

✓ kompl.  
VERHANDLUNGEN  
DER  
PHYSIK.-MED. GESELLSCHAFT  
ZU  
WÜRZBURG.

---

HERAUSGEGEBEN  
VON DER  
REDAKTIONS-KOMMISSION DER GESELLSCHAFT:  
PROF. DR. O. SCHULTZE.  
PROF. DR. J. KÖLLNER. PROF. DR. LUBOSCH.

---

NEUE FOLGE. XLIV. Band:

MIT 4 PORTRÄTS, 10 ABBILDUNGEN IM TEXT UND 1 GEOLOGISCHEN KARTE.



WÜRZBURG.  
CURT KABITZSCH VERLAG.  
1917.



PHYS

RBDK1

1874

§ 8124



VERHANDLUNGEN  
DER  
PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT  
ZU  
WÜRZBURG.

N. F. BAND XLIV.

N<sup>o</sup> 1.

DIE LAGERUNGSVERHÄLTNISSSE DES BUNTSANDSTEINS  
UND DER ÜBRIGEN TRIASSCHICHTEN BEI THÜNGERSHEIM.

VON

ADOLF KLUGHARDT.

MIT 10 ABBILDUNGEN IM TEXT UND 1 TAFEL.



WÜRZBURG.

VERLAG VON CURT KABITZSCH.  
KGL. UNIV.-VERLAGSBUCHHÄNDLER.  
1915.

Jede Nummer ist als Separatabdruck auch einzeln käuflich.

1404 2. 5/10/15

# Geologische Arbeiten

aus den

„Verhandl.“ u. „Sitzungsberichten“ der Physik.-med. Gesellschaft

Von Professor Dr. J. Beckenkamp:

- I. Über die geologischen Verhältnisse der Stadt und der nächsten Umgebung von Würzburg. Mit 1 Karte und 1 Profil.
  - II. Über die Bildung der Zellenkalke.
  - III. Über Eisenoxydknollen von Kleinrheinfeld bei Schweinfurt.
- Preis in einem gemeinsamen Umschlag brosch. M. 1.20.

## Grundzüge

einer

# kinetischen Kristalltheorie.

Von

Professor Dr. J. Beckenkamp.

38 Seiten. Preis 90 Pf.

## Über die Beziehungen zwischen Kristallographie und Chemie

erläutert an den Mineralien Quarz und Kalkspat

Von

Professor Dr. J. Beckenkamp.

26 Seiten, Preis 70 Pf.

## Die Flora des Rhöngebirges.

Von M. Goldschmidt-Geisa.

- I. Folge. 2. Aufl. Preis M. 1.—.
- II. Folge. Preis M. —.60. III. Folge. Preis M. 1.—.
- IV. Folge. Preis M. 1.—. V. Folge. Preis M. —.80.
- VI. Folge. Preis M. 1.20. VII. Folge. Preis M. 1.—.
- VIII. Folge. Preis M. 1.—.

Aus der

# Pflanzenwelt Unterfrankens.

Herausgegeben von

Prof. Dr. Gregor Kraus.

- Heft 1: Johann Michael Fehr und die Grettstadter Wiesen. Von Gr. Kraus. Preis M. 1.50
- 2: Über den Bau der Schlehkrüppel. Von Fr. Bott. Preis M. 1.—
  - 3: Anpassung der Zwergpflanzen des Würzburger Wellenkalkes nach Blattgröße und Spaltöffnungen. Von E. Lippold. Preis M. 1.50
  - 4: Anemometrisches vom Kraiberg bei Gambach. Mit 4 Tafeln. — Schlussworte zu Fehrs „Tempe“. Von Gr. Kraus. Preis M. 2.—
  - 5: Über Alter und Dickenwachstum von Würzburger Wellenkalkpflanzen. Von Fr. Kanngieser. Preis M. 1.20
  - 6: Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen. Von Gregor Kraus. Mit 1 Tafel. Preis M. 1.50
  - 7: *Vicia Orobus* DC. und ihre Heterotrichie. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—
  - 8: Die *Sesleria*-Halde. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—
  - 9: Die Anatomie einiger Gramineenwurzeln des Würzburger Wellenkalkes. Von Franz Contzen. Preis M. 2.40
  - 10: Erfahrungen über Boden und Klima auf dem Wellenkalk. Preis M. —.80
  - 11: Die Fels- und Gerölllehne. — Wellenkalkwälder. — *Lactuca quercina* L. — *Ambrosius* Rau und sein Rosenherbar. Preis M. 1.30

# Die Lagerungsverhältnisse des Buntsandsteins und der übrigen Triasschichten bei Thüngersheim.

Von

Adolf Klughardt.

Mit 7 Abbildungen, 3 Profilen und einer geol. Karte im Maßstab 1:12500.

Verfolgt man auf der topographischen Karte von Unterfranken den Lauf des Maines, so sieht man, dass dieser Fluss sich in vielen Windungen seinen Weg durch das Gebirge bahnt. Forscht man weiterhin nach den Ursachen dieses unregelmässigen Laufes, so muss man wohl in erster Linie die Bergzüge des Muschelkalkes und des Buntsandsteines dafür verantwortlich machen. Doch nicht überall darf man in ihnen die eigentliche Ursache erkennen wollen. Wir finden an manchen Stellen, dass plötzlich der Strom seine Richtung ändert, ohne dass ein Bergzug ihn abgelenkt hätte. Hier waren es zweifelsohne die Nebenflüsse, die ihr Schottermaterial meistens in Deltabildung abgelagert haben und so für die Richtung des Flusses bestimmend wirkten. Der Main fließt im allgemeinen in nordwestlicher Richtung durch sein breites Tal. Uns interessiert vor allem der Abschnitt von dem Städtchen Ochsenfurt bis zum Dorfe Gambach. Auf dieser ganzen etwa 45 km langen Strecke weicht der Fluss nur einmal stark von seiner Hauptrichtung ab — bei Würzburg. Hier schliesst der Steinberg wie ein gewaltiger Riegel das breite Erosionstal nach Norden ab. Der Main, der ehemals, wie die diluvialen, vielleicht tertiären Sande auf den Höhen des Schenkenschlosses und des Schlehofes beweisen, in seiner Nordwestrichtung weiterfloss, wurde nach und nach durch die festen Bänke des Hauptmuschelkalkes gezwungen, seinen ursprünglichen Lauf aufzugeben und nach Westen umzubiegen. Doch nur für eine kurze Strecke fließt er nach Westen;

schon beim Dorfe Oberzell schlägt er seine gewohnte Richtung wieder ein; beim Dorfe Veitshöchheim kommt der Muschelkalk wieder an den Fluss heran, um in schroffen Steilwänden das rechte Ufer des Stromes zu begleiten. Wesentlich anders ist das Bild auf dem linken Flussufer. Sanft ansteigende Lösshalden mit üppiger Vegetation gehen allmählich in die teilweise bewaldeten Höhenzüge über und geben der Landschaft ein ungemein reizvolles Gepräge. Beim Dörfchen Erlabrunn ändert sich das Bild. Hier drängt sich der breite Zug des Volkenberges (356,7 m) nahe an das linke Flussufer heran. Der Löss tritt zurück, die roten Letten des oberen Buntsandsteines werden hier sichtbar. Zum erstenmal auf seinem Wege durchschneidet der Main den Buntsandstein, der sich hier zu einem Sattel aufwölbt. Auf beiden Seiten treten die Muschelkalkzüge zurück; halbkreisförmig umrahmen sie das Thüingersheimer- und Zellinger Tal. Auf dem linken Ufer erhebt sich eine niedrige Anhöhe, die geologisch dem Plattensandstein angehört. Nur auf eine kurze Strecke begleitet sie den Fluss; am Steingraben verliert sie sich in der breiten Zellinger Mulde. An dieser Stelle unterteuft der Buntsandstein wieder den Wellenkalk, bis dieser endlich bei der Gambacher Steige für immer dem Buntsandstein des Spessarts Platz macht.

Zu Beginn des Jahres 1914 beauftragte mich Herr Prof. Dr. *J. Beckenkamp* eine Kartierung des Thüingersheimer Buntsandsteingebietes und des umliegenden Gebietes des Muschelkalkes, soweit es als Fortsetzung des, vom mineralogisch-geologischen Institut der Universität Würzburg bearbeiteten Bezirkes in Betracht kommt, vorzunehmen. Bei den geologischen Aufnahmen sollten besonders die tektonischen Verhältnisse Berücksichtigung finden.

Die in den Jahren 1906 bis 1912 von Herrn Prof. Dr. *Beckenkamp* geleiteten, aber bis jetzt erst zum Teil veröffentlichten Aufnahmen der näheren Umgebung Würzburgs, schliessen im Norden bei Veitshöchheim am Lindentalgraben und auf den Höhen des Schleehofes ab. An dieser Grenze beginnt meine Kartierung und zwar verfolgt sie das obere Dürrbachtal bis Güntersleben; von hier aus wendet sie sich in gerader Richtung nach Westen bis zum 365 m hohen Eckberg; nunmehr verläuft die Grenze nordwestlich über den Honigberg, Rotlaufberg, Dietalberg zum Bayerntal und zur Benediktushöhe bei Retzbach. Von hier aus wendet sie sich in südwestlicher Richtung, den Leinacher Bach verfolgend, zum Hausberg (329 m) bei Unterleinach über den Kiliansberg zum Ziegelrain; in rein östlicher Richtung verläuft sie dann zum Eichelberg und Geisberg; nun geht sie nach Südosten

und verläuft über den Neuberg nach dem Dorfe Margetshöchheim, das auf der linken Mainseite, unserem Ausgangspunkt Veitshöchheim gegenüberliegt.

Das Gebiet umfasst acht Gemeinden: Veitshöchheim, Güntersleben, Thüngersheim, Zellingen, Unterleinach, Oberleinach, Erlabrunn und Margetshöchheim. Sein Flächeninhalt beträgt ca. 54,115 qkm.

Für die Durchführung einer genauen geologischen Aufnahme ist eine Karte mit Höhenlinien unerlässlich. Da von diesem Gebiete eine Höhenkarte noch nicht existiert, und ausserdem von seiten der Landesaufnahme eine Bearbeitung in absehbarer Zeit nicht ausgeführt wird, so musste ich mich entschliessen, das Gebiet hypsometrisch aufzunehmen. Als Grundlagen dienten die Katasterblätter im Maßstab 1:2500; die Messungen nahm ich mit einem Holosteric-Barometer vor. Ich bearbeitete auf diese Weise 40 Katasterblätter. Die Blätter wurden auf grosse Bogen übergezeichnet und dann auf photographischem Wege auf den Maßstab 1:12500 verkleinert. Ursprünglich war an eine Verkleinerung auf 1:25000 gedacht; der besseren Übersicht wegen wurde der erste Maßstab gewählt.

#### Geschichtlicher Teil.

Die älteste, mir bekannte Arbeit über die geologischen Verhältnisse des von mir aufgenommenen Gebietes, stammt von dem Würzburger Botaniker *A. Schenk*. Dieser gab ungefähr im Jahre 1852 eine kleine „geognostische Karte der Umgebung von Würzburg im Maßstab 1:150000“ heraus. Die in 5 Farben angelegte Karte umfasst den mittleren Mainlauf von Schweinfurt bis Homburg. Kann dieses Kärtchen vor der neueren Forschung auch nicht bestehen, so bedeutet es immerhin für die damalige Zeit eine aner kennenswerte Arbeit. *Schenk* scheidet aus: Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper, Gips, Kalktuff und Alluvium. Die mannigfachen Fehler der Eintragung lassen dieses Kärtchen für eine genaue geologische Aufnahme nicht verwerten. So entspricht zum Beispiel eine Kartierung des Buntsandsteines nicht den Beobachtungen. Der Buntsandstein beginnt hier bei Margetshöchheim und endet im Norden ungefähr an der Leichtmühle bei Zellingen. Nach meinen Aufnahmen beginnt der Röt linksmainisch bei Erlabrunn und verliert sich in den, die Zellinger Mulde ausfüllenden Lössanschwemmungen und Mainsanden unmittelbar am Steingraben. An der Leichtmühle fand ich mittleren Wellenkalk. Die Neumühle, die Feldmühle und ein Teil von Unterleinach liegen gleichfalls im Gebiet des Wellenkalkes und zwar handelt es sich hier um dessen tiefste Schichten.



Die Eintragung des Röt bei Oberleinach trifft zu; auch die Beobachtung des rechtsmainischen Vorkommens des Buntsandsteins ist richtig.

Ganz fehlerhaft jedoch sind die Grenzen des Keupers. Nach *Schenk* findet man den Keuper, auf den Höhen von Veitshöchheim bis Retzbach; linksmainisch soll er nur am Pfaffenberg und Eichelberg vorkommen. In Wirklichkeit lässt sich nur bei Gadheim und südlich von Güntersleben Keuper, und zwar die untere Lettenkohle feststellen; sonst findet man überall Hauptmuschelkalk. Auf der linken Seite des Maines, am Eichelberg und am Pfaffenberg beobachtete ich die untersten Schichten der Anhydritgruppe bzw. des obersten Wellenkalkes und hauptsächlich Lössablagerungen. —

Zwei Jahre später, im Jahre 1854, gab *Pillement* eine „geognostische Karte von Unterfranken“ heraus. Nun folgen die ersten Arbeiten *Gümbels*. Im Jahre 1856 erschien die geognostische Übersichtskarte von Bayern im Maßstab 1:1000000. In den nun folgenden Jahren arbeitete *Gümbel* an seinem grossen Werk: „Geologie von Bayern“. Im II. Bande ist auch die unterfränkische Trias, und darunter das Gebiet um Thüngersheim und Erlabrunn beschrieben. Das Werk erschien im Jahre 1894.

Über „Tierfährten im Buntsandstein“ äussert sich *Wagner* in einem im Jahre 1860 an Prof. *Bronn* gerichteten Brief.

Nach brieflichen Mitteilungen *Rumpfs* an *Geinitz* sollen sie auch bei Würzburg vorkommen. Nachdem Tierfährten auch bei Fulda festgestellt worden waren, und nach allgemeiner Ansicht die Tiere sich im Küstenschlamm bewegten, so schloss man daraus, dass die Küste eine Ausdehnung von Würzburg bis Fulda hatte.

Das Vorkommen von Tierfährten in der Nähe Würzburgs ist durch die Funde von Thüngersheim (Kerntalgraben) bestätigt. Der Brief *Wagners* ist im N. Jahrbuch für Mineralogie 1860 veröffentlicht.

In der gleichen Zeitschrift erschien im Jahre 1863 eine Abhandlung von *F. Rummel*: „Beitrag zur Kenntnis der Trias Unterfrankens“. Der Verfasser erwähnt das Unterteufen des Buntsandsteines unter den Wellenkalk in der Nähe von Karlstadt und äussert sich über die Petrographie des Buntsandsteines.

Zwei Jahre später, 1865 gab *K. Zelger* seine „geognostischen Wanderungen im Gebiet der Trias Frankens“ heraus. Er beschreibt einige, nunmehr verschüttete Profile aus dem Buntsandstein von Erlabrunn und Thüngersheim, ferner den Muschelkalk bei Veitshöch-

heim usw. *Zelger* hat das Gebiet vor allem paläontologisch untersucht, und war somit ein Vorläufer *Fr. v. Sandbergers*.

Die grössten Verdienste um die Kenntnis der fränkischen und speziell der Würzburger Trias hat zweifellos *Fr. v. Sandberger*. Auf *Zelgers* und *Gümbels* Arbeiten aufbauend, hat er sich während seiner 30 jährigen Tätigkeit mit der Untersuchung der geologischen und vor allem der paläontologischen Verhältnisse unserer nächsten Umgebung befasst. Von den zahlreichen Werken, die ich im Literaturverzeichnis aufführe, kommen für die Gebiete von Erlabrunn und Thüngersheim nur zwei in Betracht: „Die Gliederung der Würzburger Trias und ihrer Äquivalente“ 1866 und eine Abhandlung über einen Ceratiten aus dem Wellenkalk von Thüngersheim 1866.

Mit der petrographischen Untersuchung der Triasgesteine in der Umgebung von Würzburg beschäftigten sich *A. Hilger* und *F. Nies*. Beide veröffentlichten 1873 eine Abhandlung: „Über den Röt Unterfrankens und sein Bezug zum Weinbau.“

1889 gibt *Hilger* in den Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen „die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias“ an.

Weitere Analysen von Gesteinen aus der Umgebung Würzburgs wurden im Auftrage von *J. Beckenkamp* durch den damaligen Assistenten des mineralogisch-geologischen Instituts der Universität Würzburg *Chr. Heimbucher* ausgeführt, und von *Beckenkamp* in der, im Jahre 1907 erschienenen Abhandlung: „Über die Bildung der Zellenkalk“ veröffentlicht. Hier wird die Umwandlung des blauen Kalkes in Ockerkalk und in ein Pseudobreccienbänkechen nachgewiesen.

*H. Fischer* erwähnt in seiner Inaugural-Dissertation: „Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine“ (Würzburg 1909) die in gleicher Weise vor sich gehende Bildung der Pseudokonglomeratbänke.

Endlich behandelt *O. M. Reis* in den „Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen unteren und mittleren Trias“ (1909) eingehend einzelne Profile im Wellenkalk am Rabensberg, am Volkenberg, an der Benediktushöhe bei Retzbach und an der Riedmühle bei Zellingen. *Reis* beschreibt als erster in diesem Gebiet die Ecki-Oolithbank und die gelben Glimmersande im unteren Wellenkalk.

Von den geologischen Karten, die das Gebiet behandeln, ist ausser den Aufnahmen *Schenks*, *Pillements* und *Gümbels* noch die Karte des deutschen Reiches von *Lepsius* im Maßstab 1:500000 zu erwähnen.

### Allgemeine topographische Übersicht.

Wie ich bereits in der Einleitung bemerkte, durchfließt der Main in nordwestlicher Richtung das Gebiet, und zwar trennt sein breites Erosionstal unser Kartenblatt in zwei ungleich grosse Hälften, in eine grössere westliche und in eine kleinere östliche Hälfte. Der Fluss durchbricht die Schichten des Muschelkalkes und auf seinem Laufe von Erlabrunn bis zum Dietalberg bei Thüngersheim den Buntsandstein. Das Gefälle ist sehr gering. Bei seinem Eintritt in das Kartenblatt, in unmittelbarer Nähe von Veitshöchheim, beträgt die Höhe seines Wasserspiegels 165,243 m. Bei Zellingen verlässt er das Gebiet in einer Höhe von 161,00 m. Demnach beträgt das Gefälle auf der ganzen ca. 9 km langen Strecke 4,24 m, also ca. 0,047%.

Zu beiden Seiten des Haupttales finden wir ein verzweigtes Tal-system, so je ein Längstal und mehrere Quertäler, die grösstenteils als Trockentäler in das Maintal einmünden. Nur im Frühjahr sind diese Täler von kleinen Wasserläufen durchzogen, die meistens auf Schichtquellen zurückzuführen sind.

Auf der östlichen Blatthälfte können wir den Dürrbachgraben und den Günterslebener „tiefen Grund“ für ein Längstal ansehen. Der Dürrbach durchfließt es, um sich nach Süden zu wenden und sich bei Würzburg in den Main zu ergiessen. Der Dürrbachgraben verläuft von Norden nach Süden. Das Längstal der westlichen Blatthälfte, der Leinacher Grund, zieht von Süden nach Norden und mündet in die breite Zellinger Mulde ein. Das Tal wird vom Leinacher Bach, der nach Aufnahme des Lehrbaches und mehrerer Quellen sich bei Zellingen in den Main ergiesst, durchflossen. Von den Quertälern, die teils von Osten nach Westen und teils von Westen nach Osten verlaufen, kennen wir auf der östlichen Blatthälfte den Lindentalgraben und den Sendelbachgraben bei Veitshöchheim, den Talberggraben zwischen Talberg und Abendsberg, den Hirschberggraben am Nordfusse des Rabensberges, den Neuenberggraben zwischen Hirschberg und Neuenberg, den Honiggrund, den Rotlaufgraben und das Dietal bei Thüngersheim. Als grosses Quertal haben wir ferner das Bayerntal, das vom Retzbach durchflossen wird. Es bildet die Nordgrenze unserer Karte. Ein Nebental ist das Fahrental, das in den Günterslebener Grund einmündet.

Kleinere Quertäler begegnen uns auch auf der westlichen Hälfte des Kartenblattes, so das Bellerstal und das Hüttental bei Margethöchheim, das Erlabrunner Loch, endlich der Kerntalgraben und der Steingraben bei Thüngersheim.

Der Bildung dieser Täler entsprechend, haben wir auch zwei Wasserscheiden. Auf der Ostseite können wir die Höhen beim Schlee-hof und bei Gadheim, ferner den Eckberg und die Breittfeldhöhe als solche betrachten. Auf der Westseite sind es die Rücken des Geis-berges, Pfaffenberges, Volkenberges und des Meindels.

Die Erhebungen zu beiden Seiten des Maines liegen alle über 100 m bzw. über 150 m über dem Wasserspiegel des Flusses. Die beiden höchsten Erhebungen sind der Volkenberg bei Erlabrunn 356,7 m und der Ecker- (Eck-) Berg bei Güntersleben 366,70 m. Von den übrigen Erhöhungen wären auf der Osthälfte der Deisenberg, südwest-



Nr. 1. Blick auf den Talberg von Veitshöchheim aus.

lich Güntersleben mit 353 m, der Rabensberg bei Erlabrunn, der Neuenberg, südöstlich Thüngersheim mit 306 m zu erwähnen. Den Gürtel des Thüngersheimer Tales bilden der Fischerberg, der Honig-berg 319 m, der Rotlaufberg 349 m, der Halsberg 353 m und der Dietalberg. — Auf der linken Mainseite finden wir den Pfaffenberg südlich Erlabrunn, den Eichelberg südlich Oberleinach mit 349 m, den Hausberg westlich Unterleinach, den Meindel 337 m östlich von Unter-leinach und, als südliche Begrenzung der Zellinger Mulde, den langen Rücken des Wachtturms 330 m. Die linksmainischen Erhebungen gehören dem obersten Wellenkalk, bzw. der Anhydritgruppe, die rechts-mainischen dem Hauptmuschelkalk an. Wir haben demnach eine

ehedem zusammenhängende Hochfläche vor uns, die jetzt kuppelförmig ausgebildet ist. Die Schichten fallen langsam nach Osten, Westen, Süden und Norden ein. Doch ist das Einfallen nach Westen nur ein scheinbares, da die Schichten westlich der grossen Bruchlinie — Ziegelrain, Unterleinach, Zellingen — um ein beträchtliches abgesunken sind. Die Schichten des Muschelkalkes sind auf der Westhälfte bis zum oberen Schaumkalk bzw. bis zur Anhydritgruppe abgetragen. Das Erosionstal des Maines zeigt eine charakteristische Terrassenbildung; insbesondere am Südabhang des Rabensberges und Talberges ist sie deutlich zu erkennen. Siehe Bild Nr. 1.

Das Bild zeigt am Fusse des Berges die alluvialen Anschwemmungen des Flusses, sodann die fast senkrechten Wände des Wellenkalkes; deutlich hebt sich die Anhydritgruppe als eine sanft ansteigende Halde hervor; darüber zeigt sich der Hauptmuschelkalk bis zur Waldgrenze wieder in steilerem Anstiege. Wie schon erwähnt, finden wir diese Terrassenbildung auch anderwärts; besonders schön können wir sie auch am Dietalberg bei Thüngersheim erkennen. Die Steilabfälle des Wellenkalkes bieten stets gute Profile, die den Aufbau der Schichten und die tektonischen Verhältnisse in ausgezeichneter Weise wiedergeben.

### Die tektonischen Verhältnisse.

*Gümbel* fasst die fränkische Trias als den Ostflügel eines flachen, von SW. nach NO. aufgefalteten und von SO. nach NW. streichenden Sattels auf; auch *Beckenkamp* vertritt in seiner Abhandlung: „Über die Bildung der Zellenkalke“ diese Ansicht. Die Achse dieses flachen Sattels liegt über dem Rheintal, das eingebrochen und von beiden Flügeln überschoben ist. Längs der grossen hercynischen Verwerfungsspalte beobachtet man, dass die Triasschichten nochmals an die Oberfläche kommen. *Beckenkamp* erklärt sich diese Aufwölbung der hercynischen Schichten durch den tangentialen Druck, der in westöstlicher Richtung wirkte. War dieser tangentielle Druck so gewaltig, dass er die Schichten einer älteren Formation an die Oberfläche brachte, so müssen sich in seiner Wirkungszone noch andere Störungen zeigen. Wir können in der Tat eine ganze Anzahl von kleineren und grösseren Sattelbildungen feststellen. Ferner finden wir zahlreiche Verwerfungen, deren Streichen mit den Sattellinien parallel verläuft; die Hauptrichtung ist von SO. nach NW. Es unterliegt keinem Zweifel, dass ein tangentialer Druck die Ursache dieser Orientierung ist. Die genauere Beobachtung lässt neben diesem System von Sätteln

und Mulden noch ein zweites erkennen, das jedoch zum ersten gerade senkrecht verläuft. Von der Jagst bis zum Vogelsberg finden wir ein System von Sätteln, die ausnahmslos von SW. nach NO. streichen.<sup>1)</sup> Ein grosser Sattel lässt sich von der Jagst über Rothenburg bis Windsheim verfolgen; parallel zu ihm zieht ein Sattel bei Uffenheim. Eine weitere Aufwölbung zeigt sich zwischen Ochsenfurt und Eibelstadt auch bei Würzburg können wir einen Sattel beobachten, der von Rottendorf bis Prosselsheim verläuft. Eine belanglose kleinere Sattelform sehen wir bei Veitshöchheim zwischen Lindental- und Sendelbächgraben. Als einen grossen Sattel müssen wir jene Auffaltung betrachten, deren Achse von Reicholzheim a. Tauber bis nach Arnstein im Werntal zu verfolgen ist. Gehen wir von diesem Sattel, den ich den Thüngersheimer Sattel nennen will, nach Norden, so finden wir wieder eine Aufwölbung im Spessart, und zwar von Heigenbrücken bis Lohrhaupten; parallel zu ihr verläuft ein schmaler Rücken von Kleinostheim bei Aschaffenburg bis Schöllkrippen und endlich beobachten wir einen grösseren Sattel, der sich parallel zum Kinzigtal von Orb bis südöstlich von Gelnhausen hinzieht.

Ein tangentialer Druck, der von Südwesten wirkte, kann beim Aufbau dieses grossen Systems nicht in Frage kommen; es muss eine Kraft gewesen sein, die von Südosten bez. Süden her einsetzte. Die Bildung beider Systeme geschah nach Ablagerung der Trias; man wird kaum fehl gehen, wenn man sie in das Tertiär verlegt. Ich möchte die Entstehung des zweiten von SW. nach NO. streichenden Systems als eine Nachwirkung der Alpenüberschiebung ansehen.

Ein genaues Alter lässt sich bei der Beschränkung des untersuchten Gebietes und bei der undeutlichen Orientierung der Verwerfungslinien nicht feststellen.

### Der Sattel bei Thüngersheim.

Wie ich in der Einleitung bereits erwähnte, kommt der Buntsandstein, und zwar sind es seine oberen Schichten, zwischen den Dörfern Erlabrunn und Zellingen zu Tage. Das Dorf Thüngersheim liegt ungefähr in der Mitte des Gebietes; daher spricht man von dem Thüngersheimer Buntsandsteinsattel oder oft auch von einer Thüngersheimer Buntsandsteininsel. Der Vergleich mit einer Insel trifft nicht zu, da der

<sup>1)</sup> Siehe: K. Regelmann, Tektonische Karte Südwestdeutschlands.

Wellenkalk am Volkenberg dem Buntsandstein aufliegt; von einer Insel könnte man doch nur reden, wenn die Zentralpartie die Umgebung überragen würde. Das ist hier keineswegs der Fall, da die Schichten nach Westen ansteigen. Das Auftreten des Buntsandsteins bei Thüngersheim verdankt man dem Zusammentreffen der beiden Faltungssysteme, das die Schichten kuppelartig aufwölbt.

Die tektonischen Verhältnisse werden erst klar, wenn wir sie an der Lagerung allseits gut orientierter Schichten verfolgen können. Eine ausgezeichnete Leitschicht haben wir in den beiden Schaumkalkbänken. Ich bespreche zuerst die wichtigste Auffaltung, deren Streichen in südwestlich-nordöstlicher Richtung verläuft.

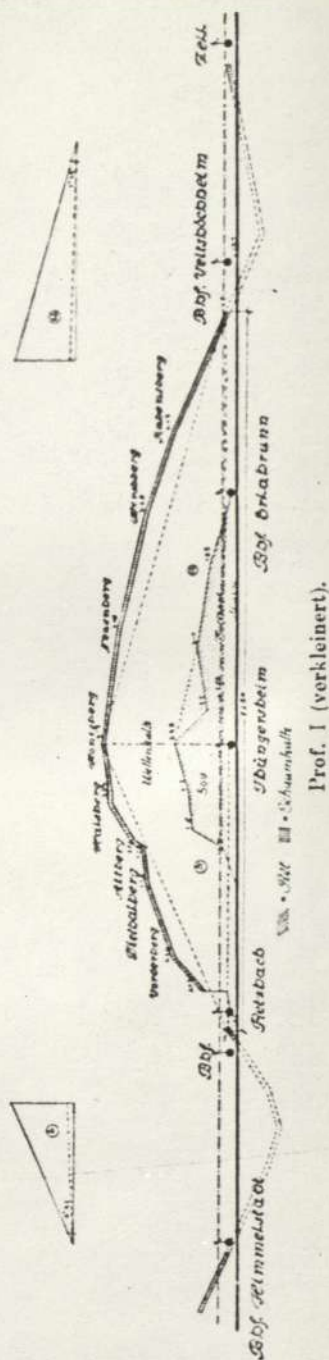
Für unsere Beobachtung hat der Main bei seinem Durchdringen durch das Muschelkalkgebirge ein ausgezeichnetes Profil geschaffen, das die tektonischen Verhältnisse ohne weiteres klar erkennen lässt. Wir verfolgen, der besseren Übersicht halber, seinen Lauf von Würzburg aus. Am westlichen Ausläufer des Steinberges hat der Fluss die oberen Schichten des Wellenkalkes aufgeschlossen. Nach dem von *Beckenkamp* beschriebenen Profil des Steinberges können wir den nach NW. einfallenden Schaumkalk feststellen, bis er unter die Anhydritgruppe untertaucht. Er verliert sich in der breiten Zeller Mulde. Am Fusse des Abendsberges nördlich von Veitshöchheim, unmittelbar am Strassenübergang über den Bahnkörper kommt der Schaumkalk in einer Höhe von 178,2 m wieder empor, um dann langsam in einem Winkel von  $1,35^{\circ}$  anzusteigen. Von hier aus können wir die beiden simsartig vorspringenden Schaumkalkbänke bis zu ihrem Einfallen am Bahnhofe Retzbach verfolgen. Am Rabenberg, unmittelbar hinter der Ruine finden wir den Schaumkalk auf 240 m; vor der Ruine ist der obere Schaumkalk abgebaut. Am Hirschberg liegt er 275 m hoch; am Neuenberg traf ich ihn auf 296 m; am Honigberg bei Thüngersheim erreicht der Sattel die grösste Höhe. Der Schaumkalk liegt hier auf einer Höhe von 315 m, d. h. 153 m über dem Wasserspiegel des Maines. Von diesem Punkt aus fallen die Schichten wieder in einem Winkel von  $2,32^{\circ}$  nach Norden ein. Am Rotlaufberg, nordöstlich von Thüngersheim mass ich noch 307 m; am Altberg fällt er bereits auf 282 m; eine grössere Störung im Dietal bringt ihn bis zum Dietalberg auf 263 m zum Fallen. Am vorderen Berg bei Retzbach konnte ich ihn noch auf einer Höhe von 235 m feststellen; an der Benediktushöhe liegt er auf 198 m. Kurz vor dem Bahnhof Retzbach taucht er bei 167 m unter, um erst am Klingental bei Himmelstadt wieder zu Tage zu kommen. Von hier aus steigt er langsam an;

bei Karlstadt bildet er groteske Steilabstürze bis zum roten Berg bei Gambach, wo der Buntsandstein des Spessarts den Muschelkalk abgelöst (siehe Profil I).

Die Breite des Thüngersheimer Sattels vom Ansteigen des Schaumkalkes bei Veitshöchheim bis zu seinem Untertauchen beim Bahnhof Retzbach gemessen, beträgt  $8\frac{1}{4}$  km. Diese mächtige Faltung bedingt das Auftreten des Buntsandsteins. Die steileren Wellenkalkhalden gehen in sanftere Hänge über, an denen die obersten Buntsandsteinschichten, die Rötletten sichtbar werden. Als Grenzschiebt des Buntsandsteins gegen den Wellenkalk haben wir eine gute, allseits orientierte Bank, den Ockerkalk. Ich traf ihn rechts-mainisch zuerst in einzelnen Bruchstücken am Bahnhof Erlabrunn auf 170,5 m, sodann ansteigend im Lehmentalweg auf 182 m; am hohen Weg auf 196 m; im Neuenberggraben auf 210 m, am Hauptaufschluss des Röt im Kuchenloch an der Strasse Thüngersheim—Güntersleben auf 220 m. Am Fusse des Honigberges oberhalb des Kalkofens erreicht er seine grösste Höhe mit 239 m; von hier aus fällt er bis zum Halsberg auf 223 m; an den Abhängen des Altberges treffen wir ihn noch auf 216 und 190 m. Die Höhenschwankung ist hier auf eine bereits vorher erwähnte, bedeutende Störung zurückzuführen. Am Dietal ist der Ockerkalk nicht mehr zu finden, er ist hier bereits untergetaucht.

Darstellung der Lagerung des Schaumkalkes und des Röt am Thüngersheimer Sattel.

(Ansicht der rechten Mainseite.)





Die Rötletten erreichen zuweilen eine grosse Mächtigkeit; im Kuchenloch sind sie in einer Mächtigkeit von 38 m abgelagert. An anderen Stellen, so in den Brüchen am Fusse des Halsberges ist der Röt kaum 1 m mächtig, er ist hier vom Maine abgeschwemmt; an seine Stelle treten Mainschotter, Konglomerate, Sande und Schwemmlöss, die das Tal ausfüllen. An einigen Stellen im Osten und Nordosten von Thüngersheim sind der Plattensandstein und die Chirotherienbank aufgeschlossen. Linksmainisch traf ich den Ockerkalk bei Erlabrunn am Weg zum Königsberg auf 218 m, an den Hängen des Volkenberges auf 219 m und 242 m, im Maintalgraben auf 258 m, im Kerntal auf 270 bzw. 272 m, am Nordabhang des Meindels auf 266 m; in kurzem Abstand fällt er dann 250 bzw. 241 m, um dann in den Lössanschwemmungen der Zellinger Mulde zu verschwinden. Die Rötletten sind auch hier in wechselnder Mächtigkeit abgelagert; am Kerntalgraben erreichen sie eine Mächtigkeit von ca. 60 m.

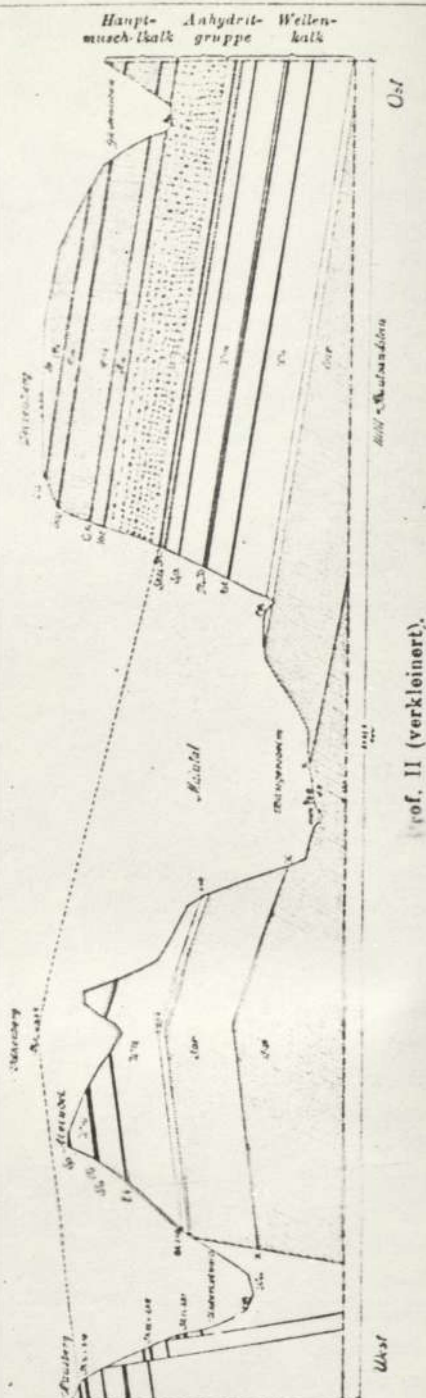
Der Plattensandstein ist sehr gut am Schloss bei Thüngersheim, im Kerntalgraben und im Maintalgraben bei Erlabrunn aufgeschlossen. Im Kerntalgraben fand ich auf 209 m die Chirotherienbank.

Wenn wir die Höhen des Ockerkalkes auf beiden Seiten des Maines vergleichen, so finden wir eine Differenz bis zu 33 m. Auch beim Vergleichen der Höhenlagen der Schaumkalkbänke finden wir ein Ansteigen nach Westen. Am Neuenberg liegt der obere Schaumkalk auf 296 m, am Volkenberg, unmittelbar hinter der Kapelle, fand ich den oberen Schaumkalk auf 347 m. Auf der Platte des Volkenberges steigt er auf 356 m an; am Kiliansberg, westlich von Oberleinach liegt er auf 312 m. Es hat den Anschein, als ob eine Kuppelbildung vorläge und sich die Faltenysteme am Volkenberg durchkreuzten. Die Sattellinie für die von SW. nach NO. streichende Falte müsste über der Platte des Volkenberges ungefähr senkrecht zur Sattellinie des von SO. nach NW. streichenden Systems verlaufen. Diese Annahme ist jedoch falsch. Auf dem Goldberg südwestlich von Oberleinach liegt, als höchste Schicht, die Terebratelbank auf 329 m. Man rechnet von ihr aus bis zum oberen Schaumkalk einen Abstand von ca. 35 m. Der obere Schaumkalk müsste demnach auf dem Goldberg auf 364 m liegen. Auf einem Schnitt Rabensberg-Geisberg-Eichelberg-Goldberg wären die Höhenmasse für den oberen Schaumkalk 240—288—330—364 m. Nordwestlich des Goldberges am Kiliansberg mass ich für den oberen Schaumkalk nur 312 m. Dem vorerwähnten Sattelsystem entsprechend, steigen aber die Schichten von Süden nach Norden an. (Siehe Eichelberg-Volkenberg 330—356 m.) Wir haben also eine beobachtete Differenz

von ca. 52 m. Ähnliche Schwankungen finden wir im Ockerkalk am Goldberg und am Kiliansberg. Am Goldberg liegt er auf 264 m; am Fusse des Kiliansberges südlich Grups-hausen mass ich 217 m. Noch deutlicher beobachten wir einen Absturz am Wachturm und Hausberg bei Unterleinach. Nur eine Störung kann diese Verhältnisse erklären. Längs einer von SSW. nach NNO. verlaufenden Verwerfungslinie sind die westlichen Partien beträchtlich abgesunken (siehe Prof. II); es wird dadurch die Anschauung erweckt, als ob man einen Sattel vor sich hätte, dessen Schichten nach Westen und nach Osten einfallen würden. In Wirklichkeit beobachten wir nur ein Einfallen nach Osten; nach Westen steigen die Schichten jedoch an.

Im Leinacher Tal sehen wir nun in der Region des Buntsandsteins die gleichen Verhältnisse wie im Maintal. So fand ich am Südwestabhang des Volkenberges den Ockerkalk auf 248 m; bis zum Küsterberg steigt er auf 269 m an. Im Espelesloch scheint eine Störung zu sein; dort ist der Ockerkalk auf 250 m abgesunken; am Fusse des Meindels traf ich ihn auf 273 m. Von hier aus fällt er auf 273 m. bzw. auf 258 m; am Südab-

Darstellung eines Querprofils der Strecke Güntersleben—Unterleinach.



hang des Wachturmes ist er im Weg verstreut, nicht anstehend auf 230 m. Im Absturzgebiet liegt unmittelbar unter ihm der untere Wellenkalk. Am Fuss des Meindels, nordöstlich von Oberleinach ist der Plattensandstein aufgeschlossen. Röt finden wir nur noch südwestlich von Oberleinach; ferner am Himmelsberg und am Goldbergweg, also südwestlich des oben genannten Dorfes. Das Tal selbst ist mit Löss, der besonders am Friedhof von Unterleinach eine bedeutende Mächtigkeit erreicht, ausgefüllt.

### Die Entstehung der Täler.

Eine weitere Aufgabe für die geologische Bearbeitung eines Gebietes ist es, nachzuforschen, ob die Täler tektonischen Ursprunges sind. Es ist allgemein bekannt, dass die Wasserläufe dem Einfallen der Schichten folgen und auf diese Weise die Erosion beschleunigen. Auch Verwerfungsspalten können einen natürlichen Graben bilden, der ihnen den Lauf vorschreibt.

### Das Maintal.

Wenn wir das Maintal betrachten, so werden wir versucht, auch hier an eine tektonische Vorarbeit zu denken. Beweise dafür geben uns zahlreiche Verwerfungen, die in auffallender Weise dem Lauf des Flusses parallel streichen. In erster Linie ist es die Verwerfung am Stein, die uns auf diesen Gedanken bringt; dann beobachten wir am neuen Rangierbahnhof Zell einige Störungen; am Neuberg bei Margetschöchheim finden wir eine beträchtliche Verwerfung im oberen Wellenkalk. Die Spiriferinenbank liegt links am Wege zum Neuberg auf 186 m aufgeschlossen; 18 m darüber folgen die beiden Schaumkalkbänke; 9 m oberhalb traf ich nochmals auf diese beide Schichten, und endlich 15 m ober diesen fand ich wiederum oberen Schaumkalk mit der überlagerten Anhydritgruppe. Wir haben demnach einen Absturz im Gebiet des Schaumkalkes vor uns. Es fragt sich, ob diese Störung bereits vorhanden war, oder ob sie erst später durch die Erosion des Flusses herbeigeführt wurde. Auf der Veitshöchheimer Seite beobachtete ich ein Einfallen der Schichten nach dem Maine zu; die Cycloidesbank (236 m) auf dem Veitshöchheimer Berg ist stark gestört; ihre Schichten stehen fast saige. Einige kleinere Verwerfungen mit nordwestlich-südöstlichen Streichen durchsetzen den Wellenkalk am Talberggraben bis zum Nordfusse des Rabensberges. Im Lehmentalweg am Nordfusse des Rabensberges liegen die Schichten des Wellenkalkes saige verstürzt mit einem SO.—NW.-Streichen. Ich

vermute jedoch, dass es sich hier um einen sekundären Absturz handelt. Oberhalb des Dorfes Erlabrunn am Fusse des Pfaffenberges fand ich eine Schichtenstörung unter der normal liegenden Ecki-Oolithbank. Die Schichten des unteren Wellenkalkes fallen hier in einem Winkel von  $20^\circ$  gegen das Maintal zu ein. Ein starkes Einfallen der oberen Wellenkalkpartien beobachtete ich auf dem Neuberg. Längs einer um  $42^\circ$  NS. streichenden Verwerfung fallen die Schichten gegen das Maintal in einem Winkel von  $32^\circ$  ein. Ein starkes Fallen des Schaumkalkes nach dem Maine zu zeigt sich auf dem Altberg nördlich von Thüngersheim. Hier ist der Schaumkalk 20 m gegen das Dietal abgesunken. Am Dietalberg, wie am Vorderen Berg bei Retzbach lässt sich ein Absturz der Enkrinitenbank feststellen; ausserdem durchsetzt eine grössere Verwerfung den oberen Wellenkalk kurz vor der Benediktushöhe. Inwieweit, eine bei Unterleinach zwischen Hausberg und Wachturm beobachtete, Grabenversenkung auf die Bildung des Maintales Bezug hat, lässt sich nicht genau nachweisen. Ich nehme jedoch an, dass das Absinken der Schichten der westlichen Partien, das wir an der, südlich der Riedmühle bei Zellingen aufgeschlossenen Terebratelbank (188 m) feststellen können, wesentlich zur Bildung der Zellinger Mulde beigetragen hat. Eine grosse Verwerfung streicht von Harrbach bei Karlstadt bis südwestlich von Langenprozelten. Es wäre wohl möglich, dass einige Verwerfungen, entsprechend dieser eben erwähnten Störung, im Maintal liegen, die aber nicht aufgefunden werden können.

#### Der Lindentalgraben bei Veitshöchheim.

Dieser Graben ist tektonischen Ursprungs; er stellt eine Mulde dar. Am Schenkenfeld, dem Höhenzug, der den Graben im Süden begrenzt, findet sich die Enkrinitenbank in einer Höhe von 200 m. Die Schichten fallen nach Norden ein; denn die gleiche Bank liegt im Graben auf 191 m. An der Nordseite des Tales steigen die Schichten wieder an. Im oberen Lodenweg am Veitshöchheimer Berg traf ich die Enkrinitenbank auf 196 m. Die Mulde ist mit diluvialen, vielleicht tertiären Sanden fast ganz ausgefüllt, ein Beweis, dass ehemals grössere Wassermassen vorhanden waren, die ihr Schwemmaterial hier ablagerten.

#### Der Sendelbachgraben.

Zur Orientierung der Lagerungsverhältnisse der Schichten zwischen Lindental- und Sendelbachgraben verhilft uns ein kleines Profil oberhalb des Bahnhofes Veitshöchheim. Unmittelbar an der Strassenüber-

führung sind die unteren Bänke des Hauptmuschelkalkes aufgeschlossen. Wir treffen dort die Hornsteinbank auf 184 m und sehen, dass ihre Mittelpartie abgesunken ist; zugleich können wir nach Norden ein steileres Einfallen beobachten. Zwischen den beiden Tälern wölben sich demnach die Schichten nochmals zu einem kleinen Sattel auf. Das Einfallen der Schichten nach Norden bedingt die Bildung des schmalen Sendelbachgrabens; es scheint aber ausserdem eine Verwerfung, die von SW. nach NO. streichen würde, vorzuliegen. Die Enkrinitenbank ist im Sendelbachgraben an zwei Stellen aufgeschlossen und zwar in einer Höhe von 191 m bzw. 192 m. Am Abendsberg, an der Kreuzung des Veitshöchheim-Günterslebener Weges finden sich in einem Steinbruch, rechts der Strasse, die Discites-Schichten auf 231 m aufgeschlossen. Die Enkrinitenbank ist nicht aufzufinden. Nehmen wir nach früheren Messungen an, dass sie ca. 5 m tiefer liegt, so können wir sie auf einer Höhe von ca. 226 m vermuten. Die Differenz beträgt demnach ca. 35 m; sie verkleinert sich, wenn man das Einfallen der Schichten nach Osten berücksichtigt auf ca. 33 m. Die Verwerfung dürfte demnach wohl als sicher anzunehmen sein. Die im Graben noch aufgeschlossene Spiriferinenbank (217 m) und die Bank mit Terebr. cycloides 229 m liegt ungestört. Ein Einfallen der Schichten nach Westen ist am Kaltenberg zu beobachten; wie weit diese Störung verläuft, lässt sich nicht feststellen; es ist aber kaum anzunehmen, dass sie eine grössere Bedeutung hat.

### Der Talberggraben.

Als nächstes Quertal verläuft der Talberggraben in südwestlich-nordöstlicher Richtung; er trennt den Abendsberg vom Talberg. Zweifels- ohne ist auch dieser Graben tektonischen Ursprungs. Die Enkrinitenbank ist am Talberg, unmittelbar am Waldrande, auf 256 m gut aufgeschlossen; ihre Schichten fallen stark nach Südosten ein. Im Graben fand ich die Hornsteinbank auf 225 m und den Zellenkalk auf 214 m. Auf der rechten Seite des Grabens liegt ein alter Steinbruch auf 240 m. Man kann in ihm noch deutlich ein Einfallen der Schichten nach Nordwesten feststellen; ferner fand ich noch einige Bruchstücke der Enkrinitenbank. Nach der Lage der Hornsteinbank müsste die Enkrinitenbank bei ca. 235 m anstehen. Es würde sich vom Talberg bis zur Grabensohle für diese Schicht eine Differenz von 21 m ergeben, die nur auf eine Störung zurückgeführt werden kann. Im Graben selbst zeigen sich noch kleinere Verwerfungen, die sich aber nicht weiter verfolgen lassen. Die Talberg-Verwerfung scheint mit

einer am Kolbenberg, südlich von Güntersleben vermuteten Störung identisch zu sein. Am Kolbenberg liegt die Cycloidesbank auf 274 m, etwas südlicher, links von der Strasse nach Güntersleben fand ich die Semipartitusschichten auf 270 m. Die Schichten sind demnach um ein beträchtliches nach Süden abgesunken. Auch der kleine Graben vor der Rabensburg dürfte tektonischen Ursprungs sein. Auf der Höhe des Rabensberges, an der Ruine, fand ich zwei Verwerfungen, die beide um  $45^{\circ}$  NS. streichen. An der ersten Verwerfung zeigt sich ein Absinken der Orbicularismergeln. Beide Störungen sind an den gegenüberliegenden Hängen nicht wieder zu finden.

#### Der Hirschberggraben.

Es lässt sich nicht mit Bestimmtheit sagen, ob tektonische Verhältnisse für die Bildung dieses engen Tales massgebend waren. Auf der Höhe des Hirschberges sind die beiden Schaumkalkbänke aufgeschlossen. Ihre Schichten fallen wohl gegen das Tal zu ein, jedoch auf der rechten Talseite liegen die Bänke anscheinend ungestört. Am Ausgang des Tales, im Lehmentalweg liegen die Wellenkalkschichten, wie ich bereits vorher erwähnte, fast saige. Kleinere Störungen lassen sich am Nordfusse des Rabensberges, an einem Profil im unteren Wellenkalk beobachten; sie streichen von NW. nach SO.

#### Der Neuenberggraben.

Dieses breite, tiefeingeschnittene Quertal verdankt seine Entstehung in erster Linie einer Störung, die ich bereits bei der Besprechung des Maintales anführte. Auf dem Neuenberg fand ich eine Verwerfung, die  $42^{\circ}$  NS. streicht. Die Schichten fallen um  $32^{\circ}$  gegen das Maintal zu ein. Diese Störung konnte ich bis zum Hochfeld verfolgen; es lässt sich leider nicht erkennen, ob sie sich auch auf der rechten Talseite über den Hirschberg fortsetzt. Eine noch grössere Störung vermute ich am Südabhang des Eckberges. Die Enkrinitenbank liegt links von der Thüngersheim-Günterslebener Strasse auf 351 m. Rechts der gleichen Strasse, nach der Abzweigung des Weges zum Bahnhof Erlabrunn, ist sie in einer Höhe von 303 m gut aufgeschlossen. Unmittelbar unterhalb, im Sandloch, fand ich auf 302 m Bruchstücke von Zellenkalk. In einem Graben im Walde zwischen der linken Wagenwand und dem Heiligen-Hölzchen fand ich grosse Stücke der Enkrinitenbank auf 297 m. Es scheint demnach eine grössere Störung am Eckberg vorzuliegen, die wohl neben der Neuenbergstörung die Bildung des Grabens veranlasst haben mag.

Zwei kleinere, gegeneinander orientierte Störungen in der Talsohle, rechts des Weges, unmittelbar nach dem Aufschluss der glimmerhaltigen Kalke kommen wohl kaum in Betracht. Die am Ausgang des Waldes entspringende Quelle ist eine Schichtquelle.

### Der Honiggrund.

Dieses Tal wird auf der rechten Seite vom Honigberg, auf der linken Seite vom Rotlaufberg begrenzt. Ein Einfallen der Schaumkalkschichten am Rotlaufberg und der Wellenkalkschichten an der Strasse von Thüngersheim nach Retzstadt gegen die Talsohle zu, lässt wohl auf eine tektonische Entstehung schliessen. Inwieweit kleinere Störungen, die sich rechts der Strasse wahrnehmen lassen, mitbeteiligt waren, lässt sich nicht feststellen.

### Das Dietal,

Ein starker Abbruch der Schichten vom Altberg aus bildete das kleine Dietal. Am Altberg liegt der obere Schaumkalk auf 282 m. Am gegenüberliegenden Dietalberg mass ich für den oberen Schaumkalk nur noch 263 m. Ähnlich sind die Lagerungsverhältnisse des Ockerkalkes. Die nördlichen Partien sind um ca. 20 m abgesunken.

### Das Bayerntal.

Das breite, vom Retzbach durchflossene Tal bildet die Grenze des Blattes. Grössere Störungen haben auch hier dem Wasser den Weg gebahnt. Uns interessiert nur der untere Teil des Tales, weil die dort beobachteten und vermuteten Störungen mit der Leinacher Bruchzone zusammenhängen dürften. Zum Vergleich dienen wiederum die Schaumkalkbänke. An dem bastionsartigen Vorsprung des Wellenkalkes bei der Benediktushöhe liegt der obere Schaumkalk, nach der Höhe der Spiriferinenbank (188 m) gemessen, auf ca. 205 m; am Bahnhof Retzbach habe ich ihn auf einer Höhe von 167 m festgestellt. Die Differenz beträgt zwischen dieser kurzen Entfernung 38 m. Ich vermute, dass an dieser Stelle eine Störung vorliegt. Noch interessanter sind die Lagerungsverhältnisse des Schaumkalkes im Tale selbst.

Auf der linken Seite des Tales an der Benediktushöhe liegt der obere Schaumkalk auf 205 m. Am Friedhof Retzbach, unmittelbar hinter der Kapelle mass ich ihn auf 190 m. Die Schichten fallen aber auf der linken Seite nach Osten ein. Weiter oben fand ich ihn nochmals auf 207 m. Diese Verhältnisse sind auf eine Störung zu-

rückzuführen, die mit einem Einbruch des Schaumkalkes am Vorderen Berg in Verbindung zu bringen wäre.

Auf der rechten Seite steigen die Schichten an. Für den oberen Schaumkalk habe ich am Bahnhof Retzbach 167 m gemessen; gegenüber der Kümetsmühle ist die Spiriferinenbank in einem alten Steinbruch auf 205 m, der untere Schaumkalk auf 218 m, der obere Schaumkalk auf 224 m aufgeschlossen. Mannigfache Störungen, Verwerfungen mit mächtigen Kalkspatgängen und Flexuren sind in der Region des Schaumkalkes, der auf eine kurze Entfernung bis auf 244 m ansteigt, zu beobachten.

Zweifelsohne liegen im Bayerntal noch bedeutendere Störungen, die für seine Bildung massgebend waren.

### Das Fahrental.

Ein Nebental auf dem rechtsmainischen Teil des Blattes ist das Fahrental bei Güntersleben. Die Aufschlüsse sind so unvollkommen, dass der Nachweis, ob eine tektonische Bildung vorliegt, nicht mit Bestimmtheit erbracht werden kann. Ich beobachtete am Kolbenberg ein leichtes Einfallen der Cycloidesbank und am Deisenberg ein Einfallen der Spiriferinenbank. Die Schichten beider Bänke neigen sich der Talsohle zu. Das Fahrental mündet in den Günterslebener Grund ein, der nur in seinem oberen Teile zu dem bearbeiteten Gebiete gehört.

### Die Leinacher Bruchzone.

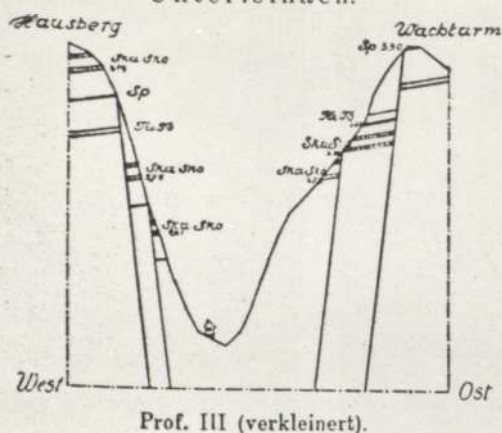
Rein tektonischen Ursprungs ist das Leinacher Tal, das nördlich in die breite Zellinger Mulde ausmündet. Längs einer vom Ziegelrain über den Wachturm streichenden Verwerfungslinie, die sich wohl in der Zellinger Mulde, vielleicht sogar bis zum Abbruch der Benediktushöhe bei Retzbach fortsetzt, sind die westlichen Partien ca. 38 m abgesunken.

### Das Einsturzgebiet bei Unterleinach.

Beim Dorfe Unterleinach verengt sich das Tal. Der Hausberg, 329 m, und der nordwestliche Ausläufer des Meindels, der Wachturm, 330 m, schieben sich wie ein Riegel vor. An den Hängen dieser beiden Höhen sind starke Störungen zu beobachten, die den Charakter einer Grabenversenkung annehmen (siehe Prof. III). Auf dem Wachturm, östlich der Ruine fand ich die Spiriferinenbank auf 330 m. Schaumkalk ist hier, wie am ganzen Meindel, abgetragen. Unter der Spiri-



### Grabenversenkung bei Unterleinach.



ferinenbank stehen an der Südseite auf 305 m bzw. 307 m die beiden Terebratelbänke an; auf der Nordseite fand ich die gleiche Bank stark ausgewittert auf 310 m; dieser Teil liegt aber noch völlig normal. Wesentlich anders wird das Bild, wenn wir uns der Westseite des Wachturmes zuwenden.

Hier fand ich unmittelbar unter der auf 305 m abgelagerten unteren Terebratelbank den oberen Schaumkalk

stark verstützt auf 291 m, den unteren Schaumkalk auf 286 m. Am Nordabhang liegt der obere Schaumkalk auf 297 m, der untere auf 292 m; auch Bruchstücke von gelbem dolomitischem Mergel konnte ich auf dieser Seite des Berges finden. Der Schaumkalk, der, wie oben erwähnt, auf der Platte des Meindels nicht mehr ausgebildet, bzw. abgetragen ist, ist hier abgelagert; er kann nur abgestürzt sein. Nach der Lage der Spiriferinenbank auf der Wachturmplatte müsste der obere Schaumkalk ehemals auf der Platte des Höhenzuges in einer Höhe von 345 m anstehend gewesen sein. Die Sprunghöhe beträgt demnach für den ersten Absturz ca. 50 m. Unter der ersten Absturztterasse fand ich auf 277 m auf der Süd- und Nordseite nochmals den unteren Schaumkalk; auf der Nordseite ausserdem unter ihm die Spiriferinenbank gleichfalls anstehend auf 266 m. Im Tal, an der Feldmühle, liegt unterer Wellenkalk; ähnlich fand ich den unteren Wellenkalk östlich von Unterleinach, links am Wege nach Oberleinach stark verstützt vor. Hier liegt er unter den Rötletten. Die Gesamtsprunghöhe am Wachturm würde ca. 64 m betragen.

Am Hausberg liegen die Verhältnisse ähnlich. Auf der Platte des Hausberges steht der untere Zellenkalk stark gestört in einer Höhe von 327 m an. Die beiden Schaumkalkbänke liegen auf 324 m bzw. 319 m. Am Ostabhang des Berges fand ich, in einem Steinbruch gut aufgeschlossen, den unteren Schaumkalk stark nach SO. einfallend auf 275 m; der obere Schaumkalk, dessen Schichten entgegengesetzt orientiert sind, liegt auf 282 m. Die erste Terrasse wäre demnach um 42 m abgesunken. Unter der ersten Terrasse traf ich i Wege die beiden

Schaumkalkbänke nochmals und zwar auf 256 m bzw. 251 m. Die Gesamtsprunghöhe am Hausberg beträgt demnach 68 m. (cf. Prof.). Am Nordfusse des Hausberges am Sommereschel liegen die Bänke wieder normal. Ich mass dort für die Spiriferinenbank 287 m, für die obere Terebratelbank 267 m, für die untere Terebratelbank 265 m, für die hier ausgezeichnet in einem Weinberg aufgeschlossene Ecki-Oolithbank 247 m.

Die Verwerfung zwischen Goldberg und Kiliansberg südwestlich von Oberleinach habe ich bereits besprochen. Der Ockerkalk liegt am Nordabhang des Goldberges auf 264 m; im Tale, am Ostabhang des Kiliansberges, südlich von Grupshausen auf 217 m. Die Lagerungsverhältnisse der Schaumkalkbänke am Kiliansberg und der Terebratelbänke am Goldberg habe ich schon erwähnt. Die Sprunghöhe für den Ockerkalk beträgt demnach hier ca. 47 m. Ich vermute, dass diese Störung mit der am Wachturm und Hausberg identisch ist und auch das Absinken der westlichen Partien verursachte. Die mächtigen Lössablagerungen zwischen Unter- und Oberleinach machen eine genaue Orientierung unmöglich.

#### Die Zellinger Mulde.

Nur ein kleiner Teil dieser, von Schwemmassen des Maines und Ablagerungen des Löss ausgefüllten Zellinger Mulde, liegt in dem bearbeiteten Gebiete. Ich fand nur zwei gute Aufschlüsse, die Terebratelbank auf einer kleinen Anhöhe südlich der Riedmühle auf 188 m, und die obere Schaumkalkbank mit den darüber abgelagerten Orbicularismergeln in einem Steinbruch westlich der Riedmühle auf 186 m. Vergleichen wir die Lagerungsverhältnisse der Terebratelbank. Auf einer Linie, parallel zur Sattelachse, liegt die Terebratelbank am Südwestabhang des Vorderen Berges bei Retzbach auf 217 m, südlich der Riedmühle auf 188 m. Die Schichten steigen aber, wie wir gesehen haben, von Osten nach Westen an; die Terebratelbank südlich der Riedmühle muss demnach stark abgesunken sein; einen ähnlichen Schluss ziehen wir aus der Ablagerung des Schaumkalkes an der Riedmühle, wenn wir seine Höhe mit der an der Benediktushöhe vergleichen; auch er ist abgesunken. Ich glaube nach meinen Beobachtungen annehmen zu dürfen, dass die Terebratelbank und die Schaumkalkschichten an der Riedmühle in den Bereich der Leinacher Bruchzone gehören. Die zahlreichen, dem Abflussgebiet des Leinacher Baches angehörigen, starken Quellen sind demnach wohl Verwerfungsquellen.

Für die Entstehung der Zellinger Mulde, die als eine Bucht erscheint, ist diese Störung wohl von grosser Bedeutung. Der Fluss wird ehemals das durch die tektonischen Verhältnisse geschaffene Bett für seinen Lauf benützt haben. Die, diese Bucht ringsum begrenzenden Wellenkalkzüge stellten sich ihm entgegen — es musste sich demnach ein Stausee gebildet haben, der nach Norden im Sinne des jetzigen Mainlaufes seinen Abfluss hatte. Einen Beweis für meine Vermutungen erblicke ich in den Sand- und Kiesanschwemmungen südlich und westlich von Zellingen.

### Verwerfungen.

Bei der Behandlung der tektonischen Verhältnisse der Täler habe ich bereits eine Reihe von Verwerfungen besprochen, die unmittelbar an der Entstehung derselben beteiligt waren. Neben diesen konnte ich aber noch einige andere Störungen beobachten, die nicht unerwähnt bleiben dürfen.

*Gümbel*<sup>1)</sup> stellte in der Rhön drei Streichlinien für die Verwerfungen fest; er fand die Richtung von NW. nach SO. als die vorherrschende; ähnliche Verhältnisse beobachtete *C. Chelius*<sup>2)</sup> für die Wetterau. *J. Beckenkamp*<sup>3)</sup> beschreibt für die nächste Umgebung von Würzburg drei Leitlinien für die Verwerfungen; ein Streichen von NW. nach SO. mit geringerer Neigung gegen den Meridian, ein Streichen von SW. nach NO. und ausserdem eine fast ost-westliche Streichrichtung.

Eine ähnliche Orientierung der Verwerfungslinien fand auch ich in dem bearbeiteten Gebiete vor. So traf ich auf Verwerfungen, die von NW. nach SO. streichen; ausserdem stellte ich für einige Störungen ein Streichen von SW. nach NO. fest; für die Leinacher Bruchzone ist ein Streichen von SSW. nach NNO. vorherrschend.

Alle von mir beobachteten von NW. nach SO. streichenden Verwerfungen laufen in annähernd gleicher Richtung wie die von *Beckenkamp* am Bahnhofs Würzburg, im unteren Dürrbachtal, am Stein und am neuen Rangierbahnhof bei Zell beschriebenen Störungslinien, also fast sämtliche parallel zur Streichrichtung des hercynischen Faltungssystems. Zu ihnen gehören:

1. Eine bereits erwähnte Verwerfung im Gebiete des unteren

<sup>1)</sup> *Gümbel*: Geologie von Bayern S. 687.

<sup>2)</sup> *C. Chelius*: Geologischer Führer durch den Vogelsberg. S. 3.

<sup>3)</sup> *J. Beckenkamp*: Über die geologischen Verhältnisse der Stadt und der nächsten Umgebung von Würzburg. S. 15–21.

Hauptmuschelkalkes oberhalb des Bahnhofes Veitshöchheim. Die Hornsteinbank ist hier gestört, und zwar ist ihre Mittelpartie abgesunken; ihre nördlichen Schichten fallen stark ein.

2. Vier kleinere Störungen im oberen Wellenkalk am Fusse des Talberges rechts der Strasse nach Thüngersheim. Die südlichen Partien sind abgesunken, und zwar beträgt die Sprunghöhe der ersten Verwerfung ca. 1,50 m,

die der zweiten ca. 0,50 m, die der dritten ca. 0,80 m. Die Verwerfungen lassen sich nicht weiter verfolgen. Zwischen der ersten und zweiten Störung zeigt sich eine Flexur, die von der Strasse aus deutlich sichtbar ist. (Siehe Bild Nr. 2.)

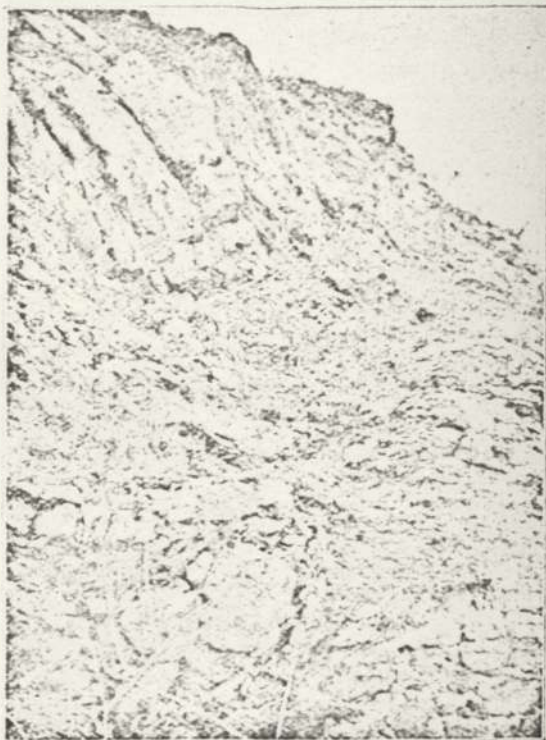
Die Schichten sind hier im gleichen Sinne ungefähr 1,80 m gesunken.

3. Zwei Verwerfungen auf dem Rabensberg. Sie haben eine ungefähre Neigung von  $45^{\circ}$  gegen N.S. Die erste Störung liegt vor der Ruine der Rabensburg im Gebiet der Orbicularismergel. Ihre Schichten fallen, stark geschleppt, in einem Winkel von  $32^{\circ}$  nach Norden ein.

Ihre Schichten fallen, stark geschleppt, in einem Winkel von  $32^{\circ}$  nach Norden ein.

Eine zweite Verwerfung konnte ich unmittelbar hinter der Ruine beobachten; sie verläuft genau parallel zur vorerwähnten und liegt im Gebiet des oberen Schaumkalkes; ihre Sprunghöhe beträgt ca. 1,00 m. Die südlichen Partien sind abgesunken. Neben diesen Störungen durchsetzen noch einige kleinere Verwerfungen und Spalten den Rabensberg. Auf allen Spalten zeigt sich Kalkspat.

4. Die Verwerfung am Neuenberg. Sie hat eine Neigung von



Nr. 2. Flexur am Talberg.

ca.  $42^{\circ}$  gegen N.S. Die Schichten des oberen Wellenkalkes fallen, sehr stark geschleppt, in einem Winkel von  $32^{\circ}$  nach Westen ein.

5. Fünf kleinere Störungen im unteren Wellenkalk rechts der Strasse von Thüngersheim nach Retzstadt, oberhalb des Kalkofens. Ihre Sprunghöhen sind ganz unbedeutend.

6. Zwei Störungen am Westabhang des vorderen Berges bei Retzbach. Sie gehören beide in das Gebiet des oberen Wellenkalkes. Die erste Störung ist unbedeutend; viel wichtiger ist die zweite. Die Schichten des oberen Wellenkalkes und der Anhydritgruppe sind an dieser Störung beteiligt.

Von der Strasse aus können wir beobachten, dass die beiden Schaumkalkbänke auf eine Strecke von ca. 100 m unterbrochen sind (Bild Nr. 5 S. 62); sie sind mit den Schichten der Anhydritgruppe stark verworfen. Am südlichen Teil des Absturzes fand ich den oberen und unteren Schaumkalk auf 237 m bzw. 232 m; auf der Nordseite liegt der untere Schaumkalk auf 218 m. Da die Terebratelbank vollkommen normal liegt, so können nur die Hangendschichten an der Störung beteiligt gewesen sein. Auf der Südseite des Bayerntales, am Friedhof von Retzbach, hinter der Kapelle von St. Maria, fand ich am Weg den oberen Schaumkalk auf 190 m und unmittelbar oberhalb dieser Stelle nochmals anstehend auf 207 m. Es hat den Anschein, als ob die Schichten vom Maintal aus nach Osten, nach dem Bayerntal zu, abgesunken wären.

7. Eine Verwerfung im Gebiete des unteren Wellenkalkes und des oberen Buntsandsteines am Westabhang des Himmelberges, südlich von Oberleinach.

Ich beobachtete eine Störung im Ockerkalk; seine südlichen Schichten sind abgesunken und zwar beträgt die Sprunghöhe 5,20 m. Die Schichten fallen an dieser Stelle in einem Winkel von  $60^{\circ}$  nach Osten ein. Die Verwerfung lässt sich nur auf eine kurze Strecke verfolgen.

Zu dem zweiten, von SW. nach NO. streichenden System gehören:

1. Die Verwerfung im oberen Wellenkalk am Neuberg, westlich von Margetshöchheim. Wie bereits erwähnt, fand ich zwei Abstürze des Schaumkalkes. Die Sprunghöhe der ersten Terrasse beträgt ca. 15 m, die der zweiten ca. 9 m.

2. Die Verwerfung am Altberg. Die Störung hat den Charakter einer Flexur. Die Schichten sind mehrfach gebrochen und nach Norden mit einer Sprunghöhe von 20 m abgesunken.

3. Eine kleinere Störung im oberen Wellenkalk auf der Platte des Volkenberges; ein breiter mit Kalkspat ausgefüllter Spalt verläuft von der Kapelle aus in südwestlicher Richtung über den Volkenberg.

Zu diesem Typus dürften auch die vier, bei der Talbildung besprochenen vermuteten Verwerfungen am Südabhang des Abendsberges und Talberges bei Veitshöchheim, am Kolbenberg, südlich von Güntersleben, und am Eckberg, westlich von Güntersleben, zu rechnen sein.

Am Abendsberg müssen die Schichten des Hauptmuschelkalkes nach Süden gegen den Sendelbachgraben abgesunken sein. Am Talberg liegt die Störung in der gleichen Region. Die Schichten sind gegen den Talberggraben eingebrochen. Am Kolbenberg liegt die Cycloidesbank, gut aufgeschlossen auf 274 m; südlich davon, links von der Strasse von Gadheim nach Güntersleben sind die Semipartitusschichten auf 274 m abgelagert. Die südliche Partie muss demnach beträchtlich abgesunken sein.

Am Eckberg beobachten wir gleichfalls ein Absinken der südlichen Partien an der Lagerung der Enkrinitenbank.

Zu dem Typus der von SSW. nach NNO. streichenden Verwerfungen gehören:

Die Störungen im Gebiete von Unterleinach. Ich habe bereits erwähnt, dass die westlichen Partien an einer um ca.  $22^{\circ}$  gegen N.S. geneigten Verwerfungslinie abgesunken sind.

Im Absturzgebiet des oberen Wellenkalkes am Westabhang des Wachtturmes beträgt die Sprunghöhe der ersten Terrasse 50 m, die der zweiten 14 m.

Im Absturzgebiet, am Ostabhang des Hausberges, beträgt die Sprunghöhe der ersten Terrasse 42 m, die der zweiten 26 m.

Eine weitere zu diesem System gehörige Störung fand ich im Espelesloch, östlich von Oberleinach. Dort ist der Ockerkalk von 276 m bzw. 269 m auf 250 m abgesunken.

Wenn wir das Streichen aller dieser Verwerfungen betrachten, so fällt uns auf, dass sie der Streichlinie der Sattelbildungen parallel laufen. Die Verwerfungen, welche von SW. nach NO. streichen, wären demnach bei der Auffaltung des in gleicher Richtung streichenden Sattels entstanden; die von NW. nach SO. streichenden Verwerfungen wären mit den hercynischen Auffaltungen in Zusammenhang zu bringen. Auch die von SSW. nach NNO. streichenden Störungen im Leinacher Gebiet wären zu letzterem Faltungssystem zu rechnen. *Chelius* erwähnt für die Wetterau, dass die Nordsüdlinien bisweilen bis zu  $22^{\circ}$  gegen Osten oder Westen abweichen; sie streichen einmal gegen

NNW., ein andermal nach NNO. Die Verhältnisse in der Leinacher Bruchzone scheinen demnach ähnlich zu sein:

### Formationsbeschreibung.

Die Gesteine des bearbeiteten Gebietes sind ausschliesslich Trias-sedimente: Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper.

Zu den jüngeren Formationen gehören die tertiären Höhensande, die Löss- und Lehmlagerungen des Diluviums, die alluvialen Bildungen des Flusses: die Gerölle und Mainsande, ferner die Aufschüttungen an den Talmündungen und endlich der Gehängeschutt, der durch die zahlreichen Abstürze, besonders an den Steilwänden des oberen Wellenkalkes auftritt.

Von den Sedimenten sind abgelagert:

### I. Der Keuper.

#### A. Lettenkohle<sup>1)</sup>

a) Untere Lettenkohle (Lu) ca. 10,76 m.

Weissgraue Schiefer.

Blauer Dolomit und Schieferletten (mit *Anoplophora lettica*)  
(An)

Ockerkalke.

Glaukonitkalke (BK).

### II. Der Muschelkalk.

A. Der Hauptmuschelkalk ca. . . . . 72—86 m

a) Oberer Hauptmuschelkalk (Ho) . . . . . ca. 25—39 m<sup>2)</sup>

Ostracodentone.

Semipartitusschichten (sp.) . . . . . ca. 7,00—8,00 m

Gelbe Kiesbank.

Hauptterebratelbank . . . . . 0,30—1,00 m  
(30,00 m über der Cycloidesbank.)

Kalke mit *Gervillia socialis*, *Terebratula vulgaris*, *Cerat. intermedius*, *Cerat. dorso-planus*. *Cerat. nodosus*, . . . . . ca. 8,00—10,00 m

Schiefertone und wulstige Kalke mit *Cerat. nodosus*.

(Obere *Nodosus*platten) . . . . . ca. 10,00—20,00 m

<sup>1)</sup> J. Beckenkamp: Über die geologischen Verhältnisse der Stadt und der nächsten Umgebung von Würzburg (1907.)

<sup>2)</sup> G. Wagner: Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Hauptmuschelkalkes und der unteren Lettenkohle in Franken. (Inaug. Diss. Tübingen 1913.)

- b) Mittlerer Hauptmuschelkalk (Hm) ca. 37,00 m  
 Cycloidesbank (Terebr. cycloides.) (Ccl) . . . 0,27 m  
 Kalkbänke und Schiefertone mit *Pecten discites* und *Cerat. compressus*.  
 (Untere *Nodosus*platten.)  
 Spiriferinenbank (Spirif. fragilis.) (Sp<sub>2</sub>) . . . 0,16—0,20 m  
 Wulstige Kalke und Schiefertone mit *Pecten discites* und *Cerat. compressus*.  
 Bank mit *Nautilus* und *Ostrea*.  
 Wulstige Kalke mit *Pecten discites* und *Cerat. compressus*. (Pd.)  
 Feste Kalkbank (nicht überall beobachtet).  
 Bänke mit *Myophoria vulgaris* über der Hauptkrinitenbank zusammen . . . . . ca. 25,00 m
- c) Unterer Hauptmuschelkalk (Hu) . . . ca. 10,00 m  
 Hauptkrinitenbank (En) . . . . . ca. 0,50—0,60 m  
 Bänke der *Myophoria vulgaris* unter der Hauptkrinitenbank . . . . . ca. 1,50 m  
 Wulstige Kalke . . . . . ca. 3,00 m  
 Gelbe Mergelkalke . . . . . ca. 3,20 m  
 Gradschieferiger grauer Kalk mit Hornstein-einlagerungen (Hst) . . . . . ca. 1,50 m
- B. Die Anhydritgruppe.** (Ah) . . . . . ca. 36,00—40,00 m  
 (Genaue Messungen der Mächtigkeit der einzelnen Schichten konnte ich nicht vornehmen.)  
 Weissgrauer Mergel ohne Versteinerungen.  
 Blauer Kalk mit *Styloolithen*.  
 Oberer Zellenkalk (Zk<sub>2</sub>).  
 Glimmeriger Mergelschiefer.  
 Unterer Zellenkalk (Zk<sub>1</sub>).  
 Gelbgrauer dolomit. Mergel.
- C. Der Wellenkalk** . . . . . ca. 96,00 m
- a) Oberer Wellenkalk (Wo.) . . . . . ca. 14,00 m  
 Orbicularismergel (Orb.) . . . . . ca. 6,00—7,00 m  
 Oberer Schaumkalk (Sko.) . . . . . ca. 1,20 m  
 Wellenkalkmergel . . . . . ca. 5,00 m  
 Unterer Schaumkalk (Sku.) . . . . . ca. 1,00—1,20 m
- b) Mittlerer Wellenkalk (Wm.) . . . . . ca. 46,00 m  
 Wellenkalk . . . . . ca. 10,00 m  
 Spiriferinenbank (Sp.) . . . . . ca. 0,15—0,30 m  
 Wellenkalk . . . . . ca. 19,00—20,00 m



Obere Terebratelbank (To.) . . . . .	0,40 m
Wellenkalk . . . . .	ca. 1,50—2,00 m
Untere Terebratelbank (Tu.) . . . . .	ca. 0,60—0,70 m
Wellenkalk . . . . .	ca. 14 00 m
c) Unterer Wellenkalk (Wu.) . . . . .	ca. 35,00—36,00 m
Ecki Oolithbank (Ei.) . . . . .	0,30 m
Wellenkalk . . . . .	ca. 14,00 m
Gelbe Glimmerkalke (GK) . . . . .	0,30 m
Wellenkalk mit den Pseudokonglomerat- und den „Gastropodenbänken“ (D.B.) zusammen . . . . .	ca. 16,00 m
Ockerkalke (Ok.) . . . . .	ca. 4,00—6,00 m

### III. Der Buntsandstein.

#### A. Oberer Buntsandstein.

- a) Der Röt (Sor.) . . . . . ca. 30,00—60,00 m  
 b) Der Plattensandstein (Sos) ist ca. 26,00 m aufgeschlossen.

#### Der Buntsandstein.

Wie bereits der Name sagt, besteht diese Formation vorwiegend aus Sandsteinen, die verschieden, in der Hauptsache aber durch Eisenoxyd rot gefärbt sind. Sie sind sekundär aus älteren Gesteinen entstanden und zwar dadurch, dass die, bei der Verwitterung freigewordenen Quarzkörner durch ein Bindemittel, — bei uns sind es eisen-schüssige Kalke und tonhaltige Zemente, — zu einem neuen Gestein verkittet wurden. In den oberen Lagen, wie in den Rötletten, findet man nicht selten einzelne Bänke mit einer auffallenden Grünfärbung. Sie tritt ein, wenn das Eisen zu Eisenoxydul reduziert wird.

In dem von mir bearbeiteten Gebiet kommen nur die oberen Lagen des Buntsandsteines in Betracht, so die stark Glimmer führenden Plattensandsteine und die Rötletten. Geschlossene feste Bänke von grösserer Mächtigkeit begegnen uns an der Basis der Plattensandsteine, unterhalb des Horizontes der Steinsalzpseudomorphosen.

Während ehemals die Meinungen über die Entstehung des Buntsandsteines sehr auseinander gingen, neigen sich wohl in neuerer Zeit die meisten Autoren den Ansichten *J. G. Bornemanns*<sup>1)</sup> und *J. Walthers*<sup>2)</sup> zu. Nach diesen ist der Buntsandstein als eine äolische Bildung aufzufassen, die gleichzeitig mit der Ablagerung der triasischen Meeres-sedimente entstand. Die Hauptmasse des triasischen Festlandes gilt

<sup>1)</sup> *J. G. Bornemann*: Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias. (Jena 1889).

<sup>2)</sup> *J. Walther*: Das Gesetz der Wüstenbildung. (Leipzig 1912.)

als Wüstenbildung, in der ähnliche klimatische Verhältnisse herrschten, und wo die Insolation und die Erosionstätigkeit des Windes ähnliche Erscheinungen hervorrief, wie wir sie heute in den grossen Wüsten Afrikas und Zentral-Asiens beobachten können. Die alten Gebirge wurden denudiert; das Residuum der Erosion, feiner Quarzsand, wurde vom Wind meilenweit über das Meer hinausgetragen; dort versank er in die Tiefe. Im seichten Meer, nahe der Küste, im Shelf, mischte er sich mit dem feinen Meeresschlamm zu jener Ablagerung, die wir heute als Röt bezeichnen. Oszillationen des Festlandes brachten zeitweise eine Transgression des Meeres mit sich; neue marine Sedimente lagerten sich auf den Festlandsbildungen ab. Zog sich das Meer zurück, so trockneten weite Strecken Landes aus und ermöglichten den Winden ihr Material auf marine Sedimente aufzuschütten. Daher beobachten wir in den oberen Lagen des Buntsandsteins abwechselnd Festlands- und Meeresbildungen. Anscheinend war zwischen Wüste und Meer eine Strandfacies vorhanden, die, den Funden von Equiseten, Farnen und Coniferen nach zu schliessen, ihre eigene Vegetation hatte. Zur Strandfacies rechnen wir die Chirotherienbank, deren Abdrücke die Anwesenheit von tierischen Festlandsbewohnern verraten.

Ausser den Funden von Tierfährten und Pflanzenüberresten haben *Bornemann* und *Walther* noch andere Beweise für die äolische Bildung des Buntsandsteines angeführt:

- a) die Diagonalschichtung,
- b) das Vorkommen von Tongallen und fossilen Regentropfen,
- c) die Rippelmarken oder Wellenfurchen,
- d) die Netzleisten,
- e) die Steinsalzpseudomorphosen.

**Diagonalschichtung** zeigt sich nur in den Bänken des mittleren Buntsandsteines; bei Thüngersheim konnte ich sie infolgedessen nicht beobachten. **Tongallen** und **fossile Regentropfen** finden sich ebenfalls nur im mittleren Horizont der Formation. **Rippelmarken** kommen dagegen in den unteren Lagen des Plattensandsteines in einem Steinbruch der Gemarkung Schloss, bei Thüngersheim vor. Sie zeigen sich auf der Oberseite und auch im Abdruck auf der Unterseite einer sehr glimmerreichen Sandsteinbank, ferner auf der Chirotherienbank und im Rötquarzit. Die Rippelmarken entstehen durch die vibrierende Bewegung des Wassers oder des Windes über Schlamm oder über lose Sande; wir finden sie auf den Dünen, am Boden seichter Gewässer oder am Strande, wo sie der Sogstrom des Meeres gebildet hat. Oft

vergehen diese Gebilde schnell wieder; sie bleiben nur erhalten, wenn der vom Wasser entblösste Meeresboden so schnell abtrocknet, dass sie dem Flugsand, der die Furchen ausfüllt, widerstehen können.

Walther beobachtete, dass in der Wüste die Rippeln nur dann einen längeren Bestand haben, wenn der Sand „durch längere Saigerung gepanzert und seine Oberfläche mit schwereren Körnern bedeckt ist.“ Über die Entstehung und die Form der Rippelmarken äussert sich auch W. Dienemann<sup>1)</sup>.

In den Röttschichten am Westabhang des Himmelsberges bei Oberleinach fand ich auf einem grünen dendritischen Sandstein eigenartige Gebilde, die plattgedrückten Stengeln gleichen. Sie werden dadurch entstanden sein, dass der über die abgetrocknete Fläche gewehrte Flugsand sich in den Furchen festsetzte; darüber schwemmte die Flut später die Meeresabsätze.

Auf ähnliche Weise wie die Rippelmarken entstanden auch die Netzleisten, die ich auf der Liegendfläche von dünnen, roten Sandsteinplatten im Steinbruch Schloss bei Thüngersheim fand. Seichte Tümpel von Seen und Buchten, in die der Wind Flugsand und Staub abgesetzt hatte, trockneten aus; es bildeten sich polygonale Sprünge auf der Tondecke; eine neue Schicht, deren Material in die Risse eindrang, lagerte sich auf ihr ab. Auf diese Weise bildeten die Risse erhabene Netzleisten auf der Sohlfläche der hangenden Schicht.

Steinsalzpseudomorphosen wurden vor Jahren im Kerntalgraben zwischen Thüngersheim und Erlabrunn gefunden. Sie waren dort in ähnlicher Weise aufgeschlossen, wie wir sie heute am roten Berg bei Gambach finden.

Steinsalzpseudomorphosen sind Küstenbildungen. Das Meer zog sich zeitweise zurück; es bildeten sich kleine Seen und Lachen, die allmählich eindampften und das im Wasser suspendierte Salz in der charakteristischen Würfelform ausschieden. Über diese Würfel bildete sich ein toniger Überzug, der nach Auslaugung des Salzes durch das überflutende Meer zurückblieb.

Die interessanteste Schicht im oberen Buntsandstein ist eine ca. 50 cm mächtige, aus grünlichweissen plattigen Steinen mit kieseligem Bindemittel und grünlichem Schiefer bestehende Bank. Auf ihrer Liegendfläche finden wir Rippelmarken, Netzleisten, Steinsalzpseudomorphosen und die Fusspuren eines, in seinem Bau und Habitus unbekanntes fünfzehigen Labyrinthodonten des *Chirotherium Barthii*.

<sup>1)</sup> W. Dienemann: Das oberhessische Buntsandsteingebiet (Inaugural-Dissertation Marburg 1914).

Ursprünglich hatte man die fünfzehigen Spuren für den Abdruck eines Sohlengängers gehalten, bis *Voigt*<sup>1)</sup> nachwies, dass die opponierbare Zehe der handförmigen Extremität nur einem Klettertier angehören könnte. Eine umfassende Beschreibung der *Chirotherienplatten* gibt *J. G. Bornemann*. Auf den von ihm bei Harras aufgefundenen Platten zeigen sich neben den Fusspuren des *Chirotherium Barthii* auch noch Spuren von Krustern, vegetabilischen Resten, Gastropoden des unteren Wellenkalkes, (*Turbo*, *Pleurotomaria*, *Dentalium*), Rhizokorallien ähnliche Gebilde, ferner Abdrücke von zweifüssigen Tieren und Reptilien. Auch *v. Sandberger*<sup>2)</sup> hat im *Chirotheriensandstein* am roten Berg bei Gambach neben den Fusspuren des *Chirotherium Barthii* zahlreiche andere Gebilde gefunden, die er als „vielgestaltige Konkretionen“ anspricht. Aus diesen Funden erkennt *Bornemann* in der *Chirotherienbank* eine Küstenfacies; er nimmt an, dass die vom Meer an den Strand geworfenen pflanzlichen und tierischen Überreste den Landtieren zur Nahrung dienten. Die Küste wurde trocken gelegt, Flugsand füllte die Fussstapfen aus und darüber bildeten sich dann die Absätze des zurückkommenden Meeres. So schloss man aus der Ablagerung der *Chirotherienbank* auf die Ausdehnung der Küsten des Triasmeeres. Diesen Anschauungen ist *J. Walther* entgegengetreten. Er weist nach, dass die *Chirotherienfährten* nicht stets eine Küstenbildung zu sein brauchen, dass sie sich vielmehr bei günstigen Bedingungen auch weit hinein in die Wüste erstrecken können: „Wenn ein heftiger Regen weithin die Wüste übergossen hat, dann können Tiere, die, dem Wassermangel weniger angepasst, am Rande der Wüste leben, ihre Jagdzüge weit in das Wüstenland ausdehnen, und überall ist zugleich die Möglichkeit geboten für die Erhaltung ihrer Fährten. So kommen die Fährten von *Chirotherien* im deutschen Buntsandstein in einer so weiten horizontalen und so geringen vertikalen Verbreitung vor, dass man einen bestimmten *Chirotherienhorizont* hat ausscheiden können.“

Die Ausscheidung eines bestimmten *Chirotheriumhorizontes* ist jedoch nicht leicht; denn auch in anderen Schichten wurden Fusspuren gefunden. So beschreibt *v. Sandberger* einen Fund im roten glimmerigen Sandstein bei Erlabrunn.

In unserem Gebiete finden wir zwei der *Chirotherienbank* ähnliche Schichten, eine obere, die wir als Grenzschieht gegen den Röt haben

<sup>1)</sup> *Voigt*: N. Jahrb. f. Min. 1836, S. 166.

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Die Gliederung der Würzburger Trias und ihrer Äquivalente. (Würzburg 1866.)

und eine untere, die unter den Steinsalzpseudomorphosen abgelagert ist. Nicht überall sind Fusspuren zu finden; sie sind eben nur dort erhalten, wo lehmige Bestandteile und feine Sande eine Tonkruste gebildet haben.

In unserem Gebiete ist die Chirotherienbank, wie bereits oben erwähnt, ein grobkörniger, weisser oder hellroter Sandstein, der auf den Schichtflächen mit grünen Letten überzogen ist. Da v. Sandberger am roten Berg bei Gambach in der gleichen Bank einwandfrei Fusspuren von *Chirotherium Barthii* gefunden hat, so dürfen wir annehmen, dass die im Steinbruch Schloss bei Thüngersheim, in einem Steinbruch am alten Friedhof bei Thüngersheim und im Kerntalgraben anstehende, grünlich-weiße Sandsteinbank mit der Gambacher Schicht identisch ist. Im Maintalgraben bei Erlabrunn konnte ich sie nicht mit Bestimmtheit feststellen. An allen diesen Orten ist unter der Chirotherienbank der Plattensandstein abgelagert.

Der Buntsandstein bei Erlabrunn, Thüngersheim, Ober- und Unterleinach ist als ein, durch die bereits beschriebenen tektonischen Verhältnisse geschaffener isolierter Aufbruch des nordöstlichen Ausläufers des Buntsandsteins des Odenwaldes zu betrachten. Er hängt mit der vom Taubertal weit nach Norden vordringenden, im Wüstenzell-Rossbrunner Tälchen und im Werngrunde bei Thüngen nochmals aufgeschlossenen Buntsandsteinmasse zusammen.

In dem bearbeiteten Gebiete fand ich nur die oberen Schichten vertreten, also: den Röt und den Plattensandstein.

Beide Schichten sind durch die Chirotherienbank getrennt.

Nach einem allgemeinen Profil folgen unter der Grenzschicht gegen den Wellenkalk, dem Ockerkalk:

Dünngeschichtete Schiefertone mit <i>Estheria</i> und <i>Lingula</i>	3,00 m
Dünnplattige Schiefertone . . . . .	2,00 m
Rote Letten mit Sandsteinbänkchen und Dolomitdrusen	37,00 m
Weisser Sandstein mit <i>Chirotherium</i> spuren . . . . .	1,70 m
Roter Sandstein mit Sandsteinbänkchen und Steinsalz-	
pseudomorphosen . . . . .	15,00 m
Weisser Sandstein mit <i>Chirotherium</i> spuren . . . . .	2,00 m
Voltziensandstein . . . . .	3,00 m
Wellenplatten . . . . .	0,38 m
Grobkörnige Sandsteine mit Dolomitknollen und Carneol	4,00 m

Der Plattensandstein ist hauptsächlich bei Thüngersheim aufgeschlossen. Ein grosser Bruch befindet sich nordöstlich von Thüngersheim am Fusse des Halsberges; ein zweiter östlich des Thüngersheimer

Friedhofes. Auf der linken Mainseite gehört die Basis des Volkenberges und die bis zum Steingraben verlaufende Anhöhe ebenfalls dem Plattensandstein an. Ein grosser Aufschluss befindet sich westlich von Thüngerheim im Schloss. Ältere Aufschlüsse finden wir im Kerntalgraben und im Maintalgraben nördlich von Erlabrunn; auch zwischen Ober- und Unterleinach am Fusse des Meindels ist ein älterer Steinbruch aufgeschlossen.

In den grossen Brüchen am Fusse des Halsberges (Prof. 5) (185 m)



Nr. 3. Aufschluss im oberen Buntsandstein nordöstl. v. Thüngerheim.  
X Chirotherienbank.

sehen wir, von Schwemmlöss, Mainsanden und diluvialen Konglomeraten überlagert, den Röt nur schwach ausgebildet, er ist hier abgeschwemmt. Bild Nr. 3.) Zu oberst liegen:

Schwemmlöss, Gerölle, Sand und Konglomerate, ca.	3,00 m
Dann folgen:	
Rote Letten	0,60 m
Grüne, glimmerhaltige Letten, Röt	0,10 m
Grünlich-weisser glimmerreicher Sandstein nach O. auskeilend (Chirotherienbank)	0,30–0,40 m

10 dünne, sehr glimmerreiche (Biotit und Muskowit)

Platten, zusammen . . . . . 0,70 m

4 Bänke feinkörniger, glimmerhaltiger roter Sandsteine 2,40 m

An anderen Stellen ist der Plattensandstein weiter aufgeschlossen, so z. B. in einem Bruch, östlich des Friedhofes von Thüngersheim (Prof. 4) 186 m. Dort liegen:

Mainsande . . . . . (unbest.)

Rote Letten mit abwechselnden grünen Schnüren . . 1,70 m

Mehrere dünnplattige Sandsteinbänkchen zusammen . 0,50 m

Rote Letten . . . . . 0,70 m

Geschlossene Sandsteinbank . . . . . 0,37 m

Rote und grüne Letten in wechselnder Lagerung . . 1,60 m

Geschlossene Sandsteinbank . . . . . 1,70 m

Rote und grüne Letten wechsellagernd . . . . . 0,90 m

Geschlossene, feinkörnige, rote Sandsteinbank . . . 2,41 m

Dünnplattige, rote Sandsteinbank . . . . . 0,55 m

Rote Letten . . . . . 0,04 m

Rote Sandsteinbank (grobes Korn) . . . . . 1,25 m

Im Steinbruch Schloss, westlich von Thüngersheim (Prof. 3.) fand ich neben Rippelmarken und Netzleisten zwischen den Fugen der Bänke schön ausgebildete Kalkspatkristalle, die dadurch entstanden sind, dass der, im Bindemittel des Sandsteins vorhandene kohlenauere Kalk ausgelaugt wurde und sich in den Fugen als Kalkspat absetzte. Das aufgenommene Profil hat mit dem eingangs erwähnten, allgemeinen Profil eine grosse Ähnlichkeit. Ich fand:

Rote Letten und Röttone . . . . . (unbest.)

Feste Bank mit Rippelmarken und grünen Letten überzogen (Chirotherienbank?) . . . . . 0,35 m

Geschlossene Bänke roten, glimmerhaltigen Sandsteins in verschiedener Mächtigkeit und rote Letten in abwechselnder Lagerung zus. ca. . . . . 13,00 m

Feste Bank roten Sandsteins mit grünen Schnüren . . 0,28 m

Dünnschieferige Platten mit grünen Schnüren . . . 0,20 m

Grüner, weisser Sandstein (mit Chirotherienspuren?) . 0,37 m

Rote Tone mit Konkretionen . . . . . 0,82 m

Geschlossene rote Sandsteinbank . . . . . 1,45 m

Rote Letten und Tone . . . . . 0,90 m

Grüner Sandstein mit rötlichen Schnüren . . . . . 0,10 m

Dünnschiefrige glimmerreiche Bank mit Rippelmarken 1,50 m

Geschlossene rote Sandsteinbank . . . . . 1,10 m

Dünnschiefrige Platten roten Sandsteins . . . . .	1,30 m
Feste geschlossene Bank roten Sandsteins (grob. Korn)	1,65 m
Dünnschiefriges, sehr glimmerreiches Bänkchen . . . . .	0,15 m
Zwei feste glimmerreiche Sandsteinbänke (grob. Korn)	3,30 m

Der Kerntalgraben wird von der Bevölkerung fälschlicher Weise als Steingraben bezeichnet, obwohl der eigentliche Steingraben auf der linken Mainseite dem Dietal gegenüberliegt. Auch *Zelger*<sup>1)</sup> gebraucht die Bezeichnung Steingraben und erwähnt dort ein Profil des Röt. Das von ihm beschriebene Profil ist jetzt vollständig verschüttet; am Ausgang des Grabens ist der Plattensandstein aufgeschlossen; auf 209 m fand ich auf der linken Seite eine dünnplattige, meergrüne ca. 0,40 m mächtige Bank, die mit den obersten Lagen im Steinbruch Schloss identisch sein dürfte. Über dieser Bank folgen weiter oben im Graben Rötletten und Rötquarzit. Die von *Zelger* beschriebenen ca. 33 cm mächtigen dünnplattigen, glimmerreichen, meergrünen Mergelschiefer mit Steinsalzpsedomorphosen fand ich nicht, es wäre aber möglich, dass er damit die, von mir als Chirotherienbank bezeichnete Schicht gemeint hätte. *v. Sandberger*<sup>2)</sup> beschreibt ein Profil in einem kleinen Steinbruch, westlich von Erlabrunn. Es liegt dort:

Grobes Diluvialgerölle . . . . .	(unbest.)
Grüner Sandstein, in der obersten Bank mit zahllosen Steinsalzeindrücken bis 0,01 Durchm. . . . .	0,38 m
Bunter Schieferton . . . . .	0,60 m
Roter Sandstein mit dünnen Platten . . . . .	0,44 m
Quarziger Sandstein . . . . .	0,30 m
Roter Schieferton . . . . .	0,20 m
Harter, roter Sandstein . . . . .	0,75 m

Dieser Steinbruch kann nach meiner Meinung nur einer der nunmehr verschütteten Aufschlüsse im Maintalgraben nordwestlich von Erlabrunn sein. Ich fand dort links an der Strasse einen Abbau im Röt (Prof. 1) und im Tale einen Bruch im Plattensandstein. Zwei verschüttete Aufschlüsse liegen am Berg rechts der Strasse.

Die Schichten des Plattensandsteins sind fossilarm. *v. Sandberger*<sup>3)</sup> erwähnt an Fossilien im Voltziensandstein:

<sup>1)</sup> *K. Zelger*: Geognostische Wanderungen im Gebiete der Trias Frankens (Würzburg 1865).

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Die Gliederung der Würzburger Trias und ihre Äquivalente S. 133 (Würzburg 1866).

<sup>3)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)



- Equisetum Mougeoti Brongn. sp. (s)<sup>1)</sup>  
 Chelepteris Voltzii Schimp. Moug. sp. (ss)<sup>2)</sup>  
 Voltzia heterophylla Brogn. (s)  
 Halicyne sp. (ss)

im Chirotheriumsandstein:

Fusspuren des Chirotherium Barthii Kaupp (hh)<sup>3)</sup>.

Die obersten Lagen des Plattensandsteins eignen sich, weil sie, ihres Glimmergehaltes wegen, schiefrig sind, weniger als Baumaterial. In den unteren Schichten sind jedoch ganz brauchbare Werkbänke. Die meisten Bauten der Dörfer Erlabrunn und Thüngersheim sind aus diesem Material errichtet. Die zum Bauen unbrauchbaren Steine werden zum Beschottern der Strassen gebraucht oder, wie es z. Zt. am Steinbruch Schloss geschieht, zur Mainkorrektion flussabwärts verfrachtet.

### Der Röt.

Über der Chirotherienbank folgen in unserem Gebiete mächtige Ablagerungen von roten und grünlichgefärbten Tonen und Letten, die in ihren obersten Schichten nochmals Bänke eines sehr feinkörnigen, harten, glimmerreichen verschiedengefärbten Sandsteins, des sog. Röt-quarzites führen. Die nach Norden an Mächtigkeit zunehmenden Lettenschichten haben ihren Namen aus der Fuldaer Gegend<sup>4)</sup>; dort wurden die roten Tone zuerst als „Röt“ bezeichnet. *Gutberlet* übernahm dann später diesen Namen für die Wissenschaft.

In der Landschaft ist der Röt, der wegen seiner leichten Verwitterung sanfte, wellenförmige Halden unterhalb der steilen Wellenkalkgehänge bildet — am Volkenberg ist dies deutlich zu sehen — ohne weiteres an seiner roten Farbe zu erkennen. Seine Letten und Tone verwittern, ihrer schlechten Schichtung wegen, unregelmässig, bröckelig; sie zerfallen sehr leicht. In den Ablagerungen im Kuchenloch bei Thüngersheim und am hohen Weg zum Hirschberg fand ich Calcitdrusen mit schönen Kristallen, darunter auch tutenmergelartige, flachplattige Konkretionen, die, wie die Calcitknollen auf den früheren Gipsgehalt zurückgeführt werden. An anderen Aufschlüssen wie z. B. im Maintal bei Erlabrunn ist in den oberen Partien der Gips in dünnen Schnüren ausgeschieden. Funde von Steinsalz pseudomorphosen im

<sup>1)</sup> s = selten

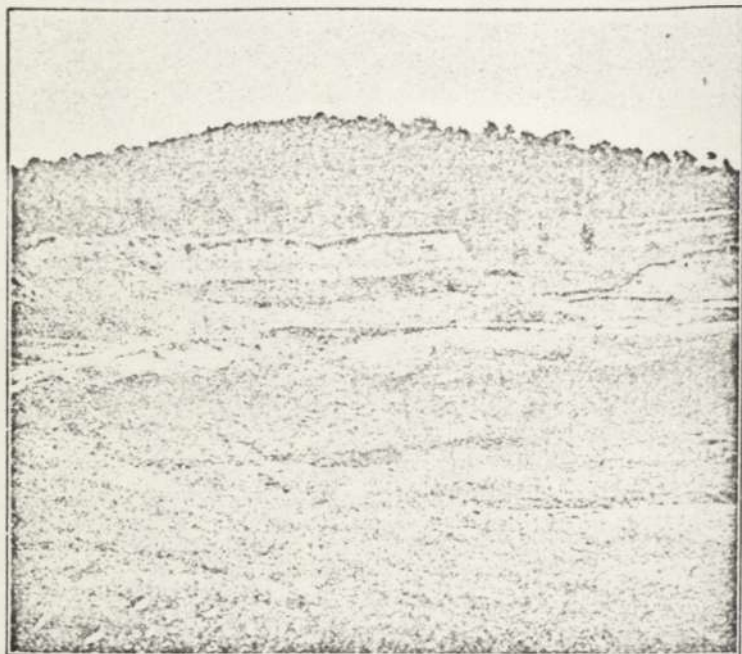
<sup>2)</sup> ss = sehr selten

<sup>3)</sup> hh = sehr häufig

<sup>4)</sup> *A. Hilger* und *F. Nies*: Mitteilungen aus dem chem. Laboratorium (Würzburg 1873).

„Steingraben“ bespricht *K. Zelger*<sup>1)</sup>. Steinsalzlager, wie sie *Frantzen*<sup>2)</sup> für den Röt bei Arnshall und Arnstadt beschreibt, kommen in unserem Röthorizont nicht vor.

Die Mächtigkeit des Röt ist sehr schwankend. An manchen Stellen fand ich eine Mächtigkeit von 30–60 m (am Kerntal); an einigen Stellen sind die Letten fast ganz weggeschwemmt, so z. B. fand ich in einem Steinbruch am Fusse des Halsberges die Rötletten



Nr. 4. Rötaufschluss im Kuchenloch.

als 70 cm mächtige Schicht über der Chirotherienbank. Hier, wie im grössten Teile des Thüngersheimer Kessels sind Schwemmlöss, Main- sande und Konglomerate an ihre Stelle getreten. Den schönsten Aufschluss für den oberen Röt fand ich im Kuchenloch, südöstlich von Thüngersheim, rechts der Strasse nach Güntersleben (Bild Nr. 4). Dort sind die Rötletten in drei Terrassen in einer Gesamtmächtigkeit von ca. 16 m abgelagert. Ein gutes Profil ist auch am hohen Weg

<sup>1)</sup> *K. Zelger*: Geognostische Wanderungen im Gebiet der Trias Frankens (Würzburg 1865).

<sup>2)</sup> *W. Frantzen*: Mittheilungen über die Aufnahme des Blattes Treffert. (N. Jahrb. 1897.)

zum Hirschberg (Prof. 2). Der mittlere Röt ist im Maintalgraben nordwestlich von Erlabrunn, links am Wege aufgeschlossen (Prof. 1); auch links und rechts der Strasse von Thüngersheim nach Retzstadt, kurz vor dem Kalkofen und im Leinacher Tal finden sich einige Aufschlüsse.

Im Maintalgraben (Prof. 1.) lagern:

Rote und grüne Letten . . . . .	(unbest.)
Ein kleines Bänkchen violetten Sandsteins . . . . .	0,30 m
Rote Letten mit Gipsschnüren . . . . .	0,40 m
Ein Bänkchen violetten Sandsteins . . . . .	0,03 m
Rote Letten . . . . .	0,40 m
Eine Bank violetten Sandsteins . . . . .	0,60 m
Letten mit abwechselnder Lagerung von roten, grünen und violetten Schmitzen . . . . .	1,10 m
Sehr harter, violetter Sandstein mit tonigen Einlagerungen	0,45 m
Rote und violette Letten . . . . .	0,20 m
Meergrüner Sandstein und meergrüne Letten . . . . .	0,38 m
Rote Letten . . . . .	(unbest.)

Ein Profil im oberen Röt am hohen Weg zum Hirschberg (Prof. 2) setzt sich zusammen aus:

Einer Bank feinverkitteter Sande und grobe Konglomerate zus. ca. . . . .	1,50 m
Diluvialen Geröllen . . . . .	5,50 m
Ockerkalk (198 m) ca. . . . .	3,00 m
Gelben Tonen . . . . .	0,25 m
Grünen Letten . . . . .	0,40 m
Roten Letten . . . . .	5,50 m
Dünnen Platten grünen Sandsteins mit Dendriten und rötlichen Einsprengungen . . . . .	0,25 m
Roten und grünen Letten. . . . .	0,12 m
Einem Bänkchen grünen dendritischen Sandsteins . . . . .	0,06 m
Roten und grünen Letten . . . . .	0,15 m
Grünen geschiefertten Letten . . . . .	0,22 m
Grünen Sandsteinbänkchen . . . . .	0,04 m
Grünen Letten . . . . .	0,68 m
Violetten Letten . . . . .	0,90 m
Roten Letten, sehr glimmerhaltig und mit grünen Bändern besetzt (mit zahlreichen Calcitdrusen) . . . . .	(unbest.)

Im Kerntalgraben liegen über der Chirotherienbank (209 m) Rötletten; etwa 12 m höher findet sich an der Sohle des Grabens

eine ca. 40 cm mächtige quarzitische Bank; 9 m höher folgt eine glimmerreiche, meergrüne Sandsteinbank dendritischen Charakters. Darüber liegen (ca. 11 m mächtig) Röttone. Nun folgt, an der linken und rechten Seite des Grabens anstehend, eine ca. 5 m mächtige Lage verschiedengefärbter Sandsteine, zum Teil quarzitischen Charakters. Zu unterst liegt:

Eine grüne glimmerreiche Sandsteinbank mit Dendriten.

Dann folgen:

Eine Bank groben Sandsteins mit grünen Zwischenlagen und tonigen Einsprenglingen in ebenfalls dendritischer Ausbildung.

Eine kleine Bank grau-violetten, glimmerreichen Sandsteins mit tonigen Einlagerungen und deutlicher Schichtung.

Eine mächtigere violette quarzitische Bank.

Eine violette Sandsteinbank mit grünen Schnüren, tonigen Einsprenglingen und deutlicher Schichtung.

Eine violette, gleichfalls geschichtete Bank.

Eine dunkelrote, quarzitische Bank.

Eine blaugraue, sehr harte, quarzitische Bank.

Rötletten.

Ockerkalke.

Die gleichen Bänke fand ich im Maintalgraben bei Erlabrunn links am Wege zum Volkenberg, kurz vor der Wegkreuzung.

Zelger beschreibt ein Profil des Röt im „Steingraben“:

Ockerkalke . . . . . 0,42 m

Roter Tonmergel . . . . . 1,20 m

Grüne dendritische Mergelbank . . . . . 1,80 m

Roter Mergel ungeschichtet . . . . . 2,80—3,00 m

Meergrüne, fast dolomitische Mergelbank mit Dendriten

(*Esth. minuta*, *Myoph. vulgaris*, *Lingula tenuissima* . . . . . 5,50 m

(Keilt am Friedhof Erlabrunn aus)

Rote und grüne Letten in Wechsellagerung mit Sandsteinbänken zus. . . . . 0,60 m

Dünnplattiger, glimmerreicher, meergrüner Mergelschiefer mit Pseudomorphen ca. . . . . 0,38 m

Auch über die Entstehung des Röt gingen die Ansichten der Autoren auseinander; in neuester Zeit lässt man meist die Erklärung *J. G. Bornemanns*<sup>1)</sup> gelten. Er fasst, wie bereits erwähnt, den Röt als eine Shelfbildung auf. Feine Sande wurden vom Winde über die Küsten

<sup>1)</sup> *J. G. Bornemann*: Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias. (Jena 1889.)

hinweg auf das Meer hinausgetragen; sie versanken dort und bildeten mit dem triasischen Schlamm einen Ton, der durch den nachfolgenden Gesteinsdruck der später aufgelagerten Triassschichten schiefrig wurde.

Die Fauna des Röt ist der des unteren Wellenkalks sehr ähnlich. So beschreibt *v. Sandberger*<sup>1)</sup> eine im oberen Röt vorkommende 0,03 m mächtige, grüne Sandsteinbank bei Erlabrunn und Thüngersheim ca. 8 m unter den Ockerkalken. Er fand in ihr zahlreiche Exemplare von *Myophoria vulgaris* Schloth. mit einer, seltener mit zwei Rippen. In höheren Schichten ca. 3 m unter den Ockerkalken fand *Zelger*<sup>2)</sup> in einer grünen Sandsteinbank eine reichere Fauna, so zahlreiche Exemplare von *Estheria minuta*, *Myoph. vulg.* Schloth., *Lingula tenuissima*. Ich fand in einem Röt-aufschluss am Westabhang des Himmelsberges, südlich von Oberleinach unter den Ockerkalken in einer ähnlichen grünen, dendritischen Sandsteinbank einige Exemplare von *Myophoria vulgaris* und *Estheria minuta*. *v. Sandberger*<sup>3)</sup> beschreibt noch folgende Fossilien:

4) † *Estheria Alberti* Voltzii (Erl. und Th.)

*Estheria Germari* Beyr. (Erl.)<sup>5)</sup>

*Holopella* sp. (Th.)

*Panopea Althausii* Alb. (Erl.)

† *Myophoria vulgaris* Schloth. sp. hh. (Erl. u. Th.)

*Myoph. laevigata* Alb. var. *cardissoides*. (Erl. u. Th.)

*Myoph. costata* Zenk sp. (Erl.)

*Lingula tenuissima* (Erl.)

*Monotis Alberti* Goldf. s. (Erl.)

*Gervillia mytiloides* Schloth. h.

*Gervillia costata* Schloth. h.

*Nucula elliptica* Goldf. s.

*Corbula dubia* Münster. h.

*Pleuromya Althausii* sp. ss.

*Holopea* sp. ss. (Th.)

Ganoidschuppen (Erl.)

<sup>1)</sup> *F. v. Sandberger*: Die Gliederung der Würzburger Trias und ihre Äquivalente. (Würzburg 1866.)

<sup>2)</sup> *K. Zelger*: Geognostische Wanderungen im Gebiet der Trias Frankens (1865).

<sup>3)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)

<sup>4)</sup> Die mit einem † bezeichneten Stücke befinden sich in der paläontologischen Sammlung des geologisch-mineralogischen Instituts der Universität.

<sup>5)</sup> Erl. = Erlabrunn. Th. = Thüngersheim. V. = Veitshöchheim. M. = Margetshöchheim.

## Der Rötboden.

Der Rötboden ist in Verbindung mit dem Kalkschutt eine sehr fruchtbare Ackerkrume, die für den Weinbau der Thüngersheimer Gegend eine wichtige Rolle spielt. Die Rötletten sind reich an Kali und Phosphorsäure. Man nimmt an, dass die Phosphorsäure bei der Verwitterung der kristallinen Gesteine aus dem Apatit entstanden ist; das Kali ist ein Residuum der Feldspatzersetzung.

Nach einer Analyse von *Hilger*<sup>1)</sup> bestehen die Rötletten aus:

Glühverlust . . . . .	1,246 %
In Salzsäure löslich . . . . .	9,044 %
Kohlensaurer Kalk . . . . .	4,821 %
Kohlensaure Magnesia . . . . .	0,021 %
Eisenoxyd und Manganoxyd . . . . .	1,726 %
Kieselsäure, löslich . . . . .	0,024 %
Phosphorsäure ( $H_3PO_4$ ) . . . . .	0,561 %
Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ) . . . . .	0,014 %
Kali . . . . .	0,416 %
Natron . . . . .	Spur
In Salzsäure unlöslich: . . . . .	91,956 %
Kieselsäure . . . . .	82,761 %
Kalk . . . . .	0,016 %
Magnesia . . . . .	1,246 %
Tonerde . . . . .	4,165 %
Eisenoxydul und Manganoxydul . . . . .	1,246 %
Kali . . . . .	2,461 %
Natron . . . . .	0,061 %

Eine zweite Rötprobe, 3—4 m unter der ersten entnommen, ergab nur 0,416 %  $H_3PO_4$  und einen Gesamtgehalt von 2,214 % Kali neben 3,561 % kohlensauren Kalkes.

Demnach ist der Phosphorsäuregehalt des oberen Röt grösser als der des unteren Röt. Ebenso verhält es sich mit dem Gehalt an Kali. Die Rötletten werden aus den Aufschlüssen in die Weinberge gebracht und dort als Aufschüttungsmaterial verwendet.

Auch im Hinblick auf die Wasserversorgung ist der Röt wichtig. Er bildet in dem Gebiete den Quellhorizont. Das Wasser sickert durch die Schichten des Wellenkalkes; an den undurchlässigen Rötletten wird es festgehalten und zu Tage gebracht. Solche Schicht-

<sup>1)</sup> A. *Hilger* und F. *Nies*: Über den Röt Unterfrankens und sein Bezug zum Weinbau. (Mitteilungen aus dem chem. Laboratorium (Würzburg 1873).

quellen trocken in regenarmen Jahren sehr häufig aus, so dass die Wasserversorgung der dortigen Gemeinden in heissen Sommern oft sehr erschwert ist. Zu diesen Quellen gehören:

Eine Quelle im Neuenberggraben, eine weitere am Südabhang des Honigherges, eine andere am Fusse des Dietalberges; eine Quelle im Gries bei Zellingen; zwei Quellen im Leinacher Tal am Südwestabhang des Volkenberges und eine am Ausgang des Bellerstals. Die Quellen der Erlabrunner Wasserleitung im Loch, westlich von Erlabrunn, sind ebenfalls Schichtquellen.

### Der Muschelkalk.

Während der Ablagerung des Muschelkalkes finden wir mannigfache Oszillationen des Meeresbodens, die abwechselnd Transgressionen und Regressionen des Triasmeeres hervorriefen. Über diese Ereignisse klärt uns der paläontologische und der petrographische Charakter der abgelagerten Schichten auf. Neben einer Reihe von zahlreichen kleineren Schwankungen können wir drei grosse Hauptphasen feststellen, deren Ablagerungen sich deutlich voneinander unterscheiden.

Der Wellenkalk weist auf eine grosse Meerestransgression hin, die die Wüsten und Steppen des Buntsandsteines in ihrer grössten Ausdehnung überflutete.

Die Anhydritgruppe zeigt uns eine Hebung des Meeresbodens. Das dadurch entstandene Zurückweichen des Meeres verursachte die Abschnürung einzelner Meeresarme, die allmählich unter veränderten klimatischen Verhältnissen eindampften.

Der Hauptmuschelkalk belehrt uns in faunistischer Hinsicht, dass eine Senkung des Landes, die allmählich die Schranken zum grossen Weltmeer wieder beseitigte, eingetreten ist. Im Hauptmuschelkalk selbst können wir wieder kleinere Schwankungen des Meeresspiegels feststellen; es wechseln die Ablagerungen und Faunen eines tiefen mit denen eines seichteren Meeres.

In dem von mir bearbeiteten Gebiete sind alle drei Abteilungen vertreten. Während auf den rechtsmainischen Höhen der Hauptmuschelkalk ansteht, fehlt er linksmainisch infolge der eingangs erwähnten tektonischen Verhältnisse. Auf beiden Seiten des Maines abgelagert ist die mächtigste Schicht des Muschelkalkes,

### der Wellenkalk.

Er ist, wie alle Triaskalke ausnahmslos organischen Ursprungs und im Laufe der Zeit durch chemische und mechanische Einflüsse

umgebildet worden. Hilger<sup>1)</sup> gibt für den Wellenkalk bei Thüngerheim eine Analyse. Er fand:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	8,068 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,502 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,780 %
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	82,523 %
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	0,781 %
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,204 %
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	0,281 %
CaO . . . . .	0,490 %
K <sub>2</sub> O . . . . .	1,382 %
Na <sub>2</sub> O . . . . .	1,611 %
NaCl . . . . .	0,290 %
H <sub>2</sub> O . . . . .	2,100 %

Die Bezeichnung „Wellenkalk“ gilt besonders für die mittleren Schichten. An einer ganzen Reihe von schönen Profilen können wir den charakteristischen Aufbau dieser ca. 96 m mächtigen Ablagerung des penetrierenden Triasmeeres erkennen. Dünne, feste Kalkschichten mit eigenartiger, welliger Struktur wechseln mit ebenplattigen ab; in anderen Lagen finden wir wulstige Kalke, die wollsackähnliche Formen bilden und aus grösseren und kleineren Kalklinsen bestehen. In der oberen Region des Wellenkalkes zeigt sich bei einzelnen Bänken neben der Schichtung eine querverlaufende S-förmige Zerklüftung. In allen Schichten finden wir eigenartige, schlangenförmig gewundene Gebilde, die „Schlangenhülste“ genannt werden. Ihre Entstehung ist heute noch nicht völlig aufgeklärt; sie werden von manchen Autoren als Rhizokorallien bezeichnet und auf Organismen zurückgeführt oder als Kriechspuren gedeutet; andere wollen in ihnen — und diese Annahme ist die heute geltende — eine Druckerscheinung erkennen. Manche Schichten des Wellenkalkes wie z. B. die der Gastropodenbänke sind sehr unregelmässig abgelagert; sie wechseln in kurzer Entfernung ihre Mächtigkeit, keilen oft ganz aus und werden dann durch ein anderes Gestein ersetzt. Es kommt vor, dass eine Bank an einer Stelle sehr fossilreich ist, an anderen Orten fehlen die Fossilien ganz, je nachdem eben die Tiere günstige oder weniger günstige Existenzbedingungen vorfanden. Als gute Leitbänke im Wellenkalk konnte ich feststellen:

<sup>1)</sup> A. Hilger: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institute Erlangen 1889.)



### Im unteren Wellenkalk:

1. Die Ockerkalke als Grenzschiebt gegen den Röt (4—6 m). Sie keilen nach NO. aus.

1. Die Pseudokonglomeratbänke mit graublauen Kalkeinlagerungen in einer ockerig verwitterten Grundmasse. Die Einlagerungen sind mit feinen Bohrröhren durchzogen; in der Grundmasse sind zahlreiche Enkrinitenstielglieder.

3. Die Gastropodenbänke. Drei Bänken mit *Myophoria vulgaris*, *Dentalium torquatum* und anderen Gastropoden.

4. Die gelben Glimmerkalke, (ca. 17 m über dem Ockerkalk) ein gelblich verwitterter, eisenkarbonathaltiger, feinsandiger Kalk mit reichem Glimmergehalt. (*Beneckeia Buchi*, *Terebr. vulg.* *Lima striata*. *Pecten discites*, *Gervillia socialis*.)

5. Die Ecki-Oolithbank (ca. 18 m über den gelben Glimmerkalke). Zahllose Stielglieder von *Encrinus liliiformis*, ferner *Lima* und *Gervillia*, deren Schalen sphärosideritisch-calcitisch umgesetzt sind.

### Im mittleren Wellenkalk.

6. Die untere Terebratelbank ca. 14—16 m höher, meist gelbbraun gefärbt, glaukonithaltig, oolithisch ausgebildet mit grösseren, oft von Cölestin durchsetzten Hohlräumen. (*Terebr. vulg.* *Encr.*, *liliif.*)

7. Die obere Terebratelbank. Durch Wellenkalkplatten in wechselnder Mächtigkeit (1,80—2,00 m, oft auch noch mehr) von der unteren Terebratelbank getrennt, mit hellerer Färbung, meist kristallinisch und selten oolithischer Ausbildung. (*Terebr. vulg.*, *Spirif. hirsuta*, *Spirif. fragilis*, *Encr. liliif.*)

8. Die Spiriferinenbank 18—20 m über der oberen Terebratelbank; in wechselnder Mächtigkeit ausgebildet, oft glaukonitreich. (*Spirif. hirsuta*, *Pentacr. dubius*, *Encr. liliif.*)

### Im oberen Wellenkalk.

9. Die untere Schaumkalkbank 10 m höher; meist colithisch in wechselnder Mächtigkeit ausgebildet.

10. Die obere Schaumkalkbank. Von der unteren durch 5 m mächtige Mergelschichten getrennt, in wechselnder Mächtigkeit ausgebildet.

Die Basis des unteren Wellenkalkes bilden die ca. 4—6 m mächtigen Ockerkalke. Sie keilen nach Norden so stark aus, dass sie in der Rhön, an der neuen Waldstrasse zwischen Dammersfeld und Eierhauk nur noch eine Mächtigkeit von einigen Zentimetern aufweisen.

v. Sandberger<sup>1)</sup> fand an der Westseite des roten Berges bei Gambach den Ockerkalk noch 4,46 m stark ausgebildet und zwar erwähnt er als Einzelschichten: (von unten nach oben zu lesen)

Gelber, harter Dolomit mit Saurierknochen . . . . .	1,73 m
Gelblicher Mergel . . . . .	0,40 m
Graue Mergelbreccie . . . . .	0,40 m
Schwarzer Schieferton mit einer harten Zwischenlage voll Lingula . . . . .	1,20 m
Gelber dolomitischer Mergel . . . . .	0,35 m
Grüner Schieferton . . . . .	0,02 m
Grüner dolomitischer Mergel . . . . .	0,36 m

Der Ockerkalk wurde früher fälschlicherweise als Wellendolomit bezeichnet. A. Hilger<sup>2)</sup> gibt vom „Wellendolomit“ am Volkenberg eine Analyse, die zwar auf eine dolomitische Zusammensetzung schliessen lässt. Er fand:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	26,245 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	6,124 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	20,974 %
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	30,560 %
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	16,240 %
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,043 %
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,024 %

neben geringen Mengen von Kali und Phosphorsäure.

Nach J. Beckenkamp<sup>3)</sup> sind die Ockerkalke durch Verwitterung graublauer Kalkmassen entstanden. Diese Umwandlung wies er speziell an einer Pseudobreccienbank nach.

Fischer<sup>4)</sup> fand im „Wellendolomit“ am Volkenberg makroskopisch und mikroskopisch eine gelbbraune, feinkörnige Grundmasse, die von Eisenmangandendriten durchzogen ist. Selbst bei stärkster Vergrößerung konnte er keine Kristallisation beobachten. Bei starker Vergrößerung löste sich die Grundmasse des „Wellendolomits“ in Kalkspatkörnchen, die in einem, aus feinem, unlöslichem Toneisenoxidschlamm gebildeten Netz liegen, auf. In einer zweiten Probe des „Wellendolomits“ vom Bahnhof Erlabrunn fand er lentikuläre Ein-

<sup>1)</sup> F. v. Sandberger: Die Lagerung der Muschelkalk- und Lettenkohlengruppe n Unterfranken. (Würzburg 1893.)

<sup>2)</sup> A. Hilger: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen. 1889.)

<sup>3)</sup> J. Beckenkamp: Über die Bildung der Zellenkalke. (Würzburg 1907.)

<sup>4)</sup> H. Fischer: Beitrag zur Kenntnis der untertränkischen Triasgesteine. Inaugural-Dissertation. (Würzburg 1909.)

lagerungen eines graublauen Kalkes. Der Dünnschliff zeigte das gleiche mikroskopische Bild. Sowohl in der gelben Grundmasse, wie in den Einsprengungen graublauen Kalkes fanden sich Ausscheidungen von Brauneisen. Auf Grund dieser Ergebnisse fasst demnach auch Fischer jeden Einschluss als den letzten Rest einer ursprünglichen graublauen Grundmasse des „Wellendolomits“ auf. Bei der Diagenese des Gesteins wären die blauen Kerne übrig geblieben. Der Ockerkalk ist fossilarm.

v. Sandberger fand im Ockerkalk (Thüngersheim):

*Myophoria vulgaris* Schloth. sp. s.

*Myophoria cardissoides* Alberti s.

*Gerillia mytiloides* Schloth. sp. s.

*Lingula tenuissima* Bronn h.

*Estheria Albertii* Voltz sp. h.

Zähne von *Colobodus* sp. ss.

Wirbel, Rippe, Zahn von *Nothosaurus* sp. s.

Unmittelbar über dem Ockerkalk folgen die **Pseudokonglomerat- und Gastropodenbänke**.

Die Pseudokonglomeratbänke zeigen eine ockerig verwitterte Grundmasse mit graublauen und rotbraunen Einprenglingen. Die Bänke sind in verschiedener Mächtigkeit abgelagert. Ich fand sie gut aufgeschlossen am Nordfusse des Rabensberges im Lehmentalweg und zwar liegen dort drei konglomeratische Bänke in Wechsellagerung mit den Gastropodenschichten und über diesen nochmals eine 0,15 m mächtige Konglomeratbank ca. 6 m unter den Glimmerkalken. Die gleiche Bank in der gleichen Höhe fand ich in der Gemarkung „Nonne“ am Fusse des Altberges, nordöstlich von Thüngersheim. (Prof. Nr. 9.). Auch am Küsterberg, östlich von Oberleinach, fand ich neben zwei in der Region der Gastropodenbänke liegenden Pseudokonglomeratbänken eine dritte, konglomeratisch ausgebildete Bank, gleichfalls 6 m unter den Glimmerkalken. Die Pseudokonglomeratbänke sind ferner aufgeschlossen am Ostabhang des Volkenberges 6 m unter den Glimmerkalken, im hohen Weg zum Hirschberg (Prof. Nr. 2), an der Strasse von Thüngersheim nach Güntersleben (Prof. Nr. 10), im Mehlen, östlich von Thüngersheim, am Fischerberg (Honigberg), an der Strasse von Thüngersheim nach Retzstadt, unmittelbar oberhalb des Kalkofens und am Leinacher Pfad am Südostabhang des Geisberges, südlich von Erlabrunn.

Über die Entstehung dieser konglomeratisch ausgebildeten Bänke ist viel diskutiert worden. Man war lange im Zweifel, ob diese Ablagerung mit ihren breccienartigen Einschlüssen, reine konglomeratische Bänke seien. Auf den ersten Blick mag man sie wohl als solche ansehen. Die Ansichten von *Liebetrau*<sup>1)</sup>, *Bornemann*<sup>2)</sup>, *Frantzen*<sup>3)</sup>, *Wagner*<sup>4)</sup> und *Fischer*<sup>5)</sup> gehen weit auseinander. So nimmt z. B. *Wagner* an, dass das Gestein durch den Wellenschlag zerrissen und auf den Meeresboden abgesunken sei und dort wieder verkittet wurde. Die Pseudokonglomeratbänke seien demnach Küstenbildungen.

Ich glaube, dass die Pseudokonglomeratbänke auf eine ähnliche Weise, wie das, von *Beckenkamp*<sup>6)</sup> erwähnte, in den Orbikularismergeln eingelagerte, teilweise kristallinische Bänkchen entstanden ist. *Beckenkamp* beweist, dass die scheinbaren Konglomerate Reste der nichtkristallisierten Grundmasse sind. Wir haben demnach ähnliche Erscheinungen, wie bei der Entstehung der Ockerkalke. Von der zweiten Konglomeratbank von Erlabrunn gibt *Hilger* eine Analyse:

Er fand:	SiO <sub>2</sub> . . . . .	4,269 %
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2,272 %
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,102 %
	FeO . . . . .	0,570 %
	CaCO <sub>3</sub> . . . . .	87,021 %
	MgCO <sub>3</sub> . . . . .	1,106 %
	CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,473 %
	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	0,312 %
	CaO . . . . .	0,039 %
	K <sub>2</sub> O . . . . .	0,810 %
	Na <sub>2</sub> O . . . . .	1,595 %
	NaCl . . . . .	0,138 %
	H <sub>2</sub> O . . . . .	2,158 %

<sup>1)</sup> *E. Liebetrau*: Beiträge zur Kenntnis des unteren Muschelkalks bei Jena. (Zeitschr. der deutsch. geol. Ges. 41. Band, 1889.)

<sup>2)</sup> *J. Bornemann*: Beiträge zur Kenntnis des Muschelkalks, insbesondere der Schichtenfolge und der Gesteine des unteren Muschelkalks in Thüringen.

<sup>3)</sup> *W. Frantzen*: Untersuchungen über die Gliederung des unteren Muschelkalks in einem Teile von Thüringen und Hessen und über die Natur der Oolithkörner in diesen Gebirgsschichten. (Jahrb. der geol. preuss. Landesanstalt 1887.)

<sup>4)</sup> *R. Wagner*: Beitrag zur genaueren Kenntnis des Muschelkalks bei Jena. (Abh. der kgl. Preuss. geol. Landesanstalt, N. F., Heft 27. Berlin 1897.)

<sup>5)</sup> *H. Fischer*: Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine. Inaugural-Dissertation. (Würzburg 1909.)

<sup>6)</sup> *J. Beckenkamp*: Über die Bildung der Zellenkalke. (Sitzungsberichte der Phys. Med. Gesellschaft zu Würzburg 1907.)

An Versteinerungen sind die Pseudokonglomeratbänke und die darunter liegenden gradschiefrigen Mergeln ziemlich reich. *v. Sandberger*<sup>1)</sup> erwähnt:

†*Gervillia* (*Hoernesia*) *socialis* Schloth. sp. h. (Th.)

†*Myophoria* *cardissoides* v. *Alberti* s. (Th.)

†*Myophoria* *laevigata* Goldf. sp. hh. (Th.)

†*Pleuromya* *fassaenis* Wissm. sp. hh. (Th.)

*Ammodiscus* sp. s.

*Trochammina* sp. s.

*Nodosaria* sp. s.

*Dentalina* sp. s.

*Encrinus* sp. aff. *liliiformis* Schloth. sp. h.

†*Pentacrinus* *dubius* Goldf. hs. (Th.)

†*Cidaris* *grandaevus* Goldf. ss. (Th.)

*Ostrea* (*Terquemia*) *complicata* Goldf. s.

†*Hinnites* *comtus* Goldf. sp. ss.

†*Lima* *lineata* Schloth. sp. h. (Th.)

*Lima* *striata* Schloth. sp. ss.

†*Gervillia* *socialis* Schloth. sp. h. (Th.)

*Myalina* *vetusta* Goldf. sp. s.

†*Myophoria* *elegans* Dunker s. (Th.)

†*Dentalium* *torquatum* Schloth. sp. h. (E.)

*Holopea* sp. ss.

†*Ceratites* *Buchii* v. *Alberti* ss. (E.)

*Gyrolepis* *Albertii* Ag. ss.

### Die Gastropodenbänke.

*v. Sandberger* bezeichnet die Grenzschicht gegen den mittleren Wellenkalk, eine mit Gastropoden, darunter am häufigsten mit *Dentalium torquatum* und *Natica gregaria* Schloth. angefüllte aschgraue, wenig kristalline 0,06 m mächtige Kalksteinbank als Dentalienbank. Westlich von Würzburg bis Gelnhausen, nördlich bis Göttingen, ferner in der Rhön bis Hersfeld und in Thüringen ist diese Bank entwickelt. In den Alpen, in Schwaben, Baden und Württemberg fehlt sie. Es hat den Anschein, als ob diese Bank nach Süden auskeilt und nach Norden an Mächtigkeit zunimmt, denn *Wagner*<sup>2)</sup> mass für die Den-

<sup>1)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)

<sup>2)</sup> *W. Wagner*: Geologische Beschreibung der Umgebung von Fladungen vor der Rhön. (Jahrbuch der kgl. preuss. Landesanstalt. Band XXXIII Teil II.)

latienbank bei Fladungen in der Rhön 0,10 m. In allen Profilen ist nur diese eine Bank angegeben. Ich fand nun in einigen Aufschlüssen mehrere Gastropodenbänke, so z. B. am Nordfusse des Rabensberges im Lehmentalweg. Dort sind zwei Bänkchen mit *Dentalium torquatum* und vielen anderen Gastropoden abgelagert. Das erste Bänkchen liegt ca. 1,30 m über der, mit grossen Limen besetzten, ca. 0,20 m mächtigen, zweiten Pseudokonglomeratbank. Es keilt sehr rasch aus, ist 0,05 m dick und zeigt zahlreiche, ockerig verwitterte Schalenfragmente. Das zweite Bänkchen liegt ca. 1 m über der dritten Konglomeratbank. Es hat eine Mächtigkeit von 0,06 m, keilt rasch aus und erscheint nach einer kleinen Verwerfung wieder. An manchen Stellen zeigen sich kugelige Gebilde, die mit *Dentalium torquatum*, *Holopella* und anderen Gastropoden dicht besetzt sind. In einem Aufschluss in der Gemarkung „Nonne“, am Fusse des Altberges, nordöstlich von Thüngersheim fand ich drei Gastropodenbänke. Das unterste Bänkchen ist ca. 0,05 m mächtig und liegt, wie im Lehmentalweg, ca. 1,25 m über der zweiten Pseudokonglomeratbank; nach einer ca. 1 m mächtigen Schicht bröckeliger Wellenkalke fand ich ein zweites, 0,06 m mächtiges Bänkchen mit vielen Gastropoden. Es keilt sehr rasch aus. Nach einer weiteren, ca. 2,28 m mächtigen Schicht bröckeliger Kalke folgt noch ein kleines, 0,01—0,02 m dickes, rasch auskeilendes Bänkchen, das mit *Dentalium torquatum*, *Holopella*, anderen Gastropoden und zahllosen Stielgliedern von *Pentacrinus dubius* ausgefüllt ist. Ich fand ausserdem die Gastropodenbänke am Fischerberg (Honigberg) an der Strasse von Thüngersheim nach Retzstadt, ferner an der Strasse von Thüngersheim nach Güntersleben (Prof. 10), am Nordabhang des Hirschberges, im Neuenberggraben, am Aufstieg zum Volkenberg westlich von Erlabrunn, in der Gemarkung Feldbrunnen südlich von Oberleinach. Bruchstücke der Gastropodenbank fand ich an der Feldmühle bei Unterleinach.

*Fischer*<sup>1)</sup> glaubt in einem Stück der Gastropodenbänke vom Bahnhof Erlabrunn Negative von Cölestinkristallen gefunden zu haben. Er nimmt an, dass die Conchylenschalen in Cölestin umgewandelt wurden, das allmählich wieder auswitterte. Im Dünnschliff zeigen sich die Fossilien zerstört. An Stelle der Conchylenschalen ist metasomatisch Kalkspat getreten, der  $\text{FeCO}_3$  enthält. Durch die Verwitterung wurde Brauneisen ausgeschieden, das teilweise in Hämatit übergegangen ist.

<sup>1)</sup> H. Fischer: Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine Inaugural-Dissertation. (Würzburg 1909.)

Eine Analyse *Hilgers*<sup>1)</sup> gibt von der Dentalienbank von Erlabrunn folgende Zusammensetzung:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	1,721 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,735 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,927 %
FeO . . . . .	0,361 %
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	92,093 %
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	0,717 %
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,348 %
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	0,321 %
CaO . . . . .	0,019 %
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,901 %
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,682 %
NaCl . . . . .	0,145 %
H <sub>2</sub> O . . . . .	1,720 %

Was die Fauna dieser kleinen Bänke betrifft, so beschränkt sie sich nicht allein auf das Vorkommen von *Dentalium torquatum* und *Natica gregaria*, auch *Pleurotomaria Albertina*, *Holopella Haunesi* und *Gervillia socialis* kommt in Massen vor. *O. Reis*<sup>2)</sup> fand in einem Profil an der Dominikushöhe (Benediktushöhe?) in der Dentalienbank einen kleinen Ammonitenrest, „der sich am besten an *Ceratites antedens* anschliessen lässt.“ Auch *v. Sandberger*<sup>3)</sup> beschreibt in der Dentalienbank zwei *Ceratiten* und zwar den *Ceratites Buchii*, und den felteneren *Ceratites Strombecki*. Neben diesen fand *v. Sandberger* noch folgende Fossilien:

- Ammodiscus* sp. s.
- Trochammina* sp. s.
- Nodosaria* sp. s.
- Dentalina* sp. s.
- †*Encrinus* sp. h.
- †*Pentacrinus dubius* Goldf. s. (E. u. Th.)
- Cidaris grandaevus* Goldf. ss. (Th.)
- Pecten discites* Schloth. sp. s.
- Lima striata* Schloth. sp. s. (Th.)

<sup>1)</sup> *A. Hilger*: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen 1889.)

<sup>2)</sup> *O. Reis*: Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen unteren und mittleren Trias. (Geogn. Jahreshfte Jahrgang 22. 1909.)

<sup>3)</sup> *F. v. Sandberger* Die Gliederung der Würzburger Trias und ihre Äquivalente. (Würzburg 1866).

- †*Lima lineata* Schloth. sp. s. (E.)  
*Gervillia* (*Hoernesia*) *subglobosa* Credner s. (Th.)  
*Gervillia* (*Hoernesia*) *socialis* Schloth. sp. h. (Th. u. E.)  
*Gervillia mytiloides* Schloth. sp. s.  
*Nucula Goldfussii* v. *Alberti* s. (E. und Th.)  
*Nucula elliptica* Goldf. s.  
*Macrodon Beyrichii* v. *Stromb.* sp. ss.  
*Myophoria cardissoides* v. *Alberti* (E. u. Th.)  
*Myophoria aculeata* Hassencamp. s. (E. u. Th.)  
*Corbula dubia* v. *Münster* ss.<sup>1)</sup>  
*Dentalium torquatum* Schloth. sp. hh. (E. u. Th.)  
*Pleurotomaria Albertiana* v. *Zieten* sp. h. (E. u. Th.)  
*Natica gregaria* Schloth. sp. hh. (E. u. Th.)  
*Holopea gracilior* v. *Schaur.* sp. h. (E. u. Th.)  
*Ceratites Buchii* v. *Alberti* ss. (Th.)

In der Sammlung des Min.-geol. Instituts ist ausserdem noch ein Exemplar von *Myophoria elegans* Dunker s. (E.)

#### Die Glimmerkalke.

Ungefähr 6 m über der obersten Pseudokonglomeratbank und ca. 17 m über dem Ockerkalk liegen, besonders gut am Nordfusse des Rabensberges, am Küsterberg bei Oberleinach und am Ostabhang des Volkenberges oberhalb Erlabrunn aufgeschlossen, die Glimmerkalke.

Sie stellen eine ca. 30—40 cm mächtige, eisenkarbonathaltige Bank dar, die in ihrem Innern blaugraue, linsenförmige Einlagerungen aufweist, nach aussen aber gelbbraun verwittert. Sie gleicht in ihrer Farbe den Ockerkalken; nur der reiche Glimmergehalt und der auf der Oberfläche sichtbare feine Quarzsand unterscheidet sie von diesen. *O. Reis*<sup>2)</sup> fand diese Glimmerkalke, oder, wie er schreibt, die feinsandigen, glimmerführenden Kalke, an zwei Stellen des bearbeiteten Gebietes — am Küsterberg bei Oberleinach, an den südlich von Leinach befindlichen Höhen und an der Dominikus-(Benediktus)-Höhe bei Retzbach. Ferner fand er sie, mit einem Oolith verbunden, nur noch südwestlich von Karlstadt am Kleeberg bei Wiesenfeld. Nach seinen Beobachtungen fehlen die Glimmerkalke in der Gegend von Rothenfels, Waldzell, Karbach und Neubrunn. Bei Waldzell fand er in dem gleichen

<sup>1)</sup> Ein Exemplar mit Schale in der Sammlung des K. Oberbergamts in München.

<sup>2)</sup> *O. Reis*: Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen unteren und mittleren Trias. (Geogn. Jahreshfte. Jahrgang 22. 1909.)



Niveau an Stelle dieser Bank in einem Geschiebekalk eine hellgraue Schicht mit Dentalien und anderen Gastropoden, mit *Ceratites Buchii* und *Gervillia*. Nach Süden, nach der badischen Grenze zu, scheinen die Glimmerkalke auszuweichen; auch nach Norden scheinen sie sich zu verlieren, denn weder *Frantzen* noch *Wagner* erwähnt für Thüringen bzw. für die Rhön diese Bank. Es wäre wohl eine dankbare Aufgabe, an weiteren stratigraphischen Untersuchungen festzustellen, ob meine Vermutung, dass die Glimmerkalke nur auf eine ganz bestimmte Ausdehnung beschränkt sind, zutrifft. Ich habe bereits erwähnt, dass *O. Reis* die Glimmerkalke nur an zwei Stellen beobachtete. Ich fand sie jedoch in fast gleichbleibender Mächtigkeit noch am Ostabhang des Volkenberges, 6 m über einer Pseudokonglomeratbank, ferner im Neuenberggraben, am Nordfusse des Rabensberges und an der Strasse von Thüngersheim nach Retzstadt, oberhalb des Kalkofens gut aufgeschlossen. Bruchstücke fand ich bei der Feldmühle am Nordwestabhang des Wachtturmes und an der Strasse von Thüngersheim nach Güntersleben. In einem Profil des unteren Wellenkalkes in der Gemarkung Nonne, nordöstlich von Thüngersheim, sind die Glimmerkalke durch Weinberge überbaut.

Die Bank ist im allgemeinen fossilarm. *O. Reis* fand am Küsterberg bei Oberleinach und an der Dominikushöhe bei Retzbach ein Exemplar von *Beneckeia Buchii* und *Worthenia* sp.

Trotz meiner Bemühungen konnte ich ein zweites Exemplar dieses *Ceratiten* nicht finden. Dagegen fand ich *Pecten* sp., *Lima*, *Gervillia* und am Küsterberg und im Neuenberggraben *Terebratula* vulg. mit ockerig verwitterten Schalen.

#### Die Ecki-Oolithbank.

Ungefähr 18 m über den gelben Glimmerkalken findet sich eine dunkelbraune, meist ockerig verwitterte Kalkbank, die oberflächlich betrachtet, der *Terebratula*bank sehr ähnlich ist. Sie führt nicht selten dünnplattige, graublau gefärbte Geschiebe, die oft von kleinen Bohrröhren durchsetzt sind; der unter ihr abgelagerte Kalkmergel ist rot gefärbt und gleichfalls von Bohrröhren durchzogen, und zwar reichen diese bis an ihre Oberfläche. Dort münden sie entweder aus, oder sie sind vorher umgebogen.

Die oolithisch ausgebildete Bank ist ca. 30 cm mächtig, rostbraun gefärbt und zeigt massenhafte Anhäufungen von *Encrinurus*gliedern; ferner fand ich noch *Brachiopoden*fragmente (*Dielasma Ecki*). Die eigentliche oolithische Bank scheint nicht überall ausgebildet zu sein. Wohl aber treffen wir oft ihre Liegendschichten, die man leicht an ihrer

charakteristischen rötlichen Farbe und an den zahllosen Bohrröhren erkennt. *O. Reis*, der als erster die Ecki-Oolithbank in unserer Umgebung beschreibt, erwähnt diese Liegendschichten in einem Profil am Südabhang des Rabensberges<sup>1)</sup>. Die eigentliche oolithische Schicht ist hier nicht ausgebildet, dagegen fand *Reis* auf der Oberfläche der Liegendschichten massenhafte Anhäufungen von *Placunopsis ostracina*. Ausser diesem Vorkommen fand *Reis* die Ecki-Oolithbank am Nordfusse des Rabensberges und am Küsterberg bei Oberleinach. Ich traf die Ecki-Oolithbank abgelagert im Neuenberggraben (231 m), ihre Liegendschichten am Meindel (318 m), Bruchstücke fand ich am hohen Weg zum Hirschberg (224 m) und am Nordwestabhang des Wachtturms, oberhalb der Feldmühle. Ausgezeichnet aufgeschlossen ist sie am Dietalberg, nördlich von Thüngersheim (211 m), am Volkenberg bei Erlabrunn (288 m) im Erlabrunner Weg am Ostabhang des Pfaffenberges (251 m), am Königberg, links der Strasse nach Oberleinach (276 m), am Küsterberg (Prof. Nr. 8) und am Nordabhang des Meindels (303 m). Mit ihren Liegend- und Hangendschichten ist die oolithische Bank sehr gut ausgebildet im Sommereschel (247 m), links an der Strasse von Unterleinach nach Zellingen. Dort liegt die ca. 0,90 m mächtige, von der Strasse aus gut sichtbare Bank, in einem Weinberg aufgeschlossen. Sie besteht aus vier Lagen.

Zu unterst liegen Kalkmergel. Dann folgt:

Wellenkalk mit zahllosen Bohrröhren, die an der Oberfläche ausmünden. Dazwischen ist eine dunkelbraune oolithische Einlagerung mit zahlreichen Stielgliedern von *Encrinus*. Im Hangenden dieser Schicht fand ich Einsprengungen eines blauen Kalkes, die gleichfalls von Bohrröhren durchzogen, und nach meiner Meinung als Überreste der später umgewandelten Grundmasse aufzufassen sind (0,18 m).

Unmittelbar darüber liegt, ohne Übergang, jedoch durch ihre Strukturverschiedenheit auffallend, eine dunkelbraun gefärbte oolithische Bank mit zahlreichen Stielgliedern von *Encrinus* und Schalenfragmenten. Nach oben fand ich wieder Einsprengungen eines graublauen Kalkes (0,30 m).

Die nachfolgende Schicht zeigt zunächst noch eine oolithische Struktur (ca. 0,05 m).

Dann folgen zahlreiche Einlagerungen eines graublauen Kalkes, die wiederum mit vielen, nach der Oberfläche zu verlaufenden Bohrröhren

<sup>1)</sup> *O. Reis*: Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen unteren und mittleren Trias. (Geogn. Jahreshfte. Jahrgang 22. 1909.)

durchsetzt sind. Auch diese Schicht führt zahlreiche Stielglieder von *Encrinus* (0,12 m).

Dann folgt als Hangendes der Bank eine ca. 0,28 m mächtige, rostbraune Schicht mit einer, zunächst noch den Liegendschichten ähnlichen Struktur. Nach oben geht sie in dichte blaue Kalkeinsprenglinge über, die einen Hof von rostbrauner Farbe bilden. Auch noch im Hangenden fand ich, allerdings vereinzelt, Stielglieder von *Encrinus* unter häufiger auftretenden von Calcit ersetzten Schalenfragmenten (0,28 m). 18 m darüber ist an einer Wegkreuzung die untere Terebratelbank, und nach einer ca. 3 m mächtigen Zwischenschicht von Wellenkalk, die obere Terebratelbank abgelagert. 20 m über den Terebratelbänken folgt, hier noch ca. 0,14 m mächtig, die Spiriferinenbank.

Auch anderwärts scheint die oolithische Bank abgelagert zu sein. So beschreibt *W. Wagner*<sup>1)</sup> bei Fladungen in der Rhön eine Oolithbank ca. 32 m über den Ockerkalken, die zwar Exemplare von *Myophoria laevigata* zeigt, aber die *Terebratula Ecki* nicht führt. Etwa in gleicher Höhe über dem Ockerkalk fand *W. Frantzen*<sup>2)</sup> eine oolithische Bank mit der *Terebratula Ecki*, die anscheinend mit unserer Bank identisch ist. 20 m unter der unteren Terebratelbank beschreibt *K. A. Weber*<sup>3)</sup> bei Friedrichsroda eine 0,18 m mächtige oolithische, rostfleckige, sehr fossilreiche Kalkbank mit *Myophoria laevigata*, *Monotis Alberti*, *Turitella* und *Entalis torquata*.

Der mittlere Wellenkalk beginnt mit der Zone der Terebratelbänke.

### Die Terebratelbänke.

liegen ca. 14—16 m über der *Ecki*-Oolithbank. Sie sind, ihrer schweren Verwitterung wegen, überall gut erhalten, und dadurch brauchbare Leitbänke für unsere Gegend. Die Mächtigkeit der beiden Schichten wechselt sehr stark. So fand ich am Südabhang des Rabensberges die untere Terebratelbank in einer Mächtigkeit von 0,40 m, die obere in einer Mächtigkeit von 0,60 m ausgebildet. An der Benediktushöhe bei Retzbach beträgt die Mächtigkeit der unteren Terebratelbank 0,95 m,

<sup>1)</sup> *W. Wagner*: Geologische Beschreibung der Umgebung von Fladungen vor der Rhön. Jahrbuch der kgl. Preuss. Landesanstalt (Band XXX. Teil II. 1909.)

<sup>2)</sup> *W. Frantzen*: Untersuchungen über die Gliederung des unteren Muschelkalkes in einem Teile von Thüringen und Hessen und über die Natur der Oolithkörner in diesen Gebirgsschichten: (Jahrb. 1887 S. 1—93.)

<sup>3)</sup> *K. A. Weber*: Das Störungsgebiet am Nordrand des Thüringer Waldes zwischen Friedrichsroda und Georgental. (Inaugural-Dissertation. Greifswald 1913.)

die der oberen 0,35 m. Beide Bänke sind durch Wellenkalkmergel getrennt. Am Rabenberg mass ich für die Zwischenschichten 2 m; an der Benediktushöhe nur 1,80 m, während am Küsterberg und am Ostabhang des Volkenberges die dazwischenliegenden Wellenkalkmergel 5—6 m mächtig sind. Die Terebratelbänke sind nicht überall abgelagert. Sie fehlen bei Kassel, Braunschweig und Rüdersdorf, ferner in Baden und Württemberg. Bei Meiningen wurde eine dritte Terebratelbank aufgefunden, die aber anderwärts nicht beobachtet wurde.

Sowohl petrographisch, wie paläontologisch sind die beiden Terebratelbänke verschieden.

Die untere Terebratelbank besteht aus einem harten, klüftigen, blauen, oft oolithischen, durch die Verwitterung rostbraun gefärbten Kalk, der, wie auch *Frantzen*<sup>1)</sup> erwähnt, der unter ihr liegenden oolithischen Bank — gemeint sind die Ecki-Oolithe, — sehr ähnlich ist. Die untere Terebratelbank zeigt oft dunkelbraune bis rote Geschiebe, die mit Bohrröhren durchsetzt sind. Hie und da beobachten wir in ihr auch grössere, mit Kalksinter ausgefüllte Hohlräume.

Die obere Terebratelbank ist etwas heller gefärbt und häufig als Schalenlager ausgebildet. Die Schalen sind umkristallisiert und durch eisenspathaltiges Karbonat ersetzt.

*O. Reis*<sup>2)</sup> beschreibt im Innern der umkristallisierten Schalenhöhlungen, auf Kalkspat aufgewachsen, oder im Ersatzmaterial der Schalen selbst, das Vorkommen von Zinkblende, Malachit und Kupferkies. Ich fand in einem Stück der Terebratelbank am Meindel, auf Kalkspat aufgewachsen, Kupferkies; auch Glaukonit konnte ich an einigen Stellen, so im Neuenberggraben beobachten. Auch Cölestin wurde in der Region der Terebratelbänke gefunden. Ein schönes Stück befindet sich in der Sammlung des mineralogisch-geologischen Instituts.

Die Terebratelbank bei Erlabrunn wurde von *Hilger*<sup>3)</sup> chemisch untersucht. Er fand:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,934 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,865 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4,250 %
FeO . . . . .	0,591 %
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	87,373 %

<sup>1)</sup> *W. Frantzen*: Erläuterung zur geologischen Karte von Preussen und den Thüring. Staaten. Blatt Meiningen 1889 S. 25.

<sup>2)</sup> *O. Reis*: Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen unteren und mittleren Trias.

<sup>3)</sup> *A. Hilger*: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen 1889.)

MgCO <sub>3</sub> . . . . .	0,416 ‰
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,253 ‰
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	0,168 ‰
CaO . . . . .	0,058 ‰
MgO . . . . .	Spuren
Sr. . . . .	Spuren
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,202 ‰
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,703 ‰
NaCl . . . . .	0,126 ‰
H <sub>2</sub> O . . . . .	2,933 ‰

Der hohe Gehalt an CaCO<sub>3</sub> macht die Terebratelbank zur Kalkgewinnung brauchbar. Auf dem Honigberg, östlich von Thüngersheim werden die beiden Terebratelbänke zu diesem Zweck abgebaut. Ihr Material wird in einem, an der Retzstadter Strasse gelegenen Kalkofen verarbeitet.

Die Liegend- und Hangendschichten der Terebratelbänke bestehen aus dichten Lagen von Wellenkalk, in welchem sich dicke, fladige oder langgestreckte, schlangenförmige Einlagerungen finden. Die Schichten der Liegendregion sind oft wellenförmig gestaucht; solche Lagerungsdiskordanzen fand ich, besonders schön ausgebildet, in einem Steinbruch am Pfaffenberg bei Erlabrunn, an der Rabensburg und an der Benediktushöhe. Ungefähr 9 m oberhalb der Terebratelbank fand ich am Dietalberg eine ca. 20 cm mächtige Schicht blauen Kalkes mit ockerigen Füllungen, in denen die von v. Sandberger beschriebene Favositid. sp. massenhaft vorkommt.

Die Terebratelbänke gehören zu den fossilreichsten Schichten unserer Trias. Ausser den in beiden Bänken vorkommenden Terebrateln sah ich massenhaft Stielglieder von *Encrinus liliif.* und *Pentacrinus dubius*, ausserdem *Monotis Alberti*, *Pecten discites*, *Lima striata*, *Ostrea compl.*, *Spiriferina hirsuta* und *Spiriferina fragilis*. v. Sandberger beschreibt aus der Terebratelbank und der unter ihr liegenden Pelekypodenzone folgende Fossilien:

*Lima Beyrichii* Eck ss.

*Gervillia socialis* Schloth. sp. h.

*Ceratites* (*Beneckia*) *inflatus* Sandb. n. sp. aff. *tenuis* v. Seebach ss.

*Hybodus* sp.

†Favositid. sp. ss. (Von mir am Dietalberg gefunden.)<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> H. Fischer: (Beitrag zur Kenntnis der unterfränk. Triasgesteine. In: Diss. Wbg. 1909. 5. 13) eine bündelförmige Anordnung von Negativen ursprünglicher Cölestinkristalle, die nunmehr ausgewittert sind.

- †*Encrinus* sp. v. typ. d. liliiformis h.  
 †*Pentacrinus dubius* Goldf. h. (Von mir am Meindel gefunden.)  
 †*Cidaris grandaevus* Goldf. ss. (E.)  
 †*Spiriferina hirsuta* v. Alberti sp. h. (Th. u. E.)  
*Spiriferina fragilis* Schloth. sp. h.  
*Waldheimia angusta* Schloth. sp. var. *ostheimensis* Präscholdt h.  
*Terebratula vulgaris* Schloth. sp. var. *globosa* Sandberger hh.  
*Discina discoides* Schloth. sp. ss.  
*Placunopsis obliqua* Gieb. ss.  
*Ostrea* (*Terquemia*) *subanomia* Goldf. s. (T. E.)  
 †*Ostrea* (*Terquemia*) *complicata* Goldf. h. (M. u. E.)  
*Ostrea* (*Terquemia*) *difformis* Schloth. s.  
 †*Lima lineata* Schloth. sp. hh. (Th.)  
 †*Lima striata* Schloth. sp. h. (E.)  
 †*Lima costata* Goldf. s. (E.)  
 †*Hinnites comtus* Goldf. sp. s. (Th.)  
 †*Pecten discites* Schloth. sp. s. (E.)  
 †*Pecten laevigatus* Schloth. sp. s. (E.)  
 †*Monotis Albertii* Goldf. h. (Th.)  
 †*Myalina vetusta* Goldf. sp. h. (E. u. Th.)  
*Gervillia mytiloides* Schloth. sp. ss.  
 †*Gervillia costata* Schloth. sp. s. (E.)  
*Macrodon Beyrichii* v. Stromb. sp. ss.  
*Myophoria elegans* Dunker ss.  
*Myophoria laevigata* Goldf. sp. ss.  
*Myophoria cardissoides* v. Alberti ss.  
 †*Myophoria orbicularis* Bronn. ss. (E.)  
*Myophoria aculeata* Hassencamp ss.  
 †*Myoconcha gastrochaena* Dunk. sp. ss. (E.)  
*Myoconcha Thielai* v. Stromb. sp. ss.  
*Pleuromya fassaenis* Wissm. sp. ss.  
 †*Pleuromya Albertii* Voltz sp. ss. (E.)  
*Corbula dubia* v. Münster ss.  
*Dentalium torquatum* Schloth. sp. ss.  
*Pleurotomaria Albertiana* v. Zieten sp. ss.  
 †*Holopea obsoleta* Schloth. sp. ss. (Th.)  
*Holopea detrita* Goldf. sp. ss.  
*Nautilus bidorsatus* Schloth. sp. var. *dolomiticus* Quenst. ss.  
 †*Serpula socialis* Goldf. (ex. p.) ss. (Th.)  
*Hybodus minor* Ag. ss.

*Acrodus lateralis* Ag. ss.

*Nothosaurus* sp. s.

### Die Spiriferinenbank.

Über den Terebratelbänken folgt eine ca. 18—20 m mächtige Wellenkalkpartie, in deren tieferen Lagen sich fast überall schlangenvulstähnliche Gebilde vorfinden. In diesen Einlagerungen zeigen sich nicht selten Hohlräume von Kristallformen, die *v. Sandberger* für Gipskristalle, *Reis* jedoch für Cölestin-Pseudomorphosen hält. Über dieser typischen Wellenkalkmasse folgt eine, in ihrer Mächtigkeit sehr wechselnde Bank harten, blauen Kalkes, der ockerig verwittert und leicht zerfällt. Nicht selten besteht diese Bank aus einzelnen losen Platten. An ihrer Unterfläche ist sie manchmal konglomeratisch ausgebildet. So fand ich im Neuenberggraben, an der Wagenwand auf der Sohlfläche der Spiriferinenbank breccienartige Einsprenglinge eines rotgefärbten Kalkes. Im allgemeinen stellt sie eine Schalenbreccie mit wenig Bindemittel dar.

Auf der Sohlfläche dieser 10—14 m mächtigen Kalkbank finden wir massenhafte Anhäufungen einer Brachiopodenart, der *Spiriferina hirsuta* und ausserdem noch Stielglieder von *Encrinus liliif.* und *Pentacrinus dubius*. In ihren Hangendschichten ist die *Spiriferina hirsuta* nicht so häufig; dagegen ist das Vorkommen von *Lima striata* auf der Oberfläche der Bank sehr charakteristisch. *v. Sandberger* will auch *Nautilus bidorsatus* Schloth. und *Cidaris grandaeus* Goldf. gefunden haben. Die Schalen sind meistens umkristallisiert; die der *Spiriferina hirsuta* zeigen einen seidenartigen Glanz. An der Rabensburg fand ich in der Spiriferinenbank ein Exemplar *Lima striata*, deren Schalen ganz durch Cölestin ersetzt sind. Ein Dünnschliff von *Fischer*<sup>1)</sup> zeigt im dichten, blauen Kalk der Spiriferinenbank an der Rabensburg massenhaft Conchylischalen und Crinoidenstielglieder; alle Schalen sind durch Cölestin und Calcit ersetzt. Bei der Diagenese bilden sich auch Quarz- und Feldspatkristalle, die aber durch den massenhaft im Schlemmrückstand auftretenden Cölestin nicht sichtbar waren. Nach der Beseitigung des Cölestin bekam er ein brauchbares Präparat. Nach einer Analyse *Hilgers*<sup>2)</sup> von der

<sup>1)</sup> *Fischer*: Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine. (In.-Diss. Würzburg 1909.)

<sup>2)</sup> *A. Hilger*: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen 1889.)

Spiriferinenbank bei Erlabrunn kommt Cölestin als Ersatzmaterial der Schalen dort wenig in Betracht. Er fand:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	2,258 o/o
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,823 o/o
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,904 o/o
FeO . . . . .	— — —
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	91,283 o/o
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	0,653 o/o
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,433 o/o
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	0,292 o/o
CaO . . . . .	0,090 o/o
MgO . . . . .	— — —
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,733 o/o
Na <sub>2</sub> O . . . . .	1,131 o/o
NaCl . . . . .	0,187 o/o
H <sub>2</sub> O . . . . .	1,282 o/o

*Fischer* fand in der Spiriferinenbank von Erlabrunn auch Glaukonit, Pyrit und Zinkblende; ich fand sehr viel Glaukonit in der Spiriferinenbank an der Strasse von Thüngersheim nach Güntersleben. In unserem Gebiete ist die Spiriferinenbank überall, jedoch in verschiedener Mächtigkeit ausgebildet. An der Strasse von Thüngersheim nach Güntersleben ist sie 0,39 m stark; am Wachturm und Hausberg mass ich nur noch 0,10 m. Es hat den Anschein, als ob sie nach Norden und Westen auskeilen würde, während sie sich im Südwesten von Würzburg noch weiter fortsetzt. Im Norden finden wir die gleiche Bank nicht mehr, wenigstens nicht mehr in dem Horizont, wie in unserer Gegend. Weder *W. Wagner*<sup>1)</sup> noch *W. Frantzen*<sup>2)</sup> erwähnt für die Rhön, bzw. für Westfalen eine, der unseren ähnliche Bank mit *Spiriferina hirsuta*. Bei Meiningen fand *Frantzen* unter dünnen ca. 3 m über der Terebratelbank liegenden Petrefaktenbänken in der untersten Schicht die *Spiriferina hirsuta* mit der *Terebr. vulgaris*. Auch bei Jena fand *Frantzen* die *Spiriferina hirsuta* in den Macronobänken. *K. A. Weber*<sup>3)</sup> erwähnt bei drei Profilen, im Thüringer

<sup>1)</sup> *W. Wagner*: Geologische Beschreibung der Umgebung von Fladungen vor der Rhön. (Jahrbuch der kgl. preuss. geol. Landesanst. Bd. XXX. Teil II. 1909.)

<sup>2)</sup> *W. Frantzen*: Untersuchungen über die Gliederung des unteren Muschelkalks im nordöstlichen Westfalen und im südwestl. Hannover. (Jahrb. d. kgl. preuss. geol. Landesanst. 1888.)

<sup>3)</sup> *K. A. Weber*: Das Störungsgebiet am Nordrande des Thüringerwaldes zwischen Friedrichsroda und Georgental. (In.-Diss. Greisswald 1913.)



Wald bei Friedrichsroda eine Bank mit *Spiriferina hirsuta* 1,04, 0,93 und 1,09 m über der oberen Terebratelbank.

Bei Fladungen in der Rhön fand *W. Wagner*<sup>1)</sup> die von *Bücking* auf den Blättern Helmershausen und Oberkatz bereits erwähnte Spiriferinenbank. „Sie findet sich am sogenannten Kutschenweg des Strutberges, nördlich von Brüchs, etwa 6 m unter dem Terebratelkalk, als eine etwas konglomeratisch entwickelte Bank, die von *Spiriferina fragilis* und Crinoidengliedern erfüllt ist.“ Eine 0,3—0,6 m mächtige, unter der unteren Terebratelbank liegende Schicht mit *Spiriferina fragilis* beschreibt *W. Frantzen* bei Meiningen. Bei Sandebeck in Westfalen erwähnt *W. Frantzen* als Spiriferinenbank eine rostfarbige 10 cm mächtige 5,83 m unter der unteren Terebratelbank liegende Schicht mit *Spiriferina fragilis*. *v. Sandberger* fand in der Spiriferinenbank unserer Gegend neben der *Spiriferina hirsuta* auch die *Spiriferina fragilis*. Es wäre demnach möglich, dass die *Spiriferina hirsuta* im Norden nicht die gleichen günstigen Lebensbedingungen vorgefunden und dass sich die *Spiriferina fragilis* den dortigen Verhältnissen besser angepasst hätte. Andererseits ist es auch wahrscheinlich, dass, wie die Funde *K. A. Webers* und *Frantzens* bei Friedrichsroda, Jena und Meiningen beweisen, die *Spiriferina hirsuta* in tiefere Horizonte übergegangen wäre. In der Tat erwähnt auch *Frantzen* diese merkwürdige Erscheinung im Thüringer Wald; mehrere der wichtigsten Leitfossilien sind nach Norden und Westen hin in andere Horizonte übergegangen. „Am auffallendsten tritt dies bei der *Myophoria orbicularis* hervor, welche bei Meiningen die Hauptleitmuschel für die Zone  $\delta$  und die Orbicularisschichten ist und dort tiefer, nur als Seltenheit beobachtet wird, während sie nach Norden und Westen hin in immer tiefere Schichten abwärts steigt, so dass sie bei Osnabrück im ganzen oberen Wellenkalk eine der gemeinsten Muscheln ist.

Auch die für die Unterscheidung der Zone  $\gamma$  in Thüringen so wichtige *Terebratula vulgaris* behält ihr Lager in dieser Zone nicht bei, sondern geht jedenfalls in tiefere und auch in höhere Schichten über, aufwärts in die Zone  $\delta$ , abwärts mindestens bis in die Bank mit *Spiriferina fragilis*.“

Neben den, von mir bereits erwähnten Fossilien fand *v. Sandberger* in der Spiriferinenbank;

†*Thamnastrea silesiaca* Beyrich ss. (Th.)

<sup>1)</sup> *W. Wagner*: Geologische Beschreibung der Umgebung von Fladungen vor der Rhön. (Jahrbuch der kgl. preuss. Landesanst. Bd. XXX. Teil II. 1905.)

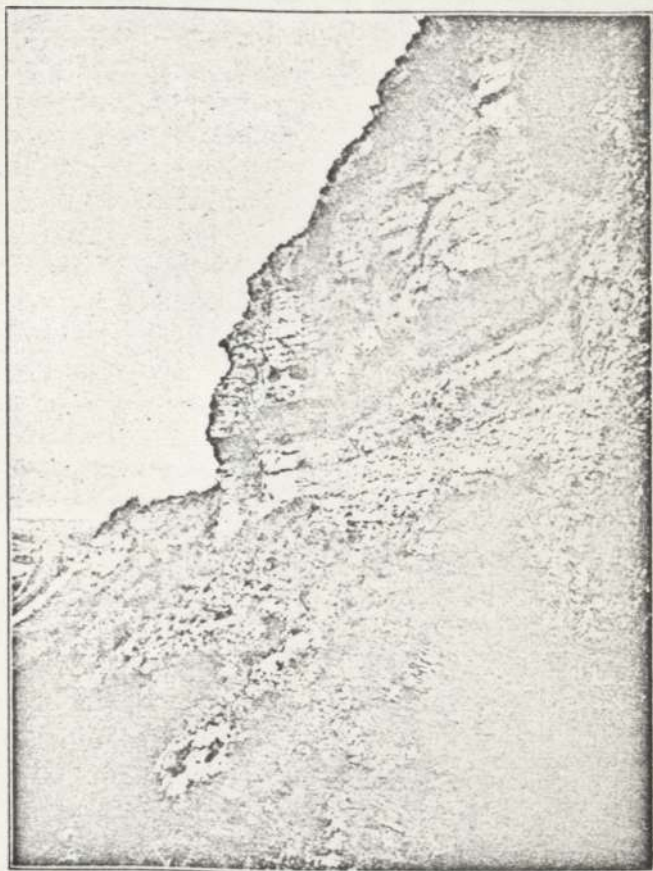
- †Hinnites comtus Golef. sp. ss. (E.)  
 †Holoepa Hehlii v. Zieten sp. ss. (V.)  
 †Holoepa sp. ss. (E.)  
 †Ceratites Buchii v. Alberti ss. (Th.)  
 †Hybodus plicatilis Ag. ss. (E.)  
 Trochammina sp. s.  
 Ammodiscus sp. s.  
 Nodosaria sp. s.  
 Dentalina sp. s.  
 Encrinus sp. h.  
 Pentacrinus dubius Goldf. h.  
 Spiriferina hirsuta v. Alberti sp. hh.  
 Spiriferina fragilis Schloth. sp. s.  
 Ostrea (Terquemia) complicata Goldf. s.  
 Ostrea (Terquemia) subanomia Goldf. s.  
 Pecten discites Schloth. sp. s.  
 Lima lineata sp. h.  
 Lima striata Schloth. sp. s.  
 Myalina vetusta Goldf. sp. ss.  
 Gervillia socialis Schloth. sp. s.  
 Pleuromya fassaensis Wissm. sp. s.  
 Pleurotomaria Albertiana v. Zieten sp. ss.  
 Nautilus bidorsatus Schloth. sp. ss.

Über der Spiriferinenbank folgen ca. 10 m mächtige, wulstige Kalke, in deren Liegendschichten ich an der Rabensburg eine ca. 10 cm mächtige, ockerige Kalkbank feststellte. Diese dünne Bank, die etwa 0,50 m über der Spiriferinenbank liegt und von zahlreichen, mit Calcit ausgefüllten Bohrröhren durchsetzt ist, konnte ich an anderen Stellen nicht wieder finden. Auf die wulstigen Kalke folgen

#### die beiden Schaumkalkbänke,

die von einer ca. 5 m mächtigen fossilarmen Schicht von dünnplattigen Kalken und Mergeln getrennt sind. Die Schaumkalkschichten verwittern sehr schwer und sind deshalb gute Leitbänke, die allenthalben simsartige Vorsprünge bilden. Sie zeigen oft eine starke Zerklüftung und zwar gehen die Spalten selten nur durch eine Bank. In vielen Fällen sind auch beide Bänke mit den dazwischen liegenden Wellenkalkpartien zerrissen. Die Klüfte bilden dann jene steilen Kamme, die wir an der Benediktushöhe bei Retzbach von der Strasse aus wahrnehmen können (siehe Bild Nr. 5).

Der Schaumkalk ist ein heller oder dunkelgrauer, oft auch brauner, poröser Kalk, der durch Auslaugen eines oolithischen Gesteines entstanden ist. Noch heute gehen die Ansichten über die Entstehung des Schaumkalkes auseinander; während ihn die einen Autoren für eine Tiefseebildung ansehen, vermuten andere in ihm eine Ablagerung



Nr. 5. Die Schaumkalkbänke bei Retzbach.

eines seichten Meeres. Nach den neuesten Forschungen *J. Walthers*<sup>1)</sup>, der recente Oolithlager an der Rhede von Sues und am Ausgang des Uadi-Deheese untersuchte, dürfte wohl feststehen, dass der Schaumkalk eine Strandbildung ist.

<sup>1)</sup> *J. Walther*: Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. (Leipzig 1912.)

Hilger<sup>1)</sup> gibt vom Schaumkalk\* (Steinbachsgrund bei Würzburg) folgende Analyse:

SiO <sub>2</sub>	1,137 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,564 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,988 %
CaCO <sub>3</sub>	81,594 %
MgCO <sub>3</sub>	6,980 %
CaSO <sub>4</sub>	2,424 %
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0,792 %
Sr	Spuren
K <sub>2</sub> O	1,064 %
Na <sub>2</sub> O	1,161 %
NaCl	0,092 %
H <sub>2</sub> O	1,014 %

Die Mächtigkeit der beiden Schaumkalkbänke ist sehr wechselnd. *v. Sandberger*<sup>2)</sup> beschreibt für die untere Schaumkalkbank bei Thüngersheim 1,52 m, für die obere 0,89 m; für den unteren Schaumkalk bei Karlstadt 0,59 m, für den oberen 1,26 m. Ich fand am Dietalberg den unteren Schaumkalk 1,53 m, den oberen 1,10 m mächtig entwickelt. Am Hausberg mass ich für die untere Schaumkalkbank 1,20 m, für die obere ca. 1,00 m (erste Absturzterrasse).

#### Die untere Schaumkalkbank.

Sie besteht nur in ihrer Mittelzone aus oolithischem Kalk, nach oben und nach unten geht sie in gewöhnlichen harten, blauen, fossilarmen Kalk über. Die Hohlräume der ausgelaugten Oolithe sind oft, so z. B. am Volkenberg, mit Calcit oder Cölestin ausgefüllt; auch für die Conchylienschalen kommt Cölestin oder Calcit als Ersatzmittel in Betracht. Auf der Oberfläche fand ich auf dem Kiliansberg, südwestlich von Unterleinach eine ca. 1 cm dicke Kalkschicht mit ausgeprägten Netzleisten. An der ersten Absturzterrasse am Hausberg fand ich in einem Steinbruch die untere Schaumkalkbank besonders gut aufgeschlossen. Sie wird dort von der oberen Schaumkalkbank und einer, ca. 5 m mächtigen Schicht dünnschiefriger Mergel mit *Lingula tenuissima* überlagert. Die gesamte Bank hat eine Mächtigkeit von insgesamt 1,20 m.

<sup>1)</sup> *A. Hilger*: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen 1889.)

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Die Gliederung der Würzburger Trias und ihre Äquivalente. (Würzburg 1866.)

Die Hangendschichten bestehen aus dichtem, blauen Kalk, der unten allmählich eine oolithische Struktur annimmt	0,40 m
Darunter folgt eine Schicht eines blauen Kalkes, der nach unten zu ockerig wird und zahlreiche Schalenfragmente und Dentalium torquatum aufweist. Die Unterlage besteht wieder aus dichtem, blauem Kalk . . . . .	0,35 m
Nun folgt ein rein oolithischer Kalk, der in drei Schichten abgelagert ist, zus. . . . .	0,35 m
Die Liegendschichten der Bank bestehen aus dichtem, blauem, fossilfreiem Kalk, der viele ockerige Füllungen und nicht selten auch Hohlräume zeigt . . . . .	0,10 m
Darauf folgen die Wellenkalkmergel.	

### Die obere Schaumkalkbank.

Die Hangendschichten sind meist oolithisch ausgebildet und zeigen massenhafte Anhäufungen von häufig durch Calcit ersetzten Schalenfragmenten. In der oberen Schaumkalkbank am Volkenberg fand ich geschiebeähnliche Einsprengungen eines blauen Kalkes und massenhafte Stielglieder von *Encrinus liliif.* Darauf folgt eine Ablagerung grauer Kalke; gegen die Mitte zu ist die Bank jedoch wieder oolithisch. Die Basis besteht wieder aus blauem Kalk. Am Altberg fand ich auf der Oberfläche der oberen Schaumkalkbank grosse Wellenfurchen, deren Kämme einen Abstand bis zu 40 cm haben. Eine ähnliche Ausbildung beobachtete ich auf dem Rotlaufberg, östlich von Thüngersheim.

Fast überall ist der Schaumkalk gut aufgeschlossen, doch ist es oft nur sehr schwer möglich, an den Steilhängen ein genaues Profil festzustellen. *v. Sandberger*<sup>1)</sup> hat ein Profil der Schaumkalkbänke bei Thüngersheim aufgenommen.

Er fand:

Mergel mit <i>Myophoria orbicularis</i> ca. . . . .	7,00 m
Harte blaue, in wellige Lagen geteilte Kalkbank mit vielen Myophorien, nach unten mit sackartigen Anhängen in die gelben Mergel eingreifend und von sehr ungleicher Mächtigkeit, im Mittel . . . . .	0,16 m
Gelbe dünnblättrige Mergel . . . . .	0,85 m
Zweite Schaumkalkbank, der ersten ganz ähnlich . . . . .	0,89 m
Aschgrauer, dünnblättriger, welliger Mergel mit einzelnen Petrefakten . . . . .	4,00 m

<sup>1)</sup> *F. v. Sandberger*: Beobachtungen in der Würzburger Trias. (Würzburg 1864.)

Untere braungraue Schaumkalkbank mit *Dentalium torquatum*, *Pecten Schmiederi* mit zahlreichen Styolithen, oben mit labyrinthisch gekrümmten Wülsten bedeckt 1,52 m

Ein gutes Profil fand ich am Dietalberg, östlich von Thüngersheim:

Orbicularismergel . . . . .	unbest.
Kalkbank, sehr stark ockerig, verwittert mit zahlreichen Schalenfragmenten, nach oben in bituminöse Schiefer übergehend . . . . .	0,12 m
Gelbgrauer Mergel . . . . .	2,90 m
Dichtes blaues Kalkbänkchen, der oberen Schaumkalkbank ähnlich (dritte Schaumkalkbank?) . . . . .	0,12 m
Gelbgrauer Mergel . . . . .	1,00 m
Oberer Schaumkalk . . . . .	1,10 m
Wellenkalkmergel . . . . .	4,80 m
Unterer Schaumkalk . . . . .	1,53 m
Wellenkalk . . . . .	10,00 m
Spiriferinenbank . . . . .	0,25 m
Bröckelige und wulstige Kalke . . . . .	ca. 11,00 m
Bank dichten, blauen Kalkes mit ockerigen Füllungen mit <i>Favositid. sp.</i> <sup>1)</sup> . . . . .	0,20 m
Wellenkalk . . . . .	ca. 9,00 m
Obere Terebratelbank.	

Das oberhalb der zweiten Schaumkalkbank vorkommende Bänkchen möchte ich als dritte Schaumkalkbank bezeichnen. Auch *v. Sandberger*<sup>2)</sup> beschreibt dieses Bänkchen bei Thüngersheim über einer 0,85 m mächtigen, gelben, dünnstiefriigen Mergelschicht als einen sehr harten Kalk, der nach unten mit sackartigen Anhängen in die Mergelschiefer eingreift. Die Mächtigkeit des Bänkchens beträgt bei Thüngersheim 0,16 m, bei Karlstadt 0,30 m. Es führt sehr schlecht erhaltene Exemplare von *Gervillia* und *Myophoria*. *Fischer*<sup>3)</sup> spricht diese Kalkbank für einen nicht oolithischen Schaumkalk an, der durch Auslaugung von Einschlüssen eine zellige Struktur angenommen hat. „Die Grundmasse ist isomer feinkörnig mit schlecht erhaltenen Foraminiferen und Muschelresten. Die vieleckigen Hohlräume sind noch teilweise von Calcit erfüllt. Die im Schlammrückstand sehr häufigen allothi-

<sup>1)</sup> Siehe Fussnote auf Seite 56.

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Die Gliederung der Würzburger Trias und ihre Äquivalente (Würzburg 1866).

<sup>3)</sup> *H. Fischer*: Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine. — (In.-Diss. Würzburg 1909).

genen Mineralien verraten sich im Schliff durch häufiges Vorkommen von Quarz und Muscovit.“ Typisch ausgebildet ist die dritte Schaumkalkbank bei Friedrichsroda i. Th. Dort fand sie *K. A. Weber*<sup>1)</sup> dicht unter den Orbicularismergeln. Er beschreibt sie als eine, weniger mächtige (0.13 m), harte, splitterige, dunkle, rostbraune, schaumige Kalkbank, die an ihrer Basis durch Einlagerung von gelbem Kalk ein konglomeratisches Gefüge bekommt. Auch er fand die gleichen Fossilien wie *v. Sandberger*, nämlich *Gervillia* Goldf. und *Myophoria orbicularis*. Damit ist jedoch noch kein Beweis gegeben, dass die von ihm gefundene Bank mit der von *v. Sandberger* und mir erwähnten identisch ist.

Die Region der Schaumkalke ist sehr fossilreich. Ich fand hauptsächlich:

*Gervillia costata*,

*Gervillia socialis*,

*Pecten laevigatus*,

*Encrinus liliif.*

*Myophoria orbicularis*,

*Dentalium torquatum*.

*v. Sandberger*<sup>2)</sup> erwähnt noch folgende Fossilien:

Spongitar. sp. ss.

*Pentacrinus dubius* Goldf. h.

†*Terebratula vulgaris* Schloth. sp. ss. (E.)

*Ostrea* (*Terquemia*) *complicata* Goldf. s.

γ*Ostrea* (*Terquemia*) *subanomia* Goldf. s. (E.)

†*Pecten discites* Schloth. sp. hh. (E.)

*Lima lineata* Schloth. sp. ss. (E.)

†*Gervillia costata* Schloth. sp. hh. (E.)

†*Gervillia mytiloides* Schloth. sp. s. (E.)

†*Gervillia subglobosa* Credner ss. (E.)

†*Macrodon Beyrichii* v. Stromb. sp. ss. (E.)

†*Leda Schlotheimensis* Picard. sp. ss. (E.)

†*Nucula Goldfussii* v. Alberti ss. (E.)

†*Myophoria aculeata* Hassencamp ss. (E.)

*Myophoria* sp. aff. *Goldfussii* ss.

†*Myophoria elegans* Dunker s. (E.)

<sup>1)</sup> *K. A. Weber*: Das Störungsgebiet am Nordrand des Thüringer-Waldes zwischen Friedrichsroda und Georgental. (In.-Diss. Greifswald 1913.)

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)

- †*Myophoria vulgaris* Schloth. sp. var. ss. (E.)  
 †*Myophoria cardissoides* v. Alberti hh. (E.)  
 †*Myophoria ovata* Goldf. ss. (E.)  
 †*Astarte triasina* F. Roem. ss. (E.)  
 †*Myoconcha Thielai* v. Stromb. sp. s. (E.)  
*Myoconcha gastrochaena* Dunk. sp. ss.  
 †*Tellinopsis edentula* Gieb. sp. ss. (E.)  
 †*Euomphalus exiguus* Phil. s. (E.)  
 †*Pleurotomaria Albertiana* v. Zieten sp. h. (E.)  
 †*Natica oolithica* Zenker ss. (E.)  
 † *Natica Gaillardoti* Lefroy ss. (E.)  
 †*Holopea scalata* Schloth. sp. s. (E.)  
 †*Holopea obsoleta* Schloth. sp. s. (E.)  
*Holopea oblita* Giebel sp. s.  
*Holopea* sp. s.  
 †*Macrochilus Kneri* Giebel sp. s. (E.)  
*Gyrolepis Albertii* Ag. ss.  
*Saurichthys apicalis* Ag. ss.  
*Nothosaurus* sp. ss. (Th.)

Der poröse Schaumkalk, der an und für sich wasserdurchlässig ist, zeigt, wie eingangs erwähnt, zahlreiche Zerklüftungen, die die Aufnahme des Wassers noch erleichtern. Es sammelt sich auf den undurchlässigen Mergellagern und tritt hauptsächlich unter der unteren Schaumkalkbank zutage. Die Schaumkalkregion ist deshalb ein nicht unwichtiger Quellhorizont.

Auch als Baumaterial wird der Schaumkalk, der in unserem Gebiete überall zu finden ist, sehr geschätzt. Er verwittert sehr schwer und schützt dadurch die unter ihm liegenden Schichten vor der Erosion. So beobachten wir überall gute Profile des Wellenkalkes. Erwähnenswert ist das Profil am Nordfusse des Rabensberges im Lehmentalweg, an der Rabensburg, am Küsterberg bei Oberleinach, an der Strasse von Thüngersheim nach Güntersleben und in der Gemarkung Nonne, nordöstlich von Thüngersheim.

Das Profil am Nordfusse des Rabensberges ist von einigen kleineren, unbedeutenden Störungen durchsetzt. Es liegen zu oberst:

Die beiden Schaumkalkbänke, durch eine 4,80 m dicke Schicht Wellenkalkmergel getrennt.

Die Spiriferinenbank ist überbaut.

30 m tiefer folgen die Terebratelbänke, mit zahlreichen Stielgliedern von *Encrinus liliiformis*.



20 m tiefer finden wir Bruchstücke der Ecki-Oolithbank.	
13 m darunter liegen die Glimmerkalke, die aus drei Schichten bestehen . . . . .	zus. 0,30 m
Dann folgen:	
Wellenkalke in wechselnder Mächtigkeit abgelagert. Sie zeigen auf der Unterfläche Aushöhlungen . . . . .	6,00 m
Eine konglomeratische, aus zwei Platten bestehende Bank mit ockerigen Einschlüssen . . . . .	0,15 m
Bröckeliger Wellenkalk mit Lagerungsdiskordanzen . . . . .	1,20 m
Ein Gastropodenbänkchen, das rasch auskeilt und nach einer kleinen Verwerfung wieder erscheint. Manchmal ist es in Knollen, die massenhafte Anhäufungen von <i>Dentalium torquatum</i> und anderen Gastropoden zeigen, susgebildet . . . . .	0,05 m
Bröckelige Wellenkalke . . . . .	1,00 m
Eine konglomeratische Bank mit Einsprengungen eines rot gefärbten Kalkes. Sie führt <i>Monotis Alberti</i> , <i>Encrinus liliif.</i> und <i>Terebratula vulgaris</i> , deren Schalen ockerig verwittert sind . . . . .	0,10 m
Dünnschieferiger Mergel . . . . .	1,00 m
Bröckelige Wellenkalke . . . . .	1,40 m
Ein rasch auskeilendes, stark ockerig verwittertes Gastropodenbänkchen mit Anhäufungen ockerig ersetzter Schalenfragmente und <i>Dentalium torquatum</i> . . . . .	0,05 m
Bröckeliger Wellenkalk mit einigen dünnen Kalkbänken wechsellagernd . . . . .	1,30 m
Eine konglomeratische Bank mit ockerigen Einsprengungen. Sie führt <i>Encrinus liliif.</i> und zeigt auf der Oberfläche grosse Limen . . . . .	0,20 m
Dünnschieferige Mergel . . . . .	1,80 m
Eine konglomeratische Bank . . . . .	0,10 m
Wellenkalk in dünnen Platten ausgebildet, teils geschiefert	1,30 m
Gelbe Mergelschiefer . . . . .	0,70 m
Ockerige Kalkbank . . . . .	0,10 m
Gelbe Mergelkalke . . . . .	0,10 m
Festes Kalkbänkchen mit ockerigen Füllungen . . . . .	0,05 m
Dichtes blaues Kalkbänkchen mit ockerig-ausgefüllten Bohrröhren . . . . .	0,05 m
Gelbe Kalke . . . . .	unbest.

An dem terrassenförmigen Aufschluss an der Rabensburg habe ich, soweit es möglich war, mit Messband und Zollstab ein vollständiges Profil aufgenommen.<sup>1)</sup>

Zu oberst liegen die Mergel der Anhydritgruppe.

Dann folgen:

Orbicularismergel (stark geschleppt, an einer von NW. nach SO. streichenden Verwerfung aufgeschlossen). . . . . unbest.

Oberer Schaumkalk (vor der Ruine fast ganz abgebaut, hinter der Ruine anstehend) . . . . . 0,70 m

Wellenkalkmergel . . . . . ca. 5,00 m

Unterer Schaumkalk (mit Encr. liliif.) . . . . . 0,35 m

Wulstige Kalke . . . . . 9,00 m

Ockerige Kalkbank mit Bohrröhren, die mit Calcit angefüllt sind (keilt rasch aus) . . . . . ca. 0,10 m

Wulstige Kalke . . . . . 0,50 m

Spiriferinenbank mit Spirif. hirs., Encr. liliif., Pentacr. dub., Terebr. vulg. mit ockerig verwitterten Schalen, *Lima striata*, deren Schalen durch *Cölestin* ersetzt sind.

Die Oberfläche der Bank ist oft wulstig ausgebildet und mit *Lima striata* und ausgewitterten *Encrinurus*- und *Pentacrinus*stielgliedern besetzt . . . . . 0,08—0,10 m

Gestauchte bröckelige Kalke in wechselnder Lagerung mit einigen dichten Bänken (manche Lagen sind schiefrig entwickelt.) . . . . . 20,00 m

Obere Terebratelbank mit ockerig verwitterten Schalen der *Terebr. vulg.*, ferner *Sp. hirsuta*, *Gervillia socialis*, *Pecten discites*, in mehreren Platten ausgebildet, . . . . . zus. 0,30 m

Bröckeliger Wellenkalk . . . . . 1,80—2,00 m

Untere Terebratelbank, ebenfalls in mehreren Platten entwickelt . . . . . zus. 0,40 m

Bröckelige Kalke . . . . . 2,00 m

Dichtes Kalkbänkchen mit ockerigen Schalenfragmenten, dessen Oberfläche stark verwittert . . . . . 0,05 m

Bröckelige Wellenkalke mit vielen Diskordanzen . . . . . 3,70 m

<sup>1)</sup> Vergl. v. Sandberger: Verh. d. Phys.-Med. Ges. z. Würzburg. NF. XXVI. S. 187. O. Reis: Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen, in der fränkischen unteren und mittleren Trias. (Geogr. Jahreshfte. Jahrgang 22. 1909.)

## II. Abbau-Terrasse.

Bröckelige Kalke mit vielen Lagerungs-Diskordanzen ca.	11,50 m
Wellenkalke, an der Liegendfläche gestaucht.	1,00 m
Dünnes, dichtes kristallinisches Kalkbänkchen, dessen Ober- und Unterfläche ockerig verwittert. Es keilt nach Westen aus	0,03 m
Bröckeliges, zerfallenes Bänkchen	0,10 m
Bröckelige Kalke	0,25 m
Dichtere Kalkbank mit Bohrröhren, die ockerig ausgefüllt sind	0,25 m
Bröckelige Kalke mit ockerigen Füllungen	0,21 m
Aschgraue Mergel	0,03 m
Dichtes Kalkbänkchen, dessen Ober- und Unterfläche ockerig verwittert. (Keilt nach beiden Seiten rasch aus)	0,02 m
Aschgraue Mergel	0,10 m
Kleines Kalkbänkchen, dessen Ober- und Unterfläche ockerig verwittert	0,02 m
Aschgraue Mergel	0,05 m
Bröckelige Kalke	0,25 m
Geschieferte Mergel	ca. 2,00 m

## III. Abbau-Terrasse.

Kalkbank mit ockerigen Füllungen und Bohrröhren	0,20 m
Wellenkalk, in Platten abgelagert, mit ockerigen Füllungen	0,53 m
Mergelschiefer	0,15 m
Dichte, blaue Kalkbank mit Rhizokorallen, die durch Cölestin ersetzt sind	0,15 m
Schiefrige Mergel	0,75 m
Bröckeliger Kalk	0,15 m
Mergel	0,10 m
Schiefrige Kalke mit ockerigen Füllungen	0,20 m
Bröckeliger Kalk	0,28 m
Bröckeliger Kalk mit ockerigen Bohrröhren	0,15 m
Zwei bröckelige Kalkbänkchen	zus. 0,20 m
Schiefrige Mergel	0,71 m
Festes Kalkbänkchen, dessen Liegend- und Hangend-schichten sandig verwittern	0,02—0,05 m
Dünne Mergellagen	0,03 m

Bröckelige Kalke mit abwechselnd dünn- schiefrigen Platten . . . . .	0,70 m
Kalkbank, deren Hangenschichten rotbraun gefärbt und von Bohrröhren durchsetzt sind, die teils nach der Oberfläche zu ausmünden oder vorher rechtwinkelig umgebogen sind. Ich fand auf der Oberfläche dieser Bank <i>Lima striata</i> . <i>O. Reis</i> beschreibt ein ganzes Pflaster von <i>Placunopsis ostracina</i> . Die Bank scheint mit den im Neuenberggraben, am Sommereschel und auf dem Meindel gefundenen Liegendschichten der Ecki-Oolithe identisch zu sein . . . . .	ca. 0,35 m
Dünne und dickplattige, wellige Kalke mit zahlreichen Lagerungsdiskordanzen . . . . .	3,70 m
An dem, bereits von <i>O. Reis</i> beschriebenen Profil am Küster- berg bei Oberleinach sind abgelagert:	
Unterer Schaumkalk	
Wulstige Kalke . . . . .	10,00 m
Spiriferinenbank . . . . .	0,15 m
Gestauchte, bröckelige Kalke mit dünnplattigen Schich- ten wechsellagernd . . . . .	17,00 m
Obere Terebratelbank . . . . .	0,40 m
Wellenkalk . . . . .	4,70 m
Untere Terebratelbank . . . . .	0,80 m
Bröckelige Wellenkalk . . . . .	ca. 14,00 m
Ecki-Oolithbank . . . . .	0,30 m
Wellenkalk und hellgraue, schiefrige Kalkmergel . . . . .	14,00 m
Gelbe Glimmerkalke . . . . .	0,40 m
Bröckeliger Wellenkalk . . . . .	6,00 m
Feste Bank mit ockerigen Füllungen . . . . .	0,18 m
Bröckeliger Wellenkalk (verschüttet) . . . . .	ca. 5,00 m
Konglomeratische Bank mit <i>Lima striata</i> und <i>Encr.</i> <i>liliif.</i> . . . . .	0,18 m
Grobklotziger Kalk . . . . .	1,10 m
Dünnschiefrige Mergel . . . . .	1,20 m
Konglomeratisches, ockerig verwitterndes Bänkchen . . . . .	0,10 m
Wellenkalk . . . . .	0,25 m
Festes Kalkbänkchen . . . . .	0,03 m
Dünnplattige Mergel . . . . .	0,20 m
Festes Kalkbänkchen . . . . .	0,03 m
Gelbe Mergelschiefer . . . . .	0,70 m

Feste, ockerige Kalkbank . . . . .	0,12 m
Gelbe Mergel . . . . .	0,03 m
Feste Kalkbank . . . . .	0,15 m
Wellenkalk mit Mergeln in Wechsellagerung . . . . .	1,00 m
Ockerkalke, nach unten zelligen Charakter annehmend	1,00 m
Fossilarme, glimmerreiche, graue Mergelschiefer . . . . .	unbest.

Es scheint noch eine Schicht Ockerkalke zu folgen. Auch am Volkenberg bei Erlabrunn fand ich den Ockerkalk in zwei Schichten abgelagert.

In der Gemarkung Nonne am Dietalberg bei Thüngersheim ist nur der untere Wellenkalk aufgeschlossen. Die Glimmersande sind von Weinbergen überbaut. Es folgen:

Wellenkalk in dünneren und dickeren Bänken wechsel- lagernd . . . . .	6,00 m
Konglomeratische Bank . . . . .	0,20 m
Bröckeliger Wellenkalk . . . . .	1,20 m
Dicke, simsartig vorspringende Bank bröckeligen Wellen- kalkes . . . . .	0,40 m
Mergel . . . . .	0,10 m
Dünnes Kalkbänkchen mit massenhaften Anhäufungen von <i>Encr. liliif.</i> , <i>Pentacr. dub.</i> , <i>Dentalium torquatum</i> und vielen anderen Gastropoden (rasch auskeilend) . . . . .	0,01 m
Bröckeliger Wellenkalk mit <i>Myoph. vulg.</i> . . . . .	ca. 1,00 m
Kalkbank mit ausgenagter Unterfläche und vielen Bohr- röhren, die ockerig ersetzt sind . . . . .	0,08 m
Wellenkalk . . . . .	1,20 m
Gastropodenbänkchen rasch auskeilend . . . . .	0,06 m
Bröckeliger Wellenkalk . . . . .	1,00 m
Gastropodenbänkchen, linsenförmig eingelagert . . . . .	0,05 m
Bröckeliger Wellenkalk . . . . .	1,20 m
Konglomeratische Bank mit <i>Lima striata</i> und <i>Encr. liliif.</i>	0,16 m
Dünnschiefriger Wellenkalk . . . . .	2,00 m
Konglomeratisches Bänkchen . . . . .	0,10 m
Dünnschiefriger Wellenkalk und gelbe Mergel ca. . . . .	4,00 m
Ockerkalke . . . . .	3,50 m

In dem bereits von *v. Sandberger*<sup>1)</sup> an der Strasse von Thüngersheim nach Güntersleben beschriebenen Profil fand ich auf der Höhe

<sup>1)</sup> *F. v. Sandberger*: Die Gliederung der Würzburger Trias und ihre Äquivalente. (Würzburg 1866).

des Neuenberges, im Walde die Orbicularismergel aufgeschlossen.

Unter ihnen liegt:

Oberer Schaumkalk . . . . .	0,90 m
Wellenkalkmergel . . . . .	4,60 m
Unterer Schaumkalk . . . . .	1,52 m
Wulstige Kalke . . . . .	10,00 m
Spiriferinenbank mit <i>Sp. hirsuta</i> , <i>Encr. liliif.</i> , <i>Pentacrinus</i> <i>dubius.</i> (Sehr glaukonitreich.) . . . . .	0,39 m
Bröckelige Kalke ca. . . . .	14,00 m
Untere Terebratelbank . . . . .	0,56 m
Wellenkalk ca. . . . .	34,00 m
Konglomeratische Bank m. <i>Lima</i> und <i>Encrinus</i> . . . . .	0,12 m
Wellenkalk . . . . .	5,00 m
Gastropodenbank schnell auskeilend . . . . .	0,06 m
Wellenkalk . . . . .	2,50 m
Konglomeratische, ockerige Bank mit <i>Lima striata</i> , <i>Encrinus</i> <i>liliif.</i> , <i>Pentacr. dubius</i> . . . . .	0,12 m
Wellenkalk . . . . .	9,00 m
Ockerkalke ca. . . . .	6,00 m
Im Kuchenloch sind die Rötletten in drei Terrassen aufgeschlossen (siehe Bild Nr. 4) zus. . . . .	15,00 m

### Die Orbicularismergel.

Unmittelbar über den Schaumkalkbänken folgt eine ca. 6—7 m mächtige Bank von aschgrauem Mergel, die an ihren Liegendschichten starke Diskordanzen aufweist, in ihren Hangendschichten aber geradschiefriq ausgebildet ist. An manchen Stellen zeigen diese Mergelbänke eine halbockerige Anwitterung, ferner sind sie, wie wir besonders an der Riedmühle südwestl. von Zellingen feststellen können, sehr stark bituminös. In den obersten Lagen finden wir Absätze eines primären Seesinterkalkes und dünnplattige Mergel dolomitischen Charakters. Mit den Mergeln wechsellagernd beobachten wir einige festere Kalkbänke, darunter manche mit massenhaften Anhäufungen von Schalen der *Myophoria orbicularis*; auch Steinkerne dieser, für diese Bank charakteristischen Muschel, sind massenhaft auf den dünnen Mergelschichten angehäuft.

Die Orbicularismergel haben wir als eine marine Bildung aufzufassen. Sie sind überall in der deutschen Trias verbreitet, doch nicht in gleicher Mächtigkeit; am Rande des Schwarzwaldes sind sie

nur 2 m mächtig, während sie bei uns eine durchschnittliche Mächtigkeit von 6—7 m erreichen.

Es ist heute noch eine Streitfrage, ob die Orbicularisschichten noch zum Wellenkalk gerechnet werden dürfen, oder ob man sie schon als die Liegendschichten der Anhydritgruppe betrachten soll. Wohl kommt die *Myophoria orbicularis* auch im Schaumkalk vor; wir können aber auch nicht ableugnen, dass zwischen den Myophorienmergeln, den Dolomit- und Kalkmergeln der Anhydritgruppe petrographisch eine grosse Ähnlichkeit besteht; insbesondere vertritt *O. Reis* diese Anschauung. Da diese neuere Auffassung noch nicht allgemein in der Literatur aufgenommen wurde, rechne ich die Orbicularismergel noch zum oberen Wellenkalk.

Besonders schön finden wir diese Grenzschichten gegen die Anhydritgruppe auf dem Neuenberg und auf der Rabensburg abgeschlossen. Dort sind die Steinkerne der *Myophoria orbicularis* massenhaft aus den dünnen Mergelplatten ausgewittert. Auch an der Riedmühle, südwestlich von Zellingen sind die Orbicularisschichten schön ausgebildet<sup>1)</sup> Ich fand:

Löss und Sand . . . . .	
Dünnplattige, dolomitische Mergelschiefer mit Kalkknollen, die von Schalenfragmenten ausgefüllt sind . .	1,00 m
Mergel mit Sigmoidalzerklüftung, die aber nur an einigen Stellen zu sehen ist. Wo sie fehlt, ist an ihrer Stelle eine ca. 0,06 m mächtige Kalkbank abgelagert, die zahlreiche Anhäufungen von Schalenfragmenten der <i>Myophoria orbicularis</i> zeigt . . . . .	0,20 m
Bankige, glimmerreiche Mergel mit starken Lagerungsdiskordanzen, stellenweise unterbrochen von dunklen Kalkbänken ca. . . . .	1,70 m
Darunter folgt eine Seesinterinkrustation (Stromatolithsinter) mit traubigem und schaligem Bau. Nicht überall ist sie ausgebildet; wo sie fehlt, finden wir eine ca. 10 cm dicke, lockere Kalkbank, die in ihren Liegendschichten zahlreiche Trümmer von ockerig ersetzten Schalen aufweist, ca. . . . .	0,20 m
Mergel mit starker Sigmoidalzerklüftung, die nicht überall ausgebildet ist . . . . .	0,10 m

<sup>1)</sup> Vergl. *O. Reis*: Beobachtungen über die Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen unteren und mittleren Trias. (Geogn. Jahreshfte. Jahrg. 22. 1909.)

Bituminöse Kalkbank mit vielen Myophorienschalen . . . . .	0,08 m
Mergel . . . . .	0,01 m
Kleines Kalkbänkchen . . . . .	0,04 m
Mergel . . . . .	0,10 m
Stark bituminöse Kalkbank . . . . .	0,18 m
Geschieferte Mergel . . . . .	0,08 m
Braunes Kalkbänkchen . . . . .	0,08 m
Geschieferte Mergel . . . . .	0,18 m
Braunes, glimmerreiches Kalkbänkchen, dessen Liegend- und Hangenschichten ockerig verwittert sind; die Mittelpartie besteht aus dichtem, blauen Kalk . . . . .	0,05 m
Geschieferte Mergel . . . . .	0,08 m
Obere Schaumkalkbank, im Liegenden nicht aufgeschlossen.	

Neben dem Leitfossil, der *Myophoria orbicularis*, erwähnt v. Sandberger<sup>1)</sup> für die Orbicularismergel noch folgende Fossilien:

- Gervillia costata* Schloth. sp. s.
- Gervillia socialis* Schloth. sp. s.
- Myophoria orbicularis* Bronn hh.
- Myophoria vulgaris* Schloth. sp. s.
- Holopea* sp. h.
- †*Nautilus bidorsatus* Schloth. ss. (Th.)
- Spirorbis valvata* Goldf. ss.
- Bairdia triasina* v. Schlauroth h.
- Gyrolepis* sp. ss.
- Nothosaurus* sp. ss.

### Der Wellenkalkboden.

Die gleichmässige Struktur des Wellenkalkes und der Mangel an Einschlüssen, tragen zu seiner schweren Verwitterung bei. Die magnesium- und eisenkarbonathaltigen Fossilbänke verwittern zwar leichter im allgemeinen jedoch ist der Wellenkalkboden zum Feldbau wenig geeignet. Seine Steilhänge werden, soweit sie zugänglich sind, in unserer Gegend mit Wein bebaut. Die für den Weinbau ungünstigeren Lagen sind aufgeholzt. An Stellen, wo die Verwitterung sehr langsam vor sich geht, und die Schichten ausserdem noch sehr wasserdurchlässig sind, trifft man Ödungen an, wo neben einem kümmerlichen Waldbestand nur noch einige anspruchslose Pflanzen zu finden sind. Eine solche

<sup>1)</sup> F. v. Sandberger: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)



spärliche Vegetation beobachten wir auf allen Höhen, auf denen als oberste Schicht der Schaumkalk abgelagert ist.

### Die Anhydritgruppe.

Zweifellos verdankt diese Formation ihre Entstehung der Hebung des Meeresbodens, die eine Abschnürung des Triasmeeres zur Folge hatte. Die klimatischen Verhältnisse waren derart, dass das Wasser dieses Binnensees allmählich verdampfte und übersättigt wurde. Die schwere Salzsole senkte sich in die Mulden des Grundes, und wurde dort gefällt; in ähnlicher Weise geschah die Ausscheidung des schwefelsauren Kalkes als Anhydrit, die der ganzen Formation den Namen gegeben hat. Da in dieser Salzsole jedes organische Leben fehlte, sind die abgelagerten Schichten fast ganz fossilfrei. Das Gestein bilden in der Hauptsache ungeschichtete, eisenhaltige Ockerkalke, die wir, ihrer fast überall vorhandenen Auslaugungen wegen, als Zellenkalke bezeichnen. Neben ihnen finden wir hellgraue, bituminöse Kalkmergel, mitunter auch Gips, der durch Wasseraufnahme aus dem Anhydrit entstanden ist. Diese Umwandlung in Gips geschah unter grosser Volumenzunahme, die das darüber liegende Gestein aufwölbte und zerriss. Die meisten Störungen in der Anhydritgruppe sind auf diese Vorgänge zurückzuführen. Der Gips, der als linsenförmige Einlagerung an den Steilabhängen auftritt, ist in dem bearbeiteten Gebiete nicht zu finden. Auch Steinsalz, das anderwärts in Franken<sup>1)</sup> in mächtigen Lagern ausgebildet ist, fehlt, abgesehen von einzelnen kleineren Ausblühungen, bei uns ganz.

Interessant ist das Vorkommen von Sandschmitzen, wie sie *v. Sandberger*<sup>2)</sup> am Klingengraben bei Zell beschreibt: Ich fand sie hinter der Ruine der Rabensburg. Es ist sehr zweifelhaft, ob diese Sandschmitzen durch eingeschwemmtes Süsswasser entstanden sind; man führt sie nach den neueren Forschungen *Walthers* auf äolische Bildungen zurück.

In der oberen Region der Anhydritgruppe sind häufig feinkörnige, gleichmässig dichte, hellgraue, bituminöse Kalkmergel mit zahlreichen, vertikalstehenden, längsgestreiften Kalkzylindern, die in die darüber liegenden Schichten eindringen, abgelagert. Auf der Oberfläche dieser Kalkzylinder, die wir Styloolithen nennen, finden sich

<sup>1)</sup> *O. Reiss*: Der mittlere und untere Muschelkalk im Bereich der Steinsalzbohrungen zwischen Burgbernheim und Schweinfurt. (Geogn. Jahreshfte, Jahrg. XIV. 1901.)

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Lagerung der Muschelkalk- und Lettenkohlen-Gruppe in Unterfranken. (Würzburg 1893.)

noch die Überreste der ursprünglichen Schichtfuge, darunter auch nicht selten organische Einlagerungen.

Über die Entstehung der Styolithen ist viel geschrieben worden. *O. Reis*<sup>1)</sup> führt sie auf Horizontalsprünge zurück, „welche sich an eine genügend gefestete Horizontallage halten, die auflösungs-widerstandsfähiger wäre, als die Umgebung, die in sich und mit jener fest genug verbunden ist, um die Zerspaltung in wechselnder Weise aus dem Liegenden ins Hangende und umgekehrt zurückzuleiten“. *Th. Fuchs*<sup>2)</sup> spricht von einer gegenseitigen Bewegung der Gesteine zu beiden Seiten des Styolithenbandes. Die Styolithenbildung sei an Gesteins-sprünge gebunden. Styolithenbänder und Drucksuturen stellt er vollständig gleich. Den Tonbelag der Styolithen fasst er als Überrest der aufgelösten Substanz auf. Die weitaus grössere Zahl der Forscher, an deren Spitze *A. Rothpletz*, versetzt die Styolithenbildung in eine Zeit, in der die Kalksteine noch nicht ihre feste Struktur hatten, also pelomorph waren.

Neben den Styolithen verdienen auch die Zellenkalke eine eingehende Betrachtung. *v. Sandberger* beschreibt sie als ein Gestein mit zahllosen eckigen Hohlräumen, welches in frischem Zustand aschgrau und bituminös, später aber zu erbsengelber bis brauner Masse ausbleicht“. Die zellige Struktur der Gesteine ist nicht allein auf die in zwei Lagen vorkommenden Zellenkalke beschränkt. In der Anhydritgruppe sind auch die obersten Lagen der „gelbgrauen dolomitischen Mergel“ zellig ausgebildet. Auch die gelben Mergel an der Basis des unteren Hauptmuschelkalkes, die Ockerkalke im unteren Wellenkalk und die ockerigen Kalke an der Basis der unteren Lettenkohle zeigen eine zellige Struktur. Die Ansichten über die Entstehung dieser Zellenkalke gehen weit auseinander. *E. Fraas*<sup>3)</sup> und *F. v. Sandberger*<sup>4)</sup> führen die Entstehung der Zellenkalke auf Auslaugungen der Gipskristalle zurück.

*E. F. Neminar*<sup>5)</sup> will die Bildung der Zellenkalke durch Ein-

<sup>1)</sup> *O. Reis*: Der mittlere und untere Muschelkalk im Bereich der Steinsalzbohrungen zwischen Burgbernheim und Schweinfurt. III. Über die Entstehung der Styolithen. (Geogn. Jahreshfte 14. Jahrg. 1901 S. 91.)

<sup>2)</sup> *Th. Fuchs*: Sitzungsbericht d. K. Ak. d. Wissensch. math.-natw. Cl. 1894. 103. I.

<sup>3)</sup> *E. Fraas*: Die Bildung der germanischen Trias, eine petrogenetische Studie. (Jahresheft des Vereins für vaterl. Naturk. i. Württemberg. 1899 S. 64.)

<sup>4)</sup> *F. v. Sandberger*: Geol. Skizze der Umgebung von Würzburg. S. 4.

<sup>5)</sup> *E. F. Neminar*: Über die Entstehungsweise der Zellenkalke und verwandte Gebilde. (Tschermaks Mitteilg. 1875, 251.)

wirkung kohlen säurehaltiger Gewässer veranlasst wissen; und zwar bilden sich in den Spalten und Rissen der Kalksteine kristallinische Zellwände. Der dazwischen liegende Kalkstein wird ausgelängt. Er hält es aber auch für möglich, dass „das in den zirkulierenden Gewässern aufgelöste Kalk-Karbonat durch seinen Absatz einzelne Trümmer einer Kalkstein-Breccie verbindet, die dann früher, weil schon länger den Einwirkungen kohlen säurehaltiger Gewässer ausgesetzt, dem Auslaugungsprozess unterliegen, als das sie verbindende dichte Kalk-Karbonat“.

Eine allgemeine Aufnahme finden die Ergebnisse von *J. Beckenkamp*<sup>1)</sup>, der die zelligen Kalke eingehend untersuchte.

Das im Meeresboden von den Organismen abgelagerte und später verfestigte Kalziumkarbonat enthält je nach den chemischen und physikalischen Bedingungen des Meerwassers entweder nur geringe Mengen von Mg. und Fe. in isomorpher Mischung, oder annähernd gleiche Mengen von Calcium- und Magnesiumkarbonat. Bei der Auflösung des verfestigten Gesteins spielt die Kohlensäure eine Rolle. Sie entsteht in erster Linie beim Verwesungsprozess, der im Kalkschlamm eingelagerten Tierleichen; in zweiter Linie geht sie von dem meteorischen Wasser aus; „das, wenn auch nur schwach CO<sub>2</sub> haltige meteorische Wasser bewirkt eine Umkristallisation, bei welcher ein Teil des Eisens (und vielleicht auch des Magnesiums) als Oxyd oder Oxydhydrat ausgeschieden wird. So lange das in die feinsten Poren eingedrungene Wasser keinen, oder doch nur sehr geringen Abfluss hat, beschränkt sich die Veränderung auf diese Vorgänge. Während derselben bestehen (wenn wir von Mg. absehen) nebeneinander die festen Verbindungen:

1. (Ca, Fe) CO<sub>3</sub>
2. Ca CO<sub>3</sub>,
3. Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> oder Fe<sub>2</sub> O<sub>2</sub> + x H<sub>2</sub> O.

die sich bildende Lösung ist während der Umkristallisation in Bezug auf 1. ungesättigt, in Bezug auf 2. und 3. gesättigt. Die freiwerdende CO<sub>2</sub> vermehrt einerseits die Lösungsfähigkeit in Bezug auf 1. und wirkt andererseits im Verein mit dem entstehenden Eisenoxydhydrat mechanisch sprengend auf das unveränderte Gestein. Die Zellwände verlaufen fast in allen Fällen parallel und senkrecht zur Schichtfläche, sie stellen hiernach Ebenen des geringsten Widerstandes gegen mechanische Zerreißung des ursprünglichen Gesteins dar.“

<sup>1)</sup> *J. Beckenkamp*: Über die Bildung der Zellenkalke. (Würzburg 1907.)

„Ein zweites Stadium der Umwandlung tritt dann ein, wenn zwar ein Abfluss des Wassers aus den Gesteinsporen eingetreten ist, dieser aber so langsam vor sich geht, dass die Lösung in Bezug auf 3. noch gesättigt bleibt, dann findet keine mechanische Sprengung mehr statt, es erfolgt eine Verminderung des Gehaltes an kohlsauerem Kalk und eine relative Vermehrung des Fe und der, in kohlsäurehaltigem Wasser unlöslichen Substanzen. Der Zellenhalt geht dadurch in eine ockerige, erdige Masse über, welche vom Wasser mechanisch aus den Zellen fortgeführt werden kann. In einem dritten Stadium verfallen auch die, aus  $\text{CaCO}_3$  bestehenden Zellwände der Auflösung und es bleibt nur noch eine ockerige, erdige Masse übrig.“

*Beckenkamp* führt einige Analysen von zellig ausgebildeten Kalken an.

Gelbgraue dolomitische Mergel:

CaO . . . . .	28,95 %
MgO . . . . .	16,45 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	3,77 %
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	0,66 %
$\text{CO}_2$ . . . . .	43,75 %
In HCl unlöslich . . . . .	6,22 %
	<hr/>
	99,80 %

Alkalien nur in Spuren.

Unterer Zellenkalk:

CaO . . . . .	41,65 %
MgO . . . . .	4,20 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	3,22 %
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	0,95 %
$\text{CO}_2$ . . . . .	38,97 %
In HCl unlöslich . . . . .	11,22 %
	<hr/>
	100,21 %

Alkalien nur in Spuren.

Oberer Zellenkalk:

CaO . . . . .	48,95 %
MgO . . . . .	1,95 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ } . . . . .	1,36 %
$\text{Al}_2\text{O}_3$ }	
$\text{CO}_2$ . . . . .	41,85 %
In HCl unlöslich . . . . .	7,33 %
	<hr/>
	101,44 %

Alkalien nur in Spuren.

Die eisenhaltige Kalkbank zwischen den Stylolithen  
und den Hornsteinbänken.

CaO . . . . .	50,84 %
MgO . . . . .	0,89 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } . . . . .	1,90 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } . . . . .	
CO <sub>2</sub> . . . . .	42,49 %
In HCl unlöslich . . . . .	3,20 %
	99,32 %

Alkalien nur in Spuren.

Während in Baden und Württemberg die Anhydritgruppe bis zu einer Mächtigkeit von 85 m abgelagert ist, ist sie bei uns verhältnismässig nur schwach entwickelt. *v. Sandberger*<sup>1)</sup> fand eine Mächtigkeit von 12,17 m (ohne die von ihm in die Anhydritgruppe eingerechnete Hornsteinbank). Er fand folgende Bänke:

Weiss- und graugestreifte Mergel ohne Versteinerungen	0,25 m
Blauer Kalk mit Stylolithen . . . . .	0,45 m
Oberer Zellenkalk Zk <sub>2</sub> . . . . .	4,29 m
Glimmerige Mergelschiefer . . . . .	0,90 m
Unterer Zellenkalk Zk <sub>1</sub> . . . . .	3,43 m
Gelbgraue dolomitische Mergel . . . . .	2,85 m

Ich fand die Anhydritgruppe hauptsächlich rechtsmainisch abgelagert, linksmainisch ist sie nur auf dem Geisberg, Eichelberg und am Neuberg entwickelt. Bei meinen Messungen fiel mir auf, dass die Anhydritgruppe viel mächtiger ist, als sie *v. Sandberger* angegeben hat. So beobachtete ich z. B. am Rabensberg zwischen den Orbicularismergeln und der Hornsteinbank einen Abstand von 32 m, am Nordfuss des Rabensberges einen solchen von 46 m, am Hirschberg 36 m, am Rotlaufberg 20 m, am Dietalberg 45 m, am Talberg 40 m. Im Mittel berechnete ich also für die Anhydritgruppe eine Gesamtmächtigkeit von ca. 36 m. In der Landschaft bildet sie überall sanft ansteigende Halden im Gegensatz zu den Steilhängen des Wellenkalkes und des Hauptmuschelkalkes. (Siehe Bild No. 2). Sie ist meistens als Ackerland ausgenützt, daher war es mir unmöglich, an irgend einer Stelle ein genaues Profil festzustellen. Der Zellenkalk ist überall gut aufgeschlossen; wo er nicht anstehend ist, findet man ihn,

<sup>1)</sup> *F. v. Sandberger*: Die Lagerung der Muschelkalk- und Lettenkohलगruppe in Unterfranken. (Würzburg 1893.)

seiner schweren Verwitterung wegen, unter der Ackerkrume. Die Styolithmergel beobachtete ich im Talberggraben.

Eine besondere Beachtung verdient die Anhydritgruppe in unserer Gegend als Quellhorizont. Der reichzerklüftete Hauptmuschelkalk ist wasserdurchlässig, während die Orbicularismergel an der Basis der Anhydritregion das Wasser aufspeichern. Eine solche Schichtquelle ist z. B. die Quelle im Hofgarten zu Veitshöchheim und einige Quellen im Orte selbst. Sie sind meistens sehr stark, doch ist ihr Wasser hart und wegen des reichen Gehaltes an Kalk und Magnesia, die es, als doppelkohlensäure Salze gelöst, mit sich führt, im allgemeinen als Trinkwasser nicht besonders zu empfehlen.

#### Der Boden der Anhydritgruppe.

Die Gesteine der Anhydritgruppe verwittern mit Ausnahme der Zellenkalke und Styolithmergel sehr leicht. Überall finden wir feinsandige Böden oder Löss vortäuschende Eluviallehme mit grösseren Stücken von Zellenkalk oder gelben, widerstandsfähigen Platten. Im allgemeinen ist der Boden der Anhydritgruppe sehr fruchtbar und als Ackerkrume gut geeignet.

#### Der Hauptmuschelkalk.

Nach der Ablagerung der Anhydritgruppe drang, durch eine Senkung des Landes bedingt, das Triasmeer von neuem ein. Seine Absätze finden wir im Hauptmuschelkalk, dessen Gesteine mächtige, durch nachträgliche Wirkung des Wassers teilweise kristallinisch gewordene Kalke sind, die sich oftmals wiederholen und nur durch die Fossilien von einander unterschieden werden können.

In unserer Gegend erreicht der Hauptmuschelkalk eine durchschnittliche Mächtigkeit von 72—86 m. Genaue Angaben sind wegen der wenigen und schlechten Aufschlüsse unmöglich. So kommt es, dass die Zahlen für die Mächtigkeit dieser Formation bei allen Autoren sehr schwanken. Man teilt im allgemeinen den Hauptmuschelkalk in zwei Abteilungen, in die Trochiten- und Nodosuskalke ein. Bei uns lässt sich diese Trennung nicht überall durchführen, da das Vorkommen des *Ceratites nodosus* nicht auf die eigentlichen Nodosuschichten beschränkt bleibt, sondern auch in tieferen Lagen beobachtet wird. *J. Beckenkamp*<sup>1)</sup> gliedert den Hauptmuschelkalk nach dem Vorkommen der Ceratiten in drei Stufen:

<sup>1)</sup> *J. Beckenkamp*: Über die geologischen Verhältnisse der Stadt und der nächsten Umgebung von Würzburg. (Würzburg 1907.)

1. Unterer Hauptmuschelkalk ohne Ceratiten.
2. Mittlerer Hauptmuschelkalk mit *Cerat. compressus*.
3. Oberer Hauptmuschelkalk mit *Cerat. nodosus*. im engeren Sinne.

Als Grenze zwischen der 1. und 2. Stufe ergab sich nach den *v. Sandberger'schen* Profilen und den Aufnahmen von *J. Beckenkamp* die, von beiden Autoren beobachtete 80 cm dicke, teilweise kristallinische Bank, welche ich jedoch in dem weiter nördlich gelegenen Gebiete nicht mehr nachweisen konnte.

Der besseren Übersicht halber habe ich deshalb als Grenzschicht zwischen dem mittleren und unteren Hauptmuschelkalk die Enkrinitenbank gewählt. Der mittlere Hauptmuschelkalk reicht bis zur Cycloidesbank, die eine ausgezeichnete Grenzschicht gegen die oberen Lagen ist. Die Mächtigkeitsaufnahmen *v. Sandbergers* erfuhren durch die Aufnahmen, welche *Beckenkamp* in der unmittelbaren Umgebung von Würzburg vorgenommen hat, eine zum Teil bedeutende Korrektur. In neuester Zeit hat *G. Wagner*<sup>1)</sup> die Mächtigkeit der Schichten des oberen Hauptmuschelkalks in Franken genau ermittelt; seine Angaben scheinen mit meinen Beobachtungen übereinzustimmen. In dem von mir bearbeiteten Gebiete kommt der Hauptmuschelkalk nur rechtsmainisch vor, seine obersten Schichten sind am Kolbenberg links der Strasse von Gadheim nach Güntersleben aufgeschlossen. Ein anderer Aufschluss ist nicht vorhanden.

#### Der untere Hauptmuschelkalk.

Seine Schichten sind:

Hauptenkrinitenbank (En) . . . . .	0,50—0,60 m
Bänke der <i>Myophoria vulgaris</i> unter der Hauptenkrinitenbank . . . . .	ca. 1,50 m
Wulstige Kalke . . . . .	ca. 3,00 m
Gelbe Mergelkalke . . . . .	ca. 3,20 m
Gradschiefriger grauer Kalk mit Hornsteineinlagerungen (Hst) . . . . .	ca. 1,50 m

Nach dieser Einteilung folgt unmittelbar auf die weissgrauen Mergel der Anhydritgruppe ein gradschiefriger, graublauer Kalk mit Hornstein. *v. Sandberger* rechnet die Hornsteine zwar noch zur Anhydritgruppe, obwohl sie petrographisch und paläontologisch zweifellos zu den Schichten des Hauptmuschelkalkes gehören. Wir haben einen graublauen, schwach kristallinen Kalk vor uns, der Einlagerungen

<sup>1)</sup> *G. Wagner*: Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Hauptmuschelkalks und der unteren Lettenkohle in Franken. (In-Diss. Tüb. 1913.)

von Hornstein zeigt. Nach *Fischer*<sup>1)</sup> beobachtet man in der Grundmasse grosse, centrische und radial struierte Oolithe, die grösser als die Oolithe des Schaumkalkes sind und in ihrer Struktur denen der Rogensteine gleichen. Ich fand die Hornsteinbank gut aufgeschlossen auf 184 m oberhalb des Bahnhofes von Veitshöchheim, unmittelbar an der Strassenüberführung. Sie ist dort stark gestört; ihre Mittelpartie ist abgesunken.

Unmittelbar darüber liegen ca. 3 m mächtige gelbe Mergelkalke, die zellig ausgebildet und dem Zellenkalk der Anhydritgruppe ähnlich sind. Ein guter Anschluss der Hornsteinbänke ist im Talberggraben auf 225 m. Sehr grosse Bruchstücke fand ich im Walde auf dem Rabenberg in einer Höhe von 279 m.<sup>1)</sup> Die Hornsteinbank ist sehr fossilarm. *v. Sandberger*<sup>2)</sup> fand:

- Gervillia costata Schloth. sp. h.
- Gervillia socialis Schloth. sp. s.
- Myalina vetusta Goldf. sp. h.
- Myoconcha Thielai v. Stromb. sp. s.
- Myophoria vulgaris Schloth. sp. h.
- Myophoria elegans Dunker s.
- Corbula dubia v. Münster (mit Schloss) s.
- Natica oolithica Zenk. sp. s.
- Holopea parvula Dunker ss.

Auf die Hornsteinbank und die überlagernden gelben, fossilarmen Mergel folgen Schichten wulstiger Kalke, in Wechsellagerung mit einer Reihe von fossilreichen, kristallinen Bänken, die dicht mit *Myophoria vulgaris*, *Gervillia costata*, *Monotis Alberti* und *Terebratula vulgaris* besetzt sind. Diese Schichten sind teilweise im Sendelbachgraben aufgeschlossen. *v. Sandberger*<sup>3)</sup> erwähnt für diese Bänke noch folgende Fossilien:

- Natica Gaillardoti Lefroy s.
- Encrinus liliif. Schloth. sp. ss.
- Cidaris grandaevus Goldf. ss.
- Lingula tenuissima Bronn s.
- Discina discoides Schloth. sp. s.

<sup>1)</sup> *H. Fischer*: Beitrag zur Kenntniss der unterfränkischen Triasgesteine. (In-Diss. Würzburg 1909.)

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)

<sup>3)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)



- †Retzia trigonella Schloth. sp. s. (V.)  
 Terebratula vulgaris Schloth. sp. h.  
 †Ostrea (Terquemia) complicata Goldf. h. (V.)  
 Ostrea (Terquemia) subanomia Goldf. ss.  
 Ostrea (Terquemia) spondyloides Goldf. s.  
 Hinnites comtus Goldf. sp. s.  
 †Pecten laevigatus Schloth. sp. ss. (V.)  
 Pecten discites Schloth. sp. ss.  
 Lima striata Schloth. sp. s.  
 Lima costata Goldf. ss.  
 Monotis Albertii Goldf. hh.  
 Myalina vetusta Goldf. sp. s.  
 Gervillia mytiloides Schloth. sp. s.  
 Gervillia cuneata Sandb. ss.  
 †Gervillia costata Schloth. sp. hh. (V.)  
 †Gervillia socialis Schloth. sp. h. (V.)  
 Myoconcha Thielai v. Stromb. sp. ss.  
 Myoconcha gastrochaena Dunker sp. ss.  
 Myophoria vulgaris Schloth. sp. hh.  
 Myophoria simplex Schloth. sp. s.  
 Myophoria cardissoides v. Alberti ss.  
 Myophoria elegans Dunker s.  
 Myophoria orbicularis Bronn ss.  
 Nucula Goldfussii v. Alberti ss.  
 Corbula dubia v. Münster h.  
 Pleuromya musculoïdes Schloth. sp. h.  
 Pleuromya grandis Goldf. sp. ss.  
 Pleuromya mactroides Schloth. sp. ss.  
 Dentalium laeve Schloth. sp. h.  
 †Natica oolithica Zenker sp. h. (V.)  
 Naticella costata v. Münster ss.  
 Holopea scalata Schloth. sp. ss.  
 Holopea dubia Bronn sp. s.  
 †Nautilus bidorsatus Schloth. sp. ss. (V.)  
 Gyrolepis Albertii Ag. h.  
 Colobodus sp. ss.  
 Strophodus ovalis Schmid sp. s.  
 Saurichthys acuminatus Ag. s.  
 Hybodus plicatilis Ag. s.  
 Thelodus inflexus Schmid ss.

*Placodus gigas* Ag. ss.

Über den Myophorien- und Gervillenschichten folgt die ca. 50—60 cm mächtige

### Enkrinitenbank.

Sie ist für unsere Gegend ein sehr guter geognostischer Horizont. Ihre petrographische Beschaffenheit wechselt oft sehr stark. An manchen Stellen besteht sie fast ganz aus Stielgliedern von *Encrinus liliif.*, die in Calcit umgesetzt sind. Der Kalkspat zeigt eine deutliche Spaltung rechtwinkelig zur Achse des Stielgliedes. Oftmals ist sie als eine sehr dichte, ockerig verwitterte Kalkbank, die nur in ihren Mittel-lagen Anhäufungen von *Encrinus liliiformis* zeigt, ausgebildet. *Fischer*<sup>1)</sup> fand in der Enkrinitenbank auch Schwerspat, Brauneisen und Glaukonit; ich fand den Glaukonit in der Enkrinitenbank im Sendelbachgraben bei Veitshöchheim. Fast überall in unserem Gebiete ist die Enkrinitenbank aufgeschlossen, so im Lindentalgraben, im mittleren Lodenweg und im Sendelbachgraben bei Veitshöchheim in einer Höhe von 191—196—192 m. Auf dem Talberg fand ich sie anstehend auf 256—259 m, am Rabensberg auf 299 — und 320 m, am Hirschberg auf 325 m; am Eckberg liegt sie auf 351 m. Durch eine Verwerfung ist sie an der Strasse Thüngersheim-Güntersleben bis auf 303 m abgesunken. Am Rotlaufberg ist sie im Walde, auf 348 m anstehend; unterhalb fand ich sie, in vielen grossen Bruchstücken abgestürzt, auf 330 m. Am vorderen Berg ist sie bei 329 bzw. 310 m aufgeschlossen. Bruchstücke der Enkrinitenbank fand ich in einem Steinbruch am Talberggraben, an der Wagenwand und im Dietal. Die Enkrinitenbank gehört zu den fossilreichsten Bänken unserer Trias. Neben *Encrinus liliiformis* fand ich Fossilien, die bereits in tieferen Schichten vorkommen, so *Gervillia costata*, *Ostrea complicata*, *Lima striata* und *Terebratula vulgaris*. Schöne Exemplare der selten vorkommenden *Retzia trigonella* Schloth. fand ich in einem Bruchstück am Talberggraben und in der anstehenden Bank auf dem Rabensberg (320 m). *v. Sandberger*<sup>2)</sup> erwähnt ausser den bereits von mir aufgezählten Fossilien noch folgende:

*Cidaris grandaevus* Goldf. hh.

*Ostrea* (*Terquemia*) *subanomia* Goldf. s.

<sup>1)</sup> *Fischer*: Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine. (In. Diss. Würzburg. 1909.)

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)

- Hinnites comtus* Goldf. sp. s.  
*Pecten discites* Schloth. sp. s.  
*Monotis Albertii* Goldf. s.  
 †*Lima costata* Goldf. hh. (V.)  
*Gervillia socialis* Schloth. sp. h.  
*Myalina vetusta* Goldf. sp. s.  
*Nucula Goldfussii* v. *Alberti* s.  
*Nucula elliptica* Goldf. ss.  
*Myophoria elongata* Giebel sp. ss.  
*Myophoria cardissoides* v. *Alberti* ss.  
*Myophoria elegans* Dunker ss.  
*Pleurotomaria Albertiana* v. *Zieten* sp. ss.  
*Nautilus bidorsatus* Schloth. sp. ss.  
 †*Rhyncholithus hirundo* Faure-Big. (V.)  
*Gyrolepis Albertii* Ag. s.  
*Hybodus major* Ag. ss.  
*Hybodus tenuis* Ag. ss.  
*Hybodus plicatilis* Ag. ss.

#### Der mittlere Hauptmuschelkalk.

Unmittelbar auf die Enkrinitenbank folgen mächtige Ablagerungen von Schiefertönen in Wechsellagerung mit aschgrauen Kalkbänken, die *Myophoria vulgaris* als Hauptfossil führen. v. *Sandberger* und *Beckenkamp* fanden über diesen Kalken in der Umgebung von Würzburg eine 0,80 m dicke, dunkelblaue, zum Teil kristallinische Kalkbank mit rostbraunen Flecken, die ich jedoch weiter nördlich nicht mehr feststellen konnte. Auf die *Myophorien*bänke folgt eine Reihe dichter, kristallinischer Kalkbänke, die in ihrer Struktur den teilweise kristallinischen Bänken des unteren Hauptmuschelkalkes gleichen. Das massenhafte Auftreten von *Pecten discites* gab ihnen den Namen

#### Discitesschichten.

Neben *Pecten discites* kommt hier bereits der *Ceratites nodosus* var. *compressus* vor. Ich fand die Discitesschichten gut aufgeschlossen im Sendelbachgraben und auf der Höhe des Abendsberges.

*Hilger*<sup>1)</sup> hat die Discitesschichten am Stein und bei Höchberg chemisch untersucht. Beide Analysen stimmen fast überein. In der Discitesbank am Stein fand er:

<sup>1)</sup> *Hilger*: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeut. Institut Erlangen 1889.)

SiO <sub>2</sub> . . . . .	2,914 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4,120 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,216 %
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	88,714 %
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	1,024 %
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,461 %
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	0,124 %
NaCl . . . . .	0,214 %
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,192 %
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,245 %
Li <sub>2</sub> O . . . . .	Spuren
H <sub>2</sub> O . . . . .	0,986 %
Sr und Ba . . . . .	Spuren

Neben den beiden Hauptfossilien *Pecten discites* und *Ceratites compressus* var. *nodosus* fand *v. Sandberger*<sup>1)</sup> in den *Discitesschichten* noch folgende Fossilien:

- Encrinus liliif.* Schloth. sp. ss.
- Cidaris grandaevus* Goldf. ss.
- Acroura prisca* Münst. sp. ss.
- Waldheimia* sp. ss.
- Terebratula vulgaris* Schloth. sp. ss.
- Discina discoides* Schloth. sp. ss.
- Ostrea* (*Terquemia*) *subanomia* Goldf. s.
- Ostrea* (*Terquemia*) *complicata* Goldf. s.
- Ostrea* (*Terquemia*) *spondyloides* Goldf. s.
- Hinnites comtus* Goldf. sp. ss.
- Pecten reticulatus* Schloth. sp. ss.
- Pecten laevigatus* Schloth. sp. ss.
- Pecten discites* Schloth. sp. hh.
- Lima striata* Schloth. sp. s.
- Lima costata* Goldf. ss.
- Myalina vetusta* Goldf. sp. s.
- Monotis Albertii* Goldf. ss.
- Daonella franconica* Sandb. ss.
- Gervillia socialis* Schloth. sp. h.
- Gervillia crispata* Goldf. sp. ss.
- Nucula Goldfussii* v. *Alberti* h.

<sup>1)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)

- Nucula elliptica* Goldf. h.  
*Myophoria elegans* Dunker ss.  
*Myophoria vulgaris* Schloth. sp. s.  
*Myophoria simplex* Schloth. sp. lh.  
*Myophoria cardissoides* v. Alberti s.  
*Megalodus securiformis* Sandb. n. sp. ss.  
*Corbula dubia* v. Münster hh.  
*Pleuromya mactroides* Schloth. sp. ss.  
*Pleuromya musculoides* Schloth. sp. s.  
*Pteropod.* sp. ss.  
*Dentalium laeve* Schloth. sp. hh.  
*Natica Gaillardoti* Lefroy ss.  
*Holopea dubia* Bronn sp. h.  
*Holopea obsoleta* Schloth. sp. ss.  
*Nautilus bidorsatus* Schloth. sp. h. (TH.)  
*Rhyncholithus hirundo* Faure-Big.  
†*Ceratites nodosus* Brug. h.  
*Ceratites enodis* Quenst. ss.  
*Serpula socialis* Goldf. exp. ss.  
*Lithogaster obtusus* v. Meyer ss.  
*Gyrolepis Albertii* Ag. h.  
*Strophodus angustissimus* Ag. ss.  
*Hybodus plicatilis* Ag. ss.  
*Placodus gigas* Ag. ss.  
*Opeosaurus suevicus* v. Meyer ss.  
*Nothosaurus mirabilis* Münst. s.  
*Ichthyosaurus atavus* Quenst. ss.

Auf die Discitesschichten folgt die

#### **Spiriferinenbank.**

Durch sie zerfällt der mittlere Hauptmuschelkalk in zwei Abteilungen, die petrographisch voneinander verschieden sind, und zwar bestehen ihre Liegendschichten hauptsächlich aus dichten, kristallinen Kalken, während in den Hangendschichten zum grössten Teil Schiefer-tone vorherrschen, in die dünne Kalkbänken eingelagert sind. Zum letztenmal finden wir hier im Muschelkalk die Encriniten. *Beckenkamp* nennt sie deshalb die obere Encrinitenbank. Die Encrinustielglieder finden wir hauptsächlich im Liegenden der Bank; in den oberen Lagen tritt eine Brachiopode als Leitfossil auf, die *Spiriferina fragilis*. Die unteren Partien der Spiriferinenbank sind grobkörnig und verwittern

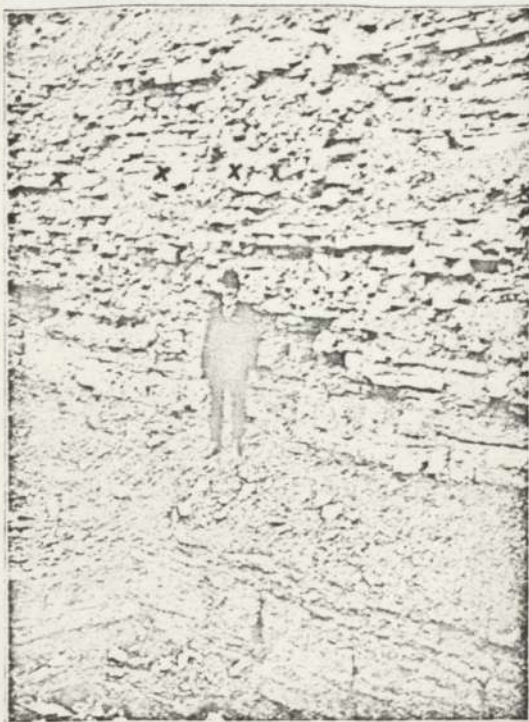
leichter als die oberen Schichten, die aus einem dichten, blauen Kalk bestehen.

*Hilger*<sup>1)</sup> gibt eine Analyse von der Spiriferinenbank bei Höchberg.

Er fand:

SiO <sub>2</sub>	. . . . .	5,054 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	}	6,866 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	86,030 %
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	0,124 %
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	. . . . .	0,231 %
NaCl	. . . . .	0,050 %
K <sub>2</sub> O	. . . . .	0,842 %
NaO <sub>2</sub>	. . . . .	0,294 %
Li <sub>2</sub> O	. . . . .	Spuren
H <sub>2</sub> O	. . . . .	0,942 %
Sr.	. . . . .	Spuren
CaO	. . . . .	0,120 %

Ich fand die Spiriferinenbank an zwei Stellen gut aufgeschlossen: In einem Steinbruch im Sendelbachgraben bei Veitshöchheim auf 217 m, ausserdem in einem Steinbruch am Ostabhang des Deisenberges bei Güntersleben auf 285 m.



Nr. 6. Spiriferinenbank in einem Steinbruch am Kaltenbrunnen im Sendelbachgraben.  
x Spiriferinenbank.

Als oberste Schichten fand ich im Sendelbachgraben (siehe Bild Nr. 6) unter dem Waldhumus zunächst:

Schieferletten oft gestaucht, mit dünnen, harten Kalkbänken, wechsellagernd . . . . .	ca. 1,20 m
Dichte kristall. Kalkbank . . . . .	ca. 0,13 m
Schiefertone mit <i>Lingula tenuissima</i> in abwechselnder Lagerung mit dünnen Kalkbänken, die neben <i>Ceratites nodosus</i> auch <i>Pecten discites</i> , <i>Cervillia socialis</i> und <i>Myophoria</i> führen . . . . .	ca. 4,50 m

<sup>1)</sup> *A. Hilger*: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen 1889.)

Spiriferinenbank in wechselnder Mächtigkeit. Sie ist oft stark gestaucht, keilt nach Westen fast ganz aus, im Liegenden ist sie verwittert . . . . .	0,17 m
Schiefertone mit <i>Lingula tenuissima</i> in Wechsellagerung mit dünnen, festen Kalkbänken, die <i>Pecten discites</i> führen . . . . .	ca. 1,60 m
Dichte kristall. Kalkbank mit <i>Pecten discites</i> . . . . .	0,17 m
Schiefertone . . . . .	0,18 m
Dichte Kalkbank . . . . .	0,10 m
Schiefertone . . . . .	0,33 m



Nr. 7. Spiriferinenbank am Deisenberg bei Güntersleben.  
x Spiriferinenbank.

Kristall. Bänken, rasch auskeilend . . . . .	0,07 m
Schiefertone . . . . .	0,60 m
Dichte Kalkbank . . . . .	0,20 m
Gestauchte Kalke und Tone . . . . .	0,90 m
Dichte kristall. Kalkbank, deren Liegendschichten nicht mehr aufgeschlossen sind . . . . .	0,30 m

In dem oben erwähnten Steinbruch am Deisenberg (siehe Bild Nr. 7) fand ich unter einer Lage Löss zunächst Bruchstücke der *Cycloides*bank. Darunter folgen:

Schiefertone mit festen kristall. dünnen Kalkbänken wechsellagernd . . . . .	ca. 4,20 m
--	------------

Feste kristall. Kalkbank (verworfen, Sprunghöhe ca. 0,50 m) . . . . .	0,20 m
Schiefertone mit dünnen Kalkbänkchen wechsellagernd	1,55 m
Spiriferinenbank mit <i>Spiriferina fragilis</i> und <i>Encrinus liliiformis</i> . . . . .	0,17 m
Schiefertone und dünne Kalkbänke in wechselnder Lagerung . . . . .	ca. 1,80 m
Wulstige gestauchte Kalke . . . . .	0,55 m
Schiefertone . . . . .	0,45 m
Feste Kalkbank . . . . .	0,20 m
Schiefertone . . . . .	0,05 m
Feste kristall. Kalkbank . . . . .	0,35 m
Schiefertone . . . . .	0,60 m
Dichte Kalkbank . . . . .	0,26 m
Schiefertone . . . . .	0,10 m

Neben den von mir bereits erwähnten Fossilien fand *v. Sandberger*<sup>1)</sup>

in der Spiriferinenbank:

- Cidaris grandaevus* Goldf. s.
- Thecidium* sp. ss.
- Terebratula vulgaris* Schloth. sp. s.
- Ostrea* (*Terquemia*) *subanomia* Goldf. s.
- Ostrea* (*Terquemia*) *cemplicata* Goldf. h.
- Ostrea* (*Terquemia*) *spondyloides* Goldf. s.
- Hinnites comtus* Goldf. sp. h.
- Pecten reticulatus* Schloth. sp. ss.
- Lima striata* Schloth. sp. h.
- Myalina vetusta* Goldf. sp. h.
- Nucula Goldfussii* v. *Alberti* s.
- Nucula elliptica* Goldf. h.
- Myophoria vulgaris* Schloth. sp. ss.
- Corbula dubia* v. Münster hh.
- Dentalium laeve* Schloth. sp. h.
- Pleurotomaria Albertiana* v. Zieten sp. ss.
- Holopea dubia* Bronn sp. s.
- Rhyncholithus hirundo* Faure-Big.
- Serpula socialis* Goldf. ss.
- Acrodus lateralis* Ag. ss.

<sup>1)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)



In den Schichten über der Spiriferinenbank:

*Gervillia crispata* Goldf. sp. h.

*Monotis Albertii* Goldf. s.

*Corbula dubia* Münster s.

*Cythere* sp. hh.

#### Oberer Hauptmuschelkalk.

Über den ca. 6 m mächtigen Lagen von Schieferletten und dünnen Kalkbänken folgt die

#### Cycloidesbank.

Sie ist ca. 27—30 cm mächtig und besteht aus einem hellgrauen Kalk, der oft einen konglomeratischen Charakter zeigt. Sie verwittert rostbraun und gehört zu den besten Leitbänken unserer Gegend. An ihrem Habitus ist sie leicht zu erkennen, denn sie ist dicht besetzt mit Steinkernen der *Terebratula vulgaris* Schloth. var. *cycloides*, die leicht auswittern.

*Hilger*<sup>1)</sup> fand für die Cycloidesbank folgende Zusammensetzung:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	2,611 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,278 %
Fe <sub>3</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,496 %
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	91,793 %
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	1,926 %
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,455 %
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	0,621 %
NaCl . . . . .	0,155 %
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,582 %
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,311 %
Li <sub>2</sub> O . . . . .	Spuren
H <sub>2</sub> O . . . . .	0,946 %
CaO . . . . .	0,113 %

Neben der, in Kolonien massenhaft auftretenden *Terebratula cycloides*, fand *v. Sandberger*<sup>2)</sup> in der Cycloidesbank noch folgende Fossilien:

*Encrinus* Schloth. Quenstedt ss.

*Lima striata* Schloth. sp. s.

<sup>1)</sup> *A. Hilger*: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen 1889.)

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)

- Gervillia socialis* Schloth. sp. s.  
*Monotis Albertii* Goldf. s.  
*Myophoria simplex* Schloth. sp. h.  
*Corbula dubia* Münster s.  
*Natica oolithica* Zenker s.  
*Hybodus plicatilis* Ag. ss.  
*Nothosaurus giganteus* Münster h.

Ich fand die Cycloidesbank anstehend, jedoch stark gestört auf dem Veitshöchheimer Berg am Speckert auf 233 bzw. 236 m, ferner am Kalten Brunnen im Weg nach Gadheim 229 m, ferner in einem Steinbruch am Kolbenberg, südlich von Güntersleben auf 274 m. Bruchstücke der Bank fand ich im Walde am Kaltenberg, dann auf dem Abendsberg rechts der Strasse von Veitshöchheim nach Güntersleben und oberhalb des Talberggrabens.

Auf die Cycloidesbank folgen

#### die oberen Nodosusschichten,

die ich jedoch nirgends aufgeschlossen fand. Die über ihnen abgelagerten Kalke mit *Gervillia socialis* und *Terebratula vulgaris*, welche *Wagner*<sup>1)</sup> in einigen Profilen unserer Gegend beschreibt, fand ich auf dem Abendsberg hart am Waldrand in Bruchstücken. Ein guter Aufschluss der Semipartitusschichten liegt links der Strasse von Gadheim nach Güntersleben in einer Höhe von 270 m. Sie sind hier zweifelsohne nach Süden abgesunken. Ich fand dort schöne Exemplare von *Ceratites semipartitus* und *Gervillia socialis*. *Hilger*<sup>2)</sup> gibt für die Semipartitusschichten (Rottendorf) folgende Zusammensetzung an:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,489%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } . . . . .	2,171%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> }	
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	86,701%
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	1,213%
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,631%
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	0,975%
NaCl . . . . .	0,792%
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,310%
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,790%

<sup>1)</sup> *G. Wagner*: Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Hauptmuschelkalkes und der unteren Lettenkohle in Franken. (In.-Diss. Tüb. 1913.)

<sup>2)</sup> *A. Hilger*: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine der Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen 1890.)

Li <sub>2</sub> O . . . . .	Spuren
H <sub>2</sub> O . . . . .	0,975 %
CaO . . . . .	0,497 %

v. Sandberger<sup>1)</sup> fand für die Nodosusplatten und Semipartitusschichten noch folgende Fossilien:

- Discina discoides Schloth. sp. ss.  
 Terebratula vulgaris Schloth. sp. s.  
 Ostrea (Terquemia) spondyloides Goldf. h.  
 Ostrea (Terquemia) subanomia Goldf. hh.  
 Pecten laevigatus Schloth. sp. s.  
 Lima striata Schloth. sp. h.  
 Gervillia socialis Schloth. sp. h.  
 Gervillia crispata Goldf. sp. h.  
 Myophoria simplex Schloth. sp. h.  
 Myophoria pes anseris Schloth. sp. ss.  
 Corbula dubia v. Münster hh.  
 Pleuromya mactroides Schloth. sp. s.  
 Pleuromya musculoides Schloth. sp. hh.  
 Macrochilus sp. ss.  
 Holoepa dubia Bronn sp. s.  
 Holoepa obsoleta Schloth. dp. d.  
 Holoepa Hehlii Zieten sp. ss.  
 Nautilus bidorsatus Schloth. sp. h.  
 Rhyncholithus hirundo Faure-Big.  
 Ceratites enodis Quenst. ss.  
 Ceratites nodosus Brug. hh.  
 Colobodus sp. s.  
 Gyrolepis Albertii Ag. s.  
 Strophodus sp. s.  
 Acrodus lateralis Ag. s.  
 Acrodus pulvinatus Schmid. sp. s.  
 Acrodus substriatus Schmid. ss.  
 Saurichthys apicalis Ag. ss.  
 Nothosaurus aduncidens v. Meyer s.  
 Nothosaurus sp. h.  
 (Semipartitusschichten):  
 Lingula tenuissima Bronn ss.  
 Discina discoides Schloth. sp. ss.

<sup>1)</sup> F. v. Sandberger: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)

- Terebratula vulgaris* Schloth. sp. h.  
*Ostrea* (*Terquemia*) *subanomia* Goldf. h.  
*Ostrea* (*Terquemia*) *spondyloides* Goldf. s.  
*Placunopsis rugosa* Sandb. n. sp. ss.  
*Pecten discites* Schloth. sp. s.  
*Pecten laevigatus* Schloth. sp. s.  
*Lima striata* Schloth. sp. s.  
*Myalina vetusta* Goldf. sp. s.  
*Monotis Albertii* Goldf. s.  
*Gervillia substriata* Credn. h.  
*Gervillia socialis* Schloth. sp. hh.  
*Avicula pulchella* v. *Alberti* ss.  
*Nucula Goldfussii* v. *Alberti* h.  
*Macrodon* sp. ss.  
*Myophoria cardisoides* v. *Alberti* ss.  
*Myophoria intermedia* v. *Schauroth* h.  
*Myophoria pes anseris* Schloth. sp. h.  
*Myophoria Goldfussii* v. *Alberti* h.  
*Anoplophora brevis* v. *Schauroth* sp. h.  
*Corbula dubia* Münst. h.  
*Pleuromya musculoides* Schloth. sp. ss.  
*Pleuromya mactroides* Schloth. sp. ss.  
*Naticella* sp. ss.  
*Natica oolithica* *Zenker* h.  
*Holopea obsoleta* Schloth. sp. s.  
*Holopea dubia* *Bronn* sp. s.  
*Nautilus bidorsatus* Schloth. var. *nodosus* *Quenst.* ss.  
*Rhyncholithus hirundo* *Faure-Big.*  
*Ceratites semipartitus* *Gaillard.* hh.  
*Spirorbis valvata* *Goldf.* ss.  
*Halicyna* sp. ss.  
*Pemphix Sueurii* *Desm.* ss.  
*Crenipepis Sandbergeri* *Dames* ss.  
*Gyrolepis* sp. h.  
*Colobodus* sp. s.  
*Strophodus angustissimus* *Ag.* s.  
*Acrodus pulvinatus* *Schmid.* ss.  
*Acrodus Gaillardoti* *Ag.* s.  
*Acrodus lateralis* *Ag.* s.  
*Saurichthys Mougeoti* *Ag.* s.

- Saurichthys acuminatus Ag. s.  
 Leiacanthus opatowitzanus v. Meyer ss.  
 Hybodus obliquus Ags. s.  
 Placodus gigas Ag. ss.  
 Nothosaurus mirabilis Münst. s.

Über den Semipartitusschichten folgen als Grenzsichten gegen die Lettenkohle geschieferte Tone mit Ostrakoden. *Hilger*<sup>1)</sup> gibt für die

#### Ostracodontone

folgende Zusammensetzung an:

SiO <sub>2</sub> . . . . .	26,601 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	10,482 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3,741 %
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	45,400 %
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	3,081 %
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,352 %
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . .	0,712 %
NaCl . . . . .	0,062 %
K <sub>2</sub> O . . . . .	2,711 %
Na <sub>2</sub> O . . . . .	1,806 %
Li <sub>2</sub> O . . . . .	Spuren
H <sub>2</sub> O . . . . .	5,261 %

Ich fand die Ostracodontone bei Gadheim und am Rothenberg, an der Strasse von Gadheim nach Güntersleben, auf den Äckern verstreut, vor. Aufschlüsse sind nirgends vorhanden. In den Tonen fand ich algenähnliche Abdrücke, ferner am Rothenberg ein Exemplar von *Lingula tenuissima* v. *Sandberger*<sup>2)</sup> beschreibt noch folgende Fossilien:

- Ostrea* (*Terquemia*) *subanomia* Goldf. s.  
*Gervillia subcostata* Goldf. h.  
*Gervillia socialis* Schloth. sp. h.  
*Myophoria Goldfussii* v. *Alberti* s.  
*Anoplophora brevis* v. *Schauroth* sp. h.  
*Anoplophora lettica* *Quenst.* sp. h.  
*Corbula triasina* v. *Schauroth* h.  
*Bairdia pirus* v. *Seeb.* lh.  
*Estheria minuta* *Goldf.* sp. h.  
*Gyrolepis* sp. h.

<sup>1)</sup> *A. Hilger*: Die chemische Zusammensetzung der Gesteine des Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen 1890.)

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890.)

### Der Boden des Hauptmuschelkalkes.

Die Mergel und Schiefertone des Hauptmuschelkalkes verwittern sehr gut und geben einen fruchtbaren Ackerboden, der sehr wasserundurchlässig ist. Durch die, in der Ackerkrume ausgewitterten Bruchstücke von Fossilbänken, unterscheidet er sich vom Löss.

### Der Keuper.

#### Die untere Lettenkohle.

Nach der Ablagerung der Ostracodontone zog sich das Meer nach SW. zurück; auf die marine Facies des Hauptmuschelkalkes folgt die limnische des unteren Keupers, der Lettenkohle. Immerhin haben wir an deren Basis in den Glaukonitkalken und im blauen Dolomit noch Flachseesedimente. Erst auf die Ablagerung der weissgrauen Schiefer folgen die eigentlichen terrestrischen Bildungen des Keupers. Von der Lettenkohle sind nur die unteren Schichten abgelagert.

Weissgraue Schiefer mit *Anoplophora lettica*

Blauer Dolomit,

Schieferletten mit *Anoplophora lettica* und *Anoplophora brevis*. (An.)

Dunkle Ockerkalke.

Glaukonitkalke (BK)

#### Die Glaukonitkalke.

Die Glaukonitkalke sind ein wichtiger Grenzhorizont gegen den Muschelkalk. Sie sind leicht an ihrer Farbe, an ihrer Härte und ausserdem an ihrer dünnplattigen Struktur zu erkennen. Beim Anschlagen geben sie einen eigentümlichen Klang von sich. In der grobkörnigen Grundmasse ist massenhaft Glaukonit eingesprengt, der dem Gestein den Namen gegeben hat.

*Fischer*<sup>1)</sup> fand im Dünnschliff in der mit Kalkspat verkitteten Grundmasse mit Brauneisen imprägnierte Schalen von *Bairdia pirus*. Eine Analyse von den Glaukonitkalken gibt *Haushofer*<sup>2)</sup>. Er fand folgende Zusammensetzung:

CaO . . . . .	16,12%
MgO . . . . .	1,41%
FeO . . . . .	0,65%
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> . . . . .	0,41%
MnO . . . . .	0,20%

<sup>1)</sup> *H. Fischer*: Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine. (Würzburg 1909).

<sup>2)</sup> *H. Haushofer*: Über die Zusammensetzung des Glaukonits. Journal f. prakt. Chemie. Bd. 97. (Leipzig 1866).

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,16%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,92%
lösl. SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,81%
Quarz . . . . .	5,58%
Glaukonit . . . . .	1,11%
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	0,20%
Glühverlust (CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O, organische Substanzen . . . . .	41,30%

Ich fand die Glaukonitkalke der unteren Lettenkohle in Bruchstücken am gebrannten Hölzlein auf einer Höhe von 252 m. In einem Stück waren *Corbula*, Fischzähne, *Gervillia subcostata* und *Lingula tenuissima* zu sehen. Am Waldrand auf der Gadheimer Höhe sind braune Mergel mit dichten, ockerigen Kalken mit Knochenresten aufgeschlossen. Auf den Gadheimer Feldern fand ich grüne Schieferletten und weissgraue Schiefer mit *Anoplophora brevis* und *Anoplophora lettica*. Auch am Rothenberg, an der Strasse von Gadheim nach Güntersleben, liegen auf eine geringe Ausdehnung die unteren Schichten der Lettenkohle; sie sind dort von Sanden und Löss bedeckt. Ein zusammenhängender Aufschluss, der eine genaue Orientierung den einzelnen Schichten geben könnte, ist nicht vorhanden. Ausser der bereits erwähnten Fossilien erwähnt v. Sandberger<sup>1)</sup>

a) für den Glaukonitkalk

- Pecten discites* Schloth. sp. ss.
- Gervillia substriata* Credn. s.
- Myophoria Struckmanni* v. Stromb. hh.
- Myophoria transversa* Bornem. s.
- Myophoria intermedia* v. Schaur. h.
- Myophoria Goldfussi* v. Alberti. s.
- Myoconcha gastrochaena* Dunk. ss.
- † *Anoplophora brevis* v. Schaur. sp. h.
- Anoplophora compressa* Sandb. s.
- Pleuromya musculoides* Schloth. sp. s.
- Natica* sp. ss.
- Actaeonina* sp. s.
- Murchisonia ornata* v. Alberti sp. s.
- Bairdia pirus* v. Seeb. hh.
- † *Estheria minuta* Goldf. sp. hh.

<sup>1)</sup> F. v. Sandberger: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. (Würzburg 1890).

*Cyrolepis* sp. h.

*Strophodus angustissimus* Ag. h.

† *Acrodus Gaillardoti* Ag. hh.

*Acrodus lateralis* Ag. h.

*Hybodus plicatilis* Ag. h.

*Mastodonsaurus granulosus* E. Fraas. ss.

*Nothosaurus* sp. s.

† *Saurichthys apicalis* (befindet sich in der Sammlung, ist jedoch von v. Sandberger nicht erwähnt).

#### b) für den blauen Dolomit.

Holz, vermutlich von *Glyptolepis keuperiana* Goepp. sp. s.

*Lingula tenuissima* Bronn. ss.

*Modiola* aff. *gracilis* z. Klipst. ss.

*Pecten discites* Schloth. sp. ss.

*Monotis Albertii* Goldf. s.

*Gervillia socialis* Schloth. ss.

*Gervillia lineata* Goldf. ss.

*Gervillia subcostata* Goldf. sp. hh.

*Myophoria Struckmanni* v. Stromb. hh.

*Myophoria intermedia* v. Schaur. h.

*Myophoria Goldfussii* v. Alberti. hh.

*Anoplophora brevis* v. Schaur. sp. h.

*Anoplophora compressa* Sandb. s.

† *Anoplophora lettica* Quenst. sp. ss.

*Natica* sp. ss.

*Estheria minuta* Goldf. sp. h.

*Acrodus Gaillardoti* Ag. s.

#### c) weissgrauer Schiefer.

*Myophoria transversa* Bornem. ss.

† *Anoplophora lettica* Quenst. sp. hh.

† *Anoplophora brevis* v. Schaur. sp. hh.

*Estheria minuta* Goldf. sp. h.

Neben den Absätzen der Trias finden wir auch

tertiäre, diluviale und alluviale Gebilde.

Tertiär sind anscheinend die grobkörnigen Höhensande im Lindentalgraben, am Südabhang des Abendsberges, am gebrannten Hölzlein, auf dem Speckert, auf den Höhen am Schleehef und bei Gadheim. Wie



das in ihnen vorkommende Gerölle zeigt, sind sie Ablagerungen des ehemals weit ausgedehnten Mainbettes.

Diluviale Ablagerungen fand ich in den sandigen, konglomeratischen Bänken am hohen Weg zum Hirschberg. (Prof. 2). Sie liegen dort über den Ockerkalken in einer Höhe von 209 m. Mächtige, grobe, festverkittete Konglomerate fand ich ausserdem in einem Steinbruch, nordöstlich von Thüngersheim (Prof. 5). Sie erreichen an dieser Stelle eine Mächtigkeit bis zu drei Metern und enthalten Lydite des Fichtelgebirges, verkieselte Keupersandsteine, Hornsteine und dichte, blaue Triaskalke. Über diesen Konglomeraten folgt geschichteter Schwemmlöss.

Die wichtigste Ablagerung des Diluviums ist der

### Löss.

Er stellt ein sehr feinkörniges, ungeschichtetes, braungelbes, Akkumulat von Quarzstaub dar, in das Feldspat, Glimmer, Hornblende, Augit und Granat in feinsten Bestandteilen eingelagert ist. Ausserdem führt er kohlsauerer Kalk, der oft vom Wasser gelöst wird und an anderen Stellen in konkretionären Bildungen, den Lösskindeln wieder abgelagert ist. Eine Analyse der Lösskindel von Erlabrunn<sup>1)</sup> gibt folgende Zusammensetzung:

in Salzsäure löslich . . . . .	78,136 %
kohlensaurer Kalk . . . . .	60,26 %
kohlensaure Magnesia . . . . .	14,24 %
Eisenoxyd . . . . .	3,60 %
Phosphorsäure . . . . .	0,012 %
Kali . . . . .	0,024 %
in Salzsäure unlösliche Substanzen . . . . .	20,94 %

Der Löss ist nicht fossilarm; wir finden in ihm eine Reihe von Landschnecken, deren hauptsächlichste Vertreter *Helix hispida*, *Helix sericea*, *Pupa muscorum*, *Succinea oblonga* sind. *v. Sandberger*<sup>2)</sup> beschreibt auch Funde von Knochenresten diluvialer Wirbeltiere.

Ich fand den Löss in den Tälern des Maines und bei Erlabrunn, ausserdem auch auf den rechtsmainischen Höhen und linksmainisch auf dem Geisberg. Je nach dem Vorkommen können wir deshalb einen Tallöss und einen Berglöss unterscheiden.

<sup>1)</sup> *A. Hilger u. F. Nies*: Mitteilungen aus dem chemischen Laboratorium. (Würzburg 1873.)

<sup>2)</sup> *F. v. Sandberger*: Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unter frankens. (Würzburg 1890.)

### Der Tallöss

ist in den Mainbuchten zwischen Margetshöchheim und Erlabrunn, im Leinacher Tal und in der Zellinger Mulde meist über Sanden und Geröllen abgelagert. Die Grenze zwischen Löss und Sand ist oft sehr schwer festzustellen, da beide Gebilde meistens ineinander übergehen. Nach einer Analyse *Hilgers*<sup>1)</sup> hat der Tallöss folgende Zusammensetzung:

Kohlensaurer Kalk . . . . .	25,24 %	
Kohlensaure Magnesia . . . . .	4,10 %	
Phosphorsäure (in Salzsäure löslich) . . . . .	0,26 %	
Kieselsäure . . . . .	55,62 %	
Eisenoxyd . . . . .	3,26 %	
Tonerde . . . . .	6,42 %	
Kalk	} an Kieselsäure gebunden {	1,26 %
Magnesia		0,52 %
Kali . . . . .	1,56 %	
Kali in HCl löslich . . . . .	0,08 %	
Natron . . . . .	1,40 %	
Chlor als Kochsalz . . . . .	0,02 %	
Schwefelsäure . . . . .	0,26 %	

### Der Berglöss

ist auf den Höhen des Abendsberges im Gadheimer Grund, auf den Höhen zwischen Gadheim und Güntersleben, auf dem Deisenberg und Trieblesberg bei Güntersleben und an den Rändern des Altenberges abgelagert. Es fiel mir auf, dass der Löss nur auf einer Seite der Höhenzüge auftritt. Linksmainisch fand ich ihn, vielleicht mit eluvialen Lehmen der Anhydritgruppe vermischt, zwischen Eichelberg und Geisberg. Der Berglöss unterscheidet sich im Tallöss dadurch, dass er grössere Mengen an Kali, Phosphorsäure und Kalk hat. *Hilger*<sup>2)</sup> fand für den Berglöss (Heugelhöfe bei Rottenbauer) folgende Zusammensetzung:

Kohlensaurer Kalk . . . . .	20,64 %
Kohlensaure Magnesia . . . . .	3,69 %
Phosphorsäure (in Salzsäure unlöslich) . . . . .	0,31 %
Kieselsäure . . . . .	58,29 %

<sup>1)</sup> *A. Hilger*: Die chemische Zusammenstellung der Gesteine der Würzburger Trias. (Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen 1886.)

<sup>2)</sup> *A. Hilger*: Mitteilungen aus dem chemischen Laboratorium. (Würzburg 1873.)

Eisenoxyd . . . . .	4,62 %	
Tonerde . . . . .	5,31 %	
Kalk	} an Kieselsäure gebunden {	2,67 %
Magnesia		1,24 %
Kali . . . . .	2,16 %	
Kali in HCl löslich . . . . .	0,12 %	
Natron . . . . .	0,91 %	
Chlor als Kochsalz . . . . .	0,01 %	
Schwefelsäure . . . . .	0,71 %	

Wird im Löss der kohlen saure Kalk ausgelaugt, Feldspat, Hornblende und Augit verwittert, so entsteht aus ihm der Lösslehm, der im Gegensatz zum Löss plastisch ist. Die Entkalkung kann an Ort und Stelle erfolgen; der Löss kann aber auch durch Verschwemmung seinen Kalkgehalt verloren haben und sekundär abgelagert sein. In der Regel ist der Schwemmlöss geschichtet. (Siehe Steinbruch Thüngersheim Prof. 5.) Der Lösslehm wird zum Brennen von Ziegeln gebraucht. Solche Ziegelhütten sind bei Erlabrunn, bei Gadheim und bei Güntersleben zu finden.

Der Löss bildet einen ausgezeichneten Boden für die Landwirtschaft. Überall wo er vorkommt, begegnen wir einer üppigen Vegetation.

Von den alluvialen Bildungen sind die älteren Gerölle an den Talmündungen, ferner die Sande und Gerölle des Maines und ausserdem der Gehängeschutt, der besonders im Wellenkalkgebiete als Rest ehemaliger Felsstürze auftritt, zu erwähnen.

---

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn

*Prof. Dr. J. Beckenkamp,*

für die gütige Überlassung des Themas und für die freundliche Anleitung bei der Anfertigung der Arbeit den herzlichsten Dank auszusprechen.

## Literatur-Verzeichnis.

1. *v. Alberti*: a) Beitrag zu einer Monographie des bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers. Stuttgart und Tübingen 1834.  
b) Halurgische Geologie. 2 Bände. Stuttgart und Tübingen 1854.  
c) Überblick über die Trias. Stuttgart 1864.
2. *Beckenkamp J.*: a) Über die geologischen Verhältnisse der Stadt und der nächsten Umgebung von Würzburg. (Sitzungsberichte der Phys. Med. Gesellschaft zu Würzburg 1907.)  
b) Über die Bildung der Zellenkalke. (Sitzungsberichte der Phys. Med. Gesellschaft zu Würzburg 1907.)  
c) Demonstrationen einiger geologischer Modelle. (Sitzungsbericht der Phys. Med. Gesellschaft zu Würzburg 1911. Seite 30—32.) (Erschienen Wbg. 1912.)
3. *Benecke E. W.*: Über die Trias von Elsass-Lothringen. Abh. z. geol. Spezialkarte von Elsass-Lothringen, Band I, Heft. 4. Strassburg 1877.
4. *Bornemann J. G.*: a) Beiträge zur Kenntnis des Muschelkalks, insbesondere der Schichtenfolge und der Gesteine des unteren Muschelkalks in Thüringen. Jahrb. d. Kgl. preuss. geol. Landesanstalt 1885.  
b) Über den Muschelkalk, ebenda 1888.  
c) Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias. Jena 1889.
5. *Carthaus E.*: Mitteilungen über die Triasformation im nördlichen Westfalen. In.-Diss. Würzburg 1886.
6. *Chelius C.*: Geologischer Führer durch den Vogelsberg.
7. *Credner H.*: Elemente der Geologie 1912.
8. *Dienemann W.*: Das oberhessische Buntsandst.-ingebiet. In.-Diss. Marburg 1914.
9. *Fischer H.*: a) Beitrag zur Kenntnis der unterfränkischen Triasgesteine. In.-Diss. Würzburg 1909.  
b) Die dolomitischen Gesteine der unterfränkischen Trias. (Geogn. Jahresb. 1911.)
10. *Fraas O.*: a) Über Grenzlinien in der Trias Württembergs.  
b) Die Bildung der germanischen Trias. (Eine petrographische Studie.) Jahresb. d. Vereins f. vaterl. Naturk. i. Württemberg 1899.
11. *Frantzen W.*: a) Untersuchungen über die Gliederung des unteren Muschelkalks in einem Teile von Thüringen und Hessen und über die Natur der Oolithkörner in diesen Gebirgsschichten. Jahrb. d. kgl. preuss. geol. Landesanstalt 1887.  
b) Beiträge zur Kenntnis der Schichten des Buntsandsteins und der tertiären Ablagerungen am Nordrande des Spessarts. Jahresb. d. Kgl. preuss. geol. Landesanstalt 1888.  
c) Mitteilungen über die Aufnahme des Blattes Treffert. Neues Jahrb. 1897.  
d) Erläuterung zur geol. Karte von Preussen und den thüring. Staaten. Blatt Meiningen 1889.  
e) Untersuchungen über die Gliederung des unteren Muschelkalkes im nordöstlichen Westfalen und im südwestlichen Hannover. Jahrb. d. Kgl. preuss. geol. Landesanstalt 1888.
12. *Frantzen W. und Könen*: a) Gliederung des Wellenkalks im mittleren und nordwestlichen Deutschland. Jahrb. d. Kgl. preuss. geol. Landesanstalt 1887.

13. *Fuchs Th.*: Sitzungsberichte d. Kgl. Ak. d. Wissensch. Math.-Naturw. Cl.
14. *v. Gümbel W.*: a) Die geognostischen Verhältnisse des fränkischen Triasgebietes. Bavaria IV. Band, 1. Abt. Unterfranken und Aschaffenburg, München 1866. (Separatdruck 1865.)  
b) Über die Natur und Bildungsweise des Glaukonits. Sitzungsberichte der bayer. Akademie d. Wissensch. zu München 1886.  
c) Geologie von Bayern, II. Band: Geologische Beschreibung von Bayern. Kassel 1894.  
d) Geognostische Übersichtskarte von Bayern 1856. Maßstab 1:1000000.
15. *Haushofer H.*: Über die Zusammensetzung des Glaukonits. Journal f. prakt. Chemie Band 97, Leipzig 1866.
16. *Henkel L.*: Studien im süddeutschen Muschelkalk. Zeitschr. d. deutsch.-geol. Ges. 1902.
17. *Hilger A.*: a) Die chemische Zusammensetzung von Gesteinen der Würzburger Trias. Mitteilungen aus dem pharmazeutischen Institut Erlangen Heft 1, 1889.  
b) Mitteilungen aus dem chemischen Laboratorium. Würzburg 1873.
18. *Hilger A. und F. Nies*: Der Röt Unterfrankens und sein Bezug zum Weinbau. Mitteilungen aus dem chemischen Laboratorium Würzburg 1873.
19. *Keilhack K.*: Lehrbuch der prakt. Geologie. 1908.
20. *Liebetrau E.*: Beiträge zur Kenntnis des unteren Muschelkalks bei Jena. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 41. Band. 1889.
21. *Neminar E. F.*: Über die Entstehungsweise der Zellenkalke und verwandte Gebilde. Tschermaks Mitteilungen. 1875.
22. *Pasarge S.*: Der Röt im östlichen Thüringen. In.-Diss. Jena 1891.
23. *Philippi E.*: Kontinentale Trias. Lethaea geognostica Teil II, 1. Heft, 1. Lieferung 1903.
24. *Platz Ph.*: Die Triasbildungen des Taubertales. Verhandl. d. naturw. Vereins zu Karlsruhe. 1869.
25. *Regelmann K.*: Tektonische Karte Südwest-Deutschlands. J. Perthes. 1898.
26. *Reis O.*: Der mittlere und untere Muschelkalk im Bereich der Steinsalzbohrungen zwischen Burgbernheim und Schweinfurt. Geogn. Jahresh. Jahrg. 14. 1901.  
b) Über Styolithen, Dutenmergel und Landschaftenkalk. Geogn. Jahresh. 15. Jahrg. 1902.  
c) Beobachtungen über die Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen unteren und mittleren Trias. Geogn. Jahresh. Jahrg. 22. 1909.  
d) Erläuterungen zur geol. Karte des Königreichs Bayern. Blatt Kissingen Nr. 41. München 1914.
27. *Rummel F.*: Beitrag zur Kenntnis der Trias Unterfrankens. Neues Jahrb. f. Min. 1863.
28. *v. Sandberger F.*: a) Beobachtungen in der Würzburger Trias. Würzb. nat. Zeitschrift Bd. V. 1864.  
b) Die Gliederung der Würzburger Trias und ihre Äquivalente. Würzb. nat. Zeitschr. Bd. VI. 1867.  
c) Neue Petrefakten in der fränkischen Trias und dem mittleren Oolithe Oberbadens. N. Jahrb. f. Min. 1870.  
d) Briefliche Mitteilungen: Neues aus der Würzburger Trias und Heidingsfelder Diluvium (Löss). 1874.

- e) Die prähistorische Zeit im Maingebiete. Gemeinnützige Wochenschrift. 1875.
  - f) Über Ablagerungen der Glazialzeit und ihre Fauna bei Würzburg. Verh. d. Phys.-Med. Ges. z. Würzburg. N. F. 14. Bd. 1879.
  - g) Die Triasformation im mittleren Maingebiete. Gemeinnützige Wochenschrift. Würzburg 1882.
  - h) Übersicht der Versteinerungen der Triasformation Unterfrankens. Verh. d. Phys.-Med. Ges. z. Würzburg. N. F. Bd. 23. 1890.
  - i) Die Lagerung der Muschelkalk- und Lettenkohlegruppe in Unterfranken. Verh. d. Phys.-Med. Ges. z. Würzburg. N. F. 1892.
  - k) Geol. Skizze der Umgebung von Würzburg. Festschr. z. 18. Vers. d. deutsch. Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege. Würzburg. 1892.
29. *Schenk A.*: Geogn. Karte d. Umgebung v. Würzburg. 1852.
30. *Scheibe R.*: Erläuterung z. geogn. Karte v. Preussen und den thüringischen Staaten.
31. *Schmidt E.*: a) Der Muschelkalk des östlichen Thüringens. Jena. 1876.  
b) Der ostthüringische Röt. Jahrb. d. Kgl. preuss. geol. Landesanstalt. 1881.
32. *Steinmann G.*: Einführung in die Paläontologie. Leipzig 1907.
33. *Thürach H.*: Beiträge zur Kenntnis des Keupers in Süddeutschland. Geogn. Jahresh. Bd. XIII. 1900.
34. *Wagner G.*: Beiträge zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des oberen Hauptmuschelkalkes und der unteren Lettenkohle in Franken. In.-Diss. Tübingen 1913.
35. *Wagner R.*: a) Die Formation des Buntsandsteins und des Muschelkalkes bei Jena. Jahresbericht der Ackerbauschule zu Zwätzen bei Jena. 1887.  
b) Beitrag zur genaueren Kenntnis des Muschelkalkes bei Jena. Abh. d. Kgl. preuss. geol. Landesanstalt. N. F. Heft 27, Berlin 1897.
36. *Wagner W.*: Geologische Beschreibung der Umgebung von Fladungen vor der Rhön. Jahrb. d. Kgl. preuss. geol. Landesanstalt. Bd. XXX, Teil II.
37. *Wagner*: Über Tierfährten im Buntsandstein. Brief an Prof. Bronn. N. Jahrb. f. Min. 1860.
38. *Walther J.*: Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. Leipzig 1912.
39. *Weber A. K.*: Das Störungsgebiet am Nordrande des Thüringer Waldes zwischen Friedrichsroda und Georgental. In.-Diss. Greifwald 1913.
40. *Zelger K.*: Geogn. Wanderungen im Gebiete der Trias Frankens. Würzburg 1865.
41. *Zittel K.*: Grundzüge der Paläontologie. Leipzig 1895.

# Die Lagerungsverhältnisse des Buntsandsteins und der übrigen Triasschichten bei Thüngersheim

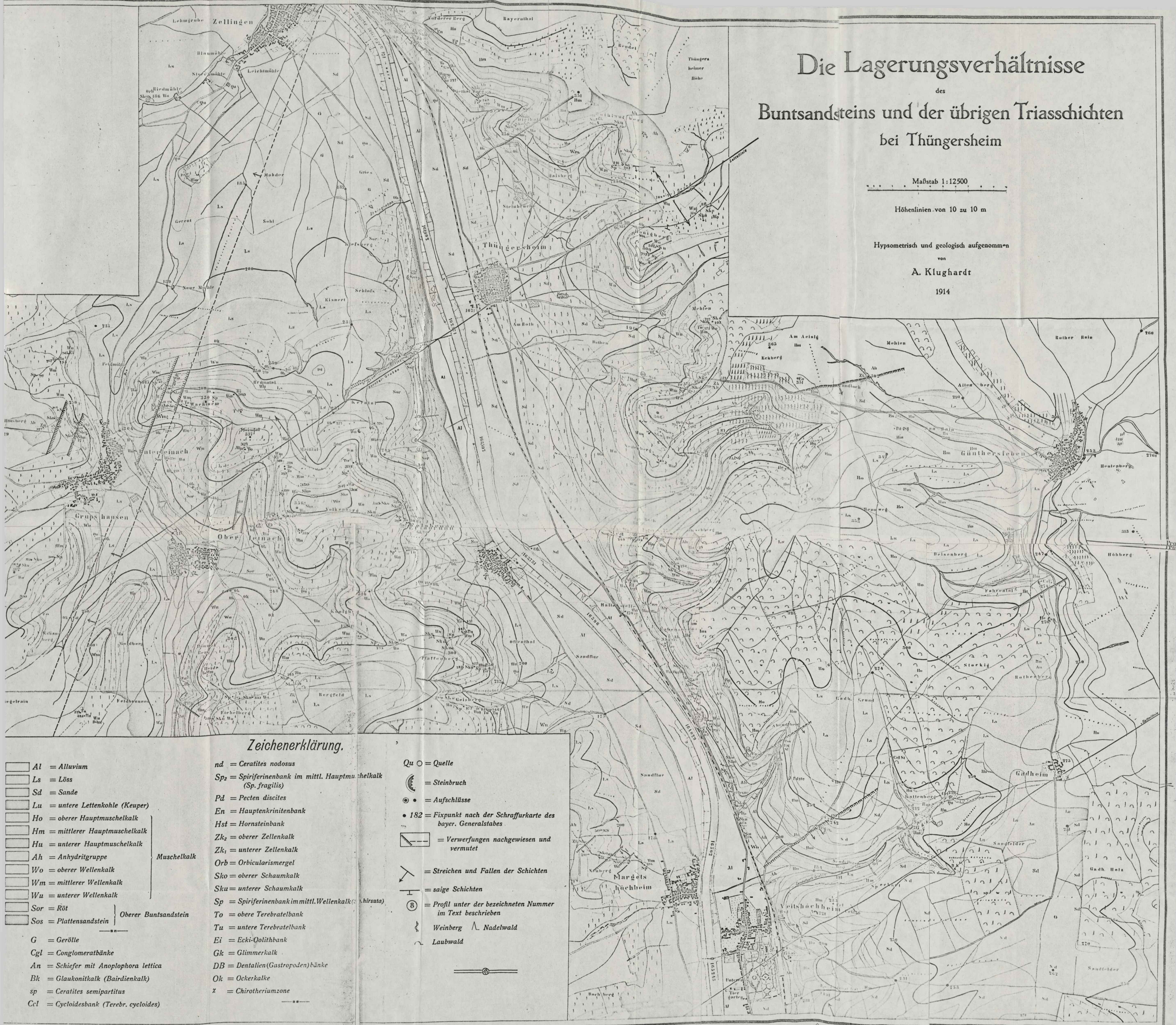
Maßstab 1:12500

Höhenlinien von 10 zu 10 m

Hypsometrisch und geologisch aufgenommen

von  
A. Klughardt

1914



## Zeichenerklärung.

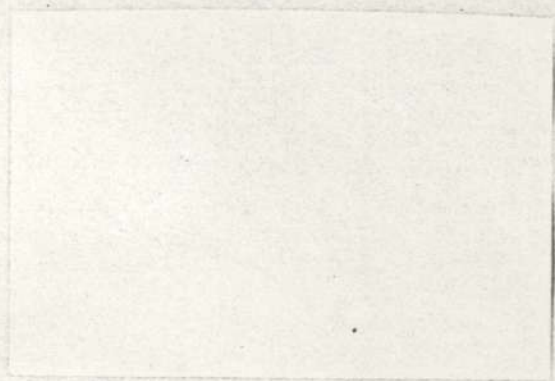
- Al = Alluvium
  - Ls = Löss
  - Sd = Sande
  - Lu = untere Lettenkohle (Keuper)
  - Ho = oberer Hauptmuschelkalk
  - Hm = mittlerer Hauptmuschelkalk
  - Hu = unterer Hauptmuschelkalk
  - Ah = Anhydritgruppe
  - Wo = oberer Wellenkalk
  - Wm = mittlerer Wellenkalk
  - Wu = unterer Wellenkalk
  - Sor = Röt
  - Sos = Plattensandstein
- Muschelkalk
- Oberer Buntsandstein
- G = Gerölle
  - Cgl = Conglomeratbänke
  - An = Schiefer mit Anoplophora lettica
  - Bk = Glaukonitkalk (Bairdinkalk)
  - sp = Ceratites semipartitus
  - Ccl = Cycloidesbank (Terebr. cycloides)

- nd = Ceratites nodosus
- Sp<sub>2</sub> = Spiriferinbank im mittl. Hauptmuschelkalk (Sp. fragilis)
- Pd = Pecten discites
- En = Hauptenkrinitenbank
- Hst = Hornsteinbank
- Zk<sub>2</sub> = oberer Zellenkalk
- Zk<sub>1</sub> = unterer Zellenkalk
- Orb = Orbicularismergel
- Sko = oberer Schaumkalk
- Sku = unterer Schaumkalk
- Sp = Spiriferinbank im mittl. Wellenkalk (Sp. hirsuta)
- To = obere Terebratelbank
- Tu = untere Terebratelbank
- Ei = Ecki-Oolithbank
- Gk = Glimmerkalk
- DB = Dentalien (Gastropoden) bänke
- Ok = Ockerkalke
- z = Chirotheriumzone

- Qu ○ = Quelle
- = Steinbruch
- = Aufschlüsse
- 182 = Fixpunkt nach der Schraffurkarte des bayer. Generalstabes
- = Verwerfungen nachgewiesen und vermutet
- = Streichen und Fallen der Schichten
- = saige Schichten
- ⑧ = Profil unter der bezeichneten Nummer im Text beschrieben
- Weinberg
- Nadelwald
- Laubwald







VERHANDLUNGEN  
DER  
PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT  
ZU  
WÜRZBURG.

N. F. BAND XLIV.

N<sup>o</sup>. 2.

ÜBER RHYTHMISCHE LEBENS VorgÄNGE  
BEI DEN PFLANZEN.

EIN SAMMELREFERAT

VON

KNIEP.



WÜRZBURG.  
VERLAG VON CURT KABITZSCH.  
KGL. UNIV.-VERLAGSBUCHHÄNDLER.  
1915.

Jede Nummer ist als Separatabdruck auch einzeln käuflich.

# Botanische Arbeiten

aus den

„Verhandl.“ u. „Sitzungsberichten“ der Physik.-med. Gesellschaft

## Die Flora des Rhöngebirges.

Von M. Goldschmidt-Geisa.

- I. Folge. 2. Aufl. Preis M. 1.—.  
II. Folge. Preis M. —.60. III. Folge. Preis M. 1.—.  
IV. Folge. Preis M. 1.—. V. Folge. Preis M. —.80.  
VI. Folge. Preis M. 1.20. VII. Folge. Preis M. 1.—.  
VIII. Folge. Preis M. 1.—.

## Beiträge

zur

## Kenntnis der Kallus- und Wundholzbildung geringelter Zweige und deren histologischen Veränderungen.

Von Dr. phil. Aug. Krieg.

Mit 25 Tafeln. — Preis Mk. 12.—.

Aus der

## Pflanzenwelt Unterfrankens.

Herausgegeben von

Prof. Dr. Gregor Kraus.

- Heft 1: Johann Michael Fehr und die Grettstadter Wiesen. Von Gr. Kraus. Preis M. 1.50  
• 2: Über den Bau der Schlehrüppel. Von Fr. Bott. Preis M. 1.—  
• 3: Anpassung der Zwergpflanzen des Würzburger Wellenkalkes nach Blattgröße und Spaltöffnungen. Von E. Lippold. Preis M. 1.50  
• 4: Anemometrisches vom Krainberg bei Gambach. Mit 4 Tafeln. — Schlussworte zu Fehrs „Tempe“. Von Gr. Kraus. Preis M. 2.—  
• 5: Über Alter und Dickenwachstum von Würzburger Wellenkalkpflanzen. Von Fr. Kanngieser. Preis M. 1.20  
• 6: Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen. Von Gregor Kraus. Mit 1 Tafel. Preis M. 1.50  
• 7: *Vicia Orobus* DC. und ihre Heterotrichie. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—  
• 8: Die *Sesleria*-Halde. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—  
• 9: Die Anatomie einiger Gramineenwurzeln des Würzburger Wellenkalkes. Von Franz Contzen. Preis M. 2.40  
• 10: Erfahrungen über Boden und Klima auf dem Wellenkalk. Preis M. —.80  
• 11: Die Fels- und Gerölllehne. — Wellenkalkwälder. — *Lactuca quercina* L. — *Ambrosius* Rau und sein Rosenherbar. Preis M. 1.30

## Aristoteles und Plinius.

Studien zur Geschichte der Zoologie

von Dr. August Steier.

Preis broschirt M. 4.—.

INHALT: Die Einteilung der Tiere in der *Naturalis Historia* des Plinius. — Die Tierformen des Plinius. — Zoologische Probleme bei Aristoteles und Plinius.

Eine der besten Arbeiten zur antiken Zoologie, welche seit Jahren erschienen ist.  
„Mitteilungen zur Geschichte der Medizin“.

# Über rhythmische Lebensvorgänge bei den Pflanzen<sup>1)</sup>.

Ein Sammelreferat.

Von

H. Kniep.

---

Wie bei den Tieren, so gibt es auch bei den Pflanzen eine grosse Reihe von Lebenserscheinungen, die einen rhythmischen Verlauf zeigen. Beispiele dafür sind: die Ruheperiode der Bäume, das periodische Öffnen und Schliessen vieler Blüten, die Schlafbewegungen (nyktinastischen Bewegungen) der Blätter, die periodische Entleerung der Fortpflanzungszellen vieler Algen, die Periodizität des Wachstums und der Kernteilungen und vieles andere. Bei der Erklärung aller dieser Vorgänge spielt die Frage eine Hauptrolle: ist die Rhythmik eine innere, in der pflanzlichen Organisation gegebene (autonome) Erscheinung oder ist sie durch parallel laufende, rhythmische Änderungen der Aussenbedingungen im Individuum induziert (aitiogen)? Mit anderen Worten würde das heissen: ist die Periodizität gewisser Vorgänge eine erblich überkommene Eigenschaft der Pflanze oder wird sie jedesmal im Individuum unter dem Einfluss der Aussenwelt neu erworben?

Gerade hinsichtlich der Ruheperiode der Bäume ist diese Frage in neuester Zeit eifrig diskutiert worden. Wir wollen daher mit einer kurzen Besprechung dieser Erscheinung beginnen. Die Beobachtung in der Natur in unseren Breiten lehrt uns folgendes: Im April oder Mai, bei einigen Bäumen oder Sträuchern schon etwas früher, beginnt das Austreiben der Knospen. Die fortgesetzte Blattentwicklung hält nicht während des ganzen Sommers an, hört vielmehr bei vielen Bäumen bereits im Frühsommer, also lange ehe der Baum sein Laub abwirft, auf. Während des Winters ist der Baum

<sup>1)</sup> Erscheint gleichzeitig in der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften“.

kahl und zeigt äusserlich keine Veränderungen, er „ruht“. Die nähere Untersuchung zeigt allerdings, dass diese winterliche Ruhe keineswegs eine absolute ist. So hat man festgestellt, dass Stoffumwandlungen im Innern des Baumes vor sich gehen (Abnahme der Stärke und Zunahme des Zuckers [A. Fischer 1890, Niklewski 1905]), auch die Atmung steht keineswegs still, es findet vielmehr ein dauernder Substanzverlust durch Oxydation statt (Simon 1906). Der Begriff der Ruhe bedarf also zunächst einer näheren Präzisierung. Es soll darunter das Ausbleiben des Treibens, also des Sprosswachstums und der Blattentfaltung verstanden werden. Nach dem oben Gesagten würde somit die Periode der Ruhe bei vielen unserer einheimischen Laubbäume schon im Sommer beginnen und im nächsten Frühjahr enden. Neben der Periodizität des Treibens zeigen die Laubbäume noch eine andere Periodizität, die aber mit der ersteren nur in mittelbarem Zusammenhang steht, die Periodizität des Laubfalls.

Da das Austreiben der Bäume, der Nadel- wie der Laubbäume, und der Laubfall der letzteren in unseren Breiten an bestimmte Jahreszeiten geknüpft sind, so liegt es nahe, die Veränderungen der klimatischen Bedingungen für das Eintreten dieser Erscheinungen verantwortlich zu machen. Die Temperaturänderungen, die Beleuchtungsverhältnisse und die Beschaffenheit des Bodens und der Atmosphäre sind die Faktoren, an die wir hier in erster Linie denken könnten. Für den Stillstand des Treibens, der, wie erwähnt, bei vielen unserer Laubbäume schon im Frühsommer erfolgt, also unter Vegetationsbedingungen, die wir als günstige kennen, ist eine so einfache Erklärung nicht möglich, es ist aber von vornherein nicht ausgeschlossen, dass auch für ihn in letzter Linie äussere Bedingungen ausschlaggebend sind.

Ein ganz anderes Bild gewinnen wir, wenn wir die periodischen Erscheinungen der Bäume in den Tropen berücksichtigen, namentlich in solchen Tropengebieten, wo keine ausgesprochenen Trockenperioden herrschen<sup>1)</sup>. Die Forscher, welche diese Verhältnisse näher untersucht haben, sind fast alle zu dem Ergebnis gelangt, dass äussere Faktoren nicht das allein Ausschlaggebende für das Zustandekommen der Periodizität sein können. Sie nehmen vielmehr eine in der inneren Organisation der Pflanze begründete (autonome) Periodizität

<sup>1)</sup> Während der Trockenzeit pflegen die Tropenbäume im allgemeinen zu ruhen, während sie in der Regenzeit treiben. Davon gibt es allerdings Ausnahmen. Smith (1909) gibt an, dass in Ceylon die immgrünen Bäume während der Trockenzeit treiben.

an, die höchstens durch die Aussenbedingungen modifiziert werden kann<sup>1)</sup>. Von den Tatsachen, die für diese Ansicht ins Feld geführt werden, seien folgende genannt: Auch in Klimaten, in denen Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse während des ganzen Jahres sehr gleichmässig sind (wie im Hochgebirge Westjavas), zeigen fast alle Bäume eine ausgesprochene Periodizität des Treibens. Bäume, die während des ganzen Jahres im Treiben begriffen sind, sind ausserordentlich selten. Häufiger ist eine dauernde Belaubung, die daher rührt, dass oft das alte Laub noch nicht abgefallen ist, während das neue sich schon ganz oder zum Teil entwickelt hat. Ein regelmässiges Zusammenfallen des Treibens mit bestimmten Jahreszeiten, wie das bei uns der Fall ist, lässt sich in dem gleichmässigen Gebirgsklima Westjavas nicht konstatieren. In jeder Jahreszeit können wir treibende und ruhende Bäume zugleich beobachten. Nach den Untersuchungen von *Volkens* (1912) und *Simon* (1914) gibt es viele Tropenbäume, die in verschiedenen Jahren ihre Belaubung zu ganz verschiedenen Jahreszeiten vornehmen. Besonders merkwürdig ist die schon längere Zeit bekannte, von neueren Forschern wiederholt bestätigte Erscheinung, dass mehrere dicht neben einander stehende Exemplare derselben Spezies sich hinsichtlich ihrer Ruheperiode ganz verschieden verhalten können. So berichtet z. B. *Simon* (1914 S. 153), dass von vier einander benachbarten Bäumen von *Spondias mangifera* (Anacardiaceae) der eine sich am 7. Januar zu belauben begann, ein anderer etwa am 20. Februar, der dritte Mitte Mai, während der vierte Ende Juni noch kahl war. Sehr bemerkenswert ist ferner, dass zahlreiche Tropenbäume während eines Jahres zweimal, manche sogar noch öfter treiben<sup>2)</sup>. Auch hier lässt sich nicht ohne weiteres feststellen, dass die Aussenbedingungen, unter denen das geschieht, sich jeweils parallel gehend verändern. Fügen wir noch hinzu, dass es in den Tropen vorkommt, dass verschiedene Äste ein- und desselben Baumes sich ganz verschieden verhalten, indem der eine völlig kahl, der andere gleichzeitig in voller Belaubung, ein dritter reich mit Blüten geschmückt ist, so lässt sich in der Tat nicht bestreiten, dass die nächstliegende Annahme die ist, die Aussenbedingungen spielen für das

<sup>1)</sup> So *Schimper* (1893), *Pfeffer* (1901), *Wright*, (1904/05), *Spoth* (1912), *Volkens* (1912), *Magnus* (1913), *Jost* (1913), *Johannsen* (1913b), *Simon* (1914) u. a.

<sup>2)</sup> *Volkens* gibt an (1912, S. 5, 9, 81), dass *Ficus fulva* das Laub dreimal wechseln kann. Nach *Smith* (1909) treibt *Theobroma Cacao* in Ceylon sogar fünfmal im Jahre.

Zustandekommen der Periodizität nicht die entscheidende Rolle. Es macht vielmehr den Eindruck, als sei eine innere (autonome) Rhythmik vorhanden, eine Rhythmik also, die sich auch unter gewissen, ganz konstanten Aussenbedingungen äussern müsste. Dieser Anschauung verleiht *Schimper* (1898, S. 261/262) mit folgenden Worten Ausdruck: „Die tropischen Gewächse sind ebenso wie diejenigen kühler und kalter Zonen der periodischen Abwechslung von Ruhe und Bewegung unterworfen. Wo eine scharfe klimatische Periodizität herrscht, zeigen sich die Funktionen des pflanzlichen Organismus auch in den Tropen von ihr wesentlich beeinflusst. So wirken trockene Jahreszeiten in mancher Hinsicht wie kalte. Je weniger ausgeprägt die Periodizität des Klimas, desto unabhängiger ist die Periodizität in der Pflanze von ihrem Einfluss. Innere Ursachen sind in dem nahezu gleichmässigen Klima für die Abwechslung von Ruhe und Bewegung vorwiegend oder allein massgebend. Aufgegeben wird solche Rhythmik jedoch niemals, denn sie ist im Wesen des Organismus und nicht in den äusseren Bedingungen begründet. Ihr Zusammenhang mit den letzteren ist eine sekundäre Erscheinung, eine Anpassung.“

Während die meisten Forscher sich, wie oben bereits erwähnt, dieser Ansicht angeschlossen haben, ist ihr in neuester Zeit *Klebs*<sup>1)</sup> auf das entschiedenste entgegengetreten. Der Standpunkt von *Klebs* lässt sich etwa folgendermassen kurz charakterisieren: Eine innere, in der pflanzlichen Organisation begründete (oder, wie *Klebs* sich ausdrückt, auf der spezifischen Struktur beruhende), erblich fixierte Ruheperiode gibt es nicht. Die Entscheidung darüber, ob ein Baum ruht oder treibt, hat in letzter Linie immer die Aussenwelt. Es muss daher möglich sein, durch bestimmte Kombination der Aussenbedingungen einen Baum zum fortgesetzten Treiben zu bewegen.

Es ist das unbestreitbare Verdienst von *Klebs*, nicht nur mit allem Nachdruck darauf hingewiesen zu haben, dass allein auf experimentellem Wege eine Lösung des Problems zu erwarten ist, sondern auch eine grosse Reihe ausserordentlich wertvoller experimenteller Beiträge zu der Frage geliefert zu haben. Der Ausgangspunkt dieser Versuche ist soeben schon angedeutet worden: es handelt sich darum, Bedingungen ausfindig zu machen, unter denen das Treiben der Bäume fort dauert und nicht durch Perioden der Ruhe unterbrochen ist. Mit diesem Problem hat sich schon *Sachs*<sup>2)</sup> viel beschäftigt. Sein Schüler

<sup>1)</sup> Vgl. *Klebs* 1903, 1904, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915.

<sup>2)</sup> *Sachs* 1882, S. 422 und 1887 S. 345.

Müller-Thurgau<sup>1)</sup> hat u. a. nachgewiesen, dass man Kartoffeln im Herbst zum Austreiben bringen kann, wenn man sie, ehe sie in höhere Temperatur übertragen werden, auf 0° abkühlt, wobei eine teilweise Umwandlung der gespeicherten Stärke in Zucker vor sich geht. Alleiniger Aufenthalt in höherer Temperatur führt zu dieser Jahreszeit nicht zum Ziele. In neuester Zeit sind eine grosse Anzahl von Abhandlungen erschienen, welche sich zur Aufgabe machen, die Ruheperiode der Bäume aufzuheben oder doch wenigstens abzukürzen. Die Frage des sogenannten Frühreibens hat ja auch ein hervorragendes gärtnerisches Interesse. So ist es *Johannsen* (1906) durch sein bekanntes Ätherverfahren gelungen, den Flieder im August zum Austreiben der Blattachselknospen, im September zur Blüte zu bringen. Es hat sich bei diesen Untersuchungen die theoretisch wichtige Tatsache ergeben, dass die in der Natur beobachtete Ruhezeit in verschiedene Phasen zu zerlegen ist: Bis Ende August bzw. Anfang September befinden sich die Knospen des Flieders im Stadium der sogenannten Vorruhe; sie ist dadurch charakterisiert, dass die inneren Widerstände, die dem Treiben entgegenstehen, noch relativ gering sind und durch das Ätherverfahren, wie obiger Versuch zeigt, überwunden werden können. Im September und Oktober bleibt auch der Äther wirkungslos oder seine Wirkung ist wenigstens bedeutend abgeschwächt. In dieser als Mittelruhe bezeichneten Phase ist also die Austreibfähigkeit sehr stark herabgesetzt. In der Nachruhe, die sich bis in den Dezember erstreckt, kommt die Wirkung des Ätherisierens wieder zur Geltung; wir sehen also, dass hier die dem Austreiben entgegenstehenden inneren Hemmungen bereits im Abklingen begriffen sind. Was die Zeit nach Ende Dezember anlangt, während der im Freien die Knospen des Flieders noch in Untätigkeit verharren, so nennt sie *Johannsen* nicht Ruhe im eigentlichen Sinne, sondern „gezwungene Unwirksamkeit“, weil zu dieser Zeit die klimatischen Faktoren (vor allem die Kälte) die Entwicklung nur zurückhalten und durch Temperaturerhöhung, z. B. durch Übertragen des Flieders in ein warmes Gewächshaus jederzeit Austreiben erzielt werden kann, was in der eigentlichen Ruhezeit nicht möglich ist.

Zahlreiche andere Methoden zum Frühreiben sind seit Erscheinen der Arbeit *Johannsens* bekannt geworden. Wir beschränken uns hier darauf, das Warmbadverfahren von *Molisch* (1909), die Injektion von Wasser in die zu treibenden Knospen, das Anstechen

<sup>1)</sup> Müller-Thurgau 1882 S. 818 f.



der Knospen (*Weber* 1911), die Zufuhr von Nährsalzen (*Klebs* 1911, 1915; *Lakon* 1912) zu nennen und werden eine andere Methode gleich noch kennen lernen. Die Natur selbst hat in dem trockenen und heissen Sommer 1911 ein Experiment im grossen Stile gemacht. Viele Bäume verloren ihr Laub bereits im Sommer, und die Knospen, die normalerweise erst im nächsten Frühjahr aufgebrochen wären, begannen im gleichen Sommer sich zu entfalten und entwickelten z. T. reich blühende Triebe (z. B. die Rosskastanie). Durch künstliche Entblätterung (zuerst angewendet von *Goebel* 1880) kann man in jedem Sommer das gleiche erreichen, aber auch hier zeigt sich, dass der Erfolg nicht jederzeit derselbe ist. Im Frühsommer gelingt es leicht, auf diese Weise das Austreiben der neu angelegten, für die nächste Vegetationsperiode „bestimmten“ Knospen zu veranlassen, von einem gewissen Zeitpunkt im Hochsommer ab, der natürlich im Einzelfall verschieden ist, gelingt der Versuch aber nicht mehr. Auch das beweist also, dass die Ruhe eine tiefere geworden ist.

Der Entblätterungsmethode hat sich auch *Klebs* in vielen seiner z. T. in den Tropen, z. T. in Deutschland angestellten Versuche bedient, er hat auch mit Erfolg die Zufuhr von Nährsalzen angewandt, doch soll auf Einzelheiten dieser Versuche hier nicht eingegangen werden. Wir wollen vielmehr an dieser Stelle kurz der letzten<sup>1)</sup> grossen Arbeit von *Klebs* (1914) gedenken, die einen sehr wesentlichen Fortschritt auf dem Gebiete bedeutet, indem sie uns zeigt, dass der Baum, der nach dem übereinstimmenden Urteil aller Forscher als der resistenteste gegenüber äusseren Einflüssen anzusehen ist, die Buche, jederzeit aus seiner Ruhe aufgerüttelt und zum Treiben bewegt werden kann. Das Ziel wurde erreicht durch elektrische Dauerbeleuchtung in einem besonders eingerichteten Lichtzimmer. Wir übergehen hier die Einzelheiten der *Klebs*schen Versuche und heben zunächst nur folgendes hervor: Die Zeit, nach der die in Dauerbeleuchtung versetzten Bäume zu treiben beginnen, ist verschieden lang und zwar hängt es von der Jahreszeit ab, ob sie länger oder kürzer ist. Das Aufbrechen der Knospen war nach 10 Tagen bemerkbar, wenn der Versuch Mitte September begonnen wurde, nach 38 Tagen Mitte November, nach 26 Tagen Ende Dezember, nach 14 Tagen Mitte Februar und nach 8 Tagen Anfang März (*Klebs* 1914 S. 38). Wie *Klebs* selbst hervorhebt, erinnert dieses Verhalten an die oben

---

<sup>1)</sup> Die 1915 erschienene Arbeit von *Klebs* erhielt ich erst nach Abschluss des Manuskripts. Sie konnte daher nur sehr kurz berücksichtigt werden.

erwähnten Versuche *Johannsens* mit *Syringa*, nur mit dem Unterschiede, dass es *Johannsen* mit dem Ätherverfahren nicht gelang, die Mittelruhe zu überwinden, während die Buche immer, wenngleich nach verschieden langer Einwirkung der Dauerbeleuchtung, zum Treiben zu bewegen war. Man wird darüber streiten können, ob darin ein prinzipieller oder nur ein gradueller Unterschied zu erblicken ist. Ein zweites Ergebnis, das für die Deutung der *Klebs*schen Versuche vielleicht nicht ohne Belang ist, ist folgendes: In dem Dauerlicht von der angewandten Intensität ist die Pflanze nicht imstande, einen Überschuss an Kohlehydraten zu produzieren. Sei es, dass die Assimilation der Kohlensäure nicht auf genügender Höhe gehalten oder dass die Atmung abnorm gesteigert wird, es wird jedenfalls von den dem Dauerlicht ausgesetzten Blättern mehr Kohlensäure ausgeschieden als im Assimilationsprozess verarbeitet wird. Somit findet ein dauernder Substanzverlust auf Kosten des vorhandenen Reservematerials statt, den die Pflanze natürlich auf die Dauer nicht ertragen kann, ohne schliesslich zugrunde zu gehen.

Wir wollen jetzt nach den Schlussfolgerungen fragen, die *Klebs* aus seinen Versuchen zieht. Aus der Tatsache, dass es möglich ist, bei der Buche durch mehrere Monate ein fortgesetztes Treiben zu erzielen zu einer Zeit, während der in der Natur die Knospen sich im Zustande der Ruhe befinden, folgert *Klebs*, dass in der spezifischen Struktur der Buche zweifellos „keine Notwendigkeit dafür vorliegt, dass das Wachstum eine bestimmte Zeit ruht“ (1914 S. 73). Unter spezifischer Struktur versteht *Klebs* die für die Art charakteristische, erblich fixierte Beschaffenheit des Protoplasmas, die als eine im Rahmen der hier in Betracht kommenden Untersuchungen konstante Grösse angesehen werden kann. Um den Begriff zu erläutern, wählen wir zwei Standortsformen ein und derselben Art. Sie können, wie bekannt, ihrer äusseren Erscheinung nach ausserordentlich stark voneinander abweichen, trotzdem haben sie beide die gleiche spezifische Struktur, die sich als eine Summe von Potenzen darstellt, von denen im einen Falle diese, im andern (unter anderen Bedingungen) jene verwirklicht sind. Welche Potenzen zum Ausdruck kommen, das hängt nach *Klebs* von zwei Klassen von Bedingungen ab, den inneren und den äusseren. Solche innere Bedingungen sind z. B. Qualität und Quantität der im Organismus vorhandenen Stoffe, physikalischer Zustand des Protoplasmas, Beschaffenheit des Zellsafts usw., alles variable Größen zum Unterschied von der konstanten spezifischen Struktur. Diese Variablen ändern sich nun unter dem Einfluss der

ebenfalls veränderlichen äusseren Bedingungen wie Licht, Wärme, Feuchtigkeit etc. Alle diese Änderungen sind aber durch den von der spezifischen Struktur vorgeschriebenen Rahmen begrenzt<sup>1)</sup>. Allein die Änderungen der äusseren und der von diesen abhängigen inneren Bedingungen sind also nach *Klebs* dafür bestimmend, ob eine Pflanze ruht oder treibt, sie lenken den Entwicklungsgang des Organismus in bestimmte Bahnen. Durch die genotypische Beschaffenheit an sich ist dem Organismus ein periodischer Entwicklungsgang nicht vorgeschrieben. In der Ausdrucksweise *Pfeffers* wäre sonach die Ruheperiode eine aitiogene, d. h. durch Aussenfaktoren bedingte Erscheinung, keine autonome. Es ist dabei allerdings zu berücksichtigen, dass der Autonomiebegriff *Pfeffers* in der Ausdrucksweise von *Klebs* kein Analogon hat. *Klebs* verwirft diesen Begriff und setzt anstelle der Zweiteilung autogene und aitiogene Einflüsse die Dreiteilung: spezifische Struktur, innere und äussere Faktoren. Er polemisiert dagegen, dass die Periodizität der Bäume eine von der Aussenwelt unabhängige Lebenstätigkeit sei. Dem wird jeder Physiologe zustimmen, ebenso wie man mit vollem Rechte den Satz vertreten kann, dass in letzter Linie die Aussenwelt über alle Lebensvorgänge entscheidet. Ob ein Pflanzenorgan wächst oder nicht, ob ein Blatt assimiliert oder nicht, das hängt von ganz bestimmten Aussenfaktoren ab, wie ja überhaupt ein bestimmtes Ausmass von äusseren Bedingungen nötig ist, damit eine Pflanze leben kann. Damit ist der Kern des Problems aber gar nicht berührt. Es gibt überhaupt keine von den Aussenbedingungen unabhängige Lebenstätigkeit. Wenn *Klebs* (1904 S. 291), sich hierauf berufend, den Autonomiebegriff<sup>2)</sup> *Pfeffers* angreift, so liegt offenbar ein Missverständnis vor. An der von *Klebs* zitierten Stelle sagt *Pfeffer* (1901 S. 161) zwar, dass bei autonomen Vorgängen „eine Veränderung von Aussenbedingungen nicht modifizierend eingreift“, das ist aber keineswegs so zu verstehen, als gingen erstere unabhängig in der Aussenwelt vor sich und könnten durch die Aussenfaktoren nicht modifiziert werden, viel-

<sup>1)</sup> Ausgenommen sind hier alle die Veränderungen der Aussen- und Innenbedingungen, die zur Entstehung neuer Arten (Mutanten), also zu einer erblichen Abänderung der spezifischen Struktur führen. Der Begriff der spezifischen Struktur entspricht ungefähr dem, was *Johannsen* (b) 1913) als genotypische Beschaffenheit bezeichnet. Eine Standortsmodifikation ist nach der Terminologie *Johannsens* ein Phänotypus.

<sup>2)</sup> Es ist vielleicht nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, dass *Driesch* den Begriff „Autonomie der Lebensvorgänge“ in einem ganz anderen Sinne gebraucht, der mit obigem nicht zu verwechseln ist.

mehr soll, wie aus *Pfeffers* Erörterungen S. 388 klar hervorgeht, damit nur gesagt sein, dass die autonomen Vorgänge von innen heraus, „durch selbsttätige Modifikation der inneren Faktoren“, nicht durch eine Veränderung der Aussenbedingungen verursacht werden. Der eigentliche Anstoss zu der autonomen Tätigkeit liegt also in der Pflanze selbst; dass die Aussenwelt diese Tätigkeit erheblich beeinflussen kann, dafür gibt es viele Beispiele. Ebenso kann die Aussenwelt unter Umständen bestimmen, ob der von innen angestrebte Anstoss in seiner äusseren Wirkung zur Geltung kommt oder nicht. Ein Kriterium für die Autonomie einer Lebenstätigkeit im Sinne *Pfeffers* gewinnen wir, wenn wir feststellen, dass sie unter bestimmten, völlig konstanten Aussenbedingungen vor sich geht. Die oscillierenden Bewegungen der Blättchen von *Desmodium gyrans* nennen wir deshalb autonom, obwohl bekannt ist, dass sie unter bestimmten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen nicht ausgeführt werden. Der gekrümmte Blütenstiel des Mohns streckt sich gerade, wenn die Blüte sich öffnet. Auch dem liegt ein autonomer Vorgang zugrunde. Wir wissen, dass sowohl der gekrümmte Zustand vor als der gestreckte nach dem Aufblühen durch die Schwerkraft bedingt ist. Ohne dass sich nun die Schwerkraft selbst oder irgend ein anderer Aussenfaktor ändert, tritt die Streckung ein. Der Blütenstiel hat von innen heraus (autogen) eine Änderung seiner geotropischen Stimmung erfahren, seine vorher positiv geotropische Spitze wird negativ geotropisch.

Diese wenigen Beispiele sollen nur zu Erläuterung dienen und zugleich zeigen, dass die *Klebsschen* Einwände gegen den *Pfeffer-*schen Autonomiebegriff diesem nicht völlig gerecht werden. Es soll damit keineswegs verkannt werden, dass die *Klebssche* Dreiteilung (spezifische Struktur, innere und äussere Bedingungen) vieles für sich hat, doch wollen wir hier von rein begrifflichen Erörterungen möglichst absehen. Das kann um so mehr geschehen, als sich das uns hier beschäftigende Problem in einer Weise formulieren lässt, die beiden Betrachtungsweisen gerecht wird. Wir fragen: ist die Periodizität eine erbliche Erscheinung oder nicht? Im Sinne von *Klebs* würden wir, wenn wir diese Frage bejahen würden, sagen müssen, das periodische Verhalten der Holzgewächse ist in deren spezifischer Struktur begründet, nach *Pfeffer* würden wir es dann als eine autonome oder autogene Tätigkeit ansehen. *Klebs* tritt nun, wie wir sahen, entschieden für die Meinung ein, dass die Periodizität nicht erblich ist. Das von ihm beigebrachte Tatsachenmaterial haben wir z. T.

schon kennen gelernt. An der Hand einiger weiterer Ergebnisse wollen wir seine Beweiskraft kurz prüfen.

Es ist möglich, einem Säugetier, das periodisch zu bestimmten Tageszeiten wacht, zu anderen schläft, den Schlaf für längere Zeit zu entziehen. Der körperliche Zustand des Tieres wird dadurch allerdings geschädigt und es wird schliesslich zugrunde gehen müssen. Immerhin zeigt der Versuch, dass es möglich ist, durch von aussen einwirkende Mittel eine periodische Lebenstätigkeit in eine aperiodische zu verwandeln. Wird man daraus nun den Schluss ziehen dürfen, dass das Abwechseln von Wachsein und Schlafen eine Erscheinung ist, die nicht durch die erbliche spezifische Struktur vorgeschrieben ist? Meines Erachtens ist der Ausfall des Versuchs weder für diesen noch für den gegenteiligen Schluss beweiskräftig. — Wir vergleichen damit die Versuche von *Klebs* mit der Buche. Auch hier gelang es, die Ruheperiode für einige Zeit zu überwinden und zwar mit Mitteln, die ein dauerndes Gedeihen der Pflanze nicht gestatten (vgl. S. 7). Ist daraus zu schliessen, dass eine normal vegetierende<sup>1)</sup> Pflanze der Ruhe nicht bedarf und das Abwechseln von Ruhen und Treiben nicht erblich ist? Wenn die obige Analogie zutrifft, dürfte das kaum berechtigt sein. Jeder Analogieschluss hat allerdings seine Bedenken; es soll gern zugestanden werden, dass der obige Vergleich in vieler Beziehung hinkt. Vor allem wird *Klebs* einwenden: dass die Versuchsbedingungen, unter denen die Buche zum fortgesetzten Treiben veranlasst wird, dauerndes Gedeihen der Pflanzen nicht gestatten, ist kein wesentlicher Einwand. Voraussetzlich wird eine Buche auch dann ohne Ruheperiode weiterwachsen, wenn die Dauerbeleuchtung so eingerichtet wird, dass die Assimilation im Durchschnitt die Dissimilation etwas übertrifft (1914 S. 70). Ob das möglich ist, wäre allerdings erst zu beweisen, aber es lässt sich auf Grund der Versuche von *Klebs* mit anderen Pflanzen ein anderes Argument ins Feld führen: Bei verschiedenen Formen (Kräutern, Stauden, Sträuchern, Bäumen) ist es gelungen, ein mindestens ein ganzes Jahr fortdauerndes Treiben zu erzielen unter Bedingungen, von denen wir wenigstens a priori nicht behaupten können, sie würden auf die Dauer von der Pflanze nicht ertragen<sup>2)</sup>. Vor allem durch

<sup>1)</sup> Unter „normal vegetierend“ soll hier nur verstanden sein, unter Bedingungen wachsend, die das durch die Atmung geschaffene Defizit an organischer Substanz ausgleichen und das für das Gedeihen nötige Energiepotential erhalten.

<sup>2)</sup> Neuerdings ist es *Klebs* geglückt, eine Kakaopflanze in einem Gewächshaus in Heidelberg zwei Jahre ständig im Treiben zu erhalten (*Klebs* 1915, S. 756 ff.).

Düngung mit Nährsalzlösungen hat *Klebs* sehr schöne Erfolge erzielt. Es ist gewiss physiologisch von grösster Bedeutung, dass dieser Einfluss der Bodenernährung auf das Treiben näher experimentell erforscht worden ist, und dadurch wird zweifellos bewiesen, dass es Pflanzen gibt, die für längere Zeit, vielleicht dauernd, ohne Ruheperiode auskommen können. *Klebs* geht nun, wie wir sahen, noch weiter und folgert, dass die in der Natur zur Geltung kommende Periodizität mit der spezifischen Struktur der Pflanzen nichts zu tun hat, sondern in letzter Linie eine rein aitiogene Erscheinung ist. Ob eine Pflanze ruht oder treibt, das hängt seiner Meinung nach vor allem von dem Verhältnis der Nährsalze zu den Kohlehydraten in der Pflanze, namentlich in den Vegetationspunkten ab, einem Verhältnis, das sich durch die Aussenbedingungen regulieren lässt. Hier beginnt die Hypothese. Die Argumentation von *Klebs* ist, wenn ich ihn recht verstehe, folgende: Wenn es gelingt, die Ruheperiode durch bestimmte Kulturbedingungen auszuschalten und einen Baum zum fortgesetzten Treiben zu bewegen, so ist der Beweis geliefert, dass die in der Natur beobachtete Ruheperiode keine durch die spezifische Struktur notwendig gegebene Erscheinung ist. Vermöge seiner spezifischen Struktur besitzt der Baum sowohl die Fähigkeit, abwechselnd zu treiben und zu ruhen, als auch dauernd fortzuwachsen. Welche dieser Fähigkeiten verwirklicht wird, das hängt in letzter Linie nur von den Aussenbedingungen ab, unter denen der Baum sich befindet. Die Periodizität des Treibens ist somit keine erblich fixierte Eigenschaft der Pflanze.

Diese letzten Schlussfolgerungen sind indessen nicht einwandfrei. Eine erblich vorhandene Periodizität braucht sich nicht unter allen Umständen zu äussern. Allein aus der Tatsache, dass sie unterdrückt werden kann, lässt sich nicht schliessen, dass sie nicht vorhanden ist. Das leuchtet wohl ohne weiteres ein für folgenden Fall: Wir nehmen an, ein Holzgewächs lasse sich zwar zum fortgesetzten Treiben veranlassen, es seien aber zu verschiedenen Zeiten verschiedene Aussen- und Innenbedingungen nötig, um das zu erzielen. Das kann dann nur darauf beruhen, dass in der spezifischen Struktur die Ursache für die periodischen Änderungen liegt, welche es nötig machen, dass zur Erzielung des gleichen Resultats die Aussen- und Innenbedingungen verschieden angreifen müssen. Wenn daher auch gezeigt ist, dass in der spezifischen Struktur keine Notwendigkeit dafür vorliegt, dass eine Pflanze abwechselnd treibt und ruht, so ist doch damit das Nichtvorhandensein einer Periodizität nicht er-

wiesen. Beides scheint mir bei *Klebs* nicht genügend auseinandergehalten zu sein. Wenn eine Pflanze dadurch im Treiben erhalten wird, dass man ihre Neigung, in den Ruhezustand überzugehen, überwindet, indem man die Erde erneuert oder sie düngt oder die Beleuchtung erhöht oder durch Entblättern einen Anreiz auf die Weiterentwicklung der Knospen ausübt, so beweist ein solcher Versuch jedenfalls nicht, dass jede erbliche rhythmische Tätigkeit ausgeschlossen ist. *Klebs* hat nun in seinen Versuchen solche Mittel anwenden müssen. In den Versuchen mit der Buche hat sich, wie wir oben sahen, ferner ergeben, dass die das Treiben auslösende Lichtwirkung zu verschiedenen Zeiten verschieden lange einwirken muss. Die Möglichkeit eines erblichen Rhythmus ist also durch *Klebs'* Versuche nicht ausgeschlossen. Ja wir können sogar so weit gehen und sagen, dass diese Möglichkeit selbst dann nicht als definitiv erledigt angesehen werden könnte, wenn es gelungen wäre, das Ausbleiben der periodischen Reaktion bei konstanten Aussenbedingungen zu erzielen. In diesem Falle könnte man sich das Eingreifen der Aussenbedingungen so vorstellen, dass sie die eine der periodisch miteinander abwechselnden Reaktionen völlig unterdrücken, obwohl in der Pflanze die Tendenz zur Realisierung derselben fortbesteht. Beide periodischen Prozesse könnten unter anderen ebenfalls konstanten Bedingungen ungetrübt zur Geltung kommen. Wenn sich dann zeigen würde, dass sich die Periodizität durch mehrere Generationen erhält, so würde man nicht mehr zweifeln können, dass sie erblich ist. Da solche Versuche bisher nicht vorliegen, muss die aufgeworfene Frage unentschieden bleiben<sup>1)</sup>. — Die einzigen in etwas grösserem Masstabe ausgeführten Versuche über die Erblichkeit der Jahresperiode sind, soviel mir bekannt, diejenigen von *Bordage* (1910). Sie sind, obwohl sie viele interessante Beobachtungen enthalten und sich über einen sehr langen Zeitraum erstrecken, in der neuesten Literatur merkwürdigerweise fast gar nicht berücksichtigt worden. Die Samen von in Europa gewachsenen Pflirsichbäumen wurden in Réunion ausgesät. Die sich daraus entwickelnden Pflanzen zeigten zunächst eine deutliche Periodizität. In den ersten Jahren waren die Bäumchen etwa 1½ Monat völlig kahl, mit der Zeit verkürzte sich diese Periode des Kahlseins und nach 20 Jahren waren die Pflanzen nahezu immergrün. Von solchen Pflanzen wurden nun Samen geerntet und die daraus hervorgehenden Individuen erwiesen sich sogleich an die neuen Bedingungen

<sup>1)</sup> Es ist natürlich eine Sache für sich, dass die Kultur höherer Pflanzen unter konstanten Bedingungen praktisch auf grosse Schwierigkeiten stösst.

angepasst, sie waren sofort immergrün; sie verhielten sich sogar im Berglande so, wo die aus Europa stammenden Pirsiche Jahr für Jahr periodisch kahl wurden. Wenn es sich hier auch nicht um eine Aufhebung der Periodizität handelt, ebensowenig wie bei vielen Tropenbäumen, die niemals völlig kahl stehen, so sind die Ergebnisse doch in anderer Hinsicht sehr beachtenswert. *Bordage* zieht daraus den Schluss, dass Vererbung erworbener Eigenschaften vorliegt. Man mag diesen Schluss für berechtigt halten oder nicht, jedenfalls zeigen die Versuche, dass die im europäischen Klima induzierten Erscheinungen sich der Pflanze tief eingepägt haben, sodass sie noch unter Bedingungen verwirklicht werden, die ihrer Realisierung nicht günstig sind. *Klebs* geht auf die Frage der Erblichkeit der Ruheperiode als erworbene Eigenschaft nicht ein, obwohl er doch im Prinzip der Annahme der Vererbung erworbener Eigenschaften nicht ablehnend gegenübersteht (vgl. *Klebs* 1909 S. 28). Er leugnet, wie wir sahen, die Erblichkeit der Ruheperiode schlechthin.

Überblicken wir das Gesagte, so ergibt sich, dass das ganze Problem noch seiner definitiven Lösung harret. Sowohl die Auffassung von *Klebs*, der die Aussenbedingungen als das in letzter Linie allein Entscheidende ansieht, als die seiner Gegner, die eine autonome, allerdings durch Aussenbedingungen in hohem Grade beeinflussbare Periodizität annehmen, bleibt vorläufig noch hypothetisch. Da es hier nur darauf ankam, das Tatsächliche von dem Hypothetischen zu trennen, so soll auf weitere Einzelheiten nicht eingegangen werden<sup>1)</sup>. Ehe wir über weitere Tatsachen verfügen, erscheint es daher auch müssig, abzuwägen, zugunsten welcher Auffassung sich die Wagschale mehr neigt.

Es mag vielleicht als eine Spitzfindigkeit erscheinen, dass ich oben die These aufstellte, das Ausbleiben der Periodizität unter gewissen konstanten Aussenbedingungen sei noch kein zwingender Beweis gegen deren Autonomie. Dass das unberechtigt wäre, erhellt

<sup>1)</sup> Ich verzichte deshalb auch auf eine nähere Erörterung der sehr anregenden Arbeitshypothese von *Klebs* über den Zusammenhang des Ruhens und Treibens mit dem Konzentrationsverhältnis von Kohlehydraten und Nährsalzen (namentlich N-Verbindungen) in der Pflanze. Es bleibt eingehenden chemischen Untersuchungen vorbehalten, zu zeigen, ob sie sich bewährt oder nicht. Auf die Untersuchungen von *Ramann* und *Bauer* (1912), die *Simon* (1914) gegen *Klebs* ins Feld führt, lässt sich zwar nicht unbedingt eine Widerlegung der *Klebs*schen Hypothese gründen, doch ist das Ergebnis derselben, dass bei der Buche der Stickstoffgehalt in den Monaten Februar und Mai erheblich geringer ist als im Juli, September und November, wo die Knospen ruhen, der Hypothese jedenfalls nicht günstig.



aus der Tatsache, dass autonome Lebensvorgänge, für die der gesetzte Fall zutrifft, tatsächlich vorzukommen scheinen. Ich denke dabei an die periodischen Öffnungs- und Schliessbewegungen der Blüten und die Schlafbewegungen (nyktinastischen Bewegungen) der Laubblätter, denen wir uns jetzt kurz zuwenden wollen.

Zur Orientierung sei an folgende Tatsachen erinnert. Die Beobachtung in der Natur ergibt, dass viele Blüten am Tage geöffnet, nachts geschlossen sind. Die Öffnung pflegt in den ersten Morgenstunden zu beginnen, die Schliessbewegung nachmittags, längere Zeit vor Einbrechen der Nacht. Analog verhält es sich mit den Schlafbewegungen der Blätter. Dieselben nehmen in den Vormittagsstunden und am frühen Nachmittag im allgemeinen eine etwa horizontale Stellung ein, die vor Beginn der Nacht langsam in eine zum Horizont geneigte Lage übergeht. Sowohl durch Licht- wie durch Temperaturwechsel werden diese Bewegungen erheblich beeinflusst. Je nach dem Objekt wirkt der eine oder der andere Faktor stärker. *Pfeffer* hat schon vor langer Zeit (1873) die hohe Empfindlichkeit von Krokus- und Tulipablüten gegenüber Temperaturschwankungen nachgewiesen und z. B. gezeigt, dass unter Umständen eine Temperaturerhöhung von  $0,5^{\circ}$  genügt, um in einer Krokusblüte die Öffnungsbewegung zu induzieren. Bei Blättern liess sich die Tagstellung ohne Schwierigkeit in die Nacht verlegen, wenn der Beleuchtungswechsel entsprechend eingerichtet, also tagsüber verdunkelt und nachts beleuchtet wurde. Bei konstanter Beleuchtung dauerten zwar die rhythmischen Bewegungen noch einige Zeit in verminderter Stärke fort (Nachwirkungen), hörten dann aber auf. Aus diesen und zahlreichen anderen Beobachtungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, zog *Pfeffer* (1875) den Schluss, dass die Periodizität der Schlafbewegungen eine durch den rhythmischen Wechsel der Aussenbedingungen induzierte, also nicht eine autonome Erscheinung ist. Dieser Schluss wurde noch bekräftigt durch neuere, viel umfassendere Untersuchungen (*Pfeffer* 1907), aus denen hervorgeht, dass sich den Blättern mit Leichtigkeit eine ganz andere als 12:12 stündige rhythmische Tätigkeit, z. B. ein 18:18, 6:6, 3:3 stündiger Wechsel von Tag- und Nachtstellung aufzwingen lässt.

Im Gegensatz hierzu war nun kurz zuvor von *Semon* (1905) die Auffassung vertreten worden, dass der Rhythmus der Schlafbewegungen dennoch eine autonome, erbliche Erscheinung sei. *Semon* arbeitete mit Keimlingen von *Albizzia lophantha*, die unter Ausschluss des täglichen Beleuchtungswechsels aufgezogen und zeitweise

einem 6:6 oder 24:24 stündigen Beleuchtungswechsel ausgesetzt worden waren. Er fand bei ihren Blättern trotzdem Schlafbewegungen im normalen 12:12 stündigen Rhythmus. Er nimmt daher an, dass die Schlafbewegungen auf einer erblichen Disposition beruhen und keine rein aitiogenen Vorgänge sind. Angesichts dieser Ergebnisse fragt man sich: wie kommt es, dass in konstantem Licht oder konstanter Dunkelheit die Schlafbewegungen alsbald ausklingen? Wenn eine erbliche Periodizität vorhanden ist, so wäre doch eher zu erwarten, dass sie unter diesen Bedingungen reiner und ungetrübt als unter anderen zur Geltung kommen müsste. *Semon* ist der Meinung, dass Dauerlicht und längere Verdunkelung in den Blättern funktionelle Störungen verursachen, so dass sie in ihrer Bewegungstätigkeit gehindert werden. Ungeachtet dessen könnte die erblich vorhandene Tendenz zu diesen rhythmischen Reaktionen fortbestehen.

Es lassen sich gegen *Semons* Versuchsmethodik mancherlei Einwände erheben und es ist daher verständlich, dass seine Auffassung starken Zweifeln begegnete, um so mehr als das umfassende, mit viel exakteren Mitteln gewonnene Material von *Pfeffer* (1907) durchaus die Ansicht stützte, dass die Periodizität der Schlafbewegungen nur durch äussere Faktoren induziert sei. Immerhin war durch die Hypothese über den Einfluss konstanter Beleuchtung und Verdunkelung auf die periodischen Bewegungen eine Frage angeschnitten, die der näheren experimentellen Prüfung wert erschien. Dass Laubblätter durch langen Aufenthalt im Dunkeln geschädigt werden, ist lange bekannt. Es ist hier nicht nur die Kohlensäureassimilation ausgeschlossen, auch die Reizbarkeit wird nachteilig beeinflusst. Die Blätter geraten in einen Zustand, den man Dunkelstarre nennt. Vieles spricht dafür, dass diese Dunkelstarre mit dem Vorhandensein des Chlorophylls in irgend einer Beziehung steht.

Daher musste es nahe liegen, einmal das Verhalten solcher Blätter zu prüfen, die kein Chlorophyll besitzen und ebenfalls tagesperiodische Bewegungen ausführen. Das sind die Kronblätter vieler Blüten. Aus den Untersuchungen von *R. Stoppel* (1910) geht nun tatsächlich hervor, dass die Blüten<sup>1)</sup> von *Calendula arvensis* in konstanter Dunkelheit sich im annähernd 12:12 stündigen Rhythmus vom Aufblühen bis zum Abblühen (d. h. während mehrerer Tage) öffnen und schliessen. Das ist auch dann der Fall, wenn die Verdunkelung schon im jungen Knospenstadium beginnt. Hier scheint

<sup>1)</sup> Richtiger: Blütenstände. Der Ausdruck Blüten soll nur der Kürze halber verwendet werden.

also in der Tat eine erbliche Periodizität vorzuliegen, obwohl die Blüten wie die Laubblätter in hohem Masse die Fähigkeit haben, sich veränderten Aussenbedingungen anzupassen. So lässt sich die Periode leicht um 12 Stunden verschieben, wenn nachts beleuchtet, tagsüber verdunkelt wird, sie lässt sich durch 6:6stündigen Beleuchtungswechsel verkürzen, durch 18:18stündigen verlängern. Werden dagegen die Blüten einem 4:4 oder 2:2stündigen Beleuchtungswechsel ausgesetzt, so tritt die 12:12stündige Periodizität ihrer Bewegungen deutlich zutage; im ersteren Falle ist daneben ein deutlicher 4:4stündiger Bewegungsrhythmus sichtbar, während der 2:2stündige Beleuchtungswechsel sich äusserlich kaum bemerkbar macht. Auch diese Versuche sprechen also für Vorhandensein eines erblichen Rhythmus, der allerdings nicht ausschliesslich die Öffnungs- und Schliessbewegungen beherrscht, sondern nur als ein Faktor neben den in der Natur sicher sehr erheblichen direkten Einflüssen der Aussenwelt in Rechnung zu stellen ist.

Es musste nun von Interesse sein, auch die Wirkung der dauernden Beleuchtung auf die Blüten kennen zu lernen. Hierbei zeigte sich, dass die periodischen Bewegungen unterdrückt werden, und dass das Licht die Blüten verhindert, ihre volle Öffnungsweite zu erreichen. Beobachtet man eine Knospe, die sich im Dauerlicht entwickelt, so sieht man, dass sie sich nur langsam öffnet, man gewinnt den Eindruck, dass das Dauerlicht eine schliessende Wirkung hat, der gegenüber der Aufblühvorgang ankämpfen muss, ohne sich völlig durchsetzen zu können. Ist nun in diesen Blüten jede Periodizität erloschen oder ist sie nur äusserlich unterdrückt? Um diese Frage zu entscheiden, wurde folgender Weg eingeschlagen (*Stoppel* und *Kniep* 1911). Die Blüten wurden zuerst im Dunkeln zur Entwicklung gebracht, bis sich gezeigt hatte, auf welche Tageszeiten die Kulminationspunkte der die Öffnungs- und Schliessbewegungen darstellenden Kurven fallen. Bei fortdauernder Dunkelheit würden, so lehren zahlreiche Kontrollversuche, diese Punkte an den darauffolgenden Tagen wieder auf dieselbe Zeit gefallen sein. Anstatt dessen wurden die Blüten nun kurz nach Einsetzen der Schliessbewegungen dauernd beleuchtet. Die Schliessbewegung wurde unter diesen Umständen fortgesetzt. Nachdem die Blüte geschlossen war, setzte eine erhebliche Öffnungsbewegung nicht wieder ein. Die Frage ist nun, ob bei dieser Beleuchtung, die die Blüte geschlossen hält oder nur geringe Oszillationen gestattet, die rhythmischen Vorgänge quasi in unsichtbarer Form erhalten bleiben.

Wie sich aus anderen Untersuchungen ergeben hat (*Stoppel* 1910) ist die Phase der periodischen Prozesse für die Wirksamkeit öffnender und schliessender Reize von grosser Bedeutung. Wird eine verdunkelte Blüte plötzlich beleuchtet, so wird infolge dieses Übergangsreizes eine Öffnung angestrebt. Das Licht wirkt also als Übergangsreiz ganz anders als Dauerreiz. Die Übergangswirkung kommt nun um so deutlicher zum Ausdruck, je weiter die Schliessbewegung der Blüte fortgeschritten ist. In der Nähe des unteren Kulminationspunktes wird sie zur Umkehr ihrer Bewegung veranlasst, gelangt also gar nicht zum völligen Schluss. Im Anfange der Schliessbewegung dagegen hat der Übergangsreiz gar keine sichtbare Wirkung. Die Blüte fährt ruhig fort sich zu schliessen, der Übergangsreiz klingt schnell aus und nunmehr macht sich bei fortdauernder Beleuchtung der Dauerreiz geltend, der die nochmalige Öffnung verhindert. Wir machen jetzt die Voraussetzung, dass im Dauerlicht der Rhythmus, wenngleich äusserlich nicht sichtbar, weiter geht. Dann ist anzunehmen, dass ein öffnender Übergangsreiz nicht zu allen Zeiten gleich wirksam ist, sondern dass auch in diesem Fall der Erfolg von der zwar nicht sichtbaren, ihrer zeitlichen Lage nach aber bestimmbar Phase abhängt. Um das Licht als Übergangsreiz wirken zu lassen, muss natürlich vorher eine kurze Verdunkelung eingeschaltet werden. Es zeigte sich nun tatsächlich, dass die Blüte sich öffnet, wenn die Dunkelperiode kurz vor der theoretisch zu fordernden Schliessung der Blüte eingeschoben wird, während der Übergangsreiz des Lichtes unwirksam ist, wenn die Verdunkelung kurz vor dem zu postulierenden Öffnungsmaximum erfolgt. Diese Tatsachen rechtfertigen also die Hypothese, dass das dauernde Licht die rhythmischen Bewegungen (sichtbaren Reaktionen) zwar unterdrückt, nicht aber die rhythmische Tätigkeit der Pflanze ausschaltet. Sie sprechen zugleich zugunsten der Annahme einer Autonomie der Öffnungs- und Schliessbewegungen.

Neuerdings haben sich nun Tatsachen ergeben, die es auch für die Schlafbewegungen der Blätter wahrscheinlich machen, dass diese keine rein aitiogenen Vorgänge sind, sondern dass ihnen ein erblicher Rhythmus innewohnt. *Pfeffer* selbst hat festgestellt (1911), dass Bohnenblätter im Dauerlicht ihren 12:12stündigen Bewegungsrhythmus ungeschwächt fortsetzen, wenn dafür gesorgt wird, dass das Gelenk, das an der Verbindung von Blattspreite und Blattstiel liegt und in welchem der Bewegungsmechanismus lokalisiert ist, verdunkelt ist. Der schädigende Einfluss des Dauerlichtes scheint also in erster Linie das Gelenk zu treffen, das andererseits ebenso wie die *Calendula*

blüten bei dauernder Verdunkelung der Dunkelstarre nicht anheimfällt. Schliesslich hat *Stoppel* (1912) gezeigt, dass Phaseolusblätter von Keimlingen, die völlig im Dunkeln aufgezogen, also niemals dem täglichen Beleuchtungswechsel ausgesetzt waren, bei totalem Lichtabschluss und in völlig konstanter Temperatur typische tagesrhythmische Bewegungen ausführen. Da auch Veränderungen der Feuchtigkeit des Bodens und der Luft keinen massgebenden Einfluss auf die Bewegungen zu haben scheinen, so liegen hier offenbar Reaktionen vor, die bei — soweit das praktisch erreichbar ist — völliger Konstanz der Aussenbedingungen stattfinden, und solche Reaktionen nennen wir eben autonome — es sei denn, dass irgend ein bisher unbekannter oder unbeachteter Faktor periodisch als Reiz wirkt. Ehe wir nicht eines besseren belehrt werden, werden wir jedenfalls annehmen dürfen, dass die Periodizität auf der spezifischen Struktur beruht, also erblich ist.

Ein Punkt freilich ist bei den Phaseolusblättern noch nicht völlig aufgeklärt. Die Blätter ein und derselben Pflanze machen immer synchrone Schwingungen. Es müssen also irgendwelche Korrelationen bestehen, die vielleicht darauf beruhen, dass der Zustand der ganzen Pflanze einer Periodizität unterliegt, der sich bei allen Blättern in gleicher Weise geltend macht. Wenn das der Fall ist, so könnte man die weitere Annahme machen, dass bereits dem Samen, der während seiner Entwicklung den tagesperiodischen Änderungen der Aussenwelt nicht ganz entzogen war, eine Rhythmik aufgeprägt ist, die sich in der Keimpflanze äussert. Man müsste also auch während der Samenentwicklung für konstante Bedingungen sorgen. Wenn also hier die Möglichkeit einer ursprünglichen, lange nachwirkenden Ausseninduktion nicht ganz von der Hand zu weisen ist, so liegen bei *Calendula* die Dinge anders, denn hier ist nachgewiesen, dass korrelative Beziehungen dieser Art weder zwischen den einzelnen Blüten derselben Pflanze, noch zwischen Laubblättern und Blüten bestehen. Die Blüten können im Dunkeln ganz unabhängig voneinander rhythmisch arbeiten, und bei geeigneter Versuchsanstellung lassen sich die Öffnungs- und Schliessbewegungen zweier Blüten derselben Pflanze so gegeneinander verschieben, dass die gleichzeitigen Phasen einander entgegengesetzt sind. Es scheint also, dass die Periodizität als solche hier erblich ist, während die zeitliche Lage der Phasen durch die Aussenbedingungen bestimmt wird.

Hieran anschliessend mögen noch einige Beobachtungen über andere rhythmische Prozesse mitgeteilt werden. Es ist eine alte Laboratoriumserfahrung, dass man in Vegetationspunkten von Wurzeln

sehr häufig, in denen grüner, oberirdischer Sprosse dagegen recht selten Kernteilungsstadien findet. *Karsten* hat nun neuerdings (1915) festgestellt, dass das daher rührt, dass die Zellen der Sprossvegetationspunkte sich vorzugsweise nachts teilen, während die Kernteilungen bei den Wurzeln nicht zeitlich fixiert sind. Es lag nahe, auch hier einen direkten Einfluss des täglichen Beleuchtungswechsels, dem die Wurzeln ja entzogen sind, anzunehmen. Nun konnte aber *Karsten* weiter zeigen, dass auch bei Keimpflanzen, die vom Samen aus in völliger Dunkelheit und konstanter Temperatur erzogen worden waren, diese eigentümliche Periodizität der Sprossvegetationspunkte zu erkennen ist. Noch merkwürdiger als dies ist vielleicht die Tatsache, dass auch in diesem Falle das Kernteilungsmaximum gerade auf die Nacht fällt. Bei *Zea Mays* teilten sich in den Sprossvegetationspunkten gegen 4 Uhr morgens mehr Zellen als zu allen übrigen Tageszeiten. Diese Tatsache mahnt zur Vorsicht bei der Beurteilung der Frage, ob die Erscheinung eine aitiogene oder autogene ist. Man wird der Meinung *Karstens*, dass eine Vererbung der täglichen Periode des embryonalen Wachstums vorliegt, nicht ohne jeden Vorbehalt zustimmen können, sondern angesichts des merkwürdigen Synchronismus mit dem täglichen Beleuchtungswechsel zunächst noch in Erwägung ziehen, ob nicht doch Schwankungen irgend eines bisher nicht ermittelten Aussenfaktors, die mit dem täglichen Beleuchtungswechsel parallel gehen, die Periodizität induziert oder wenigstens reguliert haben könnten. Auch ist ebenso wie bei *Phaseolus* zu berücksichtigen, dass die Samen der Versuchspflanzen nicht unter konstanten Bedingungen gereift sind.

Bei vielen Algen finden die Kernteilungen gleichfalls nachts statt. Eine experimentelle Analyse dieser Erscheinung steht noch aus. Manches spricht dafür, dass es sich hier um andere Prozesse handelt als im Sprossvegetationspunkt. Die Zellen von *Spirogyra* teilen sich wenigstens bei dauernder Verdunklung nur in der ersten Nacht nach Einsetzen der Dunkelperiode, nachher nicht wieder, obwohl sie in der Folgezeit stark in die Länge wachsen. Wenn wir annehmen, dass das Licht hier einen massgebenden Einfluss hat, so kann dieser doch nicht einfach in der Bildung von Assimilationsprodukten bestehen, die ihrerseits die Kernteilung hemmen oder anregen könnten. Gelegentliche Versuche haben mir nämlich gezeigt, dass Ernährung der *Spirogyra* mit organischen Substanzen (Zucker, Glycerin) im Dunkeln keinen Einfluss auf die Kernteilung hat.

Wir gedenken hier auch der interessanten Resultate *Baranetzky's*

(1879), der die periodische Zu- und Abnahme des Längenwachstums bei Sprossen untersucht hat. Während z. B. bei Sprossen von *Gesneria tubiflora* und *Helianthus tuberosus* nach Verdunkelung die Zuwachsbewegung nach kürzerer oder längerer Zeit ihren rhythmischen Charakter verlor, zeigten Sprosse von *Brassica Rapa*, die im Dunkeln aus der Rübe ausgetrieben waren, eine Periodizität, die annähernd mit dem täglichen Rhythmus übereinstimmte. Später hat *Godlewski* (1889) bei Bohnen, die bei völligem Abschluss des Lichts gekeimt hatten, ebenfalls eine periodische Wachstumstätigkeit nachgewiesen. Auch das spricht für erbliche Periodizität, obwohl der ganz exakte Beweis dafür noch nicht in den Versuchen enthalten ist.

Wir wenden uns nun noch kurz einigen anderen Erscheinungen zu. Nicht nur die vegetativen, auch die sexuellen Vorgänge unterliegen bei vielen Pflanzen einem periodischen Wechsel. Besonders interessante Beispiele sind hierfür bei verschiedenen Algen bekannt geworden. Aus der Zusammenstellung in *Oltmanns'* Handbuch (1905 Bd. II S. 58 f.) ist zu ersehen, dass das Freiwerden der Geschlechtszellen aus den Gametangien bei einigen Formen zu ganz bestimmten Tageszeiten erfolgt: bei *Dasycladus* zwischen 4<sup>20</sup> und 4<sup>40</sup> nachmittags, bei *Coilium* zwischen 12<sup>20</sup> und 12<sup>40</sup> mittags, bei *Bryopsis* zwischen 5 und 6 Uhr morgens. An letztere Form schliessen sich zahlreiche andere an, die gleichfalls die frühen Morgenstunden wählen, während am späten Nachmittag und in den ersten Abendstunden die Gametangientleerung nicht zu erfolgen pflegt. Einen interessanten Fall bietet *Dictyota dichotoma* dar. Die Pflanze ist getrennt geschlechtlich (diöcisch) und entleert ihre Eizellen und Spermatozoen in bestimmten Intervallen. Da die Alge weit verbreitet ist, hat man an den verschiedensten Stellen Beobachtungen machen können; diese haben zu dem merkwürdigen Ergebnis geführt, dass an der englischen Küste und im Golf von Neapel die Entwicklungsperiode der Geschlechtszellen 14 Tage dauert, an der amerikanischen Küste (Nord-Carolina) dagegen 4 Wochen (vergl. *Lewis* 1910). Zugleich mit der Entleerung der ausgebildeten Gameten werden neue angelegt, die dann nach abermals 14 Tagen bzw. 4 Wochen aus ihren Behältern austreten. Diese Entwicklungsperiodizität steht in einer auffälligen Beziehung zu den Gezeiten, auch in Neapel, wo der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser bekanntlich sehr gering ist. Es liegt am nächsten, an den Einfluss irgendwelcher Aussenfaktoren zu denken, die sich mit den Gezeiten periodisch ändern. Ihre Natur und Wirksamkeit ist aber noch nicht aufgeklärt. Sollte eine erbliche Periodizität vorliegen, so wird man

mindestens eine Regulation derselben durch äussere Bedingungen annehmen müssen, denn es ist kaum anzunehmen, dass die erbliche Periode so scharf fixiert ist, dass männliche und weibliche Pflanzen ihre Gameten genau an dem gleichen Tage entleeren, zumal zwischen zwei geschlechtlichen Generationen bei *Dictyota* regelmässig eine ungeschlechtliche eingeschaltet ist.

Ähnliche, noch viel auffallendere Beispiele für eine gleichzeitige Entwicklung der generativen Organe (Blüten) sind unter den Phanerogamen bekannt geworden. Dazu gehört die seltsame, zuerst von *Fritz Müller* (1882) beobachtete Erscheinung, dass in den Tropen verschiedene Exemplare ein und derselben Art, die auf einem ziemlich weiten Gebiet zerstreut wachsen, alle an dem gleichen Tage ihre Blüten entfalten. Ausser bei der Iridaceengattung *Marica* ist diese merkwürdige Erscheinung namentlich bei Orchideen (z. B. *Dendrobium crumenatum*) beobachtet worden. Ebenso rätselhaft ist das Verhalten der Graminee *Bambusa arundinacea*, von der *Brandis* berichtet, dass sie in Vorderindien alle 32 Jahre (1804, 1836, 1868) blüht, und zwar dann immer alle Exemplare zugleich. Man muss schon geologische Faktoren zu Hilfe nehmen, um hierfür eine Erklärung zu finden. Bislang fehlt uns dafür jeder Anhaltspunkt.

Ein Überblick über die periodischen Lebensvorgänge der Pflanzen, auch über die, die hier nicht erwähnt werden konnten, zeigt, dass trotz der zahlreichen, sehr verdienstvollen Arbeiten, die bisher vorliegen, der weiteren Forschung noch sehr vieles vorbehalten bleibt. Gerade die Autonomiefrage, die von jeher besonderes Interesse erweckt hat, ist für die Mehrzahl der Erscheinungen noch nicht gelöst.



## Wichtigste Literatur.

1. *Baranetsky, J.*, 1879: Die tägliche Periodizität im Längenwachstum der Stengel. Mémoires de l'Acad. des sciences de St. Pétersbourg. 7. Serie, Bd. 27, Nr. 2.
2. *Bordage, Edm.*, 1910: A propos de l'hérédité des caractères acquis. Bulletin scientifique de la France et de la Belgique. 7. Serie, Bd. 54, Paris.
3. *Brandis, D. J.*, 1887: Bambuseen in „Die natürlichen Pflanzenfamilien“ von Engler und Prantl. Bd. II, Abt. 2.
4. *Fischer, A.*, 1890: Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 22.
5. *Goebel, K.*, 1880: Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Blätter. Botan. Zeitg. Bd. 38.
6. *Godlewski, E.*, 1889: Über die tägliche Periodizität des Längenwachstums. Anzeiger der Akad. d. Wissensch. in Krakau.
7. *Johannsen, W.*, a) 1906: Das Ätherverfahren beim Frühreiben. 2. Aufl., Jena.  
b) 1913: Elemente der exakten Erblchkeitslehre. 2. Aufl., Jena.  
c) 1913: Ruheperioden in: Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Bd. VIII.
8. *Jost, L.*, 1913: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 3. Aufl., Jena.
9. *Karsten, G.*, 1915: Über embryonales Wachstum und seine Tagesperiode. Zeitschr. f. Botanik Bd. 7.
10. *Klebs, G.*, a) 1903: Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen. Jena.  
b) 1904: Über Probleme der Entwicklung. Biolog. Zentralbl. Bd. 24.  
c) 1909: Über die Nachkommen künstlich veränderter Blüten von *Sempervivum*. Sitzungsber. der Heidelberger Akademie, Jahrg. 1909.  
d) 1911: Über die Rhythmik in der Entwicklung der Pflanzen. Ebenda. Jahrgang 1911.  
e) 1912: Über die periodischen Erscheinungen tropischer Pflanzen. Biolog. Zentralblatt, Bd. 32.  
f) 1913: Über das Verhältnis der Aussenwelt zur Entwicklung der Pflanzen. Sitzungsber. d. Heidelb. Akad. Jahrg. 1913.  
g) 1914: Über das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche. Abhandlungen der Heidelberger Akademie math.-naturw. Klasse Nr. 3.  
h) 1915: Über Wachstum und Ruhe tropischer Baumarten. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 56 (*Pfeffer-Festschrift*).
11. *Lakon, G.*, 1912: Die Beeinflussung der Winterruhe der Holzgewächse durch Nährsalze. Zeitschr. f. Bot. Bd. 4.
12. *Lewis, J. F.*, 1910: Periodicity in *Dictyota* at Naples. Botanical Gazette Bd. 50.
13. *Magnus, W.*, 1913: Der physiologische Atavismus unserer Eichen und Buchen. Biolog. Zentralblatt Bd. 33.
14. *Molisch, H.*, 1909: Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena.
15. *Müller, Fritz*, 1882: Bemerkungen zu Hildebrandts Abhandlung über die Lebensdauer und Vegetationsweise der Pflanzen. Englers botanische Jahrbücher, Bd. 2.
16. *Müller-Thurgau, H.*, 1882: Über Zuckeranhäufung in Pflanzenteilen infolge niederer Temperatur. Landwirtsch. Jahrbücher, Bd. 11.

17. *Niklewski, B.*, 1905: Über die Umwandlungen einiger stickstofffreier Reservestoffe während der Winterperiode der Bäume. Beih. z. botan. Zentralbl. Bd. 19 Abt. I.
  18. *Ottmanns, F.*, 1905: Morphologie und Biologie der Algen. Bd. II, Jena.
  19. *Pfeffer, W.*, a) 1873: Physiologische Untersuchungen. Leipzig.  
b) 1875: Die periodischen Bewegungen der Blattorgane. Leipzig.  
c) 1901: Pflanzenphysiologie. Bd. II, 1. Abt.  
d) 1907: Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegungen der Blattorgane. Abhandl. d. math.-phys. Klasse d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. Bd. 30.  
e) 1911: Der Einfluss von mechanischer Hemmung und Belastung auf die Schlafbewegungen. Ebenda Bd. 32.
  20. *Ramann, E.* und *Bauer, H.*, 1912: Trockensubstanz, Stickstoff und Mineralstoffe von Baumarten während einer Vegetationsperiode. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 50.
  21. *Sachs, J.*, 1882 und 1887: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 1. u. 2. Aufl. Leipzig.
  22. *Schimper, A. F. W.*, 1898: Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena.
  23. *Semon, R.*, 1905: Über die Erbllichkeit der Tagesperiode. Biolog. Zentralblatt, Bd. 25.
  24. *Simon, S. V.*, a) 1906: Untersuchungen über das Verhalten einiger Wachstumsfunktionen sowie der Atmungstätigkeit der Laubhölzer während der Ruheperiode. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 43.  
b) 1914: Studien über die Periodizität der Lebensprozesse der in dauernd feuchten Tropengebieten heimischen Bäume. Jahrbücher für wiss. Botanik. Bd. 54.
  25. *Smith*, 1909: On the internal temperature of leaves etc. Annals of the R. Botanical Gardens Peradeniya, Vol. IV.
  26. *Späth, H.*, 1912: Der Johannistrieb. Inaug.-Diss. Berlin.
  27. *Stoppel, R.*, a) 1910: Über den Einfluss des Lichts auf das Öffnen und Schliessen einiger Blüten. Zeitschr. für Botanik, Bd. 2.  
b) 1912: Über die Bewegungen der Blätter von *Phaseolus* bei Konstanz der Aussenbedingungen. Berichte d. deutsch. botan. Ges. Bd. 30.
  28. *Stoppel, R.* und *Kniep, H.*, 1911: Weitere Untersuchungen über das Öffnen und Schliessen der Blüten. Zeitschr. für Botanik, Bd. 3.
  29. *Volkens, G.*, 1912: Laubfall und Lauberneuerung in den Tropen. Berlin.
  30. *Weber, Fr.*, 1911: Über die Abkürzung der Ruheperiode der Holzgewächse durch Verletzung der Knospen, beziehungsweise Injektion derselben mit Wasser. Sitzungsber. d. math. naturw. Kl. d. Wiener Akademie, Bd. 120, Abt. I.
  31. *Wright, Herb.*, 1904/05: Foliar Periodicity of Endemic and Indigenous Trees in Ceylon. Annals of the R. Botanical Gardens Peradeniya, Vol. II.
-



✓  
VERHANDLUNGEN  
DER  
PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT  
ZU  
WÜRZBURG.

N. F. BAND XLIV.

N. 3.

GEDÄCHTNISREDE  
AUF  
LUDWIG MEDICUS  
GEHALTEN AM 9. DEZEMBER 1915  
VON  
BRUNO EHMERT.

MIT 1 PORTRÄT.

WÜRZBURG.  
VERLAG VON CURT KEMITZSCH  
KGL. UNIV. VERLAGS- u. BUCHHÄNDLER.  
1916.

Univ. Bibl.  
Würzburg

J 65.2585

# Gedächtnisrede auf Ludwig Medicus

gehalten am 9. Dezember 1915

von

**Bruno Emmert.**

---

Der Tod, der gegenwärtig so reiche Ernte hält, hat auch in unsere Gesellschaft zahlreiche Lücken gerissen. In *Ludwig Medicus* ist eines unserer treuesten und ältesten Mitglieder dahingegangen. Es wurde mir der ehrenvolle Auftrag zu teil, seiner in einem Nachruf zu gedenken.

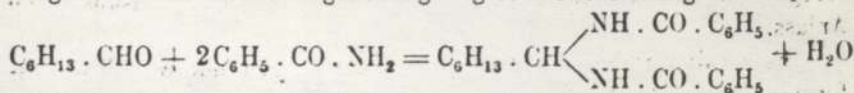
*Medicus* hat wohl aus allzu grosser Bescheidenheit auch denen, die ihm am nächsten standen, fast nie aus seinem Leben erzählt. Es ist deshalb sehr schwierig, eine zusammenhängende Darstellung seines Lebenslaufes zu geben. Besonders ist mir aus seiner Jugend nur Allgemeines bekannt geworden.

*Ludwig Medicus* wurde geboren am 1. Dezember 1847 zu Kaiserslautern als Sohn des späteren Rates am Verwaltungsgerichtshof *Ferdinand v. Medicus*. Einen grossen Teil seiner Jugend verbrachte er in Bergzabern unter den glücklichsten Verhältnissen. Das Gymnasium besuchte er in Zweibrücken. Schon in dieser Zeit war in *Medicus* ein grosses Interesse für Naturwissenschaften rege. Als Gymnasiast fasste er den Entschluss Chemie zu studieren.

*Medicus* begann seine Studien im Jahre 1865 in Wiesbaden im Privatlaboratorium von *Fresenius*. Das Institut von *Fresenius* gehörte zu den bedeutendsten Pflegestätten der analytischen Chemie. Der Gründer und Leiter des Instituts, *Remigius Fresenius*, war als Forscher und Lehrer gleich bedeutend. Besonderes Interesse brachte *Fresenius* der praktischen Anwendung der analytischen Chemie entgegen. Von ihm stammt eine grosse Anzahl von Methoden zur

Untersuchung von Mineralien, Brunnenwässern etc. Seine überaus reichen Erfahrungen auf diesem Gebiet hat *Fresenius* in einem Lehrbuch der analytischen Chemie zusammengestellt, das noch heute in allgemeinem Gebrauch ist und in die verschiedensten Sprachen übersetzt, zahlreiche Auflagen erreichte. Die Tätigkeit seines Lehrers *Fresenius* hat auf *Medicus* einen dauernden Einfluss ausgeübt. Sie begründete in ihm die grosse Neigung zur analytischen Chemie, die ihm sein ganzes Leben begleitete. Ebenso wie *Fresenius* hat er sich einem Anwendungsgebiet dieser Wissenschaft, der Nahrungsmitteluntersuchung, zugewendet; ebenso wie sein Lehrer hat er seine Erfahrungen auf analytischem Gebiet in zahlreichen Lehrbüchern niedergelegt.

Da im *Fresenius*'schen Laboratorium so gut wie ausschliesslich analytische Chemie getrieben wurde, so bezog *Medicus*, um sich auch in anderen Zweigen seiner Wissenschaft, hauptsächlich in organischer Chemie, auszubilden, späterhin die Universität Tübingen. Seine Studien in Tübingen hat er gelegentlich unterbrochen, um in München seiner Militärpflicht zu genügen. In Tübingen entstand unter *Strecker*'s Leitung auch *Medicus* Doktorarbeit unter dem Titel: Einwirkung der Aldehyde auf die Amide. In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass sich zwei Moleküle eines Säureamids leicht mit einem Aldehydmolekül unter Wasseraustritt kondensieren. Eine der von *Medicus* ausgearbeiteten Reaktionsgleichungen gibt die Gleichung



wieder. Sie zeigt die Vereinigung von Önanthol mit Benzamid.

Die Auffindung dieser Reaktion hatte deswegen einiges Interesse, weil *Schiff* die gleiche Kondensation vergebens versucht hatte. Das scheinbare Ausbleiben dieser Reaktion hatte *Schiff* zu einer besonderen Anschauung über die Funktion des Sauerstoffatoms in den Amiden veranlasst, welche nun natürlich durch die Arbeit *Medicus* hinfällig wurde. Kurz nach seiner Promotion brach der deutsch-französische Krieg aus. *Medicus* machte den Feldzug mit, besonders war er bei den schweren Kämpfen um Orleans dabei. Bei Coulmiers wurde er leicht verwundet. Das Lazarett, in dem *Medicus* verbunden wurde, wurde von den Feinden genommen und so geriet *Medicus* in französische Gefangenschaft.

*Medicus* Lehrer, *Strecker*, hatte inzwischen einen Ruf nach Würzburg angenommen, und *Medicus* folgte seinem Lehrer nach

Beendigung des Krieges als Privatassistent. Aber dieses Zusammenarbeiten sollte nicht von langer Dauer sein. Noch im Jahre 1871 starb *Strecker*. *Strecker* hat als Forscher durch Konstitutionsermittlung und Aufbau einer Reihe stickstoffhaltiger, physiologisch wichtiger Körper Bedeutendes geleistet. Wie eine Reihe Chemiker der damaligen Zeit versuchte er auch die Konstitution der Harnsäure zu ermitteln. Wenn diese Arbeit auch nicht von einem endgültigen Erfolg gekrönt wurde, so hat er doch in dieser Frage das Verdienst, seinen Schüler *Medicus* für das Problem zu interessieren, dem es dann bald glückte, eine allen Eigenschaften der Harnsäure entsprechende Formel aufzustellen. *Strecker's* Nachfolger wurde *Johannes Wislicenus*. *Medicus* wurde unter ihm erster Assistent des chemischen Instituts. *Wislicenus* und *Medicus* traten bald zueinander in ein freundschaftliches Verhältnis, das sich im Laufe der Zeit immer herzlicher gestaltete und dem erst der Tod *Wislicenus* ein Ende machte. *Medicus* hat ihm die freundschaftliche Erinnerung bis an sein eigenes Ende bewahrt. Sonst wenig geneigt aus seinem Leben zu erzählen, sprach er immer gern und voller Verehrung von seinen freundschaftlichen Beziehungen zu seinem früheren Lehrer.

Im Jahre 1874 habilitierte sich *Medicus*. Seine Habilitationsarbeit mit dem Titel: Zur Konstitution der Harnsäuregruppe, welche unter dem gleichen Titel auch in *Liebig's Annalen*<sup>1)</sup> erschien, erregte damals grosses Aufsehen und gab zu lebhaften Diskussionen Anlass.

Es wurden in dieser Arbeit die heute noch geltende Konstitutionsformel für die der Harnsäure und für die der Harnsäure nahestehenden Körper Xanthin, Guanin, Theobromin, Kaffein und Hypoxanthin, welche als Produkte des tierischen und Pflanzenorganismus eine bedeutende Rolle spielen, zum erstenmal aufgestellt. Seit den berühmten Arbeiten *Liebig's* und *Wöhler's* über diesen Punkt hat die Frage nach der Konstitution der Harnsäure die Chemiker unablässig beschäftigt.

Das Harnsäuremolekül  $C_5H_4O_2N_4$  zeichnet sich durch seinen grossen Stickstoffgehalt aus und nach den damaligen chemischen Erfahrungen lag eine grosse Schwierigkeit darin, die Stickstoffatome zwischen den Kohlenstoffatomen sinngemäss anzuordnen.

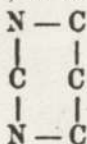
Die meisten Chemiker der damaligen Zeit glaubten das Problem dadurch lösen zu können, dass sie die Harnsäure als Derivat des Cyans oder der Cyansäure darstellten. So sehen wir in den von

<sup>1)</sup> *Liebig's Annalen* 175, 230 [1875].



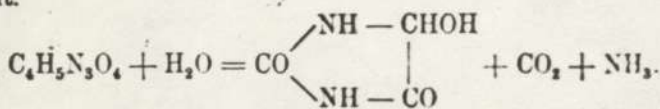


Das Alloxan stellt nach dieser Formulierung einen Sechsring dar, in dem drei C-Atome benachbart stehen, denen die Atome C, N, C angeschlossen sind. Da das Alloxan durch Oxydation aus der Harnsäure entsteht, so nahm *Medicus* an, dass die Harnsäure einen fertig gebildeten Alloxanring enthalte, d. h. dass sie den Atomring

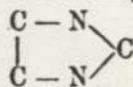


besitze.

Damit war die Lage von 4C und 2N erklärt. Noch zu erklären war die Lage von 2N und einem C-Atom. Während die Harnsäure durch Oxydation in saurer Lösung das Alloxan gibt, entsteht aus ihr durch Oxydation in alkalischer Lösung ein ganz anderes Produkt. *Medicus'* Lehrer *Strecker* hatte schon experimentell gezeigt, dass bei alkalischer Oxydation eine neue Substanz, die Oxonsäure entsteht und *Medicus* führte diese Versuche, deren Wichtigkeit er sofort erfasste, weiter. Er fand, dass die Oxonsäure  $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_4$  unter Aufnahme von Wasser in Kohlendioxyd, Ammoniak und Glyoxalylharnstoff übergeht.

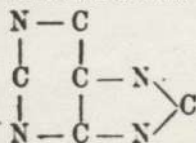


Der Glyoxalylharnstoff enthält den Ring

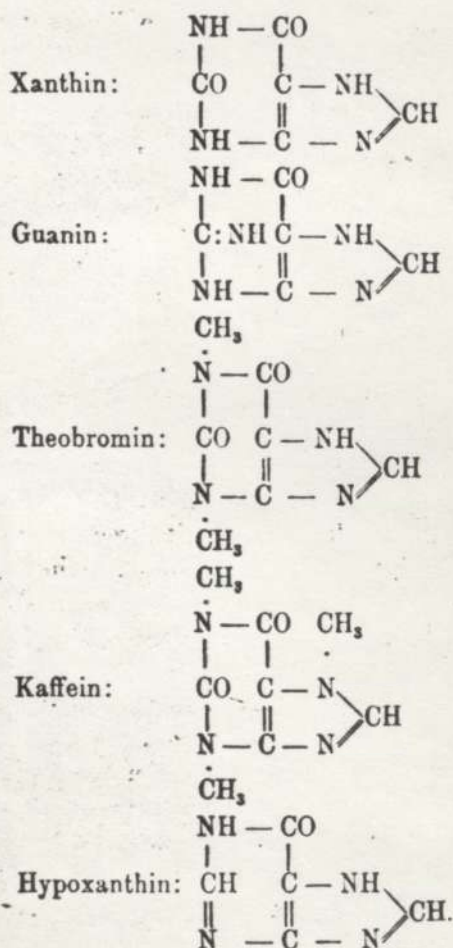


und es ist anzunehmen, dass auch dieser schon fertig gebildet in der Harnsäure enthalten ist.

Die Harnsäure muss also nach diesen Schlussfolgerungen einen Fünf- und einen Sechsring enthalten. Da der Alloxanring sich von der Harnsäure noch um zwei N und ein C unterscheidet, so war anzunehmen, dass die beiden nebeneinanderliegenden C-Atome des Fünfrings identisch sind mit zwei nebeneinanderliegenden C-Atomen des Alloxanrings. Daraus ergab sich für *Medicus* der Gedanke, der Harnsäure das Kohlenstoff-Stickstoffskelett



zugrunde zu legen. Es waren jetzt nur noch Sauerstoff und Wasserstoffatome zu verteilen. Da war es von vornherein wahrscheinlich, dass der Sauerstoff an die C-Atome, der Wasserstoff an die N-Atome gebunden sei. Diese Verteilung geht auch aus der Zusammensetzung der Spaltprodukte der Harnsäure hervor. Von seiner Formel der Harnsäure ausgehend erschloss *Medicus* auch die Konstitution der für die Pflanzen- und Tierphysiologie so wichtigen Körper Xanthin, Guanin, Theobromin, Kaffein und Hypoxanthin. Er gab ihnen die Formelbilder:



Durch diese Formeln konnten die damals bekannten Spaltungen der genannten Körper einwandfrei erklärt werden. Alle diese Formeln haben sich später als richtig erwiesen. Nur die Formel des Theo-

bromins war später etwas abzuändern, da *Medicus* sich in der Stellung einer Methylgruppe getäuscht hatte.

Eine äusserst kühne Schlussfolgerung, ausgehend von relativ wenigen experimentellen Tatsachen, die zumeist schon früheren Forschern bekannt waren, ist es, die wir in dieser Arbeit bewundern. In ihr löste *Medicus* in jungen Jahren ein Problem, an dem sich *Liebig* und *Wöhler*, *Baeyer*, *Kolbe* und *Strecker* vergebens versucht hatten.

Sofort bei ihrem Erscheinen rief die neue Harnsäureformel eine rege Diskussion hervor. Man fragte sich, ob die Schlüsse, die *Medicus* zu seiner Formel geführt hatten, bindend seien. Von manchen Seiten wurde dieses und die Richtigkeit der Formel bestritten. Erst in den achtziger Jahren wurde der Streit dadurch beendet, dass *Emil Fischer* die *Medicus*'sche Formel der Harnsäure, des Xanthins, Theobromins, Kaffeins, Guanins und Hypoxanthins durch ein reiches, experimentelles Material so einwandfrei bewies, dass ein fernerer Zweifel an ihr unmöglich war. Unter Zugrundelegung der *Medicus*-schen Formel glückte späterhin *Behrend* und *Roosen* und auf anderem Wege *Emil Fischer* und *Ach* die Synthese der Harnsäure.

Kurz nach dem Erscheinen seiner Habilitationsarbeit erhielt *Medicus* einen Ruf nach Florenz unter ehrenvollen Bedingungen, besonders wurde ihm der Bau eines neuen Instituts zugesichert. *Medicus* lehnte diesen Ruf ab, einerseits, weil er damals, kurz vor seiner Verheiratung stehend, sich nicht den unsicheren italienischen Verhältnissen aussetzen wollte, andererseits, weil er mit ganzem Herzen an *Wislicenus* und seinem Institut hing. Statt *Medicus* wurde dann der bekannte Chemiker *Schiff* nach Florenz berufen, der bis zu seinem vor wenigen Monaten erfolgten Tode dort wirkte.

Im Jahre 1881 wurde *Medicus* als Nachfolger *R. v. Wagner's* zum ausserordentlichen Professor für Pharmazie und Technologie in Würzburg berufen. 1884 wurde er zum Direktor der neugegründeten Untersuchungsanstalt für Nahrungs- und Genussmittel, im Jahre 1900 zum Ordinarius ernannt. Die Laboratoriumsräume für Pharmazie und Technologie und die Untersuchungsanstalt befanden sich damals im dritten Stock des alten Kollegienhauses neben dem Neubauturm. Von den äusserst primitiven Verhältnissen dieses Laboratoriums hat *Medicus* oft erzählt. Sie waren daran schuld, dass eines Tages dort ein Brand ausbrach, welcher aber die angenehme Folge hatte, dass *Medicus* aus dem alten Kollegienhaus verbannt und ihm die viel schöneren Räume im medizinischen Kollegienhaus angewiesen wurden,

in denen *Medicus* bis zuletzt wirkte. Hier war reichlich Platz, besonders nachdem 1904 die Untersuchungsanstalt ein neues, modern eingerichtetes Haus erhalten hatte, und die alten Laboratoriumsräume umgebaut wurden. Neben seiner Lehrtätigkeit und seiner Tätigkeit als Vorstand der Untersuchungsanstalt fiel *Medicus* als Beisitzer des Medizinalkomitees der Universität noch das verantwortungsvolle Amt zu, bei Kriminalfällen gegebenenfalls als Sachverständiger aufzutreten und die entsprechenden Untersuchungen zu machen. Wegen seiner reichen Erfahrungen auf allen Gebieten der technischen Chemie wurde er bei den bayerischen Landesausstellungen zweimal zum Preisrichter ernannt.

Wie dieses seine Tätigkeit mit sich brachte und wohl auch seiner Neigung für analytische Chemie folgend, hat sich *Medicus* späterhin auch in seiner Forschungsarbeit hauptsächlich mit den Problemen der Nahrungsmitteluntersuchung beschäftigt. Da ich nicht auf alle diese Untersuchungen im einzelnen eingehen kann, so will ich nur ihre Titel anführen, um wenigstens ihren Inhalt anzudeuten: Quantitative Bestimmung des Stärkemehls in Würsten. — Über den Salicylsäurenachweis im Wein. — Zur Frage der Vergärbarkeit von Dextrinen. — Quantitative Bestimmung des Bleis. — Methoden der Untersuchung und Beurteilung der Kaffeesurrogate. — Die künstliche Färbung der Liköre und der Zusatz von Zucker zu Spirituosen. — Zur Bestimmung des Aldehyds im Weingeist. — Die Bestimmung von Unkrautsamen, besonders Kornrade, im Mehl. — Über die Veränderung des Bienenwachses durch die chemische Bleiche. — Bestimmung von Metallspuren in Nahrungs- und Genussmitteln durch Elektrolyse.

Besondere Beachtung hat in Fachkreisen die Arbeit: Über den Salicylsäurenachweis im Wein gefunden, in der *Medicus* zeigt, dass unter Umständen im Wein, in Fruchtsäften etc. eine Substanz in kleinen Mengen vorkommt, die durch ihre Reaktionen einen künstlichen Zusatz von Salicylsäure vortäuscht, so dass also beim Nachweis von Salicylsäure in solchen Fruchtsäften Vorsicht geboten ist.

Zahlreiche Dissertationen sind aus dem *Medicus*'schen Institut hervorgegangen, die sich meistens mit analytischen Problemen, mit Problemen der Nahrungsmitteluntersuchung, zum Teil auch mit der Konstitutionsaufklärung natürlich vorkommender Pflanzenfarbstoffe beschäftigen. Der grösste Teil derselben wurde in Fachzeitschriften nicht publiziert, so dass sie nicht zu allgemeiner Kenntnis gelangten.

So Vielseitiges *Medicus* auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie leistete, kann man vom Standpunkte des Chemikers doch nicht

ein gewisses Bedauern unterdrücken, dass er sich nicht noch öfters den Problemen der Konstitutionserforschung gewidmet hat. Wie seine glänzende Erstlingsarbeit zeigte, hatte er auf diesem Gebiet eine ganz ungewöhnliche Begabung, und vielleicht hätte noch manches der zahlreichen Probleme der organischen Chemie durch ihn seine Lösung gefunden.

*Medicus* hat eine grosse und äusserst erfolgreiche literarische Tätigkeit entfaltet. Seine zahlreichen Erfahrungen hat *Medicus* in kurzen Anleitungen zur qualitativen Analyse, zur Gewichtsanalyse, zur Massanalyse, zur technischen Analyse zusammengefasst. Bei jeder dort beschriebenen Methode ist sofort zu erkennen, dass sie der Verfasser selbst unzählige Male erprobt hat, dass er durch seine Lehrtätigkeit die kleinen Schwierigkeiten kennt, die sie den Anfänger oft missglücken lassen. Verbunden sind diese Vorzüge mit einem kurzen, klaren Stil. Kurz, seine Anleitungen sind wirklich brauchbar. Von ihrer grossen Beliebtheit spricht die grosse Anzahl ihrer Auflagen. So hat *Medicus* noch kurz vor seinem Tode die sechzehnte Auflage seiner Anleitung zur qualitativen Analyse fertiggestellt. Allgemein bekannt ist auch *Medicus'* ausführliches Lehrbuch der chemischen Technologie.

Betrachten wir *Medicus'* Lebenslauf, so müssen wir sagen, dass es ein glückliches Leben war. Beigetragen haben dazu seine glücklichen Familienverhältnisse, sowohl im Elternhause, wie im eigenen Heim, sowie seine Charakteranlage. Grössere Sorgen sind ihm bis zum Ausbruch des Krieges erspart geblieben, über kleinere Sorgen setzte er sich mit seinem zufriedenen Charakter leicht hinweg. Seine ausgedehnten Wanderungen haben ihm bei seiner ausgeprägten Freude an der Natur viele Stunden des Glücks gebracht. Erst für sein letztes Lebensjahr war ihm der grösste und tiefste Schmerz vorbehalten. Sein einziger Sohn, der voll Begeisterung in den Krieg gezogen war, fiel nach kurzer Zeit auf französischem Boden.

Obwohl *Medicus* seinen Schmerz nach aussen zu verbergen suchte, sahen die, welche ihn näher kannten, eine tiefe Veränderung mit ihm vorgehen. Der früher so kräftige, lebensfrohe, immer gesunde Mann alterte zusehends. Die Zeit schien seinen Schmerz nicht zu lindern, sondern immer mehr zu vertiefen. Nicht lange hielt sein Herz diesem Kummer stand. Ende September befel ihn ein kurzer Ohnmachtsanfall und von da ging es schnell zu Ende. Obwohl er den Weg in sein Institut nur noch mühsam zurücklegen konnte, so liess er durch kein Zureden sich davon abhalten, seiner gewohnten

Beschäftigung nachzugehen. Erst wenige Tage vor seinem Ende zwang ihn der rapid zunehmende Kräfteverfall zu Hause zu bleiben. Am 11. Oktober 1915 schloss er nach kurzem Krankenlager seine Augen für immer.

Die edlen menschlichen Eigenschaften *Medicus'* sind noch in unser aller Erinnerung. Der Grundzug seines Charakters war Bescheidenheit. Niemals sprach er von dem bedeutenden, wissenschaftlichen Erfolg, den er schon in jungen Jahren errungen hatte.

*Medicus* war nicht ein Mann von vielen Worten, aber sein Wort war unverbrüchlich; auf seine wohlwollende, vornehme Gesinnung konnte man sich unbedingt verlassen. *Medicus* hatte ein fühlendes Herz für die Sorgen anderer. Seinen jüngeren Kollegen war er gern ein freundlicher Berater, seinen Schülern blieb er immer ein väterlicher Freund. Voll Freude war er, wenn ein Schüler aus früherer Zeit ihn wieder aufsuchte und hatte er ein Anliegen, so war er gerne bereit, ihm durch seinen erfahrenen Rat, durch seine zahlreichen Beziehungen zu helfen. *Medicus* war deshalb von der grössten Verehrung und Liebe seiner Schüler umgeben, fühlte doch jedermann das Wohlwollen, das von ihm ausging.

*Ludwig Medicus* ist von uns geschieden. Er wird aber in unserem Andenken fortleben als der gewissenhafte Gelehrte, der wohlwollende Lehrer, der treue Freund, ein schlichter, echter deutscher Mann.

---

✓

VERHANDLUNGEN

DER

PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT

ZU

WÜRZBURG.

N. F. BAND XLIV.

Nr. 4.

GEDÄCHTNISREDE

AUF

THEODOR BOVERI

GEHALTEN AM 3. FEBRUAR 1916

VON

H. SPEMANN.

MIT 1 PORTRÄT.



WÜRZBURG.

VERLAG VON CURT KABITZSCH.

KGL. UNIV.-VERLAGSBUCHHÄNDLER.

1916.





## Gedächtnisrede auf Theodor Boveri.

(Geb. 12. Oktober 1862 zu Bamberg, gest. 15. Oktober 1915 zu Würzburg.)

Gehalten in der physikalisch-medizinischen Gesellschaft am

3. Februar 1916.

Von

H. Spemann.

Mit 1 Porträt.

---

Wir sind hier zusammengekommen, einen Mann zu feiern, wie grösser keiner an dieser Universität je geforscht und gelehrt hat, und mir als seinem ältesten Schüler ist die Ehre zugefallen, Worte des Gedächtnisses auf ihn zu sprechen. Ich bekenne mich zu dieser Pflicht mit freudigem Stolz, und doch mit Schmerz und nicht ohne Zagen. Ich bin noch nicht gewohnt, in diesem Raume zu reden, ohne dass er unter den Zuhörern sitzt. Er war mir ja immer der Zuhörer, der Leser, der Zuschauer meines wissenschaftlichen Lebens, und so wird es seinen übrigen Schülern auch gehen. Diese Stunde bringt uns schmerzlich zum Bewusstsein, dass das vorbei ist, dass man wieder auf sich selbst zurück verwiesen wird. Und auch nicht ohne Zagen kann ich von ihm reden. Die Grösse hat etwas Unnahbares, das dem Wort widerstrebt, und er steht in geschlossener Grösse und Vollendung vor uns. So möge die Verehrung und Dankbarkeit, die ich für ihn fühle, zu denselben Empfindungen in Ihnen sprechen, und sein Bild wieder eine Stunde freundlich unter uns weilen.

*Theodor Boveri* wurde am 12. Oktober 1862 in Bamberg geboren. Nach zweijährigem Besuch des Gymnasiums seiner Vaterstadt ging er nach Nürnberg aufs Realgymnasium, und es muss wohl ein guter Grund gewesen sein, der dort für sein geistiges Leben gelegt wurde. Mit dem Zeugnis der Reife entlassen ging er 1881 nach München. Dort widmete er sich zunächst historisch-philosophischen Studien und bereitete sich nebenbei auf die Reifeprüfung des humanistischen Gymnasiums vor, die er schon nach neun Monaten mit glänzendem Erfolge bestand. Doch wandte er sich bald der Naturwissenschaft

zu, zunächst in der Hauptrichtung auf Anatomie. Er war sogar vorübergehend Assistent am anatomischen Institut; unter *Kupffer's* Leitung führte er auch seine erste wissenschaftliche Arbeit aus, „Beiträge zur Kenntnis der Nervenfasern“. Mit dieser Arbeit promovierte er 1885 summa cum laude in der philosophischen Fakultät. Im selben Jahr ging er von der Anatomie zur Zoologie über; er gehörte 8 Jahre dem Münchener zoologischen Institut unter *Richard Hertwig* an, vom Jahr 1891 als Assistent. 1887 habilitierte er sich für Zoologie und vergleichende Anatomie. Während der 4 ersten Jahre seiner Münchener Zeit genoss er die Vorteile des Maximilianeums, während 5 Jahre ausserdem das *Froment'sche* Stipendium. Im März 1893 erhielt er, dreissigjährig, als Nachfolger von *C. Semper* einen Ruf auf den Würzburger Lehrstuhl für Zoologie und vergleichende Anatomie, dem er bis an sein Ende treu blieb. Auch sonst ist er nicht viel herumgekommen. Im Frühjahr zog er zu wiederholten Malen südwärts, nach Neapel an die zoologische Station *Anton Dohrn's*, mit dem er in herzlicher Freundschaft verbunden war; mehrere Winter verbrachte er ganz dort. In den Ferien war er in früheren Jahren meistens im bayerischen Gebirg, in Seehaus, zusammen mit seinem alten Freund *August Pauly*, der nun auch schon manches Jahr tot ist; später in Höfen nahe bei seiner Vaterstadt Bamberg, auf eigenem Grund und Boden, in einem alten Besitz seiner Familie. So lebte er, eine bodenständige Natur, als Sohn seiner fränkischen Heimat. Er lief der Welt nicht nach; mit der Unabhängigkeit des innerlichen Menschen arbeitete er ruhig an dem Ort, an den er gestellt war, bis die Welt ihn suchte. Ohne Engherzigkeit fühlte er sich vor allem seinem Bayern zugehörig und verpflichtet. „Für den bayerischen Staat hab' ich gearbeitet, der kann mich auch einmal durchfüttern, wenn's nimmer geht“; so etwa sagte er einmal zu mir, als er einen Ruf nach auswärts abgelehnt hatte.

So haben wir ihn gekannt, im täglichen Leben, in gemeinsamer Arbeit für die Universität. Und von Zeit zu Zeit trat er hier vor uns, liess uns an den Ergebnissen seiner Arbeit, an seinen Gedanken und Zielen teilnehmen; jene Stunden vor allem werden uns als Höhepunkte dieser wissenschaftlichen Gesellschaft unvergesslich bleiben. So werden wir denn hier sein Gedächtnis am würdigsten ehren, wenn wir uns noch einmal zusammen in die Probleme vertiefen, die ihn sein Leben lang beschäftigt haben.

Es ist bezeichnend für den Entwicklungsgrad der biologischen

Wissenschaft, dass ein Mann von der reichen, künstlerischen Begabung, von den vielseitigen, alles Menschliche umspannenden Interessen *Boveris*, Jahrzehnte angestrengtester Beobachtung und tiefsten Nachdenkens der Erforschung von Formverhältnissen und Vorgängen gewidmet hat, die so minutiös sind, dass sie nur mit den stärksten Vergrößerungen verfolgt werden können; und es ist charakteristisch für die weitgehende Verzweigung unserer Kultur, dass ich Ihnen die Grösse des Mannes nicht nahe bringen kann, ohne auf Einzelheiten einzugehen, welche wohl bisher im Denken der meisten von Ihnen keine Rolle gespielt haben. Aber freilich, es handelt sich um die Erforschung der Vererbungs-substanz, um die Schicksale des Chromatins, jenes durch künstliche Tinktion darstellbaren Zellbestandteils, welcher im Zellkern während der sogenannten Ruheperiode in einem Gerüst- oder Wabenwerk, dem Chromatingerüst, fein verteilt, sich von Zeit zu Zeit, wenn Kern und Zelle sich teilen wollen, zu einzelnen Fadenstücken, Stäbchen oder Kugeln zusammenzieht. Diese Chromosomen ordnen sich in einer Platte, der Äquatorialplatte, an und spalten sich der Länge nach. Inzwischen ist in der Zelle ein eigener Apparat entstanden, der achromatische Kernteilungsapparat; zwei Pole, umgeben von Protoplasmastrahlungen, zu beiden Seiten der Äquatorialplatte; von ihnen gehen stärkere Fäden aus und setzen sich an der Längsseite der Chromosomen fest; so entsteht die Kernspindel. Durch Auseinanderweichen der Sphären und Verkürzung der Spindelfasern werden die mit ihnen verbundenen Spalthälften der Chromosomen auseinandergeführt, und als Tochterchromosomen auf die nun entstehenden beiden Tochterzellen verteilt. Dann lösen sie sich, von einer Kernvakuole umschlossen, wieder in ein feines, zusammenhängendes Gerüstwerk auf. Soweit war die Einsicht in diese Vorgänge der indirekten Kernteilung oder Karyokinese namentlich durch die klassischen Arbeiten von *Flemming* und *van Beneden* gefördert worden.

*C. Rabl* machte nun (1884) die Beobachtung, dass die Chromosomen, die sich aus dem Chromatingerüst bilden, wenn der Kern sich zur Teilung anschickt, eine ganz ähnliche Anordnung zeigen, wie die Chromosomen, die sich in das Chromatingerüst auflösen, nachdem sich der Kern geteilt hat, und er kam auf den entscheidenden Gedanken, dass das kein Spiel des Zufalls sein könne. Er hielt es für undenkbar, dass in dem Chromatingerüst des ruhenden Kerns keine Spur dieser Anordnung vorhanden sein solle. So kam er zu der Vorstellung, dass die Chromosomen beim Übergang in das Kern-

gerüst Fortsätze aussenden, die sich selbst wieder und immer weiter verzweigen und unter einander in Verbindung treten, und dass die Chromosomen, die nach Ablauf der Ruheperiode entstehen, sich durch Einziehen jener Fortsätze aus dem Chromatingerüst kontrahieren.

Hier nun setzte *Boveri* ein. Er übernahm die Vorstellung *Rabls* und brachte neue Tatsachen bei, die noch unzweideutiger zu ihren Gunsten sprachen. Die Eier und ersten Entwicklungsstadien von *Ascaris megalcephala*, an denen die Untersuchung ausgeführt wurde (1888 b), sind dazu aus verschiedenen Gründen besonders geeignet. Der Kern besitzt hier nur 4, bei einer Abart sogar nur 2 Chromosomen, die geringste bekannte, ja überhaupt mögliche Zahl; und diese Chromosomen sind von verhältnismässig ausserordentlicher Grösse, wodurch sehr klare und einfache Bilder entstehen. *Boveri* konnte nun zunächst zeigen, dass aus dem Chromatingerüst des ruhenden Kerns immer so viel Chromosomen hervorgehen, als bei seiner Bildung in dasselbe eingegangen sind; und zwar nicht nur in normalen Fällen die normale Zahl, sondern bei abnormer Erhöhung die erhöhte Zahl. Dass das nun immer noch dieselben Chromosomen sind, die sich über die Ruheperiode des Kerns hinweg im Chromatingerüst erhalten haben, lässt sich mit höchster Wahrscheinlichkeit nachweisen infolge einer Eigentümlichkeit, welche die ruhenden Kerne bei *Ascaris megalcephala* auszeichnet. Sie haben nämlich keinen runden glatten Kontur, sondern sind in stumpfe Fortsätze ausgebuchtet; diese kommen dadurch zustande, dass die grossen Chromosomen beim Übergang ins Chromatingerüst sich nicht zu einem runden Knäuel zusammenballen, sondern ihre verdickten Enden nach aussen strecken und in besonderen Fortsätzen der entstehenden Kernmembran bergen wie in Handschuhfingern. Da diese Fortsätze während der ganzen Ruheperiode des Kerns erhalten bleiben, so sind die Enden der Chromosomen damit festgelegt und können bei der Neubildung mit Sicherheit identifiziert werden; und das um so mehr, als sie am längsten ihre kompakte Form beibehalten, sich zuletzt ins Gerüstwerk auflösen und zuerst wieder aus ihm zusammenziehen.

Am beweisendsten aber für das Erhaltenbleiben der Chromosomen über den Gerüstzustand des Kerns hinweg ist ihre Form und Anordnung in Schwesterkernen, die sich zu erneuter Teilung anschicken. In der Äquatorialplatte zeigen nämlich die Chromosomen eine ganz bestimmte Anordnung oder vielmehr folgen sie darin mehreren ganz bestimmten Typen; sie sind entweder gestreckt oder winkelig gebogen, ihre Enden immer nach aussen gerichtet; das kann in verschiedener

Weise kombiniert sein. Eine solche sehr charakteristische Anordnung in der Äquatorialplatte geht nun durch Längsspaltung der Chromosomen auf die beiden Tochterplatten über und in das Chromatingerüst der Tochter- oder Schwesterkerne ein, wo sie sich unserer weiteren Beobachtung entzieht. Dass sie aber darin erhalten bleibt, konnte *Boveri* in bewunderungswürdigen Untersuchungen (1888b, 1909a) nachweisen, indem er zeigte, dass die Chromosomen von Schwesterkernen, die sich zu neuer Teilung aus dem Gerüst zusammenziehen, jeweils demselben charakteristischen Typus der Anordnung folgen; wofür es wohl keine andere Erklärung gibt als die, dass sie diese Anordnung von der gemeinsamen Äquatorialplatte, aus der sie entstanden sind, übernommen und durch den Ruhezustand des Kerns hindurch bewahrt haben.

Aber nicht nur im Beweis des Tatbestandes, sondern auch in seiner begrifflichen Fassung ging *Boveri* über *Rabl* hinaus; er fasste die Chromosomen unter dem Begriff der Individualität. In diesem Vergleich der Chromosomen mit anderen Individualitätsstufen scheint mir weit mehr zu liegen als bloss ein anderes Wort für dieselbe Sache. Jedenfalls hat die Hypothese erst in dieser scharfen Fassung ihre Fruchtbarkeit bewiesen, und hat *Boveri* selbst und andere Forscher neben ihm zu neuen Fragen und Entdeckungen geführt.

Diese Theorie der Chromosomenindividualität ist das eine Hauptergebnis von *Boveris* Untersuchungen am *Ascarisei*, deren Anfang im 2. Heft der Zellenstudien mitgeteilt ist. Ein zweites nicht minder wichtiges ist die Entdeckung des Centrosoma als des Teilungsorgans der Zelle.

Schon vorher war es bekannt, dass die beiden Sphären, zwischen denen die Kernspindel sich ausspannt, in ihrem Zentrum, von welchem die Radien ausgehen, ein kleines, stark lichtbrechendes Körperchen enthalten, das sogenannte Polkörperchen. Es wurde nun gleichzeitig und unabhängig von *Boveri* (1887a) und *van Beneden* die Entdeckung gemacht, dass diese Körperchen sich nicht jedesmal neu bilden, sondern durch Teilung auseinander hervorgehen; also, jedenfalls innerhalb gewisser Grenzen, dauernde Zellorgane sind, im Gegensatz zu der Kernspindel, welche jedesmal neu entsteht. „In den neuen Kern wird nichts von den Spindelfasern aufgenommen, diese lösen sich von den Kernelementen ab und gehen in gewöhnliches Protoplasma über. Das Polkörperchen aber persistiert, und ich habe dreimal beobachtet, dass die Polkörperchen der nächsten Spindel aus diesem einen durch Teilung hervorgehen.“ (1887a, S. 79). Dieses

Körperchen nannte *Boveri* Centrosoma (1888b, S. 68) in Übersetzung der von *van Beneden* gebrauchten Bezeichnung corpuscule central.

Schon in seiner ersten ausführlichen Arbeit (1888 b) machte *Boveri* es wahrscheinlich, dass das Centrosoma durch das Spermatozoon ins Ei eingeführt wird und dort durch Teilung in zwei zerfällt (S. 71), dass es auf das in der Eizelle enthaltene Archoplasma (so nannte er den Bestandteil des Protoplasmas, aus welchem bei *Ascaris* die Sphären entstehen) eine Anziehung ausübt, derart, dass es, um sich selbst als Zentrum, diese Substanz zu einer dichten körnigen Kugel kontrahiert (S. 70); dass die Teilung des Centrosomas in zwei Tochtercentrosomen und das Auseinanderrücken dieser letzteren die Teilung des Archoplasma und damit die Ausbildung der beiden Sphären zur Folge hat (S. 70).

Von grösster Tragweite war nun die Untersuchung, die sich auch schon in der grossen *Ascaris*arbeit findet, inwieweit die zyklischen Prozesse, welche einerseits am Chromatin, andererseits an den Centrosomen und Sphären ablaufen, voneinander unabhängig oder aber fest miteinander verbunden sind. *Boveri* kam schon damals zu dem Schluss, dass beide Zyklen bis zu einem gewissen Grade selbständig verlaufen, und nur an einem Punkt ineinandergreifen, dass also die Chromosomen nach der Teilung sich zum Kerngerüst auflösen, dort wieder zu ihrer normalen Grösse heranwachsen, sich aus dem Gerüst zusammenziehen und durch Längsspaltung zur neuen Teilung vorbereiten, ohne Rücksicht auf den Zustand der Centrosomen, und dass desgleichen die Centrosomen sich teilen, auseinanderrücken und eine Strahlung um sich erzeugen, unbeeinflusst durch die Chromosomen, so dass erst bei der Bildung der Kernspindel eine gesetzmässige Beziehung zwischen beiden Zyklen hergestellt wird. Dieser „Dualismus der Kernteilungsphänomene“ (1888b, S. 186) konnte schon aus dem normalen Verhalten der Karyokinese und kleinen räumlichen und zeitlichen Verschiebungen dabei erschlossen werden; später wurde er experimentell noch fester begründet und diente dann seinerseits als Ausgangspunkt für neue Versuche. Ehe wir aber näher hierauf eingehen, wollen wir zwei neue Reihen grundlegender Arbeiten kennen lernen, deren Anfänge auch in jene ersten Jahre fallen.

Die eine von ihnen enthält die Anwendung der neugewonnenen Einsicht auf die Theorie der Befruchtung.

Etwas über ein Jahrzehnt vorher hatte *O. Hertwig* im lebenden Seeigeli den Spermakern aufgefunden und seine Verschmelzung mit dem Eikern beobachtet, was von späteren Untersuchern, vor allem

von *Fol*, bestätigt und ergänzt wurde. Darauf hatte *O. Hertwig* den Satz gegründet: „Die Befruchtung beruht auf der Verschmelzung von geschlechtlich differenzierten Zellkernen“. *Boveri* formulierte nun zunächst das Problem schärfer, indem er eine auch von *O. Hertwig* gemachte Unterscheidung durchführte und den Gedanken folgerichtig zu Ende dachte. „Es hat sich mir im Laufe meiner Beschäftigung mit diesem Gegenstand die Überzeugung ergeben, dass, wenn wir in der Ergründung des Befruchtungsproblems weiter kommen wollen, vor allem aufs schärfste unterschieden werden muss zwischen Befruchtung und Vererbung, d. h. zwischen der Frage, wie sich Ei und Spermatozoon zu einer teilungsfähigen Zelle ergänzen, und jener, wie diese Zellen und ihre Nachkommen die Qualitäten beider Eltern zu reproduzieren imstande sind. Mögen auch, wie man angenommen hat, beide Erscheinungen an den gleichen Bestandteil der Zelle geknüpft sein, so erfordern doch die beiden Probleme eine ganz verschiedene Behandlung“ (1888b, S. 10).

Dass nun eine Verschmelzung von Ei- und Spermakern nicht nötig ist, damit die Entwicklung in Gang kommt, hatte schon *van Beneden* nachgewiesen, indem er zeigte, dass bei *Ascaris megalocephala* sowohl die Chromosomen sich aus dem Kerngerüst zusammenziehen, als auch die erste Teilungsspindel entsteht, ohne dass Ei- und Spermakern verschmelzen. *Boveri* zeigte nun weiter, dass sowohl Ei- wie Spermakern einzeln fehlen können, ohne dass die befruchtende, d. h. die Entwicklung erregende Wirkung des Spermatozoons dadurch aufgehoben wird. Das erstere, die Entbehrlichkeit des Eikerns, folgerte er aus einem Experiment von *O.* und *R. Hertwig*. Diese hatten unbefruchtete Seeigelleier in Stücke zerschüttelt und gefunden, dass sich nun nicht nur kernhaltige, sondern auch kernlose Eifragmente befruchten und zur Entwicklung bringen lassen. Um die Entbehrlichkeit auch des Spermakerns sicher nachzuweisen, forderte *Boveri* ein Experiment, darin bestehend, dass man ein kernloses Spermatozoon in ein normales Ei einführte (1887b, S. 160); und sehr bald gelang ihm ein Versuch, der das in der Tat annähernd leistete. Aus nicht genau festgestellter Ursache blieb bei einem Experiment der Spermakern, statt nach dem Eikern hinzuwandern und mit ihm zu verschmelzen, an der Peripherie des Eies liegen und beteiligte sich zunächst nicht an der Entwicklung. Das Centrosoma aber löste sich von ihm ab, teilte sich, bildete Strahlung und Spindel und setzte die Entwicklung in Gang (1888a).

Es ist also ein teilungsfähiges Centrosoma, welches dem Ei zur



Entwicklungsfähigkeit fehlt, und die Ergänzung durch das Spermatozoon besteht eben in der Einführung eines solches Teilungsorgans. Die beiden Centrosomen der ersten Furchungsspindel gehen durch Teilung aus dem Centrosoma des Spermatozoon hervor; das Centrosoma des Eies aber hat sich rückgebildet und beteiligt sich nicht an der Entwicklung.

Dasselbe schloss *Boveri* aus den Erscheinungen der Mehrfachbefruchtung oder Polyspermie. Dringen zwei oder mehr Spermatozoen in ein Seeigeelei ein, so finden sich nachher doppelt soviel Zentren mit Strahlung, als Spermakerne nachweisbar sind; d. h. aber, jedes eingedrungene Spermatozoon hat ein Centrosoma geliefert, welches sich in zwei teilt. Ein Ei-Centrosoma macht sich nicht bemerkbar.

Das Wesentliche an diesen merkwürdigen Verhältnissen sah *Boveri* in der Hemmung, durch die das Ei gezwungen wird, mit seiner Entwicklung zu warten, bis ihm vom Spermatozoon zugleich mit dem Centrosoma ein von einem anderen Individuum stammender Kern zugeführt wird. Das wäre also vergleichbar mit den Einrichtungen, welche im Pflanzenreich die Selbstbestäubung verhindern. *Boveri* war von Anfang an keineswegs der Ansicht, dass diese Hemmung überall auf dieselbe Weise zustande gebracht und mit denselben Mitteln gelöst werden müsste (1892c, S. 431). Es ist Ihnen wohl bekannt, dass es neuerdings gelungen ist, Eier verschiedener Tiere durch mannigfache Mittel ohne Zusatz von Samen zur Entwicklung zu bringen; dass diese Entdeckung nicht ohne tiefgreifenden Einfluss auf die Lehre von der Befruchtung und der Rolle, welche das Centrosoma dabei spielt, bleiben konnte, liegt auf der Hand. *Boveri* hat die von anderen Forschern gefundenen Tatsachen mit demselben ruhigen, offenen Blick betrachtet wie die von ihm selbst entdeckten, und hat nur dasselbe auch von andern verlangt. Es würde mich aber zu weit führen, wollte ich hier auf diese neue, noch im Flusse befindliche Entwicklung eingehen (vergl. 1907, S. 265—279; 1915, S. 292 ff.).

Wie wir sahen, schloss sich *Boveri* darin *O. Hertwig* an, dass auch er für das Wichtigste an den mit der Befruchtung verbundenen Prozessen die Vereinigung zweier von verschiedenen Individuen stammender Zellkerne hielt. Damit ist aber den Zellkernen eine besondere Bedeutung beigelegt, und es fragt sich nun, worin diese Bedeutung besteht. Um diese Frage zu beantworten, muss ich wieder etwas weiter ausholen.

Es ist eine auch dem Laien vertraute Tatsache, dass die Kinder in ihren Eigenschaften im allgemeinen die Mitte zwischen ihren Eltern

halten, dass jedenfalls die Eigenschaften des Vaters mit nicht geringerer Kraft vererbt werden als die Eigenschaften der Mutter. Es muss also im befruchteten Ei der vom Vater stammende Bestandteil auf die Entwicklung der Eigenschaften des Kindes dieselbe Wirkung ausüben, wie das, was die Mutter beigesteuert hat. Da nun das Spermatozoon an Masse gegen das Ei fast verschwindet, so muss entweder der für die Vererbung in Betracht kommende Bestandteil des Spermatozoon im selben Verhältnis wirksamer sein als seine Menge geringer ist, oder aber es muss auch vom Ei nur ein kleiner Teil bei der Vererbung mitspielen, der dann an Masse einem Teil des Spermatozoons genau entspräche. Diese Erwägungen wurden zuerst von dem Botaniker *Naegeli* (1884) angestellt. Er entschied sich für die zweite Möglichkeit, und nahm neben dem gewöhnlichen Ernährungsplasma noch ein besonderes Vererbungsplasma an, welches er *Idioplasm*a nannte. Noch im selben Jahr 1884 wies nun *O. Hertwig* darauf hin, dass die Kerne von Ei und Spermatozoon genau den Anforderungen entsprechen, welche *Naegeli* für das *Idioplasm*a abgeleitet hatte. Nach den Entdeckungen von *van Beneden* über die Befruchtung des *Ascariseies* konnte *Hertwig* diese Aussage sogar auf einen bestimmten Teil des Kerns einschränken und den Satz aufstellen, dass das Nuclein [= Chromatin] die Substanz sei, welche dem *Idioplasm*a *Naegelis* entspricht.

War das nun auch sehr einleuchtend, so war es doch noch nicht bewiesen; *Boveri* unternahm es, den Beweis beizubringen.

Am deutlichsten ist die Mittelstellung des Kindes bei den Kreuzungsprodukten aus verschiedenen Tierarten, den Bastarden. Wenn es gelänge, einen Bastard herzustellen, welcher vom einen Elter nur das Protoplasma besitzt, so müsste sich an seiner Beschaffenheit erkennen lassen, wo die Vererbungskraft steckt. Da das Spermatozoon naturgemäss nur den Kern liefern kann — es besteht ja fast aus nichts anderem — so wäre also die Aufgabe, entkerntes Eiprotoplasma einer Tierart mit dem Samen einer genügend verschiedenen anderen Tierart zu befruchten. Wenn durch den Kern die Eigenschaften bedingt sind, in welchen die beiden gekreuzten Tierarten sich unterscheiden, so müssen im Bastard mit dem Kern der Mutter auch ihre Eigenschaften fehlen, er muss rein nach dem Vater schlagen. Das ist der Gedankengang dieses genialen Experiments, dessen Ergebnis *Boveri* 1889 veröffentlichte. In dem Titel der Mitteilung „Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften“ ist schon ausgesprochen, zu welchem Schluss *Boveri* damals kam. Ganz einwandfrei

war er nicht. — Dieses Experiment hat ihn, wie so manches andere Problem, durch sein ganzes Leben begleitet; noch bei seinem letzten Aufenthalt in Neapel hat er es in grossem Massstabe wiederholt, über der Ausarbeitung der Ergebnisse erkrankte er.

Noch einen zweiten Weg schlug *Boveri* ein, um das Problem, das ihm sehr am Herzen lag, zu lösen. Statt den Kern der Mutter ganz auszuschalten und damit die durch ihn eventuell übertragenen mütterlichen Eigenschaften ganz zum Ausfall zu bringen, indem der Kern des Vaters allein die Entwicklung beherrscht, suchte er jetzt dem einen Kern, und zwar dem Eikern, nur ein Übergewicht über den andern Kern zu geben, und dann zu prüfen, ob nun die Eigenschaften des Kindes nach der mütterlichen Seite hin verschoben sind. Diese Experimente stehen in ideellem Zusammenhang mit solchen von *C. Herbst*. Auch sie sind nur kurz veröffentlicht worden; die in Aussicht gestellte ausführliche Arbeit wird ein anderer fertig machen müssen. Es handelt sich um folgendes.

Bei einem Seeigel (*Sphaerechinus granularis*) beobachtete *Boveri* (1901 b) als Abnormität sogenannte Rieseneier, welche doppelt so gross sind wie gewöhnliche Eier, und auch die doppelte Anzahl von Chromosomen, also die doppelte Menge von Chromatin besitzen. Bastardiert man nun solche Eier mit dem Samen eines anderen Seeigels (*Strongylocentrotus lividus*), so halten die Larven, die sich entwickeln, nicht wie gewöhnliche Bastardlarven die ungefähre Mitte zwischen beiden elterlichen Formen, sondern die Vererbungsrichtung ist sehr deutlich nach der mütterlichen Seite hin verschoben, nach der Seite also, von welcher mit den doppelt-normal grossen Eiern ein überwiegender Betrag zum neuen Individuum beigesteuert worden war. Daraus folgt nun im allgemeinen, dass der „Vererbungsstoff“ ein quantitativ wirkendes Agens ist. Ob dieses aber im Kern oder im Plasma liegt, bleibt zunächst unentschieden, denn im Riesenei sind beide Bestandteile gleichmässig verdoppelt. Läge es nun im Plasma, so liesse sich, wie schon vorhin ausgeführt wurde, bei der Kleinheit des Spermatozoons gegenüber dem Ei die Mittelstellung der gewöhnlichen Bastarde nur so erklären, dass die Vererbungs substanz des Spermatozoons in gleichem Masse wirksamer ist, wie sie an Menge zurücksteht. Diese Erklärung hatten schon *Naegeli* und *O. Hertwig* erwogen, aber abgelehnt; *Boveri* beruhigte sich dabei nicht, sondern prüfte die Frage experimentell. Eier von *Sphaerechinus*, bei denen durch Schütteln ein Teil des Protoplasmas abgerissen war, wurden mit Samen von *Strongylocentrotus* bastardiert. Läge das quantitativ wirkende Ver-

erbungsagens im Protoplasma, so müsste die Verminderung dieses Zellbestandteils auch eine Schwächung der mütterlichen Eigenschaften im Kinde, eine Verschiebung der Vererbungsrichtung nach der Seite des Vaters hin zur Folge haben. Im Zusammenhalt mit geeigneten Vergleichsobjekten ergab sich, dass das nicht der Fall war. Also liegt die Vererbungssubstanz im Kern.

Von grossem Interesse ist die Entstehungsweise dieser Rieseneier. Sie kommen nach *Boveri* nicht durch Verschmelzung von je zwei Eiern zustande, sondern im Gegenteil dadurch, dass bei der Bildung des Eies die letzte Zellteilung, die zur Entstehung von zwei unreifen Eizellen führen sollte, aus irgend einem Grund unterbleibt, während die Chromosomen sich wie sonst verdoppeln. Dadurch erhält der Kern der unreifen Eizelle die doppelte Zahl von Chromosomen und damit, wenn diese zu ihrer normalen Grösse herangewachsen sind, die doppelte Menge von Chromatin, und das wieder hat zur Folge, dass nun auch der Protoplasmakörper des Eies die doppelte Grösse erreicht. Um diese zunächst befremdenden Annahmen zu verstehen, müssen wir wieder daanknüpfen, wo wir vorhin (S. 146.) abgebrochen haben, und noch einiges Nähere über den Lebenszyklus von Chromosomen und Centrosomen und den Dualismus der Kernteilungsphänomene erfahren.

Zwei Experimente werden uns sofort in die Fragen versetzen, um welche es sich handelt. Als *Boveri* (1897) einmal kernlose Bruchstücke von Seeigeleiern mit dem Samen einer anderen Seeigelart befruchtete — also das vorhin besprochene Experiment anstellte, durch welches die Bedeutung des Zellkerns für die Vererbung festgestellt werden sollte — zeigten fast alle diese Fragmente die Eigentümlichkeit, dass bei der ersten Zellteilung die gesamte von dem eingedrungenen Spermatozoon stammende Kernsubstanz in die eine Tochterzelle gelangte, während die andere nur ein Centrosoma erhielt. Die kernhaltige Zelle teilte sich in normaler Weise weiter und bildete schliesslich eine kleine Keimblase; aber auch die andere Zelle verhielt sich zunächst ganz entsprechend. In genau gleichem Rhythmus teilte sich ihre Strahlensphäre; es entstand eine Doppelsphäre, zu einer Zellteilung jedoch kam es nicht. Trotzdem verhielten sich die beiden Strahlensphären weiterhin ganz so, wie wenn die Teilung eingetreten wäre. Sie vermehrten sich auf vier, acht, sechzehn usw., genau entsprechend der Vermehrung der kernhaltigen Blastomere, so dass schliesslich die noch immer einheitliche Protoplasamasse dicht und ziemlich gleichmässig von Strahlensonnen durchsetzt war. Daraus

muss geschlossen werden, dass die in bestimmtem Rhythmus erfolgende Zweiteilung des Centrosomas, die Entfernung der Tochtercentrosomen von einander, die Ausbildung und Rückbildung der strahligen Protoplasmaanordnung vom Kern vollständig unabhängig sind.

In der vorläufigen Mitteilung dieser Beobachtungen steht in einer Anmerkung zu lesen, dass die näheren Einzelheiten in einer Arbeit niedergelegt werden sollen, mit welcher Frln. M. I. O' Grady im hiesigen zoologischen Institut beschäftigt sei; diese Arbeit wurde dann sieben Jahre später von Frau Professor Boveri veröffentlicht. Es war das einzige Mal, dass sie ihren Namen unter eine Arbeit setzte; aber von da an dürfen wir uns immer zu dem Th. Boveri das M. Boveri hinzudenken.

Die Selbständigkeit, welche durch die besprochenen Beobachtungen für die Veränderung und Teilung der Centrosomen bewiesen war, ergab sich nun auch für die Wandlungen des Chromatins und zwar besonders schön aus folgendem Experiment *Boveris*. Wenn man Seeigeleier einige Minuten nach der Besamung kurz schüttelt, so wirkt das häufig in der Art auf sie ein, dass die Teilung des Centrosomas unterbleibt. Statt einer Doppelstrahlung, eines Amphisters, findet man dann einen grossen, annähernd zentral gelegenen Monaster (1902b, S. 73; 1905b, S. 16). Die Umwandlung der Chromosomen aber wird von dieser Störung nicht mit betroffen; sie spalten sich und gehen, da sie nicht auf zwei Zellen verteilt werden können, in verdoppelter Zahl in das Chromatingerüst des ruhenden Kerns über. Inzwischen hat sich das Centrosoma erholt und kann sich teilen und die Kern- und Zellteilung in normaler Weise weiterführen; aber was durch den Ausfall der einen Teilung versäumt wurde, kann nie mehr nachgeholt werden. Das Ei macht seine weitere Entwicklung mit der doppelten Chromosomenzahl durch. Auf diese Weise erklärte *Boveri* auch, was wir jetzt verstehen, die Entstehung des doppelten Chromatingehalts der Rieseneier bei Seeigeln. Andere Erfahrungen *Boveris* machen es verständlich, dass nun auch das Protoplasma des Eies zur doppelten Grösse heranwächst.

Der Lebenszyklus des Chromatins ist also ein in sich geschlossener, und ebenso derjenige der Centrosomen, und nur an einem Punkt, bei der Bildung der Kernspindel, greifen beide ineinander. Die normale Verteilung der Tochterchromosomen auf die beiden Tochterzellen aber wird dadurch garantiert, dass den zwei Hälften, in welche sich die Äquatorialplatte gespalten hat, auch zwei Centrosomen entsprechen, welche sie an sich ziehen, und dass dann durch die Zerteilung des

Zellkörpers eine dauernde Trennung der beiden Bereiche bewirkt wird. Unterbleibt diese Trennung aus irgend einem Grunde, so liegen in einer Zelle zwei Centrosomen, welche sich nach dem ihnen innewohnenden Gesetz vor der nächsten Kernteilung auf die doppelte Zahl vermehren müssen. Es entsteht in der Zelle statt einer zweipoligen Figur eine solche mit vier Polen; zwischen diesen ordnen sich die Chromosomen ein, je nach Zufall, wie sie gerade liegen und durch die Spindelfasern zur Äquatorialplatte angeordnet werden. Jeder der vier Pole zieht im einfachsten Fall einen Teil der Tochterchromosomen an sich, es entstehen simultan vier Zellen mit vier Kernen von mehr oder weniger abnormer Zusammensetzung. Solche vierpolige Figuren entstehen, wie wir gesehen haben, auch dann, wenn zwei Spermatozoen in ein Ei eindringen, also bei Doppelbefruchtung oder Dispermie; jedes Spermatozoon bringt dann ein Centrosoma mit, welches sich teilt.

Es war eine der genialsten Leistungen *Boveri's*, hier ein angreifbares Problem zu erkennen. Die dispermen Seeigeleier entwickeln sich, wie zuerst *Driesch* festgestellt hat, anscheinend gesund, wenn auch unter abgeänderter Furchung bis zur Keimblase; dann aber erkranken sie fast regelmässig (*Driesch* glaubte, immer) und gehen zugrunde. Woher kommt das? *Boveri* trug die Frage viele Jahre mit sich herum. Die Lösung war eben so einfach, wie von weittragender Bedeutung. Man braucht bloss anzunehmen, dass die Chromosomen nicht gleichwertig, sondern unter einander verschieden sind, und dass zur normalen Entwicklung das Zusammenwirken aller oder doch mehrere Arten von Chromosomen nötig sind, so folgt die abnorme Entwicklung der dispermen Eier mit Notwendigkeit aus der abnormen Verteilung der Chromosomen auf die vier ersten Furchungszellen und ihre Abkömmlinge. Dass nun diese Annahme nicht nur ausreicht zur Erklärung aller bekannten und neu beobachteten Erscheinungen, sondern dass sie auch die einzige ist, welche ihnen gerecht wird, das hat *Boveri* im 6. Heft seiner Zellenstudien, im letzten, mit alter Meisterschaft dargelegt.

Ein ganz neues Forschungsgebiet hat sich hier eröffnet, als dem von *Boveri* gelieferten Nachweis der physiologischen Verschiedenheit der Chromosomen alsbald der ergänzende ihrer morphologischen Unterscheidbarkeit folgte; amerikanische Forscher (*Sutton*, *E. B. Wilson* u. a.) wären hier in erster Linie zu nennen. Von besonderer Wichtigkeit erscheint es, dass auch an *Boveri's* Objekt, dem Seeigelkeim, durch *Er. Baltzer* eine solche gesetzmässige Verschiedenheit in der Form

und Grösse der Chromosomen und eine abnorme Verteilung derselben bei den dispermen Keimen nachgewiesen wurde. „Für mich wenigstens“ sagt *Boveri*, „hat es etwas ungemein Überzeugendes, in den . . . mehrpoligen Mitosen die in meinen Diagrammen gebrauchten Buchstaben und deren zufällige Verteilung durch bestimmt charakterisierte Chromosomen repräsentiert zu sehen.“

Noch manches andere Problem hat *Boveri* im Zusammenhang mit den besprochenen viele Jahre hindurch beschäftigt. So die Vorbereitung des Eies zur Befruchtung, die sogenannte Eireifung. Mit ihr befasste sich seine erste grössere Arbeit („Über die Bildung der Richtungkörper bei *Ascaris megalcephala* und *Ascaris lumbricoides*“) im 1. Heft der Zellenstudien (1887 d). Mehrmals kam er auf den Gegenstand zurück, ergänzend und berichtend. 17 Jahre nach der ersten Veröffentlichung sagte er von seiner damals vertretenen Ansicht: „Obgleich diese Auffassung . . . von mir selbst herrührt, muss ich doch sagen, dass ich ihr . . . sehr skeptisch gegenüber stehe. Was meine Angaben . . . betrifft, so denke ich wohl, dass sie sachlich korrekt sind; allein sie besitzen, wie schon von anderer Seite bemerkt, nicht die Beweiskraft, die ich ihnen glaubte zuschreiben zu dürfen.“ Bei derselben Gelegenheit — es war das grosse, der Zoologenversammlung in Würzburg erstattete Referat über die Konstitution der chromatischen Kernsubstanz — brachte er die Erscheinungen der Eireifung und die Verschiedenheit der Chromosomen in ursächlichen Zusammenhang mit den damals vor kurzem wieder entdeckten Vererbungsgesetzen, welche sich an den Namen *Gregor Mendels* anknüpfen, in näherer Ausführung eines früher (1902 b, S. 81, Anm. 1) kurz hingeworfenen Gedankens und im Anschluss an die inzwischen erschienenen, davon unabhängigen Darlegungen *Suttons*. — Auf eine Beobachtung des Jahres 1889 ging eine Arbeit zurück, die 16 Jahre später im 5. Heft der Zellenstudien veröffentlicht wurde. Darin wurde festgestellt, dass die Grösse des Zellkerns abhängt von der Zahl der Chromosomen, die ihn gebildet haben, derart, dass die Oberfläche der Kerne — nicht, wie man zunächst denken könnte, ihr Volumen — dieser Zahl direkt proportional ist. Das ist an sich von Interesse, da es mit unseren Vorstellungen über die Funktion des Kernes, über den an seiner Oberfläche stattfindenden Stoffaustausch mit dem Zellkörper, trefflich übereinstimmt; ausserdem aber ist es ein wichtiges, von *Boveri* oft herangezogenes Kriterium, um einem Kern noch später die Art seiner Zusammensetzung und damit seiner Entstehung anzusehen. Wenn sich z. B. ein entkerntes Eifragment nach Eindringen des Spermatozoons ent-

wickelt, so enthalten sämtliche Kerne der Larve als Abkömmlinge des Spermakerns nur die halbe Normalzahl der Chromosomen, und besitzen eine Oberfläche halb so gross wie die normale. Das so entstehende Missverhältnis zwischen Chromatin- und Protoplasmanmenge wird reguliert, aber nicht, indem das Chromatin sich vermehrt, sondern dadurch, dass die Zellen sich ohne eigenes Wachstum weiter teilen, bis die normale Kern-Plasma-Relation annähernd erreicht ist. So wird auch die vorhin besprochene Tatsache verständlicher, dass unreife Eizellen mit doppeltem Chromatingehalt zu Rieseneiern mit doppelter Protoplasmanmenge heranwachsen. — Eine Arbeit aus dem Jahre 1915, die letzte, welche *Boveri* veröffentlicht hat, reicht in ihrer Idee gar 27 Jahre, bis 1888 zurück; sie behandelt die Entstehungsweise der merkwürdigen Zwitterbildungen welche bei Bienen und Ameisen vorkommen, und im einfachsten Fall darin bestehen, dass die eine Körperhälfte des Tieres die Charaktere des männlichen, die andere die des weiblichen Geschlechts zeigt. Da bei den Bienen bekanntlich die Weibchen aus befruchteten, die Männchen aus unbefruchteten Eiern hervorgehen, so könnten sich auch die verschiedengeschlechtlichen Hälften jener Zwitterbienen durch einen verschiedenen Kernbestand unterscheiden und dadurch entstanden sein, dass die weibliche Hälfte in ihren Zellen vom Anfang der Entwicklung an Abkömmlinge beider Geschlechtskerne enthält, die männliche nur des einen. Die Möglichkeit hierfür schien *Boveri* durch das Verhalten jener Seeigeleier gegeben, bei denen der Spermakern an der Peripherie liegen blieb und sich anfangs nicht an der Entwicklung beteiligte, im Zweizellenstadium aber (oder später) mit einem der Blastomerenkerne verschmolz. Durch genaue Analyse des konservierten Materials von Zwitterbienen, welche *C. Th. von Siebold* vor 50 Jahren von dem Konstanzer Bienenzüchter *Eugster* erhalten hatte, konnte *Boveri* seine Auffassung mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit als richtig erweisen. Jene Zwitterbienen waren nämlich ausserdem Bastarde einer italienischen Königin und einer deutschen Drohne; wenn *Boveris* Ansicht richtig war, so durften nur ihre weiblichen Hälften oder Teile, welche die Abkömmlinge von Ei und Spermakern vereint enthielten, Mischcharaktere aufweisen, die männlichen hingegen, deren Kerne von einem reinen Eikern abstammten, mussten rein nach der Mutter schlagen. Das war in der Tat der Fall.

All diese Fragen und noch manche andere stehen in einem inneren Zusammenhang mit den Problemen, die ich vorhin ausführlich behandelt habe. Daneben gehen aber noch Arbeiten her, die ganz



anders orientiert sind. Ich will nicht weiter davon reden, dass *Boveri* auch zwei Arbeiten rein systematischen Inhalts veröffentlicht hat, „Über Entwicklung und Verwandtschaftsbeziehungen der Aktinien“ (1890 a), und „Über das Genus *Gyrectis*“ (1893); es ist das ohne Folgen geblieben. Dagegen bilden die vergleichend-anatomischen Arbeiten einen ganz wesentlichen Bestandteil seines Werks. Die Auffindung der lange vergebens gesuchten Niere des niedersten Wirbeltieres, des *Amphioxus lanceolatus*, ist wohl eine der schönsten morphologischen Entdeckungen, die je gemacht worden ist; und zwar war sie kein glücklicher Zufall, sondern wie fast alles, was er gefunden hat, das Ergebnis seiner Gründlichkeit und Schärfe im Denken und Beobachten. Er fand, weil er an der richtigen Stelle gesucht hatte, und mehr sah als die andern. Fast noch wichtiger aber als die einzelne Entdeckung scheint mir zu sein, dass *Boveri* überhaupt ein lebendiges Verhältnis zur vergleichenden Anatomie hatte. Diese Weite des Blicks ist nicht allen experimentell-analytisch arbeitenden Forschern eigen. Zum Teil mag er sie seiner wissenschaftlichen Herkunft verdankt haben, sie lag aber auch tief in seiner Natur begründet. Ein vergleichend-anatomischer Einschlag ist in fast allen seinen Arbeiten nachweisbar, ob er nun die Richtungskörper als rudimentäre Eier erklärt oder über die Entstehung des Teilungsapparates der Zelle reflektiert. Am klarsten kam seine Vorliebe für diese Probleme und seine Wertschätzung des bereits Erreichten zum Ausdruck, wie er als Rektor dieser Universität über das sprach, was er in seiner Wissenschaft am höchsten stellte, und als solches die Erkenntnis der Organismen als historischer Wesen bezeichnete. So half er, wie wenige andere, eine neue Periode der zoologischen Wissenschaft, die kausal-analytische, heraufzuführen, ohne doch das bisher Erstrebte und Erreichte geringschätzig aufzugeben.

Der Schwerpunkt seiner Interessen und Leistungen freilich liegt in den Zellenstudien und den Arbeiten, die sich daran anschliessen; und diese stehen alle in näherer oder entfernterer Beziehung zu einem grossen Problem, dem Problem der Vererbung. *Boveri* bezeichnet sich selbst einmal als einen, „der seine wissenschaftliche Befriedigung vor allem darin findet, den Vorgängen nachzuforschen, durch die aus den elterlichen Zeugungsstoffen ein neues Individuum von bestimmten Eigenschaften hervorgeht“ (1910 b). Und als solcher vor allem, als Erforscher der morphologischen Grundlagen der Vererbung, wird er in der Wissenschaft fortleben. Damit wird sein Name für alle Zeiten verbunden bleiben.

Seine Wirkung aber wird weit darüber hinausgehen. „Was man hineingearbeitet hat, das schaut nachher auch wieder heraus“, dieses Wort von ihm bewährt sich an seinem Werk. Was aus diesem herauschaut, ist viel mehr noch als die Darlegung dieses und jenes Tatbestandes, es ist eine grosse wissenschaftliche und menschliche Persönlichkeit.

Seinem innersten Wesen nach war er vielleicht eben so viel Künstler als Forscher. Er hatte Maler werden wollen, und man konnte ihn wohl so verstehen, als hätten ihn nur äussere Verhältnisse abgehalten, diesem Wunsche nachzugeben. Malen war seine Lieblingsbeschäftigung, und das Zeichnen während der Vorlesung nannte er eine Erholung vom Sprechen; so sah es auch aus. Man kann wohl sagen, dass er uns durch die Zeichnungen in seinen Arbeiten, die er in früheren Jahren alle selbst ausführte, anspruchsvoller gemacht, dass er das ganze Niveau gehoben hat. Dass eine Seite seines Wesens in der Musik und in ihr allein ihren vollen Ausdruck fand, wissen die, welche ihm persönlich näher traten. Aber all das meine ich nicht. Das Künstlerische lag bei ihm noch viel tiefer, recht an der Wurzel seines eigenen Schaffens. Wie sich ihm ein Problem heraushob und abrundete, wie er die Arbeit wachsen liess, nach dem ihr inwohnenden Gesetz, bis sie eben reif war und sich von ihm ablöste, für all dem zeigte sich Art und Gesinnung eines echten Künstlers, und er war sich auch dessen bewusst. Ein stark entwickelter Sinn für Schönheit und Mass lebt in allem, was aus seinen Händen kam, ob es nun der Aufbau eines Vortrages war oder die Aufschrift auf einem Briefumschlag. Dem entsprach seine Empfindlichkeit gegen alle Verletzung des Masses; eine gewisse Gemessenheit, etwas Gehaltenes ging durch sein ganzes Wesen.

Mit dieser schöpferischen Seite seines Geistes verband sich ein alles auflösender Verstand, rastlos forschend und prüfend zu eigener Lust und Qual, vor nichts Halt machend, weder vor lieb gewordenen Anschauungen, noch vor dem Charakter der Freunde, noch vor dem eigenen Zustand; „aufjubelnd, wenn er sich auf eine Fährte gesetzt sah“, befriedigt, wenn er Klarheit und Ordnung um sich schuf, aber immer gefasst, alles wieder umzuwerfen, an allem zu zweifeln, allem zu misstrauen. Seine Augen sahen unbarmherzig scharf und er hatte die Grösse, es zu erfragen.

Dieser Verstand konnte sich nur bei dem beruhigen, was die eigenen Augen ihm vermittelt hatten; „wenn ich anfangs zu untersuchen, glaube ich nichts mehr“. Ja nicht einmal seinen eigenen Augen

traute er; er kannte auch jene fast krankhafte Sucht, dieselben Präparate wieder und wieder ansehen zu müssen, ob sie immer noch dasselbe zeigen. Dann freilich konnte er noch nach Jahren mit bescheidenem Stolz und einem unverkennbarem Behagen sagen: „was meine Angaben betrifft, so denke ich wohl, dass sie sachlich korrekt sind.“

Aber hier handelt es sich schon nicht mehr bloss um eine Sache des Verstandes, sondern mindestens so sehr um eine solche des Charakters. Volle Unterwerfung unter das Gesetz der Arbeit, unter die von Wunsch und Willen unabhängige Erfahrung war ihm die höchste Tugend, ja geradezu das Wesen des wahren Forschers. „Wenn ich etwas gar nicht heraus bekomme, so tröstet mich wohl einmal der Gedanke: irgendwie muss es doch sein“. Dieselbe tiefe Empfindung, die dieser heiteren Selbstverständlichkeit zugrunde liegt, fasste er bei feierlicher Gelegenheit in die Worte: „Ganz zum Dienenden werden, wie die Natur es von denen verlangt, denen sie ihre Geheimnisse enthüllen soll“. Das sagte er in der Gedächtnisrede auf *Anton Dohrn*, in die er so viel von seinem eigenen Wesen hinein gelegt hat, dass es mir oft ist, als sähe ich sein eigenes Bild neben dem des Freundes im Rahmen.

Auf diesen Charaktereigenschaften beruhte seine Grösse als Beobachter mindestens so sehr, wie auf der erstaunlichen Unterschiedsempfindlichkeit seines Auges, auf seiner Fähigkeit, jede Einzelheit zu bemerken, auf seiner Kraft der räumlichen Vorstellung.

Und dasselbe gilt für diejenige Eigenschaft, die zunächst wohl jedem am meisten auffiel, die Klarheit seines Denkens. Wohl fasste er ungemein rasch und scharf auf, unterschied leicht das Wesentliche vom Unwesentlichen, durchschaute schnell die Bündigkeit eines Beweises, die Tragweite einer Tatsache; aber zum Endergebnis trug gerade so viel die Tüchtigkeit seines Wesens bei, die nichts, was es auch sei, halb tun konnte, seine Gründlichkeit, die keinen ungelösten Rest ertrug, sondern hartnäckig weiter arbeitete, bis alles durchsichtig und klar dalag und die schärfste Formulierung gefunden war.

Dass eine Sache einem selber klar ist, das ist die selbstverständliche Vorbedingung dafür, dass man sie einem anderen klar machen kann; dazu muss aber noch etwas anderes kommen, was mit Verstand und Gestaltungskraft noch nicht gegeben ist, ein spezifisch pädagogisches Talent, das vielleicht vor allem auf der Fähigkeit beruht, sich unwillkürlich in den Hörer zu versetzen und von ihm aus den Gegenstand zu entwickeln. Wer einmal einen Vortrag von

Boveri gehört hat, weiss, dass er auch diese Gabe in seltenem Mass besass. Doch auch hier kam vielleicht das Beste aus seiner rastlosen Arbeit. Es hat mich oft gepackt, wenn ich kurz vor dem Kolleg in sein Zimmer kam und vor ihm einen grossen Bogen Papier liegen sah, auf dem er sich die Zeichnungen für die Vorlesung in Hand und Auge zurückgerufen hatte; Jahr für Jahr, er, ein alter Meister im Lehren.

So war auch der Geist, der in Boveris Institut herrschte: arbeitssam, kritisch, sachlich; der Grundton auf seiten des Schülers tiefer Respekt, auf seiten des Lehrers jene Höflichkeit, die auf Achtung vor der fremden Persönlichkeit beruht. Wer ihn nur bei der Arbeit kennen lernte und für kurze Zeit, konnte Zurückhaltung, ja Kälte für seine ausgesprochensten Charakterzüge halten. Und doch hatte er ein weiches, gütiges Herz. Er trug schwer an der Verantwortung für das Schicksal derer, die sich ihm anvertraut hatten. Es war nicht nur der Ernst, für den in Sachen der Wissenschaft die Gemüthlichkeit aufhört, sondern mehr noch treue Fürsorge, wenn er manchem seiner Schüler von der akademischen Laufbahn abriet. Und wer ihm näher kam, wer ihn in seinem Hause sah oder gar auf dem Lande, fern von der Arbeit, dem erschloss sich ein Mensch von seltenem Reichtum, der auch ruhen und mit tiefem Behagen geniessen konnte, der zu allem in Natur, Kunst und Leben ein ursprüngliches persönliches Verhältnis hatte, mit dem man über alles reden konnte, ein Mensch, dessen tiefste Spannungen sich lösten in einem befreienden Lachen, in einem goldenen Humor.

Aber wenn ich sagen soll, was mir an ihm am verehrungswürdigsten erscheint, so ist es doch die Arbeit, die unermessliche, aufopfernde Arbeit im Dienst der Idee, der seine Liebe galt. Das ist es, was auch diesem reich begabten Leben Grösse verliehen hat. Dieselben Worte, die jetzt eherner Klang als das deutsche Evangelium über die Erde trägt, sie tönen uns auch aus seinem Leben entgegen. Musste er in seiner körperlichen Schwäche tatlos zusehen, wie die anderen für die Sache kämpften und arbeiteten, die eine, die all unser Denken erfüllt, es ist doch dasselbe Blut, es ist derselbe Geist, der hier und draussen am Werk ist. Als Mahner zu diesem Geist wird er immer vor uns stehen bei der Erfüllung unseres Berufs, des Berufs der Wissenschaft: das ewige Geschehen und sein Gesetz, von dem unser Leben ein Teil ist, forschend und lehrend in das Bewusstsein der Menschheit zu heben.

## Boveris Arbeiten.

1885. Beiträge zur Kenntnis der Nervenfasern. Inauguraldissertation zur Erlangung der Doktorwürde der philosophischen Fakultät der Universität München, vorgelegt von Theodor Boveri aus Bamberg. Abh. Akad. München, Bd. 15, S. 421—495. 2 Tafeln.
1886. Über die Bedeutung der Richtungskörper. Sitz.-Ber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. München, Bd. 2.
- 1887a. Über die Befruchtung der Eier von *Ascaris megalcephala*. Sitz.-Ber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. München, Bd. 3, H. 2.
- 1887b. Über den Antheil des Spermatozoon an der Theilung des Eies. Sitz.-Ber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. München, Bd. 3, H. 3.
- 1887c. Über Differenzierung der Zellkerne während der Furchung des Eies von *Ascaris megalcephala*. Anat. Anz. Bd. 2.
- 1887d. Zellenstudien I. Die Bildung der Richtungskörper bei *Ascaris megalcephala* und *Ascaris lumbricoides*. Jena. Zeitschr. Naturw. Bd. 21, S. 423—515, Taf. XXV—XXVIII.
- 1888a. Über partielle Befruchtung. Sitz.-Ber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. München, Bd. 4.
- 1888b. Zellenstudien II. Die Befruchtung und Teilung des Eies von *Ascaris megalcephala*. Jena. Zeitschr. Naturw. Bd. 22, S. 685—882, Taf. XIX—XXIII.
- 1888c. Die Vorgänge der Zellteilung und Befruchtung in ihrer Beziehung zur Vererbungsfrage. Beitr. z. Anthropologie u. Urgeschichte Bayerns.
1889. Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mütterliche Eigenschaften. Sitz.-Ber. d. Ges. f. Morph. und Phys. München, Bd. 5.
- 1890a. Über Entwicklung und Verwandtschaftsbeziehungen der Aktinien. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 49, S. 461—502, Taf. XXI—XXIII.
- 1890b. Zellenstudien III. Über das Verhalten der chromatischen Kernsubstanz bei der Bildung der Richtungskörper und bei der Befruchtung. Jena. Zeitschr. Naturw. Bd. 24, S. 314—401, Taf. XI—XIII.
- 1890c. Über die Niere des *Amphioxus*. Sitz.-Ber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. München, Bd. 6.
- 1892a. Über die Bildungsstätte der Geschlechtsdrüsen und die Entstehung der Genitalkammern beim *Amphioxus*. Anat. Anz. Bd. 7.
- 1892b. Die Nierenkanälchen des *Amphioxus*. Zool. Jahrb. Bd. 5, S. 429—510, Taf. XXXI—XXXIV.
- 1892c. Befruchtung. Ergebnisse d. Anat. u. Entw.-Gesch. Bd. 1, S. 386—485; 15 Figg. im Text.
- 1892d. Über die Entstehung des Gegensatzes zwischen den Geschlechtszellen und den somatischen Zellen bei *Ascaris megalcephala* nebst Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Nematoden. Sitz.-Ber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. München, Bd. 8, S. 114—125.
1893. Das Genus *Gyrectis*, eine radial-symmetrische Actinienform. Zool. Jahrb. Abt. f. Syst. Bd. 7, S. 241—253.
1894. Beziehungen zwischen Zellfunktion und Kernstruktur. Sitz. Ber. phys. med. Ges. Würzburg. S. 94—95.
- 1895a. Über das Verhalten der Centrosomen bei der Befruchtung des Seeigelleies

- nebst allgemeinen Bemerkungen über Centrosomen und Verwandtes. Verh. d. phys.-med. Ges. Würzburg, N. F. Bd. 29, S. 1—75; 1 Textfigur.
- 1895b. Über die Befruchtungs- und Entwicklungsfähigkeit kernloser Seeigelsier und über die Möglichkeit ihrer Bastardierung. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 2, S. 394—443; Taf. XXIV und XXV.
1897. Zur Physiologie der Kern- und Zellteilung. Sitz.-Ber. d. phys.-med. Ges. Würzburg Jahrg. 1896.
1899. Die Entwicklung von *Ascaris megalocephala* mit besonderer Rücksicht auf die Kernverhältnisse. Festschr. f. C. von Kupffer; Jena, G. Fischer; S. 383 bis 430; Taf. XL—XLV.
1900. Zellenstudien IV. Über die Natur der Centrosomen. Jena, G. Fischer; 78 S., Taf. I und II., 7 Fig. im Text.
- 1901a. Merogonie (Y. Delage) und Ephebogenesis (B. Rawitz), neue Namen für eine alte Sache. Anat. Anz. Bd. 19, S. 156—172.
- 1901b. Über die Polarität des Seeigeleies. Verh. d. phys.-med. Ges. Würzburg, N. F. Bd. 34, S. 145—176, 4 Fig. im Text.
- 1901c. Die Polarität von Oocyte, Ei und Larve des *Strongylocentrotus lividus*. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. und Ont. Bd. 14, S. 630—653, Taf. XLVIII—L.
- 1902a. Das Problem der Befruchtung. 48 Seiten, 19 Fig. im Text. Jena, G. Fischer.
- 1902b. Über mehrpolige Mitosen als Mittel zur Analyse des Zellkerns. Verh. d. phys.-med. Ges. zu Würzburg, N. F. Bd. 35, S. 67—90.
- 1903a. Über den Einfluss der Samenzelle auf die Larvencharaktere der Echiniden. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 16; S. 340—363; Taf. XV, 3 Fig. im Text.
- 1903b. Über das Verhalten des Protoplasmas bei monocentrischen Mitosen. Sitz.-Ber. d. phys.-med. Ges. Würzburg; 9 Seiten, 12 Fig. im Text.
- 1903c. Über die Konstitution der chromatischen Kernsubstanz. Verh. d. Zool. Ges. 13. Vers. zu Würzburg.
- 1904a. Noch ein Wort über Seeigelbasterde. Arch. f. Ent. Mech. Bd. 17, S. 521 bis 525.
- 1904b. Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns. Mit 75 Abbildungen im Text. Jena, G. Eischer.
- 1904c. Protoplasmaidifferenzierung als auslösender Faktor für Kernverschiedenheit. Sitz.-Ber. d. phys.-med. Ges. Würzburg; 5 Seiten.
- 1904d. Bemerkungen über den Bau der Nierenkanälchen des *Amphioxus*. Anat. Anz. Bd. 25, S. 599—604, 1 Fig. im Text.
- 1904e. Über die phylogenetische Bedeutung der Sehorgane des *Amphioxus*. Zool. Jahrb. Suppl. VII. Festschr. f. Aug. Weismann. S. 409—428, 10 Fig. im Text.
- 1904f. — — und N. M. Stevens. Über die Entwicklung dispermer *Ascariseier*. Zool. Anz. Bd. 27, S. 406—417.
- 1905a. Über Doppelbefruchtung. Sitz.-Ber. d. phys.-med. Ges. Würzburg; 2 Seiten.
- 1905b. Zellenstudien V. Über die Abhängigkeit der Kerngröße und Zellenzahl der Seeigellarven von der Chromosomenzahl der Ausgangszellen. Jena. Zeitschr. Naturw. Bd. 39, S. 445—524; Taf. XIX und XX.
- 1905c. Eine Anfrage an Herrn und Frau Dr. Schreiner in Dröbak. Anat. Anz. Bd. 27, p. 222, 3.
1906. Die Organismen als historische Wesen. Rektoratsrede, Würzburg. 30 Seiten.

1907. Zellenstudien VI. Die Entwicklung dispermer Seeigeleier. Ein Beitrag zur Befruchtungslehre und zur Theorie des Kerns. Jena. Zeitschr. Naturw. Bd. 43, S. 1—292, Taf. I—X; 73 Fig. im Text.
1908. Über Beziehungen des Chromatins zur Geschlechtsbestimmung. Sitz-Ber. d. phys.-med. Ges. Würzburg; 10 Seiten.
- 1909a. Die Blastomerenkerne von *Ascaris megalcephala* und die Theorie der Chromosomenindividualität. Arch. f. Zellforschung. Bd. 3, S. 181—268; Taf. VII—XI, 9 Fig. im Text.
- 1909b. Über „Geschlechtschromosomen“ bei Nematoden. Arch. f. Zellforschung. Bd. 4, S. 132—141; 2 Fig. im Text.
- 1909c. — — und M. J. Hogue. Über die Möglichkeit, *Ascaris*-Eier zur Teilung in zwei gleichwertige Blastomeren zu veranlassen. Mit 5 Fig. Sitz-Ber. d. phys. med. Ges. Würzburg.
- 1910a. Über die Teilung centrifugierter Eier von *Ascaris megalcephala*. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 30, (Festband f. Prof. Roux), S. 101—125; 32 Fig. im Text.
- 1910b. Die Potenzen der *Ascaris*-Blastomeren bei abgeänderter Furchung. Zugleich ein Beitrag zur Frage qualitativ ungleicher Chromosomenteilung. Festschr. f. R. Hertwig, Bd. III, S. 133—214, Taf. XI—XVI; 24 Fig. im Text.
- 1910c. Anton Dohrn. Gedächtnisrede, gehalten auf dem Internationalen Zoologen-Kongress in Graz am 18. August 1910. Bei S. Hirzel in Leipzig, auch in Verh. der VIII. Intern. Zool.-Kongr. zu Graz. Jena 1911.
1911. Über das Verhalten der Geschlechtschromosomen bei Hermaphroditismus. Beobachtungen an *Rhabditis nigrovenosa*. Verh. d. phys.-med. Ges. Würzburg, N. F. Bd. XLI, p. 83—97, 19 Fig. im Text.
- 1914a. Über die Charaktere von Echiniden-Bastardlarven bei verschiedenem Mengenverhältnis mütterlicher und väterlicher Substanzen. Verh. d. phys.-med. Ges. Würzburg, N. F. Bd. XLIII, S. 117—135.
- 1914b. Zur Frage der Entstehung maligner Tumoren. 64 Seiten. Jena. G. Fischer.
1915. Über die Entstehung der Eugsterschen Zwitterbienen. Arch. für Entw.-Mech. Bd. XLJ, S. 264—311, Taf. VII und VIII, 2 Fig. im Text.

### Arbeiten aus dem Zoologischen Institut zu Würzburg 1893—1915.

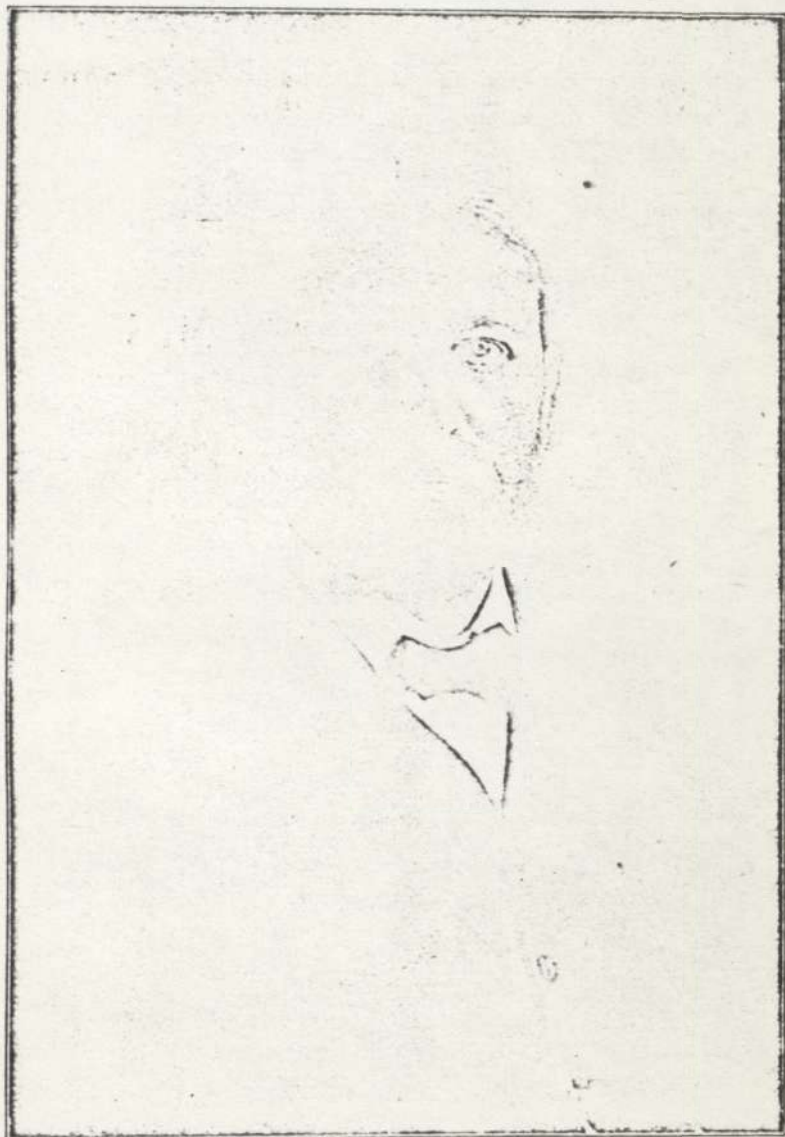
1894. A. van Bömmel. Über Cuticularbildungen bei einigen Nematoden. Diss. Arb. zool. zoot. Inst. Würzburg. Bd. 10.
- K. Knoch. Topographie des Exkretions-Apparates und Nervensystems von *Distomum lanceolatum*. Dissertation.
- R. Lautenbach. Über das Verhalten des Centrosoma bei der Befruchtung. Dissertation.
- L. Kathariner. Anatomie und Mechanismus der Zunge der Vermilinguier. Jen. Zeitschr. Naturw. Bd. 29.
1895. O. Mayer. Celluläre Untersuchungen an Nematoden-Eiern. Diss. Jen. Zeitschr. Naturw. Bd. 29.

- H. Spemann.* Zur Entwicklung des *Strongylus paradoxus*. Diss. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ont. Bd. 8.
1896. *W. R. Coe.* Notizen über den Bau des Embryos von *Distomum hepaticum*. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ont. Bd. 9.
1897. *L. Kathariner.* Über Bildung und Ersatz der Giftzähne bei Giftschlangen. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. und Ont. Bd. 10.
- F. M. Mac Farland.* Celluläre Studien an Mollusken-Eiern. Diss. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ont. Bd. 10.
- A. Bott.* Über einen durch Knospung sich vermehrenden *Cysticercus* aus dem Maulwurf. Diss. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 63.
1898. *E. Fürst.* Über Centrosomen bei *Ascaris megalcephala*. Diss. Arch. mikr. Anat. Bd. 52.
- I. A. Murray.* Contributions to a knowledge of the Nebenkern in the Spermatogenesis of Pulmonata, *Helix* and *Arion*. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. und Ont. Bd. 11.
- H. Spemann.* Über die erste Entwicklung der Tuba Eustachii und des Kopfskeletts von *Rana temporaria*. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ont. Bd. 11.
1899. *W. M. Wheeler.* The development of the Urinogenital organs of the Lamprey. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. und Ont. Bd. 13.
1901. *Fr. Schmitt.* Systematische Darstellung der Doppelembryonen der Salmoniden. Arch. f. Entw. Mech. Bd. 13.
- K. Bonnerie.* Über Chromatindiminution bei Nematoden. Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. 36.
- H. Spemann.* Correlationen in der Entwicklung des Auges. Verh. d. Anat. Ges. zu Bonn.
- — — — — Entwicklungsphysiologische Studien am Triton-Ei. I. Arch. f. Entw. Mech. Bd. 12.
1902. *E. Teichmann.* Über Furchung befruchteter Seeigeleier ohne Beteiligung des Spermakerns. Diss. Jen. Zeitschr. Naturw. Bd. 37.
- K. Bonnerie.* Abnormitäten in der Furchung von *Ascaris lumbricoides*. Jen. Zeitschr. Naturw. Bd. 37.
- H. Spemann.* Entwicklungsphysiologische Studien am Triton-Ei II. Arch. f. Entw. Mech. Bd. 15.
1903. *A. Leiber.* Über Bau und Entwicklung der weiblichen Geschlechtsorgane des *Amphioxus lanceolatus* (begonnen von Ludwig Neidert †). Diss. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. und Ontog. Bd. 18.
- N. M. Stevens.* On the Oogenesis and Spermatogenesis of *Sagitta bipunctata*. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ont. Bd. 18.
- H. Spemann.* Über Linsenbildung bei defeceter Augenblase. Anat. Anz. Bd. 23.
- M. Boveri.* Über Mitosen bei einseitiger Chromosomenbindung. Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. 37.
1904. *B. Zarnik.* Segmentale Venen bei *Amphioxus* und ihr Verhältnis zum Ductus Cuvieri. Anat. Anz. Bd. 24.
- B. Zarnik.* Über die Geschlechtsorgane von *Amphioxus*. Diss. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. und Ontog. Bd. 21.
- H. Schmidt.* Zur Kenntnis der Larvenentwicklung von *Echinus microtuberculatus*. Diss. Verh. phys. med. Ges. Würzburg Bd. 36.



- H. Spemann.* Über experimentell erzeugte Doppelbildungen mit cyclopischem Defect. Zool. Jahrb. Suppl. VII. Festschr. f. A. Weismann.
1905. *W. Rubaschkin.* Über doppelte und polymorphe Kerne in Tritonblastomeren. Arch. mikr. Anat. und Entw. Bd. 66.
- H. Spemann.* Über Linsenbildung nach experimenteller Entfernung der primären Linsenbildungszellen. Zool. Anz. Bd. 28.
1907. *A. Leiber.* Vergleichende Anatomie der Spechtzunge. Zoologica. Bd. 20. Heft 51.
- M. M. Metcalf.* Studies on Opalina. (Preliminary notice.) Zool. Anz. Bd. 32.
- Derselbe. The Excretory-Organs of Opalina. Part. 2. Arch. f. Prot. Kunde Bd. 10.
- H. Spemann.* Neue Tatsachen zum Linsenproblem. Zool. Anz. Bd. 31.
1908. *R. Hofmann.* Über Fortpflanzungserscheinungen von Monocystideen des *Lumbricus agricola*. Arch. f. Prot. Kunde. Bd. 13.
- W. B. v. Bachr.* Über die Bildung der Sexualzellen bei Aphididae. Zool. Anz. Bd. 33.
- F. Baltzer.* Über mehrpolige Mitosen bei Seeigeleiern. Verh. d. phys. med. Ges. Bd. 39.
- B. Heßner.* Über experimentell erzeugte Mehrfachbildungen des Skeletts bei Echiniden Larven. Arch. f. Entw. Mech. Bd. 26.
- C. Artom.* Über ein Verfahren, die beschalteten Eier von *Ascaris megaloccephala* mit jedem gewünschten Konservierungsmittel zu fixieren. Zeitschr. f. wiss. Mikr. und mikr. Technik Bd. 25.
1909. *F. Baltzer.* Über die Entwicklung der Echinidenbastarde mit besonderer Berücksichtigung der Chromatinverhältnisse. Zool. Anz. Bd. 35.
- Derselbe. Die Chromosomen von *Strongylocentrotus lividus* und *Echinus microtuberculatus*. Arch. f. Zellf. Bd. 2.
- W. B. v. Bachr.* Die Oogenese bei einigen viviparen Aphididen und die Spermatogenese von *Aphis saliceti* mit besonderer Berücksichtigung der Chromatinverhältnisse. Arch. f. Zellf. Bd. 3.
- A. M. Boring.* A small chromosome in *Ascaris megaloccephala*. Arch. f. Zellf. Bd. 4.
- M. Dingler.* Über die Spermatogenese des *Dicrocoelium lanceatum* Stil. et. Hass. (*Distomum lanceolatum*). Diss. Arch. f. Zellf. Bd. 4.
- A. M. Boring.* On the effect of different temperatures on the size of the nuclei in the embryo of *Ascaris megaloccephala*, with remarks on the size-relation of the nuclei in univalens and bivalens. Arch. f. Entw. Mech. Bd. 28.
- N. M. Stevens.* The effect of ultra-violet light upon the developing eggs of *Ascaris megaloccephala*. Arch. f. Entw. Mech. Bd. 27.
1910. *B. Zarnik.* Vergleichende Studien über den Bau der Niere von Echidna und der Reptilienniere. Jena. Zeitschr. f. Naturw. Bd. 46.
- F. Baltzer.* Über die Beziehung zwischen dem Chromatin und der Entwicklung und Vererbungsrichtung bei Echinodermenbastarden. Arch. f. Zellf. Bd. 5.
- M. J. Hogue.* Über die Wirkung der Centrifugalkraft auf die Eier von *Ascaris megaloccephala*. Diss. Arch. f. Entw. Mech. Bd. 29.
1911. *G. Kautsch.* Über Auftreten und Teilungen abnorm grosser zweiter Richtungskörper. Verh. d. D. zool. Ges.

- F. Baltzer.* Zur Kenntnis der Mechanik der Kernteilungsfiguren. Arch. f. Entw. Mech. Bd. 32.
- A. Gulick.* Über die Geschlechtschromosomen bei einigen Nematoden nebst Bemerkungen über die Bedeutung dieser Chromosomen. Diss. Arch. f. Zellf. Bd. 6.
- Ch. L. Edwards.* The Sex-chromosomes in *Ascaris felis*. Arch. f. Zellf. Bd. 7.
1912. *L. v. Ubisch.* Die Anlage und Ausbildung des Skelettsystems einiger Echiniden und die Symmetrieverhältnisse von Larve und Imago. Diss. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 104.
1913. *G. Kantsch.* Studien über Entwicklungsanomalien bei *Ascaris* II. Arch. f. Entw. Mech. Bd. 35.
- F. Baltzer.* Über die Chromosomen der *Tachea (Helix) hortensis*, *Tachea austriaca* und der sogen. einseitigen Bastarde *T. hortensis* × *T. austriaca*. Arch. f. Zellf. Bd. 11.
- Derselbe. Die Herkunft der Jdiochromosomen bei Seeigeln. Sitz. Ber. d. phys. med. Ges. Würzburg.
- M. Oehninger.* Über Kerngrößen bei Bienen. Verh. phys. med. Ges. Würzburg. Bd. 42.
- P. Vonwiller.* Über den Bau der Amöben. Diss. Arch. f. Protist. Bd. 28.
1915. *E. Mehling.* Über die gynandromorphen Bienen des Eugsterschen Stockes. Diss. Verh. d. phys. med. Ges. Würzb. Bd. 43.
- B. Geinitz.* Über Abweichungen bei der Eireifung von *Ascaris*. Diss. Arch. f. Zellf. Bd. 13.



Geheimerat Prof. Dr. Theodor Boveri.

✓  
VERHANDLUNGEN  
DER  
PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT  
ZU  
WÜRZBURG.

N. F. BAND XLIV.

№ 5.

ZUM GEDÄCHTNIS  
AN  
FRIEDRICH PRYM  
VON  
ADOLF KRAZER.

MIT 1 PORTRÄT.



WÜRZBURG.  
VERLAG VON CURT KABITZSCH.  
KGL. UNIV.-VERLAGSBUCHHÄNDLER.  
1916.

Jede Nummer ist als Separatdruck auch einzeln käuflich.



## Zum Gedächtnis an Friedrich Prym.

Von

Adolf Krazer

in Karlsruhe.

Am 15. Dezember des letzten Jahres ist in Bonn bei vorübergehendem Aufenthalte der langjährige ordentliche Professor der Mathematik an der Universität Würzburg, Geheimer Rat Dr. *Friedrich Prym*, Ehrenbürger der Stadt Würzburg, nach vollendetem 74. Lebensjahre gestorben.

Mit ihm hat die mathematische Wissenschaft einen anerkannten Forscher von starker Eigenart, grossem Können und zäher Arbeitskraft, die Universität Würzburg einen ausgezeichneten Lehrer und hochgeschätzten Kollegen, die Stadt Würzburg einen ihrer angesehensten Bewohner verloren.

*Friedrich Prym* wurde am 28. September 1841 in Düren als Sohn des Tuchfabrikanten Richard Prym und seiner Gattin Ernestine geb. Schöeller geboren. Nachdem er das dortige Gymnasium absolviert hatte, studierte er 1859—1863 an den Universitäten Berlin, Heidelberg und Göttingen, insbesondere Mathematik. Die in Göttingen 1861—1862 gehörte Vorlesung *Riemanns* „Über Funktionen einer veränderlichen komplexen Grösse“ bildete die Grundlage für seine mathematische Ausbildung. Auf Grund der Dissertation: „*Theoria nova functionum ultraellipticarum. Pars prior*“, in der zum ersten Male die *Riemanns*chen Anschauungen und Methoden zur Behandlung eines speziellen Falles verwertet wurden, promovierte Prym am 21. Februar 1863 an der philosophischen Fakultät der Universität Berlin. Dann trat er, nachdem er inzwischen zu Hause die in seiner Dissertation begonnenen Untersuchungen fortgesetzt und im September 1863 abgeschlossen hatte, als Volontär in das Bankgeschäft der ihm verwandten Familie Schöeller (damals Alexander Schöeller, jetzt Schöeller & Co.) in Wien ein.

Dort wurde die aus seiner Dissertation hervorgegangene Abhandlung: „Neue Theorie der ultraelliptischen Funktionen“ am 14. Januar 1864 in der Sitzung der math.-naturw. Klasse der Akademie vorgelegt und im 24. Bande ihrer Denkschriften veröffentlicht.

In dem Hauptresultate dieser Arbeit, der algebraischen Darstellung des Quotienten zweier Thetafunktionen, deren Argumente Summen von je 3 ultraelliptischen Integralen 1. Gattung sind, erkannte Prym bereits den Schlüssel für den allgemeinen hyperelliptischen Fall, dessen Behandlung er jetzt unternahm. Für diese neuen Untersuchungen Pryms wurde ein mehrwöchentliches Zusammensein mit Riemann entscheidend, der sich im Frühjahr 1865 seiner Gesundheit wegen in Pisa aufhielt. Die Aufschlüsse, welche Prym hier über das Verschwinden der hyperelliptischen Thetafunktionen erhielt, liessen ihn seinen Untersuchungen den gesuchten Abschluss geben. Er veröffentlichte sie, nachdem er inzwischen, 1865, als Professor an das eidgenössische Polytechnikum nach Zürich berufen worden war, im Juni 1866 unter dem Titel: „Zur Theorie der Funktionen in einer zweiblättrigen Fläche“ im 22. Bande der Denkschriften der schweiz. naturf. Gesellschaft. Diese Abhandlung Pryms wurde für die Mathematik von grosser Bedeutung; denn ihr war es ganz besonders zu verdanken, dass die Riemannsche Abhandlung über die Theorie der Abelschen Funktionen, die in ihrer knappen Darstellungsform, ihrer Gedankenfülle und ihrer Tiefe für die mathematische Welt bisher ein Buch mit sieben Siegeln geblieben war, nunmehr zum Gemeingut der Mathematiker wurde.

Nach dem Tode Riemanns am 20. Juli 1866 fiel es Prym aber auch zu, dessen Werk weiterzuführen. Prym ging von dem Resultate Riemanns aus, dass zu jeder willkürlich gegebenen mehrblättrigen Fläche immer eine Gruppe sogenannter Abelscher Integrale existiert, und dass diese durch die Bedingung, einem gewissen Systeme gleichzeitiger partieller Differentialgleichungen zu genügen, zusammen mit passend gewählten Grenz- und Unstetigkeitsbedingungen vollständig bestimmt werden können, und erkannte die Möglichkeit eines Fortschrittes in der Funktionentheorie darin, das genannte System von Differentialgleichungen unter Zugrundelegung neuer Grenzbedingungen zu integrieren. Solche Bedingungen aber erhielt er, indem er das Verhalten der Abelschen Integrale, beim Überschreiten der Querschnitte um Konstanten zuzunehmen, dahin verallgemeinerte, dass sie bei diesem Überschreiten in ganze lineare Ausdrücke von sich selbst übergehen sollten. Prym teilte die Hauptergebnisse seiner Forschungen

1869, in welchem Jahre er als ordentlicher Professor an die Universität Würzburg berufen worden war, in mehreren Abhandlungen mit. Das damals gegebene Versprechen, sie in ihrer Gesamtheit zu veröffentlichen, hat Prym aber erst 40 Jahre später eingelöst; jetzt wandte er sich anderen Untersuchungen zu.

Im Herbst 1878 wurde Prym durch einen Zufall an eine Formel erinnert, welche ihm Riemann 1865 bei ihrem Zusammensein in Pisa mitgeteilt und für welche er damals nach Riemanns Anleitung einen Beweis verfasst hatte. Prym stellte sich jetzt die Aufgabe zu zeigen, wie aus dieser Formel, die er die Riemannsche Thetaformel nannte, alle Formeln abgeleitet werden können, welche andere Mathematiker zur Gewinnung der Additionstheoreme der Thetafunktionen und der zwischen ihnen bestehenden algebraischen Beziehungen aufgestellt hatten; seine Resultate veröffentlichte er 1882 als „Untersuchungen über die Riemannsche Thetaformel und die Riemannsche Charakteristikentheorie“ (Leipzig, B. G. Teubner).

Aber damit waren Pryms Arbeiten über die Riemannsche Thetaformel nicht abgeschlossen. Nachdem er einen zweiten Beweis für die Formel schon 1880 gefunden hatte, bemerkte er im Juli 1882, dass man sie auch unter Verzicht auf alle funktionentheoretischen Hilfsmittel durch direkte Umformung der ihre linke Seite darstellenden  $4p$ -fach unendlichen Reihe erhalten könne, und veröffentlichte diesen Beweis im 3. Bande der Acta mathematica. Er hatte aber auch erkannt, dass das gleiche Verfahren zur Herstellung viel allgemeinerer Thetaformeln angewendet und weiter, dass aus diesen noch andere, der Riemannschen Thetaformel ähnliche Formeln abgeleitet werden können. Diesen beiden Aufgaben, mit denen sich schon zwei weitere am gleichen Orte veröffentlichte Abhandlungen beschäftigt hatten, waren, zusammen mit einer neuen Behandlung der Transformationstheorie, insbesondere jene Untersuchungen gewidmet, welche Prym und ich, den er schon seit 1881 zu seinen wissenschaftlichen Arbeiten herangezogen hatte, vom Anfange des Jahres 1883 an in sechsjähriger gemeinsamer Tätigkeit anstellten und deren Ergebnisse ich 1891, nachdem wir durch meine Berufung nach Strassburg 1889 getrennt worden waren, auszugsweise als „Neue Grundlagen einer Theorie der allgemeinen Thetafunktionen“ (Leipzig, B. G. Teubner) herausgab.

Inzwischen hatte Prym an Rost einen neuen Mitarbeiter gefunden und ging im November 1892 mit diesem an die Ergänzung und Ausarbeitung jener schon erwähnten Untersuchungen, welche er vor mehr als 20 Jahren über Funktionen, die beim Überschreiten der Quer-



schnitte in lineare Ausdrücke von sich selbst übergehen, angestellt hatte. Aber es bedurfte noch fast zwanzigjähriger Arbeit, um diesem Werke in Inhalt und Form jene Vollendung zu geben, welche Prym, der es als sein Lebenswerk betrachtete, sich dafür vorgesetzt hatte. Kurz vor dem 70. Geburtstage Pryms überreichten die Verfasser 1911 den Mathematikern in einem stattlichen Quartband von 550 Seiten ihre „Theorie der Prymschen Funktionen erster Ordnung, im Anschluss an die Schöpfungen Riemanns“.

Wie der Titel andeutet, bilden diese Funktionen die einfachste Klasse allgemeinerer, der Prymschen Funktionen  $N$ ter Ordnung und im Vorworte ihres Werkes sprechen die Verfasser die Hoffnung aus, dass es ihnen vergönnt sei, auch diese, in ihren Grundzügen schon vorhandene Theorie in gemeinsamer Arbeit ausführlich zu entwickeln. Diese Hoffnung ist leider nicht in Erfüllung gegangen, obwohl Prym noch in den letzten Monaten seines Lebens an dem Werke rastlos gearbeitet hatte. Die Vollendung fällt jetzt Rost zu. Prym aber hatte das Glück, in ungeschwächter Geistesschärfe und unverminderter Ausdauer an der ihm lieb gewordenen Arbeit bleiben zu können, bis ihm der Tod die Feder aus der Hand nahm.

Im Jahre 1897/98 bekleidete Prym das Amt des Rektors der Universität, seine am Stiftungstage der Hochschule gehaltene Festrede behandelte „Die Entwicklung der griechischen Mathematik von ihren Anfängen bis zu ihrem Höhepunkte.“

Die Hauptvorlesungen Pryms betrafen Differentialrechnung, Integralrechnung und Funktionentheorie. Sie waren in Inhalt, Methode und Form das Resultat unermüdlicher Arbeit. Der Inhalt war bis in jede Einzelheit richtig, die Methode streng, die Form klar und sorgfältig ausgefeilt. Diese Eigenschaften verliehen Pryms Vorlesungen auch bedeutenden pädagogischen Wert.

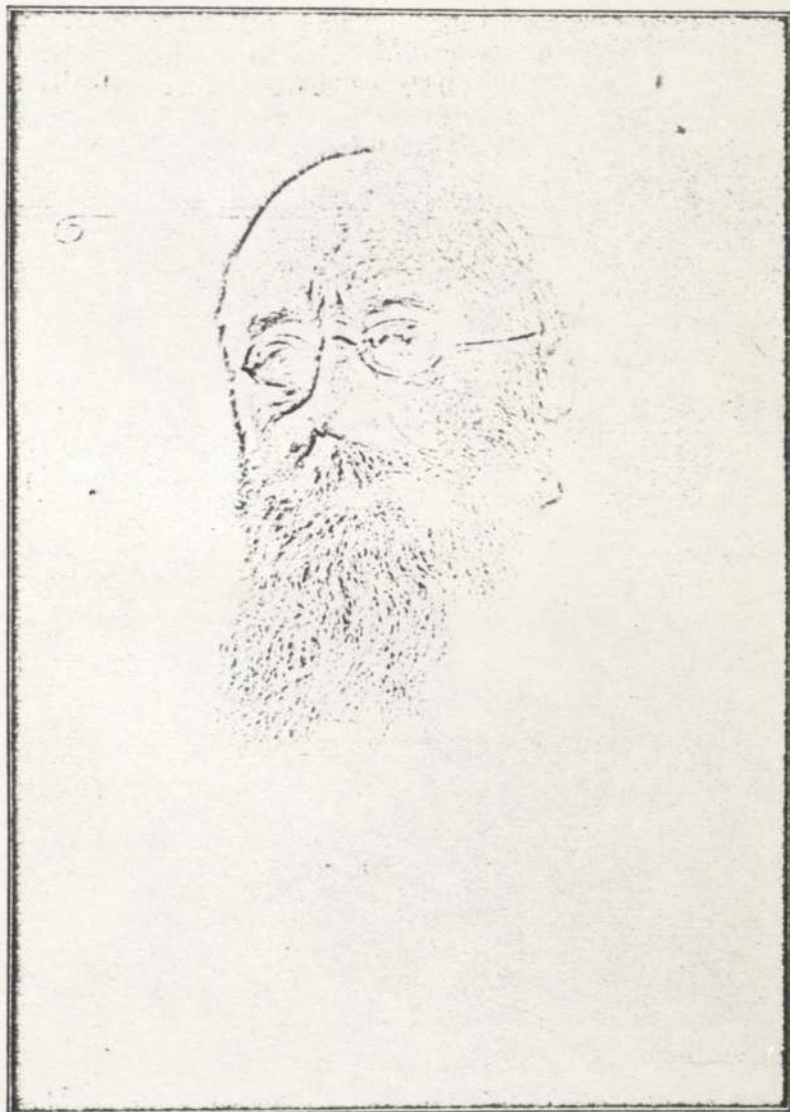
Am 31. März 1909 vollendete Prym das 40. Jahr seiner Tätigkeit als ordentlicher Professor in Würzburg; er hatte zu diesem Termine um Enthebung von der Verpflichtung zur Abhaltung von Vorlesungen gebeten, blieb aber auf Wunsch des Ministeriums noch bis zum 1. Oktober 1909 im Amte.

1872 hat Prym einen glänzenden Ruf an die neu errichtete Universität Strassburg abgelehnt; ebenso 1886 einen solchen an die Technische Hochschule seiner rheinischen Heimat, Aachen.

Zu seinem 70. Geburtstag hat die Stadt Würzburg Prym zu ihrem Ehrenbürger ernannt; zu seinem 50jährigen Doktorjubiläum

verlieh ihm die Universität ihre Ehrenmünze in Gold; beide Ehrungen brachten den Dank für hervorragende Leistungen auf gemeinnützigem Gebiete und für reiche Stiftungen zum Ausdruck.

*Prym* war korrespondierendes Mitglied der k. bayer. Akademie der Wissenschaften in München, der k. preuss. Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen und Ehrenmitglied der physik.-mediz. Gesellschaft in Erlangen.



Geheimrat Prof. Dr. Friedrich Prym.

✓  
VERHANDLUNGEN

DER  
PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT  
ZU  
WÜRZBURG.

N. F. BAND XLIV.

N. 6.

GEDÄCHTNISREDE

AUF

GREGOR KRAUS

GEHALTEN AM 31. MAI 1916

VON  
H. KNIEP.

MIT 1 PORTRÄT.



WÜRZBURG.  
VERLAG VON CURT KABITZSCH.  
KGL. UNIV.-VERLAGSBUCHHÄNDLER.  
1916.

Jede Nummer ist als Separatabdruck auch einzeln käuflich.



## Gedächtnisrede auf Gregor Kraus.

Gehalten am 31. Mai 1916.

Von  
**H. Kniep.**

Am 14. November 1915 hat *Gregor Kraus* in Würzburg, wo er einst als junger Student seine wissenschaftliche Laufbahn begonnen hatte, sein an Arbeit und Erfolgen reiches Leben beschlossen. Ein hervorstechender Grundzug seines Charakters, die Anhänglichkeit an die bayerische Heimat und an alles, was sein Leben entscheidend beeinflusst hat, hat es ihm als ein besonderes Glück empfinden lassen, dass er als Nachfolger des grossen Physiologen *Julius Sachs*, dessen erster Schüler er war, nach Würzburg zurückkehren durfte. Er hat hier 16 Jahre lang als akademischer Lehrer gewirkt. Als zunehmende Schwerhörigkeit ihn veranlasste, nach fast 50jähriger Dozententätigkeit von seinem Amte zu scheidern, da war es wohl vor allem sein Wunsch, nunmehr ganz seinen wissenschaftlichen Arbeiten leben zu können. Es ist ihm leider nur zum geringen Teil vergönnt gewesen, das, was er sich für diese letzten Jahre vorgenommen hatte, zu vollenden. Mitten in der Arbeit hat ihn der Tod hinweggerafft.

Geboren wurde *Gregor Konrad Michael Kraus* am 9. Mai 1841 in dem damals bayerischen Städtchen Orb als Sohn des aus Retzbach bei Würzburg stammenden Lehrers *A. Friedrich Kraus* und seiner Gattin *Margarethe* geb. *Remlin*<sup>1)</sup>. Schon im 6. Lebensjahre wurde ihm der Vater durch den Tod entrissen. Die geringe Pension, die der Mutter verblieb, reichte kaum zum Allernötigsten aus, und nur durch die von den Verwandten gewährte Unterstützung wurde ihr

---

<sup>1)</sup> Ich darf mich bei dieser kurzen Lebensskizze auf autobiographische Aufzeichnungen stützen, die mir in dankenswerter Weise zur Einsichtnahme überlassen wurden.

die Erziehung der vier Kinder ermöglicht. Wenige, aber um so lebhaftere Erinnerungen verbanden *Gregor Kraus* mit seinem Vater. In Verehrung und Dankbarkeit gedenkt er in späteren Jahren seiner, der in ihm schon in frühester Kindheit den Sinn für Naturschönheit und Naturbeobachtung geweckt hat. „Den Sinn für die Blumenwelt und die Liebe für den Lehrberuf habe ich von ihm geerbt“, so schreibt er. — Die ersten Kinderjahre verbrachte *Kraus* in seiner Vaterstadt. Er genoss dort auch den ersten Lateinunterricht, der ihn für das Gymnasium vorbereitete. 1852 kam er nach Aschaffenburg auf das humanistische Gymnasium. Er rühmt hier namentlich den Unterricht in alten Sprachen und im Deutschen, der in ihm eine bleibende Neigung zum klassischen Altertum und zu den Werken der deutschen Klassiker, namentlich zu *Goethe*, der sein ständiger Begleiter im Leben war, geschaffen hat. Die reiche Goethebibliothek, die er sich später erworben hat, nannte er sein Lebenskleinod; in dankbarer Anhänglichkeit hat er sie kurze Zeit vor seinem Tode seinem Aschaffener Gymnasium geschenkt. — Neben der Pflichtarbeit für die Schule, die ihm nicht schwer fiel — er war immer einer der besten Schüler — gab er sich seinen naturwissenschaftlichen Interessen hin. „Es war im Jahre 1855, wo mir ein „Leben *Linnés*“ in die Hände fiel. Von da an war mein Lebensziel, Botaniker und Arzt zu werden.“ Für die botanischen Studien war ihm *Kittels* vortreffliches Taschenbuch der deutschen Flora der erste Wegweiser, ausserdem studierte er viel in *Dippels* Pflanzenanatomie. Schon als junger Schüler erwarb er sich eingehende Kenntnisse auf dem Gebiete der speziellen und allgemeinen Botanik, daneben scheint ihn vor allem Geologie interessiert zu haben. Er hat als Schüler viel gesammelt und bestimmt; was er gezeichnet und geschrieben hat, legt Zeugnis ab von einer früh entwickelten, ausgezeichneten Beobachtungsgabe.

Nach bestandem Abiturientenexamen, im Herbst 1860, ging *Kraus* nach Würzburg, um Medizin und Naturwissenschaften zu studieren. Seine massgebenden Lehrer waren hier *August Schenk*, *Albert von Kölliker* und der Anatom *Heinrich Müller*. Bereits als Student hatte er drei wissenschaftliche Arbeiten (1—3)<sup>1)</sup> vergleichend anatomischen und paläontologischen Inhalts veröffentlicht. Mag auch *August Schenk* dazu die erste Anregung gegeben haben, in ihrer Durchführung sind sie doch schon völlig selbständige Leistungen. Am

<sup>1)</sup> Die rund eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das beigefügte Verzeichnis der Schriften von *Gregor Kraus*.

13. Januar 1866 promovierte *Kraus* in der philosophischen Fakultät zu Würzburg mit einer Arbeit über den Bau trockener Perikarpnien (4).

Im Jahre 1865 hatte der junge Bonner Professor *Julius Sachs* sein Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen veröffentlicht. Als *Kraus* dieses epochemachende Werk gelesen hatte, stand sein Entschluss fest, nach Bonn zu gehen, um bei *Sachs*, der dort an der landwirtschaftlichen Akademie lehrte, zu arbeiten. Der Einfluss von *Sachs* ist auf *Kraus'* wissenschaftliche Entwicklung von einschneidender Bedeutung gewesen. Seine besondere Neigung zur Physiologie datiert von jener Zeit her. Wenn er auch hier wie auf allen Gebieten, auf denen er gearbeitet hat, schon bald eigene Wege ging, so zeigen doch seine Arbeiten unverkennbare Spuren *Sachsschen* Geistes und sind nicht minder Zeugnisse jener glänzenden Darstellungsgabe, die den *Sachsschen* Schriften eigen ist. Auf *Sachs'* Anregung begann *Kraus* in Bonn Untersuchungen über die Gewebespannung, die er während eines Ferienaufenthalts in seiner Heimat weiterführte und im Herbst 1867 als Habilitationsschrift der philosophischen Fakultät der Universität Würzburg einreichte (7). Vor der Rückkehr nach Würzburg verbrachte *Kraus* noch zwei Semester in Freiburg i. Br. Dort lehrte *Anton de Bary*, in dessen Laboratorium die Mehrzahl der damals heranreifenden jungen Botaniker ihre wissenschaftliche Ausbildung genoss. *Kraus* schloss hier bleibende Freundschaft mit *Hermann Grafen zu Solms-Laubach*, der ihn nur um wenige Tage überlebt hat, und *Alexis Millardet*. Mit letzterem gemeinsam hat er eine 1868 erschienene Untersuchung über die Farbstoffe der Blaualgen und Diatomeen gemacht (9, 10). Als *de Bary* im Frühjahr 1867 von Freiburg wegberufen wurde, kam *Sachs* als sein Nachfolger dorthin. *Sachs* hatte sich in den vorhergehenden Jahren viel mit Untersuchungen über den Einfluss des Lichts auf die Kohlen-säurereassimilation, das Wachstum und die Gestaltung der Pflanzenorgane beschäftigt. Die Fülle neuer Gesichtspunkte und Fragestellungen, die sich aus diesen Arbeiten ergab, mag für *Kraus* die Veranlassung gewesen sein, sich diesen Gebieten zuzuwenden. Er begann in Freiburg Versuche über die Stärkeerzeugung im Chlorophyll in ihrer Abhängigkeit von Licht und Wärme, die er im folgenden Jahre in Würzburg zum Abschluss brachte (11, 13). Auch seine Untersuchungen über das Etiollement gehören dieser Periode an (12, 14).

Der junge Würzburger Privatdozent hielt im Wintersemester 1867/68 seine erste Vorlesung über „Pharmakognosie mit mikroskopischen Demonstrationen der Drogen“. Als *August Schenk* im Früh-



jahr 1868 nach Leipzig berufen wurde, wurde *Kraus* mit dessen Vertretung für das Sommersemester betraut. Er las das fünfständige Hauptkolloq. über allgemeine und zugleich eine vierständige Vorlesung über medizinische Botanik (Systematik). Im Herbst 1868 folgte er seinem Lehrer nach Leipzig und wurde dort Assistent am botanischen Institut.

Auch diese Tätigkeit währte nur kurze Zeit. Bereits im Frühjahr 1869 erhielt der noch nicht 28jährige einen Ruf als ordentlicher Professor der Botanik an die Universität Erlangen. Seine organisatorischen Fähigkeiten fanden hier ein reiches Arbeitsfeld. Er gestaltete den Unterricht nach modernen Gesichtspunkten um, richtete das Institut und den Garten neu ein. Daneben entfaltete er eine äusserst fruchtbringende wissenschaftliche Tätigkeit. Neben vielem anderen entstand hier die bahnbrechende Arbeit über das Chlorophyll (26).

*Kraus* wirkte in Erlangen 3½ Jahre. Im Herbst 1872 folgte er einem Ruf nach Halle als Nachfolger *de Barys*. Die 26jährige Tätigkeit in Halle bedeutet in vieler Hinsicht den Höhepunkt seines Schaffens. Er selbst schreibt folgendes über diese Zeit: „Es galt zunächst, was mein Vorgänger *de Bary* bei der kurzen Zeit seines Aufenthalts nicht ausführen konnte, die reichen Schätze des Instituts, Pflanzensammlungen und Bücher, die der unermüdliche *von Schlechtendal* zusammengebracht, zu ordnen, zu katalogisieren und brauchbar aufzustellen, den grossen Garten für den Unterricht umzugestalten, und neben den mikroskopischen ein physiologisches Laboratorium zu schaffen. Hier entstanden dann im Laufe der Jahre eine Reihe monographischer physiologischer Arbeiten: zunächst über die Wasser-  
verteilung in der Pflanze (Schwellungsperiode, auch später in den Tropen fortgesetzt. 57, 69, 74, 92, 109); aus der Physiologie des Stoffwechsels die Abhandlung über den Stoffwechsel der Crassulaceen (96) und Grundlinien einer Physiologie des Gerbstoffs (102). Von den alljährlichen Reisen ins Ausland zeitigten die römischen Aufenthalte die Abhandlung über Blüten-Wärme bei *Arum italicum* (86, 93). Ein schöner, altberühmter Garten reizte zu geschichtlichen Studien und führte darüber hinaus zu einer „Geschichte der Pflanzeneinführungen in Europa“, sowie einer Geschichte des botanischen Unterrichts (101, 106) und in der Rektoratsrede dazu, den berühmten Halleschen Philosophen *Christian Wolff* als den kennen zu lernen, der den Studenten zuerst mikroskopische Demonstrationen hielt. Die im Jahre 1893/94 ausgeführte Reise nach Indien

und Java gab neben einer lebendigen Vorstellung von der Tropenvegetation Gelegenheit, das tägliche Wachstum der Bambusrohre (109) und das Dickenwachstum der Palmen (113) zu studieren. Akademische Vorträge zu halten und anregend zu gestalten, hat mir zu jeder Zeit Freude gemacht, und an der Universität Halle mit ihren weltbekannten landwirtschaftlichen Instituten gab es Zuhörer aus allen Ländern. Schon in den 70er Jahren hatte ich tägliche Demonstrationen in horto, eigentlich die erste ursprüngliche Form des botanischen Unterrichts, als sehr zweckmässig wieder eingeführt und habe diese Demonstrationen jeden Sommer von 7—7 $\frac{1}{4}$  Uhr in Halle wie in Würzburg mit vielem Beifall gehalten.“

So reich diese 26 Jahre für *Kraus* an Erfolgen, an Glück und an Ehren waren, so fehlten doch auch bittere Erfahrungen nicht. Im Jahre 1890 wurde ihm seine Gattin, mit der er seit 1878 in glücklichster Ehe verbunden war, durch den Tod entrissen. Es lag in seiner Natur, dass er diesen Verlust nie verschmerzen konnte.

Als durch *Julius Sachs'* Tod der Lehrstuhl für Botanik an der Würzburger Universität frei wurde, folgte *Kraus* freudig dem an ihn ergangenen Ruf an seine Heimatuniversität. Es mag ihm nicht leicht geworden sein, das ihm lieb gewordene Halle zu verlassen. So sehr er Süddeutscher war und so sehr er an seiner süddeutschen Heimat hing, so wusste er doch von Halle nur Gutes zu berichten. Es wäre völlig verfehlt, anzunehmen, dass ihn etwa eine Antipathie gegen das Preussentum von dort vertrieben hätte. Er hat stets dem preussischen Geiste und den preussischen Einrichtungen Achtung gezollt, ja Verehrung entgegengebracht. Ohne gegen den Grundsatz zu verstossen „De mortuis nil nisi bene“, dürfen wir sagen: es war ihm selbst manches von diesem Preussengeiste eigen: Das Organisationstalent, die ausgesprochene Ordnungsliebe, die Exaktheit bis ins Kleinste in allem, was er unternahm und was unter seiner Leitung zu geschehen hatte, die Strenge gegenüber seinen Untergebenen und seinen Schülern. Schon 1866 schreibt er einmal: „Der Aufenthalt in Bonn und noch mehr meine mit komischen kleinen Abenteuern geschmückte Rückreise von da über den Kriegsschauplatz 1866 heilte mich für alle Zeit von der süddeutschen Gemütlichkeit.“ Seitdem ist freilich auch in Süddeutschland manches anders geworden. — Was *Kraus* hauptsächlich nach Würzburg zog, war gewiss einmal der Umstand, dort als Nachfolger von *Sachs* wirken zu können, zweitens die vielen dankbaren Jugenderinnerungen, die ihn mit dieser Stadt verknüpften und nicht zuletzt der wohl schon lange gehegte

Wunsch, sich der Bearbeitung der mannigfachen Probleme, die die heimische Pflanzenwelt mit ihren eigenartigen Vegetationsbedingungen bietet, Problemen von einer weit über das lokale Interesse hinausgehenden Bedeutung, ganz widmen zu können. Es war namentlich die Präzisierung der Standortsfaktoren des Wellenkalks und ihres Einflusses auf die Flora, deren Bearbeitung er in Angriff nahm. Am Rande des Spessarts, in der Nähe von Gambach, unweit Karlstadt, hatte er sich hierfür ein einzig schön gelegenes Beobachtungs- und Versuchsfeld erworben. *Kraus* hat uns durch diese seine Untersuchungen vieles mit anderen Augen anzuschauen gelehrt, als wir es bisher zu sehen gewohnt waren, mehrere wichtige, seit langer Zeit umstrittene Probleme hat er der Lösung entgegengeführt. Bis in die letzten Tage, ja Stunden seines Lebens beschäftigte ihn die Flora seiner Heimat.

Das botanische Institut und der botanische Garten zu Würzburg, denen *Kraus* von 1898—1914 vorstand, haben unter seiner Leitung verschiedene wesentliche Umgestaltungen erfahren. Er schuf zunächst eine umfangreiche Institutsbibliothek, auf deren Vorhandensein *Sachs*, der alles, was er brauchte, selbst besass, wenig Wert gelegt hatte. Die grosse *Sachs*sche Separatensammlung wurde angekauft, die wichtigsten Zeitschriften und Handbücher beschafft. Die gleiche Vervollständigung erfuhr das Instrumentarium, namentlich das mikroskopische. Die Pflanzensammlungen wurden wesentlich vergrössert durch Schenkung eines schönen mitteleuropäischen Herbars und Anlage eines Herbars der unterfränkischen Pflanzen, das die heimische Flora ziemlich vollständig repräsentiert. Er schenkte ferner seine grosse javanische Sammlung und bereicherte dadurch das Institut um zahlreiche sehr wertvolle morphologisch und biologisch interessante Präparate. Der botanische Garten wurde von Grund aus neu geordnet. Das Pflanzensystem erfuhr eine Umgestaltung; neu hinzu kamen die Einrichtungen biologischer, geographischer und historischer Gruppen (Geschichte der Pflanzeneinführungen), ferner eine eigene Abteilung, die die ökologische Gliederung der unterfränkischen Flora repräsentiert. So haben Wissenschaft und Unterricht dieser zweiten Würzburger Tätigkeit von *Kraus* viel zu danken.

*Gregor Kraus* war eine in jeder Hinsicht selbständige Natur. „Bene vixit qui bene latuit,“ sagt er einmal mit unverkennbarer Beziehung auf sich selbst. Er liebte es nicht, mit dem Strom zu schwimmen, weder in der Wissenschaft noch im Leben. Unabhängig

zu sein in allem was er tat, war sein Grundsatz. Wie wenige verstand er sich auf die Kunst zu leben.

Unserer Gesellschaft ist *Gregor Kraus* durch lange Jahre ein treues und eifriges Mitglied gewesen. Wer die „Sitzungsberichte“ und „Verhandlungen“ durchsieht, wird seinem Namen oft begegnen. Nicht weniger als 23 seiner wissenschaftlichen Mitteilungen, darunter sehr bedeutende, sind dort erschienen. Die erste [„Über einige nähere Bedingungen der Stärkebildung bei den Pflanzen“ (8)] im Jahre 1867, die letzte [„Zellgrösse und Organgrösse (137)“] als nachgelassenes Werk am Ende des Jahres 1915.

Die Forschertätigkeit von *Kraus* ist eine äusserst vielseitige und fruchtbare gewesen. Als ein Botaniker der alten Schule im besten Sinne des Wortes, ausgezeichnet in gleicher Weise durch umfassendes Wissen wie durch reiche praktische Erfahrung, hat er die verschiedensten Zweige seiner Wissenschaft durch grundlegende Arbeiten gefördert. Auf vier grossen Gebieten ist *Kraus* produktiv tätig gewesen: auf dem der vergleichenden Anatomie und Paläophytologie, der Physiologie, der Geschichte der Botanik und der Pflanzengeographie. Wir wollen diese Einteilung dem Folgenden zugrunde legen. Sie ist eine chronologische nur insofern, als die vergleichend anatomischen Arbeiten zum grossen Teil der ersten, die ökologisch-pflanzengeographischen fast ausschliesslich der letzten Periode von *Kraus'* wissenschaftlicher Tätigkeit angehören.

Wie oben schon erwähnt, hat *Kraus* bereits als junger Student drei anatomische Arbeiten veröffentlicht (1–3). Die ersten beiden betreffen lebende und fossile Hölzer, die dritte den Bau der Cycadeenfiedern. Die wissenschaftliche Bedeutung der Untersuchungen liegt hauptsächlich darin, dass der Wert anatomischer Merkmale für die Unterscheidung einzelner Formen geprüft wird. *Kraus* bedient sich also einer Forschungsmethode, die erst lange Jahre später von *Radlkofer* zum Programm erhoben wurde.

Mit fossilen und rezenten Hölzern hat sich *Kraus* auch in der Folgezeit noch viel beschäftigt (27, 28, 29, 31, 32, 37, 40, 46, 52, 70, 75–81, 84, 85, 97, 98) und hat namentlich auf Grund der Resultate, die ihm die vergleichende Untersuchung verschiedener Teile eines Individuums und der individuellen Variabilität ergaben, zahlreiche Angaben *Goepverts* korrigiert. Dass *Schimper* ihn veranlasste, für seinen *Traité de paléontologie végétale* die fossilen

Koniferenhölzer (31) zu bearbeiten, zeigt, dass seine Untersuchungen sich auch in Kreisen der Paläontologen grösster Wertschätzung erfreuten. Die Aufstellung der diagnostischen Merkmale ermöglichte *Kraus* ferner die Identifizierung der Treibhölzer der zweiten deutschen Nordpolexpedition (28, s. ferner 32, 40) und führte zu der Feststellung, dass diese Hölzer den sibirischen Wäldern entstammen müssen.

Die Arbeit über den Bau der Cycadeenfiedern (3) gibt gleichfalls wichtige Anhaltspunkte für die Verwendung anatomischer Merkmale in der Systematik. *Kraus* hat hier den Begriff des Hypoderms aufgestellt, der sich seither eingebürgert hat. — Die Inauguraldissertation (4) ist die erste, an der Hand eines reichen Materials durchgeführte vergleichend anatomisch-systematische Untersuchung der Fruchthüllen, deren Bau bis dahin nur höchst unvollkommen bekannt war.

Die erste physiologische Untersuchung von *Kraus* behandelt die Gewebespannung (7). Im Rahmen ihrer Zeit betrachtet ist die Arbeit eine hervorragende Leistung, die nicht zu Unrecht grosses Aufsehen erregt hat. Enthält sie doch die Entdeckung der Querspannung des Stammes und umfassende quantitative Angaben über die Grösse der Längsspannung der verschiedenen Gewebebezirke. Auch die Tatsache, dass die Spannungsintensität im Pflanzenkörper periodischen Änderungen unterliegt, ist hier schon behandelt, eine Frage, auf die *Kraus* in mehreren späteren Untersuchungen zurückkommt (25, 48, 55, 57, 66, 67, 74, 109). Eingehende Mitteilungen über den Verlauf und das Zustandekommen dieser tagesperiodischen Dickenänderungen der Stämme („tägliche Schwellungsperiode“) finden sich im ersten und besonders im dritten Teile der Studien über die Wasserverteilung in der Pflanze (57, 74). Im letzteren wird die allgemeine Verbreitung der Schwellungsperiode auch bei anderen Organen (Blättern, Früchten, Knospen, Knollen) dargetan. Auch in den Tropen hat sich *Kraus* mit der Erscheinung beschäftigt und gezeigt, dass die Tropenbäume sich denen unserer Flora ganz analog verhalten (109). Mit Hilfe äusserst exakter Methoden ist in diesen Untersuchungen durch unzählige Messungen der genaue Gang der Schwellungsänderungen in den verschiedenen Organen festgestellt worden. Unter normalen Bedingungen tritt in der Natur am frühen Morgen eine langsame Volumverminderung der Pflanzenteile ein, die bis zum Nachmittag, wo sie ihr Minimum erreicht, anhält. Alsdann beginnt die Schwellung wieder zu steigen; sie

erreicht ihre grösste Höhe in der Nacht vor Sonnenaufgang. Ein Stamm ist also z. B. nachts dicker als am Tage. Parallelgehend mit der An- und Abanschwellung liess sich eine absolute Zu- und Abnahme des Wassergehalts feststellen. Da, wo es sich um parenchymatische Gewebe handelt, sind es tägliche Schwankungen der Turgeszenz, die die Schwellungsperiode hervorrufen; da aber auch der Holzkörper (der grösstenteils aus abgestorbenen Zellen besteht) die rhythmischen Volumschwankungen zeigen kann, die in manchen Fällen sogar die ausschliessliche Ursache der Dickenänderung des Stammes sind, müssen auch Imbibitionsänderungen der Zellhäute als Erklärung mit herangezogen werden. Wasserzufuhr und Unterdrückung der Transpiration erhöhen die Schwellung, Steigerung der Transpiration drückt sie herab. Damit erklärt sich der tägliche Gang der Schwankungen.

Der schon 1867 nachgewiesene, später, wie wir soeben sahen, weiter verfolgte Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Schwellungsgrösse hat wohl Kraus dazu geführt, die Wasserverteilung in der Pflanze und ihre Beziehung zu verschiedenen Lebensvorgängen einer allgemeinen Untersuchung zu unterziehen. Die Resultate derselben sind in vier grösseren, 1879—1884 erschienenen Abhandlungen (57, 69, 74, 92) niedergelegt. Von besonderem Interesse sind darin neben dem, was oben (S. 180) bereits aus Abhandlung I und III berichtet wurde, die Angaben über die Wasser- und Stoffverteilung bei geotropisch und phototropisch sich krümmenden Organen und über die Schwankungen des Säuregehalts bei Fettpflanzen. Stets ist die sich konvex krümmende Seite wasserreicher als die konkave, und zwar ist bemerkenswerterweise diese ungleiche Verteilung des Wassers in horizontal gelegten oder einseitig beleuchteten Stengeln oder Wurzeln schon nachweisbar, noch ehe eine Krümmung stattgefunden hat. In der konvex werdenden Stengelhälfte erhöht sich zuerst (ebenfalls noch vor Eintritt der Krümmung) der Zuckergehalt, während sich der Gehalt an freier Säure etwas zu vermindern pflegt. Nach einiger Zeit tritt dann eine absolute Abnahme des Zuckers und gewöhnlich auch der freien Säure ein. Die Beobachtungen zeigen uns, dass die Reizvorgänge irgendwie mit Stoffwechselprozessen verkettet sind, was bisher nur für sehr wenige pflanzliche Reizerscheinungen einwandfrei nachgewiesen werden konnte. Die vierte Abhandlung ist ausschliesslich den Veränderungen des Säuregehalts des Zellsafts, über die in der zweiten nur mehr beiläufig einige Erfahrungen gesammelt waren, gewidmet. Schon seit langer Zeit, namentlich aber durch die Untersuchungen von Adolf

Mayer, an die Kraus hier in erster Linie anknüpft, war es bekannt, dass gewisse Pflanzen (Bryophyllum) nachts reicher an Säure sind als am Tage. Kraus hat den Prozess quantitativ verfolgt und gefunden, dass das Säuremaximum in den ersten Morgenstunden liegt. Er konnte auch zeigen, dass die nächtliche Säureanhäufung nur in Gegenwart von Sauerstoff vor sich geht, also mit der Atmung zusammenhängen muss (ein Oxydationsprozess ist), dass ferner die Säureabnahme am Tage ebenfalls an das Vorhandensein von Sauerstoff, aber auch an das des Lichts geknüpft ist.

Weiter ausgebaut wurden diese Ergebnisse in der bekannten Abhandlung über den Stoffwechsel der Crassulaceen (96). Hier sind die wesentlichen Punkte dieses interessanten Stoffwechselprozesses völlig klar gelegt. So wird vor allem der Nachweis geführt, dass die nächtliche Vermehrung der Säure (Apfelsäure) durch Oxydation von Kohlenhydraten, die im täglichen Assimilationsprozess gebildet wurden, zustande kommt. Ein Teil dieser Säure ist an Kalk gebunden, ein Teil bleibt frei und schwindet am Tage unter dem Einfluss des Lichts und unter Mitwirkung des Chlorophylls. Es entsteht daraus Kohlenhydrat. Auf welchem Wege, das lässt zwar Kraus noch offen, doch hält er die uns jetzt geläufige Deutung, dass die Apfelsäure zuerst zu Kohlensäure oxydiert wird, die die Pflanze dann assimiliert, für die wahrscheinlichste.

Zahlreiche andere Teilgebiete der Stoffwechselphysiologie hat Kraus durch bedeutsame Untersuchungen gefördert. Wir gedenken hier zunächst einer seiner Erstlingsarbeiten über den Einfluss von Licht und Wärme auf die Stärkeerzeugung im Chlorophyll (13), in welcher u. a. gezeigt wird, dass die mikroskopisch nachweisbare Bildung von Stärke in entstärkten Chlorophyllkörpern schon sehr bald nach der Beleuchtung einsetzt, bei Spirogyra im Sonnenlicht schon nach 5 Minuten. Ferner nennen wir die Untersuchungen über das Inulin (39, 43, 50, 130), in denen der Nachweis geführt wird, dass dieser Körper in seinem Vorkommen nicht auf die Kompositen beschränkt ist, sondern auch bei den nahe verwandten Campanulaceen, Lobeliaceen, Styliadiaceen und Goodeniaceen, ausserdem aber auch bei den Violaceen auftritt, — die Mitteilung über die ersten quantitativ-chemischen Untersuchungen des Siebröhreninhalts von Cucurbita (88, 94) und über die Veränderungen des Kalkoxalatgehalts in austreibenden Wurzelstöcken und Zweigen (111). Von den grösseren Arbeiten verdienen drei eine ganz besondere Hervorhebung: die über das Chlorophyll (26), die über die Blütenwärme von Arum italicum

[2 Teile (86, 93)] und die Grundlinien einer Physiologie des Gerbstoffs (102).

In jedem Lehrbuch finden wir das Absorptionsspektrum des Chlorophylls mit seinen charakteristischen 7 Absorptionslinien abgebildet, das *Kraus* mit Hilfe des Mikrospektralapparats, den er damit zum ersten Male in der Pflanzenphysiologie anwandte, gewonnen hatte. Die Entdeckung des Entmischungsverfahrens (Durchschütteln der alkoholischen Chlorophylllösung mit Benzol) und der damit geführte Nachweis, dass das Rohchlorophyll aus mindestens zwei Farbstoffen, einem blaugrünen und einem gelben, besteht, datiert schon aus einer etwas früheren Zeit. Bereits in der 1868 mit *Millardet* gemeinsam veröffentlichten Untersuchung über Algenfarbstoffe (9, 10) hat *Kraus* diese Methode angegeben. Prinzipielle Bedeutung dürfen noch zwei in dem Chlorophyllbuch mitgeteilte Tatsachen beanspruchen. Einmal der kürzlich von *Willstaetter* (einem ehemaligen Schüler von *Kraus*) bestätigte Nachweis der Identität des Chlorophylls bei allen grünen Pflanzen, zweitens die Entdeckung, dass im lebenden Blatt die Absorptionsstreifen des Chlorophylls nach dem schwächer brechbaren Teile des Spektrums verschoben sind. Auf Grund verschiedener Versuche vertritt *Kraus* die Meinung, dass dies mit der grösseren Dichtigkeit des Mediums, in welches der Farbstoff im Blatte eingelagert ist, zusammenhängt, und äussert den interessanten Gedanken, dass damit vielleicht ein Mittel gegeben wäre, die Dichtigkeit der protoplasmatischen Grundlage der Chlorophyllkörper zu bestimmen. Die heute vielfach vertretene Auffassung, die Verschiebung der Absorptionsstreifen rühre daher, dass das Chlorophyll im Blatt sich in kolloidaler Lösung befindet, ist zwar eine in ein etwas moderneres Gewand gekleidete Hypothese, bedeutet aber gegenüber dem, was *Kraus* 1872 festgestellt hatte, keinen sehr wesentlichen Fortschritt.

Ebenso bekannt sind die Untersuchungen über die Selbsterwärmung der Kolben von *Arum italicum*. In welchem pflanzenphysiologischen Buche wäre nicht die Beobachtung zitiert, dass die *Arum*-Kolben durch die in ihrem Stoffwechsel produzierte Wärme ihre Eigentemperatur um nahezu  $36^{\circ}$  über die der Umgebung erhöhen können? Aber nicht allein und nicht in erster Linie in der Konstatierung dieser in quantitativer Beziehung einzig dastehenden Tatsache besteht die Bedeutung der Untersuchungen. *Kraus* hat den Verlauf der Erwärmung während des Aufblühens, der sich als eine eingipfelige, am Nachmittag ansteigende und in der folgenden Nacht wieder abfallende Kurve darstellt, eingehend verfolgt und gezeigt,



dass der Prozess hauptsächlich im Kolben selbst lokalisiert ist. Er hat ferner gezeigt, dass während der Erwärmungsperiode eine enorm gesteigerte Transpiration stattfindet, so dass die abgegebene Wassermenge an Gewicht das der Keule übertrifft, ferner dass innerhalb der kurzen Zeit die Trockensubstanz der Keule eine Verminderung um 75% erfahren kann. Letztere Tatsache steht ganz ohne Analogon da. Der wegen seiner verhältnismässig starken Atmung (um eine solche handelt es sich auch beim Arum-Kolben) bekannte keimende Weizen verliert pro Tag nur 1,2% an Trockensubstanz, also den 62. Teil der Menge, die Arum einbüsst. Die chemische Untersuchung der Kolben vor und nach der Erwärmung führte zu dem wichtigen Ergebnis, dass Stärke und Zucker völlig schwinden, Eiweiss, Amidé und Aschesubstanzen in ihrer Menge gleichbleiben, während die Säuren während der Erwärmung ein wenig zunehmen. Für die Theorie der Atmung war dieses Resultat ausserordentlich wichtig, denn es zeigt, dass die damals verbreitete Annahme, der primäre Prozess bei der Atmung sei eine Eiweisspaltung, zum mindesten nicht allgemein gültig und nicht notwendig ist. In der Arum-Keule liefern ausschliesslich Kohlenhydrate das Atmungsmaterial, die N-haltigen organischen Stoffe bleiben unangetastet. Die biologische Deutung, die Kraus der Erscheinung gibt, ist bekanntlich die, dass durch die Erwärmung die die Bestäubung besorgenden Insekten angelockt werden.

Ein immer wiederkehrendes Kennzeichen der physiologischen Arbeiten von Kraus ist, dass er die Naturvorgänge vor allem quantitativ zu erforschen strebt. Dass er dadurch zu sehr wichtigen Resultaten und Fragestellungen gekommen ist, geht aus dem Gesagten bereits hervor. Es trifft auch für die Untersuchungen über den Gerbstoff (91, 102) zu, über dessen Verhalten in der Pflanze nur exakte quantitative Methoden genaueren Aufschluss geben konnten. Obwohl am Licht in den Blättern erzeugt, darf der Gerbstoff doch nicht als direktes Produkt der Kohlensäureassimilation angesprochen werden. Ähnlich den Kohlenhydraten wandert er aus den Blättern aus und wird in Rinde, Mark und Holzkörper abgelagert, doch wird er nicht wieder in den Stoffwechsel gerissen. Der Gerbstoff ist also ein Endprodukt des Stoffwechsels, das weder beim Austreiben der Rhizome noch beim Keimen der Samen oder Reifen der Früchte von der Pflanze zum Aufbau organischer Substanz verwendet wird.

Wir müssen es uns versagen, auf die übrigen pflanzenphysiologischen Untersuchungen von Kraus einzugehen. Sie betreffen namentlich das Wachstum und seine Abhängigkeit von gewissen

Aussenbedingungen [Über die Ursachen der Formänderungen etio-lierender Pflanzen 1869 (14); Über Alter und Wachstumsverhältnisse ostgrönländischer Holzgewächse 1873 (37); Über das tägliche Wachstum der Früchte 1883 (87); Das Längenwachstum der Bambusrohre 1895 (109); Einiges über das Dickenwachstum der Palmenstämme in den Tropen 1899 und 1911 (113, 133)], ferner die winterliche Färbung grüner Pflanzenteile 1874 (38), die Lebensdauer immergrüner Blätter 1880 (63) u. a.

Unter den historisch-botanischen Arbeiten von *Gregor Kraus* ist an allererster Stelle zu nennen die Geschichte des botanischen Gartens zu Halle [1. Heft 1888 (101), 2. Heft 1894 (106)]. Wenn das viel missbrauchte Wort „klassisch“ für eine Arbeit überhaupt angewendet werden darf, so ist es hier sicher am Platze, und zwar in einem doppelten Sinn. Nicht nur, dass es in der ganzen botanischen Literatur kein ähnliches Werk gibt, das diesem an die Seite gestellt werden könnte; die Art der Verarbeitung des enormen urkundlichen Materials beweist zugleich den feinen historischen Spürsinn des Verfassers, nicht weniger aber seine gründliche klassische Bildung. Den Inhalt des Buches mit wenigen Worten zu kennzeichnen, ist nicht möglich. Wer ihn kennen lernen will, muss es lesen; er wird es nicht aus der Hand legen, ohne an der reizvollen, anziehend geschriebenen Darstellung reine Freude gehabt zu haben. Freude wird auch jeder Botaniker empfinden, wenn er aus *Kraus'* Schilderung ersieht, dass die über alle Massen traurigen Zustände, in denen sich die botanischen Gärten und die botanische Wissenschaft noch vor wenig mehr als 100 Jahren befanden, nun endgültig vorüber sind. Der Titel des Werkes ist eigentlich zu eng gefasst, denn es beschränkt sich keineswegs ausschliesslich auf den Hallischen botanischen Garten. Was z. B. über die Geschichte des botanischen Unterrichts, über den allmählichen Sieg der einst so verspotteten „botanophili“ über die trockene, an Äusserlichkeiten haftende Floristik, über die Einführung mikroskopischer Demonstrationen durch *Christian Woff* usw. mitgeteilt wird, ist von allgemeinstem Interesse. Ganz besonders trifft das auch zu für den letzten Teil des 2. Bandes, die Geschichte der Bevölkerung der botanischen Gärten (vgl. auch 104). Für diese auf ein mühsames Studium namentlich der alten Pflanzenverzeichnisse der botanischen Gärten gegründete Untersuchung lagen keinerlei Vorarbeiten vor. Sie wird für alle Zeit die Grundlage für eine spezielle Geschichte der Pflanzeneinführungen in Europa bilden, die noch ihres Bearbeiters barrt. Wir erfahren durch *Kraus*, wie

zuerst, gegen die Mitte und das Ende des 16. Jahrhunderts, orientalische Pflanzen, vor allem die Zwiebelgewächse (Tulpen, Hyazinthen usw.) in den Gärten Europas Eingang fanden, wie die kanadisch-virginischen Stauden zu Anfang des 17. Jahrhunderts von Paris aus, etwas später die Kapppflanzen (Euphorbien, Mesembryanthemum, Stapelien, Pelargonien usw.) namentlich von den berühmten Gärten in Leyden und Amsterdam aus ihre Wanderung durch Europa antraten. Mit der Einführung tropischer, nicht winterharter Gewächse erwuchs die Notwendigkeit, diese zu überwintern, und so entstanden die Gewächshäuser (Kalthäuser), deren erstes deutsches in Altdorf 1656 erbaut wurde. Es folgt die Einführung der nordamerikanischen Gehölze, z. B. Juglans- und Acerarten, Pavia, die um die Mitte des 18. Jahrhunderts ihren Höhepunkt erreicht, und die der zahlreichen neuholländischen Pflanzen (Casuarina, Myrtaceen, Proteaceen u. a.), die als erster *Banks* 1771 nach England brachte. Die Kultur von Tropenpflanzen, deren Überwinterung nur in Warmhäusern möglich ist, gehört erst der neuesten Zeit an.

Die übrigen geschichtlichen Studien von *Kraus* sind geringeren Umfangs. In der Rektoratsrede [12. Juli 1891 (105)] behandelt er die botanische Tätigkeit des Hallischen Philosophen *Christian Wolff*, dessen Verdienste um den botanischen Unterricht er bereits im ersten Heft der Geschichte des Botanischen Gartens gedacht hatte. Eine andere öffentliche Rede von *Gr. Kraus*, die uns besonders nahe liegt, behandelt ebenfalls ein historisches Thema. Als im Jahre 1899 unsere Gesellschaft die Feier ihres 50jährigen Bestehens beging, bekleidete *Kraus* das Amt des Vorstands. Mit lebendigen Worten hat er in der am 8. Dezember stattgefundenen Festsitzung ein Bild von den ersten Jugendjahren der physikalisch-medizinischen Gesellschaft entworfen. — Von den unter dem Gesamttitel „Aus der Pflanzenwelt Unterfrankens“ erschienenen elf Abhandlungen (1902—1910) sind zwei historischen Inhalts. Die erste, betitelt „*Johann Michael Fehr* und die Grettstadter Wiesen“ (117), ist ein Beitrag zur Geschichte der Floristik dieses an interessanten Pflanzen überreichen Gebiets und enthält den Abdruck der von *Kraus* wiederentdeckten, fälschlicherweise als „*Tempe Grettstadtiense*“ bezeichneten *Florula svinfurtensis* von *J. M. Fehr* (1666). Die andere (131, Nr. 4) enthält geschichtliche Notizen über das Rosenherbar des ehemaligen Würzburger Professors *Ambrosius Rau*. Mit der Würzburger Rosenflora und ihrer Geschichte hat sich *Kraus* bis in die letzten Tage seines Lebens beschäftigt. Er plante eine grössere fünfteilige Abhandlung mit den Untertiteln: Geschichte

der Würzburger Rosenflora — Revision der noch in Würzburg vorhandenen *Rauschen* Originale — Einige Bemerkungen zu *Rosa aciphylla* und Verwandte — Die von mir bis jetzt festgestellten Rosenformen und ihre Standorte — Wilde Rosen in Kultur. Leider liegt nur ein geringer Teil davon abgeschlossen vor.

Die letzte historische Publikation von *Kraus*, zugleich die letzte Arbeit, die er zu Lebzeiten veröffentlicht hat, ist die kleine, fesselnd geschriebene Skizze „Hundert Jahre Würzburger Botanik“, die anlässlich der Feier der hundertjährigen Zugehörigkeit Würzburgs zu Bayern 1914 erschien (136).

Wir wenden uns zum Schlusse den pflanzengeographischen Forschungen von *Kraus* zu. Bei aller Sachlichkeit und wissenschaftlichen Strenge, die diese Schriften — wie alles, was *Kraus* veröffentlicht hat — auszeichnet, lassen sie doch erkennen, dass ihr Verfasser sie mit besonderer Liebe geschrieben hat. Liebe zu den Pflanzen und Freude an den landschaftlichen Schönheiten der Natur sprechen hier überall zwischen den Zeilen. Man lese nur die kleine Schilderung der Fels- und Geröllehne des Wellenkalkgebiets (131), um das bestätigt zu finden. Die Gewöhnung an die exakte Arbeitsweise des Physiologen hatte *Kraus* die naive Entdeckerfreude nicht zu rauben vermocht, die der Florist empfindet, wenn er einer seltenen Pflanze zum ersten Male habhaft wird. *Kraus* hat zwei solcher glücklichen Funde gemacht: von *Vicia Orobus*, die bisher in Deutschland nur von einer einzigen Stelle, vom Wintersberg bei Orb<sup>1)</sup>, bekannt war, hat er einen neuen Standort entdeckt (114, 116), ebenso von der in Süddeutschland bisher unbekanntem *Lactuca quercina* (118, 131). Beide Pflanzen haben ein besonderes Interesse. Die erstere wegen ihrer eigentümlichen, von *Kraus* entdeckten Heterotrichie; der Fundort der *Lactuca* gibt uns einen wichtigen Anhaltspunkt über den Wanderungsweg dieser namentlich im Elbgebiet vorkommenden pontischen Pflanze.

Bei der Anhänglichkeit, die *Kraus* seinem fast Jahr für Jahr von ihm aufgesuchten Heimort bis ins hohe Alter bewahrt hat, bedarf es keiner besonderen Motivierung, dass er eine Flora des Orbtals geschrieben hat [1910 (132)]. Die Vorarbeiten dazu reichen bis in seine Schülerjahre zurück.

Die zweifellos bedeutendste Leistung seiner Würzburger For-

<sup>1)</sup> Der Fundort in Nordschleswig gehört zum skandinavischen Verbreitungsgebiet der Pflanze.

schertätigkeit sind aber die Studien über Boden und Klima auf dem Wellenkalk und ihre Bedeutung für die Gestaltung der Flora. Mehrere Vorarbeiten von ihm selbst und von seinen Schülern (vgl. 118, 120, 121, 127, 129, 131) legten den Grund zu dem originellen und für die Standortlehre grundlegenden Werke „Boden und Klima auf kleinstem Raum. Versuch einer exakten Behandlung des Standorts auf dem Wellenkalk“ [1911 (134)]. Was wusste man bisher von den Faktoren, die es bedingen, dass die Kalkflora ein so charakteristisches Gepräge hat? Es war herzlich wenig. Der Widerstreit der Theorien, die die chemische Beschaffenheit des Bodens in erster Linie verantwortlich machen, und derer, die die physikalischen Bedingungen vor allem zur Erklärung heranziehen, war noch nicht zum Austrag gebracht. Viele Pflanzengeographen neigten wohl der letzteren Meinung zu, sie erschöpften sich aber grösstenteils in Abwägungen und Betrachtungen, eine exakte Einzeluntersuchung hatte bisher niemand vorgenommen. An diesem Punkte setzte *Kraus* ein. Er zeigte zunächst, dass der Karbonatgehalt des Bodens nicht das Massgebende sein kann. Aus seinen überaus zahlreichen Analysen ergab sich, dass keine der sogenannten Kalkpflanzen auf einen Boden von bestimmtem Karbonatgehalt angewiesen ist. Wenn auch ganz im allgemeinen gewisse Pflanzen auf einem hochprozentigen, andere vorzugsweise auf einem niedrigprozentigen Boden vorkommen, so gibt es doch ganz zweifellos typische Vertreter der sog. Kalkflora, die unter Umständen auf völlig kalkfreiem Boden üppig gedeihen (z. B. *Pulsatilla vulgaris*, *Hippocrepis comosa*, *Anemone silvestris*). Weist schon diese letztere Tatsache darauf hin, dass der Kalkgehalt nicht das Ausschlaggebende ist, so enthält auch der erstere Umstand (die Bevorzugung hoher Kalkprocente durch einige, die geringer durch andere Pflanzen) nicht den Beweis, dass diese des Kalkes wegen so verteilt sind. Denn parallel mit hohem und niederem Karbonatgehalt ist gewöhnlich auch die physikalische Beschaffenheit des Bodens (Bodenstruktur) eine andere, die an sich natürlich mit der chemischen Natur nichts zu tun zu haben braucht. Das führte *Kraus* dazu, diese Bodenstruktur einer näheren Untersuchung zu unterziehen. Er bestimmte den Gehalt an Feinerde und an „Skelett“ (Körnung) an den verschiedensten Stellen seines Arbeitsgebiets, des weiteren den Wassergehalt bei verschiedener Witterung, die Wasseraufnahmefähigkeit, die Temperatur in verschiedenen Bodentiefen, in der Luft direkt über und in grösseren Höhen über dem Boden, die Luftfeuchtigkeit und die Windverhältnisse. Da ergab sich zunächst,

dass Wellenkalk und Wellenkalk als Boden durchaus nicht das gleiche ist; auf kleinstem Raum zeigten sich die grössten Verschiedenheiten, jedes Bodenfleckenchen fast hat sein besonderes Klima. Und weiter: die einzelnen Faktoren stehen in enger Beziehung zueinander. Böden mit hohem Skelettgehalt sind trockener — daher hier der ganz besonders ausgesprochene Xerophytismus —, sie erwärmen sich schneller und höher als solche, die reich an Feinerde sind, und damit wieder hängt es zusammen, dass in den unteren, solchen stark erwärmten Böden direkt auflagernden Luftschichten die Temperatur tagsüber viel höher zu sein pflegt, als die „allgemeine“, etwa in 2–3 m über dem Boden gemessene Lufttemperatur. Nichts zeigt deutlicher die Verkehrtheit der bisher in der ökologischen Pflanzengeographie gepflogenen Praxis, allein diese „allgemeine“ Lufttemperatur in Betracht zu ziehen, als der Umstand, dass die Bodentemperatur in 2 cm Tiefe schon im April die „allgemeine“ Lufttemperatur um 15° übertreffen kann, und dass Unterschiede von 10° zwischen der Temperatur der unteren Luftschichten und der „allgemeinen“ Lufttemperatur nichts Seltenes sind. Ist doch gerade für die Wellenkalkpflanzen Zwergwuchs und Polsterbildung eine typische Erscheinung.

So ist es in letzter Linie die morphologische Beschaffenheit des Kalkbodens, welche darüber entscheidet, ob die Bewohner extreme Xerophyten sind oder mehr dem mesophytischen Typus zuneigen. „Es gibt gewiss so viele Bodenstrukturen, als da Pflanzenformen wohnen“ (129, S. 24). Ein sehr instruktives Beispiel zeigt den ausschlaggebenden Einfluss des Skelettgehalts. Es ist die Verbreitung der Pulsatilla. Sie bevorzugt auf dem Wellenkalk die Fels- und Schotterlehne, wo der Kalkgehalt ein sehr hoher ist, kommt aber auch auf dem kalkfreien Buntsandstein der Leite vor. Obgleich also chemisch extrem verschieden, gleichen sich diese Böden nach Skelett, Wassergehalt, Temperatur (des Bodens selbst und der umgebenden Luft) völlig. Nur zwei Schritte davon entfernt, im Waldboden, kommt keine Pulsatilla vor; hier ist auch die Struktur eine völlig andere.

Eine besondere Bedeutung für die Flora des Wellenkalks beansprucht schliesslich der Wind. Dass der Wind die Gestaltung der Pflanzen beeinflusst, ist lange bekannt. Kraus hat aber auch hier zum ersten Male das Ergebnis umfassender quantitativer Untersuchungen auf die Form und Verteilung der Pflanzen angewandt. Was die Tatsache, dass der Wind unmittelbar am Boden am schwächsten ist und

mit jedem Zentimeter Erhebung an Stärke zunimmt, bedeutet, wenn man sie mit dem verbreiteten Nanismus der Wellenkalkpflanzen zusammenhält, mag hier nur angedeutet sein. Von nicht geringerer Wichtigkeit ist die Konstatierung, dass jede auch noch so kleine Bodenerhebung auf die Windverhältnisse entscheidenden Einfluss hat, und dass vom Plateaurande gegen innen hin die Windstärke regelmässig abnimmt. Ist doch gerade am Rande der Wellenkalkberge die Xerophilie ihrer Bewohner am stärksten.

Es wird noch jahrzehntelanger Arbeit bedürfen, bis wir die Wirkung der Standortsfaktoren auf die verschiedenartigen Lebensvorgänge in allen Einzelheiten werden beurteilen können. Hierfür die Wege gewiesen zu haben, ist aber das bleibende Verdienst von *Gregor Kraus*.

Die Schriften von *Gregor Kraus* zeichnen sich durch Prägnanz der Fragestellung ebenso aus wie durch Kürze und Knappheit des Ausdrucks. Jeder Weitschweifigkeit war er abhold. Er liebte es nicht, zu theoretisieren und weitgehende Hypothesen aufzustellen, sondern begnügte sich mit der Mitteilung dessen, was er exakt beweisen und zahlenmässig darstellen konnte. Darin liegt der unvergängliche Wert seines wissenschaftlichen Lebenswerks. Der Inhalt seiner Leistungen ist aber mit dem, was er selbst geschrieben hat, nicht erschöpft. Die Anregungen, die er in seiner Zeit der wissenschaftlichen Forschung gegeben hat, werden auch nach seiner Zeit fruchtbringend weiterwirken.

### Anhang.

#### Schriften von *Gregor Kraus*.

1. Mikroskopische Untersuchungen über den Bau lebender und fossiler Nadelhölzer. Würzburger Naturwissenschaftl. Zeitschr., Bd. 5, 144—200, 1864.
2. Über einige bayerische Tertiärhölzer. Ebenda, Bd. 6, 45—48, 1866.
3. Über den Bau der Cycadeenfiedern. *Pringsheims* Jahrbücher für wiss. Botanik, Bd. 4, 305—348, 1865.
4. Über den Bau trockener Pericarprien. Inauguraldissertation (philosophische Fakultät Würzburg). *Pringsheims* Jahrbücher f. wiss. Botanik, Bd. 5, 83 bis 126, 1866.
5. Einige Bemerkungen über die verkieselten Stämme des fränkischen Keupers. Würzb. Naturw. Zeitschr., Bd. 6, 64—69, 1866.
6. Zur Kenntnis der Araucarien des Rothliegenden und der Steinkohlenformation. Ebenda, Bd. 6, 70—73, 1866.

7. Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen. Habilitationsschrift (Würzburg), Botanische Zeitung 1867, 40 S.
8. Über einige nähere Bedingungen der Stärkebildung der Pflanzen. Verh. d. phys.-med. Ges. Würzburg, 23. Nov. 1867, 1 S.
9. Mit A. Millardet: Sur le pigment des Phycocromacées et des Diatomées. Bull. de la Société des Sciences naturelles de Strasbourg. 1. Jahrg., S. 22—25, 1868.
10. Mit A. Millardet: Etudes sur la matière colorante des Phycocromacées et des Diatomées. Mém. de la Soc. des scienc. nat. de Strasbourg, Vol. VI, 1868, 12 S., 4°.
11. Über Stärkebildung der Pflanzen bei niederen Temperaturen. Sitzungsber. d. phys.-med. Ges. Würzburg, 6 Juni 1868.
12. Über Etiollement. Ebenda, 18. Juli 1868.
13. Einige Beobachtungen über den Einfluss des Lichts und der Wärme auf die Stärkeerzeugung im Chlorophyll. *Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 7, 511—531, 1869.
14. Über die Ursachen der Formänderungen etiolierender Pflanzen. Programm zum Eintritt in den Senat der Universität Erlangen. *Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 7, 209—260, 1869.
15. Die Entstehung der Farbstoffkörper in den Beeren von *Solanum Pseudocapsicum*. Ebenda, Bd. 8, 131—147, 1872. (Manuskript abgeschlossen 2. Jan. 1869.)
16. Die Pflanze und das Wasser. Vortrag geh. zu Erlangen am 2. März 1870.
17. Über eigentümliche Sphärokristalle in der Epidermis von *Cocculus laurifolius*. Sitzungsber. d. physikal.-med. Societät Erlangen 14. Nov. 1870, 1 S.
18. Über eigentümliche Sphärokristalle i. d. Epid. v. *Cocculus laurifol.* *Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. 8, S. 421—426, 1870. Mit einer Nachschrift: Über Eiweisskristalle in der Epidermis von *Polypodium ircoides* Lam. Ebenda S. 426—428.
19. Vortrag über Geotropismus (ohne Titel und Erscheinungsort), gehalten in Erlangen 1870, 19 S.
20. Über den Aufbau wickeliger Verzweigungen, besonders der Infloreszenzen. Sitzungsber. d. physikal.-med. Societät Erlangen 5. Dezember 1870. 4 S.
21. Über Mikrospektralapparate und ihre Anwendung. Ebenda 13. März 1871, 2 S.
22. Über die Bestandteile des Chlorophyllfarbstoffs und ihre Verwandten. Ebenda 7. Juni 1871, 7 S.
23. Weitere Mitteilungen über den Chlorophyllfarbstoff. Ebenda 10. Juli 1871, 3 S.
24. Einige Beobachtungen über die winterliche Färbung immergrüner Gewächse. Ebenda 19. Dez. 1871, 4 S.
25. Über das nächtliche Verhalten der Rindenspannung unserer Bäume. Botan. Zeitung 1871, S. 363—71.
26. Zur Kenntnis der Chlorophyllfarbstoffe und ihrer Verwandten. Spektralanalytische Untersuchungen. Stuttgart, Schweizerbart 1872, 131 S.
27. Über die Abstammung der auf der II. deutschen Nordpolexpedition gesammelten Treibhölzer. Sitzungsber. d. physikal.-med. Societät Erlangen 12. Febr. 1872, 3 S.
28. Treibhölzer. Zweite deutsche Nordpolfahrt, Bd. 2, 97—132, 1872.



## Inhalt des XLIV. Bandes.

---

	Seite
<i>Emmert, Bruno</i> : Gedächtnisrede auf Ludwig Medicus, gehalten am 9. Dezember 1915. Mit 1 Porträt . . . . .	131
<i>Klughardt, Adolf</i> : Die Lagerungsverhältnisse des Buntsandsteins und der übrigen Triasschichten bei Thüngersheim. Mit 7 Abbildungen, 3 Profilen und einer geol. Karte im Masestab 1:12500 . . . . .	1
<i>Kniep, H.</i> : Über rhythmische Lebensvorgänge bei den Pflanzen. Ein Sammelreferat . . . . .	107
<i>Kniep, H.</i> : Gedächtnisrede auf Gregor Kraus, gehalten am 31. Mai 1916. Mit 1 Porträt . . . . .	173
<i>Krazer, Adolf</i> : Zum Gedächtnis an Friedrich Prym. Mit 1 Porträt . . . . .	167
<i>Spemann, H.</i> : Gedächtnisrede auf Theodor Boveri, gehalten am 3. Februar 1916. Mit 1 Porträt . . . . .	141

---





Alle Rechte vorbehalten.