

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 58 (1965)
Heft: 1

Artikel: Ein kinematisches Modell der Jurafaltung
Autor: Laubscher, Hans P.
Kapitel: Einleitung
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-163266>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.12.2024

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

EINLEITUNG

Die vorliegende Arbeit ist zu einem guten Teil motiviert durch den Wunsch, die Implikationen eines schwierigen feldgeologischen Problems möglichst klar und scharf herauszuarbeiten, des Problems der Tektonik der Freiberge, mit deren Neukartierung der Schreiber seit einigen Jahren beschäftigt ist. Diese Implikationen sind weit verzweigt, sie durchflechten die lokale Tektonik wie die des gesamten Juras und darüber hinaus die prinzipiellen Aspekte der geometrischen und kinematischen Tektonik. Die Arbeit ist im Verlauf der Untersuchungen derart weit über das lokale Problem hinausgewachsen, dass die Motivierung kaum mehr erkennbar ist. Sie hat aber, fast nebenbei, ihren ursprünglichen Zweck erfüllt und bei den jüngsten Kartierungen des Schreibenden eine durchaus praktische, nützliche Rolle gespielt.

Selbstverständlich stützen sich diese Untersuchungen immer wieder auf die bisherigen Arbeiten des Autors über die Juratektonik (LAUBSCHER 1961, 1962; in der Folge als «Fernschubhypothese» und «Zweiphasenhypothese» zitiert); sie bieten Gelegenheit zu ihrer Erweiterung und Vertiefung, aber auch zu mannigfachen Korrekturen.

Der Titel enthält drei Begriffe, zwei allgemeine – kinematisch und Modell – und einen speziellen – Jurafaltung. Entsprechend setzt sich auch die Arbeit selbst zusammen aus allgemeinen Überlegungen, die für irgendwelche tektonische Vorgänge gelten, und ihre spezielle Anwendung und Durchführung für das Problem der Jurafaltung. Dieses letztere, konkrete Problem möge zu einer ersten Erläuterung unseres Anliegens dienen.

Der Jura ist wohl das am besten erforschte und erforschbare Faltengebirge. Er ist einfach gebaut und leicht zugänglich. Seine Erforschung ist schon seit über hundert Jahren im Gang. Schon frühzeitig haben Eisenbahntunnel Einblick gewährt in das Innere seiner Falten. Der Jura wird daher oft als niedliches Modell eines Faltengebirges angesehen. Juraprofile, wie etwa jene durch die Klusen von Moutier oder durch den Grenchenberg, oder tektonische Kartenskizzen wie die von Albert HEIM zur Erläuterung der Rolle der Querbrüche, finden sich in vielen namhaften Lehrbüchern.

Was aber verlangt man eigentlich von einem Modell? Doch dass seine Eigenschaften von Grund auf verstanden sind, dass sie in ihrem kausalen, rationalen Zusammenhang durchschaut sind. Ist man beim Jura so weit?

Als vor fünfzig Jahren der Grenchenbergtunnel gebaut wurde, da zeigten sich Komplikationen einer Art, an die man vorher nicht gedacht hatte, und die auch heute noch schlecht verstanden sind. Und als im vergangenen Jahrzehnt die Ölbohrungen von Lons-le-Saunier, in Savoyen und im zentralen Hochjura abgeteuft wurden, folgte eine Überraschung der andern. Ganz offensichtlich haben noch so minutiöse Feldaufnahmen an sich nicht genügt, um die Tektonik des Faltenjuras durchschaubar zu machen. Es bedarf zusätzlicher, systematisierender, ordnender, theoretischer Erwägungen, um die Komplikationen des Juras verstehen und die Verhältnisse im Innern der Ketten auch nur einigermaßen voraussagen zu können. Es bedarf einer Vorstellung, eines Modelles der Entstehungsweise der Jurafalten. Dieses zu schaffen ist Aufgabe der Kinematik.

Statt den Jura als einfaches Modell eines Faltengebirges darzustellen, muss man also zuerst versuchen, umgekehrt ein Modell für den Jura aufzubauen: also ein simples Schema zu entwerfen, das rational durchschaubar und manipulierbar ist, das die wesentlichsten Züge des Juragebirges enthält ohne die verwirrenden Komplikationen im Detail, das überdies je nach dem Stand des Wissens verfeinert, modifiziert, revidiert werden kann.

Allerdings ist die Konstruktion eines kinematischen Modelles nicht gefahrlos. Es ist heutzutage eine Binsenwahrheit, dass die Vorgänge in der unkontrollierten Natur von unerschöpflicher Kompliziertheit sind; dass man infolgedessen versucht ist, sie durch ein einfaches «Modell» zu ersetzen, um sie zu «verstehen»; dass man dann oft bestenfalls seine eigene Konstruktion, nicht aber die Natur versteht, besonders, wenn das Modell von seinem Vorbild allzusehr abweicht. Es ist aber eine ebensolche Binsenwahrheit, dass es kein rationales Verstehen gibt als das über ein durchschaubares, überblickbares Modell; dass die Konstruktion eines solchen Modelles ein notwendiges Wagnis ist; dass es etwas Dynamisches sein muss, an dessen Um- und Weitergestaltung man unverdrossen arbeiten soll, und zwar quantitativ durch wiederholte Angleichung des Modells an neue Messdaten.

Bevor man die Konstruktion des Modells in Angriff nehmen kann, muss man sich über das Spektrum der Möglichkeiten orientieren, die überhaupt einem kinematischen System zur Verfügung stehen. Sodann hat man zu entscheiden, welcher Spektralbereich dem Jura angemessen ist. Diese Entscheidung ist vorläufig, ein Versuch, gegründet auf die unvollständige empirische Kenntnis der Jurageologie, die der Konstrukteur mitbringt. Sie wird erleichtert durch den bekannten Trick des «Bestimmungsschlüssels», wie man ihn gewöhnlich von der Botanik her kennt, und der nichts anderes ist als eine Anleitung, wie man sich in der ungeheuren Vielfalt der natürlichen Gegebenheiten am rationellsten zurechtfindet. Zugleich erkennt man bei diesem Vorgehen, indem man ständig zwischen Alternativen abzuwägen hat, die Eigenart des gesuchten Objekts (in unserem Fall des Juras) gegenüber ändern, und zudem erwirbt man sich einen Schatz von Vorstellungen, welche die Bestimmung anderer Objekte erleichtern und die Zusammenhänge und Verzweigungen des natürlichen Systems bewusst werden lassen.

Damit ist schon allerhand darüber gesagt, was wir uns unter einem kinematischen Modell vorstellen möchten. Aber was genau verstehen wir denn unter «kinematisch»? In der Physik bedeutet Kinematik die Beschreibung der Ortskoordinaten eines bewegten Massenpunkts als Funktion der Zeit. In der Geologie ist die Lage komplizierter und etwas verworren. Dem physikalischen Begriff entsprechend sollte die kinematische Tektonik die Ortskoordinaten eines jeden Massenpunkts in einem sich verformenden Gesteinskomplex als Funktion der Zeit beschreiben. Das ist zuviel verlangt. Was in Lehrbüchern der Tektonik als Kinematik geboten wird, ist denn auch ein matter Abglanz dessen, was man in der Mechanik darunter versteht.

Eine exakte Anwendung des physikalischen Begriffes der Kinematik auf tektonische Systeme ist offensichtlich unmöglich. Und doch möchten wir diesen Begriff möglichst hochhalten: vielleicht lassen sich tektonische Prozesse wenigstens näherungsweise kinematisch bewältigen. Und damit steht man wiederum vor der Forderung nach einem vereinfachenden Modell.

Kinematische Beschreibung wird erst nützlich, wenn sie quantitativ ist, ob analytisch oder graphisch. Dazu aber bedarf man einer «Vorzeichnung», eines Bezugssystems, dessen Lage vor und nach dem Deformationsvorgang genau bekannt ist, so dass die Bewegung aus der Differenz der Lagen korrespondierender Punkte gemessen werden kann. Im Idealfall lässt sich eine solche Bewegung in unendlich viele unendlich kleine Schritte zerlegen, so dass die Deformation des Bezugssystems kontinuierlich verfolgt werden kann. Dieser Idealfall lässt sich bei Experimenten nahezu verwirklichen. In der Geologie aber liegt meist nur das Endprodukt der Deformation in Form einer tektonischen Struktur vor, sie enthält in Glücksfällen geometrische Elemente, deren Lage vor der Deformation bekannt oder rekonstruierbar ist. In einigen dieser Vorzeichnungen ist möglicherweise sogar das Produkt einer früheren Deformation erkennbar. Der Bewegungsvorgang lässt sich so bestenfalls in eine beschränkte Anzahl Phasen unterteilen. Häufig ist die praedeformative Lage geometrischer Elemente nur mit grosser Unsicherheit bekannt; dazu gehören die meisten Raumdaten in metamorphen Gesteinen.

Verwendbare Bezugssysteme gibt es viele, doch sind nicht alle gleich exakt und vertrauenswürdig. So ist z. B. die Rekonstruktion von Kontinentalverschiebungen mit Hilfe von Bezugssystemen wie Klimagürteln oder palaeomagnetischen Pollagen eine mit vielen unsicheren Hypothesen belastete Angelegenheit, während die Ausglättung eines bei der Jurafaltung deformierten, korrelierbaren stratigraphischen Horizontes wenig Problematisches an sich hat. Dass er bei der Ablagerung ungefähr flach gelegen hat, ist sicher; ob freilich die Horizontaldistanz zweier Punkte, nach der Ausglättung, der Distanz bei der Ablagerung entspricht, muss noch besonders untersucht werden. Soll dies der Fall sein, so darf die Schicht nicht in diffuser Weise, «plastisch», verformt sein. Dafür gibt es verschiedene Kriterien. Im einzelnen erteilt Auskunft über diese Möglichkeit das Verhalten der internen Strukturelemente der fraglichen Schicht, z. B. der Ooide. Wenn diese ihre ursprüngliche rein stratigraphische Form und Lage gegenüber den Schichtflächen bewahrt haben, so erhält man durch Ausglättung der deformierten Schicht auch eine Rekonstruktion der ursprünglichen Horizontaldistanzen. Das ist im Jura der Fall. Man ist in der glücklichen Lage, ein ausgezeichnetes Bezugssystem quantitativ kinematisch auswerten zu können. Demgegenüber sind reine Richtungsbestimmungen wie die von Kleinfaltenachsen oder von Klüftrosen von zweitrangiger Bedeutung, denn diese Grössen geben keine Auskunft über Bewegungsbeträge, sie können die kinematische Rekonstruktion nie gewährleisten, wiewohl sie für die Verfeinerung des anderweitig gewonnenen Bewegungsbildes willkommen sind.

Ein kinematisches Modell der Jurafaltung soll also eine quantitative Beschreibung des Weges leisten – in stark schematisierter Form –, den jeder Punkt des Juras im Verlaufe der Faltung zurückgelegt hat, und der Gesetze, durch die die Bahnkurven der einzelnen Punkte miteinander verbunden sind.

Eine erste konkrete Ausgestaltung des vorgeschlagenen Modells wurde versuchsweise für zwei wichtige Abschnitte des Faltenjuras vorgenommen (Fig. 1). In einigem Detail wurde der Rheintalische Jura ausgemessen und analysiert, d. h. der Abschnitt, der etwa vom Bielersee und der westlichen Ajoie im Westen, vom Ostrand des Laufenbeckens und dem Weissenstein im Osten begrenzt wird. Dieser Abschnitt ist dank tief eingeschnittenen Klusen und durch Eisenbahntunnel relativ

gut aufgeschlossen. Er ist dem Schreibenden am besten bekannt, und die Abklärung der Tektonik am Westrand des Delsberger Beckens und in den Freibergen ist ihm seit langem ein besonderes Anliegen. Mit viel geringerem Detail und mässigem Anspruch an quantitative Genauigkeit wurde sodann das Gebiet des zentralen Hochjuras untersucht, und zwar erstens, weil die Gegend zwischen den grossen Querstörungen von Vallorbe-Pontarlier, Morez-les Rousses und Mont Vuache verschiedene Deutungen erfahren hat, die unserem Modell zuwiderlaufen; zweitens,

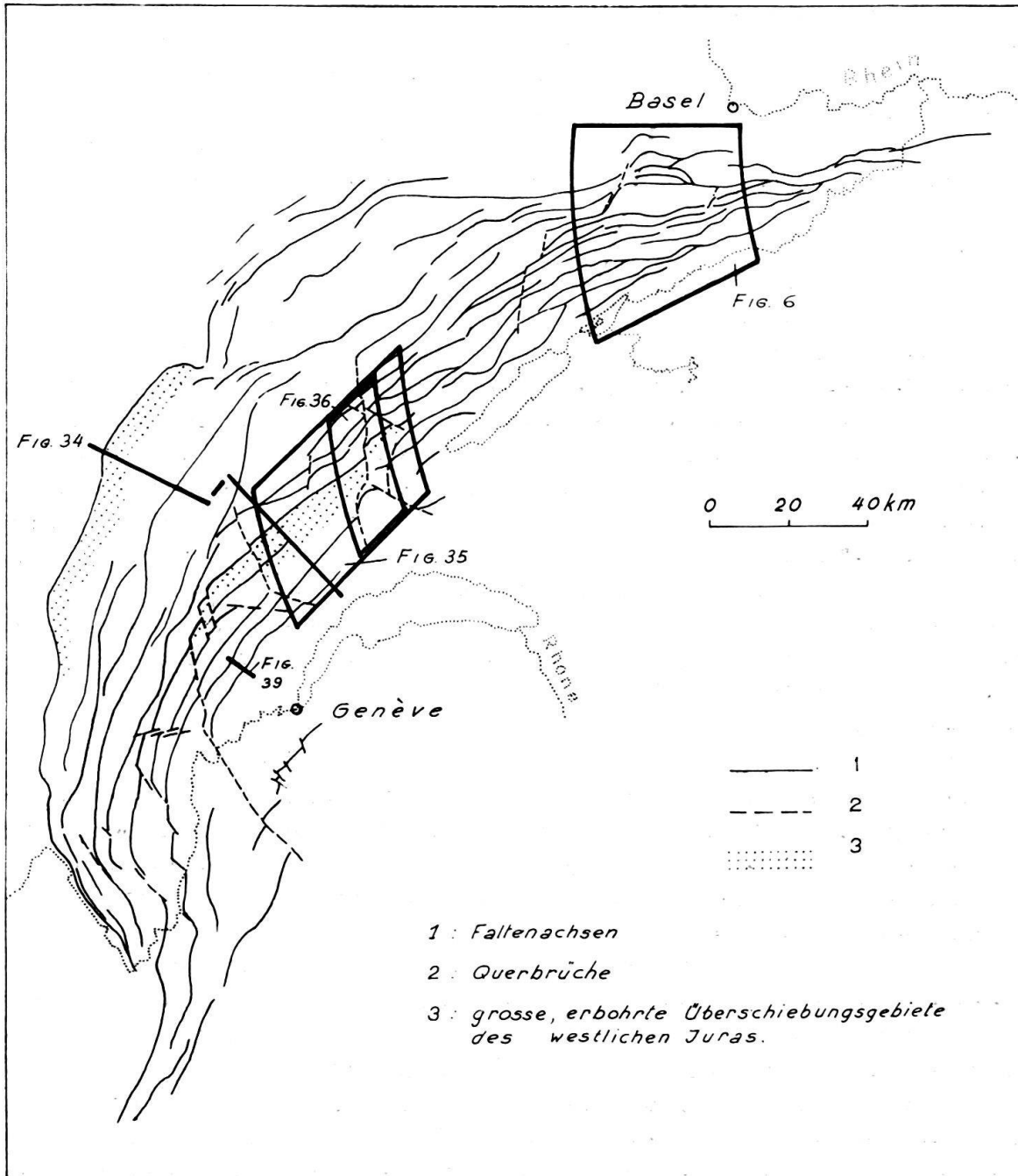


Fig. 1. Vereinfachte tektonische Skizze des Juras mit der Lage der Figuren 6, 34, 35, 36, 39, 40. Die Figur soll nur der Orientierung dienen und nicht die kinematischen Verhältnisse richtig wiedergeben.

weil die eben erst abgeteufte Bohrung Risoux I ganz neue Einblicke in den Bau jener Gegend gestattet hat, welche eine Neuinterpretierung – wie der Schreiber glaubt, im Sinne seines Modells – nahelegen; drittens, weil auf Grund dieser neuen Erkenntnisse nun versucht werden kann, ein Gesamtprofil durch den ganzen zentralen Jura mit einigem Anspruch auf Genauigkeit zu zeichnen und die dabei festgestellte Gesamtverkürzung mit den Erfordernissen des Modells zu vergleichen, und endlich viertens, weil die genannten grossen Querstörungen durch das kinematische Modell eine besondere Bedeutung für die Jurafaltung erlangen. Schliesslich muss noch vorausgeschickt werden, dass zwar ständig von *einem* Modell die Rede ist, dass aber in diesem einen Modell eine ganze Reihe von Modifikationen eingeschlossen sind, dass also eigentlich eine ganze Familie von allerdings sehr nahe verwandten Modellen gemeint ist.

A. Allgemeines zur Kinematik geologischer Systeme und die Abgrenzung der speziellen Kinematik der Jurafaltung

I. Vorbemerkungen

Fig. 2 erläutert, wie aus dem gesamten Bereich der kinematischen Möglichkeiten durch sukzessive Unterteilung in alternative Unterbereiche, in denen die spezielle Kinematik des Juras im wesentlichen zu finden ist oder nicht, schliesslich ein Gebiet ausserordentlich beschränkten Umfangs abgegrenzt wird. Die darin enthaltenen beschränkten kinematischen Möglichkeiten sind bei der Jurafaltung im wesentlichen verwirklicht. «Im wesentlichen» will dabei heissen, dass nach dem heutigen Wissen des Schreibenden von den andern Möglichkeiten nur in einem Umfang Gebrauch gemacht ist, der in erster Näherung quantitativ vernachlässigt werden darf.

Im folgenden seien zunächst einige allgemeine Vorstellungen aus dem Gebiet der Kinematik eingeführt und dann die auf Fig. 2 skizzierten Alternativen diskutiert.

II. Quellen und Senken

Die tektonische Kinematik befasst sich mit den geometrischen Problemen des Materialtransports, der Umlagerung der Gesteine, welche die heute beobacht- und messbaren tektonischen Gebilde erzeugt haben. Sie ist eine theoretische Wissenschaft, weil die meisten dieser Bewegungsvorgänge nie direkt beobachtet werden können und infolgedessen durch Bearbeitung von feldgeologischen Messungen (gegebenenfalls kombiniert mit solchen an orientierten Handstücken) mit Hilfe allgemeiner Überlegungen gefolgert werden müssen. Sie ist die erste Stufe, die bei der Meisterung tektonischer Probleme erklommen werden muss. Die zweite, höhere und schwerer zu bezwingende Stufe wäre die der Dynamik, also der Fragen des Energiehaushaltes und der Kräftegleichgewichte, welche bei diesen Bewegungsvorgängen im Spiele sind.

Die dynamischen Probleme sind ungleich viel schwieriger – das heisst allerdings leider nicht, dass die kinematischen besonders einfach wären. Denn bekanntlich ist die Geometrie der geologischen Körper und Teilkörper im allgemeinen äusserst kompliziert, und sie erst noch in eine zeitliche Folge von Bewegungen aufzulösen,