

II. Teil.

Die Entstehung der Tertiärschichten von Steinheim i. A.

(Mit 1 Textfigur.)

Inhalt.

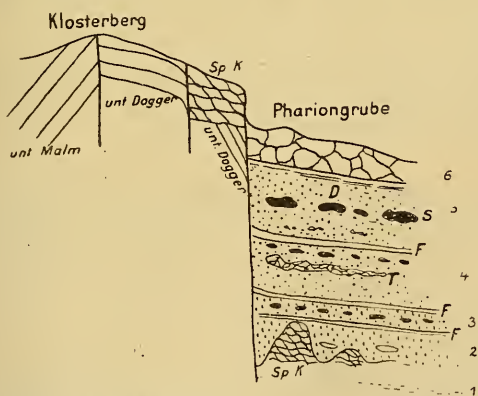
	Seite
I. Allgemeiner Teil	93
Einleitung	93
Entstehung des Kalkes	
1. Ca CO_3 als neutrales Salz im Wasser gelöst	95
2. Ca CO_3 als saures Salz im Wasser gelöst	97
Sprengung des sauren Salzes	97
a) auf mechanischem Wege	97
b) durch pflanzenphysiologische Tätigkeit	99
3. Kalk als Trübe im Wasser vorhanden	101
Die Produzenten und Konsumenten des kohlensauren Kalkes	102
Die Komponenten der Süßwasserabsätze	103
Typen der Kalkablagerungen	104
1. Gehängetuffe	104
2. Bachtuffe und Seekalke (Kalkschlammablagerungen)	104
Die verschiedenen Fazies und ihre Abhängigkeit von der Tiefe einzelner Seeteile	105
II. Spezieller Teil	111
(Die Süßwasserabsätze des Steinheimer Beckens)	
1. Die Sedimentbreccien	111
2. Die Sprudelkalke	112
Übergang der Sprudelkalke zu den „Sanden“	119
Die Temperatur des die Sprudelkalke absetzenden Wassers	120
Die Tiefe des die Sprudelkalke absetzenden Wassers	126
Zusammenfassung	126
3. Die „Sanden“ mit Kälkeinlagerungen	127
Äquivalente der Sprudelkalke	127
Die „Sanden“ der höheren Schichten	128
Die Bildung der letzteren	139
1. Unterschied der Bildung der „Sanden“ und plattigen Kalke	139
2. Die „Konkretionen“	140
3. Die Tuffe	142

Die während der Ablagerung der „Sande“ und Kalke herrschenden Temperaturen	143
Die Tiefenverhältnisse des Wassers	144
Zusammenfassung	144
4. Die Kalkschlammablagerungen	145
Die Temperatur des die Schlammabsätze bildenden Wassers	147
Die damals bestehenden Tiefenverhältnisse	147
Zusammenfassung	148
5. Die Kieselkalke	148
Die Temperatur des die Kieselkalke absetzenden Wassers	150
Die bestehenden Tiefenverhältnisse	152
Zusammenfassung	152
Diskussion über die Frage nach dem Wechsel in der Zusammensetzung des älteren und jüngeren Sprudels . .	152
Die Bildung der einzelnen Ablagerungen	154
Analysen	159

I. Allgemeiner Teil.

Im folgenden soll die Petrogenese der tertiären Ablagerungen von Steinheim behandelt werden.

Einen Ausschnitt derselben zeigt das folgende schematische Profil durch den Klosterberg, das uns die Aufeinanderfolge der tertiären Schichten, die uns hier interessieren, vor Augen führt.



Schematisches Profil durch den Klosterberg.

Die ältesten obermiocänen Sedimente sind die *laevis*- oder *Kleini*-Schichten GOTTSCHICKS („Kaltwasserschichten“) (F. GOTTSCHICK: Die Umbildung der Süßwasserschnecken des Tertiärbeckens von Steinheim i. A. unter dem Einfluß von heißen Quellen; Jen. Zeitschr. f. Naturw., 56. Bd., N. F.,

49. Bd., 1920), die hier jedoch keine Berücksichtigung wegen der schlechten Aufschlüsse finden. Auf sie folgte die *steinheimensis*-Zone mit *Gyraulus steinheimensis* (1) (weiche, bräunliche „Sande“), hierauf die *steinheimensis-tenuis*, die *tenuis*-, *sulcatus*-, *planorbiformis*-Zone mit den entsprechenden Gyraulen (2) (teils sandig, teils aragonitisch-kalkig; bräunliche Farbe), die *planorbiformis-trochiformis*-Zone (3) (sandig mit Konkretionen; bräunliche Farbe), die *trochiformis*-Zone (4) (sandig, zum Teil mit Tuffeinlagerungen (T), etwas Aragonit, — Koppische Grube am Osthang des Berges — oben Konkretionen). Diese Schichten sind, wie die nun folgenden Sedimente, zum großen Teil weiß und führen keine Limnaeen mehr wie die unteren Ablagerungen. Auch treten die fischführenden Kalkplatten (F), wie sie in der letzteren häufig sind, zurück. Von Schicht 5, den *oxystoma*-Schlammpaketen, fehlen die unteren gemeinen Charen, die Gyraulenschalen sind dünn, Säugerreste häufig. Die Schlammmasse wird durch eine Schwemmschicht (S), in der neben *Gyr. oxystoma* der ältere *Gyr. trochiformis* — zum Teil in große Laiber eingeschlossen — auftritt, in eine untere und obere Abteilung zerlegt. Auf ihr liegt der Kieselkalk (6) mit *Gyr. oxystoma* und *revertens*.

Die jüngste Schicht mit *Gyr. supremus* ist in der PHARIONSchen Grube nicht aufgeschlossen und kommt nicht zur Besprechung.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. HELBIG bestens dafür danken, daß er mir die Ausführung einiger Analysen im Institut für Bodenkunde gestattete.

Bei den Ablagerungen im Steinheimer Becken, von denen hier die Kaltwasserschichten, da nicht genügend aufgeschlossen, nicht berücksichtigt werden, handelt es sich ausschließlich um Absätze in süßem Wasser, in dem folgende Sedimenttypen gebildet wurden:

1. Sedimentbreccien.
2. Kalke, zum Teil sehr dicht und hart, durch reichlichen Aragonitgehalt ausgezeichnet („Sprudelkalke“).
3. Mehr oder weniger lose „Sande“¹⁾ mit Kalkeinlagerungen, mehr oder weniger bituminös.

¹⁾ Die Ausdrücke Sande, sandig, beziehen sich nicht auf die chemische Zusammensetzung der Sedimente, sondern nur auf ihren Habitus, Quarzkörnchen kommen ganz selten vor. Als äußeres Zeichen der übertragenen Bedeutung setze ich die Worte in „“.

4. Kalkschlamm ohne Einlagerungen und Aragonit, stark bituminös.
5. Verhärteter Kalkschlamm mit viel Kieselsäure und lokal auftretendem Aragonit, kaum oder gar nicht bituminös.

Die chemischen Hauptkomponenten sind demnach: Kalk, Bitumina, zum Teil Kieselsäure, von denen der Kalk die Hauptrolle spielt. Daneben kommen Eisenoxydhydrat und Quarzsplitter in geringerer Menge vor.

Bevor wir nun zur Besprechung der Petrogenese der Steinheimer Sedimente übergehen, haben wir uns mit der Art der Bildung ähnlicher kalkreicher Süßwassergesteine zu befassen, die sich vor unseren Augen abspielt. Es sind die rezenten Tuff- und Kalkschlammablagerungen gemeint²⁾.

Für ihre Entstehung wird allgemein angenommen, daß freie CO_2 das neutrale Kalziumkarbonat in $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ verwandelt, aus dem entweder auf mechanische Weise oder durch die Assimilationstätigkeit vieler Pflanzen CaCO_3 ausgeschieden wird. Eine Einigung wurde in der Frage, ob diese aktiv oder nur passiv bei dem Kalkbildungsprozeß beteiligt sind, bisher nicht herbeigeführt, was einerseits mit der Schwierigkeit des Problems, anderseits mit einer gewissen Einseitigkeit zusammenhängt, die man bei den Schlußfolgerungen aus einzelnen Beobachtungen walten ließ. Doch kommt dies auch daher, daß man den Kalk im Wasser als saures Salz annimmt, ohne die Möglichkeit ins Auge zu fassen, daß er auch als neutraler Körper gelöst sein kann.

Wir betrachten die beiden Fälle gesondert und berücksichtigen hierauf den durch Abschlammung ins Wasser geratenen Kalk.

1. CaCO_3 als neutrales Salz in Wasser gelöst.

Alle Salze lassen sich in Wasser mehr oder weniger schnell lösen. Selbst Körper, die einige Zeit als nicht-löslich angesehen wurden, wie Glas, widerstehen der Auflösung nicht. Wird dieses in pulverisiertem Zustand in Wasser gebracht, so charakterisiert sich dieselbe durch die

²⁾ Zur Erlangung eines eigenen Urteils bin ich mit dem Studium zahlreicher badischer Tuffbildungen beschäftigt; ich habe viele pflanzenphysiologische Versuche angestellt, die zum Teil noch nicht abgeschlossen sind. Ich gedenke sie gesondert zu veröffentlichen.

alkalische Reaktion. Dasselbe gilt für Kalk, und zwar geht die Auflösung bereits bei gewöhnlicher Temperatur vor sich. Auch Aragonit löst sich in kaltem Wasser und tritt mit anderen Körpern wie Mohrschem Salz oder Kobaltnitrat in Reaktion (MEIGENSche Reaktion).

Nach FRESENIUS löst sich 1 Teil Kalk in 10 800 Teilen kalten, in 8875 Teilen kochenden Wassers. Nach BRODLÄNDER nehmen 1 l Wasser bei 16° 13,1 mg, nach TREADWELL und REUTER 1 000 000:238 Teile CaCO_3 auf.

Die BRODLÄNDERSche Zahl führt für ein Becken von 3 km Länge und Breite und 5 m Wassertiefe zu folgender Berechnung:

In einer Wassermenge von 45 000 000 000 l können 5 895 000 000 g = 589 500 kg = 11 790 Zentner CaCO_3 vorhanden sein. Bei Berücksichtigung des spezifischen Gewichtes des Kalkes (2,7) bringt diese Menge eine Sedimentdecke von 0,024 mm Höhe auf 9 000 000 qm (3 km Länge, 3 km Breite) hervor.

Trotzdem diese Zahl gering scheint; so kann sie im Laufe der Zeit recht bedeutende Beträge erreichen. So berichtet SCHORLER (Die Rostbildg. in Wasserleitungsröhren; Zent.-Blatt f. Bakteriologie, Jena 1905), daß, obschon das Dresdener Wasserleitungswasser nur 0,20 bis 0,30 mg Eisen enthält (gegenüber 13,1 mg CaCO_3 , das in einem Liter Wasser enthalten sein kann s. o.) in 30 Jahren die Röhren eine 3 cm dicke Rostschicht enthielten.

Diese immerhin nicht unbedeutenden Zahlen weisen darauf hin, daß wir zwecks Erklärung der Auflösung und Ausscheidung des Kalkes die Kohlensäure nicht ohne weiteres benötigen. Erst wenn der Gehalt an CaCO_3 über 13,1 mg hinausgeht, dürfen wir an die Mitwirkung derselben denken.

Aus einer neutralen Lösung kann CaCO_3 durch Verdunstung, die durch erhöhte Temperatur gesteigert wird, zur Ausscheidung gebracht werden, wobei sich in stagnierendem Wasser zuerst ein feines Häutchen auf der Oberfläche bildet, das langsam zu Boden sinkt. Die Ausfällung des Kalkes kann aber auch durch organische Substanz herbeigeführt werden; dieser Prozeß könnte eventuell dann von Bedeutung sein, wenn CaCl_2 im Wasser vorhanden ist.

Bei fließendem oder stürzendem Wasser geht die Verdunstung schneller vor sich, wobei ebenfalls erhöhte Temperatur diese beschleunigt.

Läßt man kalkhaltiges Wasser verdampfen, so setzt sich an einem zerfransten Bindfaden oder an einem Zweig Kalk in feinen Schüppchen ab. Durch Zerstäuben würde wohl dasselbe Resultat erzielt werden. Schüttelt man eine der CaCO_3 -Ausfällung nahe $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -Lösung längere Zeit, so trübt sie sich. Es könnten viele Inkrustationsvorgänge durch Verdunstung einer neutralen Kalklösung erklärt werden, ohne daß dabei immer doppelkohlensaurer Kalk mit im Spiel sein muß.

2. Kalk als $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ im Wasser gelöst.

Bekanntlich löst sich CaCO_3 , etwa durch H_2CO_3 mit CaCl_2 ausgefällt, in überschüssiger CO_2 zu $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Diesem Prozeß wird eine solche Bedeutung beigemessen, daß man ihn für zahlreiche Vorgänge in der Natur verantwortlich macht, z. B. für die Konkretionsbildung im Löß. Kohlensäurehaltige Wässer lösen den Kalk desselben auf zu $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, aus dem später wieder ein Teil Kohlensäure entweicht, wobei CaCO_3 in Konkretionen übrig bleibt. Warum nun diese entweicht, ist schleierhaft. Der Prozeß ließe sich einfacher so erklären, daß man für eine feuchte Periode eine Auflösung von Kalk in Wasser annimmt, das langsam versickert und in trockenen Perioden verdunstet, wodurch das neutrale Salz wieder ausgeschieden wird.

Es wird nun angenommen, daß dem jeweiligen Druck, dem Sättigungsgrad des Wassers und der Temperatur entsprechend eine mehr oder weniger große Menge von CO_2 gelöst wird, wonach sich die Quantität des entstehenden $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ richtet. Aus diesem kann das neutrale Salz nur durch Sprengung der Molekel ausgeschieden werden, was

- a) auf mechanischem Wege,
- b) durch die physiologische Tätigkeit einzelner Pflanzen

vor sich geht.

Dem beobachteten Vorkommnis entsprechend wird von den verschiedenen Autoren dem einen oder anderen Vorgang die Hauptbedeutung beigemessen.

a) Bereits 1852 führt BORNEMANN (Über geognost. Verhältnisse d. Ohmgeb., N. J., S. 31; 1852) die Zersetzung des $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ auf den Einfluß von Licht und Luft zurück, wobei Kalk ausfällt und die in der Quelle befindlichen Gegenstände inkrustiert.

1866 spricht sich EULENSTEIN (Tuffbildg. d. Uracher Wasserfalls, Württembg. Jahresh. 1866; S. 36 ff.) dahin aus, daß eine Vegetation von Moosen von der Fallsohle abwärts durch zahlreiche Widerstandspunkte den Absatz des Kalkes befördere, ebenso die Algen. Beim Fallen und Umherspritzen wird das Wasser genötigt, von diesem einen Teil aufzunehmen. Dabei gibt es ein Äquivalent CO_2 (wohl aus $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) ab und bringt ein entsprechendes Quantum CaCO_3 zur Abscheidung. FEHLING (Württbg. Jahresh. 1866, S. 41) erklärt sich ebenfalls zugunsten der mechanischen Zerteilung des $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Für eine mechanische Trennung des sauren Salzes tritt in letzter Zeit O. BURGER (Über schwäb. Kalktuffe, insbesondere d. Eschaztales; Inaug.-Diss. Tübingen 1911) und SCHÜRMAN (Die chem. geol. Tätigkeit d. Neckars; Württbg. Jahresh. 1918) bezüglich der Verhältnisse am Uracher Wasserfall ein. Beide Autoren kommen zu ähnlichen Resultaten. Leider zitiert SCHÜRMAN die Arbeiten von EULENSTEIN und BURGER nicht, wie ihm überhaupt ein großer Teil der einschlägigen Literatur entgangen ist.

SCHÜRMAN konnte zeigen, daß am Fall selbst und dort, wo das Wasser schnell fließt, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ rasch zersetzt wird und der Gehalt an CaCO_3 zunimmt. „Als Ursache für die weitgehende Veränderung kann lediglich die ausgiebige Durchlüftung³⁾ des Wassers angesehen werden, denn es zerteilt sich während des Falls in Tropfen und entwickelt so eine große Oberfläche. Die Verdunstung kann bei der kurzen Fallzeit kaum in Betracht kommen.“ (a. a. O., S. 63.)

Den letzten Satz beanstandete ich, und SCHÜRMAN selbst mißt (a. a. O., S. 67) der Verdunstung beim Tuffentstehungsprozeß Bedeutung bei, ich teile aber im übrigen seine Ansicht, daß die Durchlüftung den Zerfall des $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ begünstigt.

Daß Pflanzen hierbei, überhaupt dort, wo das Wasser nicht langsam fließt, keine aktive Rolle spielen, nimmt SCHÜRMAN wie früher bereits EULENSTEIN, für den Uracher Wasserfall ganz mit Recht an. An der Tuffbildung beteiligen sie sich nur, indem „sie die Durchlüftung und Verdunstung unterstützen und Gerüst für den sich abscheidenden Kalk bilden“.

Daß die Zersetzung von $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ durch höhere Lufttemperatur begünstigt wird, konnte SCHÜRMAN ebenfalls konstatieren.

³⁾ Von mir gesperrt gedruckt.

Auch FRÜH tritt für eine mechanische Sprengung des Bikarbonats ein, da genügend CO_2 für die Assimilation der Pflanzen vorhanden ist, so daß diese nicht auf die Kohlensäure des $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ angewiesen sind.

b) Die physiologische Tätigkeit der Pflanzen bei der Zerlegung des Bikarbonats hatte bereits RASPAIL 1833 angenommen (Nouv. syst. de chim. org.), und zwar vor allem für Algen, besonders Characeen, Moose und auch höhere Wasserpflanzen, was HASSAK (Untersuchungen aus d. bot. Inst. Tübingen, 1888) durch Versuche an Charen und anderen Pflanzen bestätigen konnte, die er in CO_2 -freiem Natriumbikarbonat-haltigem Wasser züchtete. PRINGSHEIM (Über d. Entstehg. von Kalkinkrustationen; Jahrb. f. wissensch. Botanik, Bd. 19; 1888) konnte nachweisen, daß nur bei starker Assimilation im Licht Kalkübereindung stattfindet. ANGELSTEIN (Üb. d. CO_2 -Assimilat. submerser Wasserpflanzen in Bikarbonat- u. Karbonatlösung; „Beitr. z. Biol. d. Pflanzen“, X. Bd., 1. Heft, Breslau 1910) tritt für Abspaltung der CO_2 durch Pflanzen in Bikarbonatlösung ein.

Bereits 1855 sagt MÄRTENS (Über Kalktuffbildg. u. d. Einfluß d. Gipsquellen in d. Tale zw. Elm u. Osse; N. J. 1855, S. 33 ff.), daß zur Ausscheidung von Kalk das Moos *Hypnum tamariscinum* beiträgt, das soviel CO_2 aufnimmt, „daß der dadurch gelöste Kalk an den Blättern sich ausscheiden muß“. Doch fügt MÄRTENS hinzu, daß das Moos nicht unbedingt zur Kalktuffbildung nötig ist. Wichtiger seien die organischen zersetzenden Substanzen.

COHN (Die Algen d. Karlsbader Sprudels, Abh. d. schles. Ges., 1862; Entstehung d. Travertin b. Tivoli; N. J. 1864) schreibt der physiologischen Tätigkeit der Algen am Aufbau des Travertin, besonders am Grund von Flüssen wie im Aniene, große Bedeutung bei, eine Ansicht, die er jedoch nicht verallgemeinert wissen will.

EULENSTEIN (a. a. O.) läßt die physiologische Tätigkeit d. Pflanzen am Uracher Wasserfall in den Hintergrund treten, bestreitet diese jedoch nicht bei submersen Pflanzen.

WEED (Format. of Travert. a. siliceous Sinter by the vegetation of Hot Springs; U. S. geol. Survey 1887/88; S. 619 ff.) legt besonderen Wert auf die physiologische Tätigkeit der Algen bei der Bildung des Travertin von Mammoth Hot Springs im Yellowstone Park, wie dies auch SANDBERGER bezüglich der Entstehung der Charenkalke tut.

POTONÉ (Die rez. Kaustobiolithe, 1908) macht darauf aufmerksam, daß sich Tuffe auch dort bilden, wo keine Pflanzen

sind. Diesen Widerspruch behebt PASSARGE (Die Kalkschlammablagerungen in d. Seen von Lychen, Uckermark; Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst., Bd. XXII, 1901), der auch Anhänger der Abspaltungstheorie ist, in seinen Untersuchungen über die Kalkbildungen von Lychen dadurch, daß er für das Vorkommen von Kalkschlamm an Stellen, wo keine Pflanzen sind, u. a. Strömungen verantwortlich macht, welche den auf Pflanzen abgelagerten Kalk forttransportiert haben.

FRÜH und BURGER betonen, daß zur Erklärung der Spaltung von $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ durch Pflanzen entweder die Ausscheidung einer Säure „oder enzymatische Vorgänge im Plasma, speziell im Chlorophyll, in welchem letzterem Fall der Eintritt des Bikarbonats in den Zellverband hinein nötig wäre“ vorausgesetzt werden. Letzteres trifft bei Süßwasseralgen zu.

Mag man sich nun zu der Theorie des Vorganges stellen wie man will, so hat doch HASSAK (s. o.) die Spaltung des doppelkohlensauren Natriums durch Pflanzen nachweisen können. Überkritisch ist BURGER, wenn er a. a. O. S. 17, meint, daß der HASSAKSche Versuch erklärlich wäre, „wenn in der Natriumbikarbonatlösung kleinste CO_2 -Mengen vorhanden waren oder entstanden“. Ferner sind die PRINGSHEIMSchen Experimente überzeugend, die zeigen, daß im Licht bei der Assimilation die CO_2 des $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ benutzt wird.

Auffallend bleibt aber, was BURGER betont, daß Charen, Moose usw. nicht immer einen Kalkbelag, nicht mal in ruhigem Wasser zeigen, „ja, daß Charen nicht obligat kalkbedürftig sind“. Noch merkwürdiger ist, daß einzelne Individuen derselben Spezies nicht immer den Kalküberzug zeigen, sondern, daß diese Erscheinung von Ort zu Ort wechselt, was BURGER auf „Wechsel in den Verhältnissen der Nährlösung, Insolation, Unterschiede der Struktur und Assimilationstätigkeit“ zurückführt. CH. A. DAVIS (Natur. history of marl; The journal of Geology, Bd. 8, 1900, S. 485 ff.) macht darauf aufmerksam, daß sich nicht alle Spezies desselben Genus, selbst, wenn sie beieinander leben, bei diesen Prozessen gleich verhalten.

Selbst BURGER, der der Spaltungstheorie nicht sympathisch gegenübersteht, muß zugeben, daß der Verbrauch der geringen Mengen CO_2 sukzessive den Zerfall des Bikarbonats herbeiführt.

RAMANN (Einteilg. u. Benennung d. Schlammablagergg., Z. d. D. G. G., 1906) sagt, daß die Ausscheidung des Kalkes vorwiegend durch Organismen vor sich gehe, ohne daß sich Kalk in ihnen absetze. Zu den Ausnahmen gehören die Characeen.

Einen sehr hypothetischen Ausweg finden BURGER und JOST (Vorlesgg. üb. Pflanzenphysiologie, 1913, S. 153), in dem sie die Jonentheorie zu Hilfe rufen. Der letztere nimmt an, daß $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ das Jon HCO_3^1 liefert, das seinerseits wieder in CO_2 und OH^1 zerfällt, so daß also von vornherein stets freie CO_2 den Pflanzen zur Verfügung steht. Sie sind mithin nicht darauf angewiesen, sich durch Spaltung des $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ Kohlensäure zur Assimilation zu verschaffen.

Meines Erachtens ist bei der ganzen Frage der Hauptwert auf den Unterschied zu legen, ob die betreffenden Pflanzen inkrustiert sind, oder ob sie Kalk im Inneren aufspeichern. Im ersteren Falle sind sie nicht kalkbedürftig, im letzteren Falle hingegen sind sie es. Selbstredend beweist dies nicht, daß sie aktiv das $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ gespalten haben. Das zeigen uns jedoch die Versuche HASSAKS und PRINGSHEIMS.

Somit können wir die folgenden Möglichkeiten ins Auge fassen:

1. Kalk ist als neutrales, oder
2. als saures Salz im Wasser gelöst.

1. Als neutrales Salz wird es durch Verdunstung (Abkühlung) ausgeschieden (auch durch organische Substanz),

2. als CaCO_3 wird es

a) mechanisch oder

b) durch die Tätigkeit bestimmter Pflanzen aus $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ abgetrennt unter Freiwerden der CO_2 .

Die unter 1. und 2. genannten Prozesse treten nicht streng getrennt auf, sondern einmal wird 1., ein anderes Mal 2. vorwiegen, was sich nach der vorhandenen CO_2 richtet.

2 a) kommt vor allem bei stürzenden, oder rasch.

2 b) bei langsam fließenden oder stagnierenden Gewässern oder Teilen derselben vor.

3. Kalk als Trübe im Wasser vorhanden.

Der Kalk braucht nicht nur im Wasser gelöst zu sein, aus dem er auf die geschilderte Weise ausgeschieden wird,

er kann auch in feinen Teilchen suspendiert sein und langsam als Trübe zum Absatz gelangen. In diesem Falle müssen wir annehmen, daß er aus mergeligen Lagen ausgewaschen und an ruhigen Stellen sedimentiert wird, wobei vor allem Seen in Betracht kommen.

Erzeuger und Verbraucher des kohlen sauren Kalkes.

Der unter verschiedenartigen Bedingungen gebildete Kalk entstammt anderen Kalklagern, aus denen er ohne oder mit CO_2 herausgelöst und später wieder nach den unter 1. und 2. geschilderten Vorgängen als Tuff oder Kalkschlamm abgesetzt wird. Von anderen Vorkommnissen, z. B. Stalaktiten usw., wird hier abgesehen, hat sich doch bereits SENFT (Die Wanderungen u. Wandlungen d. kohlen. Kalkes; Diese Zeitschr., 1861) hiermit eingehend befaßt.

Der entstehende oder neu entstandene Kalk kann in Berührung mit Wasser wieder gelöst werden, entweder als neutrales oder saures Salz, was sich nach den jeweiligen Lösungsbedingungen richtet. Es findet mithin theoretisch ein Pendeln zwischen Bildung und Auflösung von CaCO_3 statt. Ein Gleichgewicht wird eigentlich nie existieren. Beim Absatzprozeß wird natürlich die Auflösung des frisch gebildeten Kalkes zugunsten der Bildung desselben zurücktreten.

Den Erzeugern des CaCO_3 stehen die Verbraucher gegenüber, unter denen die Gastropoden, Zweischaler und Ostracoden die wichtigsten sind.

Für die Schnecken der Lychener Seen nimmt PASSARGE (a. a. O.) an, daß diese den von den Wasserpflanzen „ausgeschiedenen“ Kalk fressen und zur Schalenbildung benutzen, daß mithin die Gastropoden den im Wasser gelösten Kalk nicht direkt produzieren, sondern daß der CaCO_3 der Schalen nur eine andere Form des von den Pflanzen „ausgeschiedenen“ Kalkes ist. (Statt „ausgeschieden“ hätte PASSARGE besser den Ausdruck „gespalten“ gebraucht.)

Die Annahme PASSARGES ist zu einseitig, denn Versuche mit Limnaeen, Planorben, Bythinien, die in sehr weichem Wasser gezüchtet wurden, wo die Pflanzen gar keinen Kalk absonderten, zeigen, daß die Tiere mit sehr wenig CaCO_3 ihre Schalen bauen können. Die Dicke derselben war nicht verschieden von derjenigen, die in Versuchsgläsern erzielt wurde, deren Boden mit einer etwa 1 cm mächtigen Kalkschicht belegt war (eigene Versuche).

Die schalentragenden Tiere beziehen ihren Kalkgehalt aus dem Wasser selbst, so daß sie nicht nur als indirekte, sondern als direkte Konsumenten zu bezeichnen sind. Selbstredend wird auch der Kalk der inkrustierten Pflanzen zur Schalenbildung herangezogen.

Als weitere Kalkverbraucher kommen solche Pflanzen in Betracht, die CaCO_3 im Zytoplasma ablagern wie einzelne Charen. Nicht in diese Kategorie gehören diejenigen Organismen, die doppelkohlensäuren Kalk spalten oder auffangen, wobei sie sich passiv verhalten.

Solche Kalkkonsumierende Tiere oder Pflanzen werden dort leben, wo das Wassergefälle gering oder gleich Null ist. So treten sie denn in stark fließendem Wasser fast oder ganz zurück, während sie an ruhigeren Stellen häufig sind.

Daher kommt es, daß wir ihre Reste in den Bach- und Seekalken und Kalkschlammabsätzen der Seen in zahlreichen Mengen, im Gehängetuff selten oder gar nicht finden.

Die Komponenten der Süßwasserkalkabsätze.

Aus dem im vorigen Mitgeteilten ergibt sich, daß die Komponenten der Süßwasserkalkabsätze je nach dem Gefälle des Terrains, auf dem sie gebildet wurden, wechseln.

Im Gehängetuff finden sich deshalb vor allem Kalkpartikel, Algen und Moose, daneben eingeschwemmte Landschnecken;

in den Bachkalken Kalkpartikel, Schilf, Moose, Algen und Schalen;

in den Seekalken und Kalkschlammablagerungen dieselben Bestandteile, wobei sich das Vorkommen bzw. Überwiegen der einzelnen Komponenten nach den jeweiligen Verhältnissen richtet, wie im folgenden Kapitel auseinandergesetzt wird.

Die Kalkpartikel brauchen jedoch nicht an Ort und Stelle abgeschieden zu sein, sie können dort, wo Strömungen existieren, verschleppt werden. Es kann sich dabei aber auch um nicht gelöste, sondern um abgewaschene Teilchen handeln, die als Trübe zum Absatz kamen.

Neben den oben genannten Bestandteilen kommen noch Verwesungs- und Fäulnisprodukte in Betracht, die besonders in langsam fließendem oder stagnierendem Wasser zum Absatz gelangen.

Auch Eisenoxydhydrat spielt eine gewisse Rolle, doch komme ich auf die Absatz- und Entstehungsbedingungen der zuletztgenannten Körper erst später zu sprechen.

Typen der Kalkablagerungen.

Die Art der jeweiligen Kalkablagerung richtet sich nach dem Gefälle, das zwei Haupttypen

- a) die Gehängetuffe und
- b) die Bachtuffe bzw. Seekalke (Kalkschlammablagerungen)

hervorbringt.

1. An einem Hang, wo das Gefälle sehr groß ist, kommt es nicht zur Sedimentation von horizontal gelegenen Schichten. Nur, wenn mehr oder weniger große Absätze (Stufen) gebildet werden, auf denen sich das Wasser ansammelt, können sie entstehen.

Bezeichnend ist für die Gehängetuffe das Fehlen von Süßwasserkonchylien und Ostracoden, da diese ruhiges Wasser vorziehen. Ebenso fehlt Schilf.

2. In langsam fließendem oder stagnierendem Wasser wiegt die Bildung von horizontal gelagerten Schichten vor, wenn es auch in Bächen zu Stufenbildung kommt, wie dies die Gewässer des Yellowstone-Parkes in großem Maßstabe zeigen. Vgl. die Abbildungen bei WEED a. a. O. In Seen ist eine solche ausgeschlossen.

„Sandige“ Einlagerungen von losem Habitus, die Gehängetuffen fehlen, sind allen Bachtuffen gemein, können aber auch in Seen gebildet werden.

Charakteristisch ist für die Bach- und Seeablagerungen das häufige Vorkommen von Konchylien und Ostracoden und Schilf an den Rändern. Voraussetzung ist natürlich, daß die Temperatur des Wassers nicht die Anforderung der Organismen übersteigt. In richtigen heißen Gewässern fehlen Schnecken und Ostracoden (s. w. u.).

Allen diesen Ablagerungen ist ein ursprünglich mehr oder weniger loser Habitus gemein, der mehr oder weniger rasch festen Charakter annimmt, ein Vorgang, der mit dem Alter der Schichten zunimmt. Diagenetische Prozesse spielen dabei eine große Rolle.

Die Schlammablagerungen scheinen langsamer als die Gehänge- oder die Bachtuffe verfestigt zu werden.

Die verschiedenen Fazies und ihre Abhängigkeit von der Tiefe einzelner Teile eines Sees.

Um ein klares Bild der Ablagerungsbedingungen der einzelnen Steinheimer Sedimente zu erhalten, und um irgendwelche Schlüsse aus der Art der Sedimente auf die jeweiligen Tiefenverhältnisse ziehen zu können, müssen wir uns nach einem rezenten See umsehen, der in der Weise untersucht ist, daß Schlußfolgerungen aus den erzielten Ergebnissen auf die Steinheimer Verhältnisse möglich sind.

Es kommen vor allem die Erforschungen der **Lychener Seen** durch PASSARGE (Die Kalkschlammablagerung in den Seen von Lychen, Uckermark; Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanst., S. 79 ff., 1901) in Betracht. Leider war mir eine andere wichtige Arbeit von WESENBERG-LUND: Studier over Søkalk, Bønne molm og Søgytje i Danske Indsøer; Kopenhagen 1901, nicht zugänglich. Eine gute Besprechung findet sich in JUSTS Botan. Jahresber., Palaeontol. Arbeiten f. 1902, S. 775.

Ich halte mich im folgenden an die Ausführungen PASSARGES.

Von 7—8 m Tiefe hört höheres Pflanzenleben auf; nur Diatomeen, Bakterien, Pilze usw. kommen vor.

PASSARGE unterscheidet in der Pflanzendecke: a) die Schilfformation, b) den Pflanzenrasen, c) die Tiefenzone.

1. Die Schilfformation ist auf das Vorland mit 2—2,5 m Tiefe beschränkt. Von Bodenpflanzen sind *Chara*-Arten allein oder Characeen besonders wichtig. Algen überziehen alle möglichen Gegenstände.

2. Den Pflanzenrasen teilt PASSARGE ein:

- a) der gemischte Pflanzenrasen mit *Elodea canadensis*, *Potamogeton obtusifolium* usw., Characeen,
- b) der *Chara*-Rasen, der sich nur in flachem Wasser befindet (an stillen Buchten) und die Ufer umrandet,
- c) der *Vaucheria*-Rasen mit schwarz-grünen Fäden von *Vaucheria*, die mit 4 m beginnt, anfangs mit anderen Pflanzen gemischt ist, auch mit *Chara stilligera*, von 6 m ab aber die übrigen verdrängt und bis 7 m einen geschlossenen Rasen bildet.

Kleine Algen sind in a) bis c) vorhanden, spielen jedoch in c) keine Rolle mehr.

3. In der Tiefenzone bleiben nur noch Diatomeen, Pilze, Bakterien usw. übrig. Sie beginnt von 7 m Tiefe ab.

Von Tieren kommen besonders Fische (Hechte, Karauschen usw.) vor, die sich im Bereich der Pflanzendecke am liebsten aufhalten.

Von Gastropoden sind bemerkenswert:

<i>Limnaea auriculata</i>	<i>Planorbis corneus</i>
„ <i>ovata</i>	„ <i>vortex</i>
„ <i>truncata</i>	„ <i>albus</i>
„ <i>stagnalis</i>	„ <i>contortus</i>

Planorbis-Arten sind sehr häufig. Auch die Schnecken halten sich mit Vorliebe im Bereich des Pflanzenrasens auf. In der *Vaucheria*-Zone nehmen sie bereits ab; hier sind kleine dünn schalige Formen von *Valvata* und *Planorbis*, wenn auch nicht in großen Mengen, so doch stets anzutreffen. „In der Tiefenzone scheinen lebende Mollusken zu fehlen, außer der *Dreissena*.“

Auch viele Würmer, Krebse, Larven, Käfer, Infusorien beherbergt die Pflanzendecke, am meisten die *Vaucheria*-Zone. In der Tiefenzone findet man meist nur *Chironomus* und andere Mücken.

Diesen Zonen entsprechen nach PASSARGE besondere Ablagerungsarten:

1. die Sand- und Geröllzone des Ufers,
2. der helle Kalkschlamm des *Chara*-Rasens.

Der weißlich-gelbliche Schlamm enthält viele Gase. Beim Schlämmen bleiben hohle Zylinder von *Chara*-Zweigen übrig, deren Hülle verloren ging. Bei Steinheim liegt Ähnliches vor. Schalen von Mollusken sind mehr oder weniger häufig. Die meisten sind zerbrechlich und zerfallen leicht. Stellenweise machen sie einen hohen Prozentsatz aus. Getrocknet ist der Schlamm hellgrau bis weiß wie feiner Kalkmergel (vgl. die Steinheimer Proben).

Die mikroskopische Beschaffenheit stimmt mit der vieler Steinheimer Sedimente überein: im wesentlichen organische, zersetzte Reste und kleine Kalkspatkörner. Von Ton ist keine Spur vorhanden, beim Auflösen resultiert eine braune, flockige Masse. Es werden Splitter von Kieselsäure erwähnt, die vielleicht mit den „hellen Körnern“ einzelner Steinheimer Proben identisch sind (s. w. u.).

3. Der grünlich-graue Schlamm der gemischten Pflanzendecke unterscheidet sich von 2.

nur durch die größere Masse an organischer Substanz und geringerem Kalkgehalt.

4. Der schwarz-grüne *Vaucheria*-Schlamm.

5. Der Tiefenschlamm von 7—8 m Tiefe an ist hell bis dunkelbraun, marmoriert und gleichartig beschaffen. In ihm liegen vermodernde Blätter, Holz, Früchte, Bodenteile, Muschelschalen (nicht Schnecken?), Larven, Diatomeen, Kalkkörner in wechselnder Menge.

6. Muschelbreccien (nicht auch Schnecken-schalen?) finden sich im Bereich des gemischten Pflanzenrasens lokal. Die Schalen sind bröckelig; PASSARGE nimmt ein energisches Auflösen derselben an. Sie kommen in 6—7 m vor.

7. Die Wiesenschilfformation hat für uns keine Bedeutung.

Über die topographische Verbreitung der Schlammarten sagt PASSARGE u. a., daß der *Chara*-Schlamm kaum über 3 m tief geht und gerne Buchten erfüllt.

Der gemischte Schlamm kommt innerhalb des Pflanzenrasens vor. Den *Chara*-Schlamm umrandet er gewöhnlich in einer Tiefe über 3 m.

Lokal ist der *Vaucheria*-Schlamm verbreitet und findet sich in 5—7 m Tiefe.

Der Tiefenschlamm bedeckt den Seeboden von 7 m Tiefe ab.

Für die Entstehung der Schlammarten macht PASSARGE, da fast keine Einschwemmung zu bemerken ist, die Vegetation verantwortlich. Vor allem spiele die Kalk-„Ausscheidung“ (sprich: Abspaltung) der Pflanzen, besonders der Charen, eine Rolle, die oft ganz mit Kalk inkrustiert sind. Von großer Bedeutung sollen dabei die kleinen Algen sein. Auch höhere Pflanzen wie *Potamogeton*- und *Elodea*-Arten kommen in Betracht. Die Kalkablagerungen der ersteren sollen aus Kalkplatten bestehen, von denen anscheinend jede einer Zelle entspricht.

KALKOWSKI macht nach Untersuchungen der Jenaer Kalktuffbildungen nur die Algen für deren Bildung verantwortlich, was PASSARGE zu weitgehend erscheint.

Vaucheria scheidet keinen Kalk ab.

Die Kalkinkrustation soll mit dem Alter zu-, mit der Tiefe abnehmen, wobei die Beleuchtung ausschlaggebend ist.

Analysen bestärken PASSARGE darin, daß die Pflanzen in erster Linie den Schlamm bilden (hierüber s. w. u.).

Die Konchylien sollen den Kalkgehalt nicht erhöhen, da aller in den Schalen vorhandene Kalk bereits von den Pflanzen abgeschieden werde, der mit diesen gefressen wird. „Demnach ist der Kalk der Mollusken-Schalen im Grunde genommen nur eine andere Form des von den Pflanzen abgeschiedenen Kalkes.“

Daß mir diese Ansicht zu einseitig erscheint, habe ich bereits auseinandergesetzt.

PASSARGE kommt zu dem Schluß, daß der Schlamm des *Chara*- und gemischten Rasens ein Produkt derselben ist. Der helle Kalkschlamm (Seekreide) bildet sich besonders unter dem *Chara*-Rasen.

Der *Vaucheria*-Schlamm soll kalkarm sein, weil *Vaucheria* keinen Kalk absondert, doch enthält er immerhin bis 39,68% CaCO_3 .

Den Tiefenschlamm faßt PASSARGE als eine Ansammlung von Detritus auf, an dessen Zusammensetzung Kot von Fischen, Tierleichen, Diatomeen, Plankton, zusammengeschwemmte Schlamm- und Pflanzenmassen beteiligt sind.

Nach PASSARGES Ansicht wandern die Sedimente, was der Autor auf die Tätigkeit der Winterstürme, Strömungen im See u. a. m. zurückführt.

Bei der Bildung des Tiefenschlammes wird aber auch meines Erachtens das gelöste Salz von Bedeutung sein, das unter bestimmten Bedingungen wieder ausfällt.

Danach nimmt also PASSARGE eine Abhängigkeit des Kalkgehalts der Schlammarten von den betreffenden Pflanzen an.

So entspricht nach PASSARGE dem mittleren Kalkgehalt von *Elodea canadensis* (vier Untersuchungen), *Stratiodes aloides* (eine Untersuchung), *Myriophyllum* (eine Untersuchung), *Chara foetida* (vier Untersuchungen) von 59,96% CaCO_3 der mittlere Kalkgehalt von „Gemischtem Schlamm“-Proben von 59,69% CaCO_3 .

Der Kalkgehalt von vier *Chara*-Proben schwankt zwischen 65 und 70%, das Mittel von vier „*Chara*-Schlamm“-Proben beträgt 72,40% CaCO_3 .

Ich stelle zwecks Kritik alle von PASSARGE analysierten Pflanzen den entsprechenden Schlammarten, in denen sie vorkommen, gegenüber:

Pflanzen	Ca CO ₃ Ort		jung			
			gemischt. Schlamm		Chara-Schlamm	
			Ca CO ₃	Ort	Ca CO ₃	Ort
<i>Elodea canadensis</i>	53,11 %	Nesselpfuhl	46,89 %	Gr. Lychen	70,19 %	Knippscheere
	57,61	"				
	50,00	Oberpfuhl	56,84	Oberpfuhl	74,41	Zens
	53,11	Niederpfuhl	56,25	Gr. Lychen		
	56,34	Oberpfuhl	62,91	Oberpfuhl	76,70	"
	56,64	"	46,00	Gr. Lychen <i>Elodea</i> -Decke	80,36	"
	54,4 %	Mittelwert	46,84	do.	68,00	Oberpfuhl
<i>Chara foetida</i>	64,61 %	Wurl	55,00	do. gem. Pflanzendecke	70,19	Oberpfuhl
	67,52	"	56,84	Oberpfuhl <i>Chara</i> , <i>Elodea</i> , <i>Stratiodes</i>	74,41	Zens
	59,73	"			77,00	Oberpfuhl
	64,61	"	60,00	Nesselpfuhl <i>Potamogeton</i> , <i>Elodea</i>	73,90 %	Mittelwert
	70,43	Oberpfuhl				
	70,00	Zens	64,00	Gr. Lychen		
	66,1 %	Mittelwert	65,50	Oberpfuhl <i>Elodea</i>		
<i>Stratiodes aloides</i>	60,00 %	Oberpfuhl	68,50	do. <i>Elodea</i> , Muschel- schalen		
<i>Myriophyllum</i>	54,07 %	Zens	57,1 %	Mittelwert		
	61,69	"				

mit Algen
übersponnen,
Characeen;
Schlifftrandnähe

Vergleichen wir zunächst den gemischten Schlamm mit den in ihm vorkommenden Pflanzen, so ist klar, daß sich bei einer Abhängigkeit desselben von diesen der Ausfall des mittleren Kalkgehalts nach dem mehr oder weniger häufigen Vorkommen der verschiedenen Pflanzen richten muß. Bedauerlicherweise wurde *Potamogeton* nicht untersucht, obschon sie doch auch beteiligt ist. Da *Myriophyllum* in den Schlammproben nicht angegeben ist, so muß wiederum ein Vergleichsfaktor wegfallen.

Der gemischte Schlamm schwankt bezüglich des Kalkgehalts zwischen 46 und 68% d. h. um eine Differenz von 24% (der Mittelwert beträgt 57,1%), *Elodea* und *Chara*, die den Hauptanteil an der Zusammensetzung zu haben scheinen, zwischen 50 und 70%, d. h. um eine Differenz von 20% (der Mittelwert beider Pflanzen zusammen beträgt 60,2%).

Beim Vergleich des *Chara*-Schlammes mit *Chara* zeigt sich, daß dieser zwischen 68 und 80,36% schwankt (der Mittelwert ist 73,90%), der Kalkgehalt von *Chara* bewegt sich zwischen 59,73 und 70% (der Mittelwert beträgt 66,1%). Das sind Differenzen von 12 bzw. 10%.

Die 10% Differenz zwischen dem obersten Kalkgehalt des *Chara*-Schlammes (80%) und dem von *Chara* (70%) gibt doch zu Bedenken Anlaß.

Auffallend ist ja die schöne Übereinstimmung der Mittelwertzahlen des gemischten Schlammes und dem von *Chara* und *Elodea*..

Und doch bin ich von der Stichhaltigkeit derselben nicht überzeugt. Zunächst müßte doch, wenn wir PASSARGE'S Ansicht von dem Wandern der Sedimente akzeptieren, der Kalkgehalt des gemischten Schlammes gesteigert werden können.

Sodann wird aber der Inkrustationsgehalt für die meisten Pflanzen nicht angegeben; nur für *Elodea canadensis* von Nessel-pfuhl und *Chara foetida* vom Wurl (Tabl. I, 1 und 2) wird gesagt, daß die erstere gut, die zweite jedoch mäßig inkrustiert sei. Gerade diese Angabe würde, falls sie sich auf häufigeres Vorkommen bezöge, die obigen Zahlen schon umstoßen müssen, denn der Charenschlamm hat doch mehr Kalk als der gemischte Schlamm.

Ferner ist zu berücksichtigen, daß die Pflanzen den ausgeschiedenen Kalk bei unruhigem Wasser abschütteln können, wodurch der Kalkgehalt im Schlamm ebenfalls vergrößert würde, wie PASSARGE einen solchen Vorgang für *Potamogeton* für möglich hält.

Sodann sind die Molluskenschalen nur bei einer „gemischten Schlamm“-Probe angegeben, die unbedingt die Resultate beeinflussen müssen, wenn auch PASSARGE sagt, daß diese nicht direkt zur Kalkabscheidung beitragen; doch muß er zugeben, daß der Kalkgehalt durch sie erhöht wird. Die Anreicherung durch Schalen gibt PASSARGE mit 23% an, das ist aber ungefähr die Differenz, um die sich der gemischte Schlamm und der *Chara*-Schlamm unterscheiden bezüglich ihrer Mittelwerte.

Die Schalenbildung kann jedoch, wie ich früher schon auseinandersetzte, nicht nur auf das Abgrasen der inkrustierten Pflanzen zurückgeführt werden, sodaß sie direkt den Kalkgehalt der Ablagerungen erhöhen müssen.

Es ist nun fernerhin merkwürdig, daß der *Vaucheria*-Schlamm bis 39,68% Kalk enthält, obschon *Vaucheria* keinen Kalk abspaltet!

Es muß wohl auch als ein Fehler PASSARGE'S bezeichnet werden, daß er die kleinen Algen, die doch auch Kalk spalten, nicht berücksichtigt.

Wie wenig stichhaltig die Zahlen sind, geht daraus hervor, daß PASSARGE a. a. O. S. 134 einen in Betracht kommenden Oberflächenschlamm, der zwischen 60,62 und 66,39% Kalk enthält, als der Zusammensetzung nach einem gemischten Schlamm entsprechend ansieht. Nun schwankt aber der Ca CO_3 -Gehalt von *Chara foetida* zwischen 59 und 70%! Wenn PASSARGE hinzufügt: „Tatsächlich ist er unter gemischtem Rasen gebildet worden“, so dürfte dieser Schluß richtig sein.

Wie eingangs bereits erwähnt wurde, waren die vorstehenden Auseinandersetzungen zum Verständnis der Entstehung der Steinheimer Sedimente nötig. Ich habe nur das für diesen Zweck Wichtige verarbeitet, so weit es sich um die Petrogenese der fast rein kalkigen rezenten Süßwasserablagerungen handelt. Da Torfbildungen bei Steinheim nicht vorkommen, ließ ich sie außer Betracht. Die Sapropel- und Kieselsäure-Sedimente und ihre Entstehung bespreche ich gelegentlich in dem folgenden speziellen Teil.

II. Spezieller Teil.

Die einzelnen Steinheimer Sedimenttypen wurden eingangs des Kapitels aufgezählt; ich gehe zu ihrer Besprechung über.

1. Die Sedimentbreccien.

Die Sedimentbreccien bestehen aus mehr oder weniger eckigen, oft auch kantengerundeten Kalk- und Feuersteinbrocken, die durch kalkigen Zement verkittet sind. In den groben Breccien fehlen Versteinerungen, in den feineren kommen solche in mehr oder weniger guter Erhaltung vor. Doch sind stets Steinkerne vorhanden, da die Schalen aufgelöst sind.

Dieser Auflösungsprozeß muß vor der Verfestigung des Zements eingetreten sein, als dieses dank seiner schlammigen Beschaffenheit noch reichlich Wasser eintreten ließ. Dabei gingen die Schalen wohl vor allem als neutrales Karbonat in Lösung, das sich bei Verdunstung des Wassers in kleinen Kriställchen wieder ausschied und sich an die Stelle der Schalen legte.

Die Sedimentbreccien liegen nur am Rand des Beckens und sind selbstredend in geringer Tiefe abgelagert worden.

Im folgenden werden wir die Sedimentpetrogenese nur am Klosterberg studieren, da die Aufschlüsse am ehemaligen Seeufer zu schlecht aufgeschlossen sind.

2. Die Sprudelkalke.

Die Sprudelkalke sind ihrer zeitlichen Entstehung nach nicht von einem großen Teil der „Sanden“ (3) zu trennen, da diese zum Teil nur eine andere Fazies der ersteren darstellen. Bis zu den *Sulcatus*-, ja bis zu den unteren *Planorbiformis*-Schichten kommt es zur Bildung einer kalkigen und „sandigen“ Fazies, die räumlich ineinander übergehen können, sich gegenseitig vertreten; manchmal stecken die Sprudelkalke als Klötze in den „Sanden“. Tektonische Vorgänge haben das Bild kompliziert.

Ich halte es für angezeigt, die Sprudelkalke gesondert von den „Sanden“ zu behandeln.

Sie machen, da sie am Rande des Klosterberg bastionartig herausragen und in der PHARIONSCHEN und EDERSCHEN Grube weiter unten wieder herauskommen, zuerst nicht den Eindruck, als ob sie mit diesen zusammenhängen. Dem war aber ursprünglich so, doch tektonische Vorgänge rissen die einzelnen Teile aus dem einheitlichen Verband. Die Sprudelkalke wurden von FRAAS und BRANCA (Das Kryptovulkanische Becken von Steinheim) als noch in ihrer normalen Lage anstehend betrachtet und den Profilen nach als Gehängetuffe angesehen.

Es entstand nun die Ansicht, als wenn ein terrassenförmiger Aufbau vorläge, wie dies GOTTSCHICK (a. a. O. 1920, S. 159) annimmt. D. h. doch, daß hier die Absätze eines vom Klosterberg herabstürzenden Gewässers vorliegen.

Demnach wären die Sprudelkalke ein Äquivalent des Gehängetuffs.

Dem widerspricht jedoch vieles. Wenn auch die dichten, oft ruppigen, meist ungeschichteten, manchmal schalig ausgebildeten Kalke teilweise keine Schichtung erkennen lassen, so kann eine solche doch sehr oft konstatiert werden. Und zwar verrät sich diese an der Süd- und Westseite des Berges durch die heute noch fast horizontale Lagerung der manchmal lagenweise vorhandenen Aragonitpartien. Eine solche kommt ja auch bei Gehänge-

tuffen dort, wo sich Absätze (Stufen) bilden, vor; doch sind da immer die räumlichen Ausmaße größer als am Klosterberg, und vor allem tritt dann die Kaskadenform in die Erscheinung, was am Steinheimer Vorkommen nicht der Fall ist.

Sprechen schon diese Umstände gegen den Absatz der Sprudelkalke aus fallendem Wasser, so beweist dies noch mehr das zahlreiche Vorkommen von Schnecken in ihnen, die, wie ich bereits auseinandersetzte, nicht in einem solchen vorkommen. Es sind Limnaeen und Planorben, die an ruhiges Wasser gewöhnt sind.

Auch die Charen, die sehr häufig in den Kalken sind, lieben stark fließendes Wasser nicht.

Der Klosterberg, wie er heute sich uns darbietet, war bei der Ablagerung der Sprudelkalke nur als flache, niedrige Insel vorhanden, die von den Quellwässern ganz überspült war, so daß man nicht mal von einer eigentlichen Insel sprechen kann.

Es bleibt danach nur übrig, den Absatz der Sprudelkalke als submers anzusehen.

Daß durch die Quellen das Wasser gewellt wurde, braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, es wurde aber nicht dermaßen in Bewegung gesetzt, um den Schnecken den Aufenthalt unnöglich zu machen.

Nun beobachtet man, daß oft an den oberen Teilen der Sprudelkalke unter dem „Mantel“⁴⁾ Moosbildung zu konstatieren ist, welche die spitzenförmige Struktur derselben an diesen Stellen bedingt. Daß die Moose am Grunde des Sees existiert hätten, ist ausgeschlossen. Vielmehr ist ihre Existenz so zu erklären, daß die Sintermassen riffartig in die Höhe wuchsen und kleine Kegel bildeten, auf denen sich das Moos ansetzen konnte. Über diese sprudelte nun das Wasser hinweg, wobei es als Ansatzmasse oder Kalkfänger des ausgeschiedenen Kalkes diente. Die hierbei entstehenden Sintermassen-Partien lassen sich dem Gehängetuff vergleichen.

Die Schnecken treten da gegenüber den submers gebildeten Kalken zurück.

Die gemachten Beobachtungen führen zu der Annahme, daß die Quellen zumeist unterseeisch waren, daß also unter den dadurch gegebenen Bedingungen der Kalkabsatz vor sich ging.

⁴⁾ Unter dem „Mantel“ verstehe ich die oberste Lage der Sprudelkalke.

Sie lieferten stark kalkhaltiges Wasser, welches entweder nicht viel CO_2 enthielt, oder diese sehr bald nach Aufhören des Drucks und dank der unnormale hohen Temperatur verlor. Einer dieser beiden Fälle mußte eintreten, da sonst die Tiere nicht hätten existieren können, oder aber sie wären als Zwergformen degeneriert worden, wie dies HAZAI (Die Molluskenfauna von Budapest; II. Teil. Malakozool. Bl., N. F., Bd. IV) von *Tropidiscus marginatus* DRAP. aus einem stark kohlenensäurehaltigen Thermalwasser angibt. Die Mollusken der Sprudelkalke sind jedoch recht kräftig entwickelt.

Daß das Wasser stark kalkhaltig war, geht auch aus der Dickschaligkeit mancher Limnaeen hervor. Das gemeinschaftliche Vorkommen derselben mit dünnschaligen Vertretern derselben Gattung ist vielleicht auf das Vorhandensein zweier Rassen zurückzuführen, die sich durch verschiedenartiges Aufnahme- bzw. Abgabevermögen des Kalkes zum Zwecke des Schalenbaues unterscheiden.

Wahrscheinlich war der meiste Kalk als saures Salz gelöst, das durch die zum Kalkspalten besonders geeigneten und in den Sprudelkalcken zum Teil massenhaft vorkommenden Charen in CaCO_3 umgewandelt wurde, wodurch die Sinter entstanden. Oft haben sie ihre Riefung verloren, wie dies auch PASSARGE von den Charen der Lychener Seen angibt.

Eine andere Algenform ohne Riefung kommt in den Sintern der PHARIONSchen Grube häufig vor, die sich gegenüber der vorhin erwähnten *Chara* (der lebenden *Ch. contraria* verwandt) dadurch auszeichnet, daß sie nicht nur in losen Stücken, sondern prächtig erhalten gefunden wird. Sie über- und durchzieht die Schneckengehäuse nach allen Richtungen, sie zum Teil einspinnend. Von diesen kommen *Gyraulus tenuis*, *Pseudamnicola pseudoglobulus*, Limnaeen in Betracht. Ostracoden sind verhältnismäßig selten. Dieselbe Alge, die als *Chara inconspicia* bestimmt wurde, findet sich in großen Massen in den miocänen Süßwasserkalcken des Adlersberg bei Nördlingen, wo die Pflanze gesteinsbildend auftritt. Um Charen handelt es sich jedoch nicht, da die quirlförmige Anordnung der Blätter fehlt. Ich werde sie in einem besonderen Artikel beschreiben.

Von kalkspaltenden Algen stammen wohl auch jene merkwürdigen Gebilde, wie ich sie in den Tenuiskalcken der Klosterbergspitze fand. Auf der Oberfläche dichter, ziemlich schwerer, stark aragonithaltiger Varietäten der Sprudelkalke

ziehen sich Unebenheiten entlang, die den Gyri und Sulci des Gehirnes ähneln. Ähnliche Vorkommnisse beschreibt auch PASSARGE (a. a. O. S. 91) von den Lychener Seen, wo auf Geröllen *Rivularia pisum* Überzüge bildet, die wie aus grünen Erbsen zusammengesetzt aussehen. Sie sind stark mit Kalk infiltriert, der auf Steinen, Holz und allen möglichen harten Gegenständen eine dicke Rinde bildet. Um *Rivularia* handelt es sich bei den Steinheimer Stücken nicht.

Doch besteht eine große Ähnlichkeit mit den „Furchensteinen“, wie sie auf den postglazialen und rezenten Ufern des Bodensees vorkommen.

Allerdings sind die Furchen der Steinheimer Proben enger als die der echten Furchensteine (vgl. SCHMIDLE, Erl. zu Blatt Konstanz). Der Begriff der Furchensteine ist nur dort anwendbar, wo die Vertiefungen auf den betr. Körper selbst (Kalkstein) übergreifen und nicht nur wie bei anderen Gesteinen auf einer vegetabilen Zone verlaufen. Bei den alpinen Kalkgeröllen des Bodensees läßt sich die Grenze der helleren Kruste gegen das dunklere Gestein erkennen, was bei den Steinheimer Stücken nicht der Fall ist.

Es handelt sich hier auch nicht um Gerölle auf sekundärer Lagerstätte, sondern um anstehendes Gestein, das nicht ausgefurcht wurde, wie das bei den Bodenseesteinen der Fall ist. BRAUN, SCHIMPER und CHODAT machen Algen für die Entstehung der Furchensteine verantwortlich, die das Gestein zernagen; die Struktur desselben soll den Verlauf der Gänge bedingen. WESENBERG-LUND glaubt, daß die Algen die Gesamtoberfläche zerfressen, worauf Tiere ihre Gänge bohren und so dem Brandungswasser einen Weg für die auswaschende Tätigkeit vorschreiben.

Für die Bildung der in Frage kommenden Gebilde von Steinheim möchte ich annehmen, daß die Wuchsform der Kalk absondernden Algen, die uns jedoch nicht überliefert sind, die Gestalt und den Verlauf der Windungen bestimmt haben. Ich möchte hier auf verschiedene Abbildungen in WEEDS bereits zitiertem Werk (Format. of travertine etc.), besonders auf Taf. 86, hinweisen, welche eine ähnliche Gesteinsbildung, bewirkt durch Algen, zeigen, wie wir sie bei Steinheim finden. Nur ist der Maßstab ein viel größerer als bei den Ablagerungen des Yelly Spring im Yellowstone-Park. Daß es sich hier um Kieselsinter, für dessen Entstehung WEED die Algen verantwortlich macht, und nicht um Kalkablagerungen wie bei Steinheim handelt, tut nichts zur Sache.

Die Quellen waren zum Teil eisenhaltig. Ferrihydroxyd findet sich in Schnüren und dünnen Bändern im Sprudelkalk und dürfte zum Teil auf die eisenhaltigen *Murchisonae*-Schichten, die am Klosterberg anstehen, zurückzuführen sein.

Besonders charakteristisch ist für die Sprudelkalke der Gehalt an Aragonit. Dieser tritt in Punkten und Schnüren von manchmal federartigem Habitus oder in Lagen und schließlich in der bekannten konzentrischen Ausbildung auf, welche Formen erzeugt, die Querschnitten von Belemniten-schalen nicht unähnlich sind, wie dies BRANCA von dem Aragonit von Böttingen sagt (Vulkanembryonen, S. 693.)

Der Dünnschliff zeigt folgendes Bild:

1. Sprudelkalk mit *Gyr. tenuis*; Klosterberg (Probe A).

Im auffallenden Licht zeigt der Schliff eine gelbbraune, homogene Grundmasse mit milchigen Flecken (Aragonit).

Bei durchfallendem Licht erkennt man mit stärkerer Vergrößerung zahlreiche eckige, oft etwas gerundete Kalkspatpartikel, die bienenwabenhöförmig, unregelmäßig aneinanderliegen. In diese Masse sind Charen- und Schalenbruchstücke eingesprengt; außerdem ziehen sich milchtrübe Aragonitschnüre mit konzentrisch struierten Lagen durch die Grundmasse hindurch. Oft haben sie amoebenhaften Habitus mit zahlreichen, manchmal an Pseudopodien erinnernden Ausläufern und Zacken. Der lagenhafte Aufbau kann bis in diese hinein verfolgt werden. Das Zentrum ist meist hohl, oft wird es aber von eckigen, glashellen Kalkspatkörnchen erfüllt.

2. Sprudelkalk mit *Gyr. tenuis*; Klosterberg.

Ausbildung wie bei 1.; nur sind hier die Aragonitindividuen rund und nicht amoebenhaft. Den konzentrisch-schalen Aufbau zeigen auch sie deutlich. Dickere, dunklere und dünnere, durchscheinende Lagen wechseln miteinander ab; die letzteren sind vielleicht Kalkspat. Die einzelnen Scheiden werden von hellen, radialen Aragonitfasern durchkreuzt, die bis zum Zentrum reichen. Sie laufen in der Regel ohne Unterbrechung durch die helleren und dunkleren Teile hindurch, wenn auch manchmal eine Unterbrechung stattfindet.

Die einzelnen Individuen drängen sich aneinander und suchen sich gegenseitig fortzustoßen. Deshalb sind die meisten Kontrahenten nur noch teilweise vorhanden.

Die chemischen Analysen, die Herr Prof. MEIGEN ausführen ließ, zeigen die folgende Zusammensetzung:

1. Sprudelkalk; Klosterberg Dicht, hellgrau, Lamellen, Arag., nicht in sphärischen Aggregaten Spez. Gew. = 2,57	2. Sprudelkalk; EDERS Grube Hellgrau, grobporös; z. T. brauner Überzug, etwas angewittert. Schalen von <i>Gyr. steinheimensis</i> und <i>steinheimensis/fenuis</i>
Unlöslich 2,0 %	2,4 %
Fe ₂ O ₃ 2,5	4,0
Ca CO ₃ 51,3	52,9
Mg CO ₃ 42,8	40,6
98,6 %	99,9 %

Auffallend ist der hohe Mg-Gehalt, was für spätere Betrachtungen von Wichtigkeit ist.

Ich gebe noch das spezifische Gewicht einiger Proben:

1. Klotz in der PHARIONSCHEN Grube (3 y); „Mantel“. Ohne Aragonitdrusen; spez. Gew. = 2,75.
2. Sprudelkalk; Klosterberg. Ziemlich dicht, mit viel Aragonit; spez. Gew. = 2,93.

Während 2 das spezifische Gewicht des Aragonits (2,94) hat, weist der „Mantel“ nur noch dasjenige des Kalkspates (2,72) auf, was auf Abkühlung des die oberen, wenig oder fast gar keinen Aragonit bildenden, Sprudelkalklagen absetzenden Wassers hinweist (siehe weiter unten).

Nachweisbar ist der Aragonit durch die MEIGENSCHEN Reaktionen. Diese beruhen auf der mehr oder weniger schnellen Einwirkung des kristallographisch verschieden auftretenden Ca CO₃ auf Metallverbindungen, wie Kobaltnitrat oder Ferrosulfat.

Läßt man gepulverten Aragonit auf Kobaltnitratlösung beim Kochen einige Zeit einwirken, so entsteht ein tiefvioletter Niederschlag. Dieser tritt mit Kalkspat erst nach etwa zehn Minuten auf, da dieser auf Kobaltnitrat langsamer als Aragonit wirkt. Auch löst sich etwas mehr Aragonit in Wasser als Kalkspat.

Mit Ferrosulfat (auch mit MOHRSCHEM SALZ) entsteht bereits bei gewöhnlicher Temperatur mit ersterem eine tiefgrüne Färbung, während das Salz mit Kalkspat bräunlich wird.

Mit diesen Reaktionen muß man bei den Untersuchungen sehr vorsichtig vorgehen, da, wie MEIGEN zeigte und an einzelnen Beispielen ausführte, die Schneckenschalen, die ja in den Steinheimer Ablagerungen eine große Rolle spielen, aus Aragonit bestehen.

Ich habe die Untersuchungen erweitert und rezente sowie fossile Schneckengehäuse, besonders aus dem Steinheimer Miocän, auf ihren Aragonitgehalt geprüft.

	Vorkommen	Alter	Reaktion mit	
			Eisen-sulfat	Kobalt-nitrat
<i>Planorbis cornu</i>	Lémförder Moor	rezent	+	+
— <i>pseudammonium</i>	Buchsweiler U. E.	Eocän	0	0
— <i>marginatus</i>	—	Moosbacher Sande	+	+
— <i>cornu</i>	Mörsingen i. Teuschbuch	rezent	+	+
<i>Gyr. dealbatus</i>	Steinheim	Kleinischicht (Miocän)	+	+
— <i>steinheimensis</i>	„	Miocän	+	+
— <i>oxystoma</i>	„	<i>oxystoma</i> -Schicht	0	0
(aus einem verkieselten Laib der Schwemmzone VII: Kalkgehalt gering)		Miocän		
<i>Gyr. oxystoma</i>	„	do.	+	+
<i>Limnaea stagnalis</i>	Kehl a. Rh.	rezent	+	+
— <i>palustris</i>	Federsee	„	+	+
— <i>dilatatus</i>	b. Schussenried			
(dickschalig, aufgeblasen)	EDERS Grube	Sulcatusschicht	+	+
<i>Gulnaria ovata</i>	Steinheim	Miocän		
(ziemlich angewittert)	Kehl a. Rh.	rezent	+	+
<i>Gyr. planorbiformis</i>	Steinheim	Miocän	+	+
— <i>trochiformis</i>	„	„	+	+

Aus der Tabelle geht hervor, daß auch die Planorben- und Limnaeen-Schalen aus Aragonit bestehen, so daß man, wenn solche im Gestein vorhanden sind, erst Brocken ohne Gastropodenreste herausholen muß, um Sicheres über den eventuellen Aragonitgehalt des Sedimentes zu erfahren. So konnte ich nachweisen, daß der obermiocäne Kalk von Dächingen (Kr. Ehingen, Württ.) die MEIGENSche Reaktion zeigt, weil *Plan. cornu* drinsteckt. Holt man jedoch ein steriles Stück aus dem Stein, so zeigt dieses bei der Untersuchung die MEIGENSche Reaktion nicht.

Bei den Steinheimer Ablagerungen kann diese nur selten angewandt werden, da dieselben zum großen Teil aus Schneckenschalen, oft in fein zerriebenem Zustand, bestehen.

Auch der negative Ausfall der MEIGENSchen Reaktionen sagt oft nichts Bestimmtes über den ehemaligen Ge-

halt an Aragonit, da sich dieser in Kalkspat verwandeln kann oder unter bestimmten Bedingungen verkieselt wird (s. *Gyr. oxystoma* aus einem verkieselten Laib der Schwemmzone VII von Steinheim; vorige Tabelle).

Die Sprudelkalke bestehen nach den obigen Erläuterungen aus Kalkkörnchen, Aragonit, *Chara*- und anderen Algenstengeln, Schnecken- und Ostracodenschalen (letztere selten), die ganz oder in Bruckstücken vorliegen. Unter dem „Mantel“ findet sich Moos.

Diagenetische Umwandlungen haben die organischen Überreste zum Teil in Steinkerne umgesetzt, die oft vollkommen verschwinden und von der Grundmasse aufgenommen werden. Diese Erscheinung kann man Schritt für Schritt verfolgen, so daß Steinkerne sozusagen in das Gestein überfließen. Diese Vorgänge sind auf die Wirkung des in Wasser gelösten CO_2 zurückzuführen, das noch vor der vollkommenen Verdichtung des Gesteins durch die Poren eindringen konnte. Das durch Fäulnis entstehende CO_2 dürfte kaum in Betracht kommen.

Daß dieser Prozeß nicht erst nach dem Kompaktwerden der Sintermassen stattfand, geht daraus hervor, daß die Steinkernbildung und die vollkommene Auflösung der Schalen an ganz harten, frischen Stücken auftritt und nicht etwa an das Vorhandensein von Spalten gebunden ist.

Weitere diagenetische Umbildungen haben die Verfestigung des ursprünglich porösen Sinters bewirkt, in dessen Poren Wasser zirkulieren und dieselben mit Kalkteilchen verstopfen konnte. Allgemein sind alte Travertine dichter als junge, was wohl nicht nur auf die geschilderten Vorgänge, sondern auch auf einen Druck, den die oberen auf die unteren Massen ausüben, zurückzuführen ist.

Übergang der Sprudelkalke in die „Sande“.

Den Übergang von den Sprudelkalken zu den Sanden bildet der bereits öfter erwähnte „Mantel“. Es ist ein mehr oder weniger dünnplattiger, oft recht eisenhaltiger Kalk, der durch das starke Zurücktreten von Aragonit ausgezeichnet ist. Charen fehlen oft ganz, Moos vollkommen. Dieses tritt unter dem „Mantel“ auf. Das Gestein nimmt meist den Charakter echter Süßwasserkalke an, der Tuffhabitus fehlt.

Häufig beobachtet man Trockenrisse, die auf das Weichen des Wassers hindeuten (PHARIONSche Grube).

Nicht selten fehlt die Mantelbildung, und zwar dort, wo die Sprudelkalke über den Seespiegel hinauswuchsen. Der „Sand“ lagert sich dann an die Riffe an, eine transgredierende Kalkbank zeigt das Erobern derselben durch das Wasser an.

Es ist klar, daß die Sprudelkalkbildung in der Nähe der Quellen am stärksten war, weshalb diese dort am mächtigsten sind und nach dem See zu abnehmen, wobei sie in „Sande“ übergehen.

Die Temperatur des die Sprudelkalke absetzenden Wassers.

Daß das Wasser, aus dem die Sprudelkalke abgesetzt wurden, nicht normale Temperatur hatte, geht aus dem Vorkommen von Aragonit hervor, weshalb man die geschilderten Kalke schon immer als Warmwasserabsätze ansah. Doch genauere Temperaturangaben wurden nie gemacht.

Um dies zu ermöglichen, haben wir die Bildungsbedingungen des Aragonit und außerdem die Voraussetzungen zu prüfen, welche die in den Sprudelkalken überlieferten Wasserorganismen an die Temperatur stellen durften, um sich in der Weise entwickeln zu können, wie es zur Zeit der Entstehung des Sinters der Fall war.

G. ROSE (Über die heteromorphen Zustände der kohlen-sauren Kalkerde; Abh. d. Kgl. Akad. d. Wiss., Berlin 1856) wies als erster auf die Abhängigkeit der Bildung des kohlen-sauren Kalks als Kalkspat (wie im Tropfstein) oder als Aragonit (wie in den Karlsbader Sprudelkalken) von der Temperatur des Wassers hin. Versuche stärkten ROSE in seiner Ansicht. Diese zeigten zudem, daß sich auch Kalkspat aus einer gesättigten Lösung bei höherer Temperatur abscheiden kann, wenn er von Kohlensäure umgeben wird. Aragonit bilde sich jedoch nur über 30° , darüber scheidet sich immer mehr von dieser Kalkspatmodifikation als von hexagonalem Kalk aus; von 90° an entstehe nur noch Aragonit.

Die Annahme ROSES, daß sich aus einer verdünnten Lösung bei normaler Temperatur nach mehreren Jahren Aragonit bilden könnte, korrigierte VATER (Über den Einfluß von Lösungsgenossen auf die Kristallisation des Kalziumkarbonats; Zeitschr. f. Krist. 1893—99), indem er zeigen konnte, daß es sich hierbei ebenfalls um Kalkspat handle.

Mindestens 30° sind nach VATER zur Ausbildung von Aragonit nötig.

MEIGEN (Beitr. zur Kenntn. des kohlens. Kalkes; Ber. d. Naturf. Ges. Freiburg, 1903) erhielt bei der Fällung des CaCO_3 aus kohlensaurem Ammoniak und Kalziumchlorid (konzentr. Lösung) in der Kälte Aragonit, allerdings von besonderer Ausbildungsweise.

Machte er den Versuch mit einer verdünnten Lösung, so entstand CaCO_3 , dessen Übergang in Kalkspat oder Aragonit ganz von der Temperatur abhängig ist (a. a. O.) S. 13).

Fällungen mit NaHCO_3 ergaben ähnliche Resultate, wobei durch Verdünnung die Aragonitbildung zurückgedrängt wurde.

Aus allem folgt, daß Aragonit nur über 30°, Kalkspat hingegen bei jeder Temperatur entsteht.

Nun wird, wie mir Herr MEIGEN sagte, durch die Anwesenheit eines Mg-Salzes die Ausfällungstemperatur des Aragonit herabgesetzt.

Der Steinheimer Sprudelkalk enthält aber einen ziemlich beträchtlichen Prozentsatz an Magnesium (MgCO_3) (bis 42,8%), so daß die Temperatur des die Klosterbergsinter bildenden Wassers unter 30° gelegen haben könnte.

Daß es jedoch nicht normal warm war, dürfte evtl. aus dem vollkommenen Fehlen von Diatomeen hervorgehen, was übrigens für sämtliche Ablagerungen von Steinheim gilt. Diese Algen lieben kühles und klares Wasser, weshalb diese nach E. KEISSLER (Phytonplankton d. Traunsee; 1907) im kühlen Traunsee sehr häufig sind, wenn sie auch Sommertemperatur zur flotten Entwicklung nötig haben. Andererseits hängt ihr Vorkommen zum Teil mit niedrigem Kalkgehalt zusammen, weshalb sie bei Zunahme desselben seltener werden (TOLF, Sv. Tidskrift 1902; S. 283).

Bei Steinheim wird in den Sprudelkalkwässern die höhere Temperatur die Diatomeen ferngehalten haben, während ihr Fehlen in den höheren Schichten, die bei normaler Wärme abgesetzt wurden — das gilt besonders für die *oxystoma*-Kalkschlammablagerungen — auf Konto des hohen Kalkgehalts gesetzt werden muß.

Welche Schlüsse lassen nun die vorhandenen Fossilien in den Sprudelkalken auf die Temperatur zu?

Die Charen beweisen nichts, da sie in kaltem, warmem und heißem Wasser existieren können, wohl aber die Gastropoden.

Wichtig ist die Angabe HAZAIS (Die Moll.-Fauna von Budapest, Malakkozool. Blätter, N. F., Bd. 3), daß er in Thermalwasser über 20—26° keine Mollusken mehr fand. Demgegenüber sagt der amtliche Bericht über die Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Kiel 1846, daß Limnaeen in Quellen, die bis 43° C haben, existieren.

Um nun der Lösung des Problems näherzukommen, habe ich die folgenden Versuche mit *Gyraulus albus*, einem nahen Verwandten von *Gyr. Kleini* bzw. *steinheimensis*, d. h. der Ausgangsform des Steinheimer „*Planorbis multififormis*“, unter welcher Bezeichnung die ganze Entwicklungsgruppe der Steinheimer Planorben zusammengefaßt wird, angestellt. Eigentlich hätte ich sie mit *Gyr. glaber*; der mit *Gyr. Kleini* identisch ist, machen müssen, doch stand mir dieser nicht zur Verfügung. Ausgeführt wurden die Experimente im zoologischen Institut der Universität Freiburg.

Die Exemplare von *Plan. albus* stammen aus langsam fließendem Wasser des Mooswaldes bei Freiburg i. B. — wo sie sich auf der Unterseite von Blättern aufhalten — und aus einem Tümpel der Kiesgrube am östlichen Ausgang des genannten Waldes an der Straße Hugstetten—Freiburg. Die Temperatur des Wassers betrug im Juli, als ich die Schnecken holte, 18° C.

Ich brachte die Tiere in ein geräumiges Aquarium mit Wasser von 18,8° C und fütterte sie mit Wasserlinsen.

Innerhalb mehrerer Tage wurde langsam auf 26° C erwärmt.

Am 10. Juli waren 30° C erreicht, wobei sich die Tiere wohlfühlten.

Datum	Temperatur
12. 7.	31—31,5° C
14. 7.	33° C, 6 Exemplare +
16. 7.	33° C
20. 7.	30,5° C
21. 7.	36° C; hier gingen die meisten Exemplare ein

Zwischen 30 und 33° hielten sich die meisten Tiere gut weiter, da sie sich an die höhere Temperatur gewöhnt hatten. Ein Überschreiten dieser Wärme wird von einer großen Anzahl nicht vertragen.

Da Limnaeen in den Sprudelkalken eine große Rolle spielen, stellte ich ähnliche Versuche mit *Limn. ovata*, die ich einem Wiesengraben bei Hugstetten entnahm, an.

Die Tiere gewöhnten sich an eine Temperatur von 34° C, bei der sie noch laichten, gingen jedoch bei 38° C zugrunde.

Limn. stagnalis konnte 41,5° C Wärme vertragen, bei 30—32° C wurde gelaicht und Junge krochen aus, die sich gut entwickelten. Bei 45° C gingen die Schnecken ein. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Da *ovata*-ähnliche Formen in den Sprudelkalken vorkommen, so darf man wohl den Schluß ziehen, daß die höchstzulässige Temperatur 34° C gewesen sei. Da jedoch der Verwandte von *Gyr. steinheimensis*, *Gyr. albus*, nur etwa 32° C gut verträgt, so dürfen wir diese Temperatur als die damals im Steinheimer Wasser — wenigstens dort, wo die Sprudelkalke abgesetzt wurden — herrschende ansehen.

Wir können jedoch an niedrigere Temperaturen denken, wenn wir den ziemlich hohen Magnesiumgehalt der Sinter berücksichtigen.

Durch die Versuche ist im Verein mit den Auskristallisationsmöglichkeiten des Aragonits nachgewiesen, daß es sich bezüglich der Wasserwärme keinesfalls um Thermen wie die von Karlsbad handelt, die bis 73,1° C haben können.

Die biologischen Versuche führten mich nun zu der Frage, ob die Erwärmung des vor der Entstehung der warmen Quellen vorhandenen kalten Seewassers eine relativ plötzliche oder langsame war.

Das letztere wird sich nach folgenden zwei Möglichkeiten richten: entweder waren die Sprudel zu Anfang nicht so warm wie später, aber stark sprudelnd oder gleich sehr warm, jedoch nicht sehr kräftig sprudelnd.

Daß der erstere Fall am meisten für sich hat, geht aus den mächtigen Absätzen gleich zu Beginn der Quell-tätigkeit hervor. Sodann spricht aber das Vorkommen der Gyraulen in den unteren Partien hierfür, die sich unmöglich gleich an etwa 32° hätten gewöhnen können.

Dies sollen die folgenden Versuche zeigen, welche die starke Reaktionsfähigkeit des Herzens von *Gyr. albus* auf Temperaturerhöhungen beweisen.

Bei der Untersuchung ließ ich einen *albus* sich frei in einem Uhrschildchen bewegen und schob dies, den Bewegungen der Schnecke entsprechend, unter dem Binokular hin und her. Oder ich legte einen Objektträger über das Tier, so daß es sich nicht bewegen konnte.

Da die zweite Methode etwas Gewalttätiges an sich hat, so kommen Differenzen gegenüber den Resultaten der ersten Versuchsanordnung vor, weshalb ich nur die letzteren bringe.

Herztätigkeit des *Gyraulus albus*.

	Pulsschläge pro Min.	Temperatur
1. Exemplar	64, 64, 64, 60, 64, 64	18,8° C
2. „	64, 64, 64, 64	18,8° C
3. „	60, 60, 60, 60	18,8° C
	80, 76, 84, 80	20,5° C
	72, 68	22° C
	132, 92, 96	28° C
	Temp. etwas gesunken	
	160, 120, 112, 100	34° C
	Temp. auf 29° gesunken	
	72, 72	bei Rückgang auf 21,5° C

Nebenbei sei bemerkt, daß, wenn man das Versuchstier in zu wenig Wasser bringt, der Herzschlag öfter aussetzt, überhaupt unregelmäßig ist (in normal warmem Wasser!). Allzulange darf man ein und dasselbe Tier nicht zum Experimentieren benutzen, da der Sauerstoff des Wassers ziemlich rasch verbraucht wird.

Die Tabelle zeigt, daß die Herztätigkeit von 64 Pulsschlägen pro Minute bei 18,8° C durch eine Temperaturerhöhung um 10° auf fast die doppelte Pulszahl steigt. Bei 34° C sind die Schläge kaum zu zählen, werden sehr unregelmäßig und setzen schließlich für größere Zeitintervalle aus.

Ergänzend sei gesagt, daß *albus*, aus Wasser von 18° C direkt in solches von 30° C gebracht, sehr bald eingeht; ebenso verhalten sich andere Schnecken, z. B. *Limnaea stagnalis*. Anders ist es, wenn die Tiere langsam an höhere Temperaturen gewöhnt werden.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß *albus*, an höhere Temperatur gewöhnt, beim Herab- und Wiederhinaufsetzen derselben nicht die Herzschläge hat, die das Tier bei der jeweiligen Wärme nach der obigen Tabelle haben sollte:

a) *albus*, aus Wasser von 32,5° C genommen.

Pulsschläge pro Minute	Temperatur
64 64 60	25° C
60 60 64 60 64 64	28,5° C
68 68	31,5° C
72 76 72 68* 68	30° C
68 64	31° C

Frisches Wasser wird zugesetzt:

Pulsschläge pro Minute	Temperatur
80 72 68	29° C
72	32° C
48 56 52 52	24,5° C
84 76	31° C
8 sehr unregelmäßig	22° C
fast keine Herztätigkeit	24,5° C

Das Tier hat sich in die Schale zurückgezogen.

b) *albus*, aus Wasser von 22° C genommen:

Pulsschläge pro Minute	Temperatur
100 100 100 100	21 C
100	23,5° C
108 124 132 140 128	27,0° C
128 136 128	28° C
148 144	29° C
144 172	32° C
168 180	32,5° C
144 180	33,5° C

Das Tier ist sehr unruhig.

92 92	30—29° C
52 44	28° C
40	26° C
40	29° C

Das Tier geht langsam ein.

Der Versuch a) lehrt, daß das Tier, einmal an eine höhere Temperatur gewöhnt, bei Temperaturschwankungen, die nicht über die einmal erwähnte Wärme hinausgehen, ungefähr dieselbe Herztätigkeit innerhalb etwas weiterer Grenzen beibehält.

Ist es an eine von der ursprünglichen kaum abweichenden Temperatur gewöhnt (b), so reagiert es bei Erhöhung derselben sehr stark, bei manchen höheren Wärmeegraden noch kräftiger, als dies beim allerersten Versuch der Fall ist.

Wenn die Experimente auch erweitert werden müssen, so zeigen sie doch deutlich, daß es physiologisch rein unmöglich ist, daß sich die Schnecken sofort an eine höhere Temperatur gewöhnen können.

Sie hätten im Steinheimer Becken nach der Entstehung der Quellen eingehen müssen, wenn die Sprudel, die gleich viel Wasser lieferten (s. o.), sofort eine bedeutend höhere Temperatur als der vorhandene kalte See besessen hätten.

Da die Schnecken bereits in den unteren Aragonit führenden Sprudelkalken vorkommen, so dürfen wir die Temperatur der zuerst geförderten Wassermassen nicht für so hoch halten wie dies wohl später der Fall sein konnte.

Die Tiefe des die Sprudelkalke absetzenden Wassers.

Wie ich bei Besprechung der Arbeit PASSARGES über die Seen von Lychen bemerkte, kommen die Charen in einer Tiefe von etwa 1—4 m vor.

Da die Sprudelkalke zum großen Teil echte Charen-Stöcke sind, so dürfte der See an den Stellen, wo die Sinter zum Absatz kamen, 1—4 m tief gewesen sein.

Wann begann der Absatz der Sprudelkalke?

In der EDERSCHEN Grube steht unter den sandigen Sprudelkalkäquivalenten eine Partie stark wasserführender feinkörniger „Sande“ an, die *Gyr. steinheimensis* führen. Aragonit ist in ihnen nicht bekannt.

Einen Uebergang zu etwa gleichzeitig gebildeten Sintern kenne ich nicht. Die typischen *steinheimensis*, wie sie die oben erwähnten *steinheimensis*-Sande der EDERSCHEN Grube führen, findet man in den Sprudelkalken stets in Gemeinschaft der nächstjüngeren Form: *Gyr. tenuis*. Meist handelt es sich auch gar nicht um *steinheimensis*, sondern um *steinheimensis/tenuis*.

Solange kein Uebergang der *steinheimensis*-„Sande“ zu den Sprudelkalken bekannt ist, möchte ich annehmen, daß deren Bildung erst nach der Ablagerung der ersteren einsetzte.

Zusammenfassung.

1. An der Zusammensetzung der Sprudelkalke beteiligen sich Kalkspat, Aragonit, Eisenoxydhydrat, Schalen, Algen und zum Teil Moose.

2. Sie sind zum größten Teil unter Wasser entstanden, da sie zum Teil horizontal geschichtet und Schnecken zur Zeit ihrer Entstehung in ihrem Sedimentationsrevier lebten, die nur in ziemlich ruhigem, aber nicht schnell fließenden Wasser existieren konnten.

Die Sprudelkalke, soweit sie heute noch vorhanden sind, wurden demnach nicht wie die Gehängetuffe an mehr oder weniger steilen Hängen gebildet. Nur die obersten Partien mit Moos weisen Ähnlichkeit mit solchen auf; sie sind durch Herabrieseln des kalkhaltigen Wassers über die riffartig erhöhten Sintermassen entstanden, wobei die Moose als Kalkfänger dienten.

3. Die Temperatur der Sprudel betrug 30—32° C. Zu Anfang war sie niedriger.

Gegen eine niedere Temperatur spricht das Fehlen der Diatomeen (?), für Übernormalwärme der Aragonitgehalt, gegen eine höhere Temperatur als 32° das Resultat der biologischen Versuche und der Mg-Gehalt der Sprudelkalke.

4. Nach dem Mantel hin macht sich eine Abnahme des Aragonitgehaltes bemerkbar, was auf Erniedrigung der Temperatur des betreffenden sedimentierenden Wassers hinweist.

5. Die Sprudelkalkbildung setzte erst nach der Ablagerung der *steinheimensis*-„Sande“ ein: wenigstens spricht nichts dagegen.

3. Die „Sande“ mit Kalkeinlagerungen.

Den durch große Festigkeit ausgezeichneten Sprudelkalken stehen die losen „Sande“ mit Kalkeinlagerungen gegenüber.

Diese sind zum Teil Äquivalente der Sprudelkalke, die in horizontaler Richtung ineinander übergehen, zum Teil sind sie jünger als der größte Teil der Sprudelkalke. Im ersteren Fall führen sie dieselben Fossilie wie diese: vor allem *Gyr. steinheimensis/tenuis*, *tenuis* und *sulcatus*. Die jüngeren „Sande“, die in der *trochiformis*-Zone stellenweise durch Tuffe vertreten werden, sind charakterisiert durch *Gyr. planorbiformis*, *planorbiformis/trochiformis* und *trochiformis*.

a) Was die Äquivalente der Sprudelkalke anbelangt, so kommen nicht nur „Sande“, sondern auch typische Süßwasserkalke in Betracht. So sind die am Südhang des Klosterbergs vorkommenden hellbraunen, dichten Kalke, die sich durch das massenhafte Vorkommen von Limnaeen mit weißer Schale auszeichnen, aragonitfrei und als Süßwasserkalke der *tenuis*-Zeit zu bezeichnen.

Während nun die Absätze der unteren Steinheimer Schichten, also bis zur ältesten *planorbiformis*-Zeit, durch das Vorhandensein von Sprudelkalken und „Sanden“ ausgezeichnet sind, von denen die ersteren am Klosterberg die Hauptrolle spielen, treten die „Sande“ vom Erscheinen des *Gyr. planorbiformis* in den Vordergrund; Sprudelkalke von der Ausbildung 2 kommen überhaupt nicht mehr vor, nur Tuffe erscheinen in den *trochiformis*-Ablagerungen in untergeordnetem Maße.

Von der *planorbiformis*-Zeit an, füllen die „Sande“ mit Kalkeinlagerungen die durch die Tätigkeit und den

Absatz der warmen Quellen geschaffenen Depressionen der alten Sinter aus, die Riffklötze ragen einige Zeit über die „Sande“ hinaus, werden aber schließlich auch bedeckt.

Zunächst sollen die „sandigen“ Äquivalente der Sprudelkalken besprochen werden. Die Kalkeinlagerungen, nicht oder wenig aragonitführend, sind ihrer Zusammensetzung nach nicht von den „Sanden“ verschieden. Während diese locker sind und sich durch das Vorhandensein von Quellgrus auszeichnen, worauf schon GOTTSCHICK aufmerksam macht, sind die Bestandteile in den Kalken zusammengebacken, der Grus tritt zurück. Oft kommt es nicht zur Ausbildung zusammenhängender Kalklagen, sondern nur von Linsen. Dies kann man in den *sulcatus*-Schichten der PHARRONSchen Grube gut beobachten.

Die betreffenden „Sande“ an dieser Stelle zeigen einen sonst in den „Sanden“ selten vorkommenden Bestandteil. Neben Kalkspat- und Schalenpartikeln treten in ihnen Quarzteilchen mit limonitischem Überzug auf, wodurch die Sedimente oft rötlich gefärbt sind.

Nun beobachtet man an einer Stelle der PHARRONSchen Grube einen zweimaligen Wechsel der folgenden Schichtpakete: „Sande“, Kalke, tiefbraunes Tonband. Der Quarz-, Ton- und Eisengehalt stammt aus den hinter der Grube anstehenden Murchisonschichten, der Wechsel der Schichten deutet auf eine zweimal in der gleichen Weise erfolgten Sedimentierung hin. Die schwereren Quarz- und Kalkpartikel sanken zuerst nieder, bei Niedrigerwerden des Wasserstandes kamen die suspendierten Tonteilchen zum Absatz (Repetitionsschichtung), vgl.: Die Tektonik des Steinheimer Beckens.

Durch einen verhältnismäßig geringen Eisengehalt zeichnen sich die wenig oder gar keinen Aragonit führenden Kalke und „Sande“ der *tenuis*-Schichten bei und in der EDERSchen Grube aus. Sie bestehen zum größten Teil aus Kalkspatpartikeln, Tuffbröckchen, kleinen Aragonitkondensationen, Charenbruchstücken und Schalen von Wasser- und Landschnecken. Die letzteren entstammen den Sprudelkalken, die aus dem Wasser herausragten. Sie lebten an diesen Stellen und wurden später in dasselbe befördert; daß dies sehr bald nach ihrem Absterben eintreten mußte, daß die Schalen nicht lange dem Sonnenlicht ausgesetzt waren, geht aus der guten Erhaltung der Bänder hervor.

b) Ich wende mich zur Besprechung der „Sande“ der höheren Schichten. Daß diese in ruhigem Wasser

abgesetzt wurden, geht bereits aus der horizontalen Lagerung, der Führung von Limnaeen und Planorben und vor allem von Charen hervor.

Die Schichten haben Ähnlichkeit mit den lockeren Partien der Bachtuffe, wie sie u. a. von BORNEMANN (N. J. 1852, S. 31) aus dem Tuff von Gerode, und von BURGER (a. a. O.) aus den Tuffen des Echaztales (a. a. O.) beschrieben werden; sie stimmen vollkommen mit den „Sanden“ überein, die DAVIS (a. a. O.) aus den Schlammablagerungen von Seen angibt.

Fast fossillere Lagen wechseln mit solchen ab, in denen die Fossilien in großen Mengen angereichert sind. Durch die „Sande“ hindurch streichen meist dünnplattige, oft bald auskeilende Kalkbänke. Nach oben macht sich ein Gehalt an „Konkretionen“ bemerkbar, der an manchen Stellen dominierend wird. Noch weiter oben besteht das Gestein in der PHARIONSchen Grube aus tuffartigen Partien, durch *Gyr. trochiformis* und *oxystoma* ausgezeichnet, die schließlich in plattige Kalke, mit „Sanden“ abwechselnd, übergehen.

Der Zusammensetzung nach sind die einzelnen Gesteine nicht voneinander unterschieden. Die unteren Partien sind braun, die oberen weißlich, was aber nicht auf einen Unterschied im Eisengehalt zurückgeführt werden kann.

Dieser ist in einzelnen Lagen der *tenuis*-Schichten bedeutend, auch über dem „Mantel“ oder noch in diesem ist er stellenweise stark. Ein gewisser Eisen- bzw. Mangan-gehalt verrät sich auch in den jüngeren Schichten, selbst wenn er chemisch kaum nachweisbar ist, durch das Auftreten mehr oder weniger großer Punkte und Dendriten, die jedoch oft nur auf die Gastropodenschalen beschränkt sind. Doch ist die braune Farbe nicht auf Eisen zurückzuführen, denn Ferrozyankalium gibt meist keine Reaktion. Selbst der dunkelbraune, dolomitisch aussehende Kalk J 3 (Prof. 3, spez. Gew. = 2,62) zeigt keine Fällungserscheinungen mit Schwefelammonium. Die Farbe wird durch bituminöse Häutchen, welche die einzelnen Partikelchen umgeben, hervorgerufen.

Hier möchte ich auf folgendes aufmerksam machen: Man findet in der Literatur öfters die Angabe, daß Tuff beim Auflösen in HCl eine braune Flockung hervorruft. Ich habe daraufhin einige in Betracht kommende Gesteine, z. B. einen Bachtuff von Adelsheim, untersucht. Auch in

den Fällen, wo nachweislich kein Eisen vorhanden ist, tritt Flockenbildung auf. So auch bei sämtlichen unter 2. behandelten Proben.

Der Prozeß verläuft so, daß beim Auflösen in HCl eine starke CO₂-Entwicklung, verbunden mit Entweichen von bituminösen Gasen, einsetzt. Die Bläschen zerplatzen jedoch nicht, sondern vereinigen sich zu größeren Gebilden, die sich durch einen bräunlichen Glanz auszeichnen und über das Reagensglas hinauslaufen.

Nach der CO₂-Entwicklung tritt die Hauptflockung ein, wie man das unter dem Mikroskop gut beobachten kann. Es handelt sich um organische Substanzen, deren flüchtigere Teile bereits durch die Kohlensäure ausgetrieben werden. (Näheres weiter unten.)

Dies betrifft sämtliche Steinheimer „Sande“ und Kalke in mehr oder weniger großem Maße. Die festeren Sedimente weisen meist einen beträchtlicheren Teil an gasförmigen Bitumina auf als die lockeren; dies hängt damit zusammen, daß die ersteren die feinkörnigeren Vertreter der Ablagerungen darstellen, aus denen die gasförmigen Bitumina nicht so leicht wie aus den lockeren, gröberen Sedimenten entweichen konnten. Der hohe Bitumengehalt der Kalke und „Klebsande“ steht aber auch in Zusammenhang mit dem hohen Prozentsatz an Fischen, die gerade in diesen Schichten vorhanden sind, während sie in den „Sanden“ seltener auftreten.

Daß es sich bei den besprochenen braunen Verbindungen tatsächlich um solche organischer Natur handelt, geht auch daraus hervor, daß beim Glühen eine schwarze, kohlige Masse zurückbleibt.

Daß stickstoff-, also eiweißhaltige Erzeuger der Bitumina vorliegen, zeigt die Blaufärbung von Lackmuspapier an, welches in das aus den Proben vertriebene Wasser gebracht wird. Daß hierbei nicht eine Kalkreaktion vorliegt, beweisen die NH₄Cl-Nebel, die in Berührung des austretenden Gases mit HCl entstehen.

Dunkle, bändertonartige Lagen mit Kohle- oder Torfresten kommen nicht vor, Blättreste gehören zu den größten Seltenheiten, so daß Verkohlungsprozesse ausscheiden bei den Steinheimer Ablagerungen. Zellulosereiche Organismen wie Sträucher, Bäume, die ins Wasser hätten befördert werden können, kommen für die damalige Zeit an der Stelle des heutigen Klosterberges kaum in Frage, da er ja meist zum größten Teil unter Wasser lag.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist ein glasheller Körper, der für Quarz gehalten werden könnte.

Bringt man etwas „Sand“ oder verwitterten Tuff der höheren Lagen mit einem Tropfen Wasser auf einen Objektträger, so fallen meist flache, manchmal auch kuglige, zum Teil gerundete helle Körner auf.

Bei Auflösung einer Probe in HCl bleiben diese zurück und lösen sich erst etwa 5—10 Minuten nach vollendeter CO₂-Entwicklung auf, wobei sich gallertartige Wolken bilden. Die braunen Bitumenflocken setzen sich ungefähr gleichzeitig ab.

Um Quarzkörner handelt es sich demnach nicht; Kalkspatkörner können es wegen der nicht eintretenden CO₂-Entwicklung auch nicht sein. Ich dachte an Humate. Die Humussäure muß eine stärkere Säure als CO₂ sein, denn sie löst Karbonate auf und verwandelt sie in Humate. Ich stellte mir den Vorgang des oben geschilderten Prozesses so vor: Die leichter löslichen Karbonate werden von der HCl zuerst, die schwerer löslichen Humate erst nach längerer Einwirkung angegriffen. Doch kommt Humussäure für die Entstehung der „hellen Körper“ nicht in Betracht, weil Moore oder Wälder am Klosterberg nicht existierten.

Höchstwahrscheinlich handelt es sich um fettsaure Kalziumsalze (Seifen), denn, löst man den Kalk der Proben auf, so daß nur noch die hellen Körper zurückbleiben und wäscht ihn so lange aus, bis keine Cl⁻-Reaktion mehr vorhanden ist, und bringt dann weiterhin auch die betreffenden Körper zur Auflösung, so fällt mit C₂O₄(NH₄)₂ oxalsaures Kalzium aus. So muß denn auch ein Teil des in den Analysen auf Ca CO₃ berechneten geglühten Ca O auf die fettsauren Salze bezogen werden (vgl. die Analysen am Schluß).

Die „hellen Körper“ machen einen wesentlichen Bestandteil der „Sande“ usw. aus und sitzen auch reichlich auf den Schalen der Gastropoden und Ostracoden.

Kieselsäure spielt in den oberen Lagen eine nicht unwesentliche Rolle, und zwar tritt sie nur in den Kalken auf. Diese sind zum Teil mehr oder weniger von ihr infiltriert, was sich an angewitterten Stücken durch den Glanz und die Glätte der Oberfläche und durch das vorzügliche Herauswittern der Fossilien bemerkbar macht. Das Gestein hat phonolithartigen Klang und ist etwas härter als der gewöhnliche Kalk. Besonders deutlich wird das Vorhandensein von Kieselsäure, wenn sie aus dem Gestein herausschwitzt. Sie sitzt dann in gekräuselten, grünlichen

Gebilden auf diesem. In ihnen liegen grüne Fadenalgen, die stellenweise nicht selten sind.

Die Frage nach der Herkunft dieser Kieselsäure ist nicht einwandfrei zu beantworten. Zunächst könnte man annehmen, daß sie aus den oberen Kieselsäurekalken mit *Gyr. oxystoma* und *revertens* nachträglich in die unteren Lagen gelangte. Doch ist dann unverständlich, warum sie sich nicht auch in den „Sanden“ ausschied, sondern nur in Kalken, daß sie, mit anderen Worten, auf bestimmte Lagen beschränkt ist.

Bei den *trochiformis*-Tuffen könnte man an Ausscheidung aus warmen Quellen denken.

Die kieselführenden Malm-Gesteine kommen nicht in Betracht, da sie am Klosterberg nicht vorhanden sind.

Einen weiteren wichtigen Bestandteil machen kleine, bis 1,0 bzw. 1,5 mm große Körperchen von runder, spindel- oder walzenförmiger Gestalt aus.

Meist kommen sie einzeln, nicht selten aber auch erwachsen vor. Doch hängen nie mehr als zwei solcher Cocons zusammen. Ziemlich häufig treten bischofstabförmige, an einem Ende eingerollte, seltener knäuelartig verschlungene Typen auf. Allen ist die bräunliche Farbe und das Vorhandensein von Poren und runden Löchern, die von bohrenden Algen herkommen dürften, gemein.

Die betreffenden Körper liegen mehr oder weniger häufig in den „Sanden“, an deren Zusammensetzung sie hervorragenden Anteil haben können, ebenso in manchen Kalken, aus denen sie oft gut herauswittern. Sie sind selten so dicht gepackt, daß sie einander berühren, was selbstredend nur in den Kalken einwandfrei konstatiert werden kann.

Da die losen, kleinen Individuen nicht zur Untersuchung des inneren Baues geeignet sind, mußte diese an Dünnschliffen von Kalken vorgenommen werden.

Da zeigt sich zunächst, daß die „Cocons“ nicht nur in der Gesteinsmasse, sondern auch innerhalb der Gastropodenschalen auftreten. Sie fallen schon durch ihre bräunliche Farbe auf.

In deutlichen dünnen Schliffen, die eine Kugel oder Spindel, letztere quer zur Längsachse, schneiden, erkennt man entweder einen sehr kleinen, hellen, runden Zentralraum, der in vielen Fällen durch Kalkspat ausgefüllt ist, manchmal aber auch hohl bleibt. Um diesen Raum herum legen sich konzentrische, abwechselnd hellere und

dunklere Lagen, von denen die ersteren dünner als die letzteren sind.

Oft ist der Übergang vom hellen Zentralkörper zu den umhüllenden Schichten ein allnählicher, so daß dieser zunächst von einer matthellen Lage umgeben ist, die ihrerseits in einen dunkleren Mantel übergeht.

Deutlich treten feine helle, radial verlaufende Fasern hervor, die mit den länglichen Kristallkörnern identisch sind, die z. B. KALKOWSKY (Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein, diese Zeitschr. 1908) in den Oolithen des norddeutschen Buntsandsteins beobachtete.

Bei einem Teil der in der Längsrichtung getroffenen (nicht kugligen) Objekte hat der Zentralkörper elliptische Gestalt und ist deutlich vom umhüllenden Medium abgesetzt. Eine hyaline Zone umgibt ihn oft. Von dieser gehen manchmal Kalkspatkristalle nach dem Innern des Zentralkörpers, der nicht selten eine Ostracodenschale ist. Eine Radialfaserung ist in diesem Fall nicht zu beobachten, was wohl damit zusammenhängt, daß diese keine Fasern, sondern Plättchen sind, die hier längs getroffen sind. Auch bei längsgeschnittenen elliptischen Objekten sind konzentrische Ringe wahrnehmbar, von denen oft der äußere der dickste ist.

Ein anderer Teil der Körner zeigt im Zentrum einen durch Umkristallisation stark beeinflussten Körper, der sehr an die Schalen von Schneckenembryonen erinnert. Auch hier hat der „Cocon“ spindelartige Gestalt.

Alle beschriebenen Gebilde geben die MEIGENSche Reaktion nicht. Sie lösen sich vollkommen in HCl.

Nach der ganzen gegebenen Beschreibung kann es nicht zweifelhaft sein, daß wir es hier mit echten Ooiden, um KALKOWSKYS Ausdruck zu gebrauchen, zu tun haben, wenigstens bei den runden und spindelförmigen Typen.

Daß keine phytogene Entstehung, wie KALKOWSKY eine solche für die Ooide des norddeutschen Buntsandsteins annimmt, eine Ansicht, die LINCK (Über die Bildung der Oolithe und Rogensteine; Jen. Zeitschr. f. Naturw., 45. Bd., 1909) bereits widerlegte, vorliegt, ist für die meisten Fälle sehr wahrscheinlich.

Für die Bildung der Ooide von Steinheim gilt dasselbe, wie für viele derartige Vorkommnisse in Gesteinen anderer Formationen, daß die Organismen nur passiv beteiligt sind. Ob überhaupt Pflanzen dabei eine Rolle spielen, ist unwahrscheinlich.

Der kohlen saure Kalk „ist kein Stoffwechselprodukt von Organismen, und alle Organismenreste, die man darin findet, haben, abgesehen von der Kernbildung, keine aktive Rolle bei seiner Ausscheidung“ (LINCK, a. a. O. S. 276). Ich glaube jedoch diese Ansicht auch auf die Kernbildung übertragen zu dürfen, denn die Ooidbildung setzt wohl erst nach dem Absterben des Organismus ein, wofür schon das Auftreten nur einer Ostracodenschale in den Ooiden spricht.

Doch haben wir eine Ansicht ROTHPLETZS zu beachten, welche dieser 1892 (Über die Bildung der Oolithe; Botan. Zentralbl., Bd. 51, S. 265) ausgesprochen hat.

Am Ufer des Great Salt Lake im Territorium Utah liegen im Geröll und Sand sehr viel kleine, zum Teil von einer bläulichgrünen Algendecke überzogene Kalkkörperchen. Es sind nach ROTHPLETZ Zellen von *Gloeocapsa* und *Gloeotheca*, die Kalk absondern sollen.

Dieser ist im Algenkörper eingeschlossen.

Die Strandkörper kommen in drei Formen vor: 1. als mehrere Millimeter große, knollige Aggregate, 2. als kuglig- bis eiförmige Gebilde ($\frac{1}{3}$ mm groß), 3. als länglich-dünne Stäbchen ($\frac{1}{2}$ mm lang, $\frac{1}{10}$ mm breit).

Die Körper von der Ausbildung 2 bezeichnet ROTHPLETZ als Oolithe, die ein ganz ähnliches mikroskopisches Bild wie die Steinheimer Ooide zeigen. Nur trifft bei unseren Vorkommnissen nicht das zu, was ROTHPLETZ weiter sagt, daß nämlich nach Auflösung der Ooide vom Great Salt Lake die geschrumpften *Gloeocapsa*-Zellen zurückbleiben.

Ich glaube, daß es sich bei den dortigen Ooiden gar nicht um Bildungen im Wasser, sondern am Ufer handelt, denn *Gloeocapsa* kommt an feuchten Stellen auf Holz, Erde, Felsen usw. vor, scheint aber nicht ins Wasser zu gehen.

ROTHPLETZ überträgt nun seine Resultate auf die Entstehung der Oolithe vom Strand des Roten Meeres, von wo sie WALTHER (Abh. d. Sächs. Ges. d. Wiss.; 14. und 16. Bd., 1888 u. 1891) beschrieben hat, und auf solche, die er im Lias der Vilser Alpen fand.

Die Großoolithe des Wettersteinkalks scheinen ihm den knolligen Algenkalken von Utah (2) analog entstanden zu sein, die bis 12 μ langen, von BLEICHER aus den Eisenoolithen (Compt. rend. Acad. sciences, Paris 1892) herausgelösten Stäbchen, die BLEICHER für Bakterien ansieht, könnten nach ROTHPLETZ vielleicht auch Spaltalgen sein.

Da die Steinheimer Ooide, von denen die kugligen und spindelförmigen Gebilde am meisten Ähnlichkeit mit den unter 2 beschriebenen Formen haben, die Struktur von *Gloeocapsa*-Zellen keineswegs zeigen, außerdem aber im Wasser und nicht auf dem Strand entstanden sind, so nehme ich davon Abstand, sie samt und sonders als verkalkte *Gloeocapsa*-Zellen oder überhaupt als solche von *Croococcaceen* anzusprechen.

Die in Betracht kommenden Ooide können erst dann auf andere niedere Pflanzen, wie Bakterien, zurückgeführt werden, wenn deren Vermögen, Kalk aus $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ abzuspalten, erwiesen ist, wie das z. B. für Charen gilt.

Wie sind nun die Steinheimer Ooide mit einem Zentralbläschen zu deuten?

Im Yellowstone-Park werden Kohlensäureblasen von Kalk überzogen. In den Wasserleitungsgräben von Nauheim, die Mineralwässer vom Sprudel zum Gradierbassin leiten, werden Sauerstoffblasen, die Algen unter dem Einfluß des Sonnenlichts abgeben, von einer rostfarbenen Kalkschicht umgeben. KNOP berichtet, daß man bei den so abgesetzten Sedimenten richtige Oolithbildung vor sich hat. Ähnliches hatten auch THEOBALD und LUDWIG beobachtet. Karlsbader Erbsen sind zum Teil innen hohl, was auf Gas- und Luftbläschen zurückgeführt wird.

Auf solche Erscheinungen möchte ich die Bildung der runden Steinheimer Ooide mit hohlem Zentrum zurückführen. Die massenhaft vorkommenden Algen lieferten reichlich Sauerstoffblasen.

Zum Teil dürften auch Insekteneier in Betracht kommen, wobei ich auf eine Beobachtung VIOLET D'Aoust hinweise, die er an dem Ufer eines mexikanischen Sees machte. Milliarden von Insekten legen ihre Eier am Ufer ab, die Häute sollen sich nach dem Ausschlüpfen der Maden inkrustieren. Bei den größeren Ooiden kämen evtl. Eier von Wasserwanzen in Frage.

Die bischofstabförmigen und knäuelartigen Gebilde möchte ich vorläufig für inkrustierte Fäkalien von Schnecken ansehen; dem widerspricht nicht ihr Fehlen in den unter 3 zu behandelnden Kalkschlammablagerungen, wo auch Schnecken vorkommen. Dort fehlten eben die Bedingungen zur Erhaltung der Fäkalien, was vielleicht mit einem großen Reichtum an Bakterien zusammenhängt, die diese verarbeiteten.

An der Zusammensetzung der „Sande“ beteiligen sich ferner Grusbröckchen, die durch Verschmelzung von Kalkpartikeln und „hellen Körpern“ entstanden sind. Oft sind sie etwas größer als der Durchschnitt und umschließen nicht selten einen Hohlraum, der durch irgendeinen Pflanzenteil ausgefüllt gewesen sein muß. Phryganidengehäuse sind es nicht, denn die Zylinderchen verästeln sich manchmal. Die genannten Gehäuse sind auch größer.

In manchen „Sanden“ sind Bröckchen mit erdbeerförmiger Oberfläche von weißer oder brauner Farbe häufig. Sie kommen einzeln vor, überziehen aber auch oft die Schalen von Gastropoden bis zur Mumifizierung. Ostracodenschalen fand ich nie inkrustiert. Die genannte Erscheinung findet sich bei den in Bachtuffen vorkommenden Schneckenschalen sehr häufig. Ich stimme MILLER bei, der den Überzug mit Algen in Zusammenhang bringt. Vielleicht kommen Rivularen in Betracht. GOTTSCHICK, der sich nur zum Teil dieser Ansicht anschließt, denkt an aragonitische Bildung. Doch konnte ich die MEIGENSche Reaktion nicht einwandfrei erhalten; dort, wo sie auftritt, können Spuren der inkrustierten Schalen diese veranlaßt haben.

Kleine nierenförmige Konkretionen, wie sie in manchen Proben recht häufig sind, sind zum Teil sphäroidisch ausgebildet, haben radial angeordnete Strahlen und geben die MEIGENSche Reaktion. Es handelt sich demnach um Aragonit. Zur Bildung von aragonitischen Fladen oder Aggregaten, wie sie für die Sprudelkalke typisch sind, kommen in den „Sanden“ mit *Gyr. planorbiformis* und *planorbiformis/trochiformis* nicht vor; nur in den *trochiformis*-Partien der KOPPSchen Grube liegen einzelne Aragonitplatten. Diese sind entschieden primärer Entstehung und deuten auf erneute Warmwasserzufuhr, worauf bereits GOTTSCHICK a. a. O. aufmerksam macht. Die *trochiformis*-Exemplare, die in ihnen liegen, sind ganz besonders kräftig entwickelt.

Wie steht es nun aber mit der Bildung der sehr kleinen Aragonitpartikelchen in den unteren „Sanden“? Sind auch sie in warmem Wasser entstanden, das mindestens 30° C hatte?

Auffallend ist, daß die Sprudelkalke nur bis in die untersten „Sande“ reichen. In den übrigen *planorbiformis*- und *planorbiformis/trochiformis*-Schichten kommt es nicht

zu deren Bildung. Zur *trochiformis*-Zeit wurden nur Tuffe, die leicht zerfallen, gebildet.

Ich möchte für die Entstehung der kleinen Tuffpartikel annehmen, daß sie sekundär gebildet wurden. Nach LINCK'S Versuchen (Die Bildg. d. Oolithe und Rogensteine, N. J. 1903; S. 495) ist die Löslichkeit des Aragonits in kälterem Wasser größer als in wärmerem. Danach könnte aus den als Erhöhungen aus dem Wasser aufragenden älteren Sprudelkalken Aragonit in größerem Maße gelöst worden sein, und zwar durch solches, das nicht 30° zu haben brauchte. Nun ist die weitere Frage die, ob sich der gelöste Aragonit wieder als solcher in kälterem Wasser ausscheidet. Obschon m. W. darüber keine Versuche angestellt wurden, möchte ich es für unseren Fall annehmen. Wäre wärmeres Wasser dagewesen, so hätte es zur Bildung von Aragonitfladen oder aragonitischen (Sprudel-)Kalken in den unteren „Sanden“ kommen müssen.

Die übrigen Bestandteile der „Sande“ mit Kalkeinlagerungen sind organischer Herkunft. Von Pflanzen liegen Charen, zum Teil in großen Mengen, und zwar stets in Bruchstücken, und Fragmente der „*Chara inconspicia*“ vor. Derselbe Erhaltungszustand charakterisiert die Charen der Lychener Seen (PASSARGE a. a. O.).

Die genannten Algen sind zum Teil vollkommen inkrustiert. Daß der Inkrustations-Prozeß nach dem Absterben weiterging, beweist die vollkommene Inkrustation der Fragmente, wodurch auch die freien Enden verstopft wurden. Daran sind vielleicht kleine Algen schuld, die die Bruchstücke überzogen. Die Stengel der „*Chara inconspicia*“ fand ich nicht inkrustiert.

Von den Schichten, die *Gyr. planorbiformis* mit erhöhtem Apex führen, treten die Charen stark zurück. Auffallenderweise kollidiert dieser Rückgang mit dem Erlöschen der Limnaeen und dieses mit dem Auftreten der Konkretionen und Austrocknungserscheinungen.

Dieses Zusammenfallen spricht für einen kausalen Zusammenhang.

In den Tuffen nehmen die Charen wieder zu, die Limnaeen erscheinen jedoch nicht wieder. Die erstere Tatsache hängt wohl mit der durch die erneute Quellbildung verursachten Vertiefung des Wassers zusammen. Ueber das Ausbleiben der Limnaeen ist nichts Bestimmtes zu sagen.

Von Tierresten sind für die Zusammensetzung der „Sande“ und Kalke die Gastropodenschalen wichtig, denen

manchmal die Hauptrolle am Aufbau zufällt. Linnaeen aus dem Formenkreis der *L. dilatata*, Gyraulen der Gruppe *multiformis*, *Pseudamnicola pseudoglobulus*, eingeschwemmte Landschnecken sind oft in unglaublicher Anzahl vorhanden. Die Schalen sind weiß, nicht angegriffen — oder mehr oder weniger kreidig, was auf den Einfluß verwitternder Faktoren hinweist; manchmal haben sie einen bräunlichen bituminösen Überzug, der wohl noch von der Kutikula stammt. Auffallend ist der oft hohe Prozentsatz an embryonalen Individuen, die bei dem kolossalen Geburtenüberschuß zugrunde gingen.

Eine sehr häufige Erscheinung sind runde Löcher, die auf Konto bohrender Algen zu setzen sind. Doch trifft man nie Schalen mit angefressener Oberfläche oder zerstörtem Apex, was in kleinen Tümpeln und Aquarien häufig beobachtet werden kann, besonders an Linnaeen und an *Planorbis cornu*. Dies zeigen auch Anodonten, besonders am Wirbel. Die genannten Erscheinungen haben natürlich mit Zerstörung der Schalenteile, welche etwa durch Wellenbewegung verursacht wäre, nichts zu tun, vielmehr sind sie auf die Tätigkeit von Bakterien zurückzuführen.

Nicht in allen Schichten sind die Gastropoden häufig, ja, sie können sogar fehlen, wie in der braunen, dolomitisch aussehenden Bank an der Grenze von *Planorbis trochiformis* zu *trochiformis*. In den betreffenden „Sanden“ fehlen sie ganz, in den festen Lagen sind sie nur in einzelnen Steinkernen vorhanden. Daß die Schalen nicht etwa früher in den „Sanden“ vorhanden waren und später zerstört wurden, geht aus der Anwesenheit zahlreicher Ostracodenklappen hervor.

In den dichten, plattigen Kalken und in den „Klebsanden“, die sich durch einen großen Fischreichtum auszeichnen, treten die Schnecken stark zurück, was entweder damit zusammenhängt, daß die Fische (*Leuciscus*, *Barbus*) diesen stark zusetzten, oder daß das Wasser, welches die betreffenden Kalke absetzte, eine den Gastropoden nicht zusagende Tiefe hatte.

Sehr häufig sind auch Ostracoden, die SIEBER (Württb. Jahresh. Bd. 61, 1905) beschrieben hat. Sie kommen mit und ohne Schnecken vor. So sind sie in den oben erwähnten Grenzsanden, in denen Gastropoden fehlen, sehr häufig. Auffallend ist, daß sie nie von einer Sinterkruste umgeben sind, was wohl mit der Kleinheit und vielleicht

auch mit der Beschaffenheit der Schalen zusammenhängt, denn die kleinen glatten Fragmente von „*Chara inconspicia*“, die embryonalen Schnecken mit kaum sichtbaren Zuwachsstreifen sind auch nie inkrustiert. Umgekehrt sind die größeren Gyraulen und die berippten Charenstengel häufig von einer Kruste umgeben.

Daß Fische in den „Klebsanden“ der unteren Partien und in den plattigen Kalken häufig sind, erwähnte ich bereits.

Bildung der „Sande“ der höheren Schichten.

1. Unterschied der Bildung der „Sande“ und plattigen Kalke.

Wir halten uns bei den folgenden Besprechungen vor allem an den PHARIONSchen Aufschluß.

Zunächst ist zu betonen, daß Konglomerate bzw. Breccien in den Schichten über den Sprudelkalken — die Äquivalente derselben berücksichtige ich hier nicht — am Klosterberg fehlen. Die Möglichkeit der Bildung solcher Gesteine wäre nicht ausgeschlossen, da die harten Sprudelkalke das Material dazu hätten liefern können.

Doch müssen wir annehmen, daß bei und kurz vor dem Absatz der „Sande“ die Travertine eben erst verfestigt worden waren, bzw. noch ihren Verdichtungsprozeß durchmachten, daß ferner die Verwitterungseinflüsse auf das frisch gebildete Material nicht von großer Einwirkung sein konnten. So kam es nicht zur Bildung von Klüften und Spalten, die eine Lockerung des Gesteinverbandes herbeigeführt hätten, wodurch sich Stücke zur Breccien- bzw. Konglomeratverarbeitung hätten lösen können. Sodann wäre aber auch der Wellenschlag in den Sprudelkalkwannen, die durch die „Sande“ ausgefüllt wurden, nicht intensiv genug dazu gewesen.

Die unteren „Sande“ sind zum großen Teil Ausfüllungsmaterial der Depressionen, zu deren Bildung die riffartige herausragenden Massen ihr Teil beigetragen haben. Ferner wurde der Kalkgehalt des (die Rinnen und Tröge bedeckenden Wassers durch die Tätigkeit der Algen einer- und durch den Verdunstungsprozeß andererseits als CaCO_3 ausgeschieden und abgesetzt. Die Schalen lieferten neben Charen einen Prozentsatz zur Bildung der „Sande“.

Im Gegensatz zu den losen „Sanden“ sind die plattigen Kalke dicht und fest.

Ein prinzipieller Unterschied besteht gegenüber den „Sanden“ bezüglich der Zusammensetzung nicht. Nur treten die Charen und Gastropodenschalen zurück; die ersteren können sogar fehlen. Einen Uebergang zu den Plattenkalken bilden in ihrer Konstitution die „Klebsande“, die sich durch äußerst feines Material auszeichnen, wie das bei den Plattenkalken auch der Fall ist.

Das Fehlen bzw. Zurücktreteten der Charen deutet auf größere Tiefe des absetzenden Wassers hin. Dasselbe beweist die geringere Häufigkeit der Schnecken mit normal dicker Schale. Gehen Gyraulen in größere Tiefen, so wird die Schale dünner, wie wir es bei den betreffenden Vertretern dieses Genus in den *oxystoma*-Kalkschlammablagerungen sehen werden. Da auch Linnaeen, die nur in ganz geringen Tiefen vorkommen, selten sind, so spricht auch dies für Vertiefung des die Plattenkalke absetzenden Wassers.

Der feine Detritus dürfte zum Teil durch Strömungen transportiert worden sein.

Die genannten Tiefenunterschiede sind für die verschiedene Konstitution der „Sande“ und Plattenkalke verantwortlich zu machen. Da diese öfters mit einander abwechseln, so dürfte sich der Wasserstand, den Sedimenten entsprechend, verändert haben, was nicht unbedingt auf tektonische Bewegungen zurückgeführt zu werden braucht; Regenperioden und Quellfähigkeit bringen eine Erhöhung, trockene Zeiten und Nachlassen derselben eine Erniedrigung des Seeniveaus mit sich.

Die angestellten Ueberlegungen gelten selbstredend nur für Plattenkalke von größerer Ausdehnung.

2. Die „Konkretionen“.

Die Sedimente zwischen den *planorbiformis*- und *trochiformis*-Schichten sind durch das Auftreten von „Konkretionen“ ausgezeichnet, die zu ganzen Paketen anschwellen können, wobei der „Sand“gehalt oft stark zurücktritt.

Sie sind offenbar in seichtem, stark eintrocknendem Wasser gebildet worden, worauf schon die Anwesenheit von wulstförmig ausgebildeten Kalken hinweist, die sehr an die „versteinerten Pfeffernußscheiben“ erinnern; wie sie SENFT a. a. O. S. 311 ff. aus den Süßwasserschichten von Langensalza in Thüringen beschreibt, die im übrigen bezüglich der Entstehung nichts mit diesen zu tun zu haben scheinen.

Die genannten Steinheimer Kalke bestehen aus zum großen Teil zerbrochenen und feinzerriebenen Schalenbruchstücken; vollkommen erhaltene Gehäuse sind selten.

Die „Konkretionen“ selbst sind lagenweise angeordnet und stecken im „Sand“ drin. Sie haben die Gestalt mehr oder weniger großer Kugeln, die mindestens 3—4 cm Durchmesser haben. Oft sind sie, was man auch an der Unterseite der plattigen Kalke beobachtet, mit Tuberkeln besetzt und sehen dann Morgensternen nicht unähnlich. Im übrigen haben sie alle möglichen Gestalten, wie dies von Lößkindeln her bekannt ist.

Was nun ihre Entstehungsart anbelangt, so liegt natürlich der Vergleich mit den letzteren nahe.

Doch müssen wir uns vor Augen halten, daß im Löß neben Kalk noch ein bedeutender Ton- und Quarzgehalt (neben Glimmer) vorhanden ist. Dieser fehlt jedoch den Steinheimer „Sanden“.

Während nun beim Lößkonkretionsentstehungsprozeß nach Auflösung des Kalkes noch etwas übrig bleibt, was nicht durch Wasser gelöst werden kann, der Lehm, müßte bei den Steinheimer „Sanden“, da diese aus Kalk bestehen (bis auf die „hellen Körper“ und den Bitumengehalt), fast alles in Lösung gehen, wobei natürlich von den Sanden nichts bzw. wenig übrig bliebe.

Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß die Kindelbildung nach der Ablagerung einzelner Lößpartien einsetzt, während bei Steinheim die „Konkretions“-Genese nicht nachträglich eintrat.

Die Bildung der Steinheimer Gebilde haben wir uns wohl so vorzustellen, daß einzelne Gehäuse (oder deren Teile) von Schlammteilchen bedeckt und zusammengebacken wurden, wobei sie durch die Tätigkeit des Wassers etwas gerollt wurden. Hierdurch war die Möglichkeit gegeben, daß die halberhärteten Gesteine mit anderen Konkretionen in Berührung kamen, wobei sie miteinander verschmelzen konnten. Für die damals noch nicht ganz vollzogene Festigkeit spricht das Auftreten konzentrierter Wulste, die durch das Absetzen und den Druck des schlammigen Breies hervorgerufen wurden.

Merkwürdig sind nun die Tuberkeln, die den Knollen oft aufsitzen, und die, wie gesagt, die ganze Oberfläche bedecken können.

Von konzentrischen Schalen ist im Schriff an den Auswüchsen nichts zu sehen.

Ich kann mir ihre Entstehung nur so vorstellen, daß bei irgend einer Lage der Knolle die Tuberkeln dank der lösenden Tätigkeit des Wassers auf der unteren Seite entstanden, ein Vorgang, der bei der Rollung des Gesteins schließlich auf die ganze Oberfläche übergreifen mußte. Würden die Konkretionen nach ihrer Bildung nicht mehr bewegt, so war die Tuberkelbildung eine einseitige, wie das bei den festen Plattenkalken, von denen oben die Rede war, der Fall ist.

Eine andere Erklärung wäre die, daß die Geschwüre erst nach der Bedeckung mit feuchten „Sanden“ entstanden, wobei die Adhäsionskraft des kalklösenden Wassers auf bestimmte Stellen konzentriert wurde.

Erwähnt sei, daß die Tuberkeln nur an Stücken, in denen die Schalenbruchstücke zu feinem Detritus verarbeitet sind, auftreten.

3. Die Tuffe.

Die Tuffe der oberen Lagen liegen zum größten Teil in den *trochiformis*-Schichten, reichen jedoch bis in den *oxystoma*-Horizont hinein.

In ihrer Zusammensetzung unterscheiden sie sich nicht von den Sprudelkalken, wohl aber in ihrer Mächtigkeit, Konstitution und dem Aragonitgehalt.

Nur in der PHABIONSchen Grube erreichen sie an der Westwand als feste Tuffe einige Mächtigkeit, zerfallen aber leicht zu „Sand“, da sie nicht so stark verfestigt sind wie die Sprudelkalke. Sie sind zum Teil leicht verkieselt, ein Umstand, der mit dazu beiträgt, daß die einzelnen Partien unregelmäßig verwittern, wodurch sie ein löchriges, unregelmäßig zackiges Aussehen erhalten. Verhältnismäßig stark sind die Gastropoden, speziell *Gyr. oxystoma*, verkieselt. Der Gehalt an Aragonit ist in der PHABIONSchen Grube sehr gering, er fehlt manchmal ganz. Im KOPRSchen Bruch tritt er fladenförmig in den „Sanden“ auf; hier ist fast kein fester Tuff vorhanden.

Charen sind sehr häufig, Moose konnte ich nicht mit Sicherheit nachweisen.

Schnecken, namentlich *Gyr. trochiformis* und *oxystoma* kommen in Massen vor. Landgastropoden sind ebenfalls häufig und beweisen, daß der Klosterberg damals eine Insel war, von der sie in die Tuffe eingeschwemmt wurden. Solche eingeschwemmten Landschnecken kommen nicht nur in den jungen Kalken Deutschlands, sondern auch in

solchen des Auslands vor. So zitiert STAUB (Die Flora d. Kalktuffs von Gánócz; Földtani Közlöni; Budapest 1893) aus den Kalktuffablagerungen des Komitats Szepes von Gánócz neben *Limnaea ovata* und *Planorbis spirorbis* in einem gelblichen, weißen Kalkschlamm *Helix pulchella*, *Succinea oblonga*, *Hyalina fulva*, *Pupa pygmaea* und *Pupa muscorum*.

Für die Bildung der beschriebenen Steinheimer Kalktuffe sind ähnliche Bedingungen wie für die Entstehung der Sprudelkalke verantwortlich zu machen. Sie sind, soweit sie heute vorhanden sind, wohl ganz unter Wasser abgelagert worden, das dieselbe Tiefe hatte wie das, welches die Sprudelkalke absetzte, worauf die Charen hinweisen. Daß es sich nicht um Gehängetuffe handelt, geht bereits aus dem massenhaften Vorkommen der Wasserschnecken hervor. Eine gewisse Bewegung des Wassers, wohl durch die Tätigkeit der Quellen hervorgerufen, ist anzunehmen, da die Fossilien zum Teil den Eindruck machen, als wenn sie zusammengestrudelt wären.

Die während der Ablagerung der „Sande“ und Kalke herrschende Temperatur des Wassers.

Es sollen nur die über den Sprudelkalken liegenden Schichten berücksichtigt werden.

Zur Zeit der Bildung der „Sande“ und Kalke bis zu den *trochiformis*-Schichten war die Temperatur des Wassers niedriger wie damals, als die Sprudelkalke zum Absatz kamen. Hierfür spricht das Fehlen von Aragonitfladen oder aragonitischer Kalke. Die kleinen Aragonitkörner können sekundär durch Auflösung des Aragonits der Sprudelkalke und späteres Auskristallisieren aus Wasser von normaler Temperatur entstanden sein. Erwähnt doch auch MEIGEN, daß Aragonitkügelchen in der Kälte bei 15° entstehen können.

Die Austrocknungserscheinungen von der *planorbiformis/trochiformis*-Zeit an sprechen für ein Versiegen der Quellen, wodurch auch die Zufuhr des etwa angenommenen warmen Wassers aufgehört hätte.

Zur Zeit der Bildung der *trochiformis*- und *oxystoma*-Tuffe muß die Temperatur wieder gestiegen sein. Sie wird den höchsten der in Betracht kommenden Wärmegrade an der Stelle der Kopp'schen Grube erreicht haben, worauf die dort vorkommenden Aragonitfladen hinweisen. Dort dürfte das Wasser 30—32° C zeitweise gehabt haben.

Die Tiefenverhältnisse des die „Sande“ und Kalke absetzenden Wassers.

Zur Zeit der *planorbiformis*-Sandbildung wird sich das Wasser nicht über 3—4 m vertieft haben, wofür das massenhafte Vorkommen der Charen spricht.

Zur *planorbiformis/trochiformis*-Zeit tritt eine starke Erniedrigung des Seewassers ein, was die wulstförmigen Kalke und „Konkretionen“ beweisen. Das Versiegen der Klosterbergquellen wird wohl die Hauptschuld daran tragen.

Die plattigen Kalke weisen auf eine größere Tiefe als 3—4 m hin, was aus dem feinen Detritus, dem Fehlen der Charen und dem Zurücktreten der Gastropoden, besonders der Limnaeen, hervorgeht.

Zusammenfassung.

1. Die „Sande“ und Kalke der *tenuis*- und *sulcatus*-Schichten sind Aequivalente der Sprudelkalke. Die Sedimente der *planorbiformis*-, *planorbiformis/trochiformis*- und *trochiformis*-Ablagerungen sind jünger als diese.

2. Die „Sande“ und Kalke bestehen aus Kalkspatkörnern, Schalen von Gastropoden und Ostracoden, ferner aus Algenbruchstücken. Nicht unwesentlich ist stellenweise der Gehalt an „hellen Körpern“. An der Zusammensetzung der Sedimente beteiligen sich auch Ooide und Aragonitkörnchen. Die ersteren fehlen den *trochiformis*-Schichten. Der Bitumengehalt ist mehr oder weniger groß. Eisenoxydhydrat kommt eigentlich nur in den *sulcatus*-„Sanden“, an der Basis der *planorbiformis*-Schichten, Ton nur in den *sulcatus*-„Sanden“ der PHARIXSchen Grube vor. In den letzteren ist auch Quarz vorhanden, der in den übrigen „Sanden“ und Kalken fehlt.

3. Die „Sande“ sind in 2—4 m Tiefe unter einem Charenrasen, die plattigen Kalke in größerer Tiefe entstanden.

4. In den *planorbiformis/trochiformis*-Ablagerungen machen sich Austrocknungserscheinungen bemerkbar, die auf Versiegen des Wassers an diesen Stellen hinweisen.

5. Die „Sande“ und Kalke sind submerser Entstehung und wurden bei normaler Temperatur abgelagert.

6. Die Kalktuffe der *trochiformis*- und unteren *oxystoma*-Schichten verdanken ihre Bildung erneuter Quellentätigkeit. Sie wurden, soweit sie vorhanden sind, submers sedimentiert und weisen auf eine Wassertiefe von 3—4 m hin. Sie wurden teilweise (bei Kopp) bei einer Temperatur von etwa 30° gebildet.

7. Ein mehr oder weniger großer Kieselsäuregehalt ist den Kalken und vor allem den *trochiformis*-Tuffen gemein. Bei den letzteren ist er wohl mit den warmen Quellen in Verbindung zu bringen; ihre Herkunft in den Kalken ist unklar.

4. Die Kalkschlammablagerungen.

Über den Tuffen liegen bei PHARION „Sande“ mit unregelmäßig gewundenen Knauern (zum Teil etwas verkieselt), die auf erneute Austrocknung hinweisen.

Darüber lagern Plattenkalke, mit „Sanden“ abwechselnd, *oxystoma* und Fische führend.

Zu oberst nehmen die Plattenkalke zu, die „Sande“ treten zurück; Verkieselung macht sich bemerkbar.

Die Charen erlöschen nach oben.

Die Kieselsäure dürfte mit damals eintretenden Störungen im Zusammenhang stehen; sie gelangte durch Spalten in das sedimentierende Wasser. Es bereitet sich die stärkste je stattgehabte Überflutung des Klosterberges vor.

Wir wenden uns jetzt zu dem südlichen Profil der PHARIONSchen Grube, dessen unterer Teil das schlammige Aequivalent der oberen Partie des vorigen Profils ist (in dem dieser Arbeit beigegefügt Profil ist es Schicht 5).

Von nun an herrschen die hellen Kalkschlammablagerungen mit *Gyr. oxystoma* vor.

Bei näherem Zusehen zeigt sich, daß der helle, von schwärzlichen Schnüren durchsetzte *oxystoma*-„Klebsand“ zu unterst nicht rein ist.

Graubraune Fetzen und Knollen eines weichen Materials, die außer *Gyr. oxystoma* den älteren *Gyr. trochiformis* und meist zerbrochene *Helices* aus den *trochiformis*-Tuffen führen, sind nicht selten.

Dies ist nur durch die Annahme zu erklären, daß der Klosterberg inselförmig aus dem See herausragte, wobei er Abtragungsgebiet war.

Doch muß er bald und ziemlich plötzlich unter Wasser gesetzt worden sein, wofür das sehr häufige Vorkommen von Säugerresten in diesen Schichten spricht.

Daß diese nicht etwa wie die oben erwähnten Schnecken aus älteren Sedimenten eingeschwemmt wurden, sondern (lebend) von der Überflutung überrascht wurden, geht aus dem sehr hohen Gehalt an gasförmigem Bitumen der

Schlammsschichten hervor, der nur auf Fäulnis der Leichen zurückgeführt werden kann.

Schon beim Arbeiten am Aufschluß macht sich der intensive Bitumengeruch, an Petrolderivate erinnernd, bemerkbar, der unerträglich sein kann. Bei Regengüssen quellen aus dem Schlamm große Gasblasen heraus. Beim Auflösen in HCl bleibt ein beträchtlicher organischer Rückstand übrig, der beim Glühen Kohlenstoff zurückläßt. Das ausgetriebene Wasser reagiert stark alkalisch, was auf NH_3^5), Proteinen entstammend, hinweist.

Bemerkenswert sind auch die schwarzen Schnüre, die durch den weißen Schlamm hindurchziehen. Diese dürfen jedoch nicht in Analogie gebracht werden mit den von HULTH (Über einige Kalktuffe aus Westergotland; Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala 1898, S. 89 ff.) im Tuff bei Skultorp auftretenden schwarzen Bändern, die einer Unterbrechung der Quellfähigkeit, also dünnen Perioden, entsprechen.

Braunkohlenlagen sind innerhalb des Schlammes ebenso wenig wie in den älteren Steinheimer Schichten vorhanden.

Wir haben es hier mit typischer Sapropelschlamm bildung, die zum Teil auf das Faulen der Säugerkadaver zurückgeführt werden muß, zu tun. Hierauf komme ich noch zu sprechen.

Über die Zusammensetzung der unteren Schlammserie ist folgendes zu sagen: Sie besteht zum großen Teil aus Kalkpartikeln und Schalenbruchstücken; selten sind Quarzkörnchen (?). Die „hellen Körper“ sind zum Teil häufig, Aragonit fehlt. Größere grusige Bestandteile sind nicht vorhanden.

Häufig sind die dünnen Schalen des *Gyr. oxystoma*, *Pseudamnicola pseudoglobulus*, die in einer Schicht sehr häufig ist, und Ostracoden. Landschnecken liegen nur auf sekundärer Lagerstätte in den oben erwähnten Knollen. Auffallend ist das Fehlen von *Chara*. Diatomeen fand ich nie.

In die Kalkschlammablagerungen ist die Schicht S eingelagert, die sich durch die bräunliche Farbe, zum Teil von Eisenoxydhydrat herrührend, auszeichnet. Der Verband ist ein lockerer; kleine, eckige Trümmer, aus den Tuffen stammend, sind nicht selten. Der Bitumengehalt ist geringer als in den übrigen Schlammsschichten.

⁵⁾ Mit HCl entstehen weiße NH_4Cl -Dämpfe.

Faunistisch ist das Auftreten von eingeschwemmtem *Gyr. trochiformis*, Landschnecken und Charen nebst *Gyr. oxystoma* bemerkenswert. Die Gastropoden liegen aber nicht nur in dem verunreinigten Schlamm, sondern in mehr oder weniger großen, bis über 1 m dick werdenden, stark verkieselten Laibern.

Auffallend ist, daß *oxystoma* und *trochiformis* gesondert in diesen stecken.

Knochen sind nicht selten. Sie liegen offenbar auf sekundärer Lagerstätte, sind also nicht mit den Kadavern eingeschwemmt, wofür der geringere Bitumengehalt spricht.

Wir haben es mit einer typischen Schwemmzone (S) zu tun, die auf ein Inselartiges Herausragen des Klosterberges hinweist.

Die Verkieselungserscheinungen sind wohl wiederum mit tektonischen Vorgängen in Verbindung zu setzen, die mit Bewegungen der Klosterberginsel im Zusammenhang stehen.

Schwer ist die Erscheinung zu erklären, warum die Schnecken nach Arten getrennt in den Laibern stecken. GOTTSCHICK, den ich Ostern 1920 darauf aufmerksam machte, meinte, daß da vielleicht etwas Ähnliches vorläge, wie er es an einzelnen Seen beobachtete, an deren Strand die Schalen nach Arten geordnet, also nach dem Gewicht durch Wellentätigkeit sortiert, herumlagen.

Die Schichten D sind „Klebsande“, die zur Anfertigung von Kitt verwandt werden können. Sie sind aus feinem Schlamm (Gytje) entstanden; ihre Zusammensetzung ist dieselbe wie in den unteren Kalkschlammablagerungen. *Pseudamnicola* und *Gyr. oxystoma* sind selten, Charen fehlen.

Die Temperatur des die Schlammabsätze bildenden Wassers.

Das Fehlen von Aragonit spricht, worauf schon GOTTSCHICK hinwies, für normale Temperatur des Wassers. Das Fehlen der Diatomeen ist wohl auf den hohen Kalkgehalt zurückzuführen.

Die bei der Ablagerung der Schlammsedimente bestehenden Tiefenverhältnisse.

Für eine Vertiefung des Wassers gegenüber den oberen *trochiformis*-Schichten spricht das Fehlen der Charen, die geringe Dicke der *oxystoma*-Schalen, der äußerst feine

Detritus der Sedimente und das starke Zurücktreteten oder Fehlen der Grusbröckchen.

Während der Ablagerung der Schicht C war das Wasser wohl etwas seichter (C liegt unter D).

Wir haben anzunehmen, daß die echten Schlammablagerungen in einer Tiefe über 4 m abgesetzt wurden. Wahrscheinlich entspricht sie derjenigen, in welcher der *Vaucheria*-Schlamm der Lychener Seen gebildet wurde, wobei Tiefen bis zu 7 m in Betracht kommen. Ob es sich bei Steinheim um das Aequivalent desselben handelt, kann nicht entschieden werden, da *Vaucheria* fossil nicht erhaltbar ist.

Tiefenschlamm ist es auf keinen Fall, da Schnecken in den betreffenden Tiefen nicht vorkommen. Am tiefsten war das Wasser beim Absatz der Schicht D, denn in dieser sind Schnecken relativ selten.

Die Wasserzufuhr muß von außerhalb gekommen sein, denn am Klosterberg kennen wir keine zur Zeit der Kalkschlammablagerung tätigen Quellen.

Zusammenfassung.

1. Der *oxystoma*-Kalkschlamm zeichnet sich dort, wo er rein entwickelt ist, durch das Fehlen von Tuffbröckchen, Kalkbänken, Aragonit und Charen aus. Der starke Bitumengehalt ist z. T. auf die verfaulten Kadaver der Säuger, die in großen Mengen in den Schlamm gerieten, zurückzuführen.

Es handelt sich um Sapropelkalkschlamm.

Bemerkenswert ist die Schwemmzone S.

2. Die Temperatur des Wassers war normal.

3. Der Schlamm wurde in tieferem Wasser als die älteren Sedimente abgelagert. Tiefer als 7 m war es nicht, da von dort an Schnecken nicht mehr existieren.

4. Die Wasserzufuhr kam von außen, denn am Klosterberg kennen wir keine zur damaligen Zeit tätige Quellen.

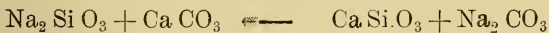
5. Die Kieselkalke.

Durch erneute Quellfähigkeit am Klosterberg wurden die im See sich ablagernden Kalkschlammssedimente mit Kieselsäure imprägniert, wodurch die Kieselkalke entstanden. Bezüglich der Beschreibung möchte ich hier nur hervorheben, daß Aragonit am Klosterberg in ihnen fehlt. Am Knill kam solcher zur *revertens-supremus*-Zeit zum Absatz.

In der PHARIONSchen Grube ruhen die ruppigen Kieselkalke auf verkieselten plattigen Kalken.

Die Fossilien *Gyr. oxystoma* und *revertens* sind größtenteils zerstört. Sind sie vorhanden, so sind sie verkieselt. KNOP meint, daß die Verdrängung des Kalkes durch Ausscheidung von Kieselsäure aus GRAHAM'Scher Kieselsäure bei Zusatz von CaCO_3 erklärt werden könne (Die Kieselsäureabscheidung und Oolithbildung; N. J. 1874, S. 281 ff.).

Über die Verkieselung von Schalen hat CLEMM (Über die Verkieselung von Kalksteinen, insbes. diejenige des Muschelkalks im badischen Oberland, Inaug.-Diss. 1909) Versuche, und zwar an Klappen von *Cardium edule* (Aragonit) und von *Ostrea edulis* (Kalkspat) angestellt, die er mit Na_2SiO_3 zusammenbrachte. Bei Einleiten von CO_2 war der Gehalt an Kieselsäure bei den Reaktionsprodukten größer als ohne Zusatz von Kohlensäure. Bei Aragonit war der Umsatz bedeutender als bei Kalkspat. Es hatte sich bis auf einen Fall CaSiO_3 gebildet. Bei den Versuchen mit CO_2 hatte diese das letztere wieder zersetzt unter Bildung von CaCO_3 bzw. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ und H_2SiO_3 . Zum Verständnis gebe ich folgende Gleichungen:



Bei Zuleiten von H_2CO_3



Wichtig ist nun, daß in der Natur die verkieselten Kalke kein CaSiO_3 besitzen, woraus CLEMM den Schluß zieht, daß für die Verkieselung keine Natriumsilikatlösungen, sondern Kieselsäurelösungen „anderer Art“ in Betracht kommen.

Die Schalen von *Gyr. oxystoma* zeichnen sich durch größere Dicke gegenüber denen der unteren *oxystoma*-Schichten aus. In den Plattenkalken sind sie oft nur als Steinkerne vorhanden; diese können aufgelöst sein. In den klotzigen Kieselkalken kommen sie nesterweise vor.

Der Kieselgehalt ist zugleich mit der Ablagerung des Schlammes in diesen geraten und hat ihn mehr oder weniger stark infiltriert. Wäre ihre Bildung eine epigenetische, durch spätere tektonische Vorgänge bedingte, so müßten auch die älteren Schichten verkieselt worden sein.

Wir haben uns vorzustellen, daß dank tektonischer Vorgänge den kieselsäurehaltigen Wässern ein Weg zum

See geöffnet wurde, in den sie hineinsprudelten. Die Kieselsäure kam mit dem Schlamm zum Absatz.

Daß die Quellen submers waren, geht daraus hervor, daß der Klosterberg unter Wasser lag. Dafür, daß alle Kieselschichten im See abgelagert wurden, spricht ohne weiteres das Vorkommen der Gyraulen.

Die Temperatur des die Kieselkalke absetzenden Wassers.

Daß die kieselsäurehaltigen Quellen warm waren, dürfte wohl sicher sein, auch wenn wir den lokal in höheren Kieselschichten auftretenden Aragonit des Knills vernachlässigen. Ich erinnere nur an die Kieselsinterbildung am Yellowstone-Park.

Doch so hoch wie bei dem amerikanischen Vorkommen dürfte die Temperatur der in Betracht kommenden Quellen nicht gewesen sein, denn an einen großen Temperaturumschlag hätten sich die an niedere Wärmen angepaßten Vertreter der Spezies *Gyr. oxystoma* nicht gewöhnen können.

Um die Frage jedoch einwandfrei beantworten zu können, müssen wir untersuchen, ob der Kieselsäuregehalt unbedingt mit höherer Temperatur zusammenhängen muß. Daran schließt sich aber eine andere Frage: Wo kommt die Kieselsäure überhaupt her?

Ihre Bildung ist auf jeden Fall, wenn es sich um so große Mengen handelt, an das Vorhandensein von Silikatgesteinen geknüpft, aus denen sie mit Hilfe von CaCO_3 -haltigen Wässern, die zugleich H_2CO_3 führen, nach den Formeln S. 149 ausgefällt werden kann.

Solche Silikatgesteine liegen im Rotliegenden oder im Grundgebirge. Das erstere dürfte nicht in Betracht kommen, denn im Ries fehlt es auch. Das letztere stünde aber erst in einer solchen Tiefe an, daß wir für die Förderung der Wässer einen enormen Dampfdruck annehmen müßten, wie er etwa bei Geysiren herrscht. Daß hier aber von einem solchen nicht die Rede sein kann, geht schon aus der Anwesenheit der Schnecken hervor.

Wohl aber bringt uns der von FRAAS und BRANCA angenommene Lakkolith der Lösung des Problems näher. Dieser muß sich ziemlich hoch, wahrscheinlich bis in die Juraschichten hinein vorgeschoben haben, denn sonst hätten sich die Druckerscheinungen nicht in dem Maße äußern können, daß selbst die Belemniten zerdrückt wurden.

Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß der Lakkolith teilweise noch im Dogger steckt.

Aus diesem Lakkolith muß der Kieselsäuregehalt der Quellen stammen, für deren Austritt Spalten sorgten.

Daraus würde sich eine übernormale Wassertemperatur gut erklären.

Ob kohlen saure Alkalien, die Kieselsäure leicht lösen, eine Rolle spielten, wie dies PASSARGE (Kalahari, Berlin 1904) für die Kieselsäurebildung der Wüsten annimmt, ist nicht ohne weiteres zu sagen. Doch spricht dafür, daß die genannten Alkalien bei Wasserverdunstung Opal und Chalzedon ausfällen, von denen ja der erstere in den Kieselkalken auch vorkommt.

Die letztere Betrachtung beantwortet nun gleich die obige Frage, ob Kieselsäurebildung unbedingt mit höherer Temperatur zusammenhängen muß, was demnach nicht der Fall zu sein braucht. Für niedrigere Temperatur spräche auch das Fehlen des Quarzes in den Kieselschichten, der nach MASCHKE'S Versuchen über die Kristallisationsfähigkeit dieses Minerals (Pogg. Ann., Bd. 145, S. 549 ff.) „unter keinen Umständen bei gewöhnlicher oder wenig erhöhter Temperatur und bei gleichzeitig vorhandenem gewöhnlichen Druck aus wässerigen Lösungen“ gebildet wird.

Wenn auch dieser Satz keine allgemeine Gültigkeit hat, worauf KNOP (Die Kieselsäureabscheidung und Oolithbildung, N. J. 1874, S. 281 ff.) aufmerksam macht, wobei er auf die kristallisierten Sandsteine hinweist, so trifft es doch im großen und ganzen zu.

Anders steht es mit der Bildung von Hyalith und Opal, die in den Kieselkalken häufig sind. Sie können wie Jaspis, Chalzedon und Feuerstein bei gewöhnlicher Temperatur entstehen.

Die Infiltration des Kalkschlammes mit Kieselsäure deutet nicht auf höhere Temperatur hin, wenn wir daran denken, daß aus GRAHAM'Scher Kieselsäurelösung, die durch Dialyse gewonnen wird, nach einiger Zeit bei normaler Temperatur SiO_2 ausfällt, was durch den Zusatz von CaCO_3 beschleunigt wird.

Doch kommen wir um die Annahme höherer Temperatur nicht herum, wenn wir die Herkunft der Kieselsäure erwägen, die nur aus dem Lakkolith stammen kann.

Die Temperatur braucht 29° nicht überstiegen zu haben, denn der Natronsäuerling des Caesarbades von Royat in

der Auvergne setzt bei dieser Wärme mächtige Kieselbildungen ab.

Das Quellwasser konnte den See auch nicht gleich stark erwärmen; erst langsam stieg dessen Temperatur.

Die zur Zeit der Kieselkalke herrschenden Tiefenverhältnisse.

Die Tiefenverhältnisse zur Zeit der Kieselkalksedimentation dürften dieselben wie bei der Ablagerung des feinen Kalkschlammes gewesen sein. Vielleicht wurde das Seewasser durch die Tätigkeit der kieselensäurehaltigen Quellen noch vertieft. Doch über 7 m ist die Tiefe an der Stelle des heutigen Klosterbergs nicht hinausgegangen.

Zusammenfassung.

1. Die Kieselkalke sind Kalkschlamm, der mit Kiesel­säure durchtränkt ist.
2. Sie wurden submers gebildet.
3. Die Kiesel­säure entstammt Silikatgesteinen, die vermutlich dem BRANCASCHEN Lakkolithen angehörten.
4. Sie wurde aus warmen Quellen ausgeschieden, deren Temperatur 30° nicht wesentlich überschritten hat.
5. Die Wassertiefe zur Zeit der Kieselkalkablagerung war ungefähr dieselbe wie sie bei der Bildung des feinen Schlammes herrschte.

Diskussion über die Frage nach dem Wechsel in der Zusammensetzung des älteren und jüngeren Sprudels.

Auffallend ist, daß die Steinheimer Sprudel zuerst kalkhaltiges, nach einer längeren Unterbrechung aber kiesel­säurereiches Wasser lieferten.

Es gibt Beispiele junger Quellen, die einen solchen Wechsel ebenfalls zeigen.

So haben die von St. Allyre bei Clermont (24°) einen älteren, dichten Travertin und einen jüngeren zerreiblichen Tuff gebildet, die bezüglich des Gehalts an SiO_2 , CaCO_3 und Fe schwanken. Ich entnehme die Analysen: J. ROTH, allgemeine und chemische Geologie, I. Bd., S. 583, die aus GIRARDIN, Annal. min. (3), 11, 1837 stammen. Sie zeigen auf 100 Teile:

	ältere Probe	jüngere Probe
CaCO_3	40,224	24,40
MgCO_3	26,860	28,80
Fe	6,200	18,40
SiO_2	9,780	5,20

Die übrigen Bestandteile lasse ich fort.

Hier nimmt der Gehalt an Si O_2 und Ca CO_3 ab, während Eisen stark zunimmt. Auf jeden Fall geht aus dem Beispiel hervor, daß die Zusammensetzung der Quellen im Laufe der Zeit wechselt.

Sehr überzeugend sind die Analysen der Ursprungsquelle (68,63°), die ich wiederum GROTH, a. a. O., S. 582 (NESSLER, Beitrag zur Statistik der inneren Verwaltung des Großherzogtums Baden, Heft 11, 1861, S. 44), entnehme.

Die Ablagerungen bestehen aus einem älteren, fast überbauten Opalsinter vom früheren freien Abfluß und einem jüngeren Aragonitsinter „aus einer vom Ursprung ausgehenden Leitung“.

	älterer Opalsinter	jüngerer Aragonitsinter
Ca CO_3	15,75	94,57
Mg CO_3	1,36	1,22
$\text{Fe CO}_3 + \text{Mn CO}_3$	2,83	1,95
Si O_2	72,36	0,75
K_2O	1,53	0,19
Na_2O	0,27	0,33
Organische Substanz	1,81	—
H_2O	3,09	—
	99,00	99,01

Hier liegt der Fall umgekehrt wie bei Steinheim, indem die älteren Sinter am meisten Kieselsäure haben. Ob der Kalkgehalt der Kieselkalke von Steinheim den kiesel-säurehaltigen Quellen oder nur dem im See abgesetzten Kalkschlamm entstammen, kann nicht erwiesen werden, tut aber auch hier nichts zur Sache.

Worauf im Einzelfall der Wechsel in der Zusammensetzung des Wassers zurückzuführen ist, kann von hier aus nicht entschieden werden. Daß oft ein Widerspruch in der Beschaffenheit der Quellen und dem Charakter ihrer Austrittstellen bzw. den passierten Gesteinspartien besteht, lehrt der Fall Karlsbad; hier zirkulieren die stark kalkhaltigen Wässer im Granit (KATZER, Geologie von Böhmen, 1892, S. 297 ff.). Allerdings gibt die Tatsache zu Bedenken Anlaß, daß die betreffende Scholle aus den mit Kreide und Tertiär erfüllten Gräben herausragt.

Für die Steinheimer Verhältnisse ist wohl anzunehmen, daß die Wässer der älteren, kalkreichen Sprudel nur mit Kalkpartien in Berührung kamen, während die der jüngeren, kiesel-säurereichen Quellen in und auf dem Lakkolith zirkulierten. Es kommen wohl stets dieselben Spalten in Be-

tracht, so daß man vielleicht zur Erklärung des Wechsels in der chemischen Zusammensetzung der älteren und jüngeren Wässer die Vermutung äußern darf, der Lakkolith sei noch nicht vollkommen erkaltet gewesen und habe bei der Entstehung der Kieselquellen neue Intrusionen in die älteren Klosterbergsedimente, die vielleicht bis zu der betreffenden Spalte reichten, gesandt.

Die Bildung der einzelnen Ablagerungen.

Die Unterschiede, die zwischen den älteren tuffigen und den jüngeren schlammigen Sedimenten bestehen, hängen unbedingt mit verschiedenartigen Bedingungen der Bildung des Kalkes zusammen.

Ich erinnere daran, daß in den älteren Ablagerungen Charen und kleine Algen eine große Rolle spielen, die in den Kalkschlammschichten fehlen. Wenigstens trifft das für die Charen zu.

Bezüglich der tuffigen Sedimente haben wir wohl vor allem die kalkspaltenden Algen für die Bildung des nicht von Organismen herrührenden Kalkes verantwortlich zu machen, den sie aus dem doppelkohlen-sauren Kalzium abschieden.

Anders liegt das bei den Kalkschlammlagerungen, die ja etwa in solchen Tiefen zum Absatz kamen wie der *Vaucheria*-Schlamm der Lychener Seen. Das Fehlen der nicht erhaltungsfähigen *Vaucheria* bei Steinheim tut nichts zur Sache, da diese Pflanze keinen Kalk abscheidet, was vielleicht mit der Tiefe, in der ja wegen des Zurückgehens des Lichtes die Assimilationstätigkeit zurückgedrängt wird, zusammenhängt.

Wie kommt aber der Kalk in diese Sedimente? Eine Wanderung der Kalkpartikel von den Rändern oder Stellen, wo sie durch pflanzenphysiologische Tätigkeit hätten gebildet werden können, möchte ich nicht, zum mindesten nicht in dem erheblichen Maße annehmen, wie dies PASSARGE für die Lychener Seen tut.

Ich kann mir nur denken, daß in dem ruhigen Steinheimer Becken der als neutrales Salz gelöste Kalk zuerst an der Oberfläche des Wassers durch Verdunstung zur Ausscheidung kam und allmählich niedersank.

Wie ist nun die Tatsache zu erklären, daß die Steinheimer Ablagerungen mehr oder weniger hell sind, während doch die rezenten, frisch ge-

bildeten Seesedimente eine mehr oder weniger dunkle Farbe haben?

Von den Sprudelkalken sei hier abgesehen.

PASSARGE (a. a. O.) konnte feststellen, daß nach der Tiefe (unter dem Seeboden, nicht im See), also auch mit dem Alter der Kalkgehalt zu-, die organischen Stoffe hingegen abnehmen.

Zur Erläuterung gebe ich einen Teil der Tabelle V, S. 135, wieder.

	Organische Substanz	Ca CO ₃		
Bohrloch II				
Oberfläche	12,98 ⁶⁾	66,39	} gemischter schwärzlicher Schlamm	
1 m Tiefe	9,16	78,89		
2,5 „ „	7,86	85,59		
Bohrloch IV				
Oberfläche	15,06	60,62		
1 m Tiefe	8,89	83,67		
2,5 „ „	5,13	91,32		

„Der gemischte schwärzliche Schlamm“ geht also „in der Tiefe in weiße Seekreide über unter Abnahme der organischen Stoffe und Zunahme des Kalkkarbonats“.

Die Farbenübergänge nach der Tiefe sind kontinuierlich.

Auch für die Steinheimer Schlammabsätze, die ja zum Teil ganz weiß sind, müssen wir eine Entstehung aus dunklem, bitumenreichen Schlamm annehmen, der beim Älterwerden organische Substanz verloren hat, während der Ca CO₃-Gehalt zunahm.

Es fragt sich nun, wie diese Kalkanreicherung zustandekam. Bei der Sedimentation sterben eine große Zahl von Pflanzen, Schnecken, Ostracoden, Infusorien, Insekten usw. ab und werden vom Schlamm begraben. Durch Umsetzung der organischen Substanz (siehe weiter unten) wird diese zum großen Teil in Gase verwandelt, wodurch Platz für weitere Kalkteilchen wird, die sich an die Stelle der verwesten Körper setzen.

Wir haben uns nun mit dem Schicksal der organischen Stoffe zu beschäftigen, die

- a) stickstoffhaltig,
- b) stickstofffrei bzw. -arm

⁶⁾ Diese Zahl entspricht derjenigen, die CH. A. DAVIS (a. a. O. S. 492) auf den „unlöslichen Rückstand“ (11,19%) eines Schlammes bezieht.

vorkommen. Zu den ersteren gehören die protein- und fett-haltigen Substanzen der Tiere und bestimmter Pflanzen, zu den letzteren die Zellulose.

a) Die stickstoffhaltigen Körper, denen Bakterien nach dem Absterben in hohem Maße zusetzen, werden unter Vergasung vor allem in CO_2 , Kohlenwasserstoffe und NH_3 umgesetzt.

Unter raschem Verfall verschwinden die Körper, wodurch die Abnahme der festen organischen Substanzen in den älteren Schlamm-sedimenten zum Teil bedingt ist. Die Gase werden von dem feuchten Schlamm absorbiert und entweichen gelegentlich mehr oder weniger schnell, was in der Natur durch Sommerwärme wesentlich beeinflußt wird. Daher der starke bituminöse Geruch der Trigonodus-dolomite, der Orbicularisbänke, der Posidonienschiefer usw., der im Sommer besonders stark ist. Auch die Steinheimer „Sande“ und Kalke und vor allem die Kalkschlammablagerungen zeigen dies in äußerst starkem Maße, worauf ich bereits hinwies. Wird solch ein bituminöser Körper mit Salzsäure behandelt, so reißt die entstehende CO_2 die Gase mit sich.

Auch das NH_3 ist in den Steinheimer Schichten noch vorhanden, weshalb das beim Erhitzen austretende Wasser alkalisch reagiert.

Es kommt in den *oxystoma*-Schichten zu richtiger Sapropelkalkbildung, die das Auftreten schwarzer Schnüre veranlaßt.

Ohne hier das Problem der Sapropelbildung aufzurollen, das ΠΟΡΟΝΙΪ in seinen ausgezeichneten Arbeiten über diesen Gegenstand behandelt (Klassifikation und Terminologie der rezenten brennbaren Biolithe und ihre Lagerstätten; Abh. der Kgl. preuß. Geol. Landesanst., N. F., Heft 49, 1906; Die rezenten Kaustobiolithe und ihre Lagerstätte, ebenda, N. F., Heft 55, 1908), wobei auch STREMMER (Über Bituminierung, diese Zeitschr., 1907, S. 153 ff.) erwähnt sei, möchte ich doch die von diesem Forscher besonders hervorgehobenen Bedingungen zur Faulschlamm-bildung betonen.

Diese ist einerseits auf mehr pflanzliche, andererseits auf mehr tierische Herkunft zurückzuführen.

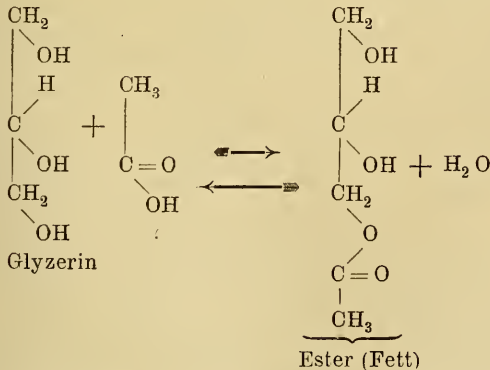
Zur Sapropelentstehung ist nötig: stagnierendes, dem Fäulnisprozeß günstiges Wasser mit stark entwickeltem organischen Leben.

Die Organismen hinterlassen wegen der durch das Zurücktreten des Sauerstoffs — namentlich am Boden — bedingten unvollkommenen Fäulnis einen festen Rest. Eine bedeutende Rolle spielt dabei das Plankton, das relativ reich an Fett ist. So enthält die kleine Alge *Microcystie flos aquae* (Wasserpflanzen zeigen bezüglich des Gehaltes an fetten Oelen Verwandtschaft mit Tieren) nach ENGLERS Untersuchungen 22% Fett bzw. Wachs. BRANDT (Beiträge zur Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Planktons; wissenschaftl. Meeresunters., 1898) gibt für elf Planktonfänge für Fett und Protein 24,6 bis 62% an, auf aschenfreie Substanz bezogen. Auf diese Zahlen kommen 2,35 bis 11% Fett.

Sehr wesentlich ist, daß die Sapropelite oft weniger Fette enthalten als die Urmaterialien. Damit stimmt überein, daß die Steinheimer zurückbleibenden organischen Substanzen nur zum Teil in Aether löslich sind.

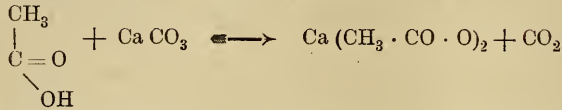
Im übrigen zersetzt sich das Fett bei geringer Durchlüftung wenig. Doch fehlt es da noch an Untersuchungen. PORONÉ sagt (a. a. O., S. 113), daß die Fette der Sapropelbildenden Organismen vielleicht zu den leichter zersetzlichen gehören.

Nun kann mit den Glycerinestern (Fetten) in Gegenwart von Wasser eine Verseifung eintreten, was folgende Gleichung zeigt, wobei der starke Pfeil die Verseifung angibt:



Die Glycerinester mit Palmitinsäure ($\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$) und Stearinsäure ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$) sind die pflanzlichen und tierischen Fette, die in der Richtung von rechts nach links verseift werden, wobei die betreffenden Säuren entstehen.

Wirken diese auf CaCO_3 bei Anwesenheit von H_2O , so entsteht Kalziumseife unter CO_2 -Entwicklung.



(Der Einfachheit halber gebe ich die Prozesse mit Essigsäure wieder.) Auf diese Weise kann der Fettgehalt zurückgehen, wobei die in Fettlösungsmitteln auflösbaren Substanzen abnehmen.

Neben den Fetten spielen die Proteine bei der Sapropelbildung eine große Rolle. Bei ihrer Zersetzung entstehen ebenfalls Fettsäuren, die bei Anwesenheit von CaCO_3 in Seifen verwandelt werden können. Ist viel Wasser vorhanden, so bildet sich unter Umständen Leichenfett (bestehend aus Fettsäuren, fettsauren Salzen und Fetten).

Da die Steinheimer „Sande“ und Kalkschlammablagerungen die typischen Sapropel eigenschaften haben, so dürfen wir schließen, daß ihre Urmaterialien aus Fett- und proteinreichen Stoffen bestanden. Diese entstammen Schnecken, Ostracoden, Fischen, Säugern, Charen und anderen Algen, Plankton und Exkrementen.

Wir dürfen mithin die betreffenden Sedimente als Sapropelschlamm bzw. Sapropelkalk ansprechen.

Zur Ergänzung sei gesagt, daß sich unter pommerischem Torf eine wachsähnliche Substanz, die aus dem Fettgehalt von Diatomeen hervorging, befindet. Sie enthält petroleumartige Kohlenwasserstoffe und ist ferner reich an Ammoniak, worauf sie einige Zeit ausgebeutet wurde. Es ist dies eine ähnliche Bildung wie bei Steinheim, nur fehlen hier, wie gesagt, die Diatomeen. Die obige Angabe entnehme ich: ДЕБСКЕ, Geologie von Pommern S. 248.

b) Den stark zersetzlichen protein- und fetthaltigen Körpern stehen die an stickstoffarmen oder -freien Zellulosemassen gegenüber, deren Zersetzung schwieriger vor sich geht.

Da auch die unter a) fallenden organischen Stoffe zum Teil Zellulose enthalten, so sollen sie hier kurz berücksichtigt werden.

Zur Braunkohlenbildung kommt es bei Steinheim nicht, was zunächst auf das Fehlen von zellulosereichen höheren Pflanzen zurückgeführt werden könnte.

Nun könnten ja immerhin auch Wasserpflanzen, die nicht ganz unter a) fallen, bei Steinheim existiert haben. Warum haben sie keinen Verkohlungsprozeß eingeleitet?

v. POST, WESENBERG-LUND, PASSARGE führen den Ausfall der Vertorfung in Seen auf Kotbildung zurück. Die nicht von Schnecken abgegrasteten Pflanzen sterben ab und werden von der niederen Tierwelt gefressen, verdaut und in Kot verwandelt, der von Bakterien vergast wird.

Durch die in a) und b) geschilderten Prozesse wird der Ausfall von Kohlebildung, andererseits der Gehalt an Bitumina in allen Steinheimer „Sanden“ und Schlamm-sedimenten hinlänglich erklärt.

Pollen von windblütigen Pflanzen oder Sporen von Farren, die ja auch zur Sapropelbildung beitragen (RAMANN: Einteilung und Benennung der Schlammablagg. Diese Zeitschrift 1906, S. 174 ff.) (Fimmitenbildung) brauchen wir für unser Vorkommen nicht anzunehmen.

Analysen einiger Steinheimer Proben.

Die folgenden Analysen wurden so ausgeführt: 0,2—0,3 fein pulverisierte Substanz wurden 12 Stunden auf 110° C im Trockenschrank erwärmt. Hierbei verlor die an sich vollkommen lufttrockene Masse außer Wasser gasförmige Bitumina, deren absoluter Prozentsatz nicht festzustellen ist, denn schon im Aufschluß und beim Liegen an der Luft büßen die Proben je nach ihrer Dichtigkeit durch Verdunstung an Gasgehalt ein. Die dichten *oxystoma*-Schlamm-massen halten die Gase kräftiger zurück und geben beim Erwärmen demgemäß weniger Gase ab:

Verlust einiger Proben an gasförmigen Bitumina, NH₃ und Wasser nach achtstündigem Erwärmen auf 60° C:

<i>trochiformis</i> -Sande (lose Konstitution)	0,08 %	Verlust
<i>planorbiformis</i> -Sande (lose Konstitution)	0,08	„
Unterer <i>oxystoma</i> -Schlamm (mitteldichte Konstitution)	0,05	„
Oberer <i>oxystoma</i> -Schlamm (sehr dichte Konstitution)	0,01	„

Sodann wurde etwa zwei Stunden bis zur Gewichtskonstanz vor dem Gebläse geglüht, wobei die flüchtigen Bitumina entwichen. Der Platintiegel verlor bei jeder Probe etwas an Gewicht, was bei der Berechnung berücksichtigt werden mußte. Berechnet man nun den Rückstand auf Ca CO₃, so resultiert stets eine geringere Menge als wenn man ihn in HCl auflöst, mit Ammoniumoxalat fällt und wieder glüht, wie die Analysen 4, 8, 10 und 11 zeigen.

Analysen einiger Sedimente von Steinheim.

Probe und angewandte Menge	Geglühter Rückstand auf CaCO ₃ berechnet	in %	Rest in %	CaCO ₃ nach Ausfällung mit C ₂ O ₄ (NH ₄) ₂	in %	Rest in %	MgCO ₃ in %	FeCO ₃ in %	H ₃ PO ₄ in %
*1. Sprudelkalk (Klosterberg)	—	—	—	—	51,3	2,0	—	—	—
*2. " (Ebers Grube)	—	—	—	—	52,9	2,4	—	—	—
3. Untere Sande mit <i>plaurorbiformis</i> (PHARION) 0,3603 g	0,3517 g	97,61	2,39	—	—	—	—	—	—
4. Untere <i>plaurorbiformis</i> -Sande (PHARION) 0,2151 g	0,2105 g	97,86	2,14	0,2049 g	95,25	4,75	—	—	—
5. Kalkeinlagerung in den unteren Sanden (PHARION) 0,3358 g	0,3307 g	98,48	1,52	—	—	—	—	—	—
6. Klebsandeinlagerung in d. unteren Sanden (PHARION) 0,3536 g	0,2939 g	83,11	16,89	—	—	—	—	—	—
7. <i>trochiformis</i> -Schicht (PHARION) 0,3239 g	0,3128 g	96,38	3,62	—	—	—	Spuren	—	—
8. <i>trochiformis-oxystoma</i> -Schicht (PHARION) 0,2038 g	0,1999 g	98,08	1,92	0,1977 g	97,00	3,00	—	—	—
9. Unterer <i>oxystoma</i> -Kalkschlamm (PHARION) 0,2327 g	0,2311 g	99,22	0,78	—	—	—	—	—	—
10. Oberer <i>oxystoma</i> -Schlamm (PHARION) 0,2993 g	0,2979 g	99,53	0,47	0,2925 g	97,73	2,27	—	—	—
11. Oberer <i>oxystoma</i> -Schlamm (PHARION) 0,1921 g	0,1867 g	97,18	2,82	0,1548 g	80,58	19,42	—	—	—

*) Analysen 1 und 2 ließ Herr Prof. Meigen im Chem. Laboratorium der Universität Freiburg i. B. ausführen, die übrigen Analysen habe ich im bodenkundlichen Laboratorium gemacht (stets doppelt).

Dies führe ich darauf zurück, daß die Salzsäure den letzten Rest Bitumen frei macht.

Auffallend ist nun das vollkommene Fehlen von Magnesium in den Sanden und im Schlamm, während der Prozentgehalt an Mg in den Sprudelkalken recht hoch ist, sodann die bedeutende Menge an Bitumina in den Klebsanden (6) und in den oberen *oxystoma*-Schlammablagerungen (11). Die Bitumina sind teils gasförmig, teils in festem Zustand (als Salze oder Fette) vorhanden. In letzterem Falle lassen sie sich als braune Masse durch HCl isolieren.

Diese ist braunschwarz, auflösbar in konz. KOH, unlöslich in HCl; sie hinterläßt beim Glühen eine weißgelbe Asche. Die oberen *oxystoma*-Schichten geben 1,38% gereinigte, getrocknete organische Substanz, die 27,85%⁷⁾ Koks hinterläßt. Das übrige ist Ölteer, Wasser und brennbares Gas.

Das braune Bitumen ist oxydierbar und entfärbt im Laufe einiger Tage Kaliumpermanganat.

⁷⁾ Sapropel vom Ludwigshof südlich des Stettiner Haffs hat 25,15, 33,3, solcher von Liebenmühl in Ostpreußen 29,97% Koks (POTONIÉ, Klassif. u. Terminol. usw., 1906, S. 23).

Februar 1921.

Freiburg i. B.
Geologisch-paläontologisches Institut.

[Manuskript eingegangen: 1. Teil am 2. März 1921, 2. Teil am 15. Februar 1922.]

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [74](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [Die Entstehung der Tertiärschichten von Steinheim i. A. 92-161](#)