgendes bemerkt: Der Löß breitet sich ziemlich gleichartig über die ganze Rheinfläche bis zur Stromrinne und über den Nordostabfall des Haardtgebirges bis zu Höhen von 300 m aus, ohne diese Grenze zu überschreiten und im südlichen Teil des Haardtgebirges in die Täler oder in die tiefer als 300 m reichenden Einbuchtungen, die zwischen den Bergen sicher zur Zeit der Lößbildung nicht gefehlt haben, vorzudringen. Diese Art und Beschränkung der Verbreitung widerspricht einer äolischen Staubverwehung.

Daß der Löß sich nicht in dünnen Lagen schichtenmäßig spalten oder abheben läßt, kann ebensowenig als ein Mangel an Schichtung angesehen werden, wie ein ähnliches Verhältnis z. B. bei der Kreide, dem Frankendolomit, den plumpen Felsenkalken, mächtigen Tonablagerungen u. s. w. vorkommt. Wir erinnern hiebei auch an die schon erwähnte schichtenweise Ausbreitung von Geröllen, Lößkindchen und Schneckenschalen, wie an die Zwischenlagerung von Sandschichten.

Dagegen wurde bis jetzt an keinen der unzähligen und zum Teil sehr ausgedehnten Fußblößen von Lößwänden jene so sehr charakteristische, schief geneigte Ausschüttungs- oder Übergußstreifung beobachtet, die bei keinen äolischen Absätzen z. B. bei Dünenbildungen fehlt. Dazu kommt, daß nirgendwo die theoretisch vorausgesetzte kalkreiche Steppe zu ermitteln ist, von welcher aus das Lößmaterial durch Winde in die Rheinfläche verweht worden sein könnte.

Wie ist ein verhältnismäßig so Sand-armes Windgebilde, wie es der Löß ist, inmitten der großartigsten Sandsteingebirge der mittelrheinischen Höhenzüge zu erklären?

Darüber kann ja kein Zweifel sein, daß bei der Entstehung vieler die Rheinfläche teilweise ausfüllender Diluvialablagerungen die Vergletscherung, wenn auch nicht die der Sandsteinvogesen, so doch jene der Hochvogesen, der höchsten Schwarzwaldberge und vornehmlich der Alpen das Material geliefert hat. Man wird dann doch wohl die Frage aufwerfen dürfen, hat diese Ver-

gletscherung bloß Rollstücke, Sand und Blocklehm und nicht auch geradezu enorme Massen von feinem Gletscherschlamm erzeugt und wo ist denn letzterer hingekommen und abgelagert worden, wenn man nicht den Löß als dieses Abschwennungsgebilde ansehen darf? Da der Löß periodenweise abgesetzt worden sein muß, so läßt sich wohl annehmen, daß die Beschaffenheit des Materials nicht immer absolut dieselbe gewesen sei und daß, wie die Sandzwischen-schichten bezeugen, zeitweise ein kalkarmer Schlamm herbeigeführt worden sein kann, der manche sogen. Lehmabsätze erzeugt haben mag.

Die Tatsache, daß der Löß auf sehr ungleicher Höhe sich vorfindet, sowohl nahe an dem Flußbettrande bei etwa 100 m, wie auf den Vorbergen bis über 300 m, scheint in Widerspruch mit der Annahme seines Ursprungs als Absatz aus Wasser zu stehen. Es scheint allerdings schwer zu erklären, daß Fluten, wenn auch in der Zeit verschieden, einmal bei 100 m, das andere Mal 200 m höher Material abgelagert haben sollten. Dieses Bedenken fällt jedoch weg, sobald man sich vorstellt, daß der Niederschlag aus einem über 300 m hoch angestauten Wasserbecken erfolgt sei. Auf ein solches Süßwasserbecken weist die Erscheinung im Norden der Rheinfläche hin, wo über dem miocänen Litorinellenkalk der Löß, alle Eintiefungen ohne Unterschied ihrer Richtung ausfüllend, ausgebreitet ist und auch Geröllablagerungen, die sicher aus Wasser abgesetzt sein müssen, noch auf gleicher Höhe vorkommen, wie z. B. bei Lanterstheim. Es steht mithin diese Annahme nicht in Widerspruch mit den Verhältnissen, welche wir hier wahrnehmen und feststellen können.

### Novärgebilde.

Mit der Ablagerung von Löß und der mit ihm eng verbundenen lehmigen und sandigen Absätze waren die geologischen Vorgänge noch nicht erschöpft, welche an der Ausbildung des Rheintals gearbeitet haben. Mit dem Abschluß der Glacialzeit scheinen in weiteren Gebieten geotektonische Veränderungen verknüpft gewesen zu sein, welche auch auf unser engeres Gebiet ihre Rückwirkungen äußerten. Jetzt erst erlangte der Rheinstrom in der entwässerten Rheinfläche seinen regelmäßigen, geordneten Lauf nach dem Norden, indem er sich durch die tiefsten Teile der Aufschüttungen sein Rinnsal ausfurchte. Erst jetzt mit Beginn dieser Neuzeit oder des recenten Abschnitts der Erdgeschichte können wir von einem Rheinstrom und einem eigentlichen Rheintal im engeren Sinne sprechen. Gleichzeitlich vollendeten die dem Rhein von den Höhen zuströmenden Flüßchen und Bäche nach und nach ihre Ausgestaltung, wie wir dieselben der Hauptsache nach auch jetzt noch vorfinden. Während die an der Oberfläche austreichenden Gesteine und Erdarten durch Zersetzungen als Eluvium (Vegetationserde, Ackerkrume, Waldboden) zum Träger der jetzigen Lebewelt sich umänderten, vollzog sich in der Flußniederung und in den Taleinschnitten eine teilweise Wiederauffüllung mit dem von den Höhen mechanisch angeschwemmten Material, mit Geröll, Sand, Schlamm, welche man allgemein als Alluvium zu bezeichnen pflegt. Derartige Vorgänge dauern ununterbrochen auch in der

Gegenwart noch fort. Die Beschaffenheit der Eluvialgebilde hängt in erster Linie von der Mineralzusammensetzung des Untergrundgesteins ab, aus welchem der Boden durch Zersetzung entsteht. Es gibt daher im allgemeinen soviel Bodenarten, als die Untergrundgesteine verschieden sind. Doch ändert sich dieses Verhältnis zu Gunsten einer mehr gleichmäßigen Natur der eluvialen Bodenarten in dem Grade, als sich oberflächlich durch Verschwemmung der von verschiedenen Seiten zugeführten Mineralsubstanzen benachbarter Gesteine eine Vermengung verschiedener Stoffe mit denen des Untergrundes vollzieht.

Die nähere Erörterung dieser in kultureller Beziehung so wichtigen, sich auf den Boden beziehenden Verhältnisse muß der Landwirtschafts- und Waldwirtschaftslehre vorbehalten bleiben.

In Bezug auf die Alluvialgebilde ist zu bemerken, daß der Rhein in verschiedenen Zeiten sein Strombett verlegt hat und die gewöhnlichen Flußabsätze daher in sehr wechselnder Weise sich verteilt erweisen. Bei normalem Wasserstand lagern sich alluviale Flußkiese und von organischen Stoffen durchsetzter, mehr oder weniger sandiger Schlamm von mergeliger Zusammensetzung und Sand ab. Der Schlamm, der sogen. Rheinschlick, ist anfänglich grau gefärbt, nimmt aber häufig infolge von Oxydationsvorgängen eine bräunliche, Löß-ähnliche Färbung an, wie er denn überhaupt mit letzterem große Verwandtschaft zu erkennen gibt. Derartige Absätze sind es auch, welche bei Hochfluten über die zunächst anstoßenden niedrig liegenden Gelände ausgeschüttet werden. Endlich ist noch der Torfbildungen (t f u. ah) zu gedenken, welche sich in nicht unansehnlicher Ausdehnung in früher von angestauten Wasseransammlungen eingenommenen Vertiefungen angesiedelt haben oder denen an stets feucht bleibenden Stellen zu ihrer Entstehung und zu ihrem Wachstum günstige Bedingungen geboten wurden.

### **Geotektonische Verhältnisse.**

Nachdem wir im vorausgehenden die geologischen Verhältnisse des mittelhheinischen Gebiets namentlich des der Pfalz angehörigen Teils desselben in Bezug auf die hier verbreiteten Gesteine, auf ihre Beschaffenheit und Aufeinanderfolge kennen gelernt haben, erübrigt es nunmehr, in eine, soweit es hier der engbemessene Raum dieser Erläuterungen zuläßt, kurze Erörterung des geotektonischen Baues einzutreten.

Es ist bereits angedeutet worden, daß das ursprünglich einheitliche zusammengruppierte mittelhheinische archaische Gebirge schon vielfache Veränderungen seines anfänglichen Zustandes erlitten hatte, ehe es in die Zeitperiode der Erdgeschichte eintrat, welche wegen der großartigen, unser engeres Gebiet besonders berührenden geologischen Ereignisse die Aufmerksamkeit zunächst auf sich zieht. Es ist dies die Zeit der Entstehung der Triasablagerungen.

Bezüglich der geologischen Vorgänge im Bereich des mittelhheinischen Urgebirgs in den vortriasischen Perioden mögen die Andeutungen genügen, welche in der Einleitung zu geben versucht wurde.

Darüber besteht kein Zweifel, daß dieser Urgebirgskern mit den ihm auf- und angelagerten paläolithischen Gebilden der Primär- oder Übergangsperiode nach vielfachen Umlagerungen durch Zusammenfaltung, Senkungen, Hebungen und Verschiebungen die Unterlage bildete, auf dem die Triasablagerungen sich aufzubauen begonnen haben. Daß damals dieser Boden nicht eine ebene Fläche bildete, darf wohl nicht erst bemerkt werden. Man darf nach der Verbreitungsweise und der Facies der späteren Sedimentgebilde annehmen, daß bereits frühzeitig verschiedene Eintiefungen und Buchten bestanden, welche zwischen einzelnen Teilen des Grundgebirges von außen herein reichten. Als solche dürfen wir wohl die Mulde ansehen, welche von Lothringen her im Westrich zwischen dem Kohlengebirge oder den altpermischen Schichten und dem Haardtgebirge sich hinzieht, ferner die sogen. Pfalzberg-Zabern-Langenbrücker Mulde zwischen Nord- und Südvogesen, welche sehr wahrscheinlich mit einer vom schwäbischen Gebiet her durch den Kraichgau bis zum jetzigen Fuß der Haardt vordringenden, hier weiter ausgedehnten und ungefähr in der gleichen Richtung wie die spätere Rheintalfläche verlaufenden Niederung zusammenfällt. Im Süden ist es die sogen. Burgunder Senke, welche als Fjord-artige Einbuchtung zwischen Südvogesen und Südschwarzwald sich nach Nordosten emporzog, wo sie durch eine hohe Wasserscheide von der Pfalzberg-Langenbrücker Vertiefung getrennt gewesen zu sein scheint. Ein Rheintal oder eine Rheinfläche gab es damals noch nicht. Indessen ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Keime der späteren Ausgestaltung des Rheingebiets doch schon gelegt waren.

Versuchen wir nun uns eine immerhin nur ungefähr zutreffende Vorstellung von der Gestaltung der mittelhheinischen Landschaft unmittelbar vor Ablagerung der Triasschichten zu machen, so muß zunächst daran erinnert werden, daß bereits vorher in diesem Gebiet und in den benachbarten Gegenden großartige Katastrophen und gewaltige Umänderungen auf die Oberflächenbildung ihre Wirkung ausgeübt hatten. Besonders im Auge zu behalten ist die Tatsache, daß damals das Alpengebirge noch nicht entfernt die spätere Ausbildung erhalten hatte und wahrscheinlich in einem ähnlichen Zustande sich befand wie das mittelhheinische Gebirge selbst.

In dem nordwestlich anstoßenden karbonischen und altpermischen Gebiete bis zum rheinischen Übergangsgebirge hatten sich bereits großartige geotektonische Ereignisse vollzogen. Die Karbon- und Suprakarbon-schichten waren aufgerichtet, teilweise gefaltet und von zahlreichen Eruptivmassen, Porphyr und Melaphyr, durchbrochen worden. Gegen das Ende der Permzeit verringerte sich die Gewalt der dislozierenden Kräfte und verschwächte sich in auffallender Weise gegen Osten, wo, wie z. B. am Rheintalrande, die Bildung des Oberrotliegenden ganz oder nahezu horizontal gelagert angetroffen wird. Dies schließt nicht aus, daß noch Nachzuckungen auch bis über die Triaszeit hinaus von Nordwesten her sich in sogar sehr bemerkenswerter Weise äußerten und selbst im Haardtgebirge sich zu erkennen gaben. Macht man sich von der Vorstellung frei, daß bloß die über die jeweiligen Meere oder Wasserbecken als Festlandsmassen aufragenden Gebietssteile in Bezug auf

Verbreitung und Abgrenzung der verschiedenen Sedimentablagerungen maßgebend gewesen seien, und läßt man nicht außer acht, daß fortwährend Bewegungen der Erdrinde nicht bloß innerhalb des engeren Gebiets, sondern auch selbst in entfernteren Gegenden auf die geologischen Vorgänge bei ersteren zurückzuwirken vermochten, so können wir vorerst für unser Gebiet von zwei Annahmen ausgehen, nämlich daß das Grundgebirge unter den mittelrheinischen Triasablagerungen ein, wenn auch nicht in allen Teilen hochaufragendes Festland, so doch bis zu einem gewissen Grad eine Scheidewand zwischen weiter ostwärts nach Schwaben und weiter westwärts nach Frankreich sich anschließenden Schichtensystemen bildete und daß gegen NW. ein Abschluß am rheinischen Schiefergebirge vorausgesetzt werden darf, durch welchen das Triasmeer begrenzt war. Es ist nicht wahrscheinlich, daß durch eine Senkung des mittelrheinischen Grundgebirgs das Hereinströmen jener gewaltigen mit Sand beladenen Fluten bewirkt wurde, aus welchen zunächst die fast ausschließlich sandigen Schichten des Buntsandsteins abgesetzt worden sind. Wir müssen anderweitigen, außer unserem Bereich liegenden Vorgängen die Ursache hierfür zuschreiben.

Die schon früher angedeuteten Unebenheiten des damaligen Meeresbodens, welche sich mit Berghöhen und Talvertiefungen der Festländer vergleichen lassen, machen sich besonders am Nordrande der Hochvogesen und des Schwarzwaldes, welche mit ihrem Kern noch eng verknüpft waren, dadurch bemerkbar, daß die Gesteine des Grundgebirgs hier rasch sich niederziehen und den mächtigen Aufschüttungen des Buntsandsteins Raum geben. Ähnlich verhält es sich an dem Südennde des Odenwalds. Hier scheint gegen Norden zu noch eine abgrenzende Schranke zwischen Odenwald und dem Rothliegenden des Donnersberger Westrichs aufgeragt zu haben, weil die mächtigen Aufschüttungen von Geröll und grobem Sand in den tiefsten Lagen des Buntsandsteins (Stauf) eine Ablagerung aus stark bewegten Küstenfluten verraten, während in den mittleren Teilen des Gebiets der ganz allmähliche Übergang von Schichten des Rothliegenden zum Buntsandstein einem Absatz in ruhigen Buchten entspricht.

Wir haben mithin zur ersten Triaszeit zwei oder drei (Haardt und Odenwald zusammengefaßt oder getrennt betrachtet), wenn auch zum Teil untermeerische Inselgruppen, die wohl schon damals durch Eintiefungen abgegrenzt waren und zwischen welchen Buchtungen sich herausgebildet hatten. Die ersten Absätze des Buntsandsteins finden sich bis zu sehr hohen, wenn auch vielleicht nicht bis zu den allerhöchsten Gebirgstteilen hinauf abgelagert (Hoheneck, Hohe Königsburg, Donon, Climont, Kuiebis, Hornisgrunde u. s. w.). Nordwärts senkt sich jedoch die ältere Unterlage ungemein rasch (Windstein im Jägerthal, Albersweiler, Lindenberg, Merkur bei Baden-Baden, Herrenalb, Heidelberg u. s. w.) und hebt sich im Odenwald, wo das Grundgebirge jetzt im Westen ohne Buntsandsteindecke abbricht, an dem Ostsaum nunmehr zu mächtiger Höhe. Dieser ursprünglichen Unebenheit des triasischen Meeresbodens entspricht die zunehmende Mächtigkeit des Buntsandsteins in den Sandsteinvogesen und der Haardt, bei welcher die Annahme einer namhaften allmählichen und fort-

dauernden Senkung nach Norden zu durch die horizontale Lage der Schichten, bei nur ganz schwacher gegen die früher angedeuteten Einbuchtungen gerichteter Neigung eine Bestätigung nicht findet. Daß dagegen die Schichten aus einem verhältnismäßig nur seichten Meere abgesetzt wurden, wird durch die öfter beobachteten Wellenfurchen und im oberen Buntsandstein insbesondere noch durch die Trockenrisse sicher erwiesen. Um so auffallender erscheinen gleichheitlich im ganzen mittelhheinischen Gebiet, wenn auch ungleich mächtig entwickelt, Konglomeratbänke (Hauptkonglomerat), welche den Beginn eines neuen Abschnitts, nämlich der Ablagerung des oberen Buntsandsteins, einleiten und sich im pfälzischen Gebiet innerhalb der unteren Stufe der oberen Abteilung des Buntsandsteins fortsetzen. Die im Elsaß bis 10 m mächtige Konglomeratbildung verschwächt sich nordwärts in der Pfalz etwas, bleibt aber für das linksrheinische Gebiet durch ihre starke Entwicklung höchst charakteristisch.

Man kann die massenhaften Ablagerungen der Gerölle, die in den tieferen Schichten bis an die Basis des Hauptbuntsandsteins ganz zerstreut, meist einzeln vorkommen, nur durch den Eintritt von starken Fluten verstehen, mit welchen zugleich auch eine Änderung in der Beschaffenheit des Meereswassers durch die Bildung quarziger Ausscheidungen (sogen. Karneol) und von Dolomitekongregationen, sowie durch die Häufigkeit von Glimmerschüppchen im Absatzmaterial sich kundgibt. Der Kalkgehalt nimmt nach oben noch weiter zu; es erscheinen im Pflanzenreste-reichen Voltziensandstein ganze Bänke Versteinerungen führender Dolomite und es gehen diese hangendsten Buntsandsteinschichten so allmählich in sandig-kalkige Lagen, welche in anderen Gegenden bereits dem tiefsten Muschelkalk — dem unteren Wellenkalk — entsprechen, über, daß es schwierig ist, zwischen beiden Ablagerungen eine scharfe Grenze zu ziehen. Diese sandige Entwicklung der ältesten Stufe des Muschelkalks — des sogen. Muschelsandsteins — ist gleichfalls eine Eigentümlichkeit des linksrheinischen Gebiets, welche darauf zurückzuführen ist, daß das aus kalkhaltigen Wasser bei andauernder Zufuhr von Sand erzeugte Material im seichten Meere, d. h. an flachen Meeresrändern, zum Absatz gelangte. Erst die oberen Abteilungen des Muschelkalks nehmen die Kalkbeschaffenheit, wie sie in anderen Muschelkalkgebieten herrscht, an und weisen auf eine Entstehung im vertieften Meere, welches die Einbuchtung zwischen dem Grundgebirge des Vogesenstocks und dem rheinischen Schiefergebirge mit den ihm vorgelegerten Höhen von Karbon- und Permsschichten erfüllte. Es ist dies das Hauptverbreitungsgebiet vom obersten Buntsandstein und Muschelkalk in der Bliesgegend, wo sie gegen O. bis auf Höhen von 450 m (Bann bei Landstuhl, Horeb bei Pirmasens) emporreichen, in ihrer muldenförmigen Lagerung auf dem gegenüberliegenden Flügel gegen W. dagegen auf Höhen von 360—375 m sich beschränken.

Außerdem treffen wir solche Ablagerungen von oberem Buntsandstein und Muschelkalk in Begleitung von noch jüngeren Schichten in zwar schmalen, aber weit fortschreitenden Streifen an den Rändern der Rheintalfläche auf beiden Seiten der mittelhheinischen Gebirge zwar nicht mehr in ihrer ursprüng-

lichen Stellung, sondern an Verwerfungsspalten herabgebrochen und abgesenkt an. Es fragt sich nun, wo wir ihre ursprüngliche Lagerung zu suchen haben. Wir wissen nach den eingangs geschilderten Verhältnissen, daß der Buntsandstein der Haardt in seiner Hauptverbreitung eine flach gewölbte Kuppe darstellt, deren höchste Wölbung ganz nahe an den Ostrand gerückt erscheint. Hier endigt die Entwicklung des Buntsandsteins, soweit sie erhalten ist, mit der Kugelfelsregion. Es ist kaum zweifelhaft, daß, wie die hohe Lage des Muschelkalks bei Pirmasens und auf der Sickinger Höhe dartut, diese jüngeren Triasgebilde des Bliesgebiets ursprünglich weiter über die Höhen des Hauptgebirgsstocks ausgebreitet waren, hier später abgespült und gänzlich zerstört worden sind und daß nur die gegen die Rheinfläche hin vorfindlichen Teile eben dadurch erhalten blieben, daß sie durch ihre Absenkung vor nachträglicher Zerstörung geschützt waren. Daß diese Randgebilde selbst bis zum rechtsrheinischen Gebirgsfuß bei Durlach ursprünglich mit jenen des Blies-Lothringer Verbreitungsgebietes irgendwie zusammenhingen und aus einem Meer von gleicher Beschaffenheit abgesetzt wurden, beweist die Gleichartigkeit der Schichtenausbildung, namentlich die des sogen. Muschelsandsteins, der in der fränkischen Facies schon östlich und nordöstlich von Heidelberg durch typische Wellenkalke, in der schwäbischen Facies auf der Ostseite des Schwarzwaldes durch dolomitische Schichten vertreten wird. Es sprechen nun beachtungswerte Gründe, insbesondere die nachgewiesenen ungleichen Niveauverhältnisse des Grundgebirgs, die bereits unzweifelhaft vor dem Absatz des Buntsandsteins bestanden haben und die andauerten, für die Wahrscheinlichkeit, daß in der von Lothringen herübergreifenden Pfalzberg-Zaberner Eintiefung, welche in dem späteren Einbruchgebiet der Rheinfläche eine weit nach N. reichende Fortsetzung hatte, eine Verbindung bestand und daß in dieser rheinischen Bucht, wie in der zwischen Haardt und dem westlicher Gebirge vorfindlichen, gegen NO. sich aushebenden Mulde Voltziensandstein und Muschelkalk zur Ablagerung gelangten und später, in Schollen zerstückelt, auf ihre gegenwärtige Lage abgesenkt wurden. Damit stimmt auch die Beschaffenheit und Gliederung des Keupers, wie derselbe dem Muschelkalk angeschlossen am Ostfuß des Haardtgebirgs zwischen Bergzabern und Frankweiler entwickelt ist, und selbst der Lias von Siebeldingen läßt dem Typus seiner Versteinerungen nach eine Übereinstimmung mit dem westvogesischen nicht verkennen, während die Lias- und Doggerschichten der gegenüberliegenden Langenbrückener Senkung schwäbischen Typus an sich tragen, wodurch sich eine Verbindung durch den Kraichgau nach Osten zu verraten würde. Gegen N. hin kann man sich diese mittelhheinische Einmündung durch eine Barre vor dem niederrheinischen Schiefergebirge zwischen Westrich und Odenwald abgeschlossen denken, für die Erörterung der späteren geologischen Vorgänge in unserem Gebiete bleibt es sich ziemlich gleich, ob man die eine oder andere Vorstellung als die naturgemäßere erachtet. Tatsache ist, daß in der cretacischen und alttertiären Zeit das mittelhheinische Gebiet dem weiteren geologischen Aufbau verschlossen blieb, was nur durch großartige Bewegungsvorgänge in anderen Gebieten der zerstückelten Erdrinde sich erklären läßt. Ob Hebungen oder Senkungen den

Rückzug des Meeres aus diesem Erdstriche bewirkten, ist schwierig zu entscheiden; daß unser Gebiet von solchen Zuckungen vollständig unberührt geblieben sei, ist kaum anzunehmen, vielmehr ist es mehr als wahrscheinlich, daß bereits Vorgänge sich hier vollzogen haben, welche die späteren großartigen Niederbrüche und Einsenkungen der Rheinflächenbildung einleiteten und begünstigten. Der Wirkung dieser säkularen Bewegungen in der Erdkruste scheint zunächst die unendliche Zerklüftung zugeschrieben werden zu müssen, welche Buntsandstein und Muschelkalk erkennen lassen. Die Klüfte selbst zeigen im allgemeinen in ihrer Richtung eine sehr bemerkenswerte Regelmäßigkeit und Gleichförmigkeit; zugleich liegt ihnen auch die Ausförmung der jetzigen Bergrücken und Höhenzüge im einzelnen zu Grunde. Meist senkrecht gestellt verlaufen sie der Hauptsache nach der Rheintalvertiefung nahezu parallel und rechtwinkelig zu derselben. Nicht selten gesellen sich hierzu meridional streichende Spalten, welche die vorher erwähnten in ihrer Richtung ablenken. Dadurch entsteht oft ein scheinbar wirres Netz von Gesteinszerklüftung im kleinen ohne wesentliche Schichtenverrückungen, jedoch mit so scharfen Schnitten, daß, wie schon erwähnt wurde, in die Schnittfläche fallende Geröllstücke glattflächig geteilt sich zeigen. Man könnte in diesen Bruchlinien die Folge einer von SW. her wirkenden Druckkraft erblicken. Weit auffälligere und in ihren Folgen durch Verwerfungen besonders ausgezeichnete große Spalten lassen sich im Gebiete der Haardt in großer Anzahl trotz der Einförmigkeit der Sandsteingebilde bestimmt nachweisen. Auch sie halten, wie die Gesteinsklüfte im kleinen, sehr bestimmte Richtungen ein, die im großen und ganzen mit der Rheintalrichtung nahezu parallel verlaufen, jedoch vielfach statt geradlinig bogenförmig mit konkaver Wölbung gegen das Gebirgsinnere gekrümmt sind und durch meridional streichende Sprünge abgelenkt oder abgeschnitten werden. Vielfach verwischen sich ihre Spuren in Taleinschnitten, welche die anfänglich vorhandenen Klüfte benützend, sich längs diesen ihr Bett ausgewaschen und vertieft haben. In der Nähe des Randes gegen die Rheinfläche finden sich derartige Verwerfungsspalten, die meist nahezu senkrecht gestellt sind, viel häufiger als im Gebirgsinneren und bilden schließlich die Abbruchsspalten, an welchen die meist jüngeren Glieder als Vorberge staffelförmig zur Rheinfläche abgesunken sind. Nur vereinzelt treten nahezu parallel verlaufende Spalten mit nur geringen Schichtenstörungen in dem nordwestlichen Teil des Gebirgs gegen die westlicher Vertiefung hervor. Dagegen gewinnt die große Verwerfungsspalte gegen das ältere Kohlen- und Permgebiet zwischen Saarbrücken und Erzenhausen, abgesehen von einigen rechtwinkelligen Vorsprüngen in gleicher Richtung streichend, um so größere Bedeutung, weil längs derselben die Buntsandsteinschichten bis auf 100 und 200 m sich abgesenkt erweisen. Dabei fehlt es allerdings an dem Nachweis der zweiten Hauptverwerfungsspalte, die als Trennungskluft des abgesunkenen Trunms gegen den Hauptstock des Haardtgebirgs vorausgesetzt werden muß und die wahrscheinlich durch die oberflächliche Überdeckung von Sand und Tonf im Landstahler Gebrüch verhüllt ist, wie es überhaupt schwierig ist, für viele dislozierte Gebirgsstücke die sie ringsum absondernden Bruchflächen nach

allen Seiten hin nachzuweisen. Man kann die der Hauptrichtung des Rheintalbruchs ganz oder nahezu parallel verlaufenden Störungslinien als rheinische Längsverwerfungsspalten bezeichnen.

Thnen stehen Verwerfungsspalten gegenüber, welche, wenn auch im Haardtgebirge weniger weit nachweisbar und von weniger beträchtlichen Schichtenverrückungen begleitet, doch durch ihr häufiges Auftreten und ihre ziemlich konstante Streichrichtung in den rheinischen Gebirgen eine wichtige Rolle spielen. Ihre Richtung ist im allgemeinen senkrecht zu den rheinischen Spalten, mit welchen sie ihrer Entstehung nach verbunden zu sein scheinen. Es ist sehr bemerkenswert, daß dieses zweite System von Störungslinien in dem nordwestlich angrenzenden Kohlen- und Permgebiete fortsetzt und daß einige der in den Buntsandsteinschichten der Haardt beobachteten Bruchlinien direkt in das ältere westlicher Gebirge fortstreichen, wie z. B. jene von Waldmohr, Martinshöhe, Erzenhausen, Otterberg u. s. w. Sie lassen sich in dem älteren Gebirge in weit größerer Anzahl feststellen. Hier in der hinteren Pfalz erweisen sie sich als später nach der Zusammenfaltung der dort entwickelten Gesteine entstanden, indem sie die vielfach in Mulden und Sätteln gebogenen Schichten quer durchschneiden und verwerfen. Dies deutet darauf hin, daß ihre Entstehung nahe zusammenfällt mit der Zersprengung und den Störungen im benachbarten Buntsandstein-, Muschelkalk- und selbst im angrenzenden lothringischen Keupergebiet. Jedenfalls müssen die bis in letzteres reichenden Verwerfungsspalten wenigstens als Nachzuckungen der in älteren Gebirgen vor sich gegangenen Bewegungen angesehen werden. Da sie sich hauptsächlich in dem westlicher älteren Gebirge in größter Häufigkeit bemerkbar machen, lassen sie sich kurz als westlicher Querverwerfungsspalten bezeichnen.

Eine besondere Bedeutung gewinnen diese Querstörungen, welche im südlichen Teil der Haardt auch nicht fehlen, stellenweise sogar sehr beträchtlich sind, gegen das Nordostende des Haardtgebirges zwischen Dürkheim und der Gegend am südöstlichen Fuß des Donnersbergs. Hier senken sich die jüngsten Glieder des Buntsandsteins mit dem Muschelkalk von der Kuppe des Gebirgs bis in die Rheinfläche am Eisbach-Talrande bei Ebertsheim und bei Neuleiningen. Zugleich treten hier schon NW. von Dürkheim an ungewöhnlich häufig mehr oder weniger quer zur Längenspaltenrichtung verlaufende Zerklüftungen hervor, an denen die jüngeren Schichten allmählich niedergesenkt sind und die die von da an in nordwestlicher Richtung verlaufende Randbegrenzung des älteren Gebirgs bedingen. Dadurch wurde der Erweiterung des eigentlichen, mit ausgedehnten Tertiärgebilden erfüllten Mainzer Beckens Raum gegeben.

Mit der Spaltenbildung im Buntsandsteingebiete steht in der Bergzaberner Gegend das Vorkommen von Brauneisenerzgängen bei Nothweiler, N.-Schlettenbach und im sogen. Petronell als Kluftausfüllungen von Spalten, durch die eisenhaltiges Wasser aufgestiegen ist, in engster Beziehung. Diese Erze wurden früher bergmännisch gewonnen und in Schönau verschmolzen. Einer ähnlichen Entstehungsweise dürfte auch das Vorkommen von Bleierzen, hauptsächlich Grünbleierz mit dem seltenen Dechenit, auf einem längs einer Spalte fortstreichenden Gang bei Erlenbach zuzuschreiben sein. Beiderlei Arten von Erz-

gängen setzen auch im benachbarten Elsäßer Gebirge fort. Dass auf den Klüften, längs welchen grössere Gesteinschollen aus ihrer früheren Lage verrückt wurden, häufig Rutschflächen, welche oft mit einem dichten Beleg überdeckt, dabei spiegelglatt poliert und in der Bewegungsrichtung gestreift sich zeigen, zu beobachten sind, ist selbstverständlich; sie sind Erzeugnis der aneinander mit großem Druck verschobenen Gesteinstücke.

Nachdem das geotektonische Verhältnis des Haardtgebirges, so weit es der Zweck dieser kurzen Erläuterungen gestattet, in allgemeinen Zügen und ohne eingehendere Begründung erörtert worden ist, haben wir bezüglich der Rheinfläche der früher gegebenen Schilderung nur noch wenig über den geotektonischen Aufbau der in derselben vorfindlichen Ablagerungen hinzuzufügen. Wir erinnern zunächst an die vielfach verbreitete, scheinbar deutlich erklärbare, jedoch irrtümliche Annahme, daß die breite Vertiefung zwischen dem rechts- und linksrheinischen Gebirge durch grossartige Rheinflutungen ausgewaschen und ausgefurcht worden sei. Dagegen ist festgestellt, dass diese Eintiefung sich gebildet hat lange bevor es einen Rheinstrom gab und daß dieser erst nachträglich in dem bereits wieder mit verschiedenem Gesteinsmaterial bis zu beträchtlicher Höhe ausgefüllten und zum Teil ausgebneten Flachland sein relativ schmales Rinnsal eingegraben hat. Der Entstehung der Rheintalfläche lagen andere geologische Verhältnisse zu Grunde. Ohne auf die allerälteste Oberflächen-Ausgestaltung der mittelhheinischen Gegend noch einmal einzugehen, da die Annahmen darüber immerhin nicht ganz sicher gestellt sind, sei auf die früher angedeutete Wahrscheinlichkeit hingewiesen, daß schon zur Triaszeit vorgebildete Unebenheiten und Einbuchtungen zwischen den älteren Kerngebirgen der jetzigen mittelhheinischen Gegend vorhanden waren, welche der Ablagerung jüngerer Trias- und jurassischer Gebilde mit Ausschluß von cretacischen Schichten an verschiedenen Stellen Raum gegeben haben. Großartige dislozierende Bewegungen jedoch, welche wohl mit dem Beginn der Erhebung des Alpenhochgebirgs in Zusammenhang stehen, erstreckten sich erst später auf das mittelhheinische Gebiet zwischen den Gebirgskernen der Vogesen, des Haardtgebirges, des Schwarz- und Odenwaldes und bewirkten hier Niederbrüche und Einsenkungen der gespaltenen und zerklüfteten, in der Bruchrichtung gelagerten Schichtgesteine in eine beträchtliche, bis jetzt noch nicht ermittelte Tiefe und über die ganze Breite der Rheinfläche hinweg. An den Abbruchrändern gegen das stehengebliebene oder nur durch einzelne Verwerfungen gestörte Gebirge sehen wir jetzt noch die Reste der letzten abgestürzten Schollen eng an den Gebirgsfuß angelehnt und staffelförmig gegen die Tiefe abgesunken. Dieser gewaltige breite und tiefe Niederbruch, welcher wohl nicht auf einmal, sondern innerhalb eines längeren Zeitabschnittes sich vollzogen haben wird, scheint der Hauptsache nach in der Periode vor der Entstehung der hier entwickelten Tertiärgebilde stattgefunden zu haben.

Es zeigen zwar die ältesten dieser Tertiärablagerungen von obereocänem Alter, welche aus einem Süßwasserbecken abgesetzt worden sind, zum Teil eine starke Schichtenneigung, welche jedoch nicht als solche der großen Niederbruchs-katastrophe und eines Absturzes von einem vordem auf den höchsten Gebirgs-

teilen lagernden Schichtenkomplexe sich ansehen läßt. Alle Verhältnisse sprechen vielmehr dafür, daß diese Schichten schon ursprünglich keine viel höhere Lage als ihre gegenwärtige eingenommen und nur durch Unterwaschungen oder Nachzuckungen der Hauptniederbruchskatastrophe eine Neigung erlitten haben. Wir gelangen bei dieser Annahme zugleich zu einer mit der Verbreitungsweise der verschiedenen Tertiärablagerungen in der mittelhheinischen Senke übereinstimmenden Anschauung. Wie nämlich der ganze Einbruch nicht auf einmal erfolgt gedacht werden kann, so darf man auch nicht annehmen, dass die durch die Niederbrüche und Senkungen entstandene Mulde eine gleichförmige Vertiefung darstellte; sie wurde vielmehr durch ungefähr quer verlaufende Erhöhungen oder Schwellen in mehrere Buchten gegliedert, wodurch der Ausdehnung der tertiären, teils ausgesüßten, teils marinen und brackischen Wasserbecken gewisse Schranken gesetzt waren. So reichen die obereocänen Kalke vom Bastberg bei Buchweiler auf der einen Rheinseite nicht weiter nach N., auf der rechten Rheinseite nur bis gegen Langenbrücken. Weiter greifen in dieser Richtung schon die unteroligocänen Petroleumsande vor. Ein inzwischen eingetretener Wechsel in der Beschaffenheit der Wasserbedeckung bezeugt die Fortdauer der umgestaltenden Kräfte, namentlich die Verlegung der Meere durch Dislokationen ausserhalb unseres engeren Gebiets. Es beginnen die Fluten des tongrischen Meeres und zwar von N. her einzudringen, infolgedessen die unteroligocänen Petroleumsande durch Küstenkonglomerate und dem Septarienton ähnliche Schichten einen Übergang in die mitteloligocänen Meeressande und in den Septarienton erkennen lassen. Dies beweist, daß auch die unteren oligocänen Ablagerungen in der bereits gebildeten Rheimmulde entstanden sind, wie die nächst jüngeren, deren Lage auf ursprünglicher Stätte nicht in Zweifel zu ziehen ist. Die im Oberelsaß vorfindlichen Gebilde dieses Alters gehören einem anderen Absatzgebiet, das sich dem alpinen anschließt, an.

Diese Scheidung eines oberen und unteren mittelhheinischen Tertiärbeckens, welche durch Untergrundschwellen bedingt erscheint, tritt um so deutlicher hervor, in je jüngere Zeiten wir die oligocänen Tertiärgebilde und das Miocän verfolgen, welches in dem nächsten Gliede, dem Litorinellen- oder Hydrobienkalke, südwärts zuletzt in der Felseninsel von Büchelberg bei Lauterburg aufragt, dann aber im Elsaß nicht mehr wieder zum Vorschein kommt, dagegen im N. zwischen Grünstadt, Mainz und Bingen die ganze breite Landschaft in Beschlag nimmt, als das charakteristischste Gestein des unteren oder eigentlich Mainzer Beckens der mittelhheinischen Niederung. In dieser Art der Verbreitung scheint in allmählicher Rückkunft des Meeres eine nach N. fortschreitende Ausübung sich zu verbinden. Der Abfluß des Sees hat bereits einen Weg nach N. gefunden. Mitteloligocäner Meeressandstein und damit eng verbunden der Septarienton beschränken sich von der Gegend von Lobsann—Weißenburg auf schmale, dem Gebirgsfuß unmittelbar angelagerte Streifen bei Landau (Eschbach—Madenburg), Battenberg, Weinheim, verbreiten sich dann weiter über die Höhen bei Fürfeld, Ebernbürg und Kreuznach und verbinden sich durch Ablagerungen am Taunusraud mit den nördlicher liegenden mitteldeutschen Gebieten.

Die oberoligocänen Cyrenenmergel dehnen sich schon beträchtlich weiter gegen die Muldenvertiefung aus. Abgesehen von den Schollen im Breuschtal des Oberelsässer Gebiets tauchen sie im Tale bei Ilbesheim, Edenkoben, Neustadt, Dürkheim, weiter talabwärts im Zeller Tal und tiefer im Mainzer Becken in immer beträchtlicherer Verbreitung unter den Litorinellenkalcken auf. Ihnen folgen in dem gleichen Gebiete die untermiocänen Cerithien- und Landschneckenkalcke, bis bei vollständiger Aussüßung des Sees die Litorinellenkalcke fast den ganzen nördlichen Teil des Beckens in großer Mächtigkeit erfüllen und die miocänen Ablagerungen zum Abschluß brachten. Wir stehen damit vor einem entschieden neuen Abschnitt in der Ausbildungszeit des mittelhheinischen Beckens. Es verliert sich ohne allen Übergang der Kalkgehalt der die jüngeren Ablagerungen liefernden Gewässer, es entstehen neue Flutbewegungen und diese greifen wieder weiter über die Grenzen des Litorinellen-Sees nach Süden vor. Die tiefsten Lager dieser neuen Periode füllen mit dem berühmten Dinotheriumsand von Eppelsheim bei Alzey in ungleichförmiger Lagerung die Unebenheiten der Litorinellenkalcke aus. Sie bestehen aus grobem Quarzsand, Quarz- und Quarzitzeröll von heller Farbe, aber häufig durch Eisenoxydhydrat etwas verkittet und gelblich gefärbt, und sind, wie bereits erwähnt wurde, die Fundstätte der riesigen Knochen von *Dinotherium giganteum*, *Mastodon angustidens*, *Rhinoceros incisivus*, *Tapirus priscus*, *Machairodus cultridens* u. a.

Daß wir hier einen Absatz aus flutenden Gewässern vor uns haben, ist nicht zweifelhaft. Die grobe Beschaffenheit dieser tiefsten pliocäntertiären Ablagerung weicht rasch einer gleichmäßig feinkörnigen und bedingt die in der Technik ausgedehnte Benützung der meist blendend weißen Kalk- und Glimmerfreien, früher schon beschriebenen sogen. Kleb- oder Glassandes mit Zwischenlagen von plastischem Ton und einer Braunkohlenbildung. Sehr auffallend ist die durchweg weiße Farbe dieses Sandes in der nächsten Nähe des roten Sandsteingebirgs. Man muß annehmen, daß zur Zeit des Absatzes dieses Sandes das benachbarte Gebirge noch nicht durch Täler tief aufgeschlossen und von Seitenflüßchen durchzogen war, während der längs des Randes so großartig vorherrschende ausgebleichte Sandstein in seinen Quarzkörnchen durch Abwaschung das Material zum Klebsand lieferte, und dies feine tonige Bindemittel durch einen Schlammprozeß dem plastischen Ton seinen Ursprung gab. Möglicherweise ist die Ausbleichung dieses Sandes auf dieselbe Ursache zurückzuführen, welche auch der Ausbleichung der Sandschichten des Buntsandsteines zu Grunde lag, nämlich der Einwirkung stark kohlenensäurehaltiger Gewässer.

Ogleich zunächst nicht mit den tertiären Ausfüllungsmassen der Rheiniederung direkt in Verbindung stehend, muß doch an dieser Stelle das Vorkommen von Eruptivgesteinen erwähnt werden, deren Durchbruch aus dem Untergrunde weit überwiegend in die Tertiärzeit fällt. Es sind Basaltartige Gesteine, welche vereinzelt und zerstreut in meist kleinen Kuppen zwischen vortertiären Schichten auftauchen und mit Ausnahme des mächtigen Kaiserstuhls im Breisgau auf das Gebiet des älteren Gebirgs sich beschränken oder doch, wie in Rheinhessen, mit älteren Schichtgesteinen verbunden sind,

ohne Tertiärablagerungen zu durchsetzen. — Daß die große Eruptionsepöche der basaltischen, trachytischen und phonolithischen Massengesteine mit der in die Tertiärzeit fallenden gewaltigen Oberflächenveränderung genetisch zusammenhängt, ist kaum zweifelhaft, aber das Auftreten solcher Eruptivgesteine in mittelrheinischem Gebiete darf nicht als Ursache, sondern nur als Folge der hier stattgehabten Dislokationsvorgänge angesehen werden. Das pfälzische Gebiet hat nur an einem Punkt Eruptionen von basaltartigen Massengesteinen, nämlich von sogen. Limburgit am Pechsteinkopf bei Forst, aufzuweisen, wo auf beiden Seiten eines Tälehcens von Tuff umhüllte, in hohen Säulen ausgebildete Basaltfelsen mitten zwischen Buntsandstein und einer eingeklemmten Scholle von stark verändertem Muschelkalk auf einer N-S. verlaufenden Spalte zu Tag treten. Darüber wird später ausführlicher berichtet werden.

Eine neue Periode in der weiteren Entwicklung unseres Gebietes beginnt mit der Wiederholung von Flutablagerungen in Form von grobem Geröll und Sand. Es ist der Beginn der quartären, diluvialen oder pleistocänen Zeit, innerhalb welcher bis zu einer beträchtlichen Höhe die vollständige Ausfüllung und weitgreifende Einebnung der Rheinfläche sich vollzog und zugleich der Lauf der Gewässer nach und nach in diejenigen Bahnen eingewiesen wurde, die dem gegenwärtigen Wassernetze zu Grunde liegen. Der Rhein gewann in den bereits abgelagerten Diluvialgebilden, in die er sich tief und tiefer sein Bett ausfurchte, seinen Ablauf nach Norden, und in die bis dahin so gut wie abgeschlossenen Randgebirge begannen zahlreiche allmählich sich vertiefende Talungen einzuschneiden. Von den Seitengebirgen abgenagtes und durch die Bergwasser der Hauptniederung zugeführtes Material beteiligte sich neben den großartigen Massen von Sand, Geröll und Schlamm, welche aus den alpinen Molassegebieten und den vergletscherten hohen Gebirgen als Glacialschutt über die Rheinfläche ausgegossen wurden, an dieser Auffüllungsarbeit, wie solche in dem Vorausgehenden kurz geschildert wurde.

Daß an diesen Aus- und Umgestaltungen der Landschaft bis in die Gegenwart noch kein Stillstand eingetreten ist, beweisen die fortdauernden Veränderungen, welche die Hauptwasseradern, der Rhein und seine Zuflüsse, betätigen, ja selbst der tiefste Untergrund scheint auch hier noch nicht völlig zur Ruhe gekommen zu sein, wie die ziemlich zahlreichen Erdbeben beweisen, welche zeitweise den Boden der Rheinfläche erschüttern.

### **Bemerkungen zu den auf dem Blatte Speyer dargestellten geologischen Verhältnissen.**

Nachdem im vorausgehenden ein allgemeiner Überblick über die geologischen Verhältnisse des Haardtgebirgs und der Rheinfläche innerhalb der Pfalz gegeben worden ist, dürfte es zum Verständnis der auf dem Blatte Speyer gegebenen geologischen Darstellung genügen, soweit es der Zweck dieser kurzen Erläuterungen ist, einige wenige Einzelheiten hier weiter zu erörtern.

### Gneis und Granit.

Die aus dem archaischen Urgebirgskern des Haardtgebirges in tiefen Taleinschnitten herausgeschälten kristallinen Gesteine beschränken sich wesentlich auf Gneis und Granit.

In dem tiefsten Taleinschnitt, da wo die Queich aus dem Gebirge heraustritt, ist in dem Dorf Albersweiler schon seit alter Zeit das Vorkommen von Gneis auf beiden Talseiten bekannt; dasselbe wurde in neuerer Zeit durch den Eisenbahnbau und durch großartige Steinbrüche behufs Gewinnung von Straßenbeschotterungsmaterial, wozu das Gestein seiner Festigkeit wegen ganz vorzüglich sich eignet, in sehr ausgedehnter Verbreitung der Beobachtung zugänglich gemacht. Auf der Südseite des Tals ist das Gestein unmittelbar an der Eisenbahn in einer Höhe bis zu 30 m aufgeschlossen. Die Kuppe endigt oben mit einer unebenen Fläche mit Vertiefungen und Erhöhungen, welche von dem Konglomerat des oberen Rotliegenden überdeckt sind. Außerdem wird der Gneis hier von mehreren, bis zu 3 und 4 m mächtigen Gängen eines schwarzen Eruptivgesteins durchbrochen, welches, zu Straßenmaterial nicht verwendet, in den Steinbrüchen in Form von Rippen, Mauern und Wänden (sogen. Fäule der Steinbrecher) stehen gelassen wird und dadurch einen ganz eigentümlichen Anblick gewährt. Auf der Nordseite des Tales ist das Ausstreichen des Gneises noch ausgedehnter, der Anschluß durch Steinbrucharbeit ist hier geringer und reicht nur bis zu etwa 12—15 m empor, wo das Gestein von einem grauen und rotbraunen Melaphyr-ähnlichen Eruptivgestein von porphyrischem Aussehen und mit vielen Blasenräumen (Mandelstein) lagerartig und darüber von Konglomeratbänken des Rotliegenden überdeckt wird.

Der Gneis zeichnet sich durch seine körnige Granit-artige Beschaffenheit aus; manche Lagen besitzen sogar ein ganz granitisches Gefüge. Im übrigen ist das Gestein deutlich geschichtet mit einer Streichrichtung von O. nach W. und steilem unter  $65-75^{\circ}$  in welligen Biegungen bald nach S. bald nach N. gewendeten Einfallen. Die Hauptgemengteile sind weit überwiegend Quarz und meist rötlicher Orthoklas, denen sich in mehr untergeordneter Menge schwarzer Biotit, die Schichtung anzeigend, beigesellt. Der Glimmer ist meist auf den Schichtungsflächen und oft auch in Butzen angehäuft, dem sonst vorherrschend rötlichen Gestein einen grauen Farbenton verleihend. Neben dem Biotit findet sich, aber nur auf einzelne Lagen beschränkt, Hornblende.

Das schwarze Durchbruchsgestein, dessen Gänge entweder den Gneis seiner ganzen Mächtigkeit nach durchsetzen, oft aber auch sich nach oben auskeilen, zuweilen sich vergabeln und verzweigen, gehört der Gruppe der sogen. Hornblende-Kersantite an, die wir auch in dem Tonschieferaufbruch bei Weissenburg wieder antreffen und die in den Vogesen mehrfach auftreten. Die feinkristallinische Grundmasse setzt sich aus kleinen leistenförmigen Plagioklasnadeln, einzelnen Quarzteilen, dunklem, meist chloritisch umgeändertem Glimmer, Hornblende und Magnetisen zusammen. Zum Zeichen der eruptiven Natur umschließt das Gestein zuweilen Brocken von Gneis. Auf den Salbändern sind häufig Kristalle von Siderit, Kalkspat und von Schwerspat neben Roteisenrahm angesiedelt. Neben den Salbändern ist die Gesteinsmasse meist stark zersetzt.

Weniger ausgedehnt, aber an zahlreicheren Stellen des Gebirgsrandes steht der Granit zu Tag an. Von Süden her begegnen wir ihm zuerst in dem tiefen Einschnitt des Waldbambachtales bei der Kaisersbacher Mühle südwestlich von Landau in einer kleinen Kuppe auf der Nordseite und in größerer Verbreitung im Walde auf der Südseite, wo zahlreiche Blöcke sein Vorkommen verraten. Das Gestein ist hier ein typischer grobkörniger, zweiglimmeriger, vorwiegend Biotit-führender Granit.

Weiter nördlich ist Granit am Gebirgsrande zwischen Gleisweiler und Edenkoben an mehreren Stellen bloßgelegt. An der Burrweiler Mühle durchsetzen mehrere verhältnismäßig schmale, gegen 1 m mächtige Gänge die später zu schildernden Tonschieferschichten. Das Gestein ist hier mittel- bis feinkörnig, reich an Biotit neben mehr vereinzelt Muskovitschüppchen und von Quarzadern durchzogen. Solche Gänge setzen am Gehänge gegen die St. Annakapelle fort. In größeren Massen ist dieser Granit durch die Schloßbaue der Ludwigshöhe aufgedeckt worden. Das Gestein ist hier sehr zersetzt, grusig. Es wird von feinkörnigen, dichten, glimmerarmen Granitgängen durchsetzt im Gegensatz zu den grobkörnigen, pegmatitischen Gängen, welche in der Nähe der St. Annakapelle und in der Talsohle bei Burrweiler, weißen Glimmer (Muskovit) führend, austreichen. Bemerkenswert ist, daß in dieser Gegend die Tonschiefer in der Nähe der Granite in Hornfels und Knotenschiefer wie im Andlauer Tal der Vogesen umgewandelt sind.

### **Tonschiefer und Grauwacke-Schichten nebst Kersantit.**

Wie die oben erwähnten kristallinen Gesteine finden sich am östlichen Gebirgsrande der Haardt auch offenbar jüngere Tonschiefer- und Grauwacken-Schichten, die dem Gebirgskern angehören, bloßgelegt. Schon an der Elsässer Grenze bei Weiler 3 km westlich von Weißenburg ist durch die Eintiefung des Wieslauerals eine solche Tonschiefer- und Grauwacken-Kuppe auf beiden Talseiten aufgeschlossen, welche bei Germannshof bis in das Pfälzer Gebiet herein ragt. Leider fehlen organische Einschlüsse, welche das Alter dieser Schichten näher zu bestimmen gestatteten. Doch schließt die petrographische Beschaffenheit ihre Zugehörigkeit zu den archaischen Phylliten aus und weist dieselben der paläolithischen Gruppe zu. Wir werden später Gelegenheit finden, ihre wahrscheinliche Zuteilung zu den präkarbonischen Kulmbildungen zu erörtern.

Die deutlich geschichteten, dünnschiefrigen Gesteine gehören vorwiegend einem halbkristallinen, Hornfels-ähnlich dunkelgrauen bis schwarzen Tonschiefer an, mit welchem mehr untergeordnete feinkörnige Grauwackenschiefer wechsellagern. Das Schichtenstreichen ist vorwiegend in St. 3—4 mit wechselnder Fallrichtung, im Dorf Weiler steil nach NW., höher im Tal nahezu seiger und oberhalb der Kapelle nach SO., also in umgekehrt fächerförmiger Stellung.

Dieser merkwürdigen, durch den tiefen Taleinschnitt der Wieslauer bloßgelegten Kuppe älterer Tonschieferschichten verleiht das Mitvorkommen von zahlreichen Eruptivgängen ein erhöhtes Interesse. Das Gestein der meist

dem Schiefer konform eingelagerten, stellenweise aber dieselben auch nahezu senkrecht durchsetzenden Gänge gehört, wie die Ganggesteine im Gneis von Albersweiler, wenn auch petrographisch unter sich etwas verschieden, doch geologisch der Kersantit-Gruppe an. Die feinkristallinische Grundmasse besteht aus Plagioklas, Augit (zum Teil Hornblende), Glimmer und Magnet Eisen, die meist auch in grösseren Kristallen eingesprengt sich vorfinden und dadurch dem Gestein eine porphyrische Beschaffenheit verleihen. Quarzkörnchen, Apatit, Kalkspat und zum Teil zersetzte Glasmasse kommen akzessorisch vor. Härtere Grauwackenlagen und das Quarzgestein werden als Straßenmaterial in Steinbrüchen gewonnen.

Schollen von Tonschiefer und Grauwacken, die sich am Gneisaufbruch im Queichtal bei Albersweiler finden, weisen auf die weitere Fortsetzung dieser Gebilde nach Norden hin; anstehend sind sie hier noch nicht angetroffen worden. Dagegen stoßen wir bei Gleisweiler und Burrweiler wieder auf eine größere Partie dieser Schiefer, die schon bei dem Granitvorkommen erwähnt wurden. Auch hier beteiligen sich dunkelfarbige Grauwacke- und Tonschiefer-Schichten, erstere vorwaltend, letztere oft in glimmerführende Knotenschiefer umgeändert, an dem Aufbau dieser in mehrere Schollen zerstückelten alten Schieferkuppe. Die von Granitgängen durchbrochenen und von Quarzadern durchzogenen Schichten streichen durchschnittlich in St. 5 und sind sehr steil aufgerichtet. Auch ein Kersantitgang wurde hier beobachtet.

Noch weiter gegen Norden sind am sogen. Schieferkopf zwischen Ober-Hambach und der Maxburg in einem großen Steinbruche die gleichen Schiefer, hier vorwaltend Grauwacke, mit einem Streichen in St. 3 und nordwestlichem, nicht steilem Einfallen am Gebirgsfuß aufgeschlossen. Das Gestein wird als Straßenmaterial gebrochen. Grobes Konglomerat des Rotliegenden überdeckt die Schieferkuppe und verhüllt deren Fortsetzung, als welche wir unzweifelhaft den großartigen Aufschluß im Neustädter Tal unmittelbar bei Neustadt aufzufassen haben.

Auf der Südseite dieses Tals sind die vorwaltenden Grauwackenschichten und die mit diesen wechsellagernden grauen und rötlichen Tonschiefer an der Correlsmühle auf eine beträchtliche Länge angeschnitten und aufgeschlossen worden. Hier fanden sich in der feinkörnigen Grauwacke Algen-ähnliche Zeichnungen und Fetzen von Farnabdrücken, die zur Gattung *Cyclopteris* zu gehören scheinen. Darauf gründet sich die Vermutung, daß diese alten Schiefer dem System des Kulms angehören könnten. Eine Sicherheit gewähren diese dürftigen organischen Überreste nicht. Vielfach werden diese Schichten der Gesteinsähnlichkeit wegen für devonisch angesehen.

Da diese Schiefer, deren härtere Lagen früher als Straßenmaterial verwendet wurden, am Fuße des Nollenberges auftreten, werden sie in der Gegend allgemein als Nollenstein bezeichnet.

Auch auf der Nordseite des Tales sind an den letzten oberen Häusern von Neustadt, dem Fuße des Bergabhanges entlang, ganz dieselben Schiefer-schichten bei dem Fundamentgraben aufgeschlossen worden. Sie ziehen sich hier hoch am Gehänge, wo ein alter Steinbruch sichtbar ist, empor und

wurden in der Stadt selbst durch Bohrung bis zu einer Tiefe von 114 m nachgewiesen. Die Schichten streichen, abgesehen von vielfachen Verwerfungen, Knickungen und Biegungen, nord-südlich und fallen unter beiläufig  $45^{\circ}$  nach W. ein.

Dieser Aufbruch der alten Schiefer am Gebirgsrande ist nach N. hin der letzte, der bis zu Tag reicht, dass dieselben aber noch weiter nach N. fortsetzen, beweist der Aufschluß in einem Bohrloch nach Salzsole in Dürkheim, in welchem bei 290 m, wie auch in einem Bohrloch bei Gimmeldingen bei 143 m, unzweifelhaft ganz dieselben Schieferschichten vorkommen, nachdem von Tag an erst ausgebleichter Buntsandstein und dann bis zum Schiefer Rotliegendes durchteuft worden war. Dieses Bohrergebnis ist deshalb von großer Wichtigkeit, weil es beweist, daß in dieser Gegend des Haardtgebirges das Kohlengebirge nicht vorhanden ist.

## **P e r m b i l d u n g e n .**

### **Rotliegendes, Zechstein, Melaphyr und Porphy.**

Nach der Ausbildung der kristallinen archaischen Gesteine und der alten Tonschieferschichten samt ihrer Gangschlüsse trat, selbst wenn diese Tonschiefer dem Kulmsystem zuzurechnen sind, eine Unterbrechung in der regelmäßigen Aufeinanderfolge der am Aufbau der Erdkruste beteiligten Glieder in unserem Gebiete ein. Es fehlen hier durchweg alle Anzeichen von Gesteinen, welche den typischen Karbonablagerungen und selbst den älteren Stufen des Permsystems angehören. Erst mit dem jüngsten Rotliegenden und Zechstein setzt die Beteiligung an dem weiteren Aufbau des Haardtgebirges wieder ein. Grobbrockige Konglomerate, Arkosen-artige, grobe rote und feinkörnige graue Sandsteine des Rotliegenden, intensiv eisenrote, grünaugige Schiefertone — sogen. Rötelschiefer — gelblichweiße kristallinische Dolomite, die den Zechstein vertreten, dann diesen Schichtgesteinen angeschlossene Melaphyre mit ihren Tuffen und Porphyre, alle diese Gesteine von ganz anderer Art als jene im Westen des Gebirgs, in der Hinterpfalz, was auf eine wenigstens teilweise Scheidewand zwischen beiden Ablagerungsgebieten hinweist, zeigen sich am Ostrande der Haardt in allen tiefen Taleinschnitten bis nach Dürkheim reichlich entwickelt und bloßgelegt.

Denselben geologischen Verhältnissen begegnen wir am Ostfuß der Vogesen. Von da erstrecken sich die permischen Bildungen nordwärts ins Pfälzer Gebiet, wo sie zunächst im Wieslautertal oberhalb Weißenburg bei Weiler und Germannshof zu Tag treten. Hier überdecken die früher erwähnten alten Tonschieferschichten nahezu horizontal liegende Bänke eines locker durch Eisenton, selten durch Jaspis-artige Kieselsäure gebundenen Rotliegenden-Konglomerats, welches aus wenig abgeschliffenen, meist nur kantenabgerundeten Rollstücken der aufgewühlten Untergrundgesteine, besonders von Granwacke, untermengt mit Bruchstücken von Gneis, Granit, Porphyr und Quarz zusammengesetzt ist. Vereinzelt treten graue, Arkosen-artige, Feldspat-reiche Sandsteine hinzu und nach oben herrschen fast ausschließlich Rötelschieferschichten. Zuoberst, den

Abschluß dieses Systems bezeichnend, stellt sich in unregelmäßigen Lagen und Knollen schmutzig gelblichweißer Dolomit ein, welcher, obwohl hier ohne organische Einschlüsse, doch wohl als Vertreter des Zechsteins angesehen werden darf.

In gleicher Entwicklung tauchen Schichten des Rotliegenden nun weiter nordwärts in fast allen tieferen Taleinschnitten des Gebirgsrandes auf: zunächst oberhalb Weiler infolge einer im Hintergrund fortziehenden Aufwölbung im Bachtälchen zwischen dem H.-Derst und Humberg, dann stehen sie im Oberbachtale oberhalb der Brücklesmühle an und in den Verzweigungen des Erlenbachs bis Birkenhördt und Blankenborn.

Eine zweite Aufwölbungszone zieht sich von der Elsässer Grenze unterhalb Schönau bis O.-Weidenthal fort und ist in den Einschnitten des Wieslauter-tales und seiner Seitentälchen auf weite Strecken bloßgelegt.

In weiterer Fortsetzung wiederholen sich diese Ablagerungen im Klingen- und Kaisersbachtale zugleich in enger Verknüpfung mit Melaphyr-Bildungen, welche ähnlich, wie die Grenzmelaphyre des Hinterlandes zusammengesetzt, oberhalb Klingenmünster und bei Silz, bei der Kaisersbacher-Mühle und Waldhambach, dann im Seitentälchen oberhalb dieses Ortes gegen den Rehberg und im Hainbachtälchen in Begleitung von Mandelstein und tuffigen Bildungen\*) zu Tag treten. Sie haben zum Teil das Material zur Zusammensetzung der darüber befindlichen Absätze vom Rotliegenden geliefert.

In diesen Aufbrüchen begegnen wir an mehreren Stellen an der Grenze des auflagernden Buntsandsteines jenem gelblichen Dolomit des Zechsteins, den wir im Queichgebiet näher kennen lernen werden. Solche Einlagerungen sind am Südfuß der Madenburg und an den Berggehängen bei Waldrohrbach aufgefunden worden. Ähnlich verhält es sich im Eschbacher- und Leinsweiler-Tälchen.

Am ausgedehntesten ist das Rotliegende im Queichtalgebiet von Albersweiler bis über Annweiler hinaus und in zahlreichen Seitentälchen verbreitet. Bei Albersweiler liegt ein grobes, schmutzigrotes, grobkörniges Konglomerat mit oft kopfgroßen Rollstücken, alle Unebenheiten des unmittelbar unterlagernden Gneises in horizontaler Lagerung ausfüllend und einebnend. Solche Konglomerate (ro<sup>1</sup> der Karte), welche in grobkörnige, graue und rote, Feldspat-führende Sandsteine übergehen, vielfach durch eisenreiches, toniges Bindemittel verkittet, nur locker gebunden sind und durch Verwitterung große Mengen von Rollsteinen liefern, bilden die tiefsten Lagen des gegen 100 m mächtigen Oberrotliegenden unmittelbar über dem älteren Grundgebirge. Darüber folgen in reicher Entwicklung feinkörnige, dünn-schichtige, rote, tonige Sandsteine und vorwiegend der intensiv rote, grünaugige Rötelschiefer in beträchtlicher Mächtigkeit (75—100 m) in den sanft ansteigenden Gehängen bis Wernersberg, Bindersbach, Rinnthal, Gräfenhausen, Eußerthal und Ramberg hinauf. Meist knollenförmige Einlagerungen von schmutzig hellgelbem Dolomit, der sich durch sandig tonige

---

\*) Die eingehendere Schilderung dieser Gesteine bleibt der ausführlichen geologischen Beschreibung der Pfalz vorbehalten.

Beimengungen von eigentlichem Zechsteindolomit unterscheidet, stellen sich in dieser Region ein.

Das Schlußglied dieser jüngeren Region des Oberrotliegenden ist durch das Vorkommen von ein oder zwei schwachen, 0,1—0,2 m mächtigen Bänken eines hellgelblichen, meist kristallinen Dolomites gekennzeichnet, welcher durch den Einschluß charakteristischer Versteinerungen: *Gervillia antiqua*, *Schizodus truncatus*, *Mytilus Hausmanni* u. s. w. sicher als ein Äquivalent des oberen Zechsteins angesehen werden darf. Solche Lagen (z der Karte) wurden zuerst am Hohenberg entdeckt, dann auch an zahlreichen anderen Stellen bei Annweiler, welche die Karte näher angibt, so bei Eußerthal, Waldrohrbach, Silz, Münchweiler, O.-Otterbach, Bundenthal, Schönau, an der Madenburg, bei Edenkoben in der Nähe der Kropfburg u. s. w. wiedergefunden.

Weiter nach Norden verringern sich die Aufschlüsse im Rotliegenden am Ostfuß des Gebirges in auffallender Weise. Am äußersten Rande ziehen sie sich mit den alten Tonschiefer- und Granitaufbrüchen, dieselben überlagernd, von Gleisweiler über Burrweiler bis ins Tal von Edenkoben, dann mit kurzen Unterbrechungen von St. Martin, U.-Hambach, Maxburg ins Neustädter Tal weit hinein. Bemerkenswert auf diesem Zuge ist das Vorkommen von Melaphyr am Schieferkopf und ganz benachbart von einer kleinen Kuppe eines Porphyrs im Tälchen bei O.-Hambach, dessen Aussehen durch die reichliche Ausscheidung größerer Orthoklas- und Quarzkörner in der hellgelblichen und grauen, feinkristallinen Grundmasse mit zum Teil sphärolitischen Absonderungen auffallend von der Beschaffenheit der Porphyre des westlichen Hinterlandes und des Donnersberges abweicht und dem Gestein eine gewisse Ähnlichkeit mit den Porphyren des Odenwaldes verleiht. Eine Kuppe eines petrographisch sehr verwandten Porphyrs ragt, überdeckt von Rotliegendem-Konglomerat in einem Seitenzweig des Neustädter Tals am Silbertalhang oberhalb Lindenberg hoch über die Talsohle empor. Das Gestein ist sehr zersetzt, braunrot und grau gefärbt und zeichnet sich durch die Häufigkeit der eingestreuten Mineralien — Orthoklas, Quarz und minder häufig schwarzen Glimmer — besonders aus. Den Entblößungsstellen des Rotliegenden am Gebirgsrande nahezu parallel sind Konglomerate und Rötelschiefer der großen Verwerfungsspalte entlang, die von Albersweiler über Lambrecht bis über Hardenburg hinausstreicht, reichlich aufgeschlossen sowohl im Gleisweiler-, wie im Madenbach-, in dem Speyerbachtale bei und oberhalb Lambrecht und, wie schon erwähnt wurde, im Tälchen oberhalb Lindenberg. Die letzten Spuren des Rotliegenden an diesem Gebirgsrande wurden bei einer Grundgrabung an einem der letzten Häuser von Dürkheim gegen Grethen zu in Form intensiv roten Rötelschiefers aufgedeckt.

## **Triasbildungen.**

### **Buntsandstein.**

Ogleich im vorausgehenden die stufenweise Gliederung der dem Buntsandsteinsystem angehörigen, die Hauptmasse des Haardtgebirges ausmachenden Sandsteinbildungen bereits im allgemeinen erörtert wurde, so wollen wir doch

zur bequemeren Orientierung in besonderer Rücksicht auf das vorliegende Kartenblatt das Skelett dieser Einteilung hier wiederholen.

### **Gliederung des Buntsandsteins.**

Oben: Muschelsandstein des Muschelkalks mit der Grenzschicht eines sandigen Dolomits.

#### **I. Oberer Buntsandstein.**

##### **a) Obere Stufe:**

1. Bunte, rot, grünlich und graugefärbte Schiefertone und Lettenschiefer, Röt . . . . . 1—5 m
2. Voltziensandstein, feine, lichtfarbige, zum Teil plattige, weiße, rote Bausandsteine . . . . . 12—15 „

##### **b) Untere Stufe (Zwischenbildung):**

3. Rote, buntfarbige, oft violettrote, glimmerführende Sandsteine, zum Teil mit Geröllen und Konglomeratbänken, unten tonig-sandige Lagen mit gelben Dolomitknollen, Manganbutzen und Carneolausecheidungen (Wasserhorizont) . . . . . 40—60 „

#### **II. Haupt- oder mittlerer Buntsandstein.**

##### **c) Obere Stufe:**

4. Hauptkonglomerat oder grobkörnige, geröllführende Sandsteine, mit Carneolbank . . . . . 25—35 „
5. Obere Felsregion, feste, oft geröllfreie, blaßrote Sandsteine mit kugeligen Ausscheidungen . . . . . 5—10 „

##### **d) Mittlere Stufe:**

5. Trippstadt- oder Karlsthalregion, oben weiche Sandlagen, in der Mitte harte, hellrote, felsenbildende Sandsteine mit spärlichen Geröllen, unten tonig-sandige, weichere Lagen (Quellenhorizont) . . . . . 100—120 „
7. Rehbergregion, oben lichtrote, ziemlich weiche Sandsteine mit einzelnen festen Bänken, dann feste, zusammenhaltende, felsenbildende Sande, nach unten grellrote, tonige Sandsteine mit einzelnen festen Bänken (Quellenhorizont) . . . . . 150—200 „

##### **e) Untere Stufe:**

8. Trifelsregion, rote Sandsteinschichten, zur Bildung mächtiger ruinenartiger Felsen geeignet, ziemlich geröllarm (Kaiserslauterer Bausandstein), weichere sandige Lagen (Quellenhorizont), unten abschliessend mit grobem, bunte Gerölle (Urgebirgs- und Porphyrgeschiebe) führendem Sandstein oder Konglomerat (Ecksches Konglomerat) . . . . . 80—100 m

### III. Unterer Buntsandstein.

- |   |         |
|---|---------|
| 9. Intensiv rote, tonige, weiche Sandsteine, dann feste, oft violettrote Bausandsteine (Annweiler oder Leisbühler Sandstein) . . . . .  | 20—25 m |
| 10. Unten intensiv rote, oft grünaugige Lettenschiefer (Leberschiefer) mit zwischengelagertem dünnblättrigem Sandsteinschiefer, zum Teil mit gelben, dolomitischen Linsen und Knollen (Quellenhorizont) | 25—50 „ |

Unterlage: Zechstein.

Während in dem inneren Hauptgebirgstheil, abgesehen von den zahlreichen Verwerfungen, im übrigen in dem Gesteinsaufbau die größte Regelmäßigkeit sich zu erkennen gibt, bietet der äußere Gebirgsrand gegen die Rheinfläche infolge der hier gehäuft auftretenden Verwerfungen und Schichtenstörungen ein Bild sehr verwickelter und unregelmäßiger Lagerungsverhältnisse.

Zunächst ist es die Ausbleichung der Sandsteine innerhalb einer ziemlich breiten Randzone dem Gebirgsfuße entlang (Zone des Haardter Sandsteins), die um so breiter (bis 1,5 km) ist, je zerklüfteter und gestörter die Schichten in der Nähe der Haupttrandspalte sich zeigen. Daher erscheint das Gestein auch in seiner ursprünglichen roten Färbung an Stellen, an welchen hier das ältere Grundgebirge mächtiger entwickelt ist und dem auflagernden Gestein gleichsam einen Schutz gegen Veränderungen gewährt hat, wie z. B. in der Nähe der Gneiskuppe von Albersweiler, wo die rotgefärbten Schichten zwischen Eschbach und St. Johann bis zum Gebirgsrande heranreichen. Es beweist dies zugleich, daß die Ausbleichung keine Folge einer von oben und von Tag aus wirksamen Verwitterung oder Zersetzung ist, sondern durch von unten abstammende Einwirkungen zustande gekommen sein muß. Auch verwischt sich die Erscheinung mit der Entfernung vom Gebirgsrande, wie sich am deutlichsten im Dürkheimer Tal beobachten läßt, in welchem die Sandsteine am Talaustritt in Dürkheim völlig ausgebleicht anstehen, talaufwärts aber mehr und mehr eine rötliche Färbung annehmen und in den großen Steinbrüchen bei Grethen nur noch zu beiden Seiten der die Bänke durchziehenden Spalten gebleicht erscheinen. In dieser Zone der ausgebleichten Schichten finden sich häufig Bänke von festem Sandstein, welche wegen ihrer vortrefflichen Verwendbarkeit zu Baumaterial in sehr zahlreichen Steinbrüchen gewonnen worden. Große Schutthalden, welche durch ihre helle, weißliche Farbe hervorleuchten, lassen schon von Ferne den Zug dieser Steinbrüche dem ganzen Ostrande des Gebirges entlang mit dem Auge verfolgen. Größere Steinbrüche in diesem Sandstein trifft man bei Bergzabern, Klängenmünster, Frankweiler, Neustadt, Haardt, Gimmeldingen, Königsbach, Deidesheim, Hambach, Grethen und Dürkheim.

Was insbesondere die älteste Abteilung des Buntsandsteins (b<sup>1</sup>) anbelangt, welche in den untersten Lagen in Bezug auf Gesteinsbeschaffenheit noch große Ähnlichkeit mit den obersten Schichten des Rotliegenden besitzt und diese auch gleichförmig überlagert, nach oben jedoch mit feinkörnigen, zu Baustein brauchbaren Sandsteinbänken (Annweiler- oder Leisbühler Sandstein)

abschließt, so zeigt sich, daß die Grenze, längs welcher die so charakteristischen Sandsteine bis zu Tag bloßgelegt sind, je weiter nach Norden um so näher dem Gebirgsrande rückt, so daß diese Schichten, so weit sie zu Tag austreichen, nordwärts noch vor dem Dürkheimer Tal in der Überlagerung am Gebirgsrande untertauchen und verschwinden.

Der wegen seines feinen Korns, seiner leichten Bearbeitbarkeit und Wetterbeständigkeit sehr gesuchte Bausandstein wird in zahlreichen Steinbrüchen gewonnen. Solche finden sich am Berggehänge oberhalb Germanshof, im Tal bei Bobenthal, bei der Gehlmühle oberhalb Bergzabern, bei Lindelbrunn, Leinsweiler, Birkenhördt, Bundenthal, Bruchweiler, am Leisbühl bei Annweiler, bei Ramberg, Eusserthal, Lambrecht u. s. w.

Auch an der Nordwestecke unseres Blattes streichen dem unteren Buntsandstein angehörige Schichten im Lautertale zwischen Rotliegendem und dem Hauptbuntsandstein bei Kaiserslautern auf eine kurze Strecke zu Tag aus. Es sind hier neben dem tonigen Leberschiefer lockere, den Annweiler Sandstein vertretende Sande, welche zur Herstellung von Formen für Eisengießereien brauchbar sind (Formsand) und zu diesem Zwecke an mehreren Stellen unterhalb Kaiserslautern gegraben werden. Mit dieser Änderung der Gesteinsbeschaffenheit nach N. und NW. verbindet sich eine noch auffallendere, indem sich in diesen Lagen erst vereinzelt, dann gehäuft Gerölle einstellen, die schließlich sich zu einem förmlichen Konglomerat (Staufer C.) vereinigen. In diesem und in einem damit vergesellschafteten grobkörnigen Sandstein zeigen sich oft lagerförmige Ausscheidungen von Braun- und Roteisenstein stellenweise in beträchtlicher Menge. Im Sandstein bilden sich sehr feste Sandeisensteine, welche, in der Umgegend von Kaiserslautern gewonnen, früher als Pflastersteine Verwendung fanden und auch jetzt noch als Straßenbeschotterungsmaterial benützt werden. Bei den sogen. Erzhäusern unfern Kaiserslautern kommen solche Eisenerzausscheidungen lagerweise so reichlich vor, daß darauf früher ein ausgedehnter Bergbau betrieben wurde. Daher stammt die Ansiedelung und Bezeichnung Erzhäuser. Bezüglich der weiteren Verbreitung des unteren Buntsandsteins verweisen wir auf das Kartenbild.

Bei weitem der größte Teil des Haardtgebirges fällt dem Hauptbuntsandstein in seinen verschiedenen Stufen zu. Die petrographische Beschaffenheit der hierher gehörigen Gesteinsbildungen haben wir bereits in der Einleitung (S. 13) kennen gelernt und auch schon erwähnt, daß die fester gebundenen Lagen des Sandsteins in allen Stufen an fast zahllosen Stellen in Brüchen als Baumaterial gewonnen werden. Besonders ist es die Trifelsregion ( $b^{2a}$ ), welche vortreffliche Bausteine liefert, z. B. in den großen Steinbrüchen von Kaiserslautern, Enkenbach, Fischbach, Hochspeyer (Frankensteiner Wald), Weidenthal (Eisenbahnbruch), Hausen (z. T.), Hardenburg, Lambrecht (Lindenberg, Stenzelberg), Esthal (Aschberg), Edenkoben (Talmühle) u. s. w. Viel seltener und meist nur von geringer Bedeutung sind die Steinbrüche in der Rebberg- und Trippstadtregion, z. B. bei Gleiszellen am Röhlberg, Münchweiler, Merzalben, Waldeiningen, Schopp u. s. w.

Geröllablagerungen, „sogen. Kies“, welche durch Verwitterung der Kon-

glomeratbänke und durch Zusammenschwemmung der in den Sandstein eingebetteten Geschiebe sekundär entstanden sind, trifft man auf den Bergrücken an zahlreichen Stellen. Das Material wird in Kiesgruben (sogen. Kieskaute) wie z. B. am Eschkopf, Steineck, Meisenwald, Hundsberg bei Schmalenberg zur Wegbeschotterung gewonnen.

Sehen wir vorläufig ab von der Abbruchzone am Ostrande des Gebirges, und den zahlreichen Verwerfungsspalten im Innern, welche die ursprüngliche Lagerungsweise des Schichtenbaues vielfach gestört haben, so läßt sich im übrigen nicht verkennen, daß im großen und ganzen die einzelnen Stufen des Hauptbuntsandsteins in ihrer Verbreitung in der Weise ihrem Alter nach aufeinander folgen, daß der ältere Gesteinskomplex (Trifelsregion) dem Ostrande des Gebirges entlang sich hinzieht, während die nächst jüngere Rehbergstufe weiter gegen das Innere nordwestlich vorrückt und das jüngste Glied (Karlstalstufe) auf die noch mehr westwärts liegenden Gebietsteile beschränkt ist. Endlich zeigt sich, um dies gleich hier gelegentlich zu bemerken, der obere Buntsandstein mit dem Muschelkalk noch weiter nach W. und SW. zurückgedrängt, wie dies auf dem westlich anstoßenden Kartenblatt zur Darstellung gelangen wird. Erst jenseits an dem Ostrande des Westricher Karbon- und Permgebietes heben sich dann die älteren Triasglieder stufenweise nach und nach wieder heraus.

Es stimmt diese Anordnung der Schichtenverbreitung im allgemeinen auch mit der Lagerung überein, welche von einer in beschränkten Aufschlüssen kaum wahrnehmbaren, erst an weit ausgedehnten Entblößungen deutlich sichtbaren Neigung der Schichten vom Ostrande des Gebirges gegen dessen Inneres, also von O. nach W. und SW. beherrscht wird und einer großen, flachen Mulde entspricht. Diese keilt sich nach NO., wo das Rotliegende vom Hinterlande bis zur Rheinfläche vorspringt, aus, wie sich dies bereits auch schon auf unserem Kartenblatt durch das Umbiegen der jüngeren Stufenränder von NO. nach NW. und SW. zu erkennen gibt. Damit stimmt auch die Tatsache überein, daß die höchsten Erhebungen des Gebirges nahe am Ostrande liegen.

Diese leicht zu überblickende Anordnung im Schichtenbau der verschiedenen Hauptbuntsandsteinstufen, welche auf dem vorliegenden Kartenblatt so deutlich zum Ausdruck kommt, überhebt uns einer ins einzelne gehenden Schilderung der Verbreitung dieser Glieder.

Etwas anders verhält es sich an der äußersten östlichen Randzone, wo an den dicht nebeneinander streichenden Verwerfungsspalten die verschiedenen Gesteinsstufen in schmalen Streifen eng zusammengedrängt aufeinanderfolgen und in den zur Rheinfläche abgesenkten Schollen die jüngsten Glieder, selbst auch noch Muschelkalk und Keuper zum Vorschein kommen. Es ist hier die Frage, ob man annehmen darf, daß die jüngsten Triasgebilde ursprünglich über alle älteren Glieder auf den höchsten Höhen des Gebirges gelagert waren und von da ab bis zu ihrer gegenwärtigen Stelle herabgesunken sind oder ob sie anfänglich als Teile einer zweiten östlichen Muldenbildung, die bis zum rechtsrheinischen alten Gebirge hinübergereicht hat, angehören, an deren schon an sich tiefer liegendem Westrande sie abgebrochen und niedergezogen wurden.

Es erweist sich dies als wahrscheinlicher, weil im ostrheinischen Gebiet in den gleichen Ablagerungen eine deutliche Einbuchtung mit westlicher Schichtwendung in ebenfalls beträchtlich tiefer Lage sich vorfindet, die den westrheinischen Randgebilden entspricht.

Wir werden durch diese Verhältnisse zunächst dahin geführt, den Einfluß der in unserem Gebirge so großen Verwerfungen auf den Schichtenbau in Betracht zu ziehen, deren Bedeutung und Wichtigkeit schon im vorausgehenden (S. 36) gewürdigt wurde.

Ein Blick auf das Kartenblatt zeigt verständlicher, als dies eine ins einzelne gehende Beschreibung des Verlaufs und der Richtung der verschiedenen Verwerfungsspalten zu leisten vermöchte, welch' weitgreifende und oft beträchtliche Störungen in dem ursprünglichen Schichtenbau längs derselben sich vollzogen haben.

Es sind auch auf vorliegendem Blatte hauptsächlich zwei Richtungen, in welchen die namhaftesten, in dem gleichförmigen Sandsteingebiete freilich oft schwierig zu verfolgenden Verwerfungsspalten verlaufen, nämlich die, welche dem Ostrande des Gebirges mehr oder weniger parallel auf oft beträchtlich langen Strecken fortstreichen, wobei sie oft Ablenkungen, Biegungen und Knickungen erleiden. Diese rheinischen Spalten treten viel zahlreicher am Gebirgsrande, wo sie oft bündelförmig zusammentreffen, als im Gebirgshauptstock auf.

Die zweite Richtung steht beiläufig senkrecht zur ersten und ist im allgemeinen von geringerer Wirkung. Sie zeigt sich häufiger im westlichen Gebiet, wo sie zum Teil als Fortsetzung von den aus dem älteren westlichen Gebirge kommenden Störungslinien sich zu erkennen gibt.

Noch schwieriger als der Verlauf ist die Neigungsrichtung dieser Spalten festzustellen, weil durchweg nur ganz geringe Entblößungen der direkten Beobachtung zugänglich sind. Vielfach ist ihre Neigung eine ganz oder nahezu senkrechte, was sich dadurch zu erkennen gibt, daß die Verwerfungslinien ganz geradlinig verlaufen und ohne Richtungsveränderung tiefe Täler durchqueren. Sonst scheint auch hier die allgemeine Wahrnehmung sich zu bestätigen, daß der Fallwinkel der Spalten sich nach der Weltgegend neigt, wohin der anstoßende Gebirgstheil sich abgesenkt hat. Derartige Beispiele sind zu häufig, namentlich in der östlichen Randzone, um davon einzelne anzuführen. Doch scheinen mitunter auch Änderungen in der Fallrichtung derselben Spalte innerhalb ihres Verlaufs vorzukommen, wie z. B. zwischen Iggelbach und Elmstein. Ob auch Emporpressungen älterer Schichtenreihen auf das Niveau von jüngeren stattgefunden haben (sogen. Wechsel), ist auf jener Strecke Iggelbach-Elmstein wenigstens sehr wahrscheinlich. Wenn Verrückungen von Gebirgstheilen eingetreten sind, so muß angenommen werden, daß sie durch Trennungsflächen ringsum von ihrem Nachbargestein losgelöst waren. Auch in dieser Richtung fehlt es in den meisten Fällen an dem Nachweis solcher allseitigen Abgrenzungsflächen, welche jedoch wahrscheinlich nur durch Verwitterungsschutt unkenntlich der Beobachtung entzogen sind.

Dass bei diesen oft 150—200 m betragenden Verwerfungen, bei welchen die benachbarten Gesteinsmassen aneinander vorbeigeglitten sind, gewaltige Druckkräfte wirksam waren, ist selbstverständlich. Als eine Folge dieser Gleitbewegungen erscheinen an vielen Stellen oft spiegelglatte, wie poliert glänzende Reibungsflächen, sogen. Spiegel, mit Rillen und Streifen in der Verschiebungsrichtung. Meist sind solche Flächen mit einer dünnen, in der Regel weißen Rinde überzogen, welche nicht, wie es den Anschein hat, aus einer etwa durch Reibungswärme erzeugten Glasmasse, sondern nach mikroskopischen Nachweisen an Dünnschliffen aus feinst zermahlenem und durch den Druck wieder zusammengepreßtem Reibungsmaterial (Reibungsbeleg) bestehen. Davon sind Überwindungen mit nachträglich auf den Klüften angesiedelten Mineralien, namentlich von Eisen- und Manganerzen streng zu unterscheiden.

Solche Mineralausscheidungen führen uns zur näheren Betrachtung von Erzvorkommnissen, welche mit der Spaltenbildung in unmittelbarer Beziehung stehen und, wenigstens früher, von großer bergtechnischer Bedeutung waren, nämlich von Blei- und Eisenerzgängen im Gebiete des Buntsandsteins, besonders in den südöstlichen Gebirgstheilen bei Bergzabern.

Bis in neuere Zeit bergmännisch bebaut wurde ein Bleierzgang am Breitenberg bei Erlenbach. Der Gang, welcher in St. 2,2 streicht und mit  $80^\circ$  nach NW. einfällt, ist eine örtliche, bis 2 m breite Erweiterung einer vom Katzental im Elsaß herüberziehenden und weiter fortsetzenden Spalte. Sie ist von Sandsteinbrocken der Nachbarschichten, von Sand und Letten ohne Gangart ausgefüllt und führt zwischen den Gesteinsbrocken angesiedeltes Bleierz, weit vorwaltend Grünbleierz mit wenig Bleiglanz und Wasserbleierz neben Galmei und Brauneisenstein. Die Erze sollen sich in nicht beträchtlicher Tiefe verlieren. Ein ähnlicher Bleierz-, namentlich Bleiglanz- und Weißbleierz führender Gang (sogen. Silbergrube) setzte nahe N. von Bobental auf einer Verwerfungsspalte zwischen unterem und Hauptbuntsandstein auf. Er streicht in St. 5,5 mit Einfallen nach S.

Derselben Gangformation gehören auch die sehr zahlreichen Eisenerzgänge dieser Gegend an, auf welchen das Eisenerz die Hauptmasse bildet und Blei- sowie Zinkerze nur in ganz geringer Menge beibrechen oder ganz fehlen. Die namhaftesten dieser Gänge, deren Erze früher lange Zeit hindurch für die Eisenhütte in Schönau gewonnen wurden, sind jene bei Nothweiler, Schlettenbach und an der Petronell bei Bergzabern. Sie alle streichen in St. 2,5—3 und fallen steil mit  $60—75^\circ$  nach SO. ein. Auch die Gangausfüllung mit Sand, Letten und meist ausgebleichten Sandsteinbrocken ist die gleiche, ebenso die Erzführung. Das Haupterz ist hier Brauneisenstein, derb, meist faserig, oft auf Höhlungen in Stalaktit-ähnlichen, großen Zapfen und Nadeln, auch mit Sand vermengt in kugeligen Knollen; selten bricht Roteisenerz, besonders Eisenrahm, sehr selten Spateisenstein (Petronell) mit ein; ziemlich häufig dagegen gesellt sich Manganerz, besonders Psilomelan, hinzu, der überhaupt auf Klüften und in dentritischen Ansätzen überall im Sandsteingebiete sich vorfindet. Das sehr spärliche Beibrechen von Blei- und Zinkerzen ist bereits oben erwähnt worden. Besonders bemerkenswert ist das Vorkommen von dem seltenen Bleivanadinat

Dechenit (Aräoxen) neben Grünbleierz auf einer Seitenklüft im Tal gegenüber dem Schlettenbacher Eisenerzgang.

Der Schlettenbacher Erzgang, der bedeutendste dieser Gegend, erlangt bei sehr großem Wechsel eine Mächtigkeit von 12 bis stellenweise 20 m dadurch, daß sich mehrere parallele Grundzüge vereinigen; er ist durch den Bergbau bis zu 150 m unter die Talsohle verfolgt worden. Geringer mächtig, 2—6 m, ist der Nothweiler Eisenerzgang und jener an der Petronell bei Bergzabern 1,4—3 m, jedoch mit sehr reichen Erzen. Hier hatten auch Abbauversuche auf dem lagerweise im unteren Buntsandstein eingebetteten Braun- und Sandeisenstein Platz gegriffen.

Nicht an allen Spalten, Klüften und Rissen, welche in größter Häufigkeit die Bänke des Buntsandsteins durchschneiden, haben Schichtenverrückungen stattgefunden. Bei weitem die größte Anzahl dieser Spalten gewinnen nicht jene Ausdehnung, wie die vorhin erwähnten Sprünge, sondern beschränken sich im kleinen und in nur untergeordneter Weise an der Zerstücklung der Gesteinsmassen. Nichtsdestoweniger spielen sie in Bezug auf die Ausgestaltung der Oberfläche und auf die, wie wir wissen, oft sehr eigenartige Felsbildung eine große Rolle. Zunächst bemerken wir, dass im grossen und ganzen sie in zwei Hauptsystemen nahezu dieselbe Richtung einhalten wie die großen Verwerfungsspalten, also ungefähr von SW. nach NO. und von SO. nach NW. in meist senkrechten Schnitten verlaufen. Es kommen zwar auch häufig noch andere Klüft-richtungen vor, aber solche sind nur von örtlicher Bedeutung.

Das, was als Folge dieser Spaltenbildung vor allem ins Auge fällt, ist die würfelartige Zerstücklung und Absonderung der Gesteinsmassen im großen und kleinen durch solche parallel verlaufende Risse. Die Steinbrecher bezeichnen diese als „Lassen“, welche, wenn sie nicht zu häufig sind, die Steinbrucharbeit wesentlich erleichtern.

Dass auf solchen Spalten am leichtesten das Tagwasser versitzt, ist an sich verständlich; damit verbindet sich nun weiter auch eine chemische und mechanische Einwirkung auf die Klüftwände, namentlich in weicheren Schichtenlagen; es treten Zersetzungs- und Verwitterungserscheinungen auf, welche schließlich zu der Zerstörung und Ausnagung gewisser angreifbarer Felsteile führen und wesentlich zur Ausgestaltung der Oberfläche, namentlich zur Bildung jener Ruinenartigen Felsgruppen, deren pittoreske Formen zu bewundern so häufig im Haardtgebirge, namentlich in der Umgegend von Dahn, sich Gelegenheit bietet. In vielen Fällen schreitet die Zerstörung der Gesteinsmassen so weit fort, daß die festeren Bänke unterwaschen werden, zusammenstürzen und zu einem Haufwerk von oft riesigen, wirr durcheinander liegenden Blöcken, sogen. Felsenmeeren, aufgetürmt werden, oder als vereinzelte harte Felsblöcke, sogen. Findlinge, die als vortreffliches, wetterfestes Baumaterial sehr abgesucht sind, auf den Berggehängen verstürzt liegen. Fast alle größeren Felsgruppen werden am Fuße von einem Trümmerhaufen solcher Blöcke umringt, wie z. B. der Gipfel der Gr. Kalmit, des Trifels, Drachenfels, beim Schloß Altdahn, Jungfernsprung, an der Wegelnburg, am Gr. Igelschütt, Alschberg u. s. w.

Auch zur Talbildung haben die Gesteinsklüfte, namentlich die weit

fortziehenden Hauptverwerfungsspalten beigetragen; nicht als ob die Täler einfach solche Spalteneintiefungen wären, letztere aber haben häufig die erste mechanische Ausnagung veranlaßt und begünstigt und auf diese Weise den anfänglichen Grund zu vielen Tälern gelegt, die durch weitere Auswaschungen nach und nach erweitert und vertieft ihre jetzige Ausgestaltung erhalten haben. Dies bestätigt der auffallend häufig wiederkehrende Verlauf der Gebirgstäler, welche von der NO.—SW. und NW.—SO.-Richtung beherrscht werden.

Die Täler sind die Sammelrinnen der Gewässer, welche sich aus sehr zahlreichen aber meist wenig ergiebigen Gebirgsquellen zu Bächen und Flüssen vereinigen. Wir haben bereits im vorausgehenden innerhalb der verschiedenen Gesteinslagen, welche die Hauptmasse der Haardt aufbauen helfen, mehrfach Schichten kennen gelernt, welche wegen ihrer tonigen und von oben niedersickerndes Wasser am weiteren Eindringen verhindernden Beschaffenheit den sich auf ihnen sammelnden Gewässern zur Unterlage dienen und dieselbe an geeigneten Stellen zu Tag leiten. Es sind dies sogen. *Quellenhorizonte*, unter denen als die bedeutendsten und ergiebigsten sind: die Grenzregion zwischen Rötelschiefer des Rotliegenden und Leberschiefer des unteren Buntsandsteins, dann zwischen unterem und Hauptbuntsandstein, in letzterem die unteren tonigen Schichten in der Rehbergstufe, ferner tonige Lagen unter der Felsregion der Trippstadtstufe und insbesondere wasserhaltende Lettenlagen in den tieferen Schichten des oberen Buntsandsteins. Zu ersteren gehören zahlreiche Quellenzuflüsse der Talungen zwischen Weißenburg und Annweiler bis hinauf nach Erlenbach, Rinnthal, Vorder-Weidenthal, Gräfenhausen, Ramberg, Modenbacherhof u. s. w. Etwas höher gelegen sind die Quellenergüsse zwischen unterem und Hauptbuntsandstein, z. B. der Bärenbrunn bei Erfweiler, der Queichursprung oberhalb Hauenstein, Felsenquellen oberhalb Eußerthal, die für die Wasserversorgung von Landau gefaßt sind. Zahllos sind die Ergüsse auf tonigen Zwischenschichten des Hauptbuntsandsteins, z. B. auf den Höhen rings um den Eschkopf-, der Well-, Mosis-, Erlen-, Felsen-, Kessel-, Jäger- Arm-, Meisel-, Christel- und Kaltenbachbrunnen, ferner der Gendenbrunnen bei Lampertskreuz, der Lauterursprung u. s. w. Eine gewisse Berühmtheit hat die Felsenquelle am Rehberg bei Annweiler erlangt, weil in der Gegend die Vorstellung herrscht, daß sie aus einem höher gelegenen Gebirgstheil durch eine unterirdische Zuleitung von weit her gespeist werde, weil der isolierte, kegelförmige Rehberg das Wasser nicht liefern könnte. Daß diese Annahme irrig ist, ergibt sich deutlich aus der Tatsache, daß hier die tonreichen Schichten an der unteren Grenze der Rehbergstufe als wassertragende Lage und Quellenhorizont nachgewiesen sind. Ein ergiebiger Quellenhorizont zwischen Haupt- und oberem Buntsandstein breitet sich südlich von Trippstadt bei Schmalenberg (Waschhausbrunn) und Heltersberg (Haselbrunn) aus.

Doch nicht alle auf wassernichtdurchlassenden Schichten gesammelten unterirdischen Wasserzüge liefern zu Tag ausfließende Felsenquellen. Viele solcher Austrittsstellen sind von Gehängeschutt bedeckt, indem das dem unterirdischen Lauf entquellende Wasser sich verteilt, oft nur durch feuchte, zuweilen moorige Stellen sich verrät oder tiefer an dem Gehänge oder selbst

erst in benachbarten Taleinschnitten, wo tonige Alluvionen liegen oder querziehende Felsrippen eine aufstauende Barre bilden, wieder zum Vorschein kommt.

Fast jedes Tal und Tälchen liefert Beispiele dieser Art von Quellenerguß. Solche Talquellen sind gegenüber den Felsenquellen dadurch kenntlich, daß ihre Temperaturen starken Schwankungen unterliegen, während letztere ziemlich konstant die mittlere Jahrestemperatur ihres Ausflußpunktes, also ungefähr  $9^{\circ}\text{C}$ ., haben.

Eine zweite Art von Quellenbildung ist an das Auftreten von Spalten geknüpft. Es bedarf keiner näheren Erläuterung, daß das von Tag in das Gestein eindringende Meteorwasser sich um so leichter auf den die Schichten durchziehenden Klüften und Spalten sammelt und auf denselben niedergeht, je größer die Spalten sind. Das auf solche Weise vereinigte Wasser wird dann da, wo die Klüfte etwa von lehmigen Massen verstopft sind oder wo sie tiefe Taleinschnitte durchschneiden, zu Tag ausfließend eine Quelle liefern. In der Regel sind solche Spaltenquellen viel beständiger und wasserreicher als die Schichtquellen. Die namhafteste derartige Quelle ist jene nördlich von unserem Blatt liegende in Altleiningen. Ähnliche Wasserergüsse, wenn auch weniger ergiebig, finden sich z. B. am Morschbacherhof bei Weidenthal und dem Goldbrunnen bei Esthal auf der großen Iggelbach-Elmsteiner Verwerfungsspalte, dann bei Hausen, Lambrecht, am Mosisbrunnen bei Hofstätten, ferner bei Wilgartswiesen im Seitentälchen, ebenso bei Darstein, Vorder-Weidenthal, St. Johann, Gleisweiler u. s. w.

Das Wasser unseres Haardter Sandsteingebirges zeichnet sich durch seine fast chemische Reinheit aus und besitzt demnach eine „weiche“ Beschaffenheit in hohem Grade.

### **Oberer Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper und Lias in der Ostrandzone.**

Es ist im vorausgehenden schon wiederholt erwähnt worden, daß am Ostrande des Haardtgebirges, wo dasselbe mit zahlreichen durch längs und quer verlaufende Spalten zerstückelten, verworfenen und abgesenkten Schollen steil zur Rheinfläche abfällt, abweichend von der Zusammensetzung im Innern des Gebirges eine Reihe jüngerer Triasgebilde auftaucht, welche wesentlich an der Zusammensetzung dieser Abbruchzone beteiligt ist. Es erscheinen hier sowohl im Anschluß an jüngere Glieder des Hauptbuntsandsteins unvermittelt als auch den älteren Bildungen angelehnt und von diesen durch Verwerfungsspalten abgetrennt, oberer Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper und bilden streckenweise den Fuß des Gebirges und staffelförmig angeschlossene Vorberge, genau ebenso, wie dies weiter südlich im Elsaß der Fall ist, von wo aus der Zug dieser Triasstreifen bei Weißenburg unmittelbar und fast unverändert in unser Gebiet fortsetzt. Wir dürfen uns bei der Schilderung der hier obwaltenden Verhältnisse daher auf die weit ausgedehnten Vorkommnisse im Elsaß beziehen. Auch in der Pfalz sind es nur einzelne, vielfach abgerissene und unterbrochene, meist in sehr steiler Schichtenstellung abgesenkte und verstürzte, schmale Schollen, denen wir hier in reicher Schichtenausbildung begegnen.

Wenn wir von Weißenburg aus, wo noch das Elsässer Gebiet über die Lauter herübergreift, nordwärts den Zug der jüngeren Triasbildungen weiter verfolgen, so stoßen wir an zwei Stellen auf fortsetzende Streifen derselben. Der eine zeigt sich zwischen mehreren tiefer im Gebirge verlaufenden Nebenspalten an der Straße von Klimbach nach Bobenthal, wo dicht an der Landesgrenze eine kleine Scholle von Muschelsandstein neben Fetzen von oberem Buntsandstein bis ins bayerische Gebiet herein reicht. Auch die südöstlich anstoßenden Höhen des Siebentels und Alschberges sind als abgesunkene Gebirgsteile zu betrachten, da diese vom oberen Buntsandstein bedeckt werden. Der zweite Hauptstreifen zieht sich zunächst nördlich von Weißenburg aus dem Elsaß bei St. Paul längs der Hauptverwerfungsspalte über die Grenze und reicht bis über Rechtenbach hinaus. Die Aufschlüsse sind hier höchst spärlich, doch lassen sich an einzelnen kleinen Entblößungen sämtliche Stufen und Abteilungen vom oberen Buntsandstein bis zum obersten Muschelkalk nachweisen.

In gleicher Zusammensetzung hebt sich nördlich vom Otterbach der Zug dieser schmalen Triasschollen aus dem Gehängeschutt und der Überdeckung zu Tag gegen die mehr westlich streichenden Verwerfungsspalten, noch verstärkt durch die in regelmäßiger Folge unterlagernden Schichten des Hauptbuntsandsteins (meist in der ausgebleichten Facies) und nördlich von der Winzenmühle am Dierbachberg noch vervollständigt durch die Anlagerung von Lettenkohlenkeuper. Schon hier beginnt infolge paralleler Absenkungsspalten eine Verdoppelung der Randstreifen, erst in den Schichten des Buntsandsteins, dann nordwestlich von Bergzabern auf beiden Seiten des Horbachtals oberhalb Pleisweiler bis in den oberen Muschelkalk reichend. Diese Zone ist durch mehrere der Hauptspalte parallele, oft in Krümmungen sich wieder vereinigende Verwerfungen und durch einige querverlaufende Spalten sehr gestört. Die Schichten neigen sich in der Hauptsache nach O. und SO. mit 30—90°. Bemerkenswert ist, daß in der höheren Stufe des oberen Buntsandsteins hier die intensiv gefärbten Schiefertone des Röts 3—5 m mächtig über dem plattigen Voltziensandstein sich deutlich von dem überlagernden Muschelsandstein abheben. In dem bis über 200 m mächtigen Muschelkalk lassen sich trotz der schmalen Streifen, in welchen sie zu Tag treten, da oder dort die sämtlichen Unterabteilungen des Elsaß-Lothringer Triasgebietes wieder erkennen von dem meist ziemlich mächtigen Muschelsandstein (30—40 m) an durch die typischen Wellenkalkschichten mit Schaumkalk-, Myophorien- und Terebratula-Bänken zum Zellenkalk und den dolomitischen, zum Teil rötlich gefärbten Mergelschichten der mittleren Stufe bis zu den zwei deutlich entwickelten Abteilungen des oberen Muschelkalks — den Trochiten- und Ceratitenkalken. So z. B. an den Heidenäckern bei O.-Otterbach, am Eulenkopf und Wacholderbusch bei Pleisweiler, am Sohlborn bei Bergzabern u. s. w.

Zwischen den Taleinschnitten des Gleishorbaches und des Klingebaches oberhalb Klingenmünster setzt die hier wieder einfache Zone der jüngeren Triasbildungen, begleitet von einem ziemlich breiten Streifen von Lettenkohlen- und Gipskeuper, in nordöstlicher Richtung fort. Hier fallen die Schichten am Lehnberg zwischen Gleishorbach und Gleiszellen in St. 11—12 mit 30—40°

und bieten oberhalb der Dionysiuskapelle ein fast ununterbrochenes Schichtenprofil. Dasselbe beginnt im Hangenden gegen den Fuß des Berges mit

1. buntfarbigen Gipskeuperschichten, darunter
2. Lettenkohlschichten des untersten Keupers.
3. Trigonoduskalk, wechselnd dicke und dünne, sehr feste, fast kristallinische Kalke mit *Trigonodus*-Einschlüssen — eine sehr beachtungswerte Bildung, die an jene in Franken und Lothringen sich anreihet.
4. Versteinerungsreiche, dünnplattige, lichtgraue Kalke und untergeordnet weiche Mergel mit *Ceratites nodosus* (Ceratitenschichten).
5. Dickbankige, hellgraue, dichte Kalke, voll von Trochitenstilen (*Encrinurus liliiformis*) und Hornsteinknollen (Trochitenkalk); 4 und 5 machen den oberen Muschelkalk aus.
6. Mittlerer Muschelkalk (Anhydritstufe), gelblichgraue, dolomitische Mergel, ebenflächige, dolomitische und großzellige, poröse Kalke oder Dolomite.
7. Wohlgeschichtete, dünnplattige und dickbankige, zum Teil wellig gebogene Kalke oben mit Lagen, die zahlreich *Myophoria orbicularis* enthalten, wechselnd, während in den unteren Bänken neben vielen anderen organischen Einschlüssen besonders häufig Exemplare von *Terebratulula vulgaris* vorkommen (typischer Wellenkalk).
8. Muschelsandstein, gelblichgrau, unten abschließend mit einer dolomitischen, oft gelblichbraunen Bank.
9. Intensiv rote Lettenschiefer (Röt des oberen Buntsandsteins).
10. Rote Sandsteinplatten der Voltziensandsteinregion).

Nördlich von Klängenmünster ist auf eine weite Strecke die Fortsetzung dieses Zuges, wie es scheint, oberflächlich von Schutt verhüllt. Nur schmale, kleine Schollen von Voltziensandstein, unterem und mittlerem Muschelkalk reichen am Neukastelhof bei Leinsweiler, wo auch buntfarbige Lettenschiefer des oberen Keupers auftauchen, dann an der Sommermauer bei Ransbach und bei Birkweiler bis zu Tag auf. Dagegen breiten sich namentlich die Keuperschichten zu beiden Seiten des Queichtales bei Siebeldingen verhältnismäßig mächtig aus. Diesen schließen sich hier in der Nähe der Ziegelhütte am Ohrenberg Liasablagerungen an, die leider nur nach den aus den Weinbergen herausgegrabenen Stücken bekannt sind. Um es gleich hier zu bemerken, kündigen zahlreiche, in den grauen, mergeligen Kalken enthaltene Versteinerungen sowohl das Vorkommen von unteren (Gryphaeen-), wie mittleren (Margaritatus-) Lias-Schichten, nach Art der Liasbildungen im Unterelsaß bei Weißenburg und im Klettgau, an. Einzelne Erfunde von *Monotis substriata* deuten auch auf das Auftreten von oberem Lias hin.

Bei Ransbach und Birkweiler stößt man auf sandige und tonige, tiefgraue Lettenkohlschichten, die sich einerseits auf Muschelkalk auflegen, andererseits von einem hellgelben, drusigen Dolomit mit *Myophoria Goldfussi*, dem sogen. Grenzdolomit entsprechend, bedeckt werden. Sie fallen mit 30—40° nach St. 10 1/2 südöstlich ein. Am Südrande des Queichtales ziehen graue, tonige und sandige Schichten in der sogen. Kästendell bei der Kindinger Mühle unsere Aufmerksamkeit auf sich. Das Ausgehende kohliger, mulmiger Zwischen-

lagen und das Vorkommen von Asphalt auf Gesteinsklüften gaben Veranlassung, hier einen Versuchsstollen nach Steinkohlen zu treiben. Man stiess auch auf stellenweise 35 cm starke Pechkohle, die aber nur nesterweise vorkommt und sonst durch eine schwarze, kohlige Mulmlage ersetzt wird. Schlecht erhaltene Reste von *Equisetum* und *Pterophyllum* weisen auf Schilfsandstein hin, wie dies auch durch die Lagerung zwischen dem darunter auftretenden Gipskeuper und den darüber vorkommenden Berggipsschichten bestätigt wird. Diese Versuche nach Kohlen müssen als mißglückt und hoffnungslos bezeichnet werden; die aufgeschlossenen Schichten sind wellig gebogen und fallen mit 7—10° in St. 10 südöstlich und nordwestlich ein.

Daß der Anflug von Asphalt auf den Gesteinsklüften mit diesem Auftreten kohligter Flöze nicht in Beziehung steht, ist zweifellos, aber nichtsdestoweniger sehr bemerkenswert, weil dadurch auf das Erscheinen von Petroleum hingewiesen wird, dessen Vorkommen wir später noch näher kennen lernen werden.

Auf der Nordseite des Queichtales breiten sich die Keuperschichten zwischen Albersweiler, St. Johann und Siebeldingen weiter aus, sind aber durch mehrfache Verwerfungsspalten zerstückelt und sehr gestört. Das älteste hier entblöbte Triasglied ist der entfernt vom Gebirgsrande zwischen Siebeldingen und dem Geilweilerhof austehende, Hornstein-führende und an organischen Überresten, namentlich an Fisch- und Saurierzähnen, reiche obere Muschelkalk. Demselben legt sich ostwärts ein Streifen von Lettenkohlschichten mit der Grenzdolomitbank an und weiterhin folgt auf diesem der Gipskeuper, während nordwärts, durch eine Verwerfung getrennt, erst Gipskeuper mit Steinmergelbänken, welche *Estheria laxicosta* umschließen, darüber dann Schilfsandstein, Berggips mit sogen. Steimpseudomorphosen nach Steinsalz und, bis gegen Frankweiler ausgedehnt, rote und graue Lettenschiefer mit zahlreichen hellfarbigen Steinmergelbänken, namentlich in Gräben bis zu Tag ausgehen. Dieselben Schichten wiederholen sich östlich von Albersweiler gegen St. Johann und Siebeldingen hin. Hier wurden in einer oolithartig ausgebildeten Steinmergelbank des bunten Keupers mehrere Versteinerungen entdeckt, wie *Avicula gansingensis*, *Cyclas keuperina*, *Corbulen* und *Naticen*, wie solche den sogen. Ochsenbacher Schichten in Württemberg eigen sind. Auch Steinmergelbänke nach Art der sogen. Lehrbergschichten Frankens stellen sich hier im Berggipskeuper ein. Ein kleiner Aufbruch am Fuß des Kittenbergs bei Gleisweiler läßt Schichten des Wellenkalks, des mittleren und oberen Muschelkalks erkennen.

Von diesem höchst interessanten Aufschluß an dem Queichtal fehlen uns weiter nördlich am Fuße des vom ausgebleichten Buntsandstein gebildeten Steilabfalles die Spuren von vorgelagerten jüngeren Triasbildungen bis nach Neustadt hin. Hier tauchen hoch oben am sogen. Haardter Schlöbchen Schichten des oberen Muschelkalks in beiden Stufen auf, unterlagert von dolomitischen Mergeln des mittleren Muschelkalks. Ein jetzt verlassener Steinbruch am sogen. Vogelgesang lieferte gut erhaltene Kronen von *Encrius liliformis*. Bruchstücke dieses oberen Muschelkalks breiten sich über den steilen

Abhang bis zu den Häusern von Neustadt aus. Eine Begleitung von Keuperbildungen fehlt hier. Soweit das vorliegende Blatt Speyer nach Norden reicht, sind weder über Tag, noch in den zahlreichen Bohrbrunnen Muschelkalk oder Keuperablagerungen aufgefunden worden mit Ausnahme einiger kleiner Schollen am Pechsteinkopf und im Odinstal bei Forst, wo dieselben sich an das Auftreten des Basaltes anschließen. Obgleich das Hervorbrechen von Basalt in die Tertiärzeit fällt, soll gleich hier wegen der engen Verbindung desselben mit den Triasbildungen und den Verwerfungsspalten der Randzone das Vorkommen dieses nur an dieser einzigen Stelle in der Pfalz bekannten Gesteins näher beschrieben werden. Der Ausbruchspunkt des Basaltes fällt nicht an den äußersten Rand des Gebirgsabbruchs, sondern findet sich tiefer in der Abbruchzone, etwa 7,5 km von dem äußersten Gebirgsfuss am sogen. Pechsteinkopf entfernt, an einer Stelle, wo mehrere parallel nebeneinander verlaufende Längsverwerfungsspalten mit solchen, welche in St. 3 gegen den Gebirgsrand abgelenkt sind, sich durchschneiden und eine großartige Zerstücklung der meist ausgebleichten Sandsteinschichten bewirkt haben.

Der Basalt gehört zu der Gruppe der Limburgite, deren Grundmasse aus Glas mit mikrolithischen Augitnadelchen besteht, während größere Augitkristalle, Olivinbutzen und Magneteisen darin eingestreut liegen.

Die Basaltkuppe ist durch ein Tälehen in zwei Partien getrennt und in beiden durch große Steinbrüche aufgeschlossen. Auf der Nordseite des Tals bildet derselbe prächtige, aufrechtstehende, hohe Säulen und wird nach außen erst von einer blasigen Mandelsteinhülle, darüber von stark zersetztem Tuff, voll von mehr oder weniger vollständig veränderten, oft Porzellanjaspis-artigen Muschelkalkbrocken überkleidet. Unmittelbar neben dem Basalt streicht ein schmaler Streifen gleichfalls veränderter Muschelkalkschichten zu Tag, die dann bis in das benachbarte Odinstal hinüberreichen, wo sich ihnen schmale Lagen von buntem Lettenschiefer, Voltziensandstein und der tieferen Region des oberen Buntsandsteins anschließen.

Obere Buntsandsteinschichten mit unterlagerndem Hauptkonglomerat tauchen in ganz schmalen, mehrfach quer abgebrochenen Streifen am äußeren Gebirgsrande vom Hahnenbühl bei Forst bis Dürkheim, längs der Hauptverwerfungsspalte, auf.

Mit dem Auftreten der jüngeren Triasglieder in der Randzone der Haardt und der großen Abbruchspalte des Gebirgs gegen die Rheinfläche steht auch das Hervorbrechen von Kochsalz-haltigen Quellen, sogen. Sole, bei Dürkheim in engster Beziehung. Man kennt das Auftreten solcher allerdings sehr geringhaltiger Solquellen an zahlreichen Stellen in und bei Dürkheim. Die reichhaltigsten ( $1/2$ — $1\frac{1}{2}$ %) wurden früher auf der Saline daselbst gradiert und zu Kochsalz versotten. Jetzt dient dieses Salzwasser nur noch zu Kurzwecken, zu Bädern, zur Herstellung von Mutterlauge und in den Gradierwerken zur Erzeugung von verstäubtem Wasser, welches die Luft längs der Gradierwerke mit heilsamen Kochsalz, sowie Jod- und Brom-haltigen Salzen schwängert.

Das Vorkommen von Muschelkalk, dessen mittlere sogen. Anhydritstufe an

schr vielen Stellen Steinsalzablagerungen enthält, am Rande des Gebirgs hat zur Annahme geführt, daß der Salzgehalt der Dürkheimer Solwässer einer in die Tiefe abgesunkenen Muschelkalkscholle ihren Ursprung verdanke. Dieser Ansicht widerspricht aber der Mangel an Sulphaten, namentlich an Gips, die den aus Kalkschichten stammenden Solen nirgends fehlen. Auch wurden in den bis zu den alten Schieferlagen des Untergrundgebirges niedergebrachten Tiefbohrungen keine Muschelkalkschichten angetroffen. Erinnern wir uns aber, daß in dem Keuper bei Siebeldingen an der Queich Steinpseudomorphosen nach Steinsalzwürfeln angetroffen werden und daß die Keuperschichten in dem benachbarten Lothringen reiche Steinsalzablagerungen enthalten, welche von den Salinen daselbst, z. B. in Dieuze, benützt werden, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß bei Dürkheim die Sole aus solchen fast kalkfreien Keuperschichten, die, vor der großen Abbruchspalte abgesunken, in der Tiefe vorhanden sein können, stammen.

### **Quartäre und noväre Ablagerungen im Haardtgebirge.**

Tertiäre Bildungen jeder Art sind von dem Innern des Haardtgebirges ausgeschlossen. Letzteres bildete zur Tertiärzeit ein geschlossenes Ganzes, in dem selbst Taleinbuchtungen oder größere Eintiefungen noch nicht vorhanden waren. Erst in der nachfolgenden Quartärperiode begannen die Ausfurehungen von Tälern und Tälchen, welche sich nach und nach vertieften. Der Hauptsache nach blieb auch während dieses Zeitabschnittes der Hauptgebirgsstock über der Fluthöhe der Gewässer, welche in der anstoßenden Rheintalfläche so großartigen quartären Ablagerungen das Dasein gaben, erhaben. In die Täler des Gebirges konnten daher damals die diluvialen Gewässer, wenige Fälle ausgenommen, nicht vordringen. Was sich innerhalb des Gebirges an Bildungen vorfindet, welche man als quartäre ansprechen darf, beschränkt sich auf ganz örtliche Vorkommnisse auf Talterrassen, welche die geringe Tiefe der stellenweise 50 m über der jetzigen Sohle gelegenen Taleinschnitte zur Quartärzeit bezeichnen und auf welchen durch Aufstauungen irgend einer Art ein reichlicher Absatz von aus den Buntsandsteinschichten ausgewaschenen Rollstücken, Gesteinstrümmern und tonigem Schlamm stattfinden konnte. Solche Ablagerungen von Geröll, grobem Sand und Sandsteinbrocken, häufig bedeckt mit einer lehmig-sandigen Lage, begleiten in kleinen Flecken fast alle Taleinschnitte. Eigentliche Lehmmabsätze beschränken sich auf den unteren Teil der Gebirgsbäche, wo sie im Leber- und Rötelschiefergebiete eingeschnitten sind. Daß die Verwitterung der Felsmassen schon zur Diluvialzeit stattgefunden hat und massenhaften Sand- schutt und Felsblöcke (sogen. Findlinge) über die Gehänge ausgebreitet hat, ist nicht zweifelhaft. Aber die Unterscheidung dieses Gehängeschutts von den Verwitterungserzeugnissen der Gegenwart ist untunlich.

Geröllablagerungen, die auf den Höhen verbreitet sind und deren Material in sogen. Kieskanten häufig zur Straßenbeschotterung Verwendung findet, und lehmige Erde in ihrer Nachbarschaft dürften diluvialen Alters sein. Sie sind das Verwitterungs- und Abschwemmungsprodukt geröllreicher Sandsteinlagen oder Konglomerate und der tonigen Zwischenlagen. Nördlich und nord-östlich von Kaiserslautern und bei Hochspeyer bedecken eigentümliche hell-

braune Lößlagen und ihm ähnliche Lehme mit Sanden die Berghöhen in beträchtlicher Ausdehnung. Sie hängen mit ähnlichen Ablagerungen zusammen, deren Ursprung und Beschaffenheit sich erst bei der Beschreibung der nördlich anstoßenden Blätter klarlegen läßt. Doch ist hier vorläufig zu bemerken, daß diese Lößablagerungen an der nordwestlichen Ecke unseres Blattes nicht etwa von Fluten abstammen, welche durch das Speyerbach- oder Isenachtal direkt von der Rheinfläche her bis hierher vorgedrungen waren, sondern mit dem Absatzgebiet der Nahe, Lauter und Alsenz in Verbindung stehen. Eine sehr bemerkenswerte Erscheinung bietet sich uns an der Talecke, wo das Lindenberger Seitentälchen in die Speyerbachvertiefung einmündet. Hier findet sich auf einer Hochterrasse eine mächtige Ablagerung von Geröll, Sand und Sandsteintrümmern, bedeckt von ganz typischen, Conchylien-reichen, rheinischen Lößlagen, wodurch bewiesen wird, daß bereits zur Quartärzeit wenigstens an einzelnen Stellen Taleinschnitte vorhanden waren, welche von der Rheintalseite her durch die hier tätigen geologischen Vorgänge erreicht werden konnten.

Als Novärgebilde machen sich die durchweg sandigen, selten lehmigen Alluvionen der Talsohlen bemerkbar, welche, gehörig bewässert, mit viel ergiebigen Wiesen geschmückt sind. Eine großartige Rolle spielt der Gehängeschutt, der, früher und auch jetzt noch andauernd durch Verwitterung, Zersetzung und Verschwemmung erzeugt, aus lockerem, über die meist steilen Gehänge ausgegossenem Gesteinsschutt der Buntsandsteinschichten besteht, in dieser Form weitaus die größte Fläche des Gebirges bedeckt und die im Untergrund anstehenden Gesteinsschichten verhüllend nur hier und da einzelne festere Bänke als Felsgesimse hervortreten läßt. Er macht die eigentliche Grundlage des prächtigen Pfälzer Waldes aus, der mit geringen Unterbrechungen alle Höhen der Haardt überkleidet. Dieses fast rein quarzsandige, nur mit geringen tonigen Teilen vermengte Verwitterungsprodukt eignet sich, wenn auch humöse Teile hinzutreten, vortrefflich zu Waldboden, viel weniger gut aber zu Ackerland, das nur dürftige Erträgnisse an Kartoffeln, Roggen und Hafer liefert. Hieher gehören auch die schon früher beschriebenen Felsenmeere als wenigstens teilweise Erzeugnisse der Jetztzeit.

Versumpfungen sind im Haardtgebiete selten anzutreffen und nur an wenigen Talstellen gehen sie in Torfgründe über, wie im Saarthal bei Fischbach, am Moosbach bei Dahn, bei Weidenthal, im Porzbachthal bei Erlenbach.

### **Rheinfläche.**

Im Gegensatz zu dem hochaufragenden Haardtgebirge nehmen an der Zusammensetzung des Untergrundes der pfälzischen Rheinfläche bis zu den unmittelbar an den Gebirgsfuß angeschlossenen Vorbergen und -Hügeln nur jüngere Bildungen der Tertiär-, Quartär- und Neuzeit Anteil. Selbst unter den tertiären Ablagerungen sind es nur solche, welche aus dem mittleren Zeitabschnitte dieser Periode stammen; eocäne Schichten kommen hier nicht vor und auch die oligocänen, miocänen und pliocänen Schichten beschränken sich auf verhältnismäßig geringere Verbreitungsgebiete.

### Oligocäntertiärer Meeressand, Küstenkonglomerate und Cyrenenmergel.

Im Unterelsaß reichen die unteroligocänen, grünlichgrauen Mergel bis dicht an die Grenze der Rheinpfalz und es ist wahrscheinlich, daß ähnliche Mergel am Talrande nördlich von Weißenburg gegen Schweigen bis Rechtenbach und am Windhof, dann solche, welche man früher bei Schaidt als Töpferon gegraben hat, damit gleichalterig sind. Doch müssen wir wegen des Mangels an organischen Einschlüssen diese Annahme unentschieden lassen.

Dem mitteloligocänen Weinheimer Sand entsprechende grobsandige und trümmerige Ablagerungen mit charakteristischen organischen Überresten begegnen wir von Süden her zum erstenmal am Fuß der Madenburg bei Klingenstein.

Das trümmerige Gestein besteht aus grobem und feinem Sand mit Brocken von Muschelkalk und Buntsandstein in teils festen, teils lockeren Bänken, die infolge von Verrutschungen unter 10—15° nach SO. geneigt sind. Unter den charakteristischen organischen Einschlüssen sind Austerschalen (*Ostrea cyathula*) und Fischzähne (*Lamna cuspidata*) am häufigsten; daneben finden sich Reste von *Pectunculus* (*P. obovatus*), *Cytherea*, *Corbula* u. s. w.

Petrographisch ähnliche Trümmerablagerungen, die in wahre Sandsteinkonglomerate übergehen, die sogen. Küstenkonglomerate haben bis jetzt keine organischen Einschlüsse geliefert, vertreten aber längs dem Gebirgsfuß an sehr zahlreichen Stellen das Mitteloligocän. Solche Gebilde setzen gleich nördlich von Weißenburg zum Teil den Worm- und Hafenberg bei Schweigen und den Schanzberg bei Rechtenbach zusammen. Weiter bilden sie die Hügel zwischen Pleisweiler, Oberhofen und Gleishorbach, ebenso bei Eschbach und Leinsweiler und nehmen bei Ranschbach bis oberhalb Birkweiler breiten Raum am Sommermauerberg, Kästenbusch und am dem Fuß des Tischbergs ein. In geringer Ausdehnung findet sich das Konglomerat, bedeckt von Schutt und Blockhaufwerk, über den bunten Keuperschichten bei Frankweiler abgelagert. Vielleicht steht damit das Auftreten von Petroleum in einem Brunnen in Frankweiler, welches wir an dieser Stelle erwähnen wollen, in näherer Beziehung. Es ist bekannt, daß eine reiche Petroleumlagerstätte in dem benachbarten Elsaß, namentlich bei Pechelbronn und Lobsann ausgebeutet wird. Man vermutete, daß die das Öl führende Zone weiter nördlich fortsetze; indes haben zahlreiche Bohrversuche bei Weißenburg zu keinem günstigen Ergebnis geführt. Daß aber trotzdem das bisher noch nicht sicher ermittelte tiefe Petroleumreservoir am Gebirgsrande bis in die Pfalz sich forterstrecke, ist durch den Fund in Frankweiler unzweideutig nachgewiesen und es läßt sich hoffen, daß auch hier durch eine glückliche Bohrung ergiebige Petroleumquellen aufgefunden werden. Bis jetzt (Herbst 1896) haben zwar die vier in der Nähe von Frankweiler abgestoßenen Bohrlöcher, von denen eines die allerdings geringe Tiefe von 260 m, ein anderes von 106,4 m erreichte, kein günstiges Ergebnis geliefert. Bei der verhältnismäßig geringen Tiefe dieser Versuche darf jedoch der Schluß noch nicht gezogen werden, daß hier kein Petroleum in größerer Tiefe vorhanden sei.

Weiter nördlich ist das Küstenkonglomerat deutlich nur an einem Punkt bei Alsterweiler bekannt, wahrscheinlich weil dasselbe auf längere Strecken von Gehängeschutt überdeckt ist. Erst unmittelbar an Dürkheim setzen mächtige Schuttmassen die Berghügel gegen Seebach zusammen, die wenigstens teilweise dem Küstenkonglomerat angehören. Inwieweit sonst mit den mitteloligocänen Sanden verbundene grünlichgraue, marine Mergel dem sogen. Septarienton entsprechen, mußte wegen Mangel an organischen Überresten unbestimmt gelassen werden.

Das nächst jüngere Tertiärglied, der Cyrenenmergel der Oberoligocänstufe, begleitet zwar die mitteloligocäne Ablagerung längs dem ganzen Gebirgsfuße in etwas tieferen, mehr gegen die Rheinseite gerückten Lagen und ist auch ziemlich häufig entweder in natürlichen tiefen Taleinschnitten oder in künstlichen Entblößungen aufgeschlossen, in welchen das mergelig-tonige Material meist als Düngermittel gewonnen wird.

Im Norden bei Weißenburg hat der Rußgraben die Cyrenenschichten am Talrande bis ins Dorf Rechtenbach hinein aufgedeckt. Zerstreute Vorkommnisse reichen bis zum Queichtal. In diesem Strich gewinnen sie besonders zwischen Heuchelheim und Göklingen, am Südfuß der kleinen Kalmit bei Ilbesheim und bei Birkweiler größere Verbreitung. Nördlich der Queich gehören die grau-grünen Mergel bei Frankweiler, Hainfeld, Rhodt und bei Edenkoben, wo aus ihnen eine schwache, schwefelwasserstoffhaltige Quelle zu Tag kommt, dann jene bei St. Martin und Alsterweiler dieser Tertiärstufe an. Unterhalb des Dorfes Haardt finden sich mehrere Gruben, in denen man den Mergel zum Düngen der Weinberge gewonnen hat. Über Königsbach, Wachenheim absatzweise fortsetzend, breitet sich diese Mergelbildung im Untergrund vom größten Teil der Stadt Dürkheim aus und zieht sich von der Sachsenhütte gegen die Ziegelhütte bei Leistadt weiter fort. Organische Überreste werden in den nur auf kleinen Strecken aufgeschlossenen Schichten selten angetroffen, am häufigsten die charakteristische *Cyrena subarata (semistriata)*.

### Miocäntertiäre Ablagerungen.

Noch weiter in die Ebene vorgeschoben als die oligocänen Bildungen ziehen sich, oft anscheinliche Vorberge oder Hügel zusammensetzend, die weit überwiegend aus Kalk bestehenden miocänen Ablagerungen am Fuße des Haardtgebirges entlang durch die Rheinfläche hin (s. S. 40).

Im engsten Anschluß an die nächstälteren oberoligocänen Cyrenenmergel, dieselben gleichförmig überlagernd, bauen sich die untermiocänen teils marin-brackischen, teils limnischen Cerithien- und Landschneckenkalke zu oft riffartigen Felsen auf. Beide örtlich verschiedene Ausbildungsformen sind im pfälzischen Gebiete so eng miteinander verknüpft, gleichsam verwachsen, daß man dieselben räumlich nicht scharf voneinander halten kann. Es sind dies hellfarbige, gelblich-weiße, oft dunkelfleckige, löcherige, bisweilen tuffartige oder kleinknollige, undeutlich oolithische, unregelmäßig geschichtete, nicht selten anscheinend massive Kalke, wie solche in typischer Entwicklung an der kleinen Kalmit bei Ilbesheim ufern Landau eine hohe, auf dem Cyrenenmergel auf-

gebaute aussichtreiche Bergkuppe zusammensetzen. Einige kleine Köpfe von Cerithienkalk ragen am Flehns-, Setzer- und Rosenberg zwischen Mörzheim und Göcklingen, ferner bei Appenhofen aus der mächtigen Lößdecke hervor. Noch etwas südlicher am Sandbühl unterhalb Heuchelheim gesellen sich ihnen als Decke noch Corbicula-Litorinellen-(Hydrobien-) Kalke hinzu. Für den Cerithienkalk sind an organischen Einschlüssen charakteristisch: *Cerithium plicatum* var. *pustulatum*, *C. Rahtii*, *C. Lamarcki*, *C. submargaritaceum*, *Neritina callifera*, *Cytherea incrassata*, *Mytilus Faujasi*, *Perna Sandbergeri* u. a. In dem Landschneckenkalke der Kl. Kalmit finden sich häufig *Helix rugulosa*, *H. phacodes*, *H. Ramondi*, *H. deflexa*, *H. oxystoma*, *Archaeozonites subverticillus*, *Nanina stenotrypta*, *Pomatias labellum*, *Strophostoma tricarinatum*, *Patula euglyphia*.

Petrographisch wenig verschieden, doch meist deutlicher bankweise geschichtet legen sich an vielen Stellen auf die Cerithienkalke die obermiocänen Corbicula- und Litorinellen-(Hydrobien-) Kalke auf.

Manche Bänke bestehen fast bloß aus Schalenanhäufungen von *Litorinella acuta* (*Hydrobia ventrosa*), andere von *Dreissensia Brardi* und von Schälchen der *Cypris faba*. Außerdem kommen häufig vor: *Corbicula (Cyrena) Faujasi*, *Cerithium plicatum*, *Neritina subangularis*, ferner in den höheren Lagen *Hydrobia inflata*, *Neritina fluviatilis*, *Mytilus Faujasi*, *Helix Mattiaca*, *H. girondica*, *Clausilia buliminiformis* und in den höchsten Schichten stellenweise angehäuft *Phryganeen*-Gebäude. Seltener stellen sich schwache Zwischenlagen von hellgrauen Mergeln ein.

Weit vom Gebirgsrand entfernt, schon dem eigentlichen Rheintale nahe, erhebt sich bei Lauterburg die aus Corbicula-Litorinellenkalk bestehende merkwürdige Kuppe des Büchelbergs. Hier erreicht der Kalk in dicken Bänken eine Mächtigkeit bis zu 90 m und liefert in großartigen Steinbrüchen das Material zu Bau- und Straßensteinen. Der Untergrund dieses einzelstehenden Kalkkegels ist unbekannt, vielleicht dient ihm eine Basaltkuppe zur Unterlage. Sehr ausgebreitet sind die Cerithien- und Corbicula-Litorinellen-Kalke nördlich vom Queichtale, wo sie von Frankweiler bis in die Festungsvorwerke am deutschen Tor von Landau reichen. Weiter nördlich bedecken Löß und Trümmerablagerungen den in größerer Tiefe wahrscheinlich fortlaufenden Zug der Tertiärkalke, von denen nur einzelne kleinere Kuppen aus der Überlagerung hervorragen, wie bei Flömlingen, zwischen Hainfeld und Rhodt, dann zwischen Maikammer, Alsterweiler und St. Martin, wo sich die Litorinellenkalke ziemlich scharf von den Cerithien-Lagen abheben und oberhalb Maikammer in mergelige Schichten übergehen.

Unter ganz besonderen Lagerungsverhältnissen stoßen wir auf solche Kalkbänke am Wege von Neustadt nach Dorf Haardt, wo ziemlich steil geneigte Cerithien- und Corbicula-Kalke in einem Steinbruch bloßgelegt sind. Noch auffallender ist die steile Schichtenstellung in den Kalkriffen bei Königsbach, wo auch die unterlagernden Cyrenenmergel starke Faltungen erkennen lassen. Ähnliche vereinigte Schollen von Cerithien- und Corbicula-Litorinellen-Kalken in meist durch Überdeckung nur auf kurze Strecken zu Tag anstehenden Schichten

werden nördlich von Königsbach, am Hahnenbühl bei Forst, südwestlich von Wachenheim in mehreren Kuppen, dann bei Dürkheim am Bahnhof und nördlich vom Isenachtale in einem Zuge an Michel- und Spielberg gegen Leistadt hin und am Hügel bei Ungstein angetroffen. Auch in dem Aufschluß der Kalke an der Eisenbahn zunächst dem Bahnhof Dürkheim zeigt sich stellenweise ein starkes östliches Einfallen der Schichten, welches wie bei Königsbach eher auf eine Senkung infolge von Unterwasuren, als auf geotektonische Störungen zurückzuführen ist.

### **Weisse Glas-Klebsande und Grünstädter Ton.**

(Riedselzer Sande im Elsaß.)

An die älteren Tertiärgebilde in den Vorhügeln des Haardtgebirges schließen sich gegen die Rheinfläche hin zunächst durch ihre weisse Farbe und den fehlenden Kalkgehalt ausgezeichnete lockere Sande an, deren Quarzkörner vielfach von weissem Ton umgeben sind oder welche auch an manchen Stellen von Liasen und ganzen Zwischenlagen eines hellen feuerfesten Tons sogen. Grünstädter Erde, vereinzelt auch von Braunkohlenlagen begleitet werden.

Die Sande nehmen hie und da nach oben auch eine blaßrötliche Färbung an und führen nicht selten vereinzelt oder in Lagen vereinigte Gerölle, die meist aus weissem Quarz und ausgebleichten, oft auch noch roten Buntsandsteingeschieben bestehen. Dies ist namentlich im Hangenden der Fall, während stellenweise im Liegenden eine Anhäufung von oft riesigen Buntsandsteinblöcken, aus dem Sandstein ausgewaschenen Kollstücken und Sand in schuttartiger, einer Abrutschung oder Niederbruchsbildung entsprechender wirrer Lagerung das Auftreten der durchweg wohlgeschichteten hie und da mit Übergußschichtung versehenen weissen Klebsande einleitet. Man hat versucht diese örtlichen Bruchanhäufungen als Grundmoränen einer das Haardtgebirge überdeckenden Vergletscherung zu deuten, ohne für diese Annahme genügende Gründe anführen zu können.

Der reine Quarzsand dient als Material für Glaserzeugung, zum Formen und als Zuschlag zu feuerfesten Tonwaren. Durch Waschen und Schlämmen gewinnt man daraus auch an manchen Orten weissen Ton (sogen. Weisse) als Material für feinere Tonwaren. Daher wird der Sand in sehr zahlreichen Stellen gegraben und gut verwertet. Die feuerfesten Tone treten mächtiger meist im Gebiete nördlich von dem vorliegenden Blatte bei Grünstadt, Hettelheim und Lautersheim hervor, während das Vorkommen von Braunkohlen sich auf ein Flözlager bei Erpolzheim unfern Dürkheim beschränkt. Einzelne Tonschlämmen trifft man in der Gegend von Langenkandel an.

Diese Gebilde sind mit Ausnahme der Braunkohle bisher nur versteinungsleer gefunden worden und deshalb herrscht eine gewisse Unsicherheit bezüglich ihrer Zugehörigkeit zu der jüngsten Tertiärstufe — Pliocän — oder zu der ältesten Quartärablagerung. Ihr örtlich enger Anschluß an die älteren Tertiärschichten und das Erscheinen eines typischen pliocänen Pflanzenrestes, der

*Pinus Cortesii*, in der Braunkohle sprechen für ihre Zuweisung zu den pliocäntertiären Bildungen.

Von Riedselz in Elsaß, nahe S. von Weißenburg, an, wo Ton und Sand gewonnen wird (daher Riedselzer Sand genannt) zieht diese Sandablagerung über den Fuß des Geisbergs zum Raffelsberg bei Altenstadt, an dessen Fuß dieselbe den Cyrenen- oder Septarien-Mergel überlagert und von grobem Diluvialgeröll am Windhof bedeckt wird. Von hier umsäumt nun der weiße Sand die Talränder der aus dem Gebirge herab die Rheinfläche durchziehenden Bäche im Anschluß an die oligocänen oder miocänen Bildungen auf eine beträchtliche Strecke abwärts. Überall sind in demselben Gruben behufs Gewinnung von Sand und Ton, z. B. bei Barbelroth, angelegt, deren weiße Schutthalten schon von Ferne die weite Verbreitung dieser Ablagerung verraten. Meist vom Geröll oder Löß überlagert, streichen sie in einem schmalen Streifen am Rande der Täler zu Tag aus. Dieses durch Überdeckung unterbrochene, nur fleckweise Auftreten an zahllosen Stellen macht es für diese kurzen Erläuterungen untunlich, die Fundorte einzeln aufzuzählen. Es muß daher für diese auf die Darstellung des Kartenblattes verwiesen werden. Nur in Bezug auf das Vorkommen der Braunkohlenablagerung bei Dürkheim sei hinzugefügt, daß das Flöz, welches aus einer 0,5—1,5 m mächtigen erdigen Kohle besteht und gut erhaltene Zapfen von *Pinus Cortesii* (*P. spinosa* Herbst), *P. brevis*, *Corylus inflata* und Flügeldecken von *Donacien* beherbergt, in dem Wiesental „im Bruch“ durch einen Bergbau aufgeschlossen ist und abgebaut wird. Die Fortsetzung dieses Flözes wurde in der Nähe am sogen. Schindbuckel unter dem weißen Glassand durch ein 22 m tiefes Bohrloch aufgeschlossen. In weiter Verbreitung wurde dieses Braunkohlenflöz auch an der Frohmühle bei Haßlach aufgefunden und versuchsweise durch einen Stollen ins Feld weiter verfolgt.

### Quartäre oder Diluvial-Ablagerungen.

Die Rheinfläche wird in ihren tiefer gelegenen Teilen, abgesehen von den Alluvial- und Novärgebilden, fast ganz, in den gegen den Gebirgsfuß ansteigenden hügeligen Geländen größtenteils von quartären oder diluvialen Ablagerungen ausgefüllt oder überdeckt. Wenn wir die Vegetationserde zunächst außer Betracht lassen, ist es der rheinische Löß oder braune Lehm, der als die oberste, relativ jüngste Diluvialdecke weitaus vorherrscht. Als nächst älterer Flutabsatz folgt darunter rötlicher, oft lehmiger Sand und buntgemengtes rheinisches Geröll in Begleitung von rotem, zu Flugsand- und Dünenbildung geneigtem lockerm Sand, welche wohl streckenweise auch noch mit braunem Lehm wechsellagern und überhaupt große Unregelmäßigkeiten in der Lagerung erkennen lassen. Der nächst tiefere Schichtenkomplex besteht aus meist gleichförmig grauen Sanden, reich an weißschaligen Conchylieneinschlüssen — daher als Schneekensande bezeichnet — mit Zwischenlagen von weißgrauem, feuerfestem Ton und von Moosbraunkohlen in nur ausnahmsweise abbauwürdiger Mächtigkeit. Den Schluß der Quartärablagerungen nach unten macht eine Reihe von Blockaufschüttungen, Geröll und Sand am Gebirgsraude und feiner Kies

gegen den Rhein hin. Sie verfließen oft so mit dem sie unterteufenden weißen Sand, dessen aufgewähltes Material wohl öfters auch in derselben Form als weißer Sand die Rolle eines Zwischenmittels übernommen hat, daß es an vielen Stellen den Anschein hat, als ob diese Art Schuttabsätze zunächst über und unter dem typischen weißen Glassand lägen. Auch diese Schuttablagerungen werden von vielen als Erzeugnisse einer Vergletscherung der Haardt angesehen.

Der Löß, dessen ausgedehnter Verbreitung vermöge seiner günstigen chemischen Zusammensetzung und physikalischen Beschaffenheit die Rheinfläche ihre besondere Fruchtbarkeit verdankt und den man deshalb geradezu das Brotflöz des Rheinlandes nennen kann, wurde zuerst nach seinem Vorkommen im Rheintal zum Typus einer eigenen geologischen Erdart erhoben. Was hier vom Löß angeführt wird, bezieht sich auf diesen typischen rheinischen Löß, für den wir eine fluviatile Entstehung als Schlammabsatz der Alpen-gletscher in verschiedenen Lagen zu verschiedenen Zeiten des jüngeren Abschnitts der diluvialen Eiszeit\*) in Anspruch nehmen. Daß der uranfängliche Löß im Laufe der Zeit großartige Veränderungen in Beschaffenheit und Lage erlitten hat, ist von sich selbst verständlich. Große Massen desselben, namentlich in seinen oberen Partien sind durch das durchsickernde Wasser entkalkt und in Löß-ähnlichen Lehm verwandelt worden; an anderen Stellen sind Lößmassen in tiefere Lagen verrutscht oder verschwemmt worden. Durch die anfängliche relative Altersverschiedenheit über- und nebeneinander liegender Lößpartien und durch spätere Umbildungen ist eine Reihe von Abänderungen erzeugt worden, auf deren genaue räumliche Abgrenzung kein großes Gewicht zu legen ist, weil vielfache Übergänge Platz greifen und eine trotzdem vorgenommene Ausscheidung in den meisten Fällen als eine rein subjektive, wenn nicht eine willkürliche sich darstellt.

Der Reichtum des Lösses an Landconchylien ist bekannt. Auch an Säugetierüberresten ist der Löß im pfälzischen Gebiet nicht arm. Doch werden die Funde z. B. von Mammuth (*Elephas primigenius*), Nashorn (*Rhinoceros tichorhinus*), Wisent (*Bos priscus*), Mochusochs (*Ovibos moschatus*), Reh (*Cervus tarandus*), Elch (*C. alces*), Pferd (*Equus caballus*), Murmeltier (*Arctomys marmotta*) u. a. selten bekannt und die Knochenreste aufbewahrt.

Der Löß reicht von der Rheinflußrinne bis zum Steilrand des Gebirges und nimmt mehr gegen letzteres zu häufig eine lehmartige, d. h. entkalkte, zähe, vom Wasser schwierig durchtränkbare, dichte Beschaffenheit an. Wenigstens findet dies in den obersten Lagen statt. In die Bergtäler dringt er von der Rheintalseite her nicht ein, was beweist, daß zur Zeit seines Absatzes diese Taleinschnitte noch nicht so tief ausgebildet waren, wie jetzt. Nur an einer

---

\*) Es ist hier nicht der Raum für diese Anschauung als der alleinzutreffenden nähere Beweise zu liefern, es sei nur bemerkt, daß es nicht dem Sachverhalt entspricht, die schichtenweise Lagerung von Kalkkonkretionen, oft auch der Schneckenschalen und die deutlich parallelen dunkler und heller gefärbten Streifungen im sogen. echten Löß nicht als Zeichen einer Schichtung gelten zu lassen, diejenigen Partien des Lösses aber, in denen durch Sandzwischenlagen eine Schichtung sich nicht weglegen läßt, unter der Bezeichnung Sandlöß als geschichteter von dem angeblich ungeschichteten sogen. echten Löß genetisch zu scheiden.

Stelle, nämlich an der Ecke der Einmündung des Lindenberger Tälechens in das Speyerbachtal, liegt, wie schon erwähnt wurde, eine vollständig typische Lößpartie auf grobem Diluvialschutt im Innern des Gebirgs 5 km vom Rande entfernt, etwa 40 m höher als dessen Fuß. Kein Vorkommen von Löß spricht entschiedener gegen eine äolische Entstehung als diese Ablagerung inmitten eines ausschließlichen Sandsteingebirges.

Wo der Löß auf einem mehr oder weniger lockeren, aufwühlbaren Untergrund, z. B. auf Sandstein oder Geröll, unmittelbar aufruft, sind namentlich in seinen tieferen Lagen häufig Streifen, Linsen und ganze Bänke von Sand eingeschaltet, welche einen sedimentären Absatz denn doch nicht verkennen lassen. Derartige Lößabänderungen bezeichnet man als Sandlöß. Derselbe ist durchweg sehr deutlich geschichtet und enthält zum Zeichen seines sedimentären Ursprungs, z. B. bei Landau, neben Landschnecken auch Süßwasserconchylien. Viel seltener stellen sich im Löß schichtweise geordnete Lagen von Geröll, wie z. B. bei Lauterburg, Landau, Neustadt u. s. w. ein und es entsteht auf solche Weise ein Komplex von abwechselnd gelagertem Löß, Sandlöß, Sand und Geröll. Diese Verhältnisse im Löß sind aber von Ort zu Ort so wechselnd und verschieden, daß sie hier nicht im einzelnen beschrieben werden können. Die Höhenlage, bis zu welcher der Löß an dem Gebirgsrande emporreicht, nimmt gegen N. hin beträchtlich ab. Wenigstens dringt er südlich von Weissenburg noch bis auf Höhen von 276 m vor, während derselbe bei Bergzabern im Mittel auf 200—250 m sich hält und noch weiter nördlich durchschnittlich auf Höhen nicht über 175 m sich vorfindet. Dagegen erreicht er in seiner Verbreitung an der nordwestlichen Abdachung des Gebirges bei Kaiserslautern und Hochspeyer, wo derselbe von der Naheseite her vordringt, eine Höhenlage von 320—330 m. Zunächst der Stromrinne des Rheins endlich sinkt die Lößlage bis auf etwa 100 m. Gleichwohl läßt sich eine Abtrennung des sogen. Berglößes vom Tallöß ebensowenig wie eine scharfe Scheidung zwischen Löß und Sandlöß vornehmen. Es sind rein örtliche, oft auf kleinste Flecke beschränkte Abänderungen.

Wie die Beschaffenheit des Lößes und der Lehme mancherlei Abänderungen unterliegt, so ist auch deren Mächtigkeit eine sehr verschiedene und wechselnde; 5—6 m möchte das mittlere Maß, 15—20 m das Maximum sein.

An vielen Aufschlüssen zeigt sich unter dem Löss, nachdem derselbe durch Aufnahme von Sand und auch von Geröll eine Änderung erlitten hat, ein Übergang zu einer tieferen, mehr oder weniger selbständigen Region von Geröll und roten Sanden. In der niedriger liegenden Rheinebene sind die Verhältnisse, unter welchen diese Ablagerungen sich vorfinden, ziemlich gleichförmig, gegen den Gebirgsrand zu greifen hingegen so vielfache örtliche Ausbildungsweisen Platz, daß derartige, meist gering mächtige Ablagerungen sich schwierig von einem ähnlichen, wahrscheinlich älteren Gebilde unterscheiden lassen.

Für die Geröll- und Sandablagerungen der ersten Art, die man wohl auch als Niederterrassenschotter bezeichnet, nehmen wir als Typus die in dem Bienwald großartig ausgebreiteten Gebilde (Bienwaldgeröll, Rheinkies,

zum Teil rheinisches Geröll), welche zwar in dieser Gegend zunächst nördlich vom Lautertal nicht von Löß überdeckt sind, dagegen südlich davon bei Lauterburg am Rheintalsteilrande den Geröll-führenden Schichten zwischen Löß und dem tiefer liegenden grauen Sand entsprechen.

Das Bienwaldgeröll zeichnet sich durch den Reichtum an Geröllen von Gebirgsarten der Alpen, namentlich an nicht zu verkennenden jurassischen roten Radiolarienhornsteinen und FLYSCHSANDSTEIN aus. Daneben liefern Quarz und quarzitische, auch grau-wackige Rollsteine neben spärlichen Urgebirgsfelsarten die Hauptmasse des Gerölls. Entfernter vom Gebirgsrande finden sich kaum deutliche Buntsandsteinstücke, die jedoch gegen die Vorberge hin an Häufigkeit zunehmen und wahrscheinlich in jene Trümmerbildung übergehen, welche längs dem Gebirgsfuße sich hinziehend an zahlreichen Stellen zum Vorschein kommen. Ihrer Lage in höherem Niveau wegen hat man letztere wohl auch als Hochterrassenschotter, andererseits als Moränenbildung bezeichnet.

Der Gehalt des Bienwaldgerölls an alpinen Rollstücken (rheinisches Geröll) setzt es außer Zweifel, daß von den Alpen her kommende Fluten bei der Entstehung desselben mitgewirkt haben, während der damit verbundene rote Sand von Zuflüssen abstammen muß, die aus dem Sandsteingebiete herabkamen. Aus dem Lager solcher Gebirgssande entstanden dann später, wahrscheinlich erst in der Jetztzeit durch Windwehen Dünen-artige Anhäufungen, denen wir schon im Bienwalde, in ausgezeichnetster Weise aber bei Speyer im Streit- und Nonnenwald begegnen. Ähnliche ausgedehnte Geröllflächen fallen dem Waldbetrieb anheim, im Gegensatz zu den von Löß bedeckten Gebieten, welche ganz von der Landwirtschaft in Beschlag genommen werden. Solche großartige Waldkomplexe sind außer dem Bienwald der Herxheimer-, der Lustadter- mit Bornheimer-Wald und der große Wald zwischen Speyer, Schifferstadt, Haßloch und Schwegenheim.

Verfolgt man das rheinische Geröll im Bienwald westwärts gegen den Gebirgsfuß hin, so stoßen wir zunächst südwestlich von der großen Litorinellenkalkkuppe des Büchelbergs auf Brocken von Brauneisenerz-haltigem Gestein, welche nach Art von Sumpferz und sogen. Ortstein vorkommen und früher bergmännisch gewonnen wurden. Fleckweise verbinden sie das Geröll zu einem vom Forstbetrieb gefürchteten Konglomerat, welches dem Eindringen der Baumwurzeln in den Nährboden Widerstand entgegengesetzt und auch Versumpfungen veranlaßt.

Diese fast ebene Geröllausbreitung erstreckt sich bis zum steil ansteigenden Hügelrand bei Altenstadt, Weißenburg gegenüber, wo auch auf der südlichen Lautertalseite am Exerzierplatz die gleichen Bildungen hinüberreichen. Dieser Abgrenzung des jüngeren Gerölls an dem rasch ansteigenden Oligocänhügel bei Altenstadt steht eine Geröllablagerung auf der Höhe dieses Vorsprungs am Windhof gegenüber. Wegen der verhältnismäßig viel höheren Lage und in Berücksichtigung der etwas abweichenden Zusammensetzung wird dieses Geröll als älteres oder als sogen. Hochterrassenschotter angesehen. Die Rollsteine desselben entstammen dem Buntsandstein, namentlich den Geröll-

und Konglomeratlagen in demselben, dann auch dem Rotliegenden, namentlich den Tonsteineinlagerungen desselben ohne Beimengung von Gesteinen alpiner Herkunft. Außerdem sind oft ansehnlich große Brocken und Blöcke von festeren Buntsandsteinfelsen eingeschlossen, welche sich meist nur kantenabgerundet zeigen. Als Zwischenmasse stellt sich roter Sand ein.

Ähnliche Ablagerungen von Buntsandsteinblöcken, Geröll und Sand sind wohl längs dem ganzen Gebirgsfuß entwickelt, aber nur an wenigen Stellen und da meist nur künstlich bloßgelegt. Die namhaftesten sind jene bei Klingemünster, Landau, Edenkoben und Neustadt. Sonst verraten sie sich durch einzelne aus der Überdeckung aufragende, grosse Sandsteinblöcke, z. B. bei Bergzabern, Pleisweiler, Birkweiler, Siebeldingen, Gleisweiler, Maikammer, Deidesheim u. s. w., oder durch schwache Lagen von grobem, rotem Sand.

Die Blockschuttmasse am Kreuzstein bei Klingemünster ist neuerlich zum Gegenstand eingehender Untersuchung gemacht und auf Grund derselben als eine Grundmoräne aufzufassen versucht worden. Hier liegen Buntsandsteinblöcke von beträchtlichem Umfang bis zu 1,5 m Durchmesser mit abgerundeten Kanten wirr aufgehäuft zusammen mit kleineren Geschieben, aus Buntsandstein ausgewaschenen Rollsteinen und meist rotbrannen Quarziten; sie werden durch schmutzigweißen, selten rötlichen Sand zu einer ziemlich festen Masse verbunden. Mit Ausnahme der wirren Lagerung, die aber allen durch Zusammenbrüche und Rutschungen entstandenen Gebilden gemeinsam ist, fehlen dieser Schuttanhäufung alle Merkmale von Moränen, namentlich läßt sich keine Spur von Schrammung an den Blöcken und Geschieben wahrnehmen. Weder als Glacial- noch als reine Flutzerzeugnisse können solche wügelagerten Schuttanhäufungen\*) angesehen werden, vielmehr sind sie durch Unterwaschungen der am Gebirgsrande vorspringenden Felsen unter Beihilfe von beiströmendem Wasser entstanden. Selbst größere Blöcke können unter Mitwirkung von Fluten weit ins Vorland verschleppt worden sein, wobei zu berücksichtigen nicht außer acht gelassen werden darf, daß zu Anfang der Quartärzeit die Kante des bis an die Rheinfläche reichenden Sandsteingebirges stellenweise weiter als der jetzige Gebirgsrand vorragte und daher durch Unterwaschungen zu Bergstürzen um so mehr geneigt war. Das feinere Material wurde weiter in die Fläche geführt und hier hauptsächlich als Geröll- und Sandgebilde des Buntsandsteingebirges in mehr oder weniger geschichteten Lagen abgesetzt.

Eine früher unter Löß und Oberflächengeröll völlig versteckte Blockschutt- ablagerung wurde ferner durch die Eisenbahneinschnitte bei Landau bloßgelegt.

Die nach oben unregelmäßig abgegrenzte Schuttmasse besteht hier aus nicht sehr großen, abgerundeten Blöcken von rotem Buntsandstein in wirrer Lagerung untermengt mit Quarzittrollstücken und rotem Sand. Nach unten nimmt die Größe der Sandsteinfragmente und ihre Häufigkeit rasch ab und damit verbindet sich eine mehr schichtenweise Lagerung. In der Nähe am Weg nach Arzheim war früher eine für eine Ziegelei betriebene Lößgrube bis

---

\*) Wenn dies zweifelhaft erscheint, sehe sich einmal beispielsweise die Blockanhäufungen des Wettersteingebirges zwischen O.-Grainau und dem Eibsee an.

zu beträchtlicher Tiefe ausgehoben, wobei sich unten in dem sandigen Löß plattenförmige Kalkkonkretionen, voll von Süßwasserconchylien vorfinden.

Ähnliche Verhältnisse wie bei Landau bietet auch der tiefe Einschnitt der Eisenbahn am Bahnhof von Edenkoben. Im tiefsten Teil dieses Aufschlusses liegen wohlgeschichtete weiße und blaßrote, lockere Sande mit spärlichen Quarzgeröllen und zahlreichen Zwischenschichten von meist grauem, auch rötlichem, sandigem, lettigem Ton, der oft die bizarren Biegungen, Windungen, Vergabelungen und Wiederverbindungen wahrnehmen läßt. Die obere Grenzfläche ist wie durch Abtragungen uneben. Darüber folgt das wirrgelagerte Haufwerk von Buntsandsteinblöcken, vermischt mit Geröll und Sand, welche mehrfach in schichtenweise verlaufenden Zwischenstreifen eingebettet sind. Auch hier sind die größten (1,5—2 m) und größeren (0,50—1,0 m) wenig kantengerundeten Trümmer des roten, selten ausgebleichten Buntsandsteins in den obersten Lagen angehäuft und nehmen nach unten an Größe deutlich ab. Die Decke setzt sich aus übereinander geschichteten Lagen von grobem Geröll, braunrotem Sand, sandigem und typischem Löß zusammen. Diese Ablagerung ist deshalb noch besonders bedeutungsvoll, weil sie nicht vor einem größeren Taleinschnitt des Gebirges ausgebreitet ist und deshalb die Annahme einer Talschuttkegelbildung ausschließt, zu welcher die Lage mehrerer solcher Blockanhäufungen vor der Austrittöffnung größerer Gebirgstäler verleiten könnte.

In ähnlicher Weise kommt auch eine großartige Blockanhäufung unterhalb Neustadt vor, die von der Holzschuhfabrik H. Grünwald und der Mosaikwarenfabrik an bis jenseits des Tals bei Winzingen sich erstreckt. Der nur zeitweise offene Aufschluß am erstgenannten Punkte reichte unten 6 m tief in die Lagen der Klebsande von weißer und gelblicher Farbe herein, die mit grauen, sandigen Letten, Geröllstreifen mit weißem Quarz, grauem Quarzit und ausgebleichten Buntsandsteinstücken bis zu 0,3 m Größe wechseln. Ein noch weiter 14 m tief niedergebrachter Brunnenschacht schloß darunter noch weißen Sand mit einem Haufwerk von abgerundeten bis 0,5 m großen Blöcken ausgebleichten Buntsandsteins auf. Die obere Abgrenzungsfläche des Systems der weißen Sande zeigte sich sehr uneben, ungleichförmig ausgenagt. Zunächst darüber waren braunrote Sande und Gerölle von Quarzit und ausgebleichtem Buntsandstein schichtweise bis 2 m hoch gelagert. Darauf folgten 2—3 m mächtige Schichten von rotem Sand und Geröllen, welche vorwiegend aus rotem und ausgebleichtem Buntsandstein bestanden. Dieser Schichtenkomplex über den weißen Sanden muß als Stellvertreter der bisher beschriebenen älteren Quartärablagerungen angesehen werden. Bedeckt wird das Ganze erst von sandigem und zu höchst von typischem Löß. Die der Zusammensetzung nach ähnlichen Geröll- und Sandlagen über den später zu beschreibenden grauen Sanden gegen die Rheinebene hin, z. B. am Talrande des Klingebachs, des Modenbachs bei Freimersheim und der zahlreichen Wasserzüge nördlich der Linie Neustadt-Schifferstadt lassen nicht allwärts mit Sicherheit erkennen, ob sie einer älteren oder jüngeren Ablagerung angehören. Die Entscheidung hierüber muß offen gelassen werden.

An der tiefsten Flutebene des Rheinrinnals erhebt sich das Land meist mit einem 3—5 m Steilrand zu einer breiten, flachen Terrasse, auf welcher vor-

herrschend Geröll ausgebreitet liegt. Am Abbruche des Steilrandes gehen darunter dann graue, kalkhaltige, Glimmer-führende Sande zu Tag aus, welche streifenweise sehr zahlreiche Land- und Süßwasserconchylien in ungefähr 50 Arten der ersteren und über 30 Arten der letzteren Klasse, wie die Mosbacher Sande bei Wiesbaden und die Hangenbietener Sande bei Straßburg, beherbergen. Um sich einer kurzen Bezeichnung für dieselben zu bedienen, kann man sie graue Schneckensande benennen. Als demselben eigentümlich lassen sich linsenplattenförmige Kalkmergelausscheidungen und meist mit einer Brauncisensteinrinde umgebene Geoden bezeichnen. Gerölle sind im allgemeinen nur spärlich eingebettet. Oft finden sich in mächtigen Zwischenlagen meist graue, plastische, zur Ziegelfabrikation sehr geeignete Tone vor, welche an mehreren Orten, z. B. bei Jockgrim, in großen Gruben gewonnen werden. Ihnen beigesellt oder auch selbständig ausgebildet legen sich Flöze von erdiger, mulmiger, meist an Moosresten\*) reicher Braunkohle zwischen die tonigen Sande mit organischen Einschlüssen an, wie dies bereits früher (S. 27) erwähnt worden ist.

Solchen mächtig entwickelten, grauen Sanden begegnen wir an der südlichen Landesgrenze bei Lauterburg, wo sie den Steilrand gegen die Rheinebene zusammensetzen und von der Wieslauter angeschnitten werden. Von da an nordwärts säumen sie fast ununterbrochen die Alluvialebene des Rheintals ein und sind vielfach auch von den hier eintretenden einzelnen Taleinschnitten aufgeschlossen. Erst in der Gegend von Speyer und dann nordwärts bis über Buchheim und Maxdorf hinab zeigen sie sich in einem breiten Strich aufgedeckt und machen hier unmittelbar den Untergrund der Vegetationserde aus.

Einen der lehrreichsten Aufschlüsse bietet die großartige Tongrube der Tonwarenfabrik Jockgrim in folgendem Profil von oben nach unten:

|   |           |
|---|-----------|
| Walderde . . . . .  | 0.2—0.3 m |
| Roter, lockerer Sand und Geröll aus dem Sandsteingebirge . . .  | 1.5—2.5 „ |
| Obere Lage von grauem Ton . . . . .   | 0.5 „     |
| Grauer, Glimmer-führender Sand ohne Geröll, mit Anwachsstreifung  | 0.5—1.2 „ |
| Grauer Sand mit einer Gerölllage . . . . .  | 0.7 „     |
| Gelber und grünlichgrauer sandiger Ton und Sand . . . . .   | 0.3 „     |
| Schwärzlicher, bituminöser Ton und Flöz einer Moosbraunkohle<br>mit in Lignit umgewandelten Holzstämmen. Ein aus diesen<br>Schichten kommendes Wasser setzt Eisenocker ab. Hier und<br>in der darunter liegenden Schicht kommen Tierreste vor<br>(Biber, Pferd, Reh, Mammuth, Nashorn, Sumpfschildkröten) . | 0.3—1.5 „ |
| Grauer, plastischer, feuerfester Ton — Hauptmaterial für die Ziegel-<br>fabrikation . . . . .   | 1.5—3.0 „ |
| Untergrund: grüngrauer, Glimmer-führender Sand bis zu beträcht-<br>licher Tiefe.  |           |

Ähnliche, wenn auch weniger ausgedehnte Entblößungen trifft man häufig in Ton- und Sandgruben am Steilrand des Rheintals, z. B. bei Kuhardt, Hördt,

\*) Unter anderen ist darin *Hypnum aduncum* var. *Kneiffi* häufig.

Herxheim, Herxheimweiher, Mechtersheim, bei Harthausen, am Bahnhof bei Speyer, bei Waldsee, Rheingönheim, Maudach u. s. w.

In der Sandgrube bei Hördt ist aufgeschlossen:

|   |         |   |
|---|---------|---|
| Oben: roter Sand mit Bienwaldgeröll . . . . .   | 1.5     | m |
| Grauer, zum Teil eisenschüssiger Sand und sandige Letten . . .  | 0,5—1,0 | „ |
| Gelber, Geröll-freier Letten mit Braunkohlen-artigen Streifen . .   | 0.4     | „ |
| Grünlichgrauer, sandiger Ton . . . . .  | 1.0     | „ |
| Grauer, Glimmer-führender Sand mit einzelnen Geröllstreifen . .   | 3.5—4.0 | „ |
| Grünlichgrauer, lettiger Ton, voll von Conchylienschalen, wie im<br>Moosbacher Sand . . . . .               | 1,0—1,5 | „ |
| Erdige Braunkohle mit wohlerhaltenen Moosresten ( <i>Hypnum<br/>aduncum</i> var. <i>Kneiffi</i> ) . . . . . | 0,2—0,5 | „ |
| Hell- und dunkelgrauer Ton von sandigen Streifen erfüllt, mit<br>Conchylienschalen . . . . .                | 0,5—1,0 | „ |
| Graue, Glimmer-führende Sande in großer Mächtigkeit bis zu un-<br>bekannter Tiefe.                          |         |   |

In dem Rheinanschnitt am roten Hamm bei Lingenfeld zeigt sich bei niedrigem Wasserstand ein ziemlich mächtiges Braunkohlenflöz, während bei der Bahnhofserweiterung in Speyer Kalkknollen und Konkretionen voll von Land- und Süßwasserconchylienresten nach Art jener des Schneckensandes und eisenschüssige Geaden mit Pflanzeneinschlüssen in dem gelbgrünen, stark mergeligen, Glimmer-reichen Sande sehr in die Augen fallen. Solche tonreiche, als Ziegelmaterial brauchbare Schichten breiten sich SW. von Speyer gegen Harthausen (Ziegelhütte) bis nach Schwegenheim aus. An diese Mergelsande von Speyer schließen sehr ausgedehnte Schichten grauer, glimmerreicher, Conchylien führender Sande an, welche den in den südlichen Gegenden auftretenden Schneckensanden so ähnlich sind, daß es unnatürlich erscheint, sie davon getrennt zu halten. Doch hat sich auch eine andere Ansicht\*) geltend gemacht, welche diese grauen Sande, in der Verbreitung von Mechtersheim an, über Speyer und dann in großartiger Erweiterung N. von Speyer über Otterstadt, Waldsee, Schifferstadt, Rheingönheim, Mundenheim, Maudach, Fußgönheim, Ruchheim und Maxdorf bis zur Nordgrenze des Blattes für eine jüngere Ablagerung als die Schneckensande, etwa vom Alter des Bienwaldschotters (Niederterrasse) betrachtet wissen will. Erst die Kartierung des N. anstoßenden Gebiets und die genaue Bestimmung der organischen Einschlüsse werden über diese verschiedenen Altersbestimmungen eine Entscheidung bringen.

### Recente, noväre und alluviale Bildungen.

Unter allen, dem Steinreich angehörigen Neubildungen, deren Erzeugung auch in der Gegenwart fort dauert, nimmt die oberste Erdlage, welche der

\*) Diesem entsprechend wurde das Gebiet dieser Sande auf der Karte mit der Farbe der älteren Schneckensande dargestellt, aber durch die Signatur  $q^1$  statt  $q^{1c}$  kenntlich gemacht. — Diese Änderung geschah erst nachträglich, sie konnte daher in der Farbenerklärung durch Einsetzen eines besonderen Feldes keine Berücksichtigung mehr finden. Eine Verwechslung mit den übrigen als  $q^1$  bezeichneten Partien ist ohnedem ausgeschlossen.

Pflanzenwelt zur Wohnstätte dient und ihr Nahrung gibt, der Acker-, Wies- und Waldboden, die erste Stelle ein. Für unser Gebiet der Rheinfläche besitzt diese Pflanzenerde, welche sich wie allwärts aus der Zersetzung der bis an die Oberfläche reichenden Untergrundgesteinslagen und durch Vermengung der dadurch entstandenen erdigen oder bröcklichen Masse mit eingeschwemmten Mineralteilen und mit organischen Stoffen erzeugt hat und sich fort und fort nachbildet, eine sehr mannigfache Beschaffenheit. In den Vorbergen und Hügeln, die sich zunächst an den Steilabfall des Sandsteingebirgs anlehnen, treten sehr verschiedene ältere Untergrundgesteine von sandiger oder mergeliger, toniger und kalkiger Natur auf, die an der Zusammensetzung der hier zu landwirtschaftlichen Zwecken, hauptsächlich zum Weinbau benutzten Krume teilnehmen. Meist sind darüber noch jüngere schüttige, sandige oder lehmige Ablagerungen ausgebreitet, aus deren Zersetzung vorherrschend die Hauptmasse des Bodens hervorgeht. Da von den benachbarten Gehängen des Gebirgs Sand in großer Menge bei- und eingeschwemmt wird, so gewinnt hier trotz der Mannigfaltigkeit der Untergrundgesteine die sandige Beschaffenheit des Kulturbodens weitaus die Herrschaft. Diese günstige Bodenmengung, die freie Lage nach O. und SO., welche vom Sonnenaufgang an deren Wärmestrahlen vollen Zutritt gestattet und der Schutz des nach W. und NW. angeschlossenen höheren Gebirgs vor kalten Nordwinden vereinigen ihre Wirksamkeit, um diesen sauft ansteigenden Hügeln die Vorzüge vortrefflicher Rebengelände zu verleihen.

In der mehr verebneten Zone der Rheinfläche bis zum eigentlichen Überschwemmungsgebiet der Flußniederung teilen sich Geröll, Sand und Löß oder Lehm in den Bestand der hier verbreiteten Bodenarten. Der Geröll- oder Kiesboden bleibt wie auch manche stark sandigen Striche (Dünensande) größtenteils der Besiedelung mit Wald überlassen, wie z. B. im Bienwald und Schifferstadter Wald u. s. w. Auf nur mäßig tonigem Sandboden greift schon der Feldbau Platz, bis endlich durch Zunahme der lößartigen oder lehmigen Beschaffenheit die fruchtbarste aller Ackererden, der Lößboden, auf weite Strecken in der Vorderpfalz vollständig das Feld gewinnt. Auf ihm ruht, wo er sich zeigt, der reiche Segen des Ackerbaues.

Hier reiht sich die Erwähnung der alluvialen Ausfüllungen der Taleintiefungen, der Flübchen und Bäche, welche quer durch die Rheinfläche ziehend dem Rhein zustreben, an. Zunächst ihrem Austritt aus dem Gebirge finden sich Gebirgsschutt und grober Sand darin abgesetzt. Im mittleren Lauf nimmt der Sand mehr oder weniger tonige Beimengungen auf, während gegen den unteren Lauf hin wieder die sandige Zusammensetzung zur Herrschaft gelangt. Diese Talböden dienen fast ausschließlich der Wiesenkultur zur Unterlage. Verhältnismäßig nur kurze Strecken sind sumpfig, teilweise sogar mit Torfmooren bedeckt.

Die Talausfüllungen am Austritt der Wasserläufe aus dem Gebirge gehen stellenweise an den Rändern in eine Anhäufung von größeren Gesteinstrümmern, untermengt mit Sand, über, welche die Natur von Schuttkegeln besitzen. Doch ist ihre Unterscheidung von älteren wirgelagerten Trümmerablagerungen der geringen Aufschlüsse wegen schwierig. Andeutungen solcher rezenten

Schuttkegelbildungen finden wir fast an allen größeren Talrändern, da wo die Flüßchen das höhere Gebirge verlassen. Als ihrer Entstehung nach in der Hauptsache der Neuzeit angehörig müssen die Sanddünen bezeichnet werden, die ihren Ursprung, wie schon früher erwähnt wurde, der größeren oberflächlichen Verbreitung von Diluvialsand zu verdanken haben. Die kleinen, selten über 1—1,5 m hohen, meist halbmondförmig gekrümmten, nach einer Seite steil geböschten, nach der anderen Seite flach abfallenden, aus lockerem Sand durch Windwehen aufgebauten Hügelchen schließen sich gruppenweise aneinander, sind aber durch die herrschenden Winde nach Form\*) und Lage Veränderungen unterworfen. Am deutlichsten und großartigsten sehen wir diese Dünen im Streitwald bei Speyer und in den weißen Bergen bei Schifferstadt, weniger ausgesprochen zeigen sie sich im Bienwald. Ihr Gebiet gehört zu den unfruchtbarsten der Landschaft.

In der Flußniederung und dem Überschwemmungsgebiete des Rheins sind es die sich stets verlegenden und ihre Stelle ändernden Geröllablagerungen auf den sogen. Kiesbänken, die Anhäufung von grauem Sand — Rheinsand — und der Niederschlag sandig-tonigen, graugefärbten, zum Teil auch zur Ziegelfabrikation benutzten Materials, des sogen. Schlicks, welche einen Boden von sehr wechselnder Beschaffenheit bedingen, wodurch nur die Besiedelung mit niederem Buschwerk, hauptsächlich Weiden und mit zum Teil ausgedehnten Auen von Gras, besonders von Rohr- und Riedgräsern ermöglicht ist. Viele Altwassereintiefungen sind versumpft und zum Teil vermoort.

Besonders hervorgehoben zu werden verdient das Vorkommen von Gold in den Rheinalluvionen. Früher bestanden namentlich im oberen Rheinlauf von Neuburg abwärts, besonders bei Pfortz und Maxau, wie im Elsaß zahlreiche Goldwäschen behufs Gewinnung des Edelmetalls, obwohl der Kies nach im Elsaß aufgestellten Berechnungen im Mittel nur 8 Billionstel und der Höchstgehalt nur 0,7 Millionstel des Gewichts des aufgearbeiteten Materials beträgt. Zur Verwaschung sucht man besonders frische Anschwemmungen auf Kiesbänken, die sogen. „Goldgründe“, auf, wohin das Gold, ursprünglich dem kristallinen Gebirge der Alpen entstammend, wahrscheinlich aus älteren Alluvionen ausgewaschen, wieder abgelagert wird.

Der Sumpf-, Moor- und Torfbildungen ist bereits im vorausgehenden gedacht worden. Es erübrigt hier noch einige der namhaftesten anzuführen. Bemerkenswert sind die vielfachen Versumpfungen im Bienwald, welche darauf zurückzuführen sind, daß unter dem zum Teil durch Sumpferz verkitteten Geröll oder unter dem Kies eine tonige Schicht des grauen Sandes im Untergrunde das Wasser zurückhält und anstaut. In dieser Gegend finden sich auch größere Torflager zwischen Schweighofen und Steinfeld, bei Schaidt und Minfeld, im Lautertal oberhalb der Bienwaldziegelhütte. In der Rheinniederung haben sich

---

\*) Die Form der meisten Dünen ist auf der Karte, bei deren Herstellung die Reichskarte zur topographischen Unterlage diente, ungenau, z. T. unrichtig angegeben. In den meisten ist der Bogen der Krümmung nach SW. offen, was den herrschenden NO.-Windem entspricht. Bei der ausführlichen Beschreibung wird eine Karte in größerem Maßstabe genauer die Form dieser Dünen zur Darstellung bringen.

bei Berg, Hagenbach, Wörth (Erlenbach), Joekgrim, Neupfotz, Kuhardt, Hördt und an zahlreichen Altrheinstellen bis Maudach bei Ludwigshafen hinab Torfgründe gebildet. Viel seltener trifft man ausgesprochene Torfbildungen in den übrigen Tälern der Rheinfläche. Hervorzuheben sind jene im Erlenbachtal bei Barbroth und Winden, im Klingbachtal bei Billigheim und bei Herxheim, dann im Isenachtal unterhalb Dürkheim.

Wir können unsere kurzen Betrachtungen über die geologischen Verhältnisse nicht schließen, ohne noch der ziemlich häufigen sogen. rheinischen Erdbeben zu gedenken, die auch vielfach die pfälzische Rheinfläche (rheinisches Schüttergebiet) beunruhigen. Es ist nicht zweifelhaft, daß diese bodenerschütternden ruckweise erfolgenden Bewegungen im Zusammenhang stehen mit den geschilderten Verwerfungs- und Absenkungsspalten, welche das Haardtgebirge sowie den Untergrund der Rheinfläche durchziehen und längs welchen eine Absenkung großer Gebirgsstücke in die Tiefe der Rheinfläche erfolgt ist.

