

Klüfte, Harnische und Tektonik der Dinkelberge und des Basler Tafeljuras.

Von **Friedrich Müllerried.**

Mit 21 Tabellen und 3 Figuren im Text und 2 Tafeln.

Vorwort.

Auf Veranlassung von Herrn Geheimrat Prof. Dr. SALOMON-Heidelberg untersuchten LIND (Lit. 3) den Odenwald, DINU (Lit. 4) den Pfälzerwald, ENGSTLER (Lit. 2) den Wasgenwald und RÖHRER (Lit. 4) den Schwarzwald tektonisch mittels der besonderen Methode der Kluft- und Harnischbeobachtung. SEITZ (Lit. 7) untersuchte die Luganer Alpen, ein Faltengebirgsstück, auf dieselbe Art und Weise.

Die gleiche Methode wandte ich in einem Tafelgebirge, den Dinkelbergen und dem Basler Tafeljura, an. Dieses Gebiet ist tektonisch stark gestört; bezeichnend sind eine ziemlich große Anzahl von sicher konvergenten Gräben. Außerdem gehört das Gebiet zur östlichen Begrenzung des Oberrheingrabens. So entstand eine doppelte Aufgabe. Einerseits war die Lösung des Problems der Bildung der konvergenten kleinen Gräben, andererseits des großen Oberrheingrabens mittels der besonderen Arbeitsmethode der Klüfte und Harnische zu erstreben.

Mit den Beobachtungen habe ich im Sommer 1913 begonnen. Unterbrochen durch den Krieg, wurden die Untersuchungen erst im Sommer 1919, Frühjahr 1920 fortgeführt und im August 1920 beendet.

Die Anregung zu dieser Arbeit verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Prof. Dr. WILHELM SALOMON. Dafür, sowie für die vielen Anregungen sei ihm hiermit mein herzlichster Dank ausgesprochen.

Besonderen Dank für mannigfache Anregungen und Auskünfte schulde ich ferner den Herren Dr. VON BUBNOFF-Heidelberg, Dr. E. LEHNER-Basel, Dr. LEUTHARDT-Liestal, Privatdozent Prof. Dr. RÖHRER-Mannheim und Dr. WILSER-Freiburg.

Literaturverzeichnis.

Die Literatur ist alphabetisch nach Autornamen mit durchlaufender Zählung angeordnet. Die einzelnen Arbeiten sind in meinem Text unter der Bezeichnung Lit. x angeführt.

Zunächst seien die Arbeiten angegeben, die in gleicher Weise wie die vorliegende mittels der besonderen Arbeitsmethode der Beobachtung von Klüften und Harnischen die Tektonik bestimmter Gebiete behandeln.

1. J. J. DINU: Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz im östlichen Pfälzerwald (Hardt). (Verh. d. nat.-med. Ver. zu H. N. F. Bd. XI, 1912.)
2. B. ENGSTLER: Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz in den östlichen Mittelvogesen. (Verh. d. nat.-med. Ver. zu H. N. F. Bd. XII, 1913.)
3. J. G. LIND: Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz des Gebirges bei Heidelberg. (Verh. d. nat.-med. Ver. zu H. N. F. Bd. XI, 1910.)
4. F. RÖHRER: Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz im nördlichen Schwarzwald und südlichen Kraichgau. (Jahresber. u. Mitteil. des Oberrhein. geol. Ver. N. F. Bd. VI, 1916.)
5. W. SALOMON: Die Bedeutung der Messung und Kartierung von gemeinen Klüften und Harnischen mit besonderer Berücksichtigung des Rheintalgrabens. (Zeitschr. d. D. geol. Ges. Bd. 63, 1911.)
6. W. SPITZ: Versuch eines Schemas zur Darstellung von Kluft- und Harnischbeobachtungen. (Jahresber. u. Mitteil. des Oberrhein. geol. Ver. N. F. Bd. III, 1913.)
7. O. SEITZ: Über die Tektonik der Luganer Alpen. (Verh. d. nat.-med. Ver. z. H. N. F. Bd. 13, 1917.)

Die allgemeine Literatur über Klüfte und Harnische, auch anderer Gegenden, ist ausführlich in Lit. 4 angegeben. Ebenda ist auch die Literatur über den Oberrheingraben zu finden. Im folgenden kann ich mich daher auf ein Verzeichnis der für die Tektonik und Stratigraphie der Dinkelberge und des Basler Tafeljura wesentlichen Arbeiten beschränken. Ausführliche Literaturangaben über mein Gebiet findet man überdies in Lit. 11 und 78.

8. A. AMSLER: Tektonik des Staffelegg-Gebietes und Betrachtungen über Bau und Entstehung des Jura-Ostendes. (Eclogae geol. Helv. Bd. XIII, 1915.)
9. — Eine geologische Exkursion über die Staffelegg. (Mitteil. der Aargauischen Naturf. Ges. Heft 15, 1919.)
10. R. AUSFELD: Geologische Skizze der Gegend von Rheinfeldern. (Mitteil. d. Aarg. Naturf. Ges. Heft 3, 1882.)
11. E. BLÖSCH: Zur Tektonik des Schweizerischen Tafeljura. (Neues Jahrb. f. Min. B. Bd. 29, 1910.)

12. E. BRÄNDLIN: Über tektonische Erscheinungen in den Baugruben des Kraftwerkes Wyhlen-Augst am Oberrhein. (Mitteil. d. Gr. Bad. geol. Landesanst. Bd. VI, 1912.)
13. F. BROMBACH: Beiträge zur Kenntnis der Trias am südwestlichen Schwarzwaldrand. (Mitteil. d. Gr. Bad. geol. Landesanst. Bd. IV, 1903.)
14. S. VON BUBNOFF: Die Tektonik der Dinkelberge bei Basel. I. Teil. (Mitteil. d. Gr. Bad. geol. Landesanst. Bd. VI, 1912.)
15. — mit Beitrag von J. WILSER: Das Gebiet der Dinkelberge zwischen Wiese und Rhein. (Jahresber. u. Mitt. d. Oberrh. geol. Ver. N. F. Bd. II, 1912.)
16. — Zur Tektonik des Schweizer Jura. Ergebnisse und Probleme. (Jahresber. u. Mitteil. d. Oberrh. geol. Ver. N. F. Bd. II, 1912.)
17. — Über Keilgräben im Tafeljura. (Jahresber. u. Mitt. des Oberrh. geol. Ver. N. F. Bd. IX, 1920.)
18. A. BUXTORF: Über vor- oder altmiocäne Verwerfungen im Basler Tafeljura. (Ecl. geol. Helv. Bd. VI, 1899.)
19. — Beiträge zur Kenntnis der Sedimente im Basler Tafeljura. (Inaug.-Diss. 1901.)
20. — Geologie der Umgebung von Gelterkinden im Basler Tafeljura. (Beitr. zur geol. Karte d. Schweiz. N. F. Lief. 11, 1901.)
21. — Zur Tektonik des Kettenjura. (Ber. d. Oberrhein. geol. Ver. 1907.)
22. — Einige Bemerkungen über das Rhät im schweizerischen Juragebirge und den Gebirgsbau der Vorburgkette. (Eclog. geol. Helv. Bd. XI, 1910.)
23. — Oberflächengestaltung und geologische Geschichte des nordschweizerischen Tafeljura. (Eclog. geol. Helv. Bd. XI, 1910.)
24. — Analogien im Gebirgsbau des schweizerischen Tafeljura und der arabischen Wüste. (Eclog. geol. Helv. Bd. XI, 1910.)
25. — Dogger und Meeressand am Röttler Schloß bei Basel. (Mitteil. d. Gr. Bad. geol. Landesanst. Bd. VII, 1912 und Jahresber. u. Mitteil. des Oberrh. geol. Ver. N. F. Bd. II, 1912.)
26. — Die mutmaßlichen geologischen Profile des neuen Hauenstein- und des Grenchenberg-Tunnels im schweizerischen Jura. (Verh. d. naturf. Ges. Basel. Bd. 24, 1913.)
27. — Bericht über den Besuch des Hauensteinbasistunnels durch die Schweizerische geologische Gesellschaft. (Eclog. geol. Helv. Bd. XIII, 1915.)
28. — Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenberg-tunnel und die Bedeutung des letzteren für die Geologie des Juragebirges. (Verh. d. naturh. Ges. Basel. Bd. XXVII, 1916.)
29. A. CLOOS: Tafel- und Kettenland im Basler Jura und ihre tektonischen Beziehungen nebst Beiträgen zur Kenntnis des Tertiärs. (Neues Jahrb. f. Min. B. Bd. XXX, 1910.)
30. J. D. CELLIERS: Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Eptingen, Basel-Land. (Inaugural-Diss. 1907.)
31. W. DEECKE: Geologie von Baden. I. u. II. Teil. 1916 und 1917.
32. C. DISLER: Geologische Skizze von Rheinfeldern. (Jahresber. u. Mitteil. d. oberrhein. geol. Ver. N. F. Bd. II, 1912.)

33. C. DISLER: Stratigraphie und Tektonik des Rotliegenden und der Trias beiderseits des Rheins zwischen Rheinfeldern und Augst. (Verh. d. naturf. Ges. Basel. Bd. XXV, 1914.)
34. O. H. ERDMANNSDÖRFFER: Geologische und petrographische Untersuchungen im Wehratale. (Mitteil. d. Gr. Bad. geol. Landesanst. Bd. IV 1903.)
35. A. ERNI: Das Rhät im schweizerischen Jura. (Eclog. geol. Helv. Bd. XI 1910.)
36. V. GILLIÉRON: Ein Bohrversuch auf Steinsalz bei Bettingen. (Verh. d. naturf. Ges. Basel. Bd. IX, 1891.)
37. R. GRAHMANN: Der Jura der Pfirt im Oberelsaß. (Zeitschr. d. D. geol. Ges. Bd. 70, 1918, und N. Jahrb. f. Min. B.Bd. 44, 1920.)
38. E. GREPPIN: Der Dogger der Umgegend von Basel. (Bericht über die 25. Versamml. des Oberrhein. Ver. zu Basel. 1892.)
39. — Zur Kenntnis des geologischen Profils am Hörnli bei Grenzach. (Verh. d. naturf. Ges. Basel. Bd. 18.)
40. A. GUTZWILLER: Beitrag zur Kenntnis der Tertiärbildungen der Umgebung von Basel. (Verh. d. naturf. Ges. Basel. Bd. IX, 1890.)
41. — Die tertiären und pleistocänen Ablagerungen der Umgebung von Basel. (Bericht über die 25. Versamml. des oberrhein. geol. Ver. zu Basel. 1892.)
42. — Die eocänen Süßwasserkalke im Plateaujura bei Basel. (Abhandl. d. schweizer. paläont. Ges. Bd. 32, 1905.)
43. — Übersicht über die Tertiärbildungen in der Umgebung von Basel auf dem Gebiet der Blätter 1, 2, 7, 8 und 10 der Karte 1 : 25 000. (Eclog. geol. Helv. Bd. XIII, 1915.)
44. — und E. GREPPIN: Geologische Karte von Basel. I. Teil: Gempenplateau und unteres Birstal. (Spez. Karte 77, Erl. 18 der geol. Karte der Schweiz. 1916.)
45. A. HEIM: Vermehrtes Licht in der Juraforschung. (Verh. d. schweiz. naturf. Ges. 1915.)
46. — Geologie der Schweiz. 1918.
47. F. VON HUENE: Ein Beitrag zur Tektonik und zur Kenntnis der Tertiärbilagerungen im Basler Tafeljura. (Ber. d. Oberrhein. gel. Ver. 1899.)
48. — Geologische Beschreibung der Gegend von Liestal im Schweizer Tafeljura. (Verh. d. naturf. Ges. Basel. Bd. XII, 1900.)
49. K. L. HUMMEL: Die Tektonik des Elsgaues (Berner Tafeljura). (Ber. d. naturf. Ges. Freiburg i. Br. Bd. XX, 1914.)
50. R. LANG: Beitrag zur Stratigraphie des mittleren Keupers zwischen der schwäbischen Alb und dem Schweizer Jura. (Geol. u. paläont. Abh. N. F. Bd. IX, 1910.)
51. J. T. MANDY: Geologische Untersuchungen in der Umgebung des Hauenstein-Tunnels. (Inaugural-Dissertation 1907.)
52. P. MERIAN: Übersicht der Beschaffenheit der Gebirgsbildungen in den Umgebungen von Basel. (Beiträge zur Geognosie. Bd. I, 1821.)
53. — Geognostische Übersicht des südlichen Schwarzwaldes. (Beiträge zur Geognosie. Bd. II, 1831.)

- 5] Klüfte, Harnische u. Tektonik der Dinkelberge u. des Basler Tafeljuras. 5
54. F. MÜHLBERG: Kurze Skizze der geologischen Verhältnisse des Boetzberg-tunnels, des Hauensteintunnels usw. (Mitteil. d. Aarg. naturf. Ges. Heft V, 1889.)
 55. — Geotektonische Skizze der nordwestlichen Schweiz. (Livret-Guide géol. 1894.)
 56. — Geologische Exkursion im östlichen Jura und im aargauischen Quartär. (Livret-Guide géol. 1894.)
 57. — Bericht über die Exkursion der schweizerischen geologischen Gesellschaft in das Gebiet der Verwerfungen usw. im Basler- und Solothurner Jura. (Verhandl. d. naturforsch. Ges. Basel. Bd. X, 1892.)
 58. — Geologisches Gutachten über den projektierten Hauenstein-Basistunnel. (Schweizerische Bundesbahnen. Generaldirektion. Beilage Nr. 11, 1910.)
 59. — Der Boden des Aargaus. (Festschrift der aargauischen naturforschenden Gesellschaft. Bd. 1, 1911.)
 60. — Geologische Karte des Hauensteingebietes. (Geol. Karte der Schweiz. Spez.-Karte 73, Erl. 16, 1914.)
 61. — Vorläufige Mitteilung über die Stratigraphie des braunen Jura im nordschweizerischen Juragebirge. (Eclog. geol. Helv. Bd. VI, 1900.)
 62. A. MÜLLER: Geognostische Beobachtungen aus dem mittleren Basel-Biet. (Verh. d. naturf. Ges. Basel. Bd. I, 1857.)
 63. — Über einige anormale Lagerungsverhältnisse im Basler Jura. (Verh. d. naturf. Ges. Basel. Bd. II, 1860.)
 64. — Geognostische Skizze des Kantons Basel und der angrenzenden Gebiete. 1861.
 65. — Geologische Karte des Kantons Basel. (Verh. d. schweiz. naturf. Ges. 1862.)
 66. — Vorlegung der geognostischen Karte des Kantons Basel und der angrenzenden Gebiete. (Verhandl. d. naturf. Ges. Basel. Bd. III, 1863.)
 67. — Sur les fissures (failles) du Jura dans de canton de Bâle. (Actes de la soc. helv. des Sc. nat. 1865.)
 68. — (Verhandl. d. schweiz. naturf. Ges. 1865, S. 82.)
 69. — Über die anormalen Lagerungsverhältnisse im westlichen Basler Jura. (Verhandl. d. naturf. Ges. Basel. Bd. VI, 1878.)
 70. — Geologische Beschreibung des Kantons Basel und der angrenzenden Gebiete. (Beiträge zur geol. Karte d. Schweiz. Lief. 1, 1884.)
 71. R. NEUMANN: Eine Juraversenkung im unteren Wehratale. (Centralbl. f. Min. 1906.)
 72. — Geologische Untersuchungen am Schwarzwaldrand zwischen Kandern und Wehr. (Mitteil. der bad. geol. Landesanst. Bd. VI, 1912.)
 73. FR. PFAFF: Untersuchungen über die geologischen Verhältnisse zwischen Kandern und Lörrach im badischen Oberlande. (Ber. der naturf. Ges. Freiburg. Bd. VII, 1893.)
 74. PH. PLATZ: Das Steinsalzlager von Wyhlen. (Verhandl. des naturwissenschaftl. Ver. in Karlsruhe. Heft 6, 1873.)
 75. C. REGELMANN: Tektonische Karte (Schollenkarte) Südwestdeutschlands. 1898.

76. C. REGELMANN: Geologische Übersichtskarte von Württemberg, Baden, Elsaß, Pfalz usw. mit Erläuterungen. 8. Aufl. 1911.
77. — Die wichtigsten Strukturlinien im geologischen Aufbau Südwestdeutschlands. (Zeitschr. d. D. geol. Ges. Bd. 57, 1905.)
78. L. ROLLIER: Geologische Bibliographie der Schweiz. (Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Lief. XXIX, 1907/08.)
79. C. SCHMIDT: Geologische Exkursion in der Umgebung von Basel und im östlichen Aargauer Jura. (Livret-Guide géol. 1894.)
80. C. SCHMIDT, A. BUXTORF und H. PREISWERK: Führer zu geologischen Exkursionen durch den südl. Schwarzwald, den Jura und die Alpen. 1907.
81. — — — Die Exkursionen der Deutschen geol. Gesellschaft im südlichen Schwarzwald, im Jura und in den Alpen. (Zeitschr. d. D. geol. Ges. Bd. 60, 1908.)
82. Schweiz, Geologische Karte 1 : 100 000. — Bl. 2: Basel-Belfort. 1874. — Bl. 3: Liestal-Schaffhausen. 2. Aufl. 1876. — Bl. 7: Porrentruy-Solothurn. 2. Aufl. 1904. — Bl. 8: Zürich-Luzern. 2. Aufl. 1913.
83. K. STRÜBIN: Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie des Basler Tafeljura, speziell des Gebiets von Kartenblatt 28: Kaiseraugst. Inaugural-Dissertation 1901.
84. — Bohrversuche auf Steinsalz in der Schweiz und die Saline Schweizerhalle. (Basellandschaftliche Zeitung, 13. u. 14. März 1908.)
85. R. SUTER: Geologie der Umgebung von Maisprach. (Schweizerischer Tafeljura.) Inaugural-Dissertation 1915.
86. A. TOBLER: Der Jura im Südosten der Oberrheinischen Tiefebene. (Verhandl. d. naturf. Ges. Basel. Bd. XI, 1897.)
87. — Tabellarische Zusammenstellung der Schichtenfolge in der Umgebung von Basel. 1905.
88. J. H. VERLOOP: Die Salzlager der Nordschweiz. Inaugural-Dissertation 1910.
89. L. DE VILLIERS: Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Eptingen und Läfelfingen. Inaugural-Dissertation. 1907.
90. L. VAN WERVEKE: Die Tektonik des Sundgaaues usw. (Mitteil. d. geol. Landesanst. von Elsaß-Lothringen. Bd. VIII, 1913.)
91. — Beiträge zur Frage der Entstehung tektonischer Gräben. (Mitteil. d. geol. Landesanst. von Elsaß-Lothringen. Bd. XI, 1918.)
92. J. L. WILSER: Die Perm-Triasgrenze im südwestlichen Baden. (Bericht der naturf. Ges. Freiburg. Bd. XX, 1913.)
93. — Die Rheintalflexur nordöstlich von Basel zwischen Lörrach und Kandern und ihr Hinterland. (Mitteil. d. Bad. geol. Landesanst. Bd. VII 1914.)
94. O. WURZ: Über das Tertiär zwischen Istein, Kandern, Lörrach-Stetten und dem Rhein. (Mitteil. d. Bad. geol. Landesanst. Bd. VII, 1914.)

Einleitung.

1. Grenzen und Umfang des Gebietes.

Das untersuchte Gebiet wird im W von der Rheingrabenflexur, im N von der Kanderner Querverwerfung, im O von der Wehratalverwerfung und deren gegen S bis zum Kettenjura gedachten Fortsetzung, im S vom Kettenjura begrenzt.

Es umfaßt ganz oder teilweise die Blätter Kandern, Wies, Lörrach, Schopfheim, Wehr, Weil, Wyhlen, Säckingen der badischen topographischen Karte im Maßstab 1:25000 und die Blätter Muttenz, Kaiseraugst, Maisprach, Gempfen, Liestal, Gelterkinden, Bretzwil, Hölstein, Läuelfingen der schweizerischen topographischen Karte 1:25000.

Das Gebiet bildet ungefähr ein Rechteck von 35 km Länge in NS- und 25 km Breite in OW-Richtung. Der Flächeninhalt ist demnach etwa 875 qkm.

2. Kurzer Überblick über die Formationen.

Das Gebiet stellt, abgesehen von den tektonischen Störungen, eine Schichttafel dar, die nur mit wenigen Graden gegen S einfällt. Da die heutige Oberfläche der Tafel die Schichten schräg abschneidet, streicht im N die älteste, im S die jüngste Schicht zutage aus. So treffen wir zwischen der Kanderner Querverwerfung und dem Wiesental Rotliegendes und Buntsandstein, zwischen Wiese und Rhein im sogen. „Dinkelberg“ Muschelkalk, südlich des Rheins (Basler Tafeljura) nacheinander Keuper, Jura und Tertiär.

Es folge eine kurze stratigraphische Übersicht der im untersuchten Gebiet anstehenden Formationen unter besonderer Berücksichtigung der für meine Beobachtungen wichtigen Schichten.

1. Alluvium.

2. Diluvium.

3. Tertiär. Es ist nur fetzenweise und in wechselnder Mächtigkeit vorhanden. Die einzelnen Vorkommen lassen sich wie folgt übersichtlich anordnen:

Obermiocän: Juranagelfluh, wechselnd mächtig.

Mittelmiocän: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Rote Mergel,} \\ \text{Süßwasserkalk,} \\ \text{Muschelagglomerat.} \end{array} \right.$

? **Oberoligocän:** Süßwasserkalk des Tüllingerbergs, 160 m mächtig.

Eocän: Süßwasserkalk mit Planorbis pseud-ammonius, Bolus, Huppererde.

4. **Kreide:** fehlt.

5. **Jura:** Die Schichten über dem Sequan sind wohl der Abtragung zum Opfer gefallen.

Malm:

Sequanien: $\left. \begin{array}{l} \text{Oben Kalke (St. Verenaschichten)} \\ \text{Unten Mergel und Kalke} \end{array} \right\} +40 \text{ m}$

Rauracien westlich
oben Korallenkalke,
60—65 m;
unten Mergel u. Kalke,
etwa 40 m.

Argovien östlich Liestal,
Geißbergschichten,
Kalke, 15—30 m;
Elfinger Schichten,
Kalke u. Mergel, 60 m;
Birmensdorfer Schichten,
Kalke, 2 m.

Oxfordien westlich
oben Tone mit „Chailles“, wechsl. mächtig;
unten Renggeritone.

Oxfordien östlich Liestal,
1 m eisenoolithischer
Mergelkalk.

Dogger:

Callovien (Oberer Dogger): Etwa 35 m Kalke, Mergel, Eisenoolithe.

Bathonien (Mittlerer Dogger): Hauptrogenstein, 70 bis 80 m. Wesentlich helle Oolithkalke; etwa 20 m unter der Obergrenze 3 m Acuminatamergel.

Bajocien und Aalénien (Unterer Dogger): wechselnd mächtig, rund 100 m Mergel, Tone, Kalke, Spatkalke.

Lias:

Etwa 25 m Mergel, Kalke und Schiefer.

6. Trias.

Keuper:

Rhät: fehlt östlich der Linie Adelhausen-Niederschön-
tal; westlich davon nur schwach entwickelt.

Mittlerer Keuper:

Bunte Mergel,
Schilfsandstein,
Gipskeuper (Ton, Gips, Dolomit), } 30 m.

Lettenkohle: 10 m Dolomite, Tone.

Muschelkalk:

Oberer Muschelkalk:

Trigonodusdolomit, 10—20 m;

Nodosuskalk, 20—25 m bankige, oben plattige
Kalke;

Trochitenkalk, 25 m bankige Kalke, höher Mergel-
zwischenlagen.

Mittlerer Muschelkalk (Anhydritgruppe): Im Din-
kelberg fehlt das Steinsalz und der Gips zum Teil;
40 m Dolomite, Zellenkalke, gegen unten Gips und
Anhydrit. In den Bohrungen südlich des Rheins
60—100 m mächtig, mit Steinsalz.

Unterer Muschelkalk:

Orbicularismergel, 9—15 m;

Wellenkalk, Kalk und Mergel, 25 m;

Wellendolomit, Dolomit und Mergel, 5 m.

Buntsandstein: Nach allen Autoren außer Wilser (Lit. 90,
91) fehlt der untere Buntsandstein. Gliederung:

Oberer Buntsandstein: 20—50 m;

Röt, 16 m; Mergel und Tone;

Plattensandstein, 25 m;

Karneolhorizont, 9 m.

Mittlerer Buntsandstein:

Hauptkonglomerat, 13 m;

Hauptbuntsandstein, 40 m.

7. Perm:

Zechstein: fehlt.

Oberrotliegendes:

Obere Arkosen, 60 m;

Sandige Mergel, wenigstens 100 m;

Untere Arkosen, wenigstens 40 m.

8. **Grundgebirge:** Nur in einer Bohrung 2 ½ km unterhalb Rheinfeldern auf Schweizer Gebiet unter dem Rotliegenden angefahren als Schwarzwaldgranit und Diorit mit Aplitgängen.

3. Kurzer tektonischer Überblick.

Vgl. die tektonische Karte in Lit. 14 und für den Tafeljura Tafel 1.

Im vorigen Abschnitt wurde das Gebiet als eine gegen S schwach fallende Schichttafel angesehen.

Im W begrenzt die Rheingrabenflexur, die von vielen Längs- und Querstörungen durchsetzt ist, die Tafel; die Flexur ist im Mitteloligocän entstanden, vielleicht paläozoisch angelegt und sicher nacholigocän weiter vertieft worden. Nach Lit. 80 liegt die Flexur bei Basel gegen W über.

Im N und O begrenzt die Kanderner Quer- und die Wehratalverwerfung die Sedimentscholle. Diese Verwerfungen sind bereits paläozoisch angelegt, im Mitteloligocän aber wieder aufgelebt. Die Wehratalverwerfung biegt südlich des Rheins nach SW aus und geht durch den Tafeljura als Zeininger Verwerfung. Deshalb stößt der Basler Tafeljura südlich des Rheins ohne Verwerfung an den Aargauer Tafeljura. Die Südgrenze des Gebietes wird durch den Nordrand des Kettenjuras bestimmt. Der Kettenjura ist im Pliocän auf den Tafeljura aufgeschoben worden. Der Rand der Überschiebung ist nachträglich durch Erosion stark zerlappt worden, so daß heute auf dem Tafeljura große Schollen („Klippen“) des Kettenjura liegen. Wenig nördlich des Überschiebungsrandes zeigt der Tafeljura eine Besonderheit: er ist schwach gefaltet unter dem Einfluß des alpinen Drucks, der den Kettenjura aufgestaut hat. Diese Zone des Tafeljura heißt „gefalteter Tafeljura“.

In der Sedimenttafel selbst sind eine Unzahl von Störungen zu verzeichnen. Die auffälligsten sind die Gräben, die südlich des Rheins etwa N30°O, nördlich dagegen N10°O streichen. Sie sind von verschiedener Länge und Sprunghöhe, haben aber eine sehr geringe Breite. Wenn man die tektonische Karte bei BUBNOFF (Lit. 14) und auch Tafel 1 überblickt, hat man den Eindruck, daß alle Gräben zu zwei Büscheln angeordnet sind. Das eine scheint vom Säckinger Schwarzwaldsporn gegen SW auszustrahlen, das andere verläuft in NNO-Richtung von der Umbiegung der Rheingrabenflexur bei Aesch. Die Gräben sind konvergent;

manche zeigen einen auf die pliocäne Jurafaltung zurückzuführenden Sattelbau. Die Gräben sind vormittelmiozän (wahrscheinlich oberoligozän) entstanden.

Gleichaltrig sind wohl die NS-streichenden (rheinischen) Verwerfungen.

Die genannten Störungen sind im Pliozän zum Teil wieder aufgelebt. Damals bildeten sich auch OW-Verwerfungen und wohl auch der große Grabenbruch des Dinkelberges, der herzynisch (NW—SO) streicht. Er wird im NO durch die Maulburger, im SW durch die Degerfelder Verwerfung begrenzt. Von Wichtigkeit erscheint ferner die große Antiklinale, die das Gebiet in NS-Richtung durchsetzt und deren Firstlinie nahe dem Ostrand verläuft. Meist wird angenommen, daß es tatsächlich eine Antiklinale ist, die im Oligozän entstand. WILSER (Lit. 93) jedoch meint, daß sie im wesentlichen durch Staffelbrüche nach der West- und Ostflanke des Gebiets gebildet ist.

Die verwickelte Tektonik des Untersuchungsgebiets ist nur langsam geklärt worden. Bis Ende des vergangenen Jahrhunderts waren wohl schon eine Anzahl Störungen bekannt, die MÜHLBERG 1894 auf einer geotektonischen Karte (Lit. 55) dargestellt hat. Aber erst mit der geologischen Aufnahme von Blatt Liestal durch F. VON HUENE (Lit. 48) beginnt eine eingehendere Kenntnis und der Versuch einer Erklärung der Tektonik.

F. VON HUENE macht darauf aufmerksam, daß die Gräben des Tafeljura von der Wehratalverwerfung ausstrahlen. Die Gräben sollen vormiozän durch Zerrung einerseits der sich westlich des Basler Tafeljura bildenden Blauen-Kette, andererseits der Wehratalverwerfung entstanden sein. Es erübrigt sich näher auf diese Anschauung einzugehen, denn sie ist unmöglich, da die Blauenkette erst pliozän entstanden ist. Ich hebe hervor, daß HUENE die Gräben als konvergent erwiesen hat. Den Sattelbau mancher Gräben erklärt er als Folge späterer Stauchung.

1901 hat dann BUXTORF Blatt Gelterkinden (Lit. 20) aufgenommen und die Gräben als Begleiterscheinung des Rheingraben- und Dinkelbergeinbruchs aufgefaßt. BUXTORF hat damit eine Anschauung über die Tektonik des Basler Tafeljura begründet, die auch heute noch im wesentlichen feststeht.

BLÖSCH (Lit. 11) gab 1910 die erste zusammenfassende Arbeit über die Tektonik des Tafeljura. Aus Erwägungen über mögliche Spannungen in der Erdkrinde sieht BLÖSCH den Tafeljura als

Zerrungsgebiet an. Keile sinken als konvergente Gräben und mit, wie BLÖSCH beobachtet hat, vertikalen Rutschstreifen ab (siehe S. 41ff. meiner Arbeit).

Im selben Jahre erscheint eine Arbeit von CLOOS (Lit. 29). Die Konvergenz der Gräben führt CLOOS zur Annahme der Entstehung durch Zerrung infolge Bildung des Rheingrabens und des Dinkelberges. Eine andere Erklärung ist ebenfalls denkbar: CLOOS hat eine antiklinale Aufwölbung des Tafeljura nachgewiesen und meint, daß auch damit ein Entstehen konvergenter Gräben angenommen werden kann.

1912 veröffentlicht Serge von BUBNOFF eine Arbeit über die „Tektonik der Dinkelberge“ (Lit. 14), behandelt jedoch auch den Tafeljura. Nach BUBNOFF sind im Oligocän zunächst einfache Verwerfungen in der niedersinkenden Dinkelberg-Juratafel entstanden. Durch Druck von Süden (Beginn der Jurafaltung) und durch Einsinken des Rheingrabens kommt es zu einer Zerrungsantiklinale; als Kompensation brechen an den Verwerfungen Keile ein. Die Gräben gehen nicht tiefer als bis zum mittleren Muschelkalk.

L. VAN WERVEKE (Lit. 90) hat 1913 die Anschauung, daß die Gräben des Tafeljura durch Druck von S und den Widerstand des Schwarzwalds im N entstanden sind. WERVEKE nimmt zunächst ein seitliches Ausweichen der Schichten an, dem als Ausgleich das Einbrechen der Gräben folgte.

WILSER (Lit. 93) meint 1914, daß die Zerrungsantiklinale nicht durch Aufwölbung, sondern durch Absinken der West- und Ostflanke des Dinkelbergs entstanden ist; daher die Staffelbrüche gegen W und O.

SUTER (Lit. 85) hat bei Aufnahme von Blatt Maisprach eine Anzahl Gräben festgestellt, über die interessante Einzelheiten gegeben werden.

AMSLER (Lit. 8) glaubt, daß die Gräben des Tafeljura tiefer als in den mittleren Muschelkalk reichen. Dadurch sei die Sedimenttafel so mit dem Untergrund verzahnt worden, daß der Kettenjuradruck die Tafel nicht mehr auffalten konnte.

BUXTORF (Lit. 28) bringt 1916 wichtige Einzelheiten über den Bau der Gräben. Die Gräben erklärt er als Interferenzerscheinung zwischen dem oligocänen alpinen Druck von S, den Schwarzwaldwiderstand im N und der Ausweichmöglichkeit nach W. Der Schwarzwaldsporn von Säckingen spielt für einen Teil der Gräben

insofern eine Rolle, als diese nach dem Sporn zu orientiert sind. Die Graben-Nordenden laufen zusammen, die Südenden auseinander und verlieren an Sprunghöhe bis zum gänzlichen Ausklingen.

S. VON BUBNOFF (Lit. 17) möchte 1920 den Ausdruck Zerrungsantiklinale besser durch „Dehnungsantiklinale“ ersetzt wissen, da der Rheingraben nicht zerrend gewirkt hat.

Zusammenfassend ergibt sich, daß das wichtigste tektonische Element des Dinkelberg-Tafeljura die konvergenten Gräben sind. In der Literatur spielt die Deutung ihrer Entstehung eine Hauptrolle. Im allgemeinen decken sich die verschiedenen Erklärungen fast vollständig. Die Gräben sind danach entstanden unter dem Einfluß des oligocänen alpinen Drucks von S, des Schwarzwaldwiderstandes im N und des Einsinkens des Rheingrabens im W.

Hauptteil.

Arbeitsmethode.

Der kurze tektonische Überblick zeigt wie nach und nach die tektonischen Verhältnisse des Arbeitsgebietes klargelegt wurden. Ich habe nun versucht auf Grund der Beobachtungen an gemeinen tektonischen Klüften und Harnischen die Klärung der tektonischen Erscheinungen zu vervollständigen. Gleichzeitig sollte sich erweisen, inwieweit diese besondere Arbeitsmethode, die schon in den vier oberrheinischen Halbhorsten und in den Luganer Alpen (vgl. Lit. 1, 2, 3, 4 u. 7) mit Erfolg angewendet worden war, in meinem Gebiet brauchbar ist.

Die Messungen an Klüften und Harnischen habe ich mit Hilfe eines mit Klinometer versehenen Bergkompasses ausgeführt. Eine kleine Wasserwage auf der Kompaßplatte ermöglichte die Horizontalstellung des Instrumentes. Das observierte Streichen wurde zu Hause unter Berücksichtigung der Deklination auf die beiden nördlichen Quadranten reduziert.

1. Die gemeinen tektonischen Klüfte.

Als gemeine Klüfte bezeichne ich nach SALOMON (Lit. 5 S. 496) alle Trennungsflächen im Gestein, die keine Glättung oder Streifung besitzen; Schichtflächen sind dabei ausgenommen. Diese Klüfte sind verschiedener Entstehung. Ich berücksichtige nur jene gemeinen Klüfte, die keine Verwitterungsfugen sind und nicht durch

TABELLE 1.

Kluftrichtung	Zahl der Aufschlüsse	Kluftrichtung	Zahl der Aufschlüsse
N 90° W — N 86° W	24	N 0° O — N 4° O	52
N 85° W — N 81° W	41	N 5° O — N 9° O	62
N 80° W — N 76° W	36	N 10° O — N 14° O	53
N 75° W — N 71° W	29	N 15° O — N 19° O	69
N 70° W — N 66° W	32	N 20° O — N 24° O	66
N 65° W — N 61° W	26	N 25° O — N 29° O	76
N 60° W — N 56° W	41	N 30° O — N 34° O	70
N 55° W — N 51° W	41	N 35° O — N 39° O	40
N 50° W — N 46° W	29	N 40° O — N 44° O	36
N 45° W — N 41° W	31	N 45° O — N 49° O	38
<u>N 40° W — N 36° W</u>	<u>28</u>	N 50° O — N 54° O	33
N 35° W — N 31° W	31	N 55° O — N 59° O	19
N 30° W — N 26° W	32	N 60° O — N 64° O	26
N 25° W — N 21° W	34	N 65° O — N 69° O	15
N 20° W — N 16° W	35	<u>N 70° O — N 74° O</u>	<u>13</u>
N 15° W — N 11° W	32	<u>N 75° O — N 79° O</u>	<u>13</u>
N 10° W — N 6° W	47	N 80° O — N 84° O	19
N 5° W — N 1° W	37	N 85° O — N 89° O	20

Sprengung oder Absitzen am Gehänge entstehen. Die gemessenen Klüfte sind tektonischer Entstehung. Ich bezeichne sie als gemeine tektonische Klüfte (im folgenden kurz Klüfte genannt). In der Literatur meines Gebiets haben diese Klüfte kaum eine Erwähnung gefunden.

Ausbildung der Klüfte.

Die Kluffläche war meist eben bis ziemlich eben; wellig gebogene oder sehr unebene Klüfte sind viel weniger häufig. Die Klufflächen sind, besonders im Bereich des oberen Muschelkalks, häufig durch Wasser nischenartig ausgehöhlt; etwaige Harnische könnten auf diese Weise zum Verschwinden gebracht worden sein. Ich habe deshalb nur Klüfte gemessen, die wenig von Wasser angegriffen waren.

Meist klaffen die Klüfte kaum. Wo sie stärker klaffen, ist, besonders im Jurakalk, ein Überzug von Kalkspat oder Kalksinter auf der Kluffläche zu beobachten. Eine Ausfüllung klaffender Klüfte durch Lehm, Gesteinsbrocken oder Kalkspat ist ziemlich selten.

TABELLE 2.

Kluftrichtung	Zahl der Aufschlüsse	Kluftrichtung	Zahl der Aufschlüsse
N 90° W — N 70° W	140	N 0° O — N 20° O	254
N 85° W — N 65° W	135	N 5° O — N 25° O	267
N 80° W — N 60° W	130	N 10° O — N 30° O	282
N 75° W — N 55° W	139	N 15° O — N 35° O	291
N 70° W — N 50° W	146	N 20° O — N 40° O	260
N 65° W — N 45° W	143	N 25° O — N 45° O	230
N 60° W — N 40° W	146	N 30° O — N 50° O	196
N 55° W — N 35° W	133	N 35° O — N 55° O	154
N 50° W — N 30° W	130	N 40° O — N 60° O	136
N 45° W — N 25° W	123	N 45° O — N 65° O	120
<u>N 40° W — N 20° W</u>	<u>139</u>	N 50° O — N 70° O	97
N 35° W — N 15° W	142	N 55° O — N 75° O	77
N 30° W — N 10° W	154	N 60° O — N 80° O	76
N 25° W — N 5° W	153	N 65° O — N 85° O	62
N 20° W — N 0° W	161	<u>N 70° O — N 90° O</u>	<u>72</u>
N 15° W — N 5° O	183	N 75° O — N 85° W	90
N 10° W — N 10° O	213	N 80° O — N 80° W	120
N 5° W — N 15° O	218	N 85° O — N 75° W	130

Wichtig erscheint die Bewertung der Klüfte. Ich habe da die Stufen I—III unterschieden. Eine Kluft, die sehr eben, groß, wenig klaffend war, mehrere Gesteinsbänke oder verschiedenartiges Material durchsetzte, wurde hoch bewertet, also in die Stufe I eingereiht; in der Stufe III finden sich die am schlechtesten ausgebildeten Klüfte. Über die Richtigkeit der Bewertung verweise ich auf die Ergebnisse bei RÖHRER (Lit. 4, S. 33).

Aufschlüsse.

Die Zahl der Aufschlüsse (vgl. auch Tafel 2) beträgt 261, die Zahl der gemessenen Klüfte 1383. Auf einen Aufschluß kommen also durchschnittlich 5,3 Klüfte.

Die Aufschlüsse sind meist Steinbrüche, auch Felsen, Bahn- und Straßenanschnitte.

Das Streichen der gemeinen Klüfte.

Tabelle 1 gibt die Zahl der Aufschlüsse für die von 5° zu 5° zusammengefaßten Kluftrichtungen. Fett sind (wie auch in den

TABELLE 3.

Streichrichtung	Bewertung			Summe	Streichrichtung	Bewertung			Summe
	I	II	III			I	II	III	
N 90° W — N 86° W	11	10	2	23	N 0° O — N 4° O	27	22	4	53
N 85° W — N 81° W	14	24	3	41	N 5° O — N 9° O	30	31	3	64
N 80° W — N 76° W	11	20	5	36	N 10° O — N 14° O	32	18	3	53
N 75° W — N 71° W	10	17	2	29	N 15° O — N 19° O	29	39	4	72
N 70° W — N 66° W	11	21	1	32	N 20° O — N 24° O	26	40	3	69
N 65° W — N 61° W	10	17	1	28	N 25° O — N 29° O	26	53	4	83
N 60° W — N 56° W	17	21	2	40	N 30° O — N 34° O	22	48	9	79
N 55° W — N 51° W	14	24	2	40	N 35° O — N 39° O	13	25	4	42
N 50° W — N 46° W	8	24	—	32	N 40° O — N 44° O	14	17	6	37
N 45° W — N 41° W	9	20	3	32	N 45° O — N 49° O	11	26	1	38
N 40° W — N 36° W	7	19	2	28	N 50° O — N 54° O	9	20	5	34
N 35° W — N 31° W	8	22	1	31	N 55° O — N 59° O	9	8	3	20
N 30° W — N 26° W	12	19	5	36	N 60° O — N 64° O	9	17	2	28
N 25° W — N 21° W	14	18	2	34	N 65° O — N 69° O	3	10	2	15
N 20° W — N 16° W	10	24	2	36	N 70° O — N 74° O	8	4	4	16
N 15° W — N 11° W	18	12	4	34	N 75° O — N 79° O	7	7	—	14
N 10° W — N 6° W	21	24	5	50	N 80° O — N 84° O	5	15	1	21
N 5° W — N 1° W	18	20	3	41	N 85° O — N 89° O	13	7	1	21
Summe	223	356	45	624	Summe	292	408	59	759

folgenden Tabellen) die Maximal-, unterstrichen die Minimalzahlen. Fett und unterstrichen ist jeweils das Maximum.

Tabelle 2 enthält dasselbe, jedoch sind die Kluftrichtungen von 20° zu 20° zusammengefaßt.

Tabelle 3 gibt die Zahl der Klüfte mit ihren Bewertungsstufen, wie sie sich auf die von 5° zu 5° zusammengefaßten Kluftrichtungen verteilen. Bemerkenswert ist die Übereinstimmung der Maximal- und Minimalzahlen mit Tabelle 1.

Auf Tabelle 4 ist dasselbe dargestellt; die Kluftrichtungen sind von 20° zu 20° zusammengefaßt. Ausgezeichnet ist die Übereinstimmung mit Tabelle 2.

Tabelle 2, 3 und 4 sind auf Figur 1 graphisch eingetragen. Sehr anschaulich ist die wesentliche Übereinstimmung von Tabelle 2 und 4.

Figur 1 zeigt als hervorstechendstes Merkmal das Maximum bei N 25° O. Es fällt fast gleichmäßig nach O und W ab und erreicht

TABELLE 4.

Kluftrichtung	Zahl der Aufschlüsse	Kluftrichtung	Zahl der Aufschlüsse
N 90° W — N 70° W	141	N 0° O — N 20° O	260
N 85° W — N 65° W	144	N 5° O — N 25° O	277
N 80° W — N 60° W	133	N 10° O — N 30° O	295
N 75° W — N 55° W	140	N 15° O — N 35° O	313
N 70° W — N 50° W	146	N 20° O — N 40° O	282
N 65° W — N 45° W	146	N 25° O — N 45° O	249
N 60° W — N 40° W	148	N 30° O — N 50° O	208
N 55° W — N 35° W	137	N 35° O — N 55° O	158
N 50° W — N 30° W	139	N 40° O — N 60° O	141
N 45° W — N 25° W	131	N 45° O — N 65° O	124
N 40° W — N 20° W	138	N 50° O — N 70° O	102
N 35° W — N 15° W	150	N 55° O — N 75° O	83
N 30° W — N 10° W	163	N 60° O — N 80° O	82
N 25° W — N 5° W	161	N 65° O — N 85° O	68
N 20° W — N 0° W	171	N 70° O — N 90° O	78
N 15° W — N 5° O	196	N 75° O — N 85° W	93
N 10° W — N 10° O	223	N 80° O — N 80° W	122
N 5° W — N 15° O	226	N 85° O — N 75° W	140

sein Minimum bei N35° W und N79° O. Dieser große Maximalraum umfaßt 965=69,77% aller Klüfte. Seine Mittelachse liegt bei N20° O. Es ist also nur eine geringe Unsymmetrie des Systems, das ich Longitudinalsystem nenne, vorhanden. Es umfaßt den Winkelraum N35° W bis N79° O.

Das zweite kleinere Maximum umfaßt den Winkelraum N80° bis 90° O und N90°—36° W. Ihm gehören 418=30,23% der Klüfte an. Seine Mittelachse liegt bei N70° W. Undeutlicher ist die Maximalachse, die ich bei N55° W finde. Indessen sind mehrere Teilmaxima bei N 40°, 50°, 75° und 85° W vorhanden. Dieses System heiße das Transversalsystem.

Die Maximalachsen beider Systeme sind 80° voneinander entfernt, stehen also nicht ganz senkrecht aufeinander. Wir können also eine Hauptklüftung mit der Achse N25° O und eine Gegenklüftung mit der Achse N55° W unterscheiden. Das Longitudinalsystem überwiegt jedenfalls bedeutend.

Da die Hauptrichtung dieses Systems (N25° O) mit der Richtung der Gräben, besonders des Tafeljura, zusammenfällt, ist eine

TABELLE 5.

Formationen	Rotliegendes (wesentlich Arkosen)	Buntsandstein (Sandstein)	Unterer Muschelkalk (wesentlich Kalkstein)	Oberer Muschelkalk (Kalkstein)	Keuper (wesentlich Sandstein)	Lias (Kalkstein)	
Anzahl der Aufschlüsse	2	17	1	75	2	1	
Auf einen Aufschluß kommen an Klüften	2,5	5,6	4	5,3	2,0	3	
Bewertung	I	5 100%	71 88,75%	— —	288 73,09%	— —	— —
	II	— —	9 11,25%	4 100%	101 25,63	4 100%	3 100%
	III	— —	— —	— —	5 1,28%	— —	— —
Summe	5 100%	80 100%	4 100%	394 100%	4 100%	3 100%	

nach Alter und Ursache gleiche Entstehung der Gräben und Klüfte anzunehmen. Die Klüfte sind also tektonisch und sicher vormittelmiozän (wahrscheinlich oberoligozän) entstanden. Auffallend ist, daß das Longitudinalsystem ein Hauptmaximum, das Transversalsystem dagegen mehrere Maxima zeigt. Die Erklärung liegt wohl darin, daß in der Longitudinalrichtung der Schwarzwaldwiderstand im N und der alpine Druck von S das Gebiet wie in einem Schraubstock gehalten haben, sodaß longitudinal nur eine konstante Hauptkluftrichtung entstehen konnte. Transversal dagegen ist eine Gegenklüftung mit mehreren Teilmaxima vorhanden. Es ist dies durchaus erklärlich, da die Zerrung des Rheingrabens bzw. die Ausweichmöglichkeit nach W einen gewissen Spielraum für die Kluftrichtung ließ und daher keine

TABELLE 5.

Unterer Dogger (wesentlich Kalkstein)	Haupt- rogenstein (Oolithkalk)	Oberer Dogger (wesentlich Kalkstein)	Callovien (wesentlich Kalkstein)	Argovien- (Eiffinger Sch.) -Rauracien (wesentlich Kalkstein)	Sequan (wesentlich Kalkstein)	Oligocän (Kalkstein)	Miocän (Agglomerate)	Summe
9	114	2	1	21	8	2	4	259
4,3	6,0	2,5	2	3,7	4,8	11,0	3	4,3
3	127	3	—	9	6	2	—	514
7,69%	18,22%	60%	—	11,54%	15,79%	9,09%	—	37,17%
27	496	2	—	67	28	17	5	763
69,23%	71,16%	40%	—	85,89%	73,69%	77,27%	41,67%	55,17%
9	74	—	2	2	4	3	7	106
23,08%	10,62%	—	100%	2,57%	10,52%	13,64%	58,33%	7,66%
39	697	5	2	78	38	22	12	1383
100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

konstante Richtung der Klüfte eintrat. Das Überwiegen der Longitudinal- vor der Transversalrichtung zeigt, daß der alpine Druck von Süden das bestimmende Element für die Tektonik des Untersuchungsgebietes im Oligocän ist.

Die Klüfte der einzelnen Formationen.

Von den im Gebiet vorkommenden Formationen lieferten die meisten Messungen in absteigender Zahl: Hauptrogenstein, Muschelkalk, Buntsandstein, Argovien-Rauracien, Unterer Dogger, Sequan, Oligocän und Miocän. Nur wenig Messungen ergaben Rotliegendes, Oberer Dogger, Keuper, Lias und Callovien.

Tabelle 5 gibt übersichtlich die Verteilung der Klüfte und

ihre Bewertung auf die einzelnen Formationen an. Danach liefert der Haupttrogenstein 697=50,39%, der Muschelkalk 397=28,63%, der Buntsandstein 80=5,78%, Argovien-Rauracien 78=5,64% aller Klüfte usw. Die meisten Klüfte auf einen Ausschluß lieferte das Oligocän mit 11.

Tabelle 6 gibt die Verteilung der Klüfte der Formationen auf die einzelnen Richtungen, von 20° zu 20° zusammengefaßt. Bei der Auswertung der Tabelle lasse ich Rotliegendes, Unterer Muschelkalk, Keuper, Lias, Oberer Dogger, Callovien, Oligocän, Miocän weg, da diese nur wenig Klüfte lieferten. Von den übrigbleibenden Formationen seien die Hauptkluftrichtungen wiedergegeben:

Sequan	N 20°—25°W	und	N 25—30°O
Argovien-Rauracien	N 45°W	„	N 20—25°O
Haupttrogenstein	N 40—50°W	„	N 25—30°O
Unterer Dogger	N 50°W	„	N 25—30°O
Oberer Muschelkalk	N 75°—85°W	„	N 0—10°O
Buntsandstein	N 40°W	„	N 15—20°O

Zunächst sei die letzte Spalte der Tabelle betrachtet. Sie gibt die Hauptkluftrichtung wieder. Vom Sequan bis zum Unteren Dogger ist die einheitliche Kluftrichtung N 25°O festzustellen. Abweichend hiervon streicht der Muschelkalk N 5°O, der Buntsandstein wieder N 15—20°O. Die Deutung dieser merkwürdigen Erscheinung ist folgende: Die Juraschichten mit ihrer einheitlichen Hauptkluftrichtung liegen südlich des Rheins, wo die Grabenbrüche und Verwerfungen i. a. N 25°O streichen. Der Muschelkalk findet sich nördlich des Rheins, wo die Grabenbrüche ebenso wie die Hauptklüfte, also N 5°O streichen. Es ist demnach eine merkwürdig enge Beziehung zwischen Hauptkluftrichtung und tektonischer Richtung bis ins kleinste vorhanden. Daraus ergibt sich unzweifelhaft, daß das Klufnetz tektonischen Ursprungs ist und gleichaltrig mit den Gräben des Gebiets, also sicher vormittelmiocän (wahrscheinlich oberoligocän).

Sehr auffallend ist nun, daß im Buntsandstein die Hauptklüftung N 15°—20°O streicht, also anders als im darüberliegenden Muschelkalk. Dasselbe Verhalten zeigt der Buntsandstein in der ersten Spalte der obigen Tabelle. Liegt hier ein älteres Klufnetz vor? oder gar ein jüngeres, wobei man allerdings annehmen muß, daß in den stratigraphisch höheren Schichten ebenfalls unter allen Klüften ein jüngeres Klufsystem verborgen liegt. Auf jeden Fall glaube ich, daß das völlig abweichende Verhalten des Buntsand-

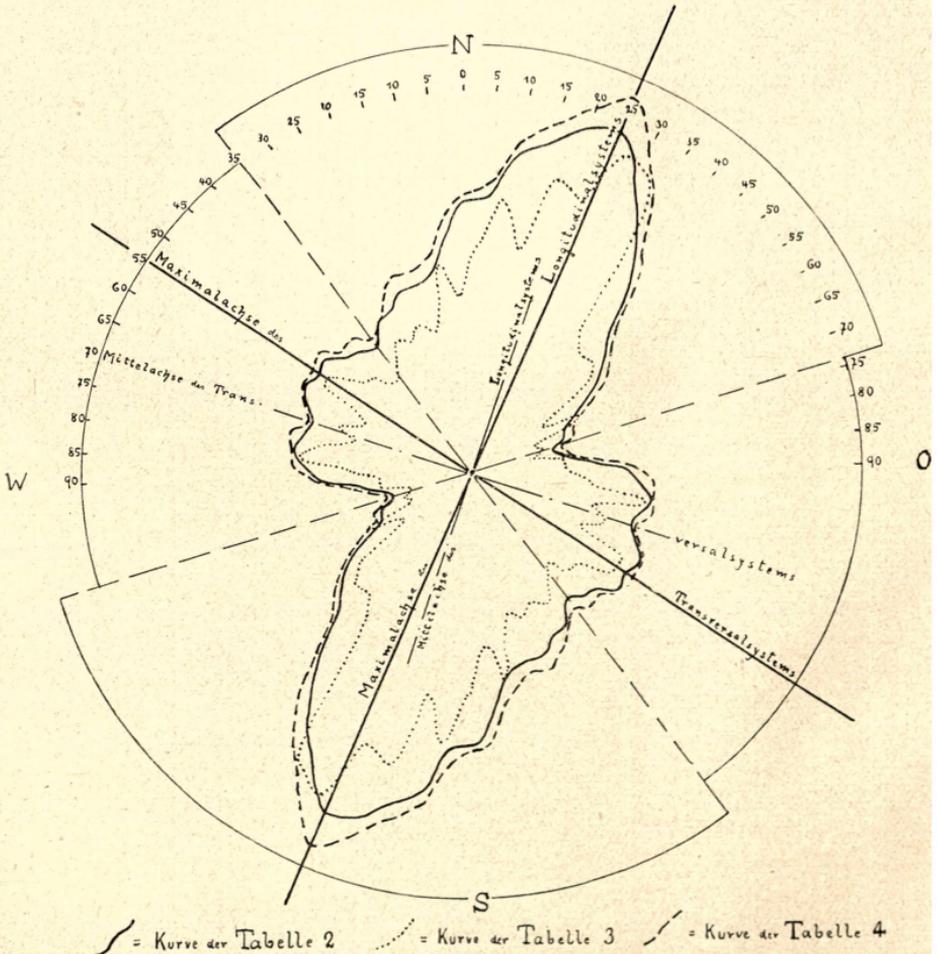
TABELLE 6.

Kluftrichtung	Rotliegendes		Buntsandstein		Untere Muschelkalk		Obere Muschelkalk		Keuper		Lias		Untere Dogger		Hauptrogenstein		Obere Dogger		Callovien		Argovien-Rauracien		Sequanien		Oligocän		Miocän	
N 90° W--N 70° W			5	1	58								1	62							1	3	4		2			
N 85° W--N 65° W			7	1	60								1	61								5	4	4		1		
N 80° W--N 60° W			9	1	55								1	59								5	2			1		
N 75° W--N 55° W			9	1	55								3	66								6	2					
N 70° W--N 50° W	1	7	1		49								4	76								9	2					
N 65° W--N 45° W	3	8			41								3	83								10	1					
N 60° W--N 40° W	3	11			31								4	86								10	4					
N 55° W--N 35° W	5	10			19								2	86								13	4					
N 50° W--N 30° W	4	13			13								3	87								11	6					
N 45° W--N 25° W	2	11			16								3	81								7	9	1		1		
N 40° W--N 20° W	2	7			23								3	84	1	1						5	9	4		1		
N 35° W--N 15° W		5			35								2	84	1	1						2	12	6		2		
N 30° W--N 10° W		2			51								1	82	1	1						3	11	7		3		
N 25° W--N 5° W					60								1	77	1	1						3	7	8		3		
N 20° W--N 0° W		1			74	2							2	65	3							4	6	10		4		
N 15° W--N 5° O		6			100								3	65	2							5	2	9		5		
N 10° W--N 10° O		8			111								7	74	3							5	2	9		4		
N 5° W--N 15° O		17	2		107	1	1						9	64	3							7	4	8		3		
N 0° O--N 20° O		23	3		108	1	3						9	86	2							15	4	2		2		
N 5° O--N 25° O		29	3		87	2	3						10	114	2							17	4			2		
N 10° O--N 30° O		30	3		67	2	3						11	142	2							24	6			3		
N 15° O--N 35° O		24	1		47	1	3						14	175	1							25	7			4		
N 20° O--N 40° O		20			34	1							13	176	1							20	6			3		
N 25° O--N 45° O		13			28								12	159		1						1	21	6		3		
N 30° O--N 50° O		14			24								11	131		1						17	5			1		
N 35° O--N 55° O		12			27								5	96		1						1	16	3		1		
N 40° O--N 60° O		13			26								6	75		1						1	16	5				
N 45° O--N 65° O		9			24								5	60								18	5					
N 50° O--N 70° O		3			22								6	54								11	5					
N 55° O--N 75° O		3			19								5	42								8	4					
N 60° O--N 80° O		2			21								5	41								7	4	3				
N 65° O--N 85° O		2			18								3	42								1		2				
N 70° O--N 90° O		2			32								1	43								2	1					
N 75° O--N 85° W		2			39									47								2	3	2				
N 80° O--N 80° W					53									62								1	3	4				
N 85° O--N 75° W		1			59									61								2	4	4				

steins dafür spricht, daß der alpine Druck nur die Schichten über dem Buntsandstein (? mittlerer Muschelkalk) ergriffen hat und sehe darin eine Stütze der Buxtorfschen Abscherungstheorie; dabei müßte der Anfang der Abscherung bereits in den Beginn des alpinen Drucks, also ins Oligocän, fallen.

Fallen der gemeinen tektonischen Klüfte.

Da die Klüfte fast nie ganz eben sind, wurde für jede Klüft aus mehreren Messungen ein durchschnittliches Fallen berechnet. Die Untersuchung des Fallens ist zweckmäßig für jedes Klüftsystem getrennt durchgeführt.



Figur 1. Graphische Darstellung des Streichens der gemeinen Klüfte.

TABELLE 7.

Longitudinales Klufsystem.

N 35°W — N 74°O. 942 Klüfte.

A. Saigere und annähernd saigere Klüfte.

Fallen	Bewertung			Summe
	I	II	III	
86°—89° W	38	45	3	86
90°	136	157	18	311
89°—86° O	24	31	11	66
Summe	198	233	32	463

B. W-fallende Klüfte.

Gruppe I von 85°—81° W.

Fallen	Bewertung			Summe
	I	II	III	
85°—81° W	35	52	10	97

Gruppe II von 80°—41° W

Fallen	Bewertung			Summe
	I	II	III	
80°—76° W	15	37	4	56
75°—71° W	8	13	3	24
70°—66° W	5	10	2	17
65°—61° W	5	4	2	11
60°—56° W	1	2	1	4
55°—51° W	1	2	1	4
50°—46° W	—	2	—	2
45°—41° W	—	—	1	1
Summe	35	70	14	119

C. O-fallende Klüfte.

Gruppe I von 85°—81° O.

Fallen	Bewertung			Summe
	I	II	III	
85°—81° O	38	45	12	95

Gruppe II von 80°—41° O

Fallen	Bewertung			Summe
	I	II	III	
80°—76° O	21	32	2	55
75°—71° O	17	30	2	49
70°—66° O	9	22	2	33
65°—61° O	7	8	—	15
60°—56° O	2	8	—	10
55°—51° O	—	3	—	3
50°—46° O	—	1	—	1
45°—41° O	—	2	—	2
Summe	56	106	6	168

TABELLE 8.

Nr. der Zone	Zahl der Aufschlüsse	Zahl aller Klüfte	Longitudinalsystem			Summe
			Saiger	Westfallend	Ostfallend	
1	2	22	9	8	—	17
2	—	—	—	—	—	—
3	6	28	4	5	17	26
4	22	119	18	9	56	83
5	15	80	21	9	29	59
6	13	64	9	19	12	40
7	12	85	17	19	28	64
8	16	84	27	14	13	54
9	7	48	14	18	8	40
10	21	109	37	28	14	79
11	9	27	6	9	8	23
12	10	41	12	10	6	28
13	24	97	21	22	23	66
14	9	32	6	4	10	20
15	13	121	18	33	26	77
16	10	75	16	27	14	57
17	4	25	8	1	11	20
18	12	78	11	14	13	38
19	9	46	16	10	2	28
20	7	32	13	7	5	25
21	5	52	4	18	8	30
22	9	35	11	2	11	24
23	6	25	4	7	9	20
24	7	23	2	3	3	8
25	—	—	—	—	—	—
26	5	16	5	4	1	10
27	3	7	2	1	—	3

1. Das Longitudinalsystem.

942 Klüfte (17 unregelmäßig fallende bzw. ungenau gemessene Klüfte wurden weggelassen).

Tabelle 7 zeigt, daß 655 Klüfte = 69,53% stärker, 287 = 30,47% schwächer als 81° fallen. Saiger sind 311 = 33,01%. Nichtsaiger sind 631 = 66,99%. Von den letzteren sind 344 stärker, 287 schwächer als 81° fallend. Die saigeren und fast saigeren Klüfte überwiegen also beträchtlich. Von den Klüften sind weiter 311 = 33,01% saiger, 329 = 34,92% ostfallend und 302 = 32,07% westfallend. Wenn ich die saigeren und fast saigeren Klüfte, also alle über 86° weglasse, sind sogar 263 = 54,90% ostfallend und 216 = 45,10% westfallend.

TABELLE 9.

Transversalsystem.

N 75°—90° O und N 90°—36° W. 415 Klüfte.

A. Saigere und annähernd saigere Klüfte.

Fallen	Bewertung			Summe
	I	II	III	
86°—89° N	17	19	2	38
90°	44	71	15	130
89°—86° S	13	21	—	34
Summe	74	111	17	202

B. N-fallende Klüfte.

Gruppe II von 85°—81° N.

Fallen	Bewertung			Summe
	I	II	III	
85°—81° N	22	42	3	67

Gruppe II von 80°—41° N

Fallen	Bewertung			Summe
	I	II	III	
80°—76° N	12	25	3	40
75°—71° N	3	10	—	13
70°—66° N	4	7	2	13
65°—61° N	2	1	—	3
60°—56° N	2	1	—	3
55°—51° N	—	1	—	1
50°—46° N	—	—	—	—
45°—41° N	1	—	—	1
Summe	24	45	5	74

C. S-fallende Klüfte.

Gruppe II von 80°—41° S.

Fallen	Bewertung			Summe
	I	II	III	
85°—81° S	14	27	1	42

Gruppe I von 85°—81° S

Fallen	Bewertung			Summe
	I	II	III	
80°—76° S	6	9	1	16
75°—71° S	2	6	—	8
70°—66° S	2	—	—	2
65°—61° S	1	2	—	3
60°—56° S	—	1	—	1
55°—51° S	—	—	—	—
50°—46° S	1	—	—	1
45°—41° S	—	1	—	1
Summe	12	19	1	32

Die ostfallenden Klüfte überwiegen also im ganzen etwas, aber nur unbedeutend.

Man kann nun versuchen das Einfallen der Klüfte als Anzeichen für das Einfallen der Rheingrabenflexur zu benutzen. Dazu habe ich das Gebiet parallel zur Flexur in 27 je 1 km breite Zonen (vgl. Tafel 2) zerlegt und jede Zone besonders untersucht (vgl. Tabelle 8).

Die Zonen 1 und 2 liegen im Rheingraben. Merkwürdigerweise treten hier nur westfallende Klüfte auf, was jedoch wegen der geringen Zahl der Klüfte nicht der Untersuchung wert ist. Die Zonen 3, 4 und 5, die der Rheingrabenflexur angehören, haben hauptsächlich ostfallende Klüfte. Da die Schichten stark westfallen und die Klüfte nach meinen Beobachtungen auch hier fast senkrecht zur Schichtfläche stehen, müssen natürlich die ostfallenden Klüfte stark überwiegen.

Die Zonen 6—27, die der Sedimenttafel angehören, zeigen ein schwaches Überwiegen der westfallenden Klüfte.

Die Untersuchung des Fallens der Klüfte erbringt also keinen Beweis für die Richtigkeit der Andreae-Salomonischen Theorie über die Divergenz des Rheingrabens für mein Gebiet. Freilich kann auch von einem Gegenbeweis nicht die Rede sein.

Es fragt sich nämlich, ob das untersuchte Gebiet zur Nachprüfung der Divergenz-Theorie geeignet ist. Nach WILSER (Lit. 93, S. 615) gehört die Dinkelberg-Tafeljurasholle zum Rheingraben, da WILSER die Kanderner Quer- und Wehratalverwerfung ihrer großen Sprunghöhe wegen als Fortsetzung der Rheingrabenspalte ansieht. Aber selbst wenn man dieser Ansicht nicht beistimmt und die Flexur Kandern-Aesch, da sie ja die direkte Fortsetzung der östlichen Rheingrabenspalte nach S ist, als Rheingrabenrand ansieht, beweist ihre Ausbildung als Flexur, daß hier der Rheingraben schwächer als sonst abgesenkt ist, also auch besondere Bildungsverhältnisse angenommen werden müssen.

2. Das Transversalsystem.

415 Klüfte (9 unregelmäßig fallende bzw. ungenau gemessene Klüfte sind weggelassen).

Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 zusammengestellt. Wie beim Longitudinalsystem ist auch hier ein Schnitt bei 80° zu machen, da hier mit abnehmendem Fallwinkel die Zahl der Klüfte sehr zurückgeht. So sind 311 = 74,94% der Klüfte stärker, 104 = 25,06%

schwächer als 80° fallend. Von allen Transversalklüften sind 130 = 31,33% saiger und 285 = 68,67% nicht saiger. Von den letzteren sind 177 = 62,10% N-fallend und 108 = 37,90% S-fallend. Lasse ich die saigeren Klüfte weg, dann sind zwischen 89 bis 81° 105 = 58,01% N-fallend und 76 = 41,99% S-fallend; zwischen 80—41° sind 72 = 69,23% N-fallend und 32 = 30,77% S-fallend. Die N-fallenden Klüfte überwiegen also bedeutend.

Um zu sehen, ob Tektonik und Kluffallen noch irgendeine Beziehung aufweisen, habe ich das Gebiet senkrecht zum Rhein-grabenrand in 7 Streifen (vgl. Tafel 2) von je 5 km Breite zerlegt. Die Ergebnisse sind auf Tabelle 10 dargestellt.

TABELLE 10.

N. r. des Streifens	Zahl der Auf-schlüsse	Zahl aller Klüfte	Transversalsystem			Summe
			Saiger	N-fallend	S-fallend	
I	23	419	10 28,58%	11 31,43%	14 39,99%	35 100%
II	37	198	26 39,39%	25 37,88%	15 22,73%	66 100%
III	22	79	10 34,48%	10 34,48%	9 31,04%	29 100%
IV	25	147	14 35,89%	12 30,77%	13 33,33%	39 100%
V	49	348	26 29,54%	50 56,82%	12 13,64%	88 100%
VI	74	387	33 26,83%	60 48,78%	30 24,39%	123 100%
VII	24	107	6 19,35%	14 45,16%	11 35,49%	31 100%
Durchschnittlich			30,61%	40,76%	28,66%	

Im Streifen 1 überwiegt das S-Fallen, im Streifen 2 und 5—7 das N-Fallen, Streifen 3 und 4 zeigen gleichmäßiges N- und S-Fallen. Dieses merkwürdige Ergebnis auszudeuten ist mir nicht geglückt.

Ergebnisse.

Das Kluftnetz des untersuchten Gebiets zerfällt in zwei fast senkrecht aufeinanderstehende Systeme. Eines, das Longitudinalsystem mit der Hauptrichtung N25°O, ist das weitaus vorherrschende; das schwächer ausgebildete Transversalsystem hat die Hauptrichtung N55°W. Das Kluftnetz besteht also aus einer Hauptklüftung und einer viel schwächeren Gegenklüftung. In vielen Steinbrüchen sind diese Systeme sehr gut zu beobachten.

Die Maximalachse des Longitudinalsystems läuft parallel zu den Gräben des Tafeljura und des Dinkelbergs. Dies beweist, daß das Kluftnetz gleichaltrig mit den Gräben ist, also sicher vormittelmiocän (wahrscheinlich oberoligocän). Die Klüfte in den miocänen Schichten sind kein Gegenbeweis. Sie sind vielmehr jünger (wahrscheinlich pliocän); ihre Hauptrichtung ist auch eine andere, nämlich N5°W.

Der Parallelismus der Mehrzahl der Klüfte mit den Gräben beweist auch, daß sie beide gleicher Entstehung sind. Das Kluftnetz ist also tektonischer Entstehung. Man kann demnach die tektonischen Klüfte als Verwerfungen mit unmerklicher Sprunghöhe bezeichnen (siehe SALOMON Lit. 5, S. 517). In der Tat konnte ich auch an einigen Klüften in Steinbrüchen des Wehratales geringfügige Absenkungen einer Scholle gegen die andere beobachten. Die Entstehung der Klüfte ist auf den oligocänen alpinen Druck von S zurückzuführen.

Das Abdrehen der Hauptkluftrichtung gegen N aus der NO- in die NNO-Richtung beweist, daß der alpine Druck mit dem Widerstand des Schwarzwalds und der Zerrung durch den einsinkenden Rheingraben bzw. der Ausweichmöglichkeit der Tafel gegen W sich zu einer Art Torsionswirkung kombiniert hat. Jedoch ist der alpine Druck das bestimmende Element. Denn in der Druckrichtung liegt die Mehrzahl der Klüfte. In seiner Richtung liegt auch das konstante Maximum des Longitudinalsystems, während senkrecht dazu das Vorhandensein verschiedener Teilmaxima beweist, daß die Tafel hier labiler war infolge des zerrenden Einsinkens des Rheingrabens bzw. der Ausweichmöglichkeit nach W.

Verfolgt man das Streichen der Klüfte durch die Formationen hindurch, so ergibt sich, daß es in beiden Kluftsystemen nicht konstant bleibt. Im Longitudinalsystem haben zwar die Schichten über dem Buntsandstein ein gleiches Kluftstreichen, der Bunt-

TABELLE 11.

Kluftrichtung	Bewertung			Summe	Kluftrichtung	Bewertung			Summe
	I	II	III			I	II	III	
N 90° W—N 86° W	—	3	—	3	N 0° O—N 4° O	5	12	—	17
N 85° W—N 81° W	1	1	—	2	N 5° O—N 9° O	9	5	—	14
N 80° W—N 76° W	1	—	—	1	N 10° O—N 14° O	10	11	—	21
N 75° W—N 71° W	—	2	—	2	N 15° O—N 19° O	10	12	—	22
N 70° W—N 66° W	—	—	—	—	N 20° O—N 24° O	8	12	1	21
N 65° W—N 61° W	1	2	—	3	N 25° O—N 29° O	7	14	—	21
N 60° W—N 56° W	1	2	—	3	N 30° O—N 34° O	7	12	—	19
N 55° W—N 51° W	1	1	—	2	N 35° O—N 39° O	3	5	1	9
N 50° W—N 46° W	2	1	—	3	N 40° O—N 44° O	10	6	—	16
N 45° W—N 41° W	—	1	—	1	N 45° O—N 49° O	9	13	—	22
N 40° W—N 36° W	3	—	—	3	N 50° O—N 54° O	4	7	—	11
N 35° W—N 31° W	1	2	—	3	N 55° O—N 59° O	6	6	—	12
N 30° W—N 26° W	2	6	—	8	N 60° O—N 64° O	6	2	—	8
N 25° W—N 21° W	7	4	—	11	N 65° O—N 69° O	6	1	—	7
N 20° W—N 16° W	3	10	1	14	N 70° O—N 74° O	4	1	—	5
N 15° W—N 11° W	12	5	—	17	N 75° O—N 79° O	1	1	—	2
N 10° W—N 6° W	7	9	—	16	N 80° O—N 84° O	—	2	—	2
N 5° W—N 1° W	6	14	1	21	N 85° O—N 89° O	1	—	—	1
Summe	48	63	2	113	Summe	106	122	2	230

sandstein selbst weicht jedoch davon ab. Dies wiederholt sich auch beim Transversalsystem. Ob nun die Klüfte des Buntsandsteins älter oder jünger sind als die übrigen, ist nicht zu erweisen. Jedenfalls sehe ich im abweichenden Verhalten des Buntsandsteins eine Stütze für BUXTORFS Abscherungstheorie; auch im Nordvorland des Kettenjura hat der alpine Druck nur die obersten Schichten erfaßt; ob freilich tatsächlich eine Abscherung stattgefunden hat, ist nicht zu beweisen.

Der Versuch, das Einfallen der Klüfte als Anzeichen für das Einfallen des Rheingrabenrandes zu benutzen, ist fehlgeschlagen. Es ergab sich weder ein Beweis, noch ein Gegenbeweis für die Richtigkeit der ANDREAE-SALOMONSchen Divergenztheorie.

II. Die Harnische.

Im Gegensatz zu den gemeinen tektonischen Klüften haben die Harnische in der Literatur des Gebiets mehrfach Erwähnung gefunden. U. a. berichten BLÖSCH (Lit. 11), HEIM (Lit. 46), SUTER

TABELLE 12.

Kluftrichtung	Zahl der Harnischklüfte	Kluftrichtung	Zahl der Harnischklüfte
N 90° W—N 70° W	8	N 0° O—N 20° O	84
N 85° W—N 65° W	5	N 5° O—N 25° O	83
N 80° W—N 60° W	8	<u>N 10° O—N 30° O</u>	<u>90</u>
N 75° W—N 55° W	8	N 15° O—N 35° O	86
N 70° W—N 50° W	11	N 20° O—N 40° O	72
N 65° W—N 45° W	12	N 25° O—N 45° O	70
N 60° W—N 40° W	9	N 30° O—N 50° O	71
N 55° W—N 35° W	9	N 35° O—N 55° O	60
N 50° W—N 30° W	12	N 40° O—N 60° O	67
N 45° W—N 25° W	16	N 45° O—N 65° O	56
N 40° W—N 20° W	32	N 50° O—N 70° O	40
N 35° W—N 15° W	36	N 55° O—N 75° O	35
N 30° W—N 10° W	55	N 60° O—N 80° O	25
N 25° W—N 5° W	64	N 65° O—N 85° O	16
N 20° W—N 0° W	70	N 70° O—N 90° O	10
N 15° W—N 5° O	75	N 75° O—N 85° W	8
N 10° W—N 10° O	72	N 80° O—N 80° W	8
N 5° W—N 15° O	77	N 85° O—N 75° W	7

(Lit. 85) von senkrechten Rutschstreifen an verschiedenen Verwerfungsflächen des Gebiets. Die genannten Autoren ziehen daraus den Schluß, daß sich an den Verwerfungen senkrechte Bewegungen vollzogen haben. Indessen fehlt außer diesen dürftigen Angaben eine eingehendere Betrachtung über die Harnische.

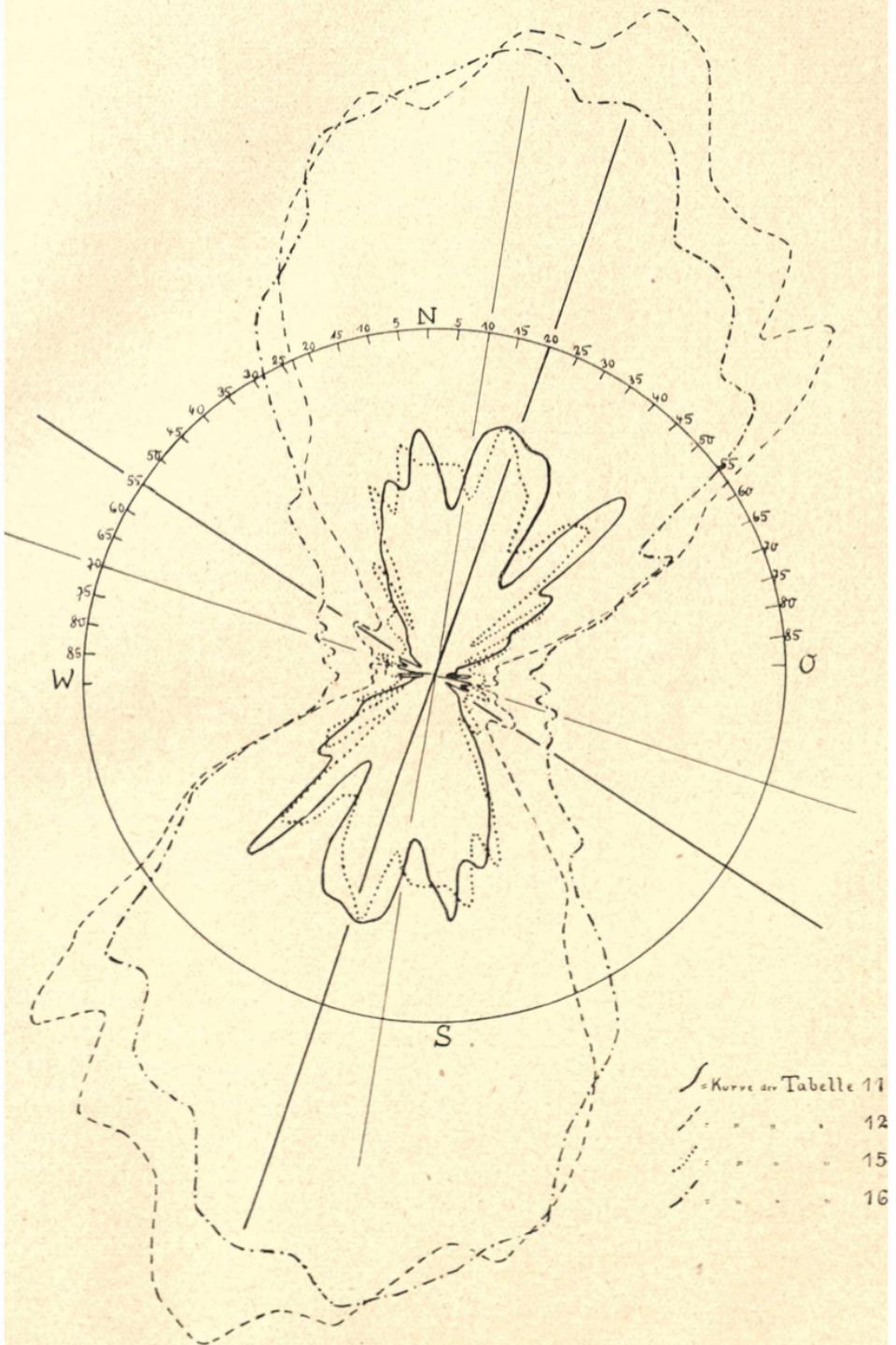
Ich habe nun auch besonders die Harnische untersucht und 355 gemessen; davon sind 10 auf Schicht-, 2 auf Bruchflächen, alle übrigen an Klufflächen beobachtet.

Streichen der Harnischklüfte.

Hier sind nur die Harnische an Klufflächen berücksichtigt. Ihre Zahl beträgt 343.

Tabelle 11 zeigt die Verteilung der Harnischklüfte auf die von 5° zu 5° zusammengefaßten Streichrichtungen.

Tabelle 12 ergibt dasselbe, jedoch sind die Streichrichtungen zu besserer Übersicht von 20° zu 20° zusammengefaßt. Auf Fig. 2 ist Tabelle 11 und 12 graphisch dargestellt. In die Augen springend ist der gegen NNO vorspringende Bogen. Er heiße das Longi-



Figur 2. Graphische Darstellung des Streichens der Harnischklüfte und des Streichens der Vertikalebene der Harnischstreifen.

tudinalsystem. Ebenso auffällig ist das dazu senkrechte System seiner kümmerlichen Entwicklung wegen. Es sei Transversalsystem genannt. Die Grenze beider Systeme liegt da, wo die Äste des Longitudinalsystems zum tiefsten Einschnitt abfallen, also bei $N45^{\circ}$ und 86° W. Das Longitudinalsystem umfaßt also den Winkelraum $N45^{\circ}$ W bis $N94^{\circ}$ O, das Transversalsystem $N85^{\circ}$ bis 46° W. Auffallend, da fast ganz vorherrschend, ist das Longitudinalsystem. Denn ihm gehören $327=95,34\%$, dem Transversalsystem nur $16=4,66\%$ aller Harnischklüfte an. Das Maximum des Longitudinalsystems liegt bei $N20^{\circ}$ O mit 90 Harnischen. Von da fällt die Kurve nach beiden Seiten ziemlich gleichmäßig ab. Die Mittelachse des Systems liegt bei $N25^{\circ}$ O, sodaß die Symmetrie der Kurve ziemlich vollkommen ist. Das Maximum des unbedeutenden Transversalsystems liegt bei $N55^{\circ}$ W, die Mittelachse bei $N65^{\circ}$ W. Das System hat kein einheitliches Gepräge.

Vergleicht man die Systeme der Harnischklüfte mit denen der gemeinen tektonischen Klüfte, so ergibt sich keine völlige Übereinstimmung, sondern eine ziemliche Abweichung. Während bei den Harnischklüften das Longitudinal- gegenüber dem Transversalsystem fast herrschend ist, ist bei den Klüften das Transversalsystem immerhin noch ziemlich beträchtlich. Der Winkelraum des Longitudinalsystems der Harnischklüfte umfaßt 30° mehr als der der Klüfte, der Raum des Transversalsystems der Harnischklüfte natürlich 30° weniger als der der Klüfte. Die Mittelachse des Longitudinalsystems liegt bei $N25^{\circ}$ bzw. 20° O, die Maximalachse bei $N20^{\circ}$ bzw. 25° O. Die Mittelachse des Transversalsystems liegt bei $N25^{\circ}$ bzw. 70° W, die Maximalachse beide Male bei $N55^{\circ}$ W. Wenn auch Mittel- und Maximalachsen der Systeme der Harnischklüfte und der gemeinen tektonischen Klüfte kaum voneinander abweichen, so möchte ich nachdrücklich darauf hinweisen, daß, wie oben ausgeführt, das Longitudinalsystem der Harnischklüfte im Gegensatz zu dem der Klüfte weitaus über das Transversalsystem vorwiegt, und daß die Symmetrieverhältnisse der Systeme der Harnischklüfte unvollkommener sind als die der Klüfte. Ein zeitlicher und ursächlicher Zusammenhang zwischen gemeinen tektonischen Klüften und Harnischen erscheint demnach schon unsicher.

Fallen der Harnischklüfte.

Tabelle 13 zeigt das Vorherrschen der steileren Klüfte. Saiger sind $73=21,86\%$ der Klüfte. Von den nichtsaigeren Klüften fallen

293=87,92% mit 70—89° und nur 41=12,28 mit weniger als 70° ein. Mit steigendem Fallwinkel steigt also die Zahl der Klüfte und zwar fortlaufend. Daß von 85° bis 89° eine kleinere Zahl als vor- und nachher steht, ist auf Rechnung meiner Messungen zu setzen; begreiflicherwise sind die Winkel, die dicht bei 90° liegen, schwer zu messen und somit können unter den saigeren Klüften manche sein, die schwächer fallen und die Zahl der 89° bis 85° fallenden vermehren würden.

Jedenfalls sind die saigeren und fast saigeren Harnischklüfte stark in der Mehrzahl, was mit der Tabelle der Fallwinkel der gemeinen Klüfte gut übereinstimmt. Während jedoch die Klüfte alle stärker als 41° fallen, sind unter den Harnischklüften immerhin einige, die schwächer fallen. Auch hiernach ist es also unsicher, ob Kluft- und Harnischbildung zeitlich und ursächlich in Zusammenhang gebracht werden können.

Der Fallwinkel der Harnischstreifen.

Gemessen wurde der Winkel zwischen der Horizontalebene und den Harnischstreifen. Bestimmt wurde er durch Aufsetzen des mit einem Klinometer versehenen Kompasses auf die Harnischstreifen. Der Winkel ist mit h bezeichnet.

Die Ergebnisse finden sich auf Tabelle 14. Zur Gesamtzahl der Harnischstreifensysteme ist zu bemerken, daß 4 Harnischstreifen wegen ungenügender Messung ausscheiden, daß bei 17 Streifen ein doppeltes, bei 2 Streifen ein dreifaches Fallen gemessen wurde, daß 4 Klüfte, die nur Spiegelglätte zeigen, ausscheiden; somit erhöht sich die Gesamtzahl der Harnischstreifen auf 349.

Wie Tabelle 14 zeigt, überwiegen die horizontalen oder annähernd horizontalen Harnischstreifen bei weitem. Horizontal sind 40 Harnischstreifen = 11,46%. Von den nicht-horizontalen Harnischstreifen zeigen die meisten die Winkelgrade

TABELLE 13.

Harnischklüfte.

Fallwinkel	Zahl
90°	73
89°—85°	66
84°—80°	76
79°—75°	44
74°—70°	34
69°—65°	16
64°—60°	13
59°—55°	6
54°—50°	2
49°—40°	4
Summe	334
Stark gebogene Klüfte	5
Ungenau gemessen	4
Ges.-Summe	343

TABELLE 14.

h	Gesamt- zahl	Longitudinalsystem			Transversalsystem		
		Im ganzen	Davon fallen gegen		Im ganzen	Davon fallen gegen	
			N	S		W	O
0°	40	39	—	—	1	—	—
1°—5°	92	89	46	43	3	3	—
6°—10°	66	64	37	27	2	—	2
11°—15°	29	28	14	14	1	—	1
16°—20°	22	21	17	4	1	1	—
21°—25°	20	20	14	6	—	—	—
26°—30°	9	8	6	2	1	—	1
31°—35°	3	3	3	—	—	—	—
36°—40°	6	4	2	2	1	—	1
41°—45°	7	6	5	1	1	1	—
46°—50°	1	1	1	—	—	—	—
51°—55°	3	3	2	1	—	—	—
56°—60°	7	6	5	1	1	—	1
61°—65°	2	2	1	1	—	—	—
66°—70°	7	6	2	4	1	1	—
71°—75°	2	2	1	1	—	—	—
76°—80°	10	10	7	3	—	—	—
81°—85°	10	10	5	5	—	—	—
86°—89°	4	4	1	3	—	—	—
90°	10	8	—	—	2	—	—
Summe	349	334	169	118	15	6	6

von 1—5°, nämlich 92. Mit steigendem Fallwinkel nimmt die Zahl der Harnischstreifen schnell ab. Ein deutliches Ansteigen zeigen wieder die Winkelgrade von 76 bis 90°.

Über den Anteil der beiden Systeme ist folgendes zu sagen:

a) Longitudinalsystem. Hierher 334 Streifen. Davon sind 39=11,67% horizontal, 169=50,60% N-fallend, 118=35,33% S-fallend und 8=2,40% vertikal. Den Hauptanteil haben also die N-fallenden Harnischstreifen.

b) Transversalsystem. Hierher 15 Streifen. Davon sind einer horizontal, 6 O-fallend, 6 W-fallend, 2 vertikal.

Zusammenfassend ist zu bemerken, daß die horizontalen oder annähernd horizontalen Harnischstreifen weitaus vorherrschen. Daraus ist zu schließen, daß die Harnischstreifen von einer horizontal wirkenden = tangentialen Kraft erzeugt worden sind. Das kleine Maximum bei den steilen Harnischstreifen zeigt aber, daß daneben auch vertikale = radiale Kräfte tätig waren. Ob die verti-

kalen Streifen älter, gleichaltrig oder jünger als die horizontalen sind, ist allerdings jetzt noch nicht zu entscheiden. Die schwache Entwicklung des Transversalsystems zeigt die völlige Bedeutungslosigkeit O—W-gerichteter Kräfte. Das völlige Vorherrschen des Longitudinalsystems beweist, daß die Druckrichtung etwa nord-nordöstlich war. Ein wesentlich tangentialer ungefähr NNO-gerichteter Druck ist also die Ursache der Harnischstreifen.

Vergleicht man die Systeme der Harnischstreifen und die der gemeinen tektonischen Klüfte miteinander, so ist sofort deutlich, daß im Gegensatz zu den Klüften das Longitudinalsystem bei den Harnischstreifen durchaus vorherrscht. Es ist daraus wieder, wie auf S. 32 und 33 aber schon mit größerer Bestimmtheit der Schluß zu ziehen, daß zeitlich und ursächlich kein Zusammenhang zwischen gemeinen tektonischen Klüften und Harnischstreifen besteht.

Die Vertikalebene der Harnischstreifen.

Man versteht darunter die durch den Harnischstreifen gelegte vertikale Ebene. Der Schnitt dieser Ebene mit der Horizontalebene ist die Projektion des Harnischstreifens auf die letztere. Die Abweichung dieser Linie von der NS-Richtung ist in den folgenden Tabellen als Winkel f bezeichnet. Die Bedeutung der Vertikalebene liegt darin, daß erst durch ihre Bestimmung genau die relative Verschiebungsrichtung einer Scholle an der andern angegeben werden kann, während das auf S. 30ff. besprochene Streichen der Harnischklüfte nur das ungefähre angibt.

Es ist übrigens natürlich darauf hinzuweisen, daß nicht ein einzelner Harnisch uns Richtung und Art der tektonischen Kraft erschließen läßt, daß vielmehr aus möglichst vielen Harnischen erst ein Schluß in besagtem Sinn gezogen werden kann. Dazu habe ich einige Tabellen der Vertikalebene der Harnischstreifen zusammengestellt.

Auf Tabelle 15 sind die Bewegungsrichtungen = Winkel f der Harnischstreifen von 5° zu 5° zusammengefaßt. Übersichtlicher wird bei Zusammenfassung von 20° zu 20° dasselbe auf Tabelle 16. Noch deutlicher als bei den Harnischstreifen fällt hier das Überwiegen des Longitudinalsystems sofort in die Augen. Dessen Maximalachse liegt bei N 10° O, von wo die Kurve nach O und W ziemlich gleichmäßig abfällt. Das Longitudinalsystem umfaßt den

TABELLE 15.

Richtung (Winkel f)	Zahl	Richtung (Winkel f)	Zahl
N 90° W—N 86° W	4	N 0° O—N 4° O	18
N 85° W—N 81° W	4	N 5° O—N 9° O	18
N 80° W—N 76° W	4	N 10° O—N 14° O	15
N 75° W—N 71° W	2	<u>N 15° O—N 19° O</u>	<u>22</u>
N 70° W—N 66° W	3	N 20° O—N 24° O	19
N 65° W—N 61° W	5	N 25° O—N 29° O	17
N 60° W—N 56° W	3	N 30° O—N 34° O	12
N 55° W—N 51° W	3	N 35° O—N 39° O	13
N 50° W—N 46° W	3	N 40° O—N 44° O	17
N 45° W—N 41° W	4	N 45° O—N 49° O	18
N 40° W—N 36° W	6	N 50° O—N 54° O	4
N 35° W—N 31° W	6	N 55° O—N 59° O	11
N 30° W—N 26° W	11	N 60° O—N 64° O	10
N 25° W—N 21° W	4	N 65° O—N 69° O	3
N 20° W—N 16° W	17	N 70° O—N 74° O	7
N 15° W—N 11° W	14	N 75° O—N 79° O	4
N 10° W—N 6° W	20	N 80° O—N 84° O	3
N 5° W—N 1° W	18	N 85° O—N 89° O	1
Summe	131	Summe	212

TABELLE 16.

Richtung (Winkel f)	Zahl	Richtung (Winkel f)	Zahl
N 90° W—N 70° W	15	<u>N 0° O—N 20° O</u>	<u>81</u>
N 85° W—N 65° W	13	N 5° O—N 25° O	76
N 80° W—N 60° W	16	N 10° O—N 30° O	77
N 75° W—N 55° W	14	N 15° O—N 35° O	74
N 70° W—N 50° W	15	N 20° O—N 40° O	63
N 65° W—N 45° W	17	N 25° O—N 45° O	63
N 60° W—N 40° W	17	N 30° O—N 50° O	60
N 55° W—N 35° W	18	N 35° O—N 55° O	53
N 50° W—N 30° W	20	N 40° O—N 60° O	54
N 45° W—N 25° W	29	N 45° O—N 65° O	44
N 40° W—N 20° W	29	N 50° O—N 70° O	30
N 35° W—N 15° W	39	N 55° O—N 75° O	34
N 30° W—N 10° W	52	N 60° O—N 80° O	25
N 25° W—N 5° W	60	N 65° O—N 85° O	17
N 20° W—N 0° W	71	N 70° O—N 90° O	15
N 15° W—N 5° O	73	N 75° O—N 85° W	14
N 10° W—N 10° O	76	<u>N 80° O—N 80° W</u>	<u>12</u>
N 5° W—N 15° O	79	<u>N 85° O—N 75° W</u>	<u>13</u>

Winkelraum N 65° W bis N 89° O. Seine Mittelachse läuft N 12,5° O. Das Transversalsystem, das sehr kümmerlich entwickelt ist, liegt im Winkelraum N 90° bis 66° W. Seine Maximalachse läuft N 70° W, seine Mittelachse N 77,5° W. Die ganzen Verhältnisse sind besonders deutlich auf Figur 2 dargestellt.

Man hat den Eindruck, daß die ganze Gebirgsbewegung, der die Harnische ihre Entstehung verdanken, einheitlich war und spitzwinklig zum Rheingrabenrand erfolgte in der Maximalachsenrichtung N 10° O. Unter der Richtung der Gräben des Untersuchungsgebietes entspricht sie noch am ehesten den Gräben des Dinkelberges. Es muß aber darauf aufmerksam gemacht werden, daß von allen Harnischstreifen nur 32 nördlich, dagegen 311 südlich des Rheins gemessen wurden. Umso auffallender ist es daher, wenn die Richtung der Hauptzahl der Vertikalebene der Harnischstreifen nicht in der Richtung der Gräben des Tafeljura, sondern spitzwinklig dazu verläuft. Dies spricht doch dafür, daß zeitlich und ursächlich die Bildung der Harnischstreifen nichts mit den Gräben zu tun hat.

Da nun wohl zuerst die Klüfte entstanden und später erst die Harnischstreifen, die allerdings an den vorhandenen Klüften am bequemsten sich bilden konnten, so ist anzunehmen, daß die Harnischstreifen jünger als die gemeinen tektonischen Klüfte sind. Eine genauere zeitliche Fixierung der Harnischstreifen ist erst nach weiteren Überlegungen möglich.

Bemerkenswert sind die Beziehungen zwischen der Bewegungsrichtung (Winkel f) und dem Einfallen der Harnischstreifen (Winkel h). Diese sind für beide Systeme getrennt auf Tabelle 17 und 18 dargestellt.

Statt 334 gehören nun 316 Harnischstreifen dem Longitudinalsystem, statt 15 dagegen 27 dem Transversalsystem an. Von den Harnischstreifen des Longitudinalsystems sind 40=12,66% horizontal, 162=51,27% N-fallend und 114=36,07% S-fallend. Also überwiegen auch bei dieser Art der Darstellung nach wie vor die N-fallenden Harnischstreifen. Ganz beträchtlich sind jedoch die S-fallenden Streifen. Eine ziemliche Zahl entfällt auch auf die horizontalen Streifen. Die Maxima dieser Tabelle stimmen übrigens genau mit der der Tabelle 15 überein. Vom Transversalsystem sind 1 Harnischstreifen horizontal, 12 O-fallend und 14 W-fallend.

TABELLE 17.
Longitudinalsystem.

Bewegungsrichtung (Winkel f)	$h = 0^\circ$	Südlich fallende Streifen	Nördlich fallende Streifen	Summe
N 45° W—N 41° W	—	2	1	3
N 40° W—N 36° W	—	4	4	8
N 35° W—N 31° W	—	3	3	6
N 30° W—N 26° W	1	3	8	12
N 25° W—N 21° W	—	1	3	4
N 20° W—N 16° W	4	5	8	17
N 15° W—N 11° W	3	4	8	15
N 10° W—N 6° W	1	11	8	20
N 5° W—N 1° W	2	5	11	18
N 0° O—N 4° O	2	6	10	18
N 5° O—N 9° O	2	4	12	18
N 10° O—N 14° O	3	6	5	14
N 15° O—N 19° O	2	9	11	22
N 20° O—N 24° O	6	4	9	19
N 25° O—N 29° O	2	3	12	17
N 30° O—N 34° O	1	4	7	12
N 35° O—N 39° O	2	3	6	11
N 40° O—N 44° O	5	6	5	16
N 45° O—N 49° O	2	10	6	18
N 50° O—N 54° O	—	3	2	5
N 55° O—N 59° O	—	6	6	12
N 60° O—N 64° O	—	4	6	10
N 65° O—N 69° O	1	1	1	3
N 70° O—N 74° O	—	2	4	6
N 75° O—N 79° O	1	1	2	4
N 80° O—N 84° O	—	1	2	3
N 85° O—N 89° O	—	1	—	1
N 90° W—N 86° W	—	2	2	4
Summe	40	114	162	316

Die geschilderten Eigentümlichkeiten der Systeme (Tabelle 17 und 18) sind zur besseren Anschaulichkeit auf Figur 3 dargestellt. Von 5 zu 5° sind die Bewegungsrichtungen (Winkel f) der Harnischstreifen zusammengefaßt; gleichzeitig gibt die Länge des Feldes an, wieviel Harnische in der betreffenden Richtung einfallen. Die eingeklammerten Zahlen am Rand geben die Zahl der horizontalen Harnischstreifen an, der nächstinnere Zahlenkreis die Zahlen der in die betreffende Richtung fallenden Harnischstreifen.

TABELLE 18.
Transversalsystem.

Bewegungsrichtung (Winkel f)	$h = 0^\circ$	Östlich fallende Streifen	Westlich fallende Streifen	Summe
N 85° W—N 81° W	—	1	3	4
N 80° W—N 76° W	—	2	2	4
N 75° W—N 71° W	—	1	1	2
N 70° W—N 66° W	—	2	1	3
N 65° W—N 61° W	1	2	1	4
N 60° W—N 56° W	—	—	4	4
N 55° W—N 51° W	—	2	1	3
N 50° W—N 46° W	—	2	1	3
Summe	1	12	14	27

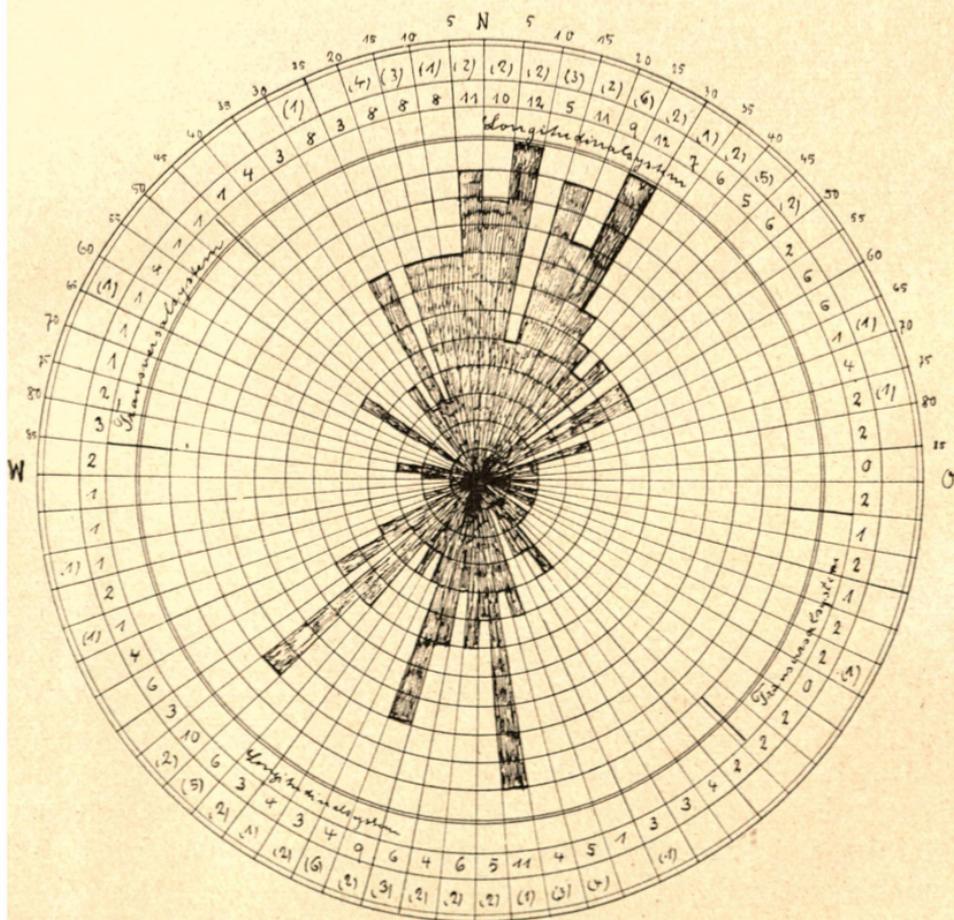


Fig. 3.
Graphische Darstellung der Bewegungsrichtung und des Fallens der Harnischstreifen.

Verteilung der Harnische auf das in longitudinale Zonen (vgl. Tafel 2) zerlegte Gebiet.

Um die Verteilung der Harnische im Gebiet und besonders am Rheingrabenrand zu übersehen, wurde das Gebiet zunächst in longitudinale Zonen zerlegt wie bei den Klüften. Es ergibt sich, daß die Harnische sich ganz unregelmäßig auf die einzelnen Zonen verteilen. Immerhin ist sicher, daß für die Zonen der Rheingrabenflexur und der Wehratalverwerfung sich Maximalwerte ergeben. An diesen beiden orogenetischen Linien haben also starke horizontale gegen NNO gerichtete Bewegungen stattgefunden, die sich hier besonders äußerten, da eben durch oligocäne Störungen eine Lockerung des Zusammenhanges der Schichten entlang den Störungslinien hervorgerufen wurde.

Das Transversalsystem hat zu wenig Werte, als daß Schlüsse daraus gezogen werden könnten.

Verteilung der Harnische auf das in transversale Zonen (vgl. Tafel 2) zerlegte Gebiet.

Die Einteilung des Gebiets ist dieselbe wie bei den Klüften. Die Ergebnisse für die Harnische sind auf Tabelle 19 eingetragen.

TABELLE 19.

Nr. der Zone	Anzahl der Harnische	Streichen		Bewegungsrichtung longitudinal			Summe	Bewegungsrichtung transversal			Summe
		long.	trans.	h = 0°	Süd-fallend	Nord-fallend		h = 0°	West-fallend	Ost-fallend	
I	12	12	—	4	6	2	12	—	—	—	—
II	7	7	—	2	4	1	7	—	—	—	—
III	5	4	1	—	1	3	4	—	—	1	1
IV	30	29	1	1	13	15	29	—	1	—	1
V	96	92	4	10	24	61	95	—	1	—	1
VI	97	93	4	18	26	49	93	1	2	1	4
VII	77	73	4	6	31	38	75	—	—	2	2
Summe	324	310	14	41	105	169	315	1	4	4	9

Es ist darauf hinzuweisen, daß Zone 7 schmaler ist als alle übrigen. Deshalb ist die Gesamtzahl der Harnische für Zone 7 eigentlich zu niedrig. Unter dieser Berücksichtigung ergibt sich die wichtige Tatsache, daß die Zahl der Harnische mit der Annäherung an den Kettenjura stark steigt. **Damit ist der Schluß gerechtfertigt, daß die Harnische mit der Bildung des Kettenjuras zeitlich und ursächlich zusammenhängen.** Die Harnische des untersuchten Gebiets sind also pliocän durch den alpinen Druck verursacht.

Die Tabelle zeigt für das Longitudinalsystem noch, daß nur in Zone 1 und 2 die S-fallenden Streifen überwiegen, in Zone 3—7 dagegen die N-fallenden Streifen. Das Transversalsystem erlaubt wegen der geringen Zahl der gemessenen Harnische keine weiteren Schlüsse.

Besondere Beobachtungen an Harnischen.

In einer geringen Zahl von Fällen war zu beobachten, daß Oolithkörner oder Fossilien von den Harnischklüften durchschnitten waren. Besonders schön zeigten dies Harnischflächen, die als „Spiegel“ ausgebildet sind. Leider war wegen der Kleinheit und des uncharakteristischen Aussehens der zerschnittenen Oolithkörner und Fossilien in keinem Fall die durch den Spiegelabgescherten Teile aufzufinden. Es gelang also auf diesem Wege nicht den absoluten Verschiebungsbetrag an Harnischflächen festzustellen. Trotzdem habe ich einige Harnische beobachten können, an denen es gelungen ist Verschiebungsgrößen festzustellen. Es handelt sich dabei um die Harnische Nr. 89, 196, 207, die von 4 bis zu 10 cm absoluten Verschiebungsbetrag aufweisen. Es sind Harnischstreifen, die auf sonst nicht gestreifter Fläche unvermittelt auftreten und sicher einer einzigen Bewegung ihre Entstehung verdanken. Denn sie sind auf ihrer ganzen Erstreckung gleichmäßig in die Harnischfläche eingesenkt.

Weiter beobachtete ich einige Harnischstreifen, die durch ihre gebogene bzw. geknickte Form Interesse erregen und bei ihrer gleichmäßigen Vertiefung andeuten, daß nicht nur geradlinige sondern auch gekrümmte Verschiebungen seitens der tektonischen Kraft erfolgt sind.

Auf Tabelle 20 habe ich schließlich eine Anzahl Harnischklüfte zusammengestellt, an denen es gelungen ist mittels der Höferschen Regel die relative Verschiebungsrichtung der angrenzenden Schollen festzustellen. Ein gültiger Schluß auf die allgemeine Verschiebungsrichtung der Schollen läßt sich natürlich auch hieraus nicht ableiten.

Die Frage der Harnischstreifen an den Gräben und großen einfachen Verwerfungsflächen und die Frage der vertikalen Harnischstreifen.

Da Verwerfungsflächen im Gebiet kaum aufgeschlossen sind, sind die Beobachtungen darüber recht dürftig. Die Zeininger Hauptverwerfung ist in einem Steinbruch östlich Zeiningen aufgeschlos-

TABELLE 20.

Harnischstreifen und die an ihnen beobachtete relative Verschiebungsrichtung.

H. Nr.	Str. der Harnischkluff N	Fa.	H'strei- fen fällt	Winkel f	Relative Verschiebungsrichtung
1	5° W	86° O	4° SSO	5° W	O-Scholle gegen S bewegt
2	2° O	84° W	9° N	1° O	„ „ „ „
3	6° W	saiger	4° NNW	6° W	„ „ „ „
4	18° W	„	„	18° W	„ „ „ „
5	2° W	88° O	10° S	2° W	„ „ „ „
6	17° O	82° OSO	1° NNO	17° O	„ „ „ „
8	60° W	81° NNO	6° OSO	61° W	SSW-Scholle nach OSO bewegt
10	6° W	saiger	11° NNW	6° W	W-Scholle nach S bewegt
14	45° W	80° SW	2° NW	45° W	NO-Scholle nach NW bewegt
17	1° O	saiger	2° S	1° O	W-Scholle nach N bewegt
18	20° O	„	17° NNO	20° O	„ „ „ „
20	11° O	„	2° SSW	11° O	O-Scholle nach S bewegt
21	16° O	74° OSO	horizontal	16° O	O-Scholle nach SSW bewegt
22	32° O	71° NW	4° SW	33° O	W-Scholle nach NNO bewegt
23	8° O	65° O	4° SSW	6° O	W-Scholle nach N bewegt
25	58° O	saiger	5° SW	58° O	NW-Scholle nach NO bewegt
26	32° O	„	9° NO	32° O	„ „ „ „
27	38° O	86° NW	4° NO	38° O	„ „ „ „
31	11° O	82° WNW	1° S	11° O	O-Scholle nach NNO bewegt
37	20° O	83° OSO	5° SSW 20° SSW	19° u. 17° O	WNW-Scholle nach SSW bewegt
38	24° O	85° OSO	1° SSW	24° O	„ „ „ „
53	8° O	saiger	8° NNO	8° O	W-Scholle nach N? bewegt
59	4° W	86° W	9° S	3° W	O-Scholle nach N bewegt
70	9° W	87° O	9° SSO	9° W	W-Scholle nach N bewegt
72	26° O	77° WNW	9° SSW	28° O	OSO-Scholle nach SSW bewegt
73	41° O	82° NW	4° SW	42° O	SO-Scholle nach SW bewegt
74	45° O	saiger	2° SW	45° O	„ „ „ „
79	10° W	76° W	6° SSO	8° W	O-Scholle nach NNW bewegt
82	89° W	62° N	28° O	75° O	N-Scholle nach O bewegt
83	3° O	81° W	8° N	2° O	O-Scholle nach N bewegt
84	20° W	saiger	10° SSO	20° W	ONO-Scholle nach SSO bewegt
86	4° O	85° O	4° S	4° O	O-Scholle nach N bewegt
87	20° O	83° SSW	horizontal	20° O	O-Scholle nach S bewegt
88	14° O	85° WNW	8° NNO	13° O	O-Scholle nach N bewegt
89	10° W	saiger	4° SSO	10° W	O-Scholle nach SSO?
90	28° W	86° SW	8° NW	29° W	NO-Scholle nach NW bewegt
91	31° W	„	4° NW	31° W	„ „ „ „
92	64° W	84° NO	horizontal	64° W	NO-Scholle nach SO bewegt
94	41° O	80° NW	„	41° O	SO-Scholle nach SW bewegt

H. Nr.	Str. der Harnischkluft N	Fa.	H'strei- fen fällt	Winkelf	Relative Verschiebungsrichtung
104	19° O	66° OSO	41° NNO	42° O	O-Scholle nach NNO bewegt
108	1° W	83° O	12° N	N—S	W-Scholle nach N bewegt
114	13° O	68° WNW	15° NNO	7° O	W-Scholle nach S bewegt
115	46° O	74° NW	6° NO	44° O	NW-Scholle nach NO bewegt
116	55° O	65° NW	9° NO	51° O	" " " "
117	52° O	74° NW	9° NO	49° O	" " " "
138	34° W	75° NO	31° NW	25° W	NO-Scholle gegen SO bewegt
140	63° O	85° NNW	5° NO	63° O	NW-Scholle nach NO bewegt
141	80° O	"	"	80° O	" " " "
142	3° O	62° W	5° S	6° O	W-Scholle nach S bewegt
145	36° O	83° SO	horizontal	36° O	NW-Scholle nach NO bewegt
147	21° O	77° OSO	"	21° O	W-Scholle nach S bewegt
148	17° O	72° OSO	"	17° O	" " " "
149	24° O	80° OSO	"	24° O	" " " "
151	21° O	"	"	2° O	" " " "
152	2° O	64° O	"	45° O	" " " "
168	18° O	85° WNW	30° NNO	15° O	NW-Scholle nach NNO bewegt
170	3° O	74° O	11° N	6° O 40° W	O-Scholle nach S bewegt
189	60° O	70° NW	15° SW	64° u. 62° O	NW-Scholle nach SW bewegt
193	38° O	82° NW	6° NO	37° O	NW-Scholle nach NO bewegt
202	19° O	79° WNW	41° NNO	9° O	OSO-Scholle nach SSW bewegt
223	12° O	63° O	18° N	2° W	O-Scholle nach N bewegt
224	18° O	55° OSO	4° SSW	15° O	O-Scholle nach SSW bewegt
235	47° O	saiger	5° SW	47° O	NW-Scholle nach NO bewegt
256	4° O	79° O	5° N	3° W	O-Scholle nach N bewegt
268	41° O	71° NW	8° NO	38° O	SO-Scholle nach SW bewegt
272	10° W	88° O	9° NNW	10° W	O-Scholle nach N bewegt
308	39° O	74° NW	10° NO	36° O	SO-Scholle nach NO bewegt
329	12° W	saiger	horizontal	12° W	W-Scholle nach N bewegt
330	12° W	"	4° S	12° W	" " " "
331	13° W	85° W	4° N	13° W	" " " "
335	55° O	86° SO	8° SW	54° O	NW-Scholle nach SW bewegt
339	58° O	82° SO	13° SW	56° O	SO-Scholle nach SW bewegt
345	16° O	85° O	10° SSW	15° O	O-Scholle nach N bewegt
348	1° O	70° W	7° S	4° O	" " " "
349	12° W	77° O	6° W	11° W	W-Scholle nach S bewegt
351	50° W	80° SW	9° SO	48° W	NO-Scholle nach NW bewegt

sen. Sie streicht N46°O, fällt 80°SO; auf der Verwerfungsfläche beobachtete ich Harnischstreifen, die 39°SW fallen. Im Sulzsteinbruch bei Muttenz streicht eine Harnischfläche, die eine Verwerfungsfläche darstellt, N22°O, fällt 69°OSO; auf ihr sind

Harnischstreifen zu beobachten, die maximales Fallen haben, d. h. 69°OSO. Östlich des genannten Steinbruchs ist durch einen Weg eine Verwerfung angeschnitten, die N30°O streicht, 69°OSO fällt und mit 8°SSW-fallende Harnischstreifen trägt. In zwei Stein-

TABELLE 21.

Richtung der Harnischklüfte	Anzahl
N 90°—81° W	1
N 80°—71° W	—
N 70°—61° W	—
N 60°—51° W	1
N 50°—41° W	—
N 40°—31° W	—
N 30°—21° W	1
N 20°—11° W	2
N 10°— 1° W	2
N 0°— 9° O	5
N 10°—19° O	3
N 20°—29° O	2
N 30°—39° O	7
N 40°—49° O	5
N 50°—59° O	2
N 60°—69° O	1
N 70°—79° O	—
N 80°—89° O	1
Summe	33

brüchen westlich Zunzgen waren je eine Harnischfläche zu beobachten, die N14°O bzw. N1° W streichen, saiger sind bzw. 82°O fallen und außer starken Reibungs- breschen einen saigeren bzw. 66°S-fallenden Harnischstreifen zeigen. Beide Male dürfte es sich um kleine Verwerfungen handeln. Südwestlich Ziefen ist an einem Bachanriß eine kleinere Verwerfung aufgeschlossen. Die Verwerfungsfläche streicht N5°O, fällt 40° W und zeigt außer Spiegelglätte ein Harnischstreifensystem, das 25° bis 41°S fällt.

Mit einer Ausnahme fallen die an Verwerfungen beobachteten Harnischstreifen also ziemlich steil bis steil. In Anbetracht der wenigen Beobachtungen will ich mit Schlüssen sehr vorsichtig sein. Immerhin ist das steilere Fallen der Harnischstreifen an Verwerfungen doch sehr auffällig.

Um zu einem Schluß von größerer Sicherheit zu kommen, habe ich auf Tabelle 21 alle stärker als 76° fallenden Harnischstreifen zusammengestellt. Ein auffälliger Gegensatz zu Tabelle 11 und 12 tritt sofort hervor. Auf den beiden letzten Tabellen (11, 12) sind die Maxima nicht die der Grabenrichtungen. Auf Tabelle 21 haben wir zwei deutliche Maxima bei N5°O und 35°O. Das sind die Richtungen der Gräben nördlich und südlich des Rheins. Es ist daraus der Schluß zu ziehen, daß die steileren Harnischstreifen zeitlich und ursächlich mit der Bildung der Gräben zusammenhängen. Das heißt, die steileren Harnischstreifen sind oligocän angelegt; sie zeigen uns, daß damals Vertikalbewegungen eine bedeutende Rolle gespielt haben.

Die Beobachtungen an den Verwerfungsflächen treten im gleichen Sinn nun ergänzend hinzu.

Ergebnisse.

Die Auswertung der beobachteten Harnische ergibt, daß wie bei den Klüften ein Longitudinal- und Transversalsystem zu unterscheiden sind. Die Richtung und besonders die Ausbildung der Harnischsysteme deckt sich nicht völlig mit der der Kluftsysteme; somit ist der Schluß gerechtfertigt, daß die Harnische ein anderes Alter haben als die Klüfte.

A priori ist nun anzunehmen, daß eher die Harnische den Bahnen der Klüfte folgten als umgekehrt, d. h. daß die Harnische jünger sind als die Klüfte. Eine genaue zeitliche Fixierung der Harnische ergibt sich aus der Tatsache, daß die Harnische mit der Annäherung an den Kettenjura an Zahl stark zunehmen. Dies heißt doch, daß die Harnische gleichzeitig mit dem Kettenjura gebildet worden sind, d. h. im Pliocän. Sie sind ebenso wie der Kettenjura auf den nach N gerichteten alpinen Druck zurückzuführen. Hiernach können die Harnische im Untersuchungsgebiet zweifellos nicht zur Lösung der Frage, ob der Rheingraben durch NS oder OW-Schub entstanden ist, herangezogen werden, da ja die Harnische i. a. jünger sind als der Rheingraben.

Nur wenig Harnische haben sich als älter (oligocän) erweisen lassen. Sie fallen stärker ein und sind gleichzeitig mit den Gräben und der Rheingrabenflexur entstanden und zeigen, daß Vertikalbewegungen zur Oligocänzeit stattgefunden haben. Das von den Autoren vermutete vertikale Absinken der Grabenschollen ist also damit bewiesen. Die wenigen Beobachtungen an Verwerfungsflächen zeigen, daß an ihnen tatsächlich steilere Bewegungen stattgefunden haben.

Schluß.

Das Kluftnetz der Gegend ist oligocän durch den alpinen Druck entstanden. Nur wenige Klüfte sind (?) älter, andere (die in Miocänschichten vorhandenen) sicher jünger als Oligocän.

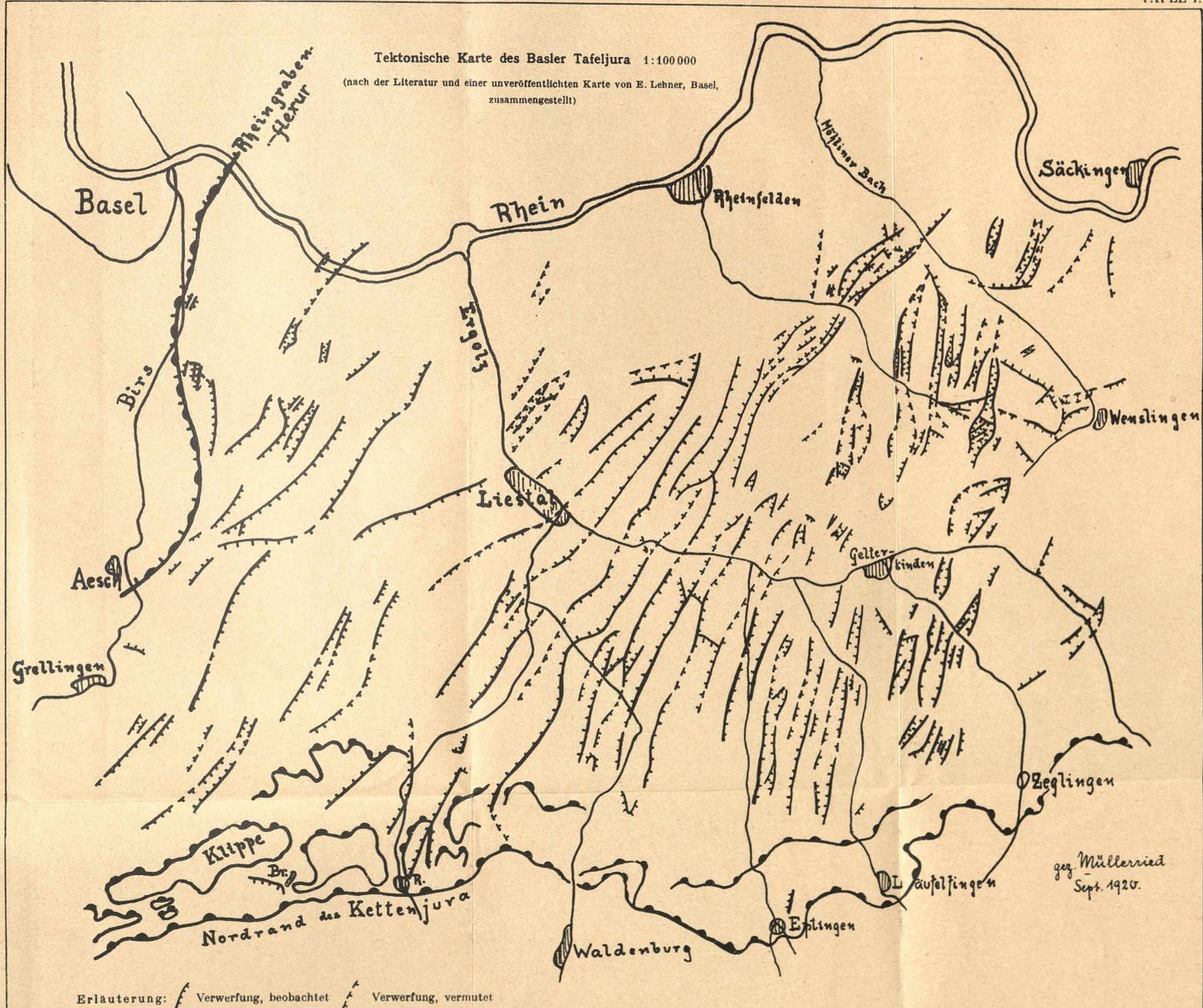
Die Harnische sind zum größten Teil sicher pliocän und auf den Druck des Kettenjura zurückzuführen. Daher ist das Vorherrschen der horizontalen oder annähernd horizontalen Harnischstreifen natürlich. Die wenigen steileren Harnischstreifen und die an Verwerfungsflächen sind gleichaltrig mit den Gräben und der Rheingrabenflexur und deuten auf Vertikalbewegungen zur Oligocänzeit hin.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	1
Literaturverzeichnis	2
Einleitung	7
1. Grenzen und Umfang des Gebiets	7
2. Kurzer Überblick über die Formationen	7
3. Kurzer tektonischer Überblick	10
Hauptteil	13
Arbeitsmethode	13
I. Die gemeinen tektonischen Klüfte	13
Ausbildung der Klüfte	14
Aufschlüsse	15
Streichen der gemeinen Klüfte	15
Die Klüfte der einzelnen Formationen	19
Fallen der gemeinen tektonischen Klüfte	22
Ergebnisse	28
II. Die Harnische	29
Streichen der Harnischklüfte	30
Fallen der Harnischklüfte	32
Fallwinkel der Harnischstreifen	33
Vertikalebene der Harnischstreifen	35
Verteilung der Harnische auf das in longitudinale Zonen zerlegte Gebiet	40
Verteilung der Harnische auf das in transversale Zonen zerlegte Gebiet	40
Besondere Beobachtungen an Harnischen	41
Die Frage der Harnischstreifen an den Gräben usw. und die Frage der vertikalen Harnischstreifen	41
Ergebnisse	45
Schluß	45

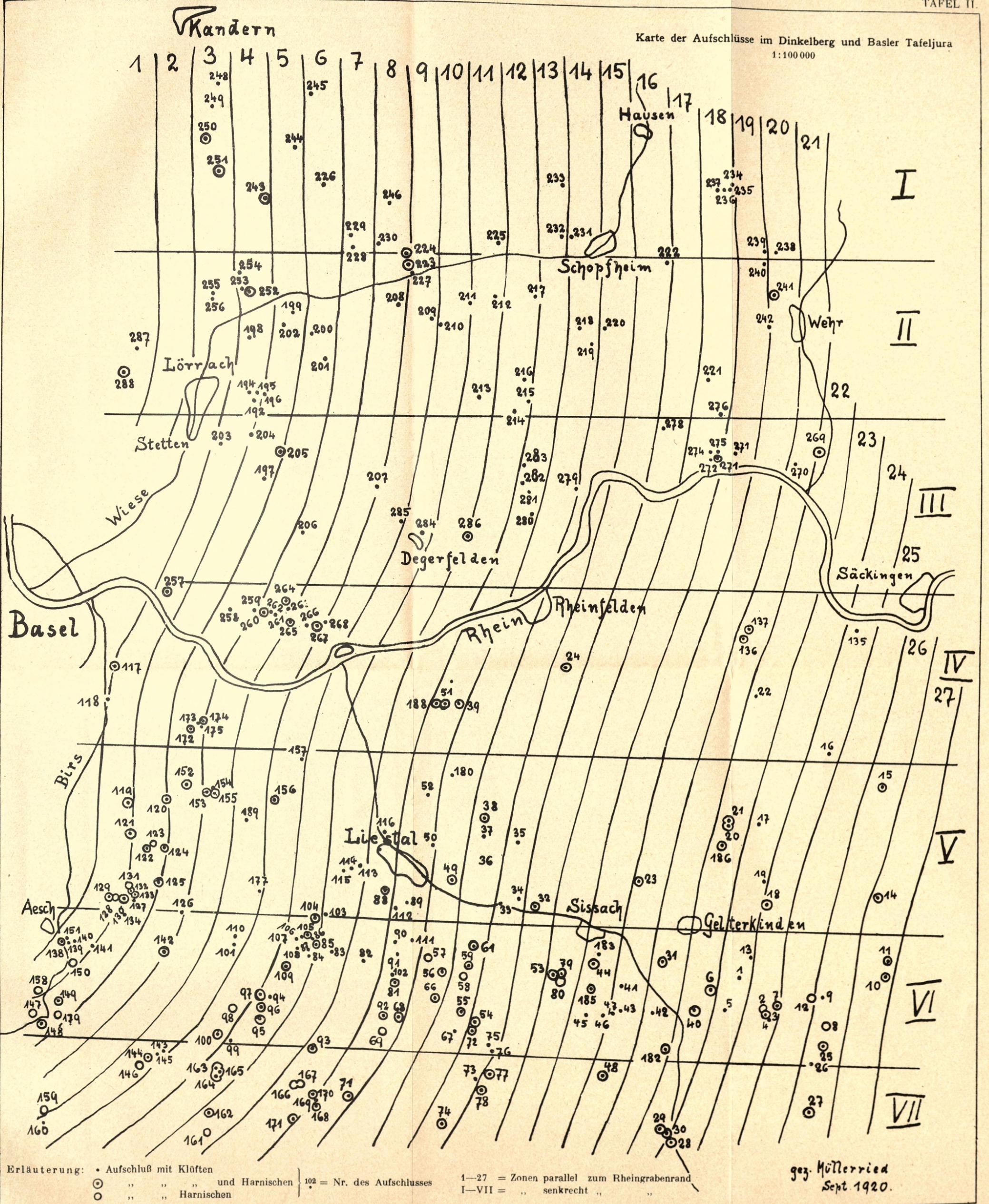
Tektonische Karte des Basler Tafeljura 1:100 000

(nach der Literatur und einer unveröffentlichten Karte von E. Lehner, Basel,
zusammengestellt)



Erläuterung: / Verwerfung, beobachtet - - - Verwerfung, vermutet

gez. Müllerried
Sept. 1920.



Erläuterung: • Aufschluß mit Klüften
 ○ " " " und Harnischen } 102 = Nr. des Aufschlusses
 ○ " " " Harnischen

1-27 = Zonen parallel zum Rheingrabenrand
 I-VII = " senkrecht "

gez. Müllerried
 Sept. 1920.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg](#)

Jahr/Year: 1922-1927

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Müllerried Friedrich

Artikel/Article: [Klüfte, Harnische und Tektonik der Dinkelberge und des Basler Tafeljuras 1-46](#)