

# Klufftektonische Untersuchungen in der nördlichen Frankenalb

von

BERNHARD WELLHOFER

1929

NATURHISTORISCHE GESELLSCHAFT NÜRNBERG



## INHALTSVERZEICHNIS.

I. Einleitung . . . . .	5
II. Literaturverzeichnis . . . . .	6
III. Grenzen des Untersuchungsgebietes und morphologische Übersicht . . . . .	9
IV. Kurzer Überblick über die Formationen des Gebietes:	
1. Der Keuper . . . . .	9
2. Der Jura . . . . .	10
3. Die Kreide . . . . .	12
V. Kurzer Überblick über die tektonischen Verhältnisse der nördlichen Frankenalb:	
Die Verwerfungen . . . . .	12
VI. Einige Bemerkungen zur Arbeitsmethode . . . . .	14
VII. Die Kluftrichtungen:	
a) Die Kluftrichtungen im Burgsandstein . . . . .	15
b) Die Kluftrichtungen im Rhät . . . . .	18
c) Die Kluftrichtungen im Posidonienschiefer . . . . .	21
d) Die Kluftrichtungen im Doggersandstein . . . . .	21
e) Die Kluftrichtungen im Malm:	
A) Die Kluftrichtungen in der gebankten Fazies des Malm . . . . .	24
B) Die Kluftrichtungen in der massigen Fazies des Malm . . . . .	28
f) Die Kluftrichtungen in der Kreide . . . . .	31
VIII. Das Alter der Klüfte . . . . .	31
IX. Die Übersichtskarte . . . . .	36

---



## I. Einleitung.

---

In den letzten Jahren hat sich die Messung und Kartierung der gemeinen Klüfte zu einem wertvollen Hilfsmittel der Tektonik entwickelt. Sie umfaßt in gleicher Weise sowohl die Eruptivgesteine wie auch die kristallinen Schiefer und die Sedimentgesteine. Die Untersuchungen in letzteren beschränkten sich jedoch bisher – von einigen Ausnahmen abgesehen – auf tektonisch stark gestörte, aber in dieser Hinsicht schon ziemlich genau kartierte Gebiete, wobei die Klufftektonik vor allem zur Lösung bestimmter Probleme beitragen sollte. Ich denke hier besonders an die Arbeiten S a l o m o n s und seiner Schüler.

---

## II. Literaturverzeichnis.

- BRAND, H.: Die Kupfererzlagerstätte bei Kupferberg in Oberfranken mit besonderer Berücksichtigung ihrer Beziehungen zur Münchberger Gneismasse. I. Bericht über die Voruntersuchungen in den Jahren 1918—1920. Geogn. Jahreshfte. 34. Jahrg. 1921. München 1922.
- BRUNHUBER, A.: Die geologischen Verhältnisse von Regensburg und Umgebung. Regensburg 1917.
- BUBNOFF, S. v.: Studien im südwestdeutschen Grundgebirge. I Die tektonische Stellung des Triberger Granitmassives. II. Die tektonische Stellung des Böllsteiner Odenwaldes und des Vorspessarts. Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. LV. Beil. Bd. Abt. B. Stuttgart 1926.
- CLOOS, H.: Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge. Braunschweig 1921.
- CZUBER, E.: Die statistischen Forschungsmethoden. Wien 1921.
- DAHLGRUEN, F.: Tektonische, insbesondere kimmerische Vorgänge im mittleren Leinegebiete. Jahrb. der Preuß. Geol. Landesanstalt zu Berlin für das Jahr 1921. Band XLII. Berlin 1922.
- DAUBRÉE, A.: Synthetische Studien zur Experimentalgeologie. Autor. deutsche Ausgabe von A. Gurlt. Braunschweig 1880.
- DORN, Paul : Die Lagerungsverhältnisse des Hetzlasgebirges Erlanger Heimatbuch 1925. Erlangen 1925.
- DORN, Paul : Geologie des Wendelsteiner Höhenzuges bei Nürnberg. Zeitschr. d. Deutschen Geologischen Ges. Bd. 78. 1926. Abh.
- DORN, Paul : Geologischer Exkursionsführer durch die nördliche Frankenalb und einige angrenzende Gebiete. Nürnberg 1928.
- EBERT, A.: Beiträge zur analytischen Tektonik mit einem Beispiel aus dem östlichen Deister. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. 75. Bd. 1923. Abh.
- FOEPPL, A.: Ueber die Abhängigkeit der Bruchgefahr von der Art des Spannungszustandes. Centralblatt der Bauverwaltung. XIX. Jahrg. Berlin 1899.
- FOEPPL, A.: Ueber die Abhängigkeit der Bruchgefahr von der Art des Spannungszustandes. Centralbl. der Bauverwaltung XX. Jahrg. Berlin 1900.
- FOEPPL, A.: Abhängigkeit des Bruches von der Art des Spannungszustandes. Mitteilungen aus dem Mechanisch-Technischen Laboratorium der Technischen Hochschule in München Bd. 27. München 1900.
- GUEMBEL, C. W. v.: Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Bamberg (Nr. XII) der geognostischen Karte des Königreiches Bayern. Cassel 1887.
- GUEMBEL, C. W. v.: Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb (Frankenjura) mit dem anstoßenden fränkischen Keupergebiete. Kassel 1891.
- GUEMBEL, C. W. v.: Geologie von Bayern 2. Bd. Geologische Beschreibung von Bayern. Cassel 1894.
- HERMANN, R.: Die östliche Randverwerfung des Fränkischen Jura. Ein neuer Beitrag zur Kenntnis ihres Verlaufes und ihres Alters. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. 60. Bd. 1908. Berlin 1908. Abh.
- JAKUBOWSKJ, K.: Untersuchungen im Gebiet des Bodenwöhrer Beckens. Inaug.-Diss. Göttingen 1921. (Manuskript.)

- KÁRMÁN, Th. v.: Festigkeit. Handwörterbuch der Naturwissenschaften Bd. 3. Jena 1913.
- KLUEPFEL, W.: Zur geologischen und paläogeographischen Geschichte von Oberpfalz und Regensburg, zugleich von den Grundlagen ihrer Eisen- und Braunkohlenindustrie. Abh. der Gießener Hochschulgesellschaft III. Gießen 1923.
- KLUEPFEL, W.: Zur Gliederung der Amberger Kreide. Ein ergänzender Nachtrag. Gießen o. J. Verlag Töpelmann.
- KLUEPFEL, W.: Ueber Reliefmorphogenie und zyklische Landschaftsgenerationen. Geol. Rundschau Bd. XVII. Leipzig 1926.
- KOEHNE, W. und SCHULZ, F. C.: Ueber die Basaltvorkommnisse bei Heiligenstadt in Oberfranken nebst Bemerkungen über die Tektonik im nördlichen Frankenjura. Centralbl. f. Min., Geol. u. Pal. Jahrgang 1906. Stuttgart 1906.
- KOHLER, E.: Die Amberger Erzlagerstätten. Geogn. Jahresh. 15. Jahrg. 1902. München 1903.
- KRANZ, W.: Die Ueberschiebung bei Straubing. Geogn. Jahresh. 25. Jahrg. 1912. München 1913.
- KRUMBECK, L.: Einige geologische Beobachtungen im Bodenwöhrer Becken. Sitz.-Ber. d. Phys.-Med. Soz. in Erlangen 46. Bd. 1914.
- LEHMANN, G.: Die Gesteinsklüfte des östlichen Harzvorlandes. Geol. Arch. Bd. I. 1923.
- LEHNER, L.: Die Gliederung der fränkischen albüberdeckenden Kreide. Centralbl. f. Min., Geol. und Pal. Jahrgang 1924. Stuttgart 1924.
- NEISCHL, A.: Die Höhlen der fränkischen Schweiz und ihre Bedeutung für die Entstehung der dortigen Täler. Inaug.-Diss. Erlangen 1908.
- PANZER, W.: Talrichtung und Gesteinsklüfte. Petermanns Mitt. 69. Jahrgang 1923.
- PFANNENSTIEL, M.: Vergleichende Untersuchung der Grund- und Deckgebirgsklüfte im südlichen Odenwald. Ber. d. Naturf. Ges. zu Freiburg i. Br. Bd. XXVII. Naumburg a. S. 1927.
- PICARD, L.: Die fränkische Alb von Weißenburg i. B. und Umgebung. Inaug.-Diss. Freiburg i. Br. 1923.
- POMPECKJ, J. F.: Die Juraablagerungen zwischen Regensburg und Regensburg (ein Beitrag zur Kenntnis der Ostgrenze des Fränkischen Jura). Geogn. Jahresh. 14. Jahrg. 1901. München 1901.
- RINNE, F.: Beitrag zur Kenntnis der Umformung von Kalkspatkrystallen und von Marmor unter allseitigem Druck. Neues Jahresb. f. Min., Geol. und Pal. Jahrg. 1903. I. Bd. Stuttgart 1903.
- RINNE, F.: Vergleichende Untersuchungen über die Methoden zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Gesteinen. Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. Jahrg. 1907 I. Bd. und Jahrg. 1909 II. Bd.
- ROEHRER, F.: Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz im nördlichen Schwarzwald und dem südlichen Kraichgau. Jahresber. und Mitt. des Oberrh. Geol. Ver. N. F. Bd. VI. Jahrg. 1916 Heft 1 und N. F. Bd. XI. Jahrg. 1922.
- ROTHPLETZ, A.: Die ostbayerische Ueberschiebung und die Tiefbohrungen bei Straubing. Sitzungsber. der Kgl. Bayr. Akad. der Wiss. Math.-Phys. Kl. Jahrg. 1911. München 1911.
- ROTHPLETZ, A.: Die Amberger Erzformation. Zeitschr. für prakt. Geol. 21. Jahrg. 1913. Berlin 1913.
- SALOMON, W.: Die Bedeutung der Messung und Kartierung von gemeinen Klüften und Harnischen mit besonderer Berücksichtigung des Rheintalgrabens. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. 63. Bd. 1911. Berlin 1912.

- SALOMON, W.: Neue Kluff- und Harnischmessungen im südlichen Odenwald. Berichte der Naturforsch. Gesellschaft zu Freiburg i. Br. Bd. XXVII. Naumburg a. S. 1927.
- SCHMIDT, K. G.: Geologie von Neumarkt in der Oberpfalz. Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br. Bd. XXVI. Naumburg a. S. 1926.
- SCHNITTMANN, F. X.: Beiträge zur Stratigraphie der Oberpfalz. Zeitschrift der Deutschen Geol. Ges. 74. Bd. 1922. Abh. Berlin 1923.
- SCHUSTER, M. Abriß der Geologie von Bayern r. d. Rh. in sechs Abteilungen:  
 Abteilung III: Die geologischen Verhältnisse des bayrisch-böhmischen Waldgebirges und der vorgelagerten Schichtenlandschaft. München 1923.  
 Abteilung IV: Geologische Darstellung des schwäbisch-fränkischen Juras, seines triadischen Vorlandes und des südlich angrenzenden Molassegebietes. München 1927.  
 Abteilung V: Der geologische Aufbau des Fichtelgebirges und Oberpfälzer Waldes und der angrenzenden Gebiete. München 1924.
- SEEMANN, R.: Die geologischen Verhältnisse längs der Amberg—Sulzbacher und Auerbach—Pegnitzer Störung. Beitrag zur Entstehung der Amberger Erzlager. Abhandlungen der Naturhistorischen Gesellschaft zu Nürnberg. XXII. Bd. Nürnberg 1925.
- STIELER, K.: Ein Beitrag zum Kapitel Klüfte. Centralbl. f. Min., Geol. und Pal. Jahrg. 1922. Stuttgart 1922.
- STILLE, H.: Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin 1924.
- STILLE, H.: Die saxonischen Brüche. Abhandlungen der Preuß. Geol. Landesanstalt. Neue Folge H. 95. Berlin 1923/25.
- STINY, J.: Gesteinsklüfte und alpine Aufnahmegeologie. Jahrb. d. Geol. Bundesanstalt LXXV. Bd. 1925. Wien 1925.
- STINY, J.: Die Ausführung der Kluffmessung. Der Geologe Nr. 38. Leipzig 1925.
- SUESS, E.: Ueber Zerlegung der gebirgsbildenden Kraft. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien. VI. Bd. 1913. Wien 1913.
- TEICHERT, C.: Die Klufftektonik der cambro-silurischen Schichtentafel Estlands. Geol. Rundschau Bd. XVIII. Berlin 1927.
- THUERACH, H.: Uebersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken im Vergleich zu den benachbarten Gegenden. Geogn. Jahresh. 1. Jahrg. 1888. Cassel 1888. 2. Jahrg. 1889. Cassel 1889.
- VOELKER, I.: Untersuchungen über die Klüfte und Fluidalstrukturen der Porphyre im östlichen Odenwald und im mittleren Schwarzwald. Centralbl. f. Min., Geol. und Pal. Jahrg. 1927. Abt. B. Stuttgart 1927.
- WAGNER, G.: Aus der Geschichte der Altmühl. Fränkische Heimatschriften Nr. 2. Nürnberg 1923.
- WALTHER, J.: Ueber tektonische Druckspalten und Zugspalten. Zeitschrift der Deutschen Geol. Ges. 66. Bd. 1914. Mon.-Ber. Berlin 1914.
- WEBER, M.: Zum Problem der Grabenbildung. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. 73. Bd. 1921. Abh. Berlin 1922.
- WEBER, M.: Bemerkungen zur Bruchtektonik. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. 75. Bd. 1923. Abh. Berlin 1924.
- WEBER, M.: Faltengebirge und Vorlandsbrüche. Centralbl. f. Min., Geol. und Pal. Jahrg. 1927. Abt. B. Stuttgart 1927.
- WURM, A.: Geologie von Bayern 1. Teil. Nordbayern, Fichtelgebirge und Frankenwald. Berlin 1925.



### III. Grenzen des Untersuchungsgebietes und morphologische Übersicht.

Das in vorliegender Arbeit behandelte Gebiet umfaßt den größten Teil der nördlichen Frankenalb. Die Nordgrenze zieht ungefähr von Bamberg über Hollfeld bis gegen Bayreuth, die Ost-, Süd- und Westgrenze sind hydrographisch festgelegt: im Osten wird sie vom Tal der oberen Pegnitz und ihres hauptsächlich Quellbaches, der Fichtenohe, im Westen von der Regnitz und im Süden von der mittleren Pegnitz und der unteren Schwabach einschließlich der südlichen Talgehänge gebildet.

Morphologisch betrachtet stellt das Gebiet einen Ausschnitt aus dem schwäbisch-fränkischen Schichtstufenland dar. Aus dem Tal der Regnitz und der unteren Schwabach steigt als erste Steilstufe der obere Burgsandstein, der auch zusammen mit den darüber liegenden Feuerleiten die Stufenfläche bildet. Aus ihr, bzw. weiter flußabwärts direkt aus dem weiten Regnitztal erhebt sich die zweite Steilstufe, die durch den Rhätsandstein bedingt ist. Die zugehörige Stufenfläche läßt die tonigen und mergeligen Schichten des unteren und mittleren Lias zutage treten. Es ist dies das Gebiet des Albvorlandes, das bandartig die eigentliche Frankenalb umzieht. Eine kleine, oft kaum wahrnehmbare Geländestufe wird von den in den Posidonienschiefen enthaltenen Kalkbänken hervorgerufen. Die aus Tonen und Tonmergeln bestehenden Jurensimergel und der untere Dogger (Opalinuston) bewirken nur einen flachen Anstieg, aus dem steil und mächtig eine neue Stufe aufsteigt. Sie wird in ihren unteren Partien vom Doggersandstein gebildet, wird dann von dem schmalen Band des Ornamentons und der untersten Malmschichten unterbrochen, deren Ton- und Mergelpartien eine kleine, jedoch sehr charakteristische Verebnung geschaffen haben, und setzt darüber seinen Steilanstieg, durch die dicken, harten Werkkalkbänke des Malm  $\beta$  bedingt, fort. Im mittleren Malm wechseln Steilstufen und Verebnungen miteinander ab, doch stets zeigt sich im Bereich der gebankten Fazies des Malm eine flachwellige, fast ebene Hochfläche. Anders sind die morphologischen Verhältnisse im Bereich der massigen Fazies, der Schwammkalke und des Frankendolomits; dort nämlich bildet die Albhochfläche eine überaus wellige und kuppige Landschaft, die dadurch in starkem morphologischen Gegensatz steht zu derjenigen im Gebiete der Bankkalke.

Im Bereich des Weißjura sind die Täler eng und tief eingeschnitten und von steilen Talhängen begleitet. Im Gebiete des Braunen und noch mehr des Schwarzen Jura hingegen, wo die hauptsächlich tonigen und sandigen Schichten im Gegensatz zu den Kalken und dem Dolomit des Malm als weniger widerstandsfähig sich erweisen, werden die Täler breit und die Talhänge steigen sanft an.

### IV. Kurzer Überblick über die Formationen des Gebietes.

#### 1. Der Keuper.

Die tiefste Keuperstufe, die wir in dem von mir bearbeiteten Gebiete antreffen, gehört der oberen Abteilung des mittleren Keupers an. Es ist der obere Burgsandstein, ein bis 30 m mächtiges, grobkörniges, zum Teil Gerölle führendes, weiß- bis rötlichbraunes Gestein, in das mehr oder weniger dicke Tonlagen eingeschaltet sind. In früheren Zeiten wurde der Burgsandstein in zahlreichen

Steinbrüchen zu Bauzwecken gebrochen. Jetzt sind diese ehemaligen Aufschlüsse zum größten Teil zugewachsen. Wie schon oben erwähnt, bildet der Burgsandstein die Talhänge der Schwabach von Erlangen bis ungefähr Weiher bei Dormitz.

Ueber ihm folgen in einer Mächtigkeit von 30 bis 60 m die charakteristischen, karminroten Feuerletten (Zanclodonletten, Knollenmergel). Trotz seines hohen Tongehaltes findet er nur verhältnismäßig selten in Ziegeleien (so bei Bayreuth und Lauf) Verwendung.

Der obere Keuper oder das Rhät wird von einem hellgelben bis weißen, grobkörnigen, durch toniges Bindemittel verkitteten Sandstein gebildet. Seine Mächtigkeit beträgt ungefähr 10 bis 15 m und ist, nach den vielen, in ihm angelegten Steinbrüchen zu schließen, ein sehr beliebter Baustein gewesen. Heute sind jedoch nur noch wenige Aufschlüsse in Betrieb. Die Geologische Landesuntersuchung von Bayern stellt das Rhät nicht mehr zum Keuper, sondern reiht es der Juraformation als unterste Abteilung ein.

## 2. Der Jura.

### a) Der Lias.

Die unterste Zone, die sogenannte Pylonotenzone (Lias  $\alpha_1$ ), die sich aus grauschwarzen Schiefer-tonen, feinkörnigen, dünn-schieferigen Sandsteinen und blaugrauen Kalksandsteinen zusammensetzt, ist in meinem Arbeitsgebiet nicht zur Ausbildung gelangt. Auch die Sandsteine der Angulatenzone (Lias  $\alpha_2$ ) sind nur ganz vereinzelt zur Ablagerung gekommen. So beginnt denn der untere Lias, soweit er für die vorliegende Untersuchung in Betracht kommt, mit dem grobkörnigen, wenig mächtigen (1 bis 2 m) Ariefensandstein (Lias  $\alpha_3$ ). Lias  $\beta$  ist nur stellenweise vorhanden und auch dann nur gering mächtig. Er besteht aus dünnen, zum Teil sandigen Mergelbänken (Raricostaten-Schicht). Darüber folgen blaugraue Schiefertone, gelbgraue Mergelkalke mit Kalk-konkretionen und bräunlichgelbe Kalkmergel mit Mergel-Einlagerungen. Diese Gesteine setzen die Numismalisschicht (Lias  $\gamma$ ) zusammen, die 1 bis 5 m mächtig wird. Der mittlere Lias (Lias  $\gamma$ ) ist vertreten durch die Amaltheenmergel mit *Amaltheus costatus*, die bis 40 m mächtig werden können. Es sind blaugraue, in frischem Zustande schieferige Mergel, die häufig lagenweise angeordnet Toneisensteinknollen, Kalkseptarien und Phosphoritgeoden enthalten. Zum oberen Lias gehört bereits die 4 bis 6 m mächtige, durch ihren Fossil-reichtum bekannte Posidonienzone (Lias  $\epsilon$ ). Sie besteht aus den stark bituminösen Posidonien-schiefern und mehreren eingelagerten Kalkbänken, von denen sich fünf über die ganze nördliche Frankenalb verfolgen lassen. Die oberste Stufe ( $\zeta$ ) des Lias nehmen dann noch die Jurensismergel (Radiansmergel) ein. Sie bestehen aus hell- bis dunkelgrauen, fossilreichen Mergeln, die eine Mächtigkeit von einigen Metern erreichen.

### b) Der Dogger.

Der untere Dogger, der Opalinumton (Dogger  $\alpha$ ) besteht aus tonig-mergeligen dunkelgrauen Schichten, die eine Mächtigkeit von 60 bis 80 m erreichen. Sandige Zwischenlagen in den hangenden Partien zeigen den Uebergang zum Doggersandstein (Personatensandstein, Dogger  $\beta$ ) an, der den mittleren Dogger repräsentiert<sup>1)</sup>. Es ist dies ein gelbbraunes bis rost-

<sup>1)</sup> Entgegen der paläontologischen Zoneneinteilung Quenstedts ( $\alpha$  und  $\beta$  = unterer,  $\gamma$  und  $\delta$  = mittlerer und  $\epsilon$  und  $\zeta$  = oberer Dogger) folge ich hier wegen der großen

braunes, feinkörniges Gestein, das am Westrand der Frankenalb eine Mächtigkeit von 45 bis 60 m, am Ostrand eine solche bis zu 100 m aufweist. Es ist in zahlreichen Steinbrüchen und Hohlwegen aufgeschlossen und wurde lange Zeit von den Albbewohnern als Baumaterial verwendet. Gegen das Hangende zu sind außer einigen Tonlagen häufig härtere Kalksandsteinbänke eingeschaltet.

Der obere Dogger ( $\gamma$ - $\zeta$ ) ist nur gering mächtig; er setzt sich zusammen aus den Eisenoolithkalken (einer ungefähr 5 m mächtigen Wechselfolge von oolithischen Kalkmergelbänken und mergeligen Zwischenlagen, Dogger  $\gamma$ - $\varepsilon_1$ ) und dem Ornatenton, einem grauen bis blaugrauen, mergeligen Ton (Dogger  $\varepsilon_2$ - $\zeta$ ), der 8 bis 10 m mächtig wird.

### c) Der Malm.

Der untere Malm beginnt mit den Unteren Mergelkalken Gumbels (Malm  $\alpha$ ), die aus grauen Mergelkalkbänken, gelblichen Mergelknollenlagen und grünlichgrauen Mergelschiefen bestehen. Ihre gesamte Mächtigkeit beträgt 10 bis 20 m. Darüber folgen die Werkkalke (Malm  $\beta$ ). Sie bestehen aus wohlgeschichteten, gelblichweißen und grauweißen, dickgebankten Kalken; ihre Mächtigkeit beträgt meist 16 bis 20 m, steigt aber im oberen Pegnitztal bei Vorra und Rupprechtstegen bis auf 40 m an. Wie keine zweite Stufe der Juraformation in Franken sind die Werkkalke in zahlreichen Steinbrüchen aufgeschlossen. Das dort gewonnene Gestein wird teils als Bau- und Schottermaterial verwendet, teils gebrannt.

Die nächst jüngere, bereits zum mittleren Malm zu stellende Stufe ist die der Oberen Mergelkalke (Malm  $\gamma$ ) mit einer Gesamtmächtigkeit von 30 bis 40 m. In den liegenden wie auch in den hangenden Partien setzt sie sich zusammen aus Mergelkalkknollen und Mergelschiefen, zwischen die eine mächtige Folge von dickgebankten Kalken eingelagert ist. Malm  $\delta$ , die Pseudomutabilisstufe, besteht aus dickbankigen, bis 35 m mächtigen Kalken, die in dieser gebankten Ausbildungsweise nur an einzelnen Stellen der nördlichen Frankenalb (z. B. bei Kasendorf und bei Wüstenstein) auftreten.

Außer dieser eben kurz beschriebenen gebankten Ausbildungsweise, der Normalfazies, finden sich in allen Stufen des Weißen Jura ruppige, ungebankte oder nur andeutungsweise gebankte Schwammbildungen, die sich infolge ihrer massigen Ausbildung meist nur schwer stratigraphisch gliedern lassen. Häufig sind die Gesteine, hauptsächlich die der zuletzt genannten massigen Fazies, vom Malm  $\beta$  an aufwärts bis ins  $\zeta$  sekundär dolomitisiert und haben so zur Bildung des Frankendolomits Anlaß gegeben, der mit seinen bizarren Felsformen der sogenannten „Fränkischen Schweiz“ ihre romanistischen Züge verleiht. An verschiedenen Stellen, wie z. B. bei Velden und Michelfeld, wird dieser Frankendolomit in Steinbrüchen abgebaut und als Zuschlag beim Kalkbrennen oder als Schottermaterial verwendet.

Von jüngeren Weißjuraablagerungen der nördlichen Frankenalb sind hier noch zu nennen dickbankige bis dünnplattige Kalke, die in einigen Steinbrüchen bei Bronn und Weidensees gewonnen werden. Zum größten Teil sind diese bereits zum Malm  $\zeta$  gehörenden Kalke dolomitisiert (Plattendolomit).

---

Mächtigkeiten von  $\alpha$  und  $\beta$  der petrographischen Gliederung Gumbels (1807), der den Opalinuston als unteren, den Doggersandstein als mittleren, Oolith und Ornatenton ( $\gamma$ - $\zeta$ ) als oberen Dogger betrachtet.

### 3. Die Kreide.

Ablagerungen der unteren Kreide fehlen vollständig; doch auch aus der Schichtenfolge der oberen Kreide sind in dem bearbeiteten Gebiet nur Sandsteine oberluronen Alters, die sog. Veldensteiner Sandsteine, von Bedeutung. Es ist dies ein grobkörniges, gelbbraunes bis rotbraunes Gestein, das meist undeutlich gebankt ist und infolge seiner mürben Beschaffenheit leicht zu Sand zerfällt. Festere Bänke werden als Bausteine verwendet.

Von diesen eben besprochenen Ablagerungen zeigen nur einige meßbare Zerklüftung. Es sind dies im Keuper der Burgsandstein und das Rhät, im Jura der Arietensandstein, der aber bei den folgenden Ausführungen wegen seiner fast ganz übergangslosen Verbundenheit mit dem Rhätsandstein nicht eigens ausgeschieden, sondern mit letzterem zusammen untersucht wurde, die Posidonienschiefer, der Doggersandstein und die Kalke und Dolomite der gebankten und der massigen Fazies des Malm. Auch der kretazische Veldensteiner Sandstein weist deutliche Klüftung auf.

### V. Kurzer Überblick über die tektonischen Verhältnisse der nördlichen Frankenalb.

Die Lagerungsform der Schichten zeigt eine weitspannige Faltung. Der nördliche Frankenjura selbst entspricht in der Hauptsache einer ausgedehnten, flachen, nordwest-südost streichenden Mulde. Die Muldenachse zieht etwa von Utzing bei Staffelstein an Rabeneck im Wiesental und Pottenstein vorbei gegen Fischstein an der oberen Pegnitz. Den die Mulde im Südwesten begrenzenden Sattel erwähnt bereits G ü m b e l (1891, p. 621). Der Verlauf seiner ebenfalls nordwest-südost streichenden Sattellinie wird angedeutet durch die Orte Hagenbüchach, Langenzenn im Zennthal, Cadolzburg, Heideck und Titting im Anlautertal.

Im Nordosten geht die Mulde über in den Thurnauer Sattel, der aus der Gegend von Thurnau an Bayreuth vorbei bis gegen Creußen sich erstreckt.

Dieses flach gefaltete Juragebiet wird durch eine Anzahl von Verwerfungen in einzelne Schollen zerlegt. Diese Störungslinien seien im folgenden kurz beschrieben.

#### Die Verwerfungen.

Eine Anzahl von Südost-Nordwest verlaufenden Verwerfungen durchziehen die nördliche Frankenalb und zerlegen sie in einzelne Schollen. Am weitesten im Nordosten, dort zugleich streckenweise die Grenze des bearbeiteten Gebietes bildend, befindet sich die Weißmain-Freihunger Verwerfung (Jurarandspalte R e u t e r s 1927). Sie betrifft unser Gebiet westlich von Neustädlein am Forst auf dem Pfarrhügel, auf dem sie Doggersandstein von den Werkkalcken des Malm  $\beta$  trennt, zieht sich herunter ins Liasgebiet von Mistelgau, wo es allerdings nicht möglich ist, sie genau festzulegen, und läßt sich wieder erkennen im Tal des obersten Roten Maines, der ihr bis Schnabelweid folgt. Der Südwestflügel ist gegenüber dem Nordostflügel bei Neustädlein a. F. um etwa 40 m abgesunken. Weiter im Südosten liegen an ihr die bekannten Eisenerzlagerstätten von Sassenreuth, Kirchenthumbach und am Schwarzenberg sowie das Bleierzrevier von Freihung. Morphologisch tritt die Verwerfung nicht hervor.

Aus dem Coburgischen kommt die sogenannte Pegnitzverwerfung (Ostrandverwerfung) und erscheint in unserem Gebiet östlich Holl-

feld. Sie zieht über Altneuwirtshaus, Zeubach, Schweinsmühle, südlich von Hohenmirsberg vorbei nach Pegnitz; ihr weiterer Verlauf führt sie an Auerbach und Vilseck vorüber bis Freudenberg unfern Amberg. Bis Altneuwirtshaus verläuft die Störungslinie im Malm, von da an bis zur Schweinsmühle trennt sie Malm- und Doggerschichten von Doggersandstein, durchschneidet dann die Hohenmirsberger Platte, senkt sich bei Oberhauenstein in das Püttlachtal herab und bildet hier wiederum die Grenze zwischen Dogger und Malm. Zwischen Oberhauenstein und Pegnitz streicht sie durch Frankendolomit und Albüberdeckung und kann eigentlich nur dadurch erkannt werden, daß das Gelände nördlich der Spalte ungefähr 50 m höher gelegen ist als südlich davon. Eine ähnliche Erscheinung haben wir auch bei Plankenfels; östlich der Verwerfung besitzen die Erhebungen eine Mindesthöhe von 510 m, während der westliche Flügel keine über 470 m aufweist. Ein anderes morphologisches Kennzeichen dieser Verwerfung ist die plötzliche Aenderung des Landschaftsbildes namentlich bei Oberhauenstein im oberen Püttlachtal oder bei Rabenstein im Ailsbachtal. Solange das Tal sich durch den Doggersandstein erstreckt, ist es verhältnismäßig breit mit flachgeböschten Gehängen. Sobald es jedoch in den Frankendolomit eintritt, verengt es sich zur Schlucht mit steil aus dem Wasser aufsteigenden Felsbildungen. An mehreren Stellen teilt sich die Verwerfung in verschiedene Seitenäste, so vor allem bei Pegnitz und Altneuwirtshaus. Auch bei Zeubach zweigt eine Spalte nach Nordwesten ab, die jedoch im Dolomitgebiet bald nicht mehr erkennbar ist. Durch diese Zersplitterung der Pegnitzverwerfung kommt es zu keiner bedeutenden Sprunghöhe. Sie beträgt höchstens 30 m. Der südwestliche Flügel ist der abgesunkene.

Weiter nach Südwesten folgt dann die Staffelsteiner Verwerfung, die im Tal der Alster an der Grenze von Bayern und Thüringen beginnt und bei Staffelstein über den Main setzt. Hier besitzt sie eine Sprunghöhe von 30 m. Bei Königsfeld tritt sie in unser Gebiet ein, folgt dann von Aufseß abwärts dem Aufseßtal, wo sie an Lagerungsstörungen im Frankendolomit erkannt werden kann, und dem in seiner Verlängerung gelegenen Abschnitt des Wiesenttales bei Behringersmühle. Ihre südöstliche Fortsetzung verläuft ganz im Frankendolomit und in der Albüberdeckung, sodaß sich ihre weitere Verfolgung äußerst schwierig gestaltet. Erst bei Neuhaus an der Pegnitz ist sie wieder deutlicher zu erkennen, um jedoch jenseits des Pegnitztales von neuem im Frankendolomit zu verschwinden. Von Eschenfelden an trennt sie abwechselnd Frankendolomit, Malmkalke und Doggerschichten, birgt bei Sulzbach und Amberg bedeutende Eisenerzlager und mündet schließlich in die Pfahlspalte. Solange sie das Arbeitsgebiet durchsetzt, ist an ihr der Nordostflügel abgesunken; weiter im Südosten liegen die Verhältnisse umgekehrt. Dort ist der Nordostflügel der höhere. Morphologisch tritt die Verwerfung im nördlichen Frankenjura, wenn man von den durch die Spalte bedingten Talstücken der Aufseß und der Wiesent absieht, nicht hervor.

Als letzte der vier großen Verwerfungen, die unser Gebiet durchziehen, ist die „Walberle“-Verwerfung zu nennen. Sie kommt aus dem Keupergebiet nördlich von Pommersfelden, verläuft in West-Ostrichtung über Bammersdorf und an der Jägersburg vorbei nach Unterweilersbach, wo sie scharf nach Südosten umbiegt, am Walberle entlang durch das Ehrenbach- und obere Schwabachtal streicht und ihre Fortsetzung wahrscheinlich über Kirchröttenbach, Schnaittach und Hersbruck hinaus im Förrenbacher Tal findet. Ihr nordöstlicher Flügel ist bis zu 40 m abgesunken.

Weiterhin wäre noch zu erwähnen die Baader Verwerfung, die das Hetzlasgebiet im Süden und Westen begrenzt. Nach Paul Dorn (Erlanger Heimatbuch 1925) hat sie ungefähr folgenden Verlauf: Sie trennt sich im Schwabachtal bei Forth von der Walberleverwerfung, zieht in westnordwestlicher Richtung am Leyerberg entlang bis gegen Baad und geht in nordwest-südöstlichem Streichen über Langensendelbach in die Gegend von Baiersdorf. Auch bei dieser Verwerfung ist der nordöstliche Flügel gegenüber dem südwestlichen abgesunken. Die bedeutendste Sprunghöhe dürfte 35 m betragen.

Kleinere Störungen konnte Paul Dorn anlässlich der Kartierung von Blatt Erlangen - Süd der Gradabteilungskarte von Bayern M. = 1:25 000 feststellen, so solche von ost-westlichem Verlauf im Süden und Norden des das Schwabachtal im Süden begleitenden Höhenzuges.

Rückblickend sehen wir, daß die Scholle zwischen der Lichtenfelser und Staffelsteiner Verwerfung am tiefsten eingesunken ist; dieser tiefen Einsenkung ist es auch zu verdanken, daß sich auf ihr jüngste Malmkalke und Kreidesandsteine erhalten haben. Etwas höher liegen die im Südwesten und Nordosten anschließenden Schollen, deren obere Schichten aus Gesteinen des Malm und des Dogger bestehen. Am stärksten gehoben sind die äußeren Schollen, die bis auf den Lias, bzw. die Trias abgetragen sind.

## VI. Einige Bemerkungen zur Arbeitsmethode.

Das Streichen und Fallen der Klüfte wurde mit Hilfe eines Einheitskompasses von Breithaupt & Sohn, Cassel, der mit Klinometer und Dosenlibelle versehen war, gemessen. Die Deklination, die nach der Isogonenkarte vom Deutschen Reich nach den Ergebnissen der neueren magnetischen Messungen für die Epoche 1925 von K. Hausmann für das bearbeitete Gebiet und für die Jahre 1926 und 1927 zu ungefähr  $7^\circ$  westlich bestimmt wurde, wurde am Kompaß selbst berichtigt, so daß sofort die tatsächlichen Werte abgelesen werden konnten. Außerdem wurden die Klüfte je nach ihrer Ausdehnung, nach ihrem Klaffen, nach der Ausbildung der Kluffflächen und nach der Entfernung zweier Klüfte voneinander bewertet. Es wurde unterschieden zwischen Klüften von durchschnittlicher, solchen von besserer und solchen von geringerer Ausbildung. Aus dem Wunsche heraus, zu möglichst exakten Bewertungsziffern zu kommen, wurde teilweise jedes der oben angeführten Bewertungsmerkmale einzeln abgeschätzt und dann das arithmetische Mittel daraus gezogen; da jedoch auch diese Einzeleinschätzung nur gefühlsmäßig vorgenommen werden konnte, genügte meines Erachtens vollständig eine einfache Bewertung auf Grund eines allgemeinen Ueberblickes über die Klüfte eines Steinbruches vor der Aufnahmetätigkeit. Die am besten ausgebildeten Klüfte fielen sofort auf und zwischen den durchschnittlichen und den schlechter ausgebildeten Klüften war meist der Unterschied so groß, daß ihre Trennung keine weiteren Schwierigkeiten machte.

Die durch Messung und Schätzung erhaltenen Werte für Streichrichtung, Fallwinkel und Qualität der einzelnen Klüfte wurden in eine Liste („Urliste“) der Reihe nach eingetragen. Aus Zweckmäßigkeitsgründen wurden dann die Streichrichtungen von  $01^\circ$  bis zu  $180^\circ$  arithmetisch geordnet. Dadurch entstand eine Zahlenreihe, die sogenannte primäre Verteilungstafel, die einen klaren Ueberblick über die Verteilung der Streichrichtungen erlaubte. Gleichzeitig ließen sich alle gewünschten Mittelwerte rasch und bequem berechnen. Auch die oft mühselige und langwierige Arbeit des Zusammenziehens der

gemessenen Werte verschiedener Aufschlüsse wurde dadurch überaus erleichtert. Weiterhin mußten dann die Werte zu einzelnen Klassen zusammengefaßt werden, und zwar wurde ein Klassenintervall von  $10^\circ$  gewählt. Bei Unklarheiten wurde auf eine Zusammenfassung von  $5^\circ$  zurückgegangen, was ja mit Hilfe der primären Verteilungstafel nicht viel Mühe machte. Zu erwähnen wäre noch, daß ein Wert, der auf einen Grenzwert zwischen zwei Klassen (also z. B. auf  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $30^\circ$  usw.) fiel, halbiert und die eine Hälfte zur vorhergehenden, die andere zur folgenden Klasse addiert wurde.

Mit einigen Worten möchte ich noch auf die graphische Darstellung eingehen. In fast jeder klufftektonischen Arbeit finden wir eine andere Darstellungsmethode. Am häufigsten sind die sogenannten Kluffrosen oder Kluffsterne vertreten: von einem Mittelpunkt aus zieht man für je  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ , je nachdem, welche Klassengröße man gewählt hat, in gleichen Abständen eine Linie und trägt auf ihr die Anzahl der auf das Intervall treffenden Kluffrichtungen auf. Die so erhaltenen Punkte verbindet man und erhält ein Diagramm, das allerdings mehr einem Stern denn einer Rose ähnlich sieht, das aber sofort die bevorzugten Kluffrichtungen erkennen läßt. Neben diesem Vorteil der Anschaulichkeit hat diese Methode der Darstellung große Nachteile: Erstens muß man sich die Zeichenunterlage selbst schaffen, nachdem das käufliche Windrosenpapier von Schleicher & Schüll in Düren im Rheinland für die meisten Untersuchungen nicht genügend unterteilt ist und außerdem für die Dauer zu kostspielig wäre. Zweitens drängen sich, wenn man z. B. auf eine Einteilung von  $5^\circ$  zu  $5^\circ$  heruntergeht, die Linien um den Mittelpunkt so, daß ein exaktes Arbeiten kaum mehr möglich ist. Drittens müssen alle Werte auf den Gradlinien mit dem Maßstab aufgetragen werden. Dadurch ist beim Lesen des Diagrammes wiederum Maßstab und oft auch Winkelmesser nötig, da es meist sowohl an konzentrischer Unterteilung wie auch an einer Bezifferung der Gradlinien fehlt.

Alle diese Nachteile werden vermieden, wenn man sich der Darstellung mittels rechtwinkliger Koordinaten bedient. Auf der Abzissenachse trägt man die Gradeinteilung ab, auf der Ordinatenachse die Anzahl der gemessenen Kluffrichtungen, bzw. einer Verhältniszahl dafür, die man auf die Weise erhält, daß man die größte Anzahl einer Kluffrichtung gleich 100 setzt, was M. P f a n n e n s t i e l (1927) empfiehlt. Am besten eignet sich dazu das allgemein gebräuchliche Millimeterpapier. Da jede fünfte Linie durch stärkeren und jede zehnte durch noch stärkeren Druck hervorgehoben ist, kann man bequem alle Werte eintragen und ebenso bequem wieder ablesen. Der einzige Nachteil besteht darin, daß man die Richtung nur als Zahlenwert erkennen kann, ihren Verlauf sich also erst vorstellen muß. Doch ist man rasch eingearbeitet und bald verknüpft sich in der Vorstellung die Zahl mit der ihr zugehörigen Richtung. Dies alles gilt jedoch nur dann, wenn lediglich das Streichen der Klüfte zur Darstellung kommen soll, wie das ja in vorliegender Arbeit der Fall ist, da von einer Darstellung des Einfallens der Klüfte abgesehen werden kann, weil der Fallwinkel in den weitaus meisten Fällen zwischen  $80^\circ$  und  $90^\circ$  beträgt.

## VII. Die Kluffrichtungen.

In den folgenden Abschnitten soll auf die Untersuchungsergebnisse der Kluffmessungen in den einzelnen Formationsstufen näher eingegangen werden.

### a) Die Kluffrichtungen im Burgsandstein.

In seiner Geologie des Wendelsteiner Höhenzuges bei Nürnberg hat sich Paul D o r n (1926) eingehend mit den Klüften im unteren Burgsandstein befaßt.

Er konnte vier Maxima, bei  $10^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $105^\circ$  und  $125^\circ$  feststellen.\* Am stärksten waren die Klüfte in Richtung  $105^\circ$  und  $125^\circ$  ausgebildet. Letztere Klüfte faßte er zu einem herzynischen, die beiden anderen maximalen Richtungen zu einem varistischen System zusammen. Ich meinerseits würde die Klüfte in Richtung  $10^\circ$  (= rheinisch longitudinal – die Benennung der Richtungen geschieht nach dem Vorbilde Stillés –) und  $105^\circ$  (= rheinisch transversal) zu einem und die Richtungen  $30^\circ$  (= erzgebirgisch) und  $125^\circ$  (= herzynisch) zu einem zweiten System zusammennehmen. Leider ist das Feldbuch Dorns nicht mehr vorhanden; ich hätte sonst seine Werte in derselben Weise wie die meinigen zusammengestellt, um einen Vergleich mit meinen Ergebnissen zu erleichtern.

Unlerer Burgsandstein ist in meinem Gebiet nicht aufgeschlossen, doch begrenzen es im Südwesten zwei aus oberem Burgsandstein bestehende Höhenrücken südlich und nördlich der Schwabach, auf denen sich eine Anzahl von Steinbrüchen befinden, die aber, da kein Abbau mehr erfolgt, zum Teil schon stark verfallen sind. Dies gilt namentlich von den Brüchen im Tennenloher Forst, am Dorn- und Turmberg. Dort erhielt ich Maxima in den Richtungen  $10^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $110^\circ$  und  $150^\circ$ . Weit aus am stärksten ausgebildet ist dort die rheinisch longitudinale und die rheinisch transversale Richtung. Die anderen Kluftrichtungen treten sehr stark zurück.

Ostlich dieser eben genannten Aufschlüsse am Dorn- und Turmberg befindet sich ein größerer, heute allerdings auch aufgelassener Steinbruch an der Ohrwaschel. Die bevorzugten Kluftrichtungen sind dort  $10^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $130^\circ$  und  $160^\circ$ . Sonderbarer Weise ist hier das erzgebirgische und das herzynische Streichen der Klüfte viel stärker ausgebildet als das im rheinischen System. Auffällig sind weiterhin noch die beiden Maxima bei  $80^\circ$  und  $160^\circ$ , die zwar stark zurücktreten, aber doch auf keinen Fall vernachlässigt werden können. Auch in den Brüchen des Tennenloher Forstes sind diese beiden Richtungen schon andeutungsweise vertreten. Messen wir nun an dem nördlich der Schwabach gelegenen Höhenzuge die Klüfte, so erhalten wir am Burgberg in Erlangen als bevorzugte Richtungen  $50^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $110^\circ$ ,  $130^\circ$  und  $170^\circ$ . Dazu könnte man auch noch die Richtung von  $30^\circ$  angeben. Vergleicht man nun diese Messungen mit denjenigen aus den oben genannten Steinbrüchen südlich der Schwabach, so kann man leicht auf den Gedanken kommen, daß gegenüber jenen alle Kluftrichtungen um  $10^\circ$  im Uhrzeigersinn gedreht worden sind. Jedoch die östlich von Erlangen gelegenen Steinbrüche lassen deutlich wieder die maximalen Richtungen erkennen, wie ich sie ähnlich südlich der Schwabach angetroffen habe.

In den Steinbrüchen nahe der Haltestelle Spardorf nämlich sind die bevorzugten Richtungen  $10^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $100^\circ$  und  $130^\circ$ . Die Klüfte sind ziemlich gleichmäßig auf die verschiedenen Richtungen verteilt, nur die Richtung  $60^\circ$  tritt stärker zurück.

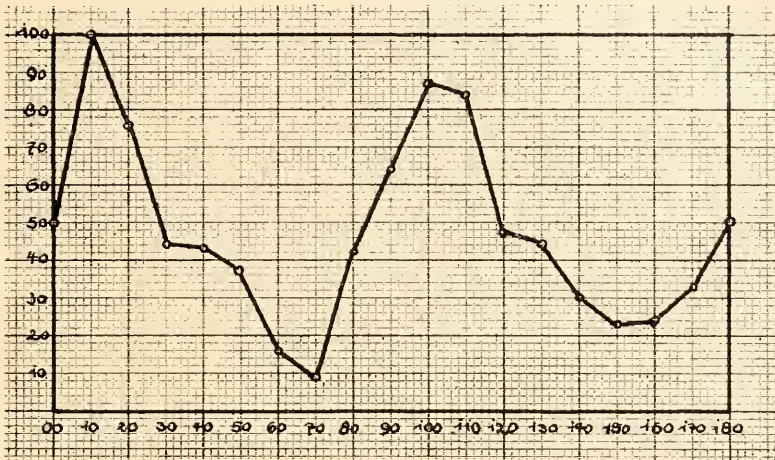
Bei Uttenreuth sind die maximalen Richtungen bei  $10^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $100^\circ$  und  $150^\circ$ . Die Richtungen  $10^\circ$  und  $100^\circ$  gehören zweifellos dem rheinischen System an,  $50^\circ$  entspricht dem erzgebirgischen,  $150^\circ$  wohl dem herzynischen Streichen.

Beim Orte Spardorf sind folgende Richtungen bevorzugt:  $10^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $110^\circ$ . Auf die Richtungen  $10^\circ$  und  $110^\circ$  trifft der Hauptanteil aller Kluftrichtungen, während die Richtung  $90^\circ$  stark zurücktritt. In der folgenden Tabelle seien die bevorzugten Kluftrichtungen der einzelnen Aufschlüsse noch einmal zusammengefaßt.



Nr. 1)	Burgsandstein												
—	Wendelstein	10°	30°					105°	125°				
1	Tennenloh. Forst	10°		50°		80°		100–110°				150°	
2	Ohrwaschel . .	10°		40°		80°		100°		130°		160°	
3	Burgb. Erlangen.		30°	50°			90°	110°		130°			170°
4	Haltest. Spardorf	10°		40°	60°		90°	100°		130°			
5	Uffenreuth . . .	10°		50°				100°				150°	
6	Spardorf . . . .	10°					90°	110°					
	Zusammenfassg.	10°	40°					100°		130°			

Tabelle 1.



Figur 1.

Vorstehendes Diagramm, das für die Gesamtheit aller im Burgsandstein gemessenen Kluftrichtungen gilt, zeigt deutlich das starke Vorwiegen der rheinischen Richtungen. Die Richtungen  $40^\circ$  und  $130^\circ$  erzeugen einen deutlichen Knick in der absteigenden Kurve. Andere Richtungen kommen im Diagramm nicht zur Geltung, sind aber vorhanden, wie obenstehende Tabelle zeigt. Daß nicht in jedem Aufschluß die gleichen Kluftrichtungen ausgebildet sind, hängt wohl damit zusammen, daß, wie weiter unten gezeigt werden soll, nicht alle Klüfte zu gleicher Zeit entstanden sind, sondern daß zu verschiedenen Zeiten verschiedene Druckrichtungen herrschend waren. Jeder Druckrichtung würden nun besondere Kluftrichtungen entsprechen. In dem wenig spröden Material des Burgsandsteines kamen jedoch verschiedene Richtungen überhaupt nicht zur Ausbildung, andere, die in eine ähnliche, um wenige Grade verschiedene Richtung wie bereits vorhandene fallen würden, fallen mit jenen bereits ausgebildeten zusammen und verändern höchstens deren Qualität. Diese Erscheinungen werden uns immer wieder begegnen und wir können

1) Die in der ersten Rubrik dieser und der nachfolgenden Tabellen angeführte fortlaufende Numerierung der einzelnen Aufschlüsse verweist auf die beigegebene Uebersichtskarte, auf der durch gleiche Zahlen die Lage der genannten Oertlichkeiten bezeichnet ist.

daraus den Schluß ziehen, daß sämtliche durch die verschiedenen Druckrichtungen bedingten Klüfte, wenn überhaupt, dann nur im sprödesten Material, das im Arbeitsgebiet auftritt, das sind die gebankten Kalke der Normalfazies des Malm, uns entgegnetreten werden.

Hinzuweisen wäre noch darauf, daß die vier von mir für den oberen Burgsandstein gefundenen Werte (10°, 40°, 100° und 130°) ungefähr übereinstimmen mit den von Dorn in Wendelstein für den unteren Burgsandstein festgestellten Richtungen 10°, 30°, 105° und 125°.

### b) Die Kluftrichtungen im Rhät.

Der nördlichste von mir im Rhät untersuchte Steinbruch befindet sich bei Strullendorf. Festzustellen waren folgende Hauptrichtungen: 10°, 60°, 110°, 140° und 170°. Diejenigen von 10°, 110° und 170° gehören dem rheinischen System an; die Richtung 170° tritt ganz besonders hervor. Das erzgebirgisch-herzynische System liegt in den Streichrichtungen von 60° und 140°.

In einem Hohlweg westlich Bammersdorf ist der Rhätsandstein recht gut entblößt. Dort zeigten die Messungen Maxima bei 10°, 60°, 100° und 150°. Die Richtungen 10°, 80° und 150° sind in kleinen verfallenen Steinbrüchen westlich Bammersdorf deutlich ausgeprägt. Auffällig ist dort vor allem neben dem Fehlen der erzgebirgischen Richtung das starke Auftreten der Nord-nordwestrichtung, die fast die Hälfte aller Klüfte auf sich vereinigt.

Eigenartig sind auch die Verhältnisse in einem Steinbruch südlich Bammersdorf, in dem die Richtungen 10°, 60°, 80° und 140 bis 150° auftreten.

Die erzgebirgische Richtung ist diesmal hier vorhanden. Untersucht man die Werte zwischen 70° und 110° genauer, indem man die Messungen von 5° zu 5° zusammenfüßt, so zeigen sich für die rheinisch transversale Richtung zwei Maxima, bei 80° und 100°.

Die nächsten Aufschlüsse befinden sich in den durch ihre reiche Pflanzenausbeute bekannt gewordenen Steinbrüchen bei der Jägersburg unfern Forchheim. Dort ist im Gegensatz zu den Verhältnissen im vorhergehenden Bruch die rheinisch transversale und die herzynische Richtung besonders stark ausgeprägt. Die rheinisch longitudinale Richtung ist etwas schwächer ausgebildet, während die erzgebirgische ganz zurücktritt.

Wenn hier des öfteren gesagt wird, daß einzelne maximale Richtungen fehlen, so soll das nicht heißen, daß überhaupt keine Klüfte in diesen Richtungen streichen, was ja hin und wieder einmal vorkommt. Vielmehr verhält es sich meist so, daß infolge der Art der Zusammenfassung der Streichrichtungen in Gruppen von je 10 Grad die verhältnismäßig geringere Anzahl von Klüften eines schwach ausgebildeten Maximums in dem benachbarten stärkeren verschwindet. Manchmal gelingt es zwar durch Zusammenfassen in Gruppen von 5° zu 5° die beiden Maxima zu trennen, allein diese Fälle sind verhältnismäßig selten.

Ein weiterer Steinbruch befindet sich in der Ortschaft Serlbach. Die Kluftrichtungen ergaben wiederum nur vier Maxima: ein rheinisch longitudinales, ein rheinisch transversales, das erzgebirgische und das herzynische. Versuchen wir nun bei den hier gefundenen Messungswerten die oben angegebene Methode der Zusammenstellung in Gruppen von je 5°, so zeigt sich, daß in der rheinisch longitudinalen wie auch in rheinisch transversalen Richtung noch je ein Minimum eingeschaltet ist, woraus zu erkennen ist, daß auch hier das rheinische System in je zwei maximale Richtungen gespalten ist.

In einem verlassenen Steinbruch südwestlich Serlbach fanden sich bei den Messungen wieder alle sechs Maxima deutlich ausgebildet. Das rheinische System ist am stärksten ausgeprägt und zeigt wieder je zwei Maxima. Das erzgebirgisch-herzynische System tritt stärker zurück. Am Kellerberg bei Forchheim ist dagegen nur die Nordnordwestrichtung und die rheinisch transversale Richtung gut ausgebildet. Die erzgebirgische und die herzynische Richtung sind nur schwach angedeutet.

In einem verlassenen Bruch westlich Reuth bei Forchheim sind die rheinischen Richtungen nur durch je ein Maximum ausgezeichnet. Das erzgebirgisch-herzynische System ist gut entwickelt.

In einem anderen Rhätsandsteinbruch nördlich von Reuth treten die Richtungen  $10^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $130^\circ$  und  $170^\circ$  maximal hervor. An erster Stelle steht hier die herzynische Richtung. Ihr folgen sofort die Richtungen des rheinischen Systems, während fast keine Klüfte mit erzgebirgischem Streichen vorhanden sind. Ein kleiner, östlich davon gelegener Steinbruch zeigt eine besonders gute Entwicklung des rheinischen Systems; die anderen Richtungen treten dagegen stark zurück. In einem weiteren, Wiesent aufwärts gelegenen Bruch bei Unterweilersbach ist überhaupt nur das rheinische System ausgebildet. Die rheinisch transversale Richtung weist zwei Maxima auf. Südlich der Wiesent zwischen Wiesenlhau und Dobenreuth sind die Richtungen  $00^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$  und  $140^\circ$  bevorzugt. Das erzgebirgisch-herzynische System ist am besten ausgebildet, während das rheinische etwas zurücktritt. Östlich Dobenreuth zeigen einige kleinere Aufschlüsse die Richtungen  $10^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $140^\circ$  und  $170^\circ$ . Am besten ausgebildet ist diesmal wieder das rheinische System. Auf das erzgebirgisch-herzynische System fällt nur ein geringer Teil der Kluffrichtungen. Die Steinbrüche um Pinzberg herum weisen ein ziemlich gleichmäßig ausgebildetes Kluffnetz auf. Das rheinische System ist etwas besser ausgebildet als das erzgebirgisch-herzynische.

Am Rathberger Höhenzug nordöstlich Erlangen tritt ein starkes Maximum in der Richtung  $00^\circ$  auf. Auch die rheinisch transversale Richtung ist gut ausgebildet, während die anderen Richtungen stark zurücktreten.

Zwischen Neunkirchen a. B. und Steinbach befinden sich mehrere Rhätsandsteinbrüche mit vorwiegend rheinischem ( $00^\circ$  und  $90^\circ$ ) Streichen der Klüfte. Die erzgebirgische und herzynische Richtung sind fast nicht vorhanden.

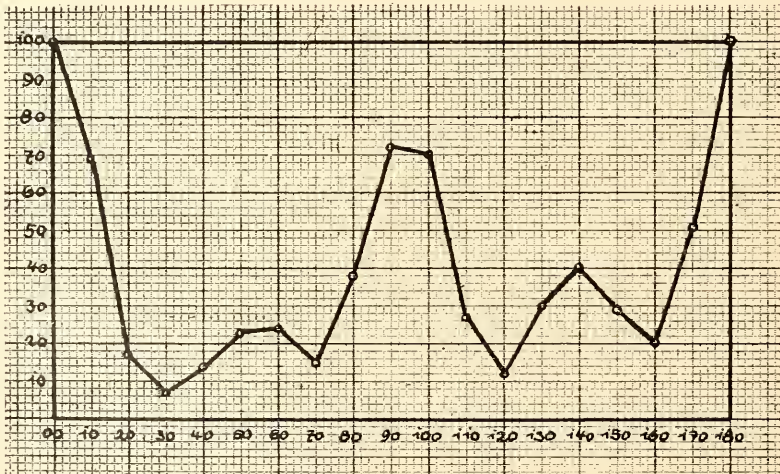
Südlich der Schwabach zeigen die Aufschlüsse westlich von Kalchreuth nur drei maximale Richtungen: die beiden rheinischen  $00^\circ$  und  $90^\circ$  und — sehr stark zurücktretend — die herzynische bei  $130^\circ$ . In der Käswasserschluft liegen die Verhältnisse ganz ähnlich: auch hier ist nur das rheinische System und die herzynische Richtung zur Ausbildung gekommen. Noch weiter östlich zwischen Eschenau und Schnaitz tritt ebenfalls das rheinische System am stärksten hervor. Doch sind hier die beiden Richtungen des erzgebirgisch-herzynischen Systems wieder ausgebildet.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der bei den Messungen im Rhätsandstein gefundenen Maxima (Tabelle und Diagramm s. nächste Seite):

Das Diagramm aller im Rhätsandstein gemessenen Kluffrichtungen zeigt extreme Maxima im Bereich der beiden rheinischen Richtungen, außerdem noch je ein Maximum in erzgebirgischer und herzynischer Richtung. Auch in diesem Diagramm zeigt sich ebenso wie in dem der Kluffrichtungen des Burgsand-

Nr.	Rhätssandstein											
7	Strullendorf . . .	10°			60°				110°		140°	170°
8	Bammersdorf W..	10°			60°			100°			150°	
9	" W..	10°				80°					150°	
10	" S..	10°			60°	80°		100°			140°	150°
11	Jägersburg . . .	00°			60°		90°				140°	170°
12	Serlbach . . . .	00°			60°		90°	100°			140°	170°
13	SW. Serlbach . .	10°		50°		80°		100°			140°	170°
14	Kellerberg . . .			50°				100°			140°	170°
15	W. Reuth . . . .	00°			60°			100°		130°		
16	N. " . . . .	10°			60°			100°		130°		170°
17	Oe. " . . . .	00°		50°				100°		130°	150°	
18	Unterweilersbach	00°				70°		100°				
19	Wiesenthau . . .	00°	40°			80°		100°			140°	
20	Dobenreuth . . .	10°		50°		80°		100°			140°	170°
21	Pinzberg . . . .	00°	10°	50°		80°		100°			140°	
22	Rathsberg . . . .	00°		50°		80°		110°		130°		
23	Neunkirchen . . .	00°		50°			90°				140°	
24	Kalchreuth . . .	00°					90°			130°		
25	Käswasserschl. .	00°					90°			130°		
26	Eschenau . . . .	00°			60°		90°			130°	150°	

Tabelle 2.



Figur 2.

steins, daß in den rheinischen Richtungen nur je ein Maximum auftritt, während aus der Tabelle ersehen werden kann, daß in 50 % aller untersuchten Aufschlüsse entweder die rheinische longitudinale oder die rheinisch transversale Richtung oder gleich beide Richtungen je zwei Maximalwerte aufweisen. Daß diese einzelnen Werte im Diagramm nicht zum Ausdruck kommen, liegt lediglich an der Zusammenfassung sämtlicher im Rhätssandstein vorgenommenen Kluffrichtungsmessungen.

### c) Die Kluftrichtungen im Posidonienchiefer.

Im Verbreitungsgebiet der Posidonienchiefer standen mir nur zwei Aufschlüsse zur Verfügung, der eine in einem Hohlweg nördlich Hetzlas (auf der Uebersichts-Karte mit Nr. 27 bezeichnet), der andere gelegentlich eines Straßenumbaues bei Großgeschaid (Nr. 28). Bevorzugt sind in den beiden Aufschlüssen die Kluftrichtungen  $00^\circ$ ,  $100^\circ$  und  $140^\circ$ .

### d) Die Kluftrichtungen im Doggersandstein.

Der Doggersandstein tritt in meinem Untersuchungsgebiet in zwei lokal getrennten Gebieten in größerer Verbreitung auf, einerseits im Westen der nördlichen Frankenalb entlang dem Albrande, andererseits im Nordosten derselben zwischen Pegnitz und Obernees. Dort im Nordosten sehen wir in einem Steinbruch bei Zeubach das rheinische System nur ganz schwach entwickelt. Dagegen ist die herzynische Richtung sehr gut, die erzgebirgische etwas schwächer ausgebildet. Östlich des bei Kirchahorn gelegenen Poppendorf ist das rheinische System mit den Richtungen  $10^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $100^\circ$  und  $160^\circ$  am besten ausgebildet. Außerdem ist nur noch die herzynische Richtung vorhanden, die  $140^\circ$  streicht. Zwei Kilometer östlich Poppendorf liegt Vorderkleebach. Dort läßt sich sowohl das  $10^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $100^\circ$  und  $170^\circ$  streichende rheinische System als auch das bei  $50^\circ$  und  $150^\circ$  verlaufende erzgebirgisch herzynische feststellen. Wie im Steinbruch von Zeubach ist auch hier die rheinisch longitudinale Richtung nur sehr schwach ausgebildet; die rheinisch transversale Richtung, die dort ganz fehlt, ist jedoch hier am besten entwickelt.

Nördlich davon, in einem Steinbruch westlich Hinterkleebach scheinen die Richtungen um 10 Grad im Uhrzeigersinn verschoben:  $20^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $110^\circ$  und  $140^\circ$ . Die rheinisch longitudinale und die herzynische Richtung sind die am besten entwickelten Richtungen. In einem Steinbruch nördlich Trockau ist das rheinische System, zu dem die Richtungen  $10^\circ$ ,  $30^\circ$  und  $100^\circ$  gehören, das bedeutendste. Das erzgebirgisch herzynische System mit den Richtungen  $60^\circ$  und  $150^\circ$  kommt fast nicht zur Geltung.

In und bei Büchenbach endlich ist wiederum das rheinische System ( $10^\circ$ ,  $70^\circ$  und  $170^\circ$ ) am besten ausgebildet. Sonst ist nur noch die herzynische Richtung vertreten, die ungefähr  $140^\circ$  streicht.

Am Westrand der nördlichen Frankenalb zeigt ein Bruch nördlich Zeegendorf ein Ueberwiegen der rheinischen Richtungen  $10^\circ$ ,  $70^\circ$  und  $100^\circ$ ; vom erzgebirgisch herzynischen System tritt die erzgebirgische Richtung ( $45^\circ$ ) ganz zurück. Dafür ist die herzynische Richtung ( $145^\circ$ ) um so besser ausgebildet und steht nur wenig hinter der an erster Stelle sich befindenden rheinisch longitudinalen Richtung zurück. Ähnlich liegen die Verhältnisse südöstlich Zeegendorf. Auch dort herrscht die rheinisch longitudinale Richtung bei  $10^\circ$  und die herzynische Richtung bei  $130^\circ$  vor, während die beiden anderen Richtungen, die rheinisch transversale ( $100^\circ$ ) und die erzgebirgische ( $40^\circ$ ) Richtung wenig zur Geltung kommen.

In einem Aufschluß bei Oberweilersbach unfern Forchheim hat das erzgebirgisch herzynische System ( $40^\circ$  und  $140^\circ$ ) die Oberhand. Das rheinische System ist mit den Richtungen  $20^\circ$ ,  $70^\circ$  und  $90^\circ$  vertreten. In einigen Steinbrüchen oberhalb Ebermannstadt tritt das rheinische System  $00^\circ$ ,  $70^\circ$  und  $100^\circ$  wieder stark in den Vordergrund. Außerdem ist nur noch die erzgebirgische Richtung bei  $50^\circ$  ausgebildet.

Ganz ähnliche Verhältnisse treffen wir an der Waldlucke bei Regensberg unfern Erlangen an. Das rheinische System ist mit den Richtungen  $90^\circ$  und

170° vertreten, das erzgebirgisch herzynische System tritt fast überhaupt nicht in Erscheinung.

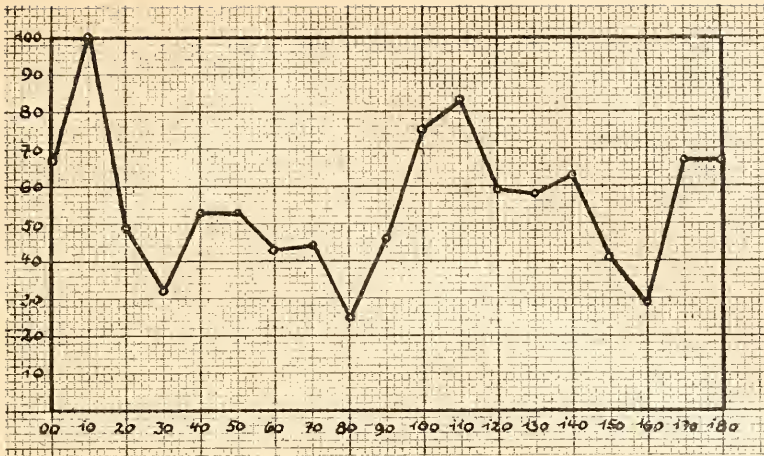
Kaum drei Kilometer südwestlich davon, in den Steinbrüchen nördlich des Dorfes Hetzles, haben wir ebenfalls das rheinische System als das herrschende; es verfügt über die Richtungen 10°, 65° und 110°. Das erzgebirgisch herzynische System (40° und 140°) tritt stark zurück. Bei dem einige Kilometer davon gelegenen Großenbuch ist vor allem die herzynische Richtung zur Ausbildung gekommen. An zweiter Stelle steht die rheinisch longitudinale Richtung. Die erzgebirgische Richtung ist nur schwach vertreten, während die rheinisch transversale Richtung fehlt. Dagegen ist die rheinisch transversale Richtung (70° und 90°) ganz hervorragend ausgebildet bei Walkersbrunn. Gut vertreten ist auch die rheinisch longitudinale Richtung. Dagegen tritt die erzgebirgische Richtung fast gar nicht hervor, während die herzynische ganz fehlt. In dem Tal, das von Gräfenberg zur Schwabach herunterzieht, finden sich sowohl am linken wie auch am rechten Talhang bei Weißenhohe zwei Steinbrüche. In dem westlichen davon tritt nur das rheinische System mit den Richtungen 20°, 110° und 175° auf. Im östlichen ist das rheinische System (10° und 110°) etwas besser entwickelt als das erzgebirgisch herzynische (60° und 140°).

Im Pegnitztal zeigt sich in der Gegend von Eschenbach, daß alle sechs Richtungen entwickelt sind, und zwar bei 10°, 40°, 80°, 100°, 140° und 170°. Neben dem rheinischen System ist auch das erzgebirgisch herzynische gut entwickelt, nur zeigt sich sonderbarerweise die erzgebirgische Richtung besser ausgebildet als die herzynische, während sonst doch gewöhnlich das Umgekehrte der Fall ist.

In dem südlich der Pegnitz gelegenen Juragebiet hat K. G. S c h m i d t bei Neumarkt die Klüfte des Doggersandsteines gemessen. Er erhielt dort folgende Richtungen: 15°, 55°, 100° und 150°, die dem rheinischen und dem erzgebirgisch herzynischen System entsprechen.

Nr.	Doggersandstein													
29	Zeubach . . . . .	10°		50°	70°					130°			160°	
30	Poppendorf . . . .	10°			70°			100°				140°	160°	
31	Vorderkleebach . .	10°		50°	70°			100°					150°	170°
32	Hinterkleebach . .		20°	50°					110°			140°		
33	Trockau . . . . .	10°	30—40°							120°			150°	
34	Büchenbach . . . .	10°			70°							140°		170°
35	Zeegendorf N. . . .	10°		40°	70°			100°				140°		
36	„ O. . . . .	10°		40°					110°		130°			
37	Ober-Weilersbach .		20°	40°	70°		90°					140°		
38	Ebermannstadt . .	00°		50°	70°			100°						
39	Waldlucke . . . . .			50°			90°				130°			170°
40	Hetzles . . . . .	10°		40°	70°				110°			140°		
41	Großenbuch . . . .	00°			60°					120°			150°	
42	Walkersbrunn . . .	10°		50°	70°		90°							
43	Weißenhohe W. . .		20°						110°					170°
44	„ O. . . . .	10°			60°				110°			140°		
45	Eschenbach . . . .	10°		40°		80°		100°				140°		170°
	Zusammenfassung	10°		40—50°	70°				110°			140°		170°

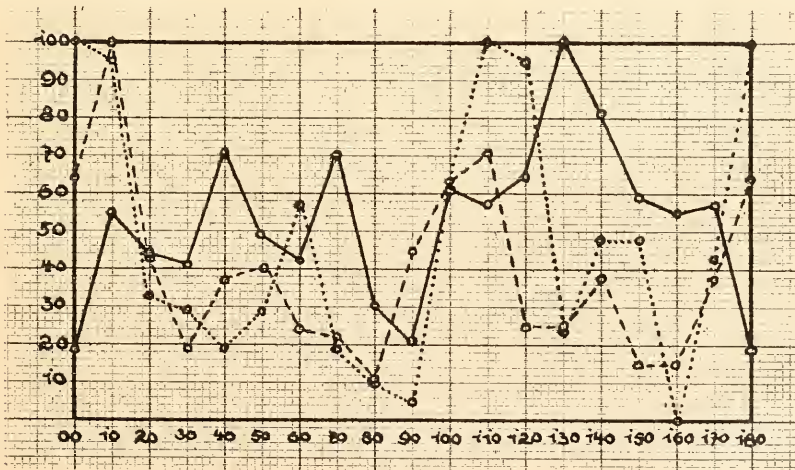
Tabelle 3.



Figur 3.

Bei der Betrachtung des Diagrammes fallen vor allem die sehr gut ausgebildeten Maxima in Richtung  $10^\circ$  und  $110^\circ$  auf. Weiterhin zeigen sich Maxima in erzgebirgischer Richtung zwischen  $40^\circ$  und  $50^\circ$  und in herzynischer Richtung bei  $140^\circ$ . Schließlich ist ein, wenn auch nur gering ausgebildetes Maximum bei  $70^\circ$  zu beobachten. Die zum rheinisch longitudinalen Maximum bei  $10^\circ$  ansteigende Kurve zeigt bei  $170^\circ$  einen deutlichen Knick, der ebenfalls als ein Maximum ausgelegt werden muß. Hier kommen also die sechs Maxima, mit denen wir es immer wieder zu tun haben, auch im Diagramm zum Ausdruck, während wir sie in den vorhergehenden Formationsstufen nur in den Tabellen erkennen konnten.

Auf eine eigenartige Erscheinung muß noch aufmerksam gemacht werden. Im folgenden Diagramm ist die Verteilung der Kluftrichtungen im Doggersandstein verschiedener, durch Verwerfungen begrenzter Schollen angegeben.



Figur 4.

Verteilung der Kluftrichtungen im Doggersandstein der Scholle östlich der Pegnitzverwerfung (ausgezogene Linie), der Scholle zwischen der Aufseßtal- und der Walberleverwerfung (gestrichelte Linie) und der Scholle westlich der Walberleverwerfung (punktirierte Linie).

Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, daß die rheinischen Richtungen, von unbedeutenden Abweichungen abgesehen, konstant bleiben. Die Richtungen des erzgebirgisch herzynischen Systems jedoch ändern sich von Nordosten gegen Südwesten zu je um  $10^\circ$  im Uhrzeigersinn. Oestlich der Pegnitzrandverwerfung liegen die Maxima bei  $40^\circ$  und  $130^\circ$ , die der Scholle zwischen Aufseßtal- und Walberleverwerfung streichen bei  $50^\circ$  und  $140^\circ$ , während die der westlich davon gelegenen Scholle bei  $60^\circ$  und  $150^\circ$  verlaufen. Ob dieses auffällige Wandern der erzgebirgischen und herzynischen Richtung bei Konstanz des rheinischen Systems rein zufällig ist oder ob eine gewisse Gesetzmäßigkeit darinnen verborgen liegt, kann heute noch nicht erkannt werden.

### e) Die Kluftrichtungen im Malm.

In den Malmablagerungen müssen wir zwischen zwei Ausbildungsarten unterscheiden: einerseits der Normalfazies, andererseits der massigen Fazies. Erstere umfaßt die gebankten Weißjurakalke und beschränkt sich bei uns im nördlichen Frankenjura im wesentlichen auf den unteren und mittleren Malm. Die massige Ausbildungsweise des Weißen Jura setzt sich zusammen aus den Schwammkalken sowie dem Frankendolomit. Die Schwammkalke finden sich sowohl im unteren wie im mittleren Malm. Der Frankendolomit, der aus jenen im wesentlichen durch Dolomitisierung entstanden ist, findet sich von Malm  $\beta$ , den Werkkalken, an aufwärts. Ueberlagert wird er an einigen Stellen (z. B. bei Bronn und Weidensees) wieder von Bankfazies, die stratigraphisch dem unteren  $\zeta$  entspricht und in der nördlichen Frankenalb nur eine geringe Verbreitung besitzt.

#### A. Kluftrichtungen in der gebankten Fazies des Malm.

Da für unsere Ueberlegungen eine Trennung der in der Bankfazies angetroffenen Steinbrüche nach stratigraphischen Gesichtspunkten keine besonderen Ergebnisse gezeitigt hat, so führe ich im Nachfolgenden die einzelnen Aufschlüsse rein geographisch an.

Beginnen wir bei der Betrachtung der einzelnen in der Normalfazies angelegten Steinbrüche wieder im Nordosten unseres Untersuchungsgebietes, so wären hier zunächst einige an der Straße Hollfeld – Schönfeld in nächster Nähe der Störungslinie gelegene Aufschlüsse zu nennen. Stratigraphisch befinden sie sich im unteren Malm. Die auftretenden Maxima liegen bei  $15^\circ$ ,  $55^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $145^\circ$  und  $170^\circ$ . Einige Kilometer südlich davon sind bei Planckenfels die Steinbrüche von Allneuwirtshaus angelegt. Dort sind die Maxima von  $15^\circ$  und  $100^\circ$  auf  $30^\circ$  und  $120^\circ$  verschoben; die anderen hingegen verlaufen ungefähr in derselben Richtung wie oben, nämlich bei  $50^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $140^\circ$  und  $170^\circ$ . In den in den Werkkalken angelegten Steinbrüchen des Zipser Berges bei Pegnitz häufen sich die Kluftrichtungen bei  $30^\circ$  und  $120^\circ$ . Ein drittes Maximum läßt sich noch bei  $50^\circ$  erkennen, während die übrigen nicht zur Geltung kommen.

Bei Zusammenfassung aller am Nordostrande unseres Untersuchungsgebietes in der Normalfazies des Malm gemessenen Kluftrichtungen ergeben sich sechs Maximumlagen bei  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $150^\circ$  und  $170^\circ$ . Die drei zuletzt genannten Richtungen zeigt auch die Lichtenfels – Pegnitzer Verwerfung, die von Pegnitz bis Oberhauenstein  $120^\circ$ , von Oberhauenstein bis zur Schweinsmühle im Ailsbachtal  $150^\circ$  und von da ab nordwärts  $170^\circ$  streicht. Man sollte nun annehmen, daß bei den Klüften diese Richtungen auch prozentual über den drei senkrecht zu ihnen verlaufenden stehen. Gerade das Gegen-



teil ist der Fall. Auf die Richtung bei  $30^\circ$  treffen 30 %, bei  $60^\circ$  18 %, bei  $120^\circ$  25 % und bei  $150^\circ$  nur 16 %. Auf die Richtungen  $80^\circ$  und  $170^\circ$ , auf die ohnehin nur wenige Klüfte entfallen, kommen 6 % und 5 %. Wir müssen allerdings das eine bedenken, daß, worauf in der Literatur zuletzt v. B u b n o f f aufmerksam gemacht hat, die Anzahl der in einer bestimmten Richtung gemessenen Klüfte ganz von den Aufschlußverhältnissen abhängt, mit anderen Worten, daß der jeweils angegebene Betrag der prozentualen Verteilung nur qualitativ, nicht quantitativ bewertet werden darf.

Am westlichen Albrand finden wir am weitesten im Norden die in der Werkkalkstufe gelegenen Steinbrüche zwischen Zeegendorf und Teuchatz. Die maximalen Richtungen streichen hier bei  $10^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  und  $150^\circ$ . Die etwa 15 km südlich davon gelegenen Steinbrüche an der Südspitze der Langen Meile bei Oberweilersbach weisen die Richtungen  $10^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$  und  $130^\circ$  auf; die sechste Richtung, die dem Maximum bei  $80^\circ$  entspricht und ungefähr  $N 10^\circ W$  streichen müßte, ist nicht erkennbar.

In den Steinbrüchen nördlich von Ebermannstadt finden wir wieder etwas abgeänderte Maximalrichtungen, nämlich  $20^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $110^\circ$ ,  $140^\circ$  und  $160^\circ$ . Diese leichte Verdrehung der Richtungen scheint indessen nur lokaler Natur zu sein; denn in einigen Steinbrüchen Wiesen aufwärts zwischen Streilberg und Muggendorf finden wir wieder die obigen Richtungen  $10^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  und  $165^\circ$ . Die ausgesprochen erzgebirgische Richtung fällt hier ebenso wie noch weiter talaufwärts zwischen Muggendorf und Stempfermühle, wo Maxima bei  $00^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $110^\circ$  und  $150^\circ$  ausgebildet sind, weg.

Kehren wir nun zum Albrande zurück, so finden wir im Ehrenbachtal bei Oberehrenbach, hoch oben am Hang, einen Steinbruch, in dem hauptsächlich die Richtungen bei  $30^\circ$  und  $120^\circ$  ausgebildet sind.

Am Leyerberg, einem Zeugenberg unweit Erlangen, sind wieder die Maxima bei  $10^\circ$  und  $100^\circ$  vorherrschend, weitere finden sich bei  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $120^\circ$ . In den Brüchen um Gräfenberg scharen sich die Klüfte um die Maxima bei  $10^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $120^\circ$ . Doch schon 6 km südöstlich davon, bei Oberdorf, treten wieder sechs Maxima auf, und zwar bei  $10^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  und  $150^\circ$ . Wenige Kilometer weiter östlich finden wir im Tal des Ifflinger Baches die maximalen Richtungen von  $00^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  und  $140^\circ$ .

Sämtliche am Westrand der nördlichen Frankenalb in der Bankfazies des Malm gemessene Kluffrichtungen zeigen in einer Zusammenstellung deutliche Maxima bei  $10^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  und  $150^\circ$  an. Die  $30^\circ$ -Richtung kommt dabei gar nicht zur Geltung, doch ist die um  $90^\circ$  von ihr verschiedene Richtung bei  $120^\circ$  am zweitbesten nach der Richtung bei  $10^\circ$  ausgebildet. Daß die  $30^\circ$ -Richtung nicht in Erscheinung tritt, ist nicht eine Folge der Art der Zusammenstellung, sondern sie ist tatsächlich in verschiedenen Steinbrüchen nicht ausgebildet, in anderen trifft sie, mit den übrigen Richtungen verglichen, sehr stark zurück.

Sehr gut aufgeschlossen ist die Normalfazies des Malm im oberen Pegnitztal. Die hier angelegten großen Steinbrüche ergaben eine stattliche Zahl von Kluffmessungen. Die nördlichsten Brüche befinden sich unterhalb Rupprechtslegen. Hier ließen sich maximale Richtungen bei  $00^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $110^\circ$  und  $160^\circ$  nachweisen: Dieselben Richtungen finden sich in den Aufschlüssen am östlichen Talhang bei Artelshofen; jedoch ist hier die Richtung  $00^\circ$  überhaupt nicht ausgebildet. In den Brüchen westlich Vorra dagegen häufen sich die Klüfte nur in vier Richtungen, und zwar bei  $00^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $115^\circ$ . Am Hohensfädter Fels, wo die Pegnitz aus ihrer Nordsüdrichtung in

die Ostwestrichtung umschwenkt, sind wiederum sechs maximale Kluftrichtungen ausgebildet. Sie liegen bei 10°, 30°, 50°, 100°, 120° und 140°. Wenige Kilometer westlich des Hohenstädter Felses zeigen die Steinbrüche am Steinberg bei Hersbruck Maxima bei 10°, 40°, 90°, 110°, 130° und 170°. Besonders zahlreich sind die Klüfte in der Ostwestrichtung (90°) und der fast senkrecht darauf stehenden (170°).

Zusammenfassend läßt sich also für die Brüche des Pegnitztales sagen, daß die Richtungen 00°, 40°, 90° und 110° maximal ausgebildet sind. Ein schwaches Maximum zeigt sich noch bei 140°.

Stellen wir sämtliche in der Normalfazies gemessenen Kluftrichtungen zusammen, so erhalten wir folgende Tabelle :

Malm Normalfaz.											
46	Hollfeld . . . . .	15°			55°	80°	100°			145°	170°
47	Altneuwirtshaus .		30°	50°	80°			120°	140°	170°	
48	Pegnitz . . . . .		30°	50°				120°			
49	Ebermannstadt .		20°	45°	80°		110°		140°	160°	
50	Zeegendorf . . .	10°	30°	60°		90°		120°		150°	
51	Ober-Weilersbach	10°		50°	80°	100°			130°		
52	Streitberg . . . .	10°	30°					120°			165°
53	Muggendorf . . .	00°	30°				110°			150°	
54	Ober-Ehrenbach .		30°					120°			
55	Leyerberg . . . .	10°	30°	60°		100°		120°			
56	Gräfenberg . . .	10°		40°			90°	120°			
57	Oberdorf . . . . .	10°	30°	50°			90°	120°		150°	
58	Ithling . . . . .	00°	30°	60°			90°	120°	140°		
	Westrand zus. . .	10°		50°			90°	120°		150°	
59	Rupprechtstegen.	00°	30°		70°	90°		110°			160°
60	Artelshofen . . .		30°		70°	90°		110°			160°
61	Vorra . . . . .	00°		40°			90°	115°			
62	Hohenstadt . . . .	10°	30°	50°			100°	120°		140°	
63	Hersbruck . . . .	10°		40°			90°	110°	130°		170°
	Pegnitztal zus. .	00°		40°			90°	110°		140°	
	Zusammenfassung	10°	30°			90°		120°			

Tabelle 4.

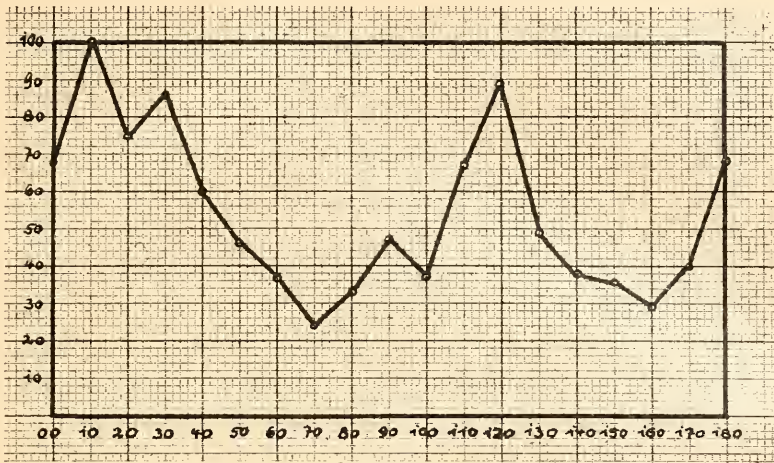
Das Diagramm der Kluftrichtungen sämtlicher Aufschlüsse in der gebankten Fazies des Malm sieht demnach folgendermaßen aus (siehe nächste Seite).

Überaus deutlich treten vier Maxima auf, zwei in rheinisch longitudinaler Richtung bei 10° und 30° und zwei in rheinisch transversaler Richtung bei 90° und 120°. Was nun das erzgebirgisch herzynische System betrifft, so können wir in den beiden absteigenden Aesten der Kurve zwischen 30° und 70° und zwischen 120° und 160° zwei schwache Knicke bei 60° und 150° bemerken, die wohl die erzgebirgische und die herzynische Richtung vorstellen können.

Die Diagramme der Kluftrichtungen in der Normalfazies des Malm, getrennt nach ihrem Auftreten in den einzelnen Schollen, zeigt Figur 6 auf der nächsten Seite.

Bei Betrachtung von Fig. 6 finden wir wiederum Verhältnisse ganz eigener Art, die leider ebenfalls noch nicht erklärt werden können (vielleicht überhaupt nie geklärt werden können, weil im nördlichen Frankenalb gerade diejenigen

Sedimente nicht zur Ablagerung gekommen sind, die zu einer genauen Feststellung der tektonischen Geschichte unbedingt nötig wären).



Figur 5.



Figur 6.

Verteilung der Kluffrichtungen in der Normalfazies des Malm der Scholle östlich der Pegnitzrandverwerfung (ausgezogene Linie), der Scholle zwischen der Pegnitzrand- und der Aufseßtalverwerfung (gestrichelte Linie), der Scholle zwischen der Aufseßtal- und der Walberleververfung (punktierete Linie) und der Scholle westlich der Walberleververfung (strichpunktierete Linie).

Eine dieser auffälligen Erscheinungen in den vorstehenden Diagrammen ist z. B. das Verhalten der rheinischen Richtungen. In den Schollen östlich der Walberleververfung liegen die Maxima der rheinischen longitudinalen Richtung bei  $10^\circ$  und  $30^\circ$ , die der rheinisch transversalen Richtung bei  $90^\circ$  bzw.  $100^\circ$  und  $120^\circ$ . In der Scholle westlich der Walberleververfung hingegen zeigt die rheinisch longitudinale Richtung Maxima bei  $170^\circ$  und  $30^\circ$ , die rheinisch transversale bei  $80^\circ$  und  $120^\circ$ .

Auch das Verhalten der herzynischen Richtung ist sehr sonderbar. Während die Schollen östlich der Walberleverwerfung kein Maximum in herzynischer Richtung erkennen lassen, tritt auf der Scholle westlich der Walberleverwerfung ein deutliches und ziemlich stark ausgebildetes Maximum bei  $150^\circ$  auf. Wie schon oben gesagt, konnte ich leider keine Erklärung für diese merkwürdigen Erscheinungen finden.

### B. Kluftrichtungen in der massigen Fazies des Malm.

Im Gegensatz zur gebankten Fazies des Malm finden wir im Bereich der massigen Ausbildungsweise fast keine künstlichen Aufschlüsse. Seinen Grund hat das darin, daß Steinbrucharbeiten in der massigen Fazies viel größeren Schwierigkeiten begegnen als in der gebankten und sich ihre Gesteine zu Bauzwecken auch meist wenig eignen. Ich mußte deshalb zu meinen Klufmessungen hauptsächlich Felsbildungen heranziehen, die teilweise ja auch Klüftung aufweisen. Jedoch sind die Kluffflächen meist von der Verwitterung stark angegriffen, worunter die Genauigkeit der Messungen leiden mußte.

#### 1. Verschwammte Kalke des unteren und mittleren Malm.

Die meisten hier zu behandelnden Kluftrichtungen wurden an Felsbildungen im oberen Pegnitztal gemessen. Bei der Verarbeitung des angefallenen Materials erhielt ich Maxima in folgenden Richtungen: bei  $00^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  und  $150^\circ$ . Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, daß nicht an jeder einzelnen Felsbildung sämtliche sechs maximalen Richtungen festgestellt werden konnten; am häufigsten traten die Richtungen  $40^\circ$  und  $120^\circ$  auf, weniger oft die Richtungen  $00^\circ$  und  $90^\circ$ . Die Maxima  $60^\circ$  und  $150^\circ$  war nur schwach angedeutet.

#### 2. Frankendolomit.

Von zwei Steinbrüchen, bei Michelfeld in der Oberpfalz und Neuensorg unweit Velden, abgesehen, wurden auch hier sämtliche Klufmessungen an Felsbildungen vorgenommen. Die Ungenauigkeit der Messungen an angewitterten Kluffflächen wird sicherlich ausgeglichen durch die große Zahl der Messungen, die ausgeführt werden konnten.

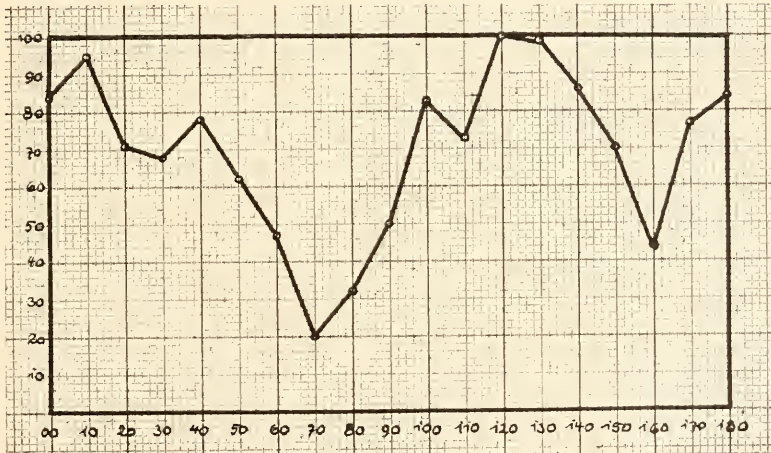
Die im oberen Pegnitztal gemessenen Kluftrichtungen weisen Maxima bei  $20^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $140^\circ$  und  $170^\circ$  auf. Um diese Zahlen in den beiden Systemen unterzubringen, sind vielleicht für das rheinische System  $170^\circ$  und  $20^\circ$  sowie  $100^\circ$  und  $120^\circ$  und für das erzgebirgisch herzynische  $60^\circ$  und  $140^\circ$  zusammenzunehmen. Die Winkeldifferenz beträgt zwar nirgends genau  $90^\circ$ . Zurückzuführen ist dies indessen wohl auf den geringen Genauigkeitsgrad der Messungen.

Südwestlich von Pegnitz ergaben sich Maxima bei  $10^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $120^\circ$  und  $170^\circ$ ; ganz ähnlich streichen die Werte nordwestlich Pegnitz, nämlich bei  $10^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $130^\circ$  und  $170^\circ$ . In den an Felsbildungen überaus reichen Tälern der Umgebung von Pottenstein lassen sich als Maxima die Richtungen bei  $10^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $100^\circ$ ,  $140^\circ$  und  $170^\circ$  feststellen. Sowohl für diese Werte als auch für jene der Pegnitzer Gegend ergibt sich ohne weiteres die Einreihung der Richtungen  $170^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $80^\circ$  und  $100^\circ$  in das rheinische und der Richtungen  $40^\circ$  bzw.  $50^\circ$  und  $120^\circ$  bzw.  $130^\circ$  bzw.  $140^\circ$  in das erzgebirgisch herzynische System. Im oberen Wiesenttal zwischen Hollfeld und Waischenfeld weichen die maximalen Richtungen etwas von den bisher an-

geführten ab. Die Hauptstreichrichtungen sind nämlich auf vier dezimiert. Ihr Verlauf wird ausgedrückt durch die Werte  $00^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  und  $130^{\circ}$ .

Nr.	Malm mass. Faz.											
	Schwammkalke											
64	oberes Pegnitztal	$00^{\circ}$		$40^{\circ}$	$60^{\circ}$		$90^{\circ}$		$120^{\circ}$		$150^{\circ}$	
	Frankendolomit											
65	oberes Pegnitztal		$20^{\circ}$		$60^{\circ}$		$100^{\circ}$		$120^{\circ}$		$140^{\circ}$	$170^{\circ}$
66	SW. Pegnitz . . .	$10^{\circ}$		$40^{\circ}$		$80^{\circ}$	$100^{\circ}$		$120^{\circ}$			$170^{\circ}$
67	NW. Pegnitz . . .	$10^{\circ}$		$50^{\circ}$		$80^{\circ}$	$100^{\circ}$		$130^{\circ}$			$170^{\circ}$
68	Pottenstein . . .	$10^{\circ}$		$40^{\circ}$		$80^{\circ}$	$100^{\circ}$			$140^{\circ}$		$170^{\circ}$
69	Waischenfeld . .	$00^{\circ}$		$40^{\circ}$			$90^{\circ}$		$130^{\circ}$			$170^{\circ}$
	Zusammenfassung	$10^{\circ}$		$40^{\circ}$		$80^{\circ}$	$100^{\circ}$		$130^{\circ}$			$170^{\circ}$

Tabelle 5.



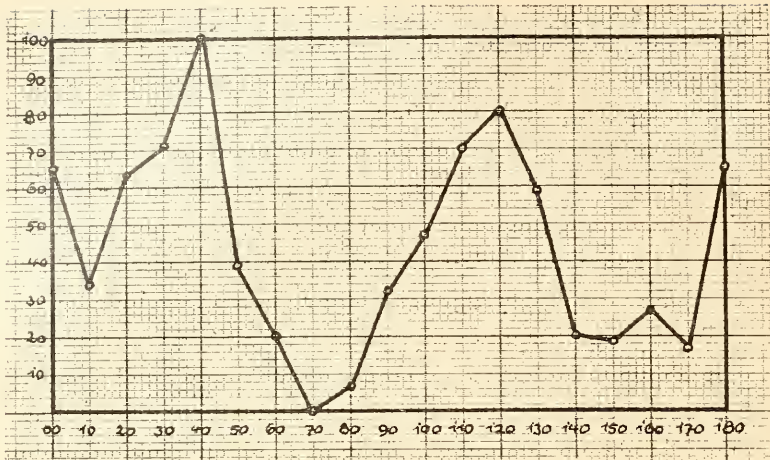
Figur 7.

Das Diagramm für alle in der massigen Fazies des Malm gemessenen Kluftrichtungen zeigt nur vier Maxima an, bei  $10^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $100^{\circ}$  und  $120^{\circ}$ . Vor allem vermissen wir die Maxima bei  $80^{\circ}$  und  $170^{\circ}$ , die im Frankendolomit, wie aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich, so überaus häufig sind. Da aber gerade diese beiden Maxima in den Schwammkalken nicht ausgebildet sind, wird es zweckmäßig sein, wenn wir die Kluftrichtungen in den Schwammkalken und im Frankendolomit je in einem besonderen Diagramm untersuchen.

Das Diagramm der Kluftrichtungen in den Schwammkalken zeigt deutliche Maxima bei  $00^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$  und  $160^{\circ}$ . Außerdem ist noch je ein Maximum angedeutet bei  $20^{\circ}$  und bei  $90^{\circ}$ .

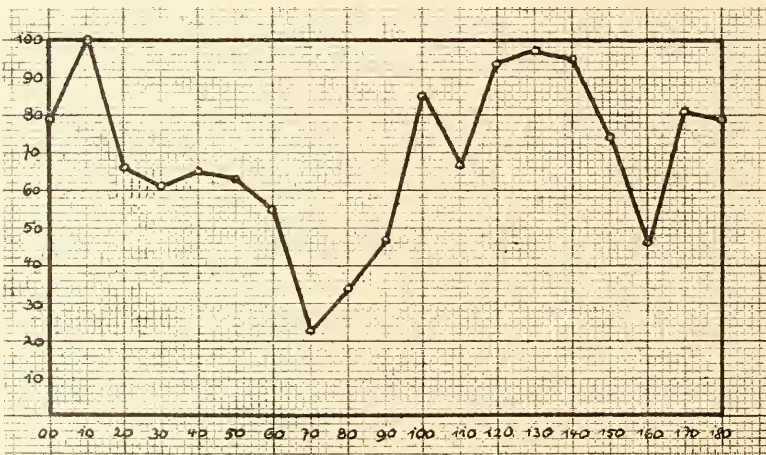
Etwas anders verlaufen die Maxima im Frankendolomit. Dort finden wir nämlich ausgeprägte Maxima bei  $10^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $100^{\circ}$ ,  $130^{\circ}$  und  $170^{\circ}$ . Das in der Tabelle so stark hervortretende Maximum bei  $80^{\circ}$  kommt in der Kurve nur

## I. Die Kluftrichtungen in den Schwammkalken.



Figur 8.

## II. Die Kluftrichtungen im Frankendolomit.

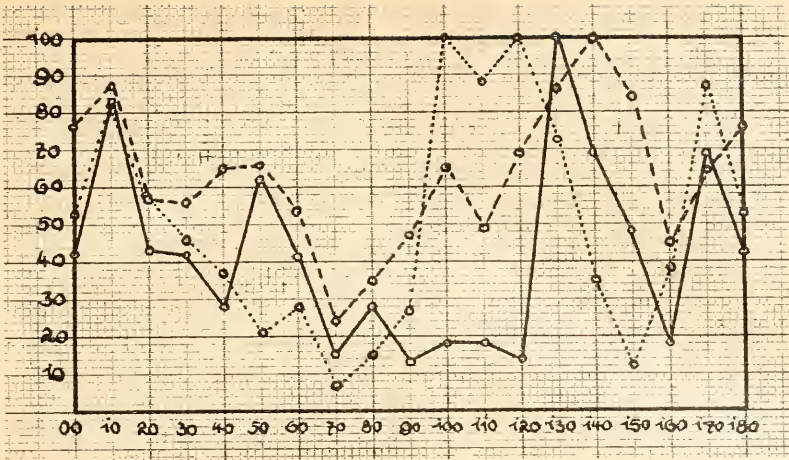


Figur 9.

insofern zum Ausdruck, daß der aufsteigende Ast der Kurve zwischen 70° und 100° nicht so stetig verläuft, wie es gewöhnlich der Fall ist, sondern gleich steil zu dem Werte für die Richtung 80° ansteigt, woraus auf ein Maximum in dieser Richtung geschlossen werden darf.

Die Kluftrichtungen im Frankendolomit der einzelnen Schollen sind in Fig. 10 dargestellt. (Siehe nächste Seite.)

Fig. 10 läßt deutlich die Maxima des rheinischen Systems in allen drei Schollen konstant bei 10°, 100° und 170° erkennen. Das Maximum der erzgebirgischen Richtung schwankt zwischen 40° und 50°, während das der herzynischen Richtung zwischen 120° und 140° verläuft.



Figur 10.

Verteilung der Kluffrichtungen im Frankendolomit der Scholle östlich der Pegnitzrandverwerfung (ausgezogene Linie), der Scholle zwischen der Pegnitzrand- und der Aufseßtalverwerfung (gestrichelte Linie) und der Scholle zwischen der Aufseßtal- und der Walberleverwerfung (punktierte Linie).

f) Die Kluffrichtungen in der Kreide.

Die Kreide ist in dem von mir bearbeiteten Gebiet nur durch den ober-  
 turonen Veldensteiner Sandstein vertreten. Die wenigen Steinbrüche, die ehe-  
 mals in ihm angelegt worden sind, sind heute fast alle verwachsen und werden  
 bei der mürben Beschaffenheit des Gesteins meist nur noch zur Sandgewin-  
 nung benutzt. Beim „Schutzengel“ im Veldensteiner Forst westlich Fisch-  
 slein lassen sich noch die Richtungen 30° und 130° feststellen. Einige Kilo-  
 meter weiter nördlich, am Kühkopf, scharen sich die Klüfte um die Richtun-  
 gen 10°, 50°, 90° und 130°, während bei Auerbach in der Oberpfalz die Maxima  
 bei den Richtungen 00°, 30°, 60°, 100° und 130° liegen. Wir können hier also  
 wieder die beiden Kluffsysteme erkennen, das rheinische mit den Höchst-  
 beträgen bei 00°, 30° und 100° und das erzgebirgisch herzynische mit solchen  
 bei 60° sowie 130°.

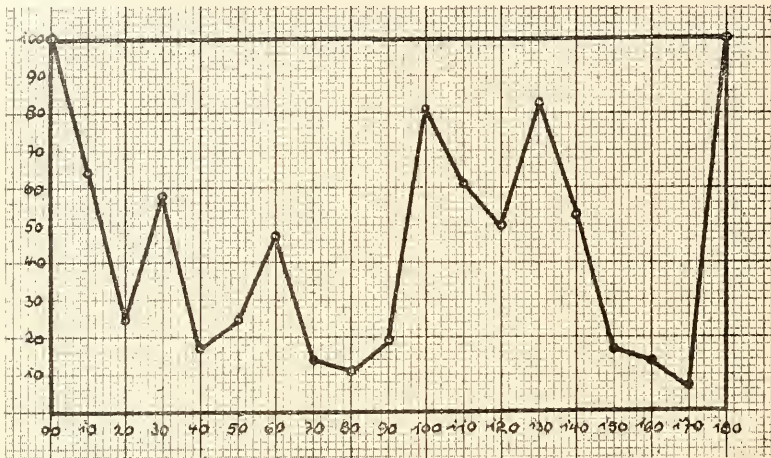
Nr.	Veldenst. Sdst.						
70	Schutzengel . . .		30°				130°
71	Kühkopf . . . . .	10°		50°		90°	130°
72	Auerbach i. O. . . .	00°	30°		60°	100°	130°

Tabelle 6.

VIII. Das Alter der Klüfte.

Bei der Frage nach dem Alter der Klüfte müssen wir von der Voraus-  
 setzung ausgehen, daß die Klüfte entstanden sind durch die Ueberbeanspru-  
 chung des Gesteinsmaterials, sei es durch Zug, durch Druck oder durch Schub.  
 Bei der experimentellen Untersuchung hat sich nun ergeben, daß Probe-  
 körper, die einer Druckbeanspruchung unterzogen werden, nach ganz bestimm-

ten Richtungen zerbrechen. Dabei entstehen je nach der Gestalt des Probekörpers entweder Kegel oder Pyramiden, die begrenzt werden durch die sogenannten Luederschen oder Mohrschen Flächen. Die Grundflächen stehen dabei senkrecht zur Druckrichtung. Im Gegensatz dazu gelang es F o e p p l (1900), mit geschmierten Druckflächen Brüche in und senkrecht zur Druckrichtung zu erzielen, S t i e l e r hat (1923) dieses System das C l o o s s c h e genannt. Günstigenfalls können also vier verschiedene Zerbrechungsflächen auftreten. Im vorhergehenden Teil der Arbeit ist aber das Vorhandensein von sechs maximalen Kluftrichtungen festgestellt worden. Dies läßt die Annahme berechtigt erscheinen, daß die Klüfte nicht alle gleichzeitig entstanden sein können.



Figur 11.

Das Diagramm zeigt deutlich das Fehlen der Maxima bei  $80^{\circ}$  und  $170^{\circ}$ , worauf weiter unten noch näher eingegangen wird.

Im Folgenden sei es mir gestattet, die der nördlichen Frankenalb benachbarten Gebiete mit in den Kreis meiner Betrachtungen zu ziehen, da in ihnen schon manche tektonischen Einzelheiten genau untersucht worden sind — ich erinnere nur an die Arbeiten von K l ü p f e l und S e e m a n n für das östlich anschließende Gebiet — während die Tektonik der nördlichen Frankenalb nur im Großen geklärt ist und Spezialuntersuchungen fast ganz ausstehen.

Bereits der Altmeister der bayerischen Geologie, Wilhelm v. G ü m b e l, spricht in seiner Geognostischen Beschreibung der Frankenalb von zwei Gebirgsbildungsphasen, der präcenomanen und der tertiären. Daß bereits im Präcenoman eine Zerklüftung des Gebietes erfolgt sein muß, zeigt sehr deutlich die Gegend von Regensburg. Dort sind nämlich die stratigraphisch dem Malm angehörenden plumpen Felsenkalke stark zerklüftet und die Klüfte selbst mit den sogenannten Schulfelsschichten ausgefüllt, welche letztere cenomanen Alters sind.

In das Präcenoman fallen nun nach S t i l l e (1924) drei Gebirgsbildungen: die altkimmerische, die jungkimmerische und die austrische.

Die altkimmerische Faltung ist noch triadischen Alters und hat wohl kurz vor oder in der Rhätzeit stattgefunden. Nach R ü g e r (1924) fehlen nun in Elsaß-Lothringen ebenso wie in Teilen der Schweiz die Feuerletten. In der



nördlichen Frankenalb ist zwischen den Sandsteinen des nicht zu trennenden unteren und mittleren Rhät und den Schiefertönen des oberen Rhät eine deutliche Diskordanz zu sehen. Diese Tatsachen hat bereits *B e u r l e n* (1926 p. 204) mit der altkimmerischen Gebirgsbildung in Zusammenhang gebracht. Die vorliegenden Klüftuntersuchungen bringen darüber jedoch keine klare Entscheidung. Die Klüfte der Sandsteine des mittleren und oberen Keupers bevorzugen nämlich beinahe dieselben Richtungen wie etwa der Sandstein des Dogger. Wenn die Tatsache der gleichen Klüftrichtungen im Keuper wie im Dogger auch nicht den Schluß zuläßt, daß in der obersten Trias keine Gebirgsbildung in Franken stattgefunden hat — werden doch bereits einmal angelegte Klüfte ebenso wie viele Verwerfungen posthum wieder benützt werden —, so spricht doch diese Tatsache ebenso wenig für eine präjurassische Orogenese.

Die jungkimmerische Gebirgsbildung ist für Mitteleuropa die bedeutendste Phase der saxonischen Faltung. Sie fällt in die Zeit zwischen dem Kimmeridge und dem Obervalanginien. *F. D a h l g r ü n* (1921) konnte sie im mittleren Leinegebiet in drei Unterphasen zerlegen: die erste und zugleich die Hauptphase ist die Deisterphase, welche zwischen dem Kimmeridge und dem unteren Porlland stattgefunden hat. Die zweite Phase ist die Osterwaldphase; sie liegt im oberen Porlland zwischen Mündel Mergel und Serpulit. Die dritte oder Hilsphase gehört bereits der unteren Kreide an; ereignet hat sie sich zwischen dem Wealden-Ton und dem Obervalanginien.

Übertragen wir obige, von *S t i l l e* und seinen Schülern durchgeführte Eingliederung der Gebirgsbildungsphasen in die nordwestdeutsche Schichtenfolge auf süddeutsche Verhältnisse, so erhalten wir die Deisterphase an der Grenze von Malm  $\epsilon$  zu Malm  $\zeta$ , also vor Ablagerung der Beckerizone; die Osterwaldphase hat nach Ablagerung der Reisbergkalke und vor der Sedimentation der Neuburger Bankkalke stattgefunden. Die Hilsphase fällt in die große Lücke der Unterkreide.

Bei Kleinziegenfeld zeigt sich nun nach *P a u l D o r n* (1928) folgendes Profil: dickgebankter Frankendolomit, der dolomitisiertem Malm  $\delta$  entspricht, wird überlagert von massigem Frankendolomit (Malm  $\epsilon$ ). Diese massige Ausbildungsweise geht über in dünngebankten Frankendolomit, dessen mehr oder weniger dicke Platten durch Straßenbau aufgeschlossen sind. Nach oben zeigt dieser plattige Dolomit einen allmählichen Uebergang in die Plattenkalke, wie dies auch bei Weidensees zu beobachten ist. Plattendolomit und Plattenkalke entsprechen stratigraphisch der Beckerislufe (unteres  $\zeta$ ) *S c h n e i d s* (1914—15). Den Solnhofer Plattenkalken gleich zu stellende Ablagerungen sind in der nördlichen Frankenalb nicht ausgebildet. Von einer Diskordanz, die auf eine Gebirgsbildung zur Zeit der Deisterphase schließen ließe, ist nach allen Geländebeobachtungen nichts zu bemerken.

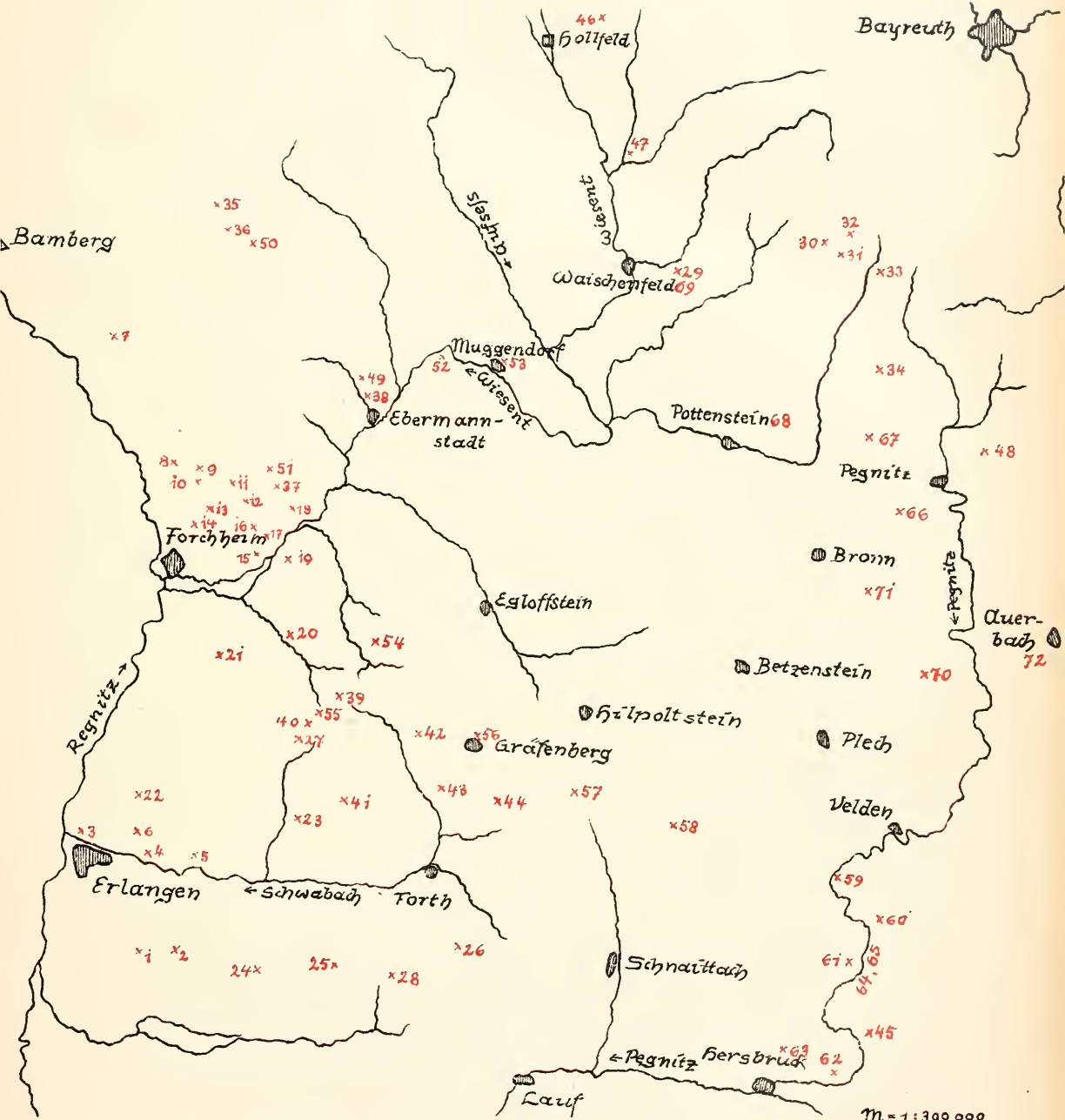
Auch die Osterwaldphase scheint auf unser Gebiet nicht eingewirkt zu haben. Zwar fehlen in der nördlichen Frankenalb die entsprechenden Ablagerungen, sie sind jedoch in der südlichen Frankenalb vorhanden. *S c h n e i d* konnte a. a. O. dort konkordante Ablagerungen der obertithonischen Neuburger Kalke (Stufe der *Berriasella ciliata* *Schneid*) auf die blauen Bankkalke der Reisbergschichten feststellen. Schön ist dieser Uebergang bei Neuburg an der Donau aufgeschlossen, und zwar in den Steinbrüchen an der Donauwörther Straße, in den Steinbrüchen auf der Ostseite des Burgholzes und am Finkenstein.

Es bleibt sodann von den drei Phasen der jungkimmerischen Gebirgsbildung nur noch die letzte, die Hilsphase übrig. Nachdem im gesamten nördlichen Bayern jegliche Ablagerung der Unterkreide fehlt und Gebirgsbildung — wie oben erwähnt — unbedingt vor Ablagerung des Cenomans stattgefunden haben muß, so wäre der Nachweis für gebirgsbildende Tätigkeit der Hilsphase in unserem Gebiet nur dann erbracht, wenn im Präcenoman keine weitere orogenetische Phase in Erscheinung treten würde.

Jedoch konnte für diese Zeit in verschiedenen Teilen der Erde noch eine etwas jüngere Gebirgsbildungsphase bemerkt werden, die wegen ihrer besonderen Bedeutung für die östlichen Teile der nördlichen Kalkalpen von Stille als die austrische bezeichnet wurde. Im nördlichen Deutschland sind zwar nur ganz schwache, tektonische Bewegungen dieser Phase nachzuweisen, doch ist es immerhin möglich, daß die austrische Gebirgsbildung auf das viel näher gelegene Nordbayern ganz anders eingewirkt hat als auf das weit entfernte Norddeutschland. Es ist leider keinerlei Anhaltspunkt dafür zu finden, welche von diesen beiden in Betracht kommenden Gebirgsbildungsphasen der jungkimmerischen, genauer der Hilsphase, oder der austrischen Faltung tektonische Bedeutung für die nördliche Frankenalb zukommt. Infolge des völligen Fehlens der Unterkreide wird auch eine vollkommene und eindeutige Lösung des Problems der präcenomanen Gebirgsbildung kaum möglich sein.

In die Oberkreide fällt die subherzynische Faltung Stilles, welche die Aufrichtung und Ueberkipfung der mesozoischen Schichten am Nordrand des Harzes und die Heraushebung des Harzes selbst bewirkt hat. Es hat sich dort eine Teilung in zwei Phasen ermöglichen lassen: die eine, die sogenannte Ilse-Phase, ist die ältere und liegt zwischen unterem und oberem Emscher, die zweite ist Wernigeröder Phase genannt und hat zwischen den unteren und den oberen Granulatschichten stattgefunden. Da aber, vom Heldmannsberger Sandstein abgesehen, jüngere Kreideablagerungen als Overturon (Veldensteiner Sandstein) in Nordbayern nicht bekannt sind, kann nicht festgestellt werden, ob im Emscher oder im Senon gebirgsbildende Bewegungen sich vollzogen haben. Bei der evtl. Annahme von austrischer Faltung für unser Gebiet würde die subherzynische Gebirgsbildung nach Stille (1924 p. 154) schon deswegen kaum in Betracht zu ziehen sein, weil diese jüngere interkretazische Phase nur da tätig gewesen zu sein scheint, wo die ältere (austrische) nicht in Erscheinung getreten ist.

Ins Untersenon sind die jüngsten Kreideablagerungen im westlichen Randgebiet der böhmischen Masse zu stellen. Es sind dies blaugraue, weiche, tonige Mergel, die durch Tiefbohrungen im Liegenden von über 60 m mächtigen Tertiärablagerungen bei Moosham, Alt-Egloffstein und Hellkofen erschlossen wurden. Nach dem zuletzt genannten Fundort wurden sie Hellkofener Mergel genannt. Alle zum zeitlichen Fixieren der Gebirgsbildungsvorgänge geeigneten Ablagerungen fehlen von diesen senonen Hellkofener Mergeln an bis hinauf ins Obermiozän, der Entstehungszeit der Oberpfälzer Braunkohlenlager. Gerade in diese Zeit fallen aber bedeutende Erdkrustenbewegungen, so vor allem nach Klüpfel (1923 p. 32 f.) die Hauptbewegungen an den wahrscheinlich schon präcenoman angelegten Randspalten, welche die böhmische Masse und das Fichtelgebirge im Südwesten begrenzen. In diese Periode sind auch die Uberschiebungserscheinungen der böhmischen Masse auf das mesozoische bzw. neozoische Vorland bei Straubing und evtl. auch im Bodenwöhrer Becken bei Erzhäuser sowie die Uberschiebung von Diabas auf Keuper (Schilfsandstein) bei Ludwigschorgast am Südwestrand des





Frankenwaldes einzureihen. In die gleiche Zeit muß auch die Entstehung der Donaurandspalte bei Straubing gesetzt werden.

Nach Stille finden wir nun für die Zeit vom Unteren bis zum Obermiozän vier Faltungsphasen. Die älteste ist die laramische Gebirgsbildung, die in den Ostalpen die bayerische genannt wird. Sie liegt an der Grenze von Kreide und Tertiär und ist in Mittel- und Nordwestdeutschland zeitlich ziemlich genau festzulegen; weniger gelingt dies in den Ostalpen, wo lediglich vorobereozänes Alter bestimmt werden kann.

Als nächste jüngere Gebirgsbildung wäre die pyrenäische zu nennen. Sie kann wohl an die Grenze vom Eozän zum Unteroligozän gestellt werden. In den Ostalpen scheint sie von untergeordneter Bedeutung zu sein, ist aber für Mitteldeutschland deutlich im subherzynischen Becken und im Meißner Gebiet erkannt worden.

Die hier noch zu nennenden beiden letzten vorobermiozänen Gebirgsbildungen treten an Bedeutung hinter den beiden ersten, der laramischen und der pyrenäischen, zurück. Beide sind in den Ostalpen gut zu erkennen und haben ihre Namen von ostalpinen Gebieten. Die ältere davon fällt in die Grenze von Oligozän und Miozän und trägt nach ihrem Auftreten im Drausavegebiet die Bezeichnung savisch, während die jüngere intramiozänen Alters ist und nach der mittleren Steiermark, wo sie sich besonders geltend gemacht hat, als steirische bezeichnet wird. Von beiden Phasen sind auch Andeutungen im Bereich der saxonischen Gebirgsbildung zu finden.

In unserem Gebiet sind nach Klüpfel (1923 p. 32 f. und 1926 Tabelle) die Randspalten zur Zeit der Grenze Kreide — Tertiär entstanden, gehören also der laramischen Gebirgsbildung an; die Ueberschiebungen am Südwestrand des alten Gebirges wären eine Folge der pyrenäischen Faltung, während die Donaurandspalte bei Straubing intramiozänen Alters wäre: sie wäre damit zur steirischen Gebirgsbildung zu stellen.

Auf die postmiozänen Faltungsphasen noch einzugehen, erübrigt sich meines Erachtens; denn es ist kaum anzunehmen, daß diese im Wesentlichen doch sehr unbedeutenden und meist lokal ziemlich beschränkten Gebirgsbildungen noch besonders zur Entstehung von Klüften in dem bearbeiteten Gebiet beigetragen haben.

**Zusammenfassung:** Wenn wir die Hilsphase der jungkimmerischen Faltung, über die weiter unten noch einiges gesagt sein muß, vorläufig außer Acht lassen, ergibt sich als wichtigste vorerwähnte Gebirgsbildungsphase die austrische. Der Druck würde, von den Ostalpen kommend, ungefähr aus Südsüdosten gewirkt haben und die Klüfte  $170^\circ$  und  $80^\circ$ , die in und senkrecht zu der Druckrichtung verlaufen würden, gebildet haben (Cloosches System). Dazu kämen noch als Luedersche oder Mohrsche Flächen die Klüfte in den Richtungen  $40^\circ$  und  $130^\circ$ . Die Richtung  $170^\circ$  und somit die Druckrichtung aus Südsüdost muß deshalb gewählt werden, weil die Klüftung des oberturonen Veldensteiner Sandsteines sowohl diese Klüfrichtung wie auch die zu ihr senkrechte ( $80^\circ$ ) nicht aufweist. Diese beiden Richtungen müssen deshalb also prä-turon, das heißt kimmerisch oder austrisch ausgelegt sein.

Als zweite Klüftbildungsphase käme die laramische oder die pyrenäische Orogenese in Betracht. Hier ist uns die Klüfrichtung gegeben durch die Ueberschiebungen am Südwestrand der böhmischen Masse. Der Druck ist von Nordosten gekommen und hat als Cloosches System die Klüfrichtungen  $40^\circ$  und  $130^\circ$  ausgebildet, während die Klüfte in den Richtungen  $80^\circ$  und  $170^\circ$  als Mohrsche Flächen bezeichnet werden könnten.

Die dritte Klüftbildungsphase wäre die intramiozäne, die steirische. In ihr entstanden die Klüfte der Richtung  $10^\circ$  als die in der Druckrichtung gelegenen und die der Richtung  $100^\circ$  als die senkrecht zur Druckrichtung stehenden. Zu schließen ist daraus, daß in der Richtung  $10^\circ$  bei Oberleinleiter unfern Heiligenstadt in Oberfranken Basalt aufgestiegen ist. Man findet nämlich, worauf schon K o e h n e und S c h u l z (1906) hingewiesen haben, acht verschiedene, kleine, wenig voneinander entfernte Basaltvorkommen in einer geraden Linie angeordnet, die eben ungefähr  $N 10^\circ O$  streicht. Wir haben es also in dieser Richtung mit einer Zerrungskluft zu tun, von der anzunehmen ist, daß sie in der Druckrichtung liegt. Als L u e d e r s c h e Flächen entstanden die Klüfte in den Richtungen  $50^\circ$  und  $140^\circ$ .

Dies wären somit etwa die Gebirgsbildungsphasen, die zu einer Zerstückelung der nördlichen Frankenalb in einzelne Schollen den Anlaß gegeben haben. Wie jedoch schon weiter oben erwähnt, ist unser Gebiet von weit gespannten flachen Mulden und breiten Sätteln durchsetzt. Da diese Faltung nordwest-südost streicht, ist anzunehmen, daß der Druck, der sie hervorgerufen hat, entweder aus Nordosten oder aus Südwesten gekommen ist. Nachdem jedoch die Faltung nicht nach der ersten tektonischen Zerrüttung des Gebietes, sondern spätestens gleichzeitig damit entstanden sein kann, muß sie also ebenfalls vorceoman sein. Wegen der verschiedenen Druckrichtungen ist anzunehmen, daß die Faltung unseres Gebietes älter ist als seine erste Zerklüftung. Daraus ergibt sich, daß die beiden vorceomanen Gebirgsbildungsphasen, die allein für uns in Betracht kommen, die jungkimmerische und die austrische Faltung, unser Gebiet tektonisch beeinflußt haben. Zu überlegen wäre dabei, ob nicht die Möglichkeit vorhanden wäre, daß das Gebiet bereits in der Zeit des oberen Malm subaquatisch (?) in flache Falten gelegt worden ist. Ein Nachweis dafür läßt sich aber schwer erbringen, da die Fallwinkel der Schichten nur wenige Grad betragen und die Aufschlußverhältnisse viel zu ungünstig sind. Vielleicht gelingt es der noch ausstehenden Spezialkartierung, Klarheit in diese Frage zu bringen.

### IX. Die Übersichtskarte.

In der Übersichtskarte sind, wie schon weiter oben erwähnt, nur diejenigen Stellen eingetragen und fortlaufend numeriert, an denen es möglich war, Klüftmessungen in größerer Zahl durchzuführen, und die auch in den Tabellen einzeln genannt sind. Da an Felsbildungen immer nur einige wenige Klüfte auftreten, mußten immer größere Gebiete zusammengenommen werden, um zu einer einigermaßen gültigen Aufstellung von Klüfttrichtungsdiagrammen zu kommen. So wurden z. B. alle Messungen an den Felsen der Täler um Pottenstein und Gößweinstein bis herauf gegen Aufseß vereinigt und unter der Bezeichnung „Umgebung von Pottenstein“ aufgeführt. Die Folge davon ist, daß einzelne Gegenden der Karte, in denen nur Felsbildungen und keine künstlichen Aufschlüsse vorhanden sind, verhältnismäßig leer erscheinen.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg](#)

Jahr/Year: 1929

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Wellhofer Bernhard

Artikel/Article: [Klufftektonische Untersuchungen in der nördlichen Frankenalb. 1-36](#)