

Kluftsysteme im Malm der Läger in der Umgebung von Baden

Autor(en): **Glauser, Alfred**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **52 (1959)**

Heft 2

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-162602>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Kluftsysteme im Malm der Lägern in der Umgebung von Baden¹⁾

Von **Alfred Glauser**, Dornach

Mit 13 Textfiguren

I. EINLEITUNG

Im Frühjahr 1954 wurde ich auf einer Exkursion in das Gebiet der Birsklus durch die Vellerat-Kette bei Choindex durch die Herren Prof. WENK und NABHOLZ angeregt, den Klüften im Juragebirge Beachtung zu schenken. Vorerst wurden in der erwähnten Antiklinale und im Delsberger Becken eine Anzahl Klüfte gemessen. Es zeigte sich aber, dass die Deutung der Messergebnisse schwierig war, weil im erwähnten Gebiet Klüfte vorzuliegen scheinen, deren Entstehung auf mehrfache Ursache zurückgeführt werden kann. Neben Klüften, die letztlich durch dieselben Kräfte zustande gekommen sind wie die Faltung, können hier auch solche vorliegen, die mit der Entstehung des Rheintalgrabens und den damit zusammenhängenden tektonischen Erscheinungen in Beziehung stehen.

Es wurde daher der Entschluss gefasst, Klüfte zu prüfen, die einer Antiklinale angehören, die nach unserem Ermessen ausserhalb des Einflusses des Rheintalgrabens liegt. Zu diesem Zweck wurde die östlichste Antiklinale im Juragebirge gewählt, nämlich die Lägern. Da die Untersuchung der Klüfte dieser Kette aus der Umgebung von Baden Anhaltspunkte lieferte, die es uns erlauben, anzunehmen, dass die Entstehung gewisser Kluftsysteme im Kettenjura mit dem Mechanismus der Faltung in Zusammenhang steht, mögen vorerst die in dieser Gegend gefundenen Ergebnisse erläutert werden.

Den Herren Prof. Dr. NABHOLZ und WENK danke ich für viele wertvolle Anregungen. Dem ersterwähnten und Herrn Prof. Dr. F. DE QUERVAIN bin ich für die kritische Durchsicht des Manuskriptes zu grossem Dank verpflichtet.

II. DIE UNTERSUCHUNGEN IN DER LÄGERN

Diese Kette wurde geologisch von verschiedenen Autoren untersucht und kartiert. Im Jahre 1901 publizierte F. MÜHLBERG eine geologische Karte im Massstab 1:25000 nebst Erläuterungen. Diese Arbeit bildete die Grundlage für die beiden neueren Zürcher Dissertationen über diese Kette: G. SENFTLEBEN (1923) hatte die Untersuchung der Westlägern zum Gegenstand und R. NOTZ (1924) die Ostlägern.

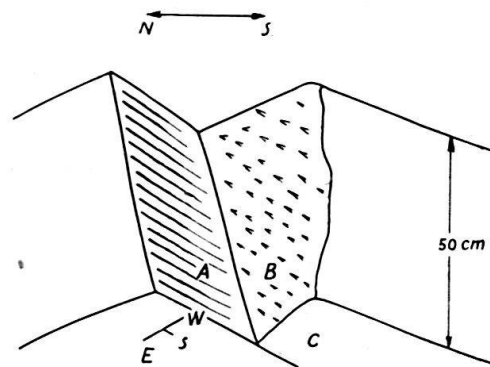
¹⁾ Publiziert mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

Systematische Messungen von Klüften wurden meines Wissens in dieser Kette bis jetzt noch nicht durchgeführt. Meine Messungen und Untersuchungen beschränken sich auf die Umgebung von Baden und Dielsdorf, wobei hier nur die Messungen aus dem ersteren Gebiet ausgewertet werden sollen.

III. DIE KLUFTSYSTEME IN DER UMGEBUNG VON BADEN

Wie bekannt, hat die Limmat durch diese Kette eine Klus gesägt, die den Gwölbekern bis auf den Keuper erschlossen hat. Die Antiklinale ist im wesentlichen asymmetrisch gebaut und auf grosse Erstreckung im Streichen sind Überschiebungen in ihr vorhanden. Unmittelbar W und NW Baden verhalten sich Malm-N- und S-Schenkel als Ganzes betrachtet in ihrem Fallen ziemlich symmetrisch zur Faltenachse. Dieser Teil der Kette erwies sich für ein Studium der Klüfte besonders dankbar. Es sind dort in erster Linie die gutgebankten Kalksteine der ins Séquanien gehörenden Geissberg- und Wangener Schichten, die wohl entwickelte Systeme von Klüften zeigen. Die Messungen wurden in diesen Schichten ausgeführt.

Ich versuchte, an einem Aufschluss möglichst alle Klüfte zu erfassen, sowohl diejenigen, die mehrere Bänke durchsetzen, als auch solche, die an Schichtflächen versetzt sind oder die nur in einer Bank konstatiert werden konnten. Oft war es möglich, die Kluft nach der Art ihrer Beschaffenheit näher zu charakterisieren: wenn sie Rillen oder Rutschstreifen besitzt als Rutschharnisch (vgl. Fig. 1, A), oder falls sie als eine auffällig rauhe Fläche entwickelt ist, mit vielen kleinen Styolithen, die mit der Kluftfläche meist einen recht stumpfen Winkel bilden, als rauhe Kluft (vgl. Fig. 1, B). Hin und wieder, besonders deutlich jedoch in den Steinbrüchen von Dielsdorf zu sehen, sind die auf den Kluftflächen vorhandenen Styolithen mit ziemlich einheitlichem Winkel schief zu ihnen gerichtet. Nicht selten sieht man dann auf diesen Styolithen eine Rillung. Der Neigungswinkel dieser Gebilde auf den Kluftflächen kann manchmal recht klein werden; dann handelt es sich bei den Klüften, die von solchen schief gestellten Styolithen besetzt sind, um Übergänge zu Rutschharnischen.



A: Rutschharnisch mit den Richtungen 183°/79°. Strömung darauf: 51° s fallend.

B: Rauhe Kluft mit den Richtungen 274°/72°. Styolithen darauf sind ähnlich gerichtet wie die Strömung auf dem Rutschharnisch.

C: Untere Seite der Kalkbank

Fig. 1. Aufschluss an der Strasse Baden-Allmend

1. Bestimmung der Faltenachse

An den Aufschlüssen im Malm-S- und N-Schenkel, an denen ich Klüfte gemessen habe, wurde auch das Fallen und Streichen der Schichten bestimmt und die Schichtflächenpole auf der stereographischen flächentreuen Projektion (SCHMIDT'sches Netz) eingetragen, und zwar auf der oberen Halbkugel. Jene müssen nun in einer Ebene senkrecht zur Faltenachse liegen, vorausgesetzt, diese besitzt an den verschiedenen Messpunkten dieselbe Neigung. Dies war im vorliegenden Fall durchaus anzunehmen. Figur 2 stellt die Pole der eingemessenen Schichten an den folgenden Lokalitäten dar: Südschenkel: 1. Geissberg-Schichten an der Strasse Baden-Allmend (Bereich a); 2. Wangener Schichten an der Schartenfluh und unterhalb derselben an der Strasse (b). Nordschenkel: 1. Wangener und Geissberg-Schichten am Martinsberg (c). 2. Aufschluss in den Wangener Schichten und Geissberg-Schichten an der Kantonsstrasse nach Turgi; unmittelbar N Baden (d). e.

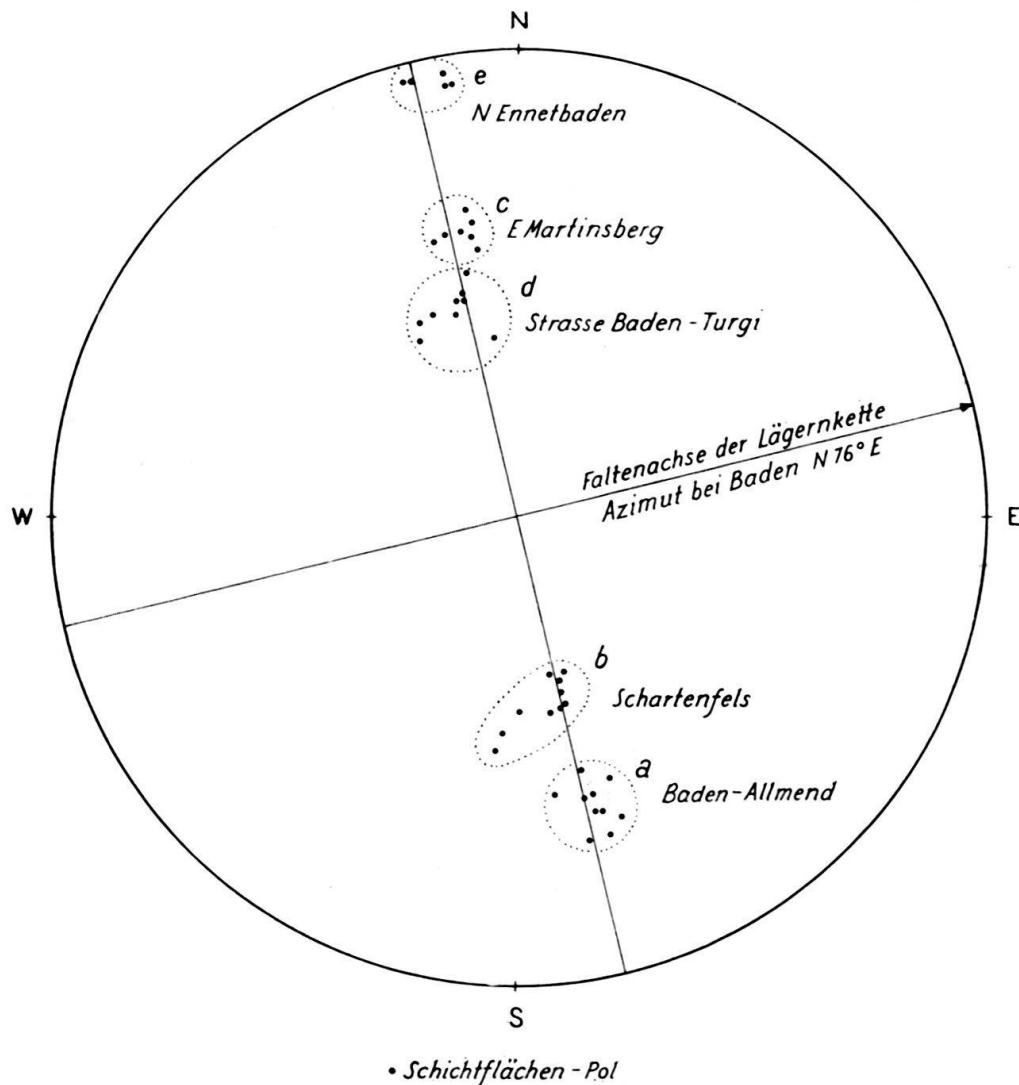


Fig. 2. Konstruktion der Faltenachse aus den Polen der Schichtflächen im Malm des N- und S-Schenkels der Lägernekette bei Baden
Projektion der Schichtflächenpole auf SCHMIDT'schem Netz

3. Wangener Schichten N Ennetbaden; bei P. 514²⁾ auf der Krete; dann Aufschluss bei Wirtschaft Hertenstein (e). All diese Flächenpole liegen nun in der Tat mehr oder weniger in einer Ebene, die durch den Mittelpunkt der Projektion geht, das heisst die Faltenachse verläuft hier horizontal. Die aus diesen Messungen erhaltene Richtung derselben stimmt sehr gut mit derjenigen überein, die aus MÜHLBERG und SENFTLEBEN zu entnehmen ist. Sie wird also der Wirklichkeit entsprechen. Ihr Azimut ist N 76° E. Es ist vielleicht noch erwähnenswert, dass allein schon die Messungen an den Aufschlüssen im S-Schenkel mit guter Annäherung die Richtung der Faltenachse konstruieren lassen.

2. Malm-Südschenkel

a) Aufschlüsse an der Strasse Baden–Allmend

Recht gute Aufschlüsse im Séquanien, an dem bei mehreren Punkten Schichtstreichen und -fallen bestimmt und zahlreiche Klüfte studiert werden können, sind längs der Strasse unmittelbar W Baden, bei und oberhalb P. 442, in Richtung Allmend auf eine Länge von etwa 200 m verfolgbar. Es handelt sich bei diesen Schichten um eine Wechsellagerung von Kalksteinbänken und Mergellagen. Währenddem die ersteren 10 bis 50 cm mächtig sind, sind die Mergelschichten wesentlich dünner und übersteigen eine Mächtigkeit von 12 cm eher selten. Nach G. SENFTLEBEN (1923) handelt es sich bei dieser Schichtserie um die Geissberg-Schichten. Die Strasse schneidet dieselben recht spitzwinklig und man gelangt auf ihr aufwärtsschreitend vom Hangenden in das Liegende.

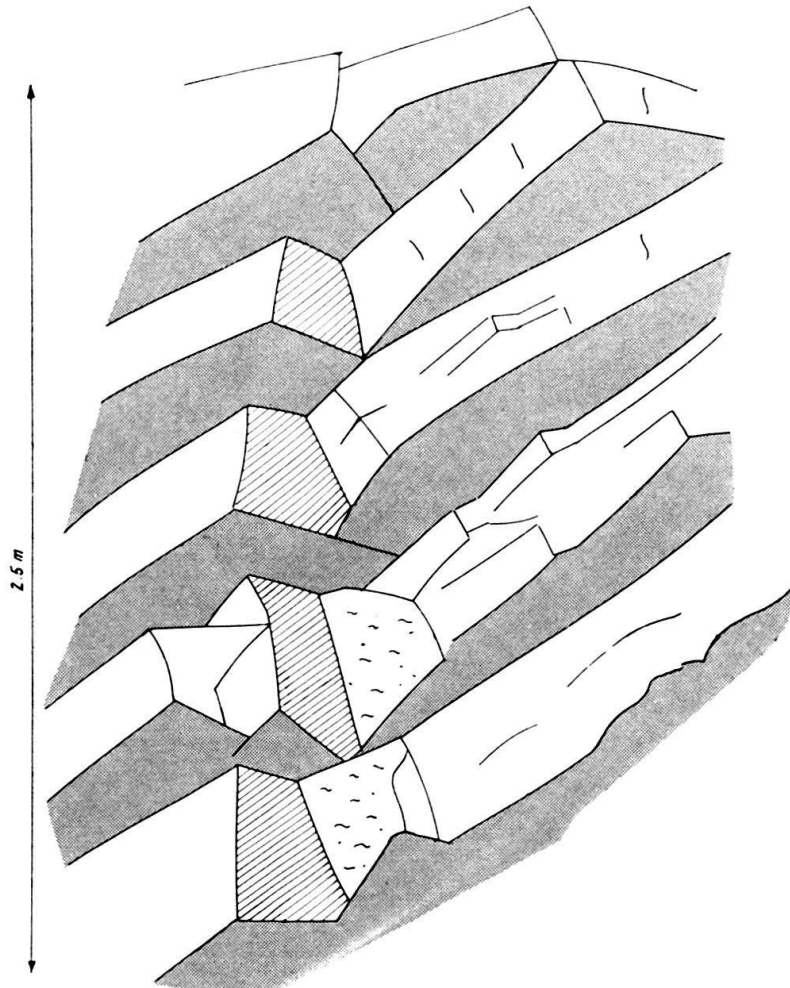
Besonders im oberen Teil des Strasseneinschnittes kann oft beobachtet werden, wie manche Klüfte an Schichtflächen versetzt sind, und zwar meist in dem Sinne, dass der die hangende Schichtpartie durchsetzende Kluftabschnitt gegenüber seiner Fortsetzung in der liegenden Schicht ungefähr in N-Richtung vorgeschoben ist. Ein und dieselbe Kluft kann so eine deutlich sichtbare Staffelung aufweisen. In einem Fall wurden vier solcher gleichsinnig zueinander verschobenen Klüfte³⁾ einer ursprünglich unebrochenen Kluftfläche beobachtet (siehe Fig. 3). Auf eine Klufterhöhe von etwa 2,5 m – senkrecht zu den Schichtflächen gemessen – beträgt im vorliegenden Falle der Gesamtbetrag der Versetzung (= Faltungsvorschub) ungefähr 20 cm. In einem anderen Fall war zu sehen, wie an einer Schichtgrenze zwischen einer 23 cm mächtigen Kalkbank im Hangenden und einer 52 cm mächtigen Bank im Liegenden auf eine Erstreckung von etwa 10 m im Streichen 4 Klüfte, die ähnlich orientiert sind, immer im selben Sinn versetzt sind. Die Beträge, mit denen der hangende Teil der Klüfte gegenüber dem liegenden nach N vorgeschoben sind, sind 3–5 cm.

Im ganzen wurden an diesem Aufschluss, den ich, um eine Kontrolle der Messungen zu erleichtern, in 4 aufeinanderfolgende Teilabschnitte zerlegte, gegen 200 Klüfte gemessen. Messungen des Streichens und Fallens der Schichten konnten in der ganzen Längenerstreckung der Aufschlüsse ausgeführt werden. Ihre Schwankungen

²⁾ Für alle topographischen Angaben siehe Blatt 1070, Baden, der Landeskarte der Schweiz 1:25000.

³⁾ Rutschharnische (die Striemung auf denselben stimmt nicht mit der Schraffur auf Fig. 3 überein).

sind nicht besonders gross: ganz unten bei P. 442 im Mittel $74^\circ/61^\circ$ ⁴⁾; im mittleren Abschnitt: $72^\circ/49^\circ$ und $74^\circ/56^\circ$ und im obersten $76^\circ/52^\circ$.



punktiert: untere Seite der Kalkbänke
schraffiert: versetzte Kluft.

Fig. 3. Aufschluss an der Strasse Baden-Allmend
 Viermal durch Schichtflächen versetzte Kluft in den Geissbergschichten

Die Klüftepole im untersten und am meisten S, an der Strasse gelegenen Aufschluss, also in der Nähe des P. 442, liegen annähernd auf einem Grosskreis, der aber nicht genau mit der mittleren Schichtfläche zusammenfällt. Auf diesem Grosskreis ist aber so gut wie keine Regelung vorhanden. In den drei anderen Abschnitten sind die Klüftepole ausgeprägt geregelt. Die beiden Stereogramme aus dem mittleren und oberen Abschnitt der Aufschlüsse sind einander recht ähnlich, indem sie je zwei deutlich ausgeprägte Maxima aufweisen, die sehr ähnlich gelagert sind. In beiden Fällen liegen die Maxima nicht auf den durch die Schichtflächen

⁴⁾ Die erste Zahl bedeutet das Streichen in der Gradeinteilung 0–360 in Richtung des Uhrzeigersinnes. Die zweite Zahl gibt den Betrag des Fallens an, wobei die Fallrichtung um 90° im Uhrzeigersinn von der Streichrichtung abweicht.

dargestellten Grosskreisen, sondern etwas nach N verschoben. Die den Maxima entsprechenden mittleren Kluftlagen sind: 1. Im Stereogramm des zweitobersten Abschnittes: System I: $209^{\circ}/61^{\circ}$; System II: $307^{\circ}/52^{\circ}$. Im Stereogramm des obersten Abschnittes: System I: $200^{\circ}/70^{\circ}$; System II: $302^{\circ}/53^{\circ}$. Auf dem, aus diesen 4 Teilstereogrammen zusammengesetzten synoptischen Stereogramm (Fig. 4) sind die Flächen der gleichen prozentualen Besetzungsdichte der Kluftpole⁵⁾ voneinander

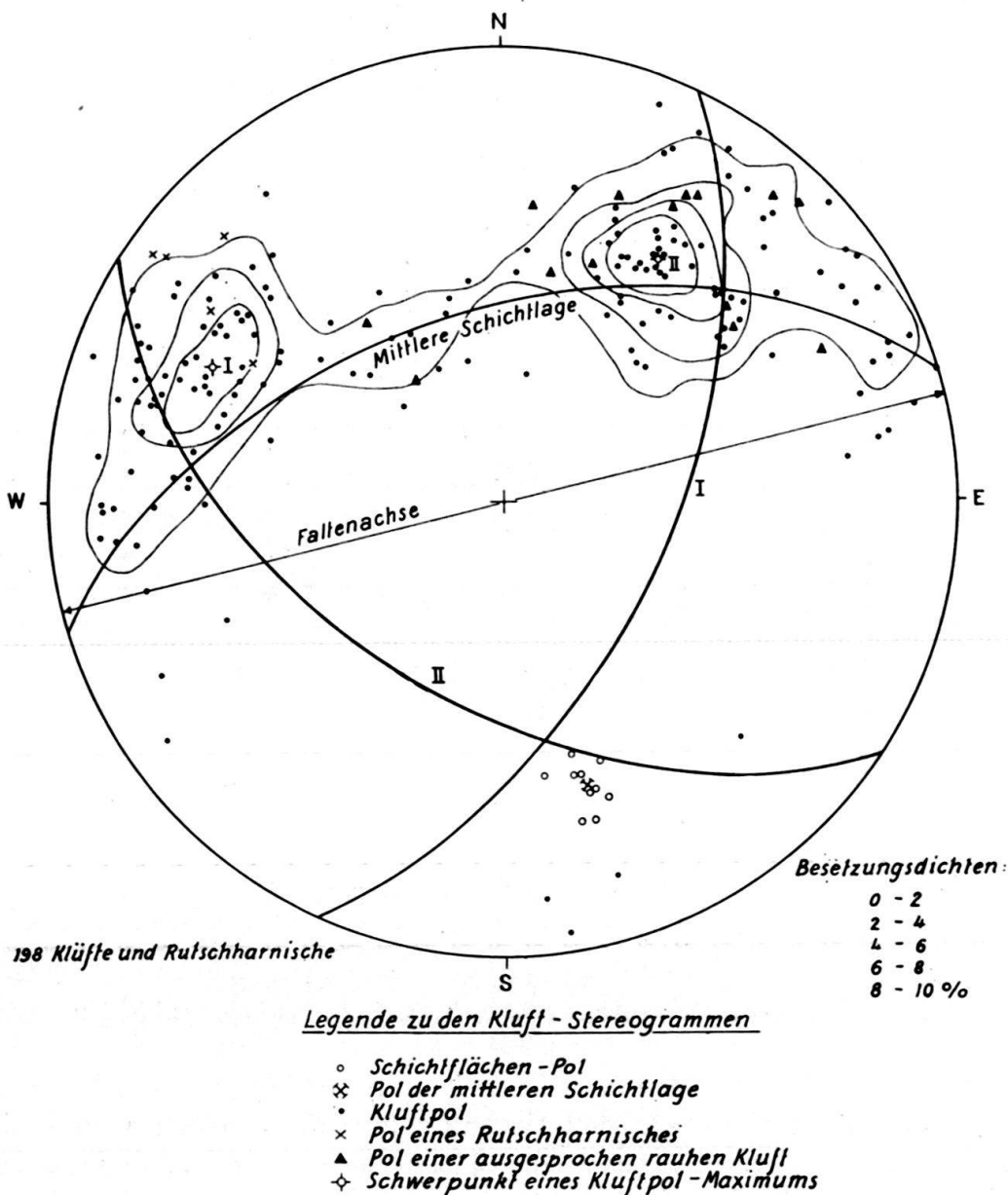


Fig. 4. Kluftstereogramm aus dem Aufschluss in den Geissbergschichten an der Strasse Baden-Allmend
Malm-S-Schenkel der Lägern bei Baden. Projektion auf SCHMIDTSchem Netz

⁵⁾ Beim Umzeichnen der Kluftstereogramme gingen bei denjenigen, die auf Fig. 4, 5, 6 und 7 dargestellt sind, je einige Kluftpole verloren. Die Anzahl der in den betreffenden Abschnitten gemessenen Klüfte ist unter den Stereogrammen jeweils angegeben. Die Kurven, die die Flächen gleicher prozentualer Besetzungsdichte voneinander abgrenzen, sind auf diese Anzahl, als 100% festgesetzt, bezogen.

abgegrenzt. Dadurch prägt sich ein Gürtel aus, dessen Rückgrat ungefähr einer Ebene entspricht, die um einige Grad flacher liegt als diejenige, die der mittleren Lage der gemessenen Schichtflächen gleichkommt. Die beiden sehr ausgeprägten Maxima der Kluftpole liegen im Mittel um etwa 10° N der letztgenannten Ebene. Auffällig ist ihre symmetrische Lage im Hinblick auf die Ebene senkrecht zur Faltenachse. Diese Symmetrie kommt namentlich dadurch zum Ausdruck, dass die beiden Kluftsysteme im Mittel mit der in der Horizontalebene liegenden Geraden senkrecht zur Faltenachse fast gleiche Winkel bilden.

Um sicher zu sein, ob aus den synoptischen kombinierten, später zu besprechenden Stereogrammen gewisse Schlüsse gezogen werden können, wurden am obersten Teil dieses Aufschlusses, wo versetzte Klüfte studiert werden können, speziell 30 solche Klüfte nebst Fallen und Streichen der dazugehörenden Schichten gemessen. Das erhaltene Stereogramm zeigt deutlich, dass diese schon vor dem Akt des Faltungsvorschubes entwickelten Klüfte den gleichen Maxima angehören, wie sie auf dem synoptischen Stereogramm zutage treten, wo auch Klüfte aufgenommen wurden, die mehrere Schichten durchsetzten.

Was die Beschaffenheit der Klüfte anbelangt, so gehören diejenigen, die als gut entwickelte Ebenen, ferner als Rutschharnische entwickelt sind, dem NE-SW-System an, während diejenigen, die vorwiegend rauhe, etwa mit Stylolithen bewachsene, häufig etwas unregelmässige Flächen aufweisen, das NW-SE-System aufbauen.

Figur 1 stellt diese beiden Arten von Klüften dar, wie sie an einer Kalkbank am nördlichen Teil des Aufschlusses – etwa 30 m oberhalb der Treppe zu einem Wasserreservoir – beobachtet werden können. Es muss aber beigefügt werden, dass der abgebildete Rutschharnisch eine etwas andere Orientierung hat als die meisten dieser Flächen in diesem Abschnitt. Wesentlich an der Darstellung ist, dass die Stylolithen, die auf der rauhen Kluft B aufsitzen, eine ähnliche Richtung haben wie die Striemung auf dem Rutschharnisch A. Diese beiden Klüfte A und B mit ihren strukturellen Eigenschaften lassen die folgende bewegungsmechanische Deutung zu: Der Sektor der abgebildeten Bank, der zwischen den Klüften A und B gewesen war, wurde längs des Rutschharnisches in Richtung der Striemung abgeschert, wobei neben der Scherfläche A die Kluft B aufriss infolge des Zuges jenes Sektors auf die rechte Seite der abgebildeten Bank. Aus der Orientierung der bei Figur 1 angeführten Strukturelemente kann man unschwer entnehmen, dass der zwischen den Klüften A und B herausgeschobene Keil nach N verfrachtet sein muss.

Die Prüfung der Striemungsrichtungen auf den Rutschharnischen ergab, dass möglicherweise 2 Striemungsrichtungen vorliegen. Die eine verläuft beinahe senkrecht und die andere scheint NE-SW gerichtet zu sein und ungefähr wie die Schichten oder etwas flacher einzufallen. Es ist dies letztere ein Befund, der offenbar ziemlich allgemein gilt im Malm der Lägeren und auch an anderen Orten des Kettenjura, nämlich, dass an Rutschharnischen, die einen stumpfen Winkel zur Schichtung bilden, die Striemung sehr oft dem Schichtfallen annähernd parallel verläuft. Dies weist in vielen Fällen darauf hin, dass die Verschiebung an den Rutschharnischen vor der Aufrichtung der Schichten, also vor der Faltung erfolgte. Namentlich in den Fällen, wo der auf solche Art gestriemte Rutschharnisch

mehrere Schichten durchsetzt, scheint diese frühe Anlage sehr wahrscheinlich zu sein.

b) Aufschluss am Scharnenfels

An der aus Wangener Schichten gebildeten Krete, die von der Kantonsstrasse zum Scharnenfels hinaufzieht, verhalten sich Streichen und Fallen der Schichten ziemlich konstant. Es konnten eine Anzahl (80) gut entwickelter Klüfte und Rutschharnische in diesen zum Teil dickbankigen Kalken, deren Bänke 30 cm bis über 1 m mächtig sind, gemessen werden, die ein Stereogramm mit einem schönen Polgürtel lieferten. Das Rückgrat desselben bildet eine Ebene, die hier nur wenig von derjenigen der Schichtfläche verschieden ist. Obschon das Schichtfallen etwas

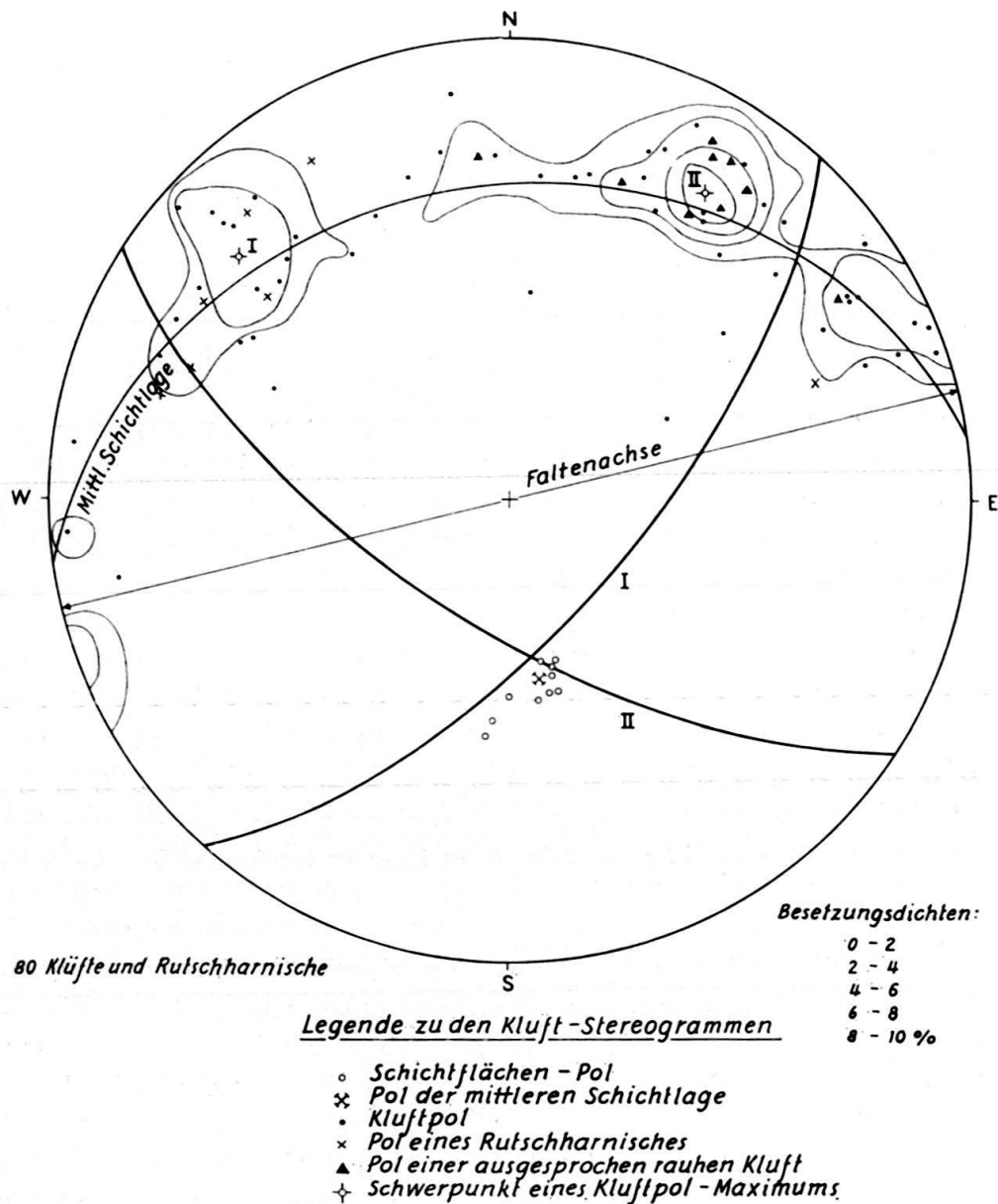


Fig. 5. Kluftstereogramm aus dem Aufschluss in den Wangener Schichten am Scharnenfels
S Baden
Malm-S-Schenkel der Lägern bei Baden. Projektion auf SCHMIDTSchem Netz

flacher ist als bei den Aufschlüssen an der Strasse Baden–Allmend, können die beiden dort beobachteten Kluftsysteme hier wieder erkannt werden. Zwar ist die Symmetrie dieser Systeme in bezug auf die Ebene senkrecht zur Faltenachse nicht mehr so ausgeprägt (siehe Fig. 5).

3. Malm-Nordschenkel

In der Umgebung von Baden ist der Malm-N-Schenkel etwas komplizierter gebaut als die entsprechende Partie des S-Schenkels. Es sei hier wiederum auf die Untersuchungen von SENFTLEBEN hingewiesen. Wie im Malm-S-Schenkel sind auch im Malm-N-Schenkel sekundäre Falten entwickelt (disharmonische Faltung), so vor allem im Gebiet S und SE der Chappeler Höfe und am Martinsberg. Währenddem das N-Fallen W der Limmat, E und unterhalb des Signales am Martinsberg und E der Limmat bis zur Goldwand ein mässiges ist, stellt sich an derselben der Malm steil und steht im weiteren Verlauf nach E beinahe senkrecht. Noch weiter E-wärts, am Geissberg, wird der Malmschenkel von einer Überschiebung durchsetzt, indem die tektonisch höhere Partie desselben über seinen entsprechenden basalen Teil nach N geschoben ist. Es ist dies die sogenannte Geissberger Überschiebung. Erwähnenswert sind noch die auf den Karten von MÜHLBERG (1901) und SENFTLEBEN (1923) dargestellten beiden Malmkomplexe S und SW Hertenstein, die auf Molasse aufzurufen scheinen. Währenddem sie vom ersteren Autor als Überschiebungsklappen aufgefasst werden, deutet sie SENFTLEBEN als Sackungsmassen. Ich möchte zu den beiden Auffassungen nicht Stellung nehmen.

a) Aufschluss am Martinsberg

Ungefähr 40 m E und unterhalb des Signales am Martinsberg ist in den unteren Wangener Schichten (Übergangszone zu den Geissberg-Schichten) an der gegen die Limmat herabziehenden Krete ein künstlicher Einschnitt vorhanden, in dem sowohl Streichen und Fallen der Schichten als auch eine grössere Anzahl von Klüften und Rutschharnischen eingemessen werden können. Auf der E gelegenen Seite dieses Einschnittes kann ein disharmonisches Verhalten der Schichten beobachtet werden, indem die liegenden und hangenden Kalksteinbänke einer etwa 1,7 m mächtigen Mergelschicht verschiedenes Einfallen zeigen. Währenddem die liegenden Kalke mit etwa 53° gegen N einfallen, haben die hangenden Kalksteinbänke ein Einfallen von 70 bis 80° N. Da in dieser steilstehenden Partie bloss relativ wenig Klüfte gemessen werden konnten, sollen nur diejenigen zu einem Stereogramm zusammengefasst werden, die zu der flacheren Partie der Kalkbänke sowohl an der W- als auch an der E-Seite dieses Einschnittes gehören. Im ganzen wurden an dieser Partie 7 Schichtlagen gemessen, die eine engbegrenzte Häufungsstelle auf dem Stereogramm ergaben und aus der die Mittelwerte $258^\circ/52^\circ$ hervorgingen; ferner wurden an die 90 Klüfte und Rutschharnische gemessen, die das Stereogramm der Figur 6 ergaben. Dieses zeigt zwei ausgeprägte Maxima, die auch wieder symmetrisch zu einer in der Horizontalen liegenden und senkrecht zur Faltenachse stehenden Geraden gelagert sind. Es verhält sich in dieser Hinsicht ganz entsprechend dem Stereogramm der Fig. 4, das aus dem symmetrisch gelegenen Teil des S-Schenkels erhalten wurde. Von den beiden Kluftsystemen ist das NNE–SSW-streichende stärker entwickelt als das NW–SE-gerichtete. Es wird später

bei der Kombination der beiden Stereogramme aus den symmetrisch gelegenen Teilen des N- und des S-Schenkels auf die symmetrischen Eigenschaften der Kluftlagen zurückzukommen sein. Die auf den Rutschharnischen gemessenen Strömungsrichtungen liegen ungefähr auf einem Grosskreis, der recht ähnlich gerichtet ist wie die mittlere Schichtfläche, vielleicht aber etwas flacher einfällt als dieselbe. Es zeigt sich also, dass die Richtungen der Bewegungen, die ihre Spuren auf den Rutschharnischen hinterliessen, derartig sind, dass sie ungefähr in eine Ebene zu liegen kommen, die ähnlich derjenigen der Schichtfläche gelagert zu sein scheint. Dies bestärkt auch in diesem Fall die Ansicht, dass die Rutschharnische entstanden als die Schichten noch nahezu horizontal lagen. Was die Orientierung

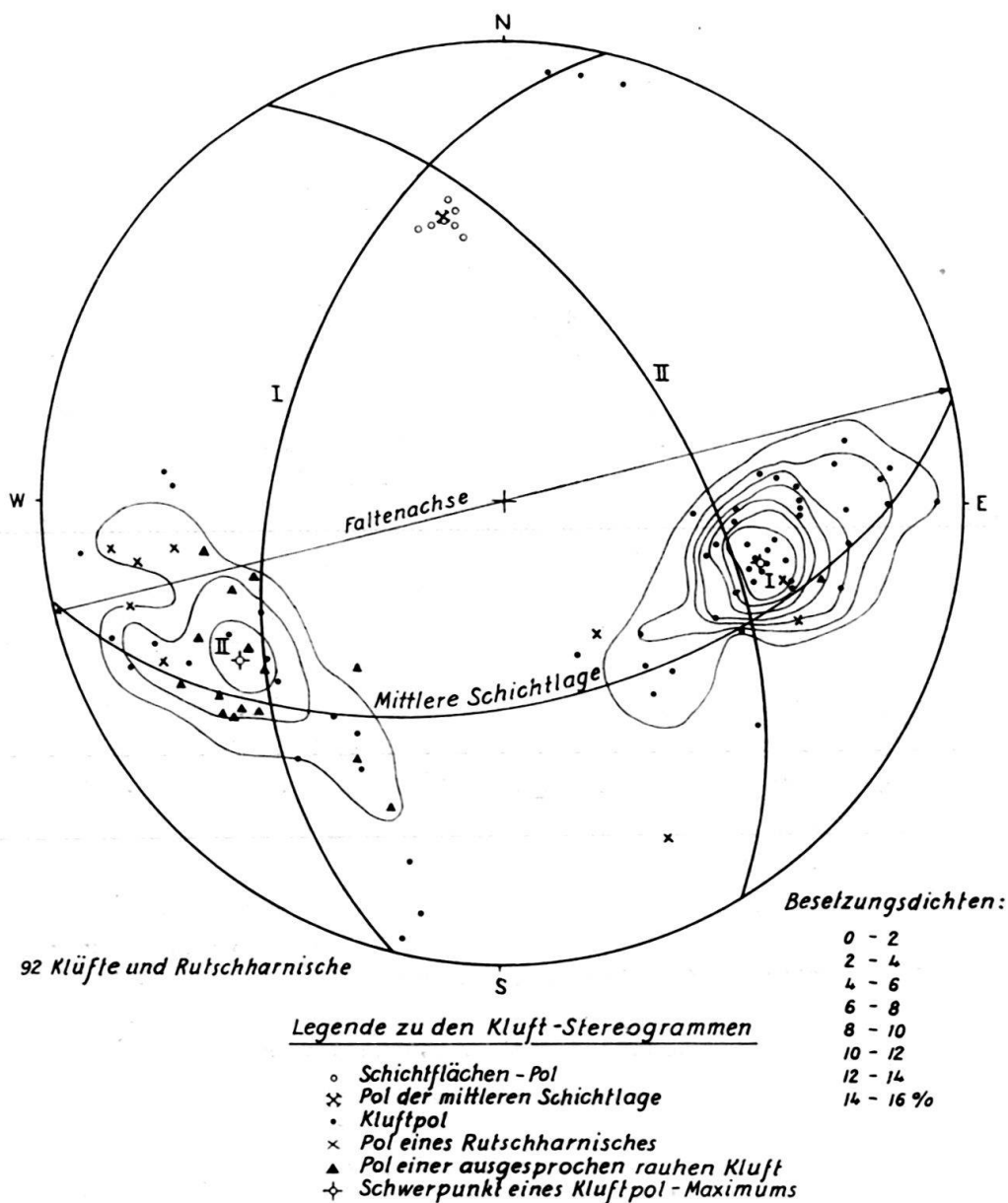


Fig. 6. Kluftstereogramm aus dem Aufschluss in der Übergangszone zwischen Geissberg- und Wangener Schichten; am Martinsberg
Malm-N-Schenkel der Lägern bei Baden. Projektion auf SCHMIDTSchem Netz

der Rutschharnische betrifft, so gehören dieselben auf der E-Seite des Felseinschnittes zur Hauptsache einem NNW-SSE-gerichteten System an, währenddem auf der W-Seite hauptsächlich NNE-SSW-streichende Rutschharnische beobachtet werden können. Auf dieser letzteren Seite des Einschnittes bildet das NW-SE-gerichtete System eine wohl entwickelte Schar rauher Klüfte.

b) *Aufschluss am Strasseneinschnitt Baden-Turgi am Fusse des Martinsberges*

Von Baden herkommend sind auf der linken Seite der Kantonsstrasse vorerst die Geissberg-Schichten, die als eine Wechsellagerung von Kalk- und Mergelbänken charakterisiert sind, erschlossen. Der Anteil der Mergel nimmt in westlicher Richtung, gegen das Hangende zu, allmählich ab, bis wir fast eine aus-

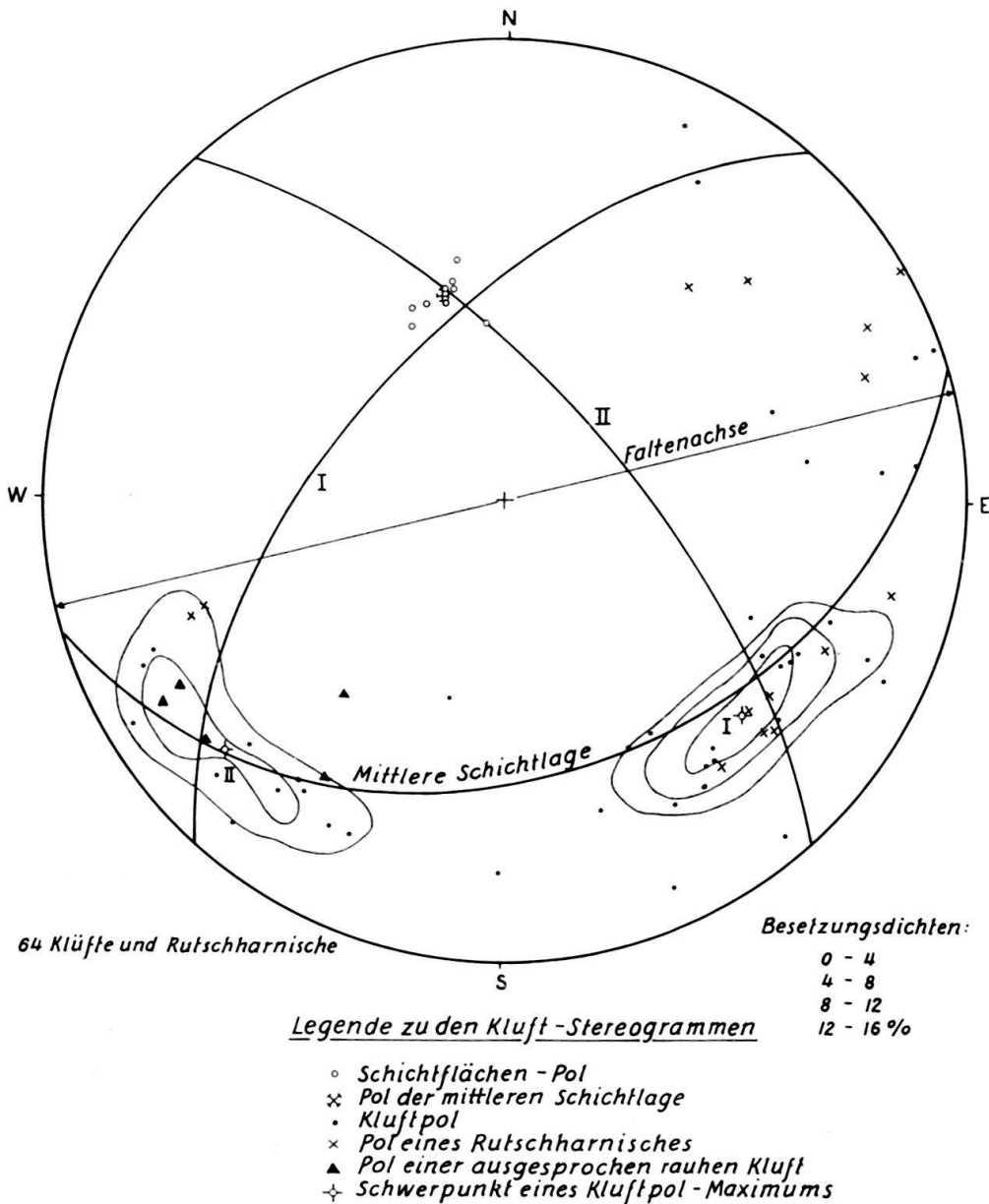


Fig. 7. Kluftstereogramm aus dem Aufschluss der Wangener Schichten an der Strasse Baden-Turgi

Malm-N-Schenkel der Läger bei Baden. Projektion auf SCHMIDTSchem Netz

schliessliche Serie mehr oder weniger dickbankiger Kalksteinschichten vor uns haben. Diese sind die Wangener Schichten. Der Übergang zu den Geissberg-Schichten ist also ein allmählicher, wie dies G. SENFTLEBEN (1923) dargetan hat.

Die Mannigfaltigkeit an Klüften ist an diesem Aufschluss eine grössere als am Martinsberg, indem hier unten einige typische Querklüfte vorkommen (siehe Fig. 7) neben denjenigen, die die beiden Polmaxima bedingen. Bisweilen sind die Klüfte an Schichtflächen versetzt, mitunter queren sie aber unversetzt mehrere Bänke. Auch gebogene Klüfte kommen vor. Im ganzen wurden etwa 70 Klüfte gemessen, die sich – wie auf dem Stereogramm zu sehen ist – wiederum zu den beiden Hauptsystemen gruppieren, die einen mittleren Winkel von 86° miteinander bilden. Währenddem der Schwerpunkt des Kluftmaximums II ziemlich genau in der Ebene der Schichtfläche liegt, sind die Klüfte I im Mittel etwa 4° gegenüber der Vertikalen auf der Schichtfläche verschoben. Die Symmetrie der beiden mittleren Kluftlagen dieser beiden Systeme in bezug auf die im Horizont liegende Senkrechte zur Faltenachse lässt im vorliegenden Fall etwas zu wünschen übrig.

An diesem Aufschluss konnten auch wieder mehrere Rutschharnische mit den auf ihnen vorkommenden Striemungsrichtungen gemessen werden. Die Rutschharnische gehören hier auch in erster Linie dem NE–SW-streichenden System an. Die Orientierung der Striemung auf ihnen deutet vor allem auf recht flach verlaufende Bewegungen in Richtung SW–NE. Die Striemungsrichtungen bilden auch in diesen Fällen mit der Mittellage der Schichtflächen recht spitze Winkel.

IV. DIE KOMBINATION DER STEREOGRAMME AUS DEN ZUR FALTENACHSE SYMMETRISCHEN PARTIEN UND DIE HIERAUS SICH ERGEBENDEN SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es lag nahe, diejenigen Stereogramme miteinander zu vereinigen, die aus symmetrisch gelegenen Partien der N- und S-Schenkel erhalten wurden; es sind dies diejenigen Partien der beiden Malm-Schenkel, an denen jeweils gleiches oder ähnliches N- und S-Fallen gemessen wurde. Es konnten also die beiden folgenden Stereogramme miteinander kombiniert werden: 1. das synoptische Stereogramm mit den Messungen aus dem S-Schenkel vom Aufschluss Baden–Allmend (Fig. 4) und das Stereogramm, das aus dem N-Schenkel am Martinsberg unterhalb des Triangulationspunktes erhalten wurde (Fig. 6); 2. wurden miteinander vereinigt: die Stereogramme, die aus den Wangener Schichten der S- und N-Schenkel der Aufschlüsse vom Schartenfels (Fig. 5) und an der Strasse Baden–Turgi (Fig. 7) erhalten wurden. Die Kombination dieser Stereogramme geschah lediglich so, dass ich die je zwei Oleaten in ihrer gleichen geographischen Orientierung miteinander vereinigte. Neben den Schichtpolen der zu vereinigenden Stereogramme wurden die Umgrenzungslinien gleicher prozentualer Dichte der Klüftepole, die Schwerpunkte der Maxima derselben und die hieraus sich ergebenden Mittellagen der Kluftsysteme auf einem Stereogramm vereinigt. Die Bereiche der gleichen prozentualen Kluftpol-Besetzung sind also bei diesen kombinierten Stereogrammen so aufzufassen, dass die Anzahl der Klüftepole in einem Schenkelabschnitt als 100% angenommen wird.

Das kombinierte Stereogramm der Figur 8 stellt tektonisch symmetrisch gelegene Partien der N- und S-Schenkel aus den Geissberg-Schichten und der Über-

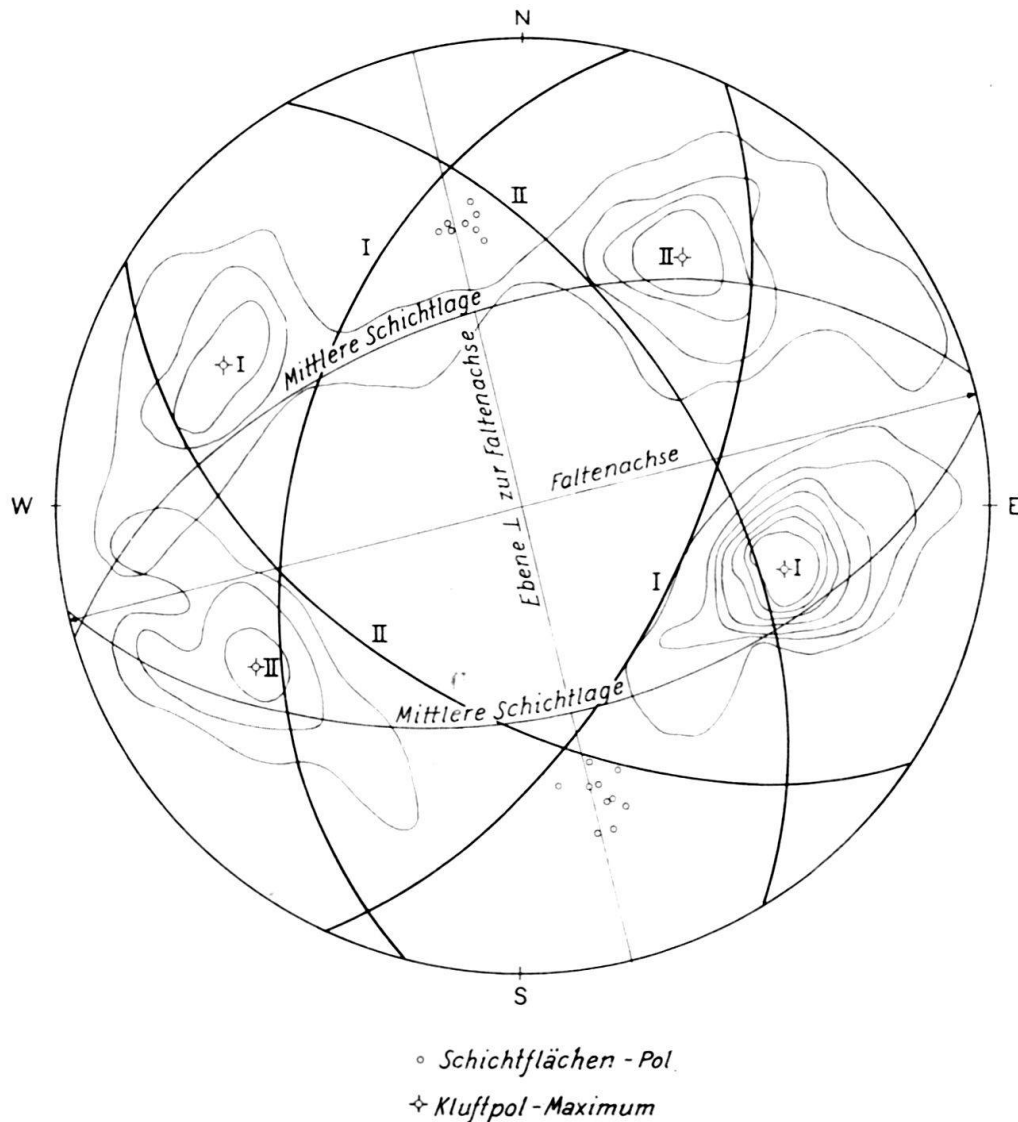


Fig. 8. Stereogramme der Figuren 4 und 6 miteinander vereinigt
N- und S-Schenkel der Lägeren bei Baden

gangszone zu den Wangener Schichten dar. Es geht aus den Stereogrammen der Figuren 4 und 6 hervor. Das Schichtfallen für den S-Schenkel beträgt im Mittel 55° und dasjenige für den N-Schenkel 52° . Hinsichtlich der Lage der Kluftmaxima springt eine hochgradige Symmetrie in die Augen. In der Tabelle Nr. 1 sind die Winkel der Mittellagen der Klüfte unter sich wie auch die Winkel derselben zu der Faltenachse und zu der Geraden, die in der Horizontalebene senkrecht zu der Faltenachse steht, zusammengestellt. Es zeigt sich, dass einige, einander in tektonischer Hinsicht entsprechende Winkel recht ähnlich sind. Eine bemerkenswerte Eigenschaft ist die folgende: Legt man durch die Schnittgeraden der mittleren Positionen⁶⁾ der Kluftsysteme des N-Schenkels einerseits und des S-Schenkels anderer-

⁶⁾ Diese mittleren Positionen haben die Schwerpunkte der Maxima zu ihren Polen.

seits eine Ebene, so steht diese beinahe senkrecht auf der Faltenachse. Die Abweichung vom rechten Winkel beträgt höchstens 3° .

Das kombinierte Stereogramm der Figur 9, das zwei tektonisch symmetrische Stellen aus N- und S-Schenkel mit je etwas flacherem Einfallen der Schichten als es bei dem besprochenen der Fall war, darstellt, geht aus den Projektionen der Figuren 5 und 7 hervor. Es enthält im ganzen ungefähr 140 Klüfte aus den Wangener Schichten von Scharenfels und vom Aufschluss an der Strasse Baden-Turgi. Auch hier ergeben sich wiederum Symmetrien, die zum Teil ähnlich denjenigen sind, die im Stereogramm der Figur 8 zutage treten (s. Tabelle 1, Seite 873). Die Ebene senkrecht zur Faltenachse geht auch wieder beinahe durch die beiden Schnittgeraden, die sich einerseits durch die Mittellagen der Klüfte aus dem N-Schenkel, andererseits aus denjenigen aus dem S-Schenkel ergeben.

Die symmetrische Stellung je zweier mittlerer Positionen von Kluftsystemen, die ähnliche Streichrichtung besitzen in bezug auf die in ihr liegenden Ebene, die senkrecht zur Horizontalebene steht, lassen es als wahrscheinlich erscheinen, dass solche Kluftsysteme identisch sind.

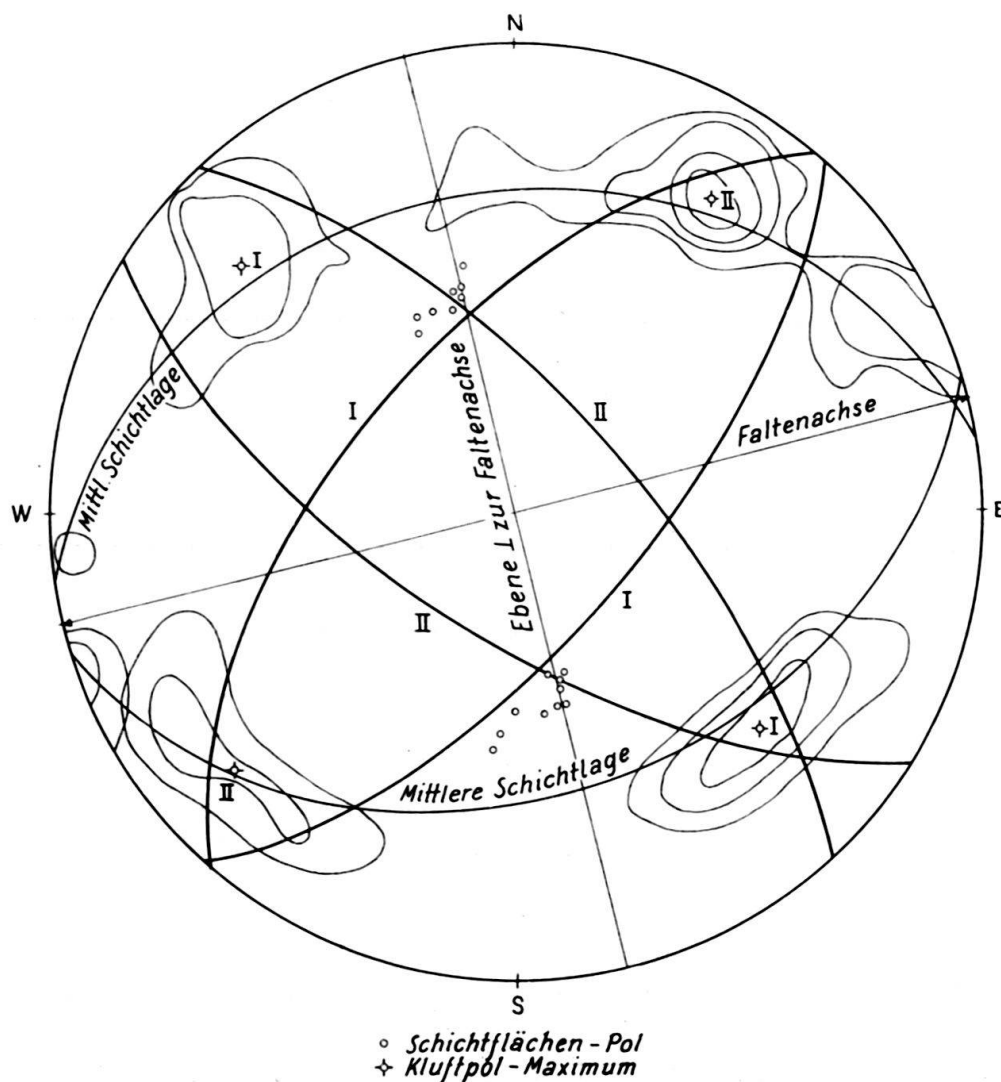


Fig. 9. Stereogramme der Figuren 5 und 7 miteinander vereinigt
N- und S-Schenkel der Läger bei Baden

Die auf den Figuren 8 und 9 erscheinenden Symmetrien lassen sofort erkennen, dass die dargestellten Kluftsysteme in Beziehung stehen zur Faltung. Es handelt sich um paarweise und symmetrisch zur Hauptspannung gelegene Scherkluftsysteme, wobei die erste Hauptspannung in der Ebene senkrecht zur Faltenachse wirksam gewesen ist. Solche zur ersten Hauptspannung symmetrisch gelegenen Scherkluftsysteme sind wiederholt beschrieben worden (z. B. KAUFMANN, 1931; HOEPPENER, 1953)⁷⁾. Es stellt sich nun die Frage, in welchem Zeitpunkt des Faltungsvorganges diese Kluftsysteme gebildet worden sind. Wie erwähnt, können hauptsächlich im Malm-S-Schenkel an der Strasse Baden-Allmend Klüfte beobachtet werden, die den dargestellten Systemen angehören und die durch Schicht-

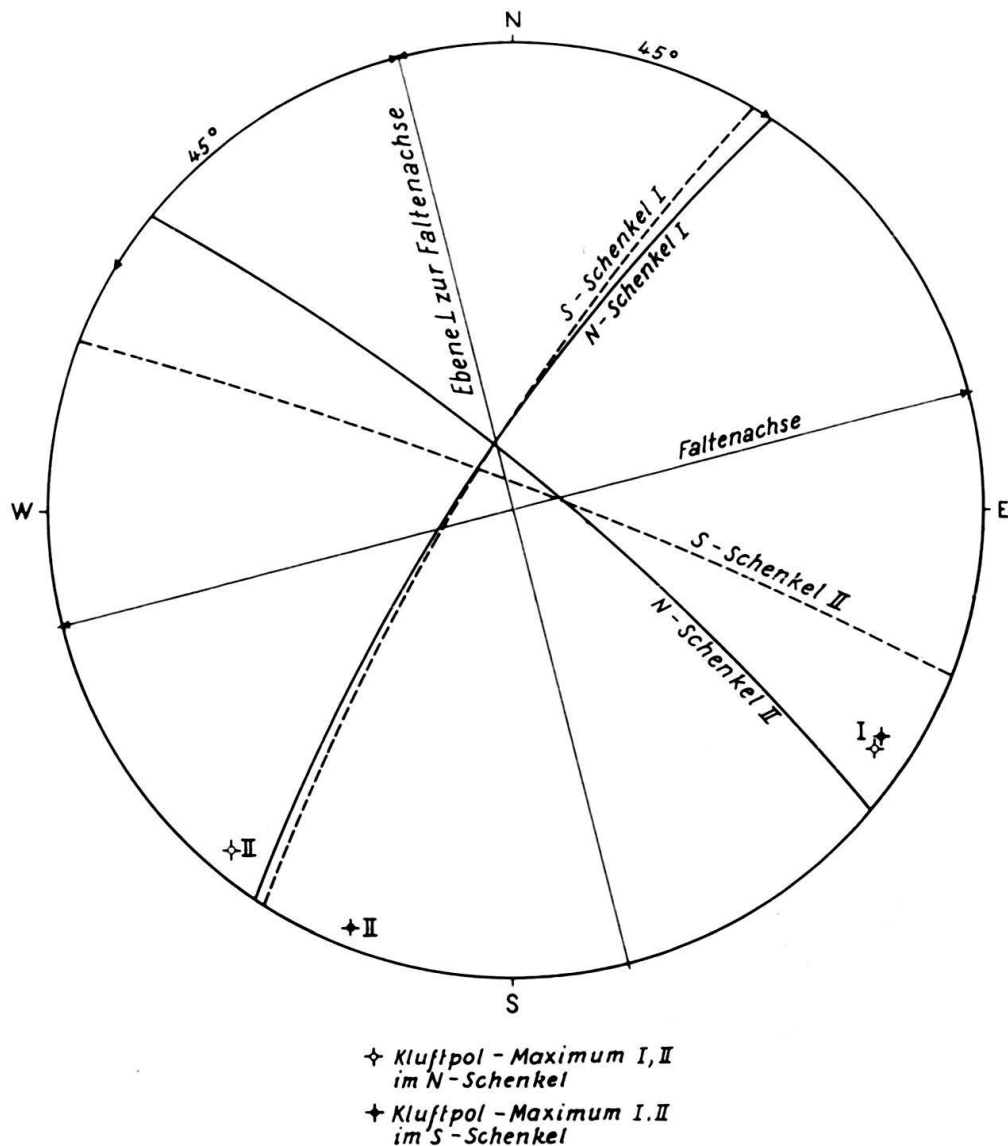


Fig. 10. Orientierung der mittleren Kluftlagen aus den Stereogrammen der Figuren 4 und 6, wenn die mittleren Schichtlagen in die Horizontale gedreht sind.

⁷⁾ Paarweise und symmetrisch zur Ebene normal zur Faltenachse entwickelte Kluftsysteme kommen auch vor im Scheitel des Hauptrogensteingewölbes der Vellerat-Kette bei Choindex (Berner Jura).

flächen versetzt worden sind (siehe Fig. 3). Vorerst lässt sich sagen: Diese Scherklufteysteme müssen also vor oder während der Faltung entstanden sein; aber nicht nach dem Abschluss der Faltung. Um aus dem Verhalten der Klüfte Aufschluss über den Mechanismus der Faltung zu erhalten, haben sowohl HOEPPENER (1953) als auch NABHOLZ (1956) die in der Projektion dargestellten Schichtflächen in die Horizontalebene gedreht und die zur transformierten Schichtung gehörenden Klüfte, resp. Kluftpole, entsprechend umprojiziert. Dieser Weg wurde nun auch eingeschlagen, und zwar wurden in den kombinierten Stereogrammen der Figuren 8 und 9 jeweils die Schwerpunkte der Pole der Schichtflächen des N- und S-Schenkels ins Zentrum der Projektion gedreht und die Schwerpunkte der Maxima der entsprechenden Kluftpole transformiert. Diese Operationen ergaben aus Figur 8 das Stereogramm der Figur 10 und aus Figur 9 das Stereogramm der Figur 11. Auf diesen beiden umprojizierten Diagrammen nehmen die Mittellagen des Kluftsystemes I für N- und S-Schenkel je recht ähnliche Lagen ein. Auf Figur 10 be-

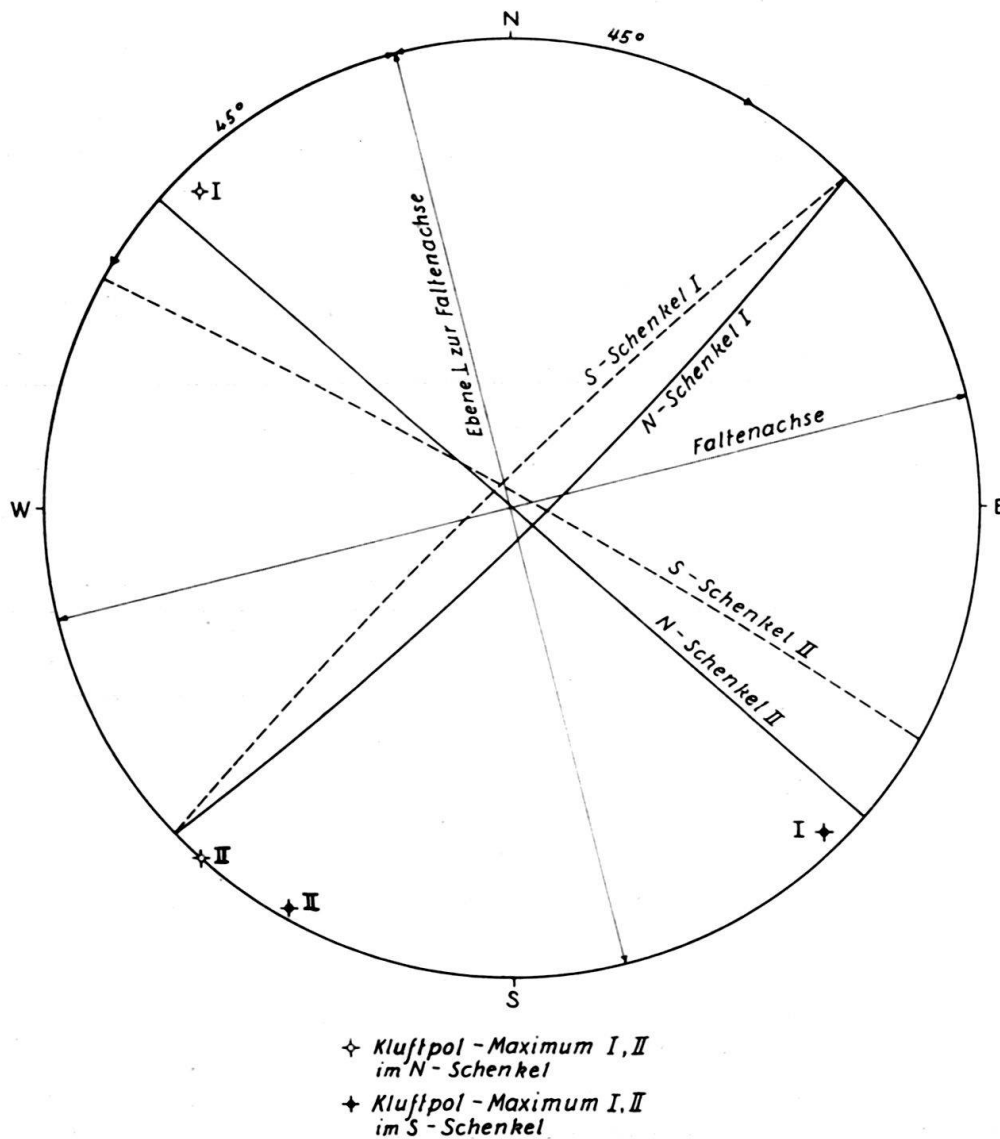


Fig. 11. Orientierung der mittleren Kluftlagen aus den Stereogrammen der Figuren 5 und 7, wenn die mittleren Schichtlagen in die Horizontale gedreht sind.

trägt die Abweichung dieser beiden Mittellagen etwa 2° ; auf Figur 11 etwa 9° . Etwas grössere Abweichungen liegen beim Kluftsystem II vor. Auf Figur 10 ist die Abweichung etwa 18° und auf Figur 11 etwa 13° . Die Kluftsysteme weisen im Mittel die folgenden Winkel mit der Normalen zur Faltenachse auf, die sich in der Horizontalebene befindet: System I auf Figur 10: 47° ; auf Figur 11: 60° . System II auf Figur 10 im Mittel 45° ; Figur 11: im Mittel 40° . Es ist erwähnenswert, dass in drei von den vier Fällen dieser Winkel höchstens um 5° von 45° ⁸⁾ verschieden ist. Diese Erscheinungen deuten darauf hin, dass diese Scherkluftsysteme entstanden, als die Faltung überhaupt noch nicht einsetzte oder eben erst begann. Die erste Hauptspannung scheint ferner ungefähr in der Horizontalebene gewirkt zu haben.

Als ein weiteres Indiz für das höhere Alter dieser Kluftsysteme als die Faltung kann auch die Erscheinung gewertet werden, dass sich im allgemeinen die Rutschstreifen auf den Harnischen, die dem System I angehören, annähernd in der Horizontalebene befinden, wenn sie in solcher Weise transformiert werden, dass die entsprechenden Schichtflächen in dieser Ebene liegen. An gewissen Harnischen kann auch direkt beobachtet werden, wie die Rutschstreifen ein ähnliches Fallen besitzen wie die Schichtung. Dies kann übrigens auch an manchen anderen Orten des Faltenjuras beobachtet werden, besonders in Steinbrüchen, die in geneigte Kalkbänke von Falten angelegt sind. Zu derselben Ansicht über das Alter von Scherklüften hinsichtlich der Faltung ist übrigens auch HOEPPENER (1953) im Rheinischen Schiefergebirge gekommen.

Wie erwähnt worden ist, gehören die Rutschharnische in erster Linie dem Kluftsystem I an, das NE–SW streicht. Dies scheint auch meist am E-Ende der Läger bei Dielsdorf und Regensberg der Fall zu sein. THURMANN (1856) unterscheidet im Jura zwischen «diaclices thlasmées» (etwa zu übersetzen mit rauhen Klüften) und «diaclices tripsées», was etwa «geglätteten Klüften» entspricht, wobei nach THURMANN die letzteren häufig «des rayures mousses, des cannelures, plus ou moins légères» aufweisen. Dieser Autor beobachtete ferner, dass in grossen Teilen des Juras die glatten Klüfte mehr oder weniger N–S streichen und die rauhen, die mit jenen eng verknüpft sind, E–W verlaufen. Diese Beobachtung scheint mit den bei Baden und Dielsdorf an der Lägerkette gemachten Feststellungen mehr oder weniger in Übereinstimmung zu stehen, indem die Klüfte, die der N–S-Richtung genähert sind, also diejenigen, die dem System I angehören, vorwiegend glatt oder als Rutschharnische ausgebildet sind, währenddem das hierzu stumpfwinklig verlaufende System II meist aus rauhen Klüften besteht, auf denen manchmal Stylolithen vorhanden sind. Obschon beide Kluftsysteme in unserem Fall als Scherklüfte angesehen werden müssen, zeigen sie eine derartige Verschiedenheit ihrer Oberflächen. Der Grund dafür ist mir einstweilen nicht verständlich. Erwähnenswert ist, dass R. KAUFMANN (1931) im Kambrosilur von Gotland auch derartige Unterschiede festgestellt hat.

Aus den dargestellten Stereogrammen geht hinsichtlich der Lage der Klüfte in Beziehung zu den in die Horizontale gedrehten Schichtflächen kein Anzeichen für ein Biegungsfließen hervor. Die mittleren Kluftlagen scheinen in den Stereogrammen 8 und 9 auf den Schichtflächen nicht genau senkrecht zu stehen. Es wäre

⁸⁾ Theoretisch geforderter Wert bei starrem Verhalten.

aber verfrüht, etwa aus gewissen Richtungen der Abweichungen eine Gesetzmässigkeit abzuleiten. Es sei hier auch erwähnt, dass NABHOLZ (1956) am Hauptrogenstein des Adler (Baselbieter Tafeljura) und einer kleinen Falte im Bogental (Passwanggebiet) ebenfalls festgestellt hat, dass die Klüftung nicht immer vollkommen senkrecht zur Schichtung verläuft. Dass die Kluftflächen im Juragebirge im allgemeinen doch meist annähernd senkrecht auf den Schichtflächen stehen, ist schon R. THURMANN aufgefallen.

Zum Schluss sei noch kurz auf die Orientierung der Klüfte eingegangen, die im steilstehenden N-Schenkel N Ennetbaden gemessen wurden, und zwar an folgenden drei Punkten: 1. N Ennetbaden bei P. 514; 2. in einem kleinen verlassenen Steinbruch E der scharfen Kurve des Strässchens nach Hertenstein; 3. in einem verlassenen Steinbruch direkt unterhalb der Wirtschaft Hertenstein. Im ganzen wur-

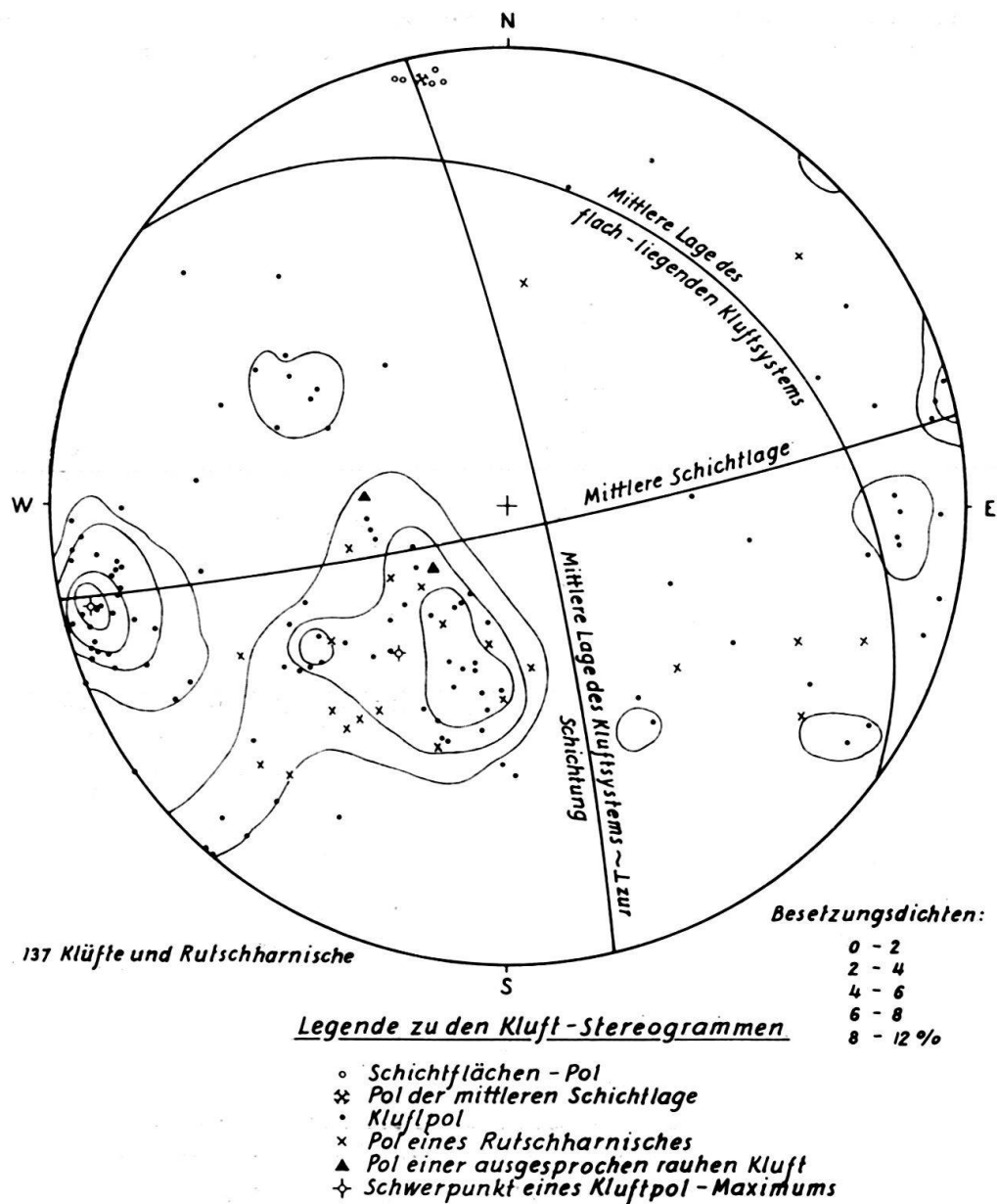


Fig. 12. Kluftstereogramm aus den Wangener Schichten N Ennetbaden
Steilstehender Malm-N-Schenkel der Lägern bei Baden. Projektion auf SCHMIDTSchem Netz

den 137 Klüfte gemessen. Das Stereogramm (Fig. 12), das hieraus erhalten wurde, weicht ganz von den oben besprochenen ab. Es sind zwei Kluftpol-Maxima zu sehen, von denen der Schwerpunkt des einen beinahe in der Schichtfläche an der Peripherie liegt. Die Klüfte, die diesem System angehören, stehen sehr steil und bilden sowohl mit der Schichtfläche als auch mit der Faltenachse Winkel, die sich im Häufungsbereich 90° nähern. Es handelt sich hier um Querklüfte im Sinne von H. CLOOS (1936). Vereinzelt kommen in diesem Maximum auch Rutschharnische vor, deren Strömungsrichtung steil steht und ungefähr das gleiche Einfallen wie die Schichtfläche hat. Eine weitere Gruppe von Klüften, die von den oben genannten deutlich getrennt sind, haben ihr Pol-Maximum in SW-Richtung. Sie liegen ziemlich flach. Im Mittel streicht dieses System etwa 50° W und fällt mit etwa 34° nach SW ein. Viele Rutschharnische nehmen an diesem System teil. Die Strömung darauf fällt in den meisten Fällen nach S ein. Einige Rutschharnische haben ein NE-SW-Streichen und ihr Einfallen ist gegen SE gerichtet. Die Klüfte

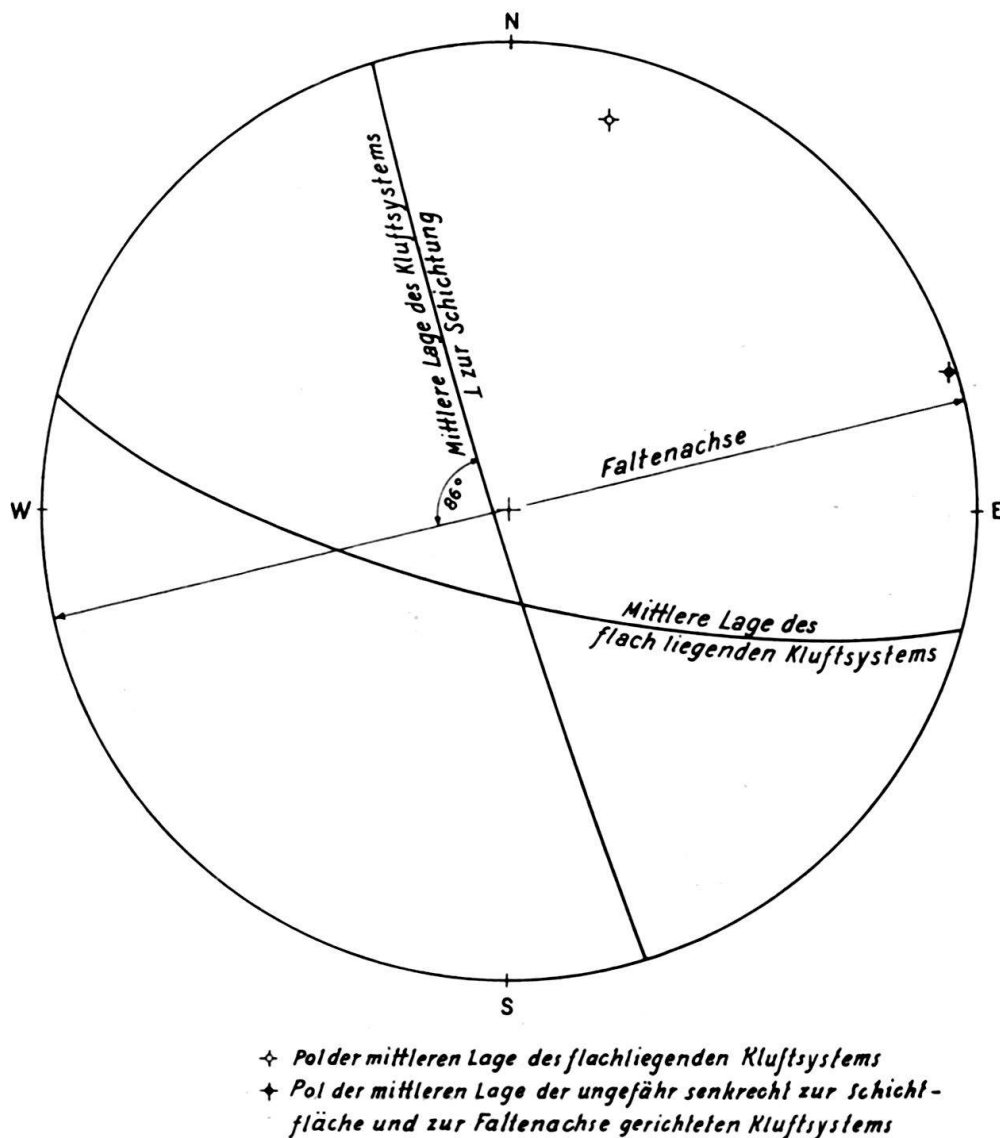


Fig. 13. Orientierung der mittleren Kluftlagen aus dem Stereogramm der Figur 12, wenn die mittlere Schichtlage in die Horizontale gedreht ist.

und Rutschharnische nun, die dem im SW gelegenen Pol-Maximum angehören, sowie die zuletzt erwähnten, stellen sehr wahrscheinlich ein System kleiner Überschiebungsflächen dar, das den N-Schenkel an diesen Stellen durchsetzt. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass dieser Schenkel E dieser Aufschlüsse von der sogenannten Geissbergüberschiebung durchsetzt wird. Wir dürfen annehmen, dass diese flachliegenden Klüfte mit dieser tektonischen Erscheinung in Zusammenhang stehen. Die steilstehenden Querklüfte, die fast senkrecht zur Schichtung stehen, sind vielleicht sogenannte Zugklüfte, die durch den sehr starken seitlichen Druck während einer bestimmten Phase der Faltung auf diese steilstehende Partie des N-Schenkels verursacht wurden.

Es ist mir indessen folgendes noch ganz unklar: Sowohl die Feldbeobachtungen, als auch die Deutung der kombinierten Kluftstereogramme aus symmetrisch gelegenen, relativ flachliegenden Teilen des N- und des S-Schenkels der Falte scheinen darauf hinzuweisen, dass die Klüftung zu Beginn der Faltung zustande kam, als die Schichten noch flach lagen. Wie steht es nun aber mit dem sehr steil stehenden N-Schenkel? Eigentlich ist anzunehmen, dass auch in diesem Teil sich die beiden oben erwähnten Scherkluftsysteme ausbildeten, als die Schichten noch flach lagen. Man hätte sie also feststellen sollen, zumal die steilstehenden Schichten in der Projektion horizontiert wurden (Fig. 13). Dem ist aber nicht so. War in diesem Teil der Falte schon zu Beginn der Faltung das Kräftespiel ein anderes als in den flacher liegenden Teilen des Malms?

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung von Klüften in der Lägern-Kette der Umgebung von Baden zeitigte die folgenden Ergebnisse:

1. Tektonisch symmetrisch gelegene Partien der N- und S-Schenkel zeigen je zwei Systeme von Klüften, die derartige Symmetrieverhältnisse in bezug auf die Ebene normal zur Faltenachse aufweisen, dass diese Klüfte in Zusammenhang mit der Faltung gebracht werden müssen. Es handelt sich sehr wahrscheinlich um Scherkluftsysteme.

2. Beobachtungen im Gelände und Eigenschaften der Stereogramme führen zur Annahme, dass diese Kluftsysteme unmittelbar vor der Faltung entstanden sind.

3. Das NE-SW verlaufende System setzt sich vorwiegend aus glatten Klüften und aus Rutschharnischen zusammen, währenddem die Gruppe, die NW-SE streicht, in erster Linie aus rauhen Klüften besteht.

4. Es ist anzunehmen, dass die erste Hauptspannung, die Klüftung und Faltung bewirkt hat, während des Stadiums der Kluftbildung annähernd in der Horizontalebene und senkrecht zur Faltenachse wirkte.

5. Im sehr steil stehenden N-Schenkel N Ennetbaden sind die Kluftsysteme anders angeordnet als in den erwähnten flacher liegenden Partien des Malms der Antiklinale. Neben einem sehr steil stehenden Kluftsystem, das zur Schichtung senkrecht steht, sind hier auch viele Klüfte und Rutschharnische vorhanden, die relativ flach nach SW einfallen und wohl mit der Geissberg-Überschiebung, die den Malm-N-Schenkel durchsetzt, in Zusammenhang stehen. Wahrscheinlich handelt es sich bei diesem flachliegenden System um kleine Überschiebungsflächen.

Tabelle 1. Winkel in den kombinierten Stereogrammen

	Fig. 8	Fig. 9
	°	°
Winkel zwischen den Kluftmaxima I und II (N-Schenkel)	87	86
Winkel zwischen den Kluftmaxima I und II (S-Schenkel)	78	74
Winkel zwischen Kluftmaximum I des N-Schenkels und der Geraden senkrecht zur Faltenachse in der Horizontalen	20	45
Winkel zwischen Kluftmaximum II des N-Schenkels und der Geraden senkrecht zur Faltenachse in der Horizontalen	15	27
Winkel zwischen Kluftmaximum I des S-Schenkels mit der Geraden senkrecht zur Faltenachse in der Horizontalen	33	50
Winkel zwischen Kluftmaximum II des S-Schenkels mit der Geraden senkrecht zur Faltenachse in der Horizontalen	33	40
Winkel zwischen Kluftmaximum I des N-Schenkels mit der Faltenachse	42	29
Winkel zwischen Kluftmaximum I des S-Schenkels mit der Faltenachse	41	32
Winkel zwischen Kluftmaximum II des N-Schenkels mit der Faltenachse	52	57
Winkel zwischen Kluftmaximum II des S-Schenkels mit der Faltenachse	36	42

LITERATURVERZEICHNIS

- CLOOS, H. (1936): *Einführung in die Geologie*. Ein Lehrbuch der Inneren Dynamik (Borntraeger) Berlin.
- (1948): *Gang und Gehwerk einer Falte*. Z. deutsch. geol. Ges. 100, S. 290.
- DE SITTER, L. U. (1956): *Structural Geology* (McGraw-Hill Publ. Co. Ltd.) New York-London-Toronto.
- HOEPPENER, R. (1953): *Faltung und Klüftung im Nordteil des Rheinischen Schiefergebirges*. Geol. Rdsch. 41, S. 128.
- KAUFMANN, R. (1931): *Die Klufttektonik des Kambrosilurs von Gotland, Oeland und dem Kalmargebiet*. Geol. Rdsch. 22, S. 292.
- MÜHLBERG, F. (1901): *Geologische Karte der Lägernkette, 1:25000*. Spez.-Karte Nr. 25 Geol. Komm. Schweiz.
- MÜLLERRIED, F. (1921): *Klüfte, Harnische und Tektonik der Dinkelberge und des Basler Tafeljuras*. Verh. naturh.-med. Vereins Heidelberg [NF] 25/1. Mitt. u. Arb. aus dem Geol. Inst. d. Univ. Heidelberg [NF] Nr. 59, S. 1.
- NABHOLZ, W. K. (1956): *Untersuchungen über Faltung und Klüftung im nordschweizerischen Jura*. Eclogae geol. Helv. 49, S. 373.
- NOTZ, R. (1924): *Geologische Untersuchungen an der östlichen Läger. Dissertation*, Zürich.
- SENFTLEBEN, G. (1923): *Beiträge zur geologischen Erkenntnis der West-Läger und ihrer Umgebung*. Dissertation, Zürich.
- THURMANN, J. (1856): *Essai d'orographie jurassique*. Sect. Sci. Inst. genevois.

