

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 36 (1943)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Über deszendente gefüllte Spalten am Monte Pisano  
**Autor:** Spicher, August  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-160388>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Über deszendente gefüllte Spalten am Monte Pisano.

Von August Spicher, Rom.

Mit 5 Textfiguren.

Während der geologischen Untersuchung des Monte Pisano, die im Frühling und Sommer 1942 durch das Centro Geominerario dello Istituto per la Ricostruzione Industriale (IRI) unter der Leitung von Herrn Dr. A. RITTMANN durchgeführt wurde, entdeckte dieser im Zusammenhang mit einer Blattverschiebung nördlich Bagni S. Giuliano deszendente ausgefüllte Spaltenbildungen. Da meines Wissens etwas Ähnliches in der Literatur nicht erwähnt wird, lohnt sich eine kurze Beschreibung und Deutung derselben. Herr Dr. RITTMANN überliess mir in freundlicher Weise diese Aufgabe. Ich möchte ihm an dieser Stelle für manche Anregung meinen besten Dank aussprechen. Ebenso schulde ich dem Präsidenten der IRI, Exz. Prof. Dr. F. GIORDANI, Dank für die Erlaubnis zur Veröffentlichung dieser Resultate.

Für die folgenden Ausführungen kann, um Wiederholungen zu vermeiden, auf die vorstehende Arbeit von C. E. BURCKHARDT<sup>1)</sup> verwiesen werden, in welcher die stratigraphischen und tektonischen Resultate unserer Untersuchungen niedergelegt sind. Eine eingehende Beschreibung des Monte Pisano mit einer geologischen Karte wird von A. RITTMANN herausgegeben werden.

Hier soll nur nochmals Folgendes hervorgehoben werden:

Am Monte Pisano können zwei Schichtserien unterschieden werden, eine autochthone und eine überschobene. Die autochthone Serie nimmt das Hauptareal der Berggruppe ein, die inselförmig aus den Alluvionen des Arno und des Serchio emporragt. Die überschobene Serie bildet die Westflanke des Monte Pisano. Sie liegt im N (Monte Maggiore) in vollständiger Ausbildung vor, während sie im südlichen Teil nur in einzelnen Kappen von Rhaetkalk reliktiert erhalten geblieben oder überhaupt ganz wegerodiert ist.

Die beiden stratigraphischen Serien stimmen weitgehend miteinander überein. Nur in der untern Kreide ist eine abweichende Ausbildung festzustellen, indem dieselbe in der autochthonen Serie durch Kalkschiefer, in der überschobenen durch gebankte Hornsteinkalke vertreten ist.

Das tektonische Bild des Monte Pisano weist zwei Phänomene verschiedener Ordnung auf:

---

<sup>1)</sup> C. E. BURCKHARDT: Zur Geologie des Monte Pisano. *Eclogae geol. Helv.*, dieses Heft, p. 59.

Siehe ferner F. IPPOLITO: Studi geologici sul Monte Pisano. *Boll. Soc. geol. Ital.* 1943.

## a) Überschiebung.

Sie tritt im westlichen Teil des Monte Pisano klar in Erscheinung. Zwingende Argumente zur Annahme einer Überschiebung sind die Wiederholung zweier stratigraphisch sehr ähnlicher Schichtserien und das Auftreten einer zwischen beiden Serien liegenden tektonisch bedingten Mischzone, besonders im nördlichen Teil (Monte Romagna).

## b) Tektonische Vorgänge nach der Überschiebung.

Nach der Überschiebung wurden die Schichten kuppelförmig aufgewölbt. Die Scheitelregion befindet sich im Ostteil des Monte Pisano. Hier wurde das ganze Mesozoikum bis auf wenige Rhaetkappen im S der Kuppel von der Erosion abgetragen, so dass heute das Permo-Karbon überall zutage tritt.

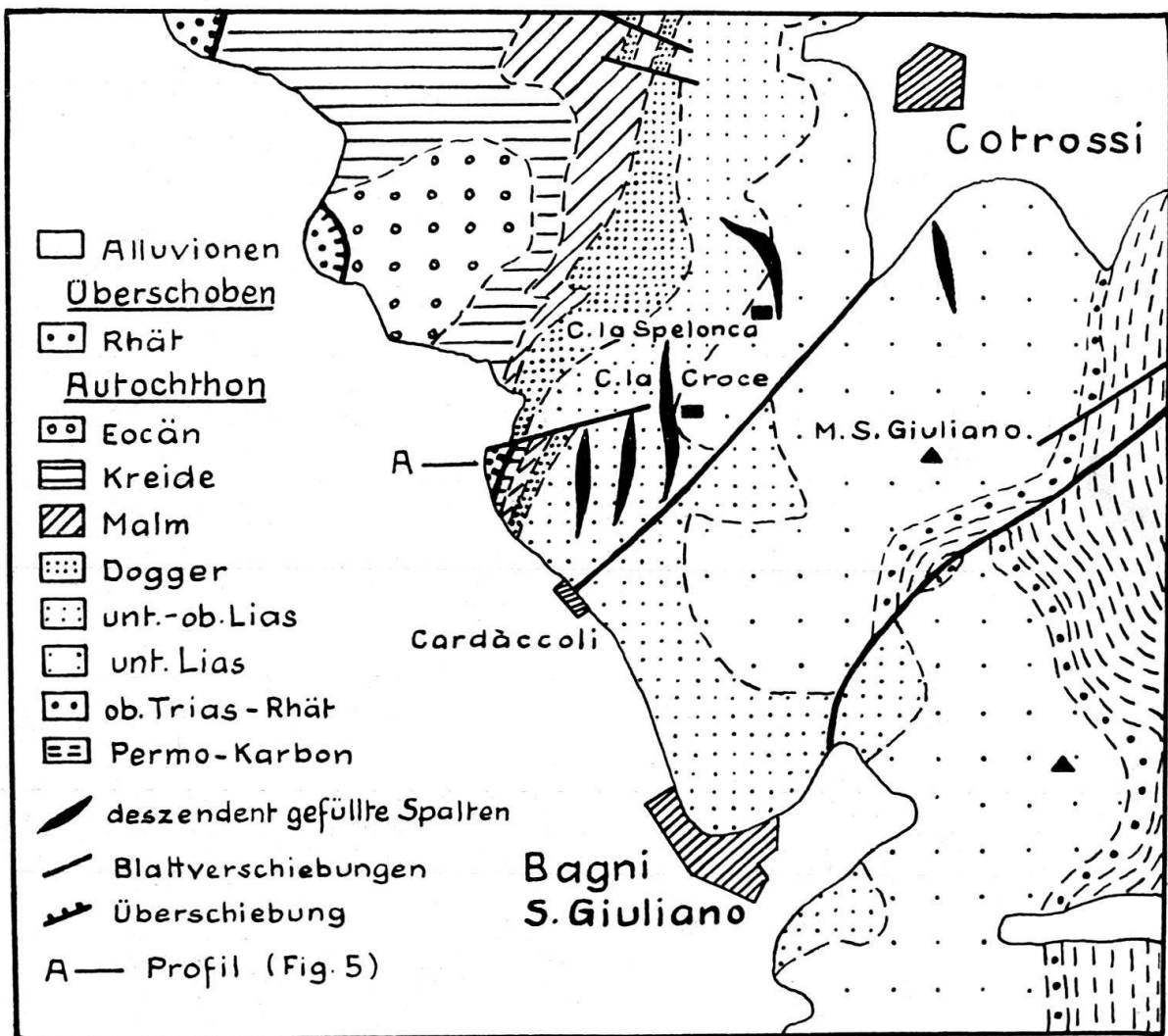


Fig. 1. Geologische Kartenskizze der Gegend von Bagni San Giuliano.

1 : 25000.

Der uns hauptsächlich interessierende, aus Mesozoikum bestehende Westschenkel des Gewölbes weist eine allgemeine Streichrichtung N-S und ein Fallen von 15—55° auf.

Die jüngsten tektonischen Bewegungen äusserten sich in Bruchbildungen und Horizontalverschiebungen. Brüche mit einer Sprunghöhe bis zu mehreren hundert Metern finden sich im N der Berggruppe bei S. Ginese, während eine Zone von Blattverschiebungen in NE-SW-Richtung verläuft und von Bagni S. Giuliano bis ins Val del Guappero zu verfolgen ist. Diese Blattverschiebungen treten im Gelände durch Brekzienbildungen deutlich in Erscheinung, so besonders typisch SE Casa la Croce, wo eine 4 m breite Zone einer solchen tektonischen Brekzie aufgeschlossen ist. Zwei Pässe, die das Guappertal mit der Ebene von Pisa verbinden, sowie das Guappertal selbst, verdanken ihre Entstehung solchen leicht erodierbaren Bruchzonen.



Fig. 2. *Chaotisch durcheinander gemengte Gesteinsblöcke einer Spaltenfüllmasse.*

Kapelle 300 m N Casa la Spelonca.

Im Zusammenhang mit einer solchen Blattverschiebung, die von Cardàccoli (800 m nördlich S. Giuliano) über 1 km weit nach NE beobachtet werden kann und dann S Cotrossi unter den Alluvionen des Guappero verschwindet, treten Spaltenbildungen auf, die mit verfestigtem Blockschutt ausgefüllt sind. Es handelt sich um Risse von linsenförmigem Querschnitt und beträchtlichen Ausmassen; der grösste erstreckt sich über eine Länge von 400 m und weist eine maximale Breite von 15 m auf. Die mittleren Werte schwanken zwischen 100 und 200 m für die Länge und 5 und 10 m für die Breite. Auf der Kartenskizze (Fig. 1) ist die Lage derjenigen Spalten dargestellt, die im Gebiet von S. Giuliano festgestellt wurden. Erscheinungen ähnlicher Art konnten am Südhang des Monte Moriglion di Penna und an der Nordostseite des Monte delle Croci beobachtet werden.

Die Füllmasse der Spalten besteht aus chaotisch durcheinander gemengten eckigen Gesteinsbruchstücken, die zu einer oft löcherig verwitternden Brekzie verfestigt sind (Fig. 2). Die Hauptbestandteile dieser Brekzie bestehen aus Blöcken

von kavernösem Rhaetkalk, die Grössen bis zu 1 m Durchmesser erreichen. Als sehr untergeordnete Komponenten finden sich weisser Riffkalk (*calcare ceroide*), grauer Kalk (*calcare a straterelli*), Kieselschiefer, Kalkschiefer und helle Kalke (*maiolica*).

Die Spalten sind besonders in den gutgebankten Hornsteinkalken des Lias der autochthonen Serie ausgebildet. Die Risse treten hier oft dadurch augenfällig in Erscheinung, dass das waldbedeckte Gelände mit zahlreichen Blöcken von kavernösem Rhaetkalk übersät ist, oder dass die Brekzie der Füllmasse mauerartig herausgewittert ist (besonders typisch W und NW Casa la Croce). Gute Aufschlüsse bietet ein Strässchen, das nördlich von S. Giuliano nach Casa la Croce führt und drei Spalten in den Straterellikalken anschneidet. Auch im weissen massigen Riffkalk finden sich die Spalten, erscheinen aber hier weniger auffallend als in den gutgebankten Kalken. In den Posidonomyenschiefern verlieren sich die Risse und keilen meist rasch aus.

Da wir die Spaltenfüllmasse im Niveau des Lias der autochthonen Serie beobachten und Gesteine darin finden, die nur in stratigraphisch höhern Horizonten vorkommen (Kieselschiefer und Radiolarit des Malm, Kalkschiefer der Kreide der autochthonen Serie, Majolika der Kreide der überschobenen Serie), so ist daraus zu schliessen, dass diese Gesteine von oben her in die klaffenden Risse hineingefallen sein müssen, dass also die Spalten deszendend ausgefüllt sind.

An die Spalten ist oft hydrothermale Tätigkeit geknüpft. So kann häufig, besonders an den Rändern, eine Zersetzung der Füllmasse und der Straterellikalke zu weissem Gesteinspulver beobachtet werden; hie und da ist es in diesen Zonen zur Auskristallisierung kleiner Pyritwürfel gekommen. Mineralisation von Hämatit und Quarz in den Straterellikalken erfolgte an verschiedenen Stellen längs des Strässchens, besonders aber nördlich Casa la Croce am auskeilenden Ende einer solchen Spalte<sup>2)</sup>. Es ist daher anzunehmen, dass diese Spalten bis in grössere Tiefen reichen, wahrscheinlich bis ins Paläozoikum, wo sie in den Schiefern auskeilen. Sie bildeten dort Sammelstellen für hydrothermale Lösungen. Spuren hydrothermalen Tätigkeit sind ja im Permo-Karbon der Toskana weit verbreitet. Als günstige Wegbahnen für die aufsteigenden Lösungen dienten dann die Spalten und besonders die Kontaktstellen zwischen der Brekzie der Spaltenfüllmasse und den festen Spaltenwänden.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, wurde die Gesteinsserie in drei Schollen zerlegt, die längs NE-SW verlaufenden Blattverschiebungen gegeneinander verstellt wurden. Die Verschiebung erfolgte staffelweise nach SW und zwar so, dass das nordwestlichste Schichtpaket am weitesten gegen SW geschoben wurde. Dieses Schichtpaket, in dem die Spaltenbildungen hauptsächlich auftreten, ist gegenüber dem südöstlichsten um rund 650 m verschoben.

Die ganze Anordnung der Spalten weist auf einen mechanischen Zusammenhang mit den nach SW gerichteten Bewegungsvorgängen hin. Die mehr oder weniger parallel gestellten Risse verlaufen in N-S-Richtung und bilden mit der Verschiebungsfläche einen Winkel von ca. 45°. Diese Zusammenhänge seien auf die folgende Weise erklärt:

Es sei ABCD in Fig. 3 eine quadratische Platte, auf die in der Richtung der Pfeile eine Kraft so wirke, dass die Platte in dieser Richtung geschoben werde. Die Seite CD sei durch irgendeinen Widerstand festgehalten. Die Verhaltungsweise der Platte bei dieser Schiebbewegung hängt von den elastischen Eigen-

<sup>2)</sup> Früher in einem kleinen Stollenbetrieb abgebaut.

schaften ihres Materials ab. Zuerst wird sie sich elastisch verformen und die Lage A'B'CD erreichen. AB legt den grössten Weg zurück, während CD infolge des Widerstandes an seiner Stelle bleibt. Die Diagonale AD in der Ausgangslage ist grösser als die Diagonale A'D nach der Verformung. Es ist also eine Verkürzung eingetreten; in der Richtung A'D herrscht daher Kompression. Bei der andern Diagonale ist das Gegenteil der Fall. Hier ist BC kleiner als B'C, es erfolgte also durch die Verformung eine Dehnung in der Richtung B'C, in der daher Zug herrscht. Sobald die Zugspannungen in dieser Richtung die Festigkeit des Materials überschreiten, tritt Rissbildung auf und zwar so, dass das Streichen der klaffenden Risse senkrecht zur Richtung grösster Zerrung, d. h. zu B'C zu liegen kommt.

Gleichzeitig treten parallel zu CD Scherspannungen auf (Fig. 3a), die nach Überschreiten der Scherfestigkeit zur Ausbildung von Blattverschiebungen führen, wodurch die Spannungen ausgelöst werden (Fig. 3b).

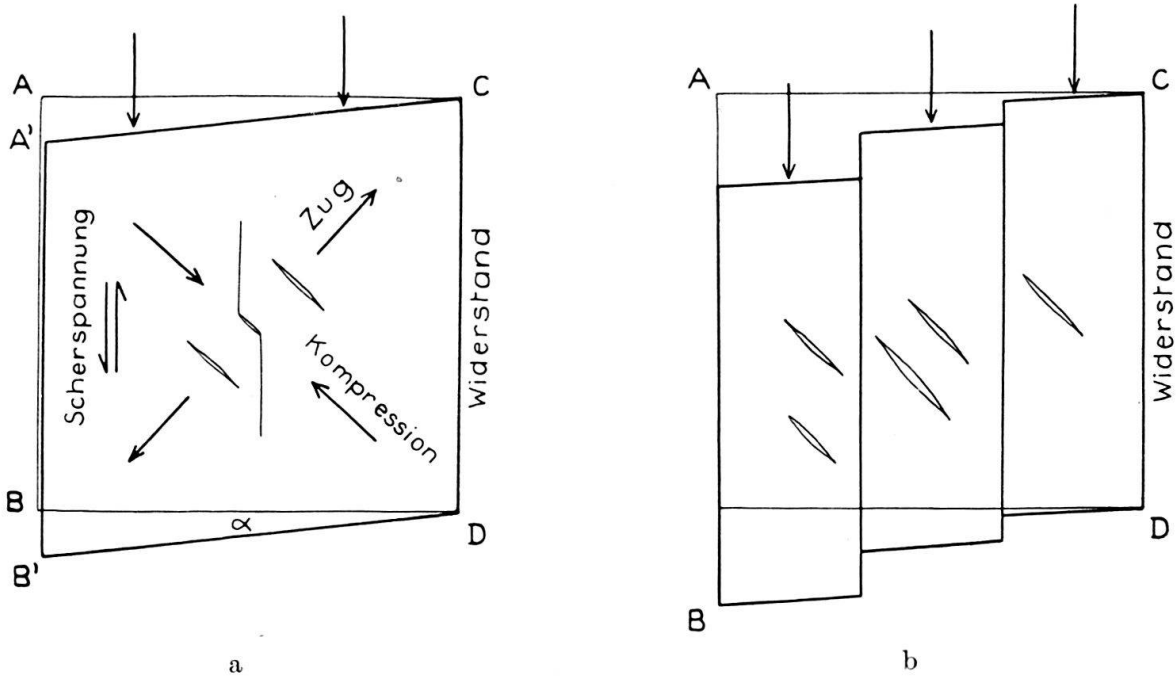


Fig. 3. a) Platte vor dem Überschreiten der Scherfestigkeitsgrenze.  
 b) Platte nach dem Überschreiten der Scherfestigkeitsgrenze.

Auf Grund mechanischer Überlegungen ist es wahrscheinlich, dass die Zugspannungen um ein wenig früher als die Scherspannungen die Festigkeitsgrenze überschreiten<sup>3)</sup>. Danach wäre die Geschichte der tektonischen Ereignisse folgende:

<sup>3)</sup> Die Grösse des Zuges ist bei geringer Verformung proportional zur Verlängerung, also  $z = k (B'C - BC)$ , worin  $z =$  Zugspannung und  $k =$  Proportionalitätsfaktor. Für die Kantenlänge 1 ergibt sich (Fig. 3a):

$$BC = \sqrt{2} \quad ; \quad B'C = \sqrt{2(1 + \sin \alpha)}.$$

Die Grösse der Scherspannung lässt sich mit  $s = \frac{1}{2} \cdot \text{tg } \alpha$  ausdrücken.

Es ist nun  $z$  grösser s d. h.  $\sqrt{2(1 + \sin \alpha)} - \sqrt{2} > \frac{\text{tg } \alpha}{2}$  bei den in Frage kommenden Werten von  $\alpha$ .

Zuerst bildeten sich einige kleine Risse senkrecht zur Diagonale B'C. Durch sie wurden die Zugspannungen lokal ausgelöst; die Scherspannungen hingegen blieben an den Enden dieser Risse vorerst erhalten, führten aber, infolge der vorangegangenen Schwächung durch die Rissbildung, schon bei einer geringen Steigerung zum Bruch und zur Scherung parallel CD. Dabei wurde das Gestein in der nähern Umgebung solcher Risse stark zerrieben und zu einer tektonischen Brekzie umgeformt, was auch längs den Blattverschiebungen des untersuchten Gebietes immer wieder beobachtet werden kann. Natürlich entschied die Reibung an der Basis der bewegten Scholle darüber, ob und wo es zur Bruch- und Scherbildung kam. Die schiebende Kraft wirkte auch nach der Anlage der Risse und Scherungen weiter und führte sowohl zur Vergrößerung der Blattverschiebungen als auch zur Erweiterung und Verlängerung der Zerrklüfte.

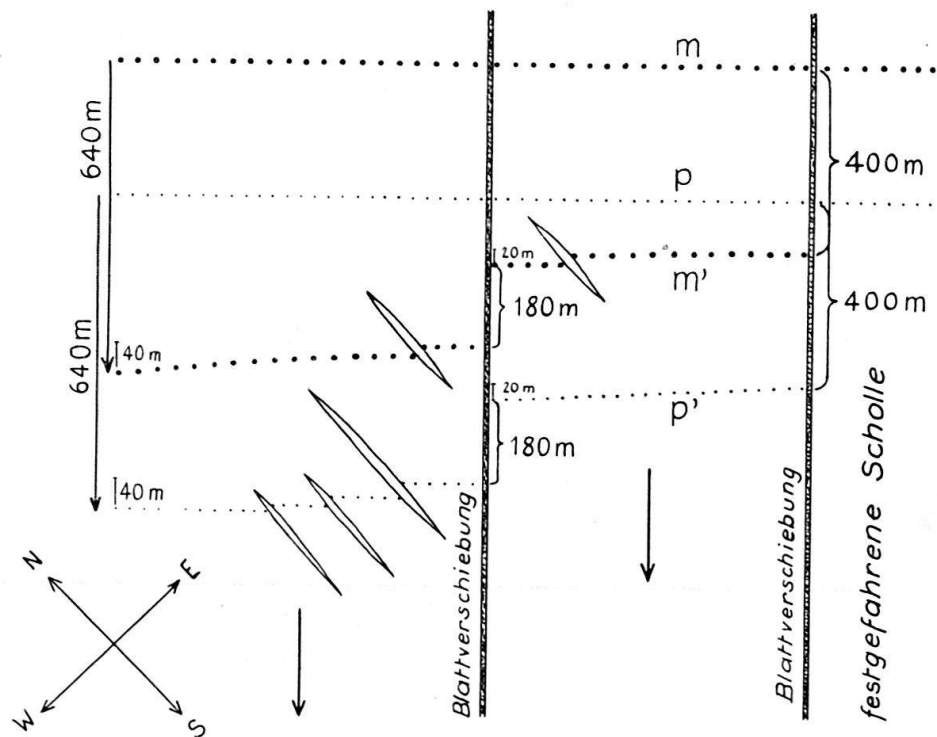


Fig. 4. Schematische Darstellung der verschobenen Schollen N von Bagni San Giuliano.

In Fig. 4 wurden die für unser Beispiel beobachteten Verhältnisse schematisch dargestellt, indem die genauen Verschiebungsbeträge eingetragen wurden. Durch zwei Punktreihen m und p, die ihre Endlagen m' und p' erreichen, wurde der Bewegungsvorgang nochmals sichtbar gemacht. Alles weitere ist aus der Zeichnung ersichtlich.

Selbstverständlich können wir bei der Inhomogenität des Gesteinsmaterials keine absolute Regelmässigkeit der Anordnung und Ausbildung dieser Risse erwarten.

Die beschriebenen Spaltenbildungen gestatten zwei Folgerungen, die für die Geologie des Monte Pisano von Wichtigkeit sind:

1. Wir haben gesehen, dass die Ausfüllung der Risse deszendenter sein muss, da Gesteinsbruchstücke darin eingeschlossen sind, die nur im Hangenden der Lias-

kalke der autochthonen Serie vorkommen. Kavernöse Kalke, die dem Rhaet zuzuordnen sind, bilden die Hauptkomponenten dieser Brekzie; auch sie müssen von oben hineingefallen sein. Rhaet im Hangenden des Lias kann aber nur der überschobenen Serie angehören; diese muss also vor der Erosion das Gebiet von Cotrossi-Bagni-S. Giuliano, in dem diese Spalten hauptsächlich auftreten, bedeckt haben. Siehe Fig. 5.

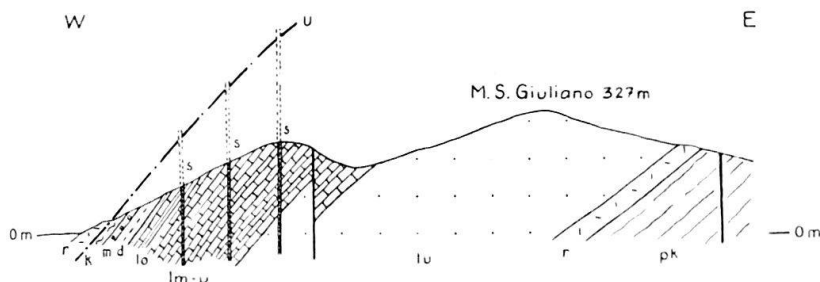


Fig. 5. Geologisches Profil durch den Monte San Giuliano.

1 : 25000.

Autochthone Serie: pk = Permo-Karbon, r = Rhaet, lu = unt. Lias, lm—u = mittl.—unt. Lias, lo = ob. Lias, d = Dogger, m = Malm, k = Kreide.

Überschobene Serie: r = Rhaet.

Ü = Überschiebung, s = Spalten.

2. Die Spaltenbildungen sind mechanisch an eine horizontale Verschiebung gebunden. Da die Füllmasse der Spalten Komponenten von Rhaetkalk der überschobenen Serie enthält, muss diese Blattverschiebung jünger als die Überschiebung sein, d. h. die Bruch- und Verschiebungszone, die längs dem Val del Guappero verläuft und SW bis nach S. Giuliano zu verfolgen ist, gehört zu den jüngsten tektonischen Bewegungen im Monte Pisano.

Manuskript eingegangen den 2. September 1943.

