

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Band: 58 (1965)
Heft: 1

Artikel: Ein kinematisches Modell der Jurafaltung
Kapitel: Abstract = Zusammenfassung
Autor: Laubscher, Hans P.
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: 06.10.2024

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

3. Erläuterungen zu Fig. 36: Die Kinematik des Querbruchsystems von La Sarraz-Vallorbe-Pontarlier nach dem modifizierten Modell II	304
4. Erläuterungen zu Fig. 40: Versuchsweise Entwicklung eines stark vereinfachten Faltenjuras nach dem Modell II	308
Schlussbemerkungen	314
Literaturverzeichnis	316

ABSTRACT

Structural relations between different parts of the Jura mountains are clarified by constructing a quantitative kinematic model. At first this will have a tentative form incorporating only the most salient features of its counterpart in nature; later on, it will have to be adapted to newer and more detailed data as they become available. Its properties must be defined precisely in order to ensure unique consequences from given premises.

A first tentative model is proposed with the following properties:

1. It is a kinematically closed system (no material transport across the defined boundaries).
2. Movements follow discrete surfaces («plastic» or diffuse deformation negligible in a first approximation).
3. Tectonic denudation (source area) and tectonic accumulation (sink area; belts of compression: anticlines, overthrusts) occur in separate areas.
4. Movements are essentially two-dimensional (as a consequence of the nearly plane surface of decollement).

Such a model is a mosaic of two-dimensional blocks, i.e. planimetric figures. If one of these is moved by plane rotation or translation or a combination of both the different parts of its boundary (which is always closed!) assume different roles:

- a) The frontal part is pushed over the «foreland», the width of marginal overlap equalling the amount of transport and quantitatively representing the compression as measured in the anticlines.
- b) The lateral segments behave as wrench faults with a strikeslip movement equal to the width of frontal overlap (for translations; for rotations, this holds true only on a given circle around the center of rotation). If the direction of these segments does not coincide with the direction of movement, the wrench faults are accompanied by marginal overlaps or gaps, as the case may be.
- c) The rearward segments move away from the surrounding blocks, leaving a gap (tectonic denudation) whose area equals that of the frontal overlap. The total area of all overlaps equals the total area of all gaps.

It follows that wrench faults invariably are integral parts of the closed boundary of moving blocks which implies that they are the continuation of compressional features, such as anticlines, their strike-slip equalling the amount of compression in the anticlines. Conversely, all anticlines continue into wrench faults.

These conditions considerably restrict the freedom of movements. Further restrictions may be postulated as very approximately valid in subdomains of the Jura:

- I. For the area northeast of lake Neuchâtel ('eastern Jura') the only movements are clockwise rotations around the eastern tip of the Jura mountains (for a total of approximately 8°). Block boundaries changed as the structures developed, particularly in the Jura mountains proper, whereas the Molasse basin to the south seems to have been more or less common to all rotating blocks.
- II. To the west of this subdomain, divergent northwesterly translations, or counterclockwise rotations, are superposed on the clockwise rotation. In this subdomain, too, block boundaries changed as the mountains developed, but while the clockwise rotations seem to have affected the Molasse basin more or less as a rigid entity, the divergent translations appear to dissect it.

The measurements required for quantitative transfer of structural elements into the model may be made on maps and cross-sections; however, most cross-sections require modifications on the basis of new principles of interpolation between observed data. These principles are:

1. Amounts of compression do not vary at random along a given anticline (principle of lateral projection); and particularly:
2. In a fold with negligible plastic deformation, the volume squeezed out below a given stratigraphic horizon of reference (measured as an area on cross-sections), divided by the normal stratigraphic interval between this horizon and the surface of decollement, must be equal to the amount of compression determined curvimentrically for the same horizon: principle of concordance between volumetry and curvimentry.

Observance of these principles permits the development of a fairly detailed model of that complex part of the eastern Jura situated to the south of the Rheintalgraben ('Rheintalischer Jura'). This reveals that Jura structures generally are much more complex than commonly represented. In particular, synclines as shown on published profiles usually are much too shallow (Franches Montagnes) and major anticlines in most cases contain large hidden overthrusts (e.g. Chasseral, Plateau de Bourrignon).

Subdivision of structural development into a sequence of phases may be attempted where younger block boundaries have acted as wrench faults displacing inactivated older ones. A first model proposing such a sequence is constructed for that part of the central Jura which surrounds the famous La Sarraz-Vallorbe-Pontarlier-zone of cross-faults. Here, at least seven consecutively active boundaries may be recognized which, as cross-faults, disrupt older structures and are, in turn, dissected by younger ones. Most of the younger boundaries combine southwest of the Vallorbe-Pontarlier-zone to build up the major Mont Tendre anticline.

Seismic exploration and deep drilling on the peculiar Risoux anticline northwest of Mont Tendre have brought to light a hitherto unknown large overthrust, which for this anticline proves a concordant (volumetrically as well as curvimentrically determined) compression on the order of 10 kilometers. Total shortening of the sedimentary cover for this section of the Jura amounts to 25–30 km, in excellent agreement with the predictions of the rotational model (29 km for 8°). However, strict application of this model leads to difficulties: consecutive rotation of the different blocks in this area produces large artificial overlaps along the cross-faults as these are far from parallel to the direction of rotation, whereas corresponding anticlines or overthrusts are not observed in nature. Consequently, the model is to be modified to eliminate these undesirable overlaps. The most plausible way to achieve this is to introduce complementary northwest translations of blocks bounded in the east by left-lateral wrench-faults of the Pontarlier type and by right-lateral wrench-faults of the La Sarraz type, these latter ones branching off the ends of the left-lateral faults. While the left-lateral faults participate in the clockwise rotation, the resulting overlap is simultaneously eliminated by translation along the right-lateral faults. This modified model permits construction of a picture which is amazingly close to nature, particularly if allowance is made for a certain amount of diffuse movement.

With this model as a basis, a first rough picture of the kinematic development of the entire Jura mountains system may be sketched. Most of the rotational blocks of the eastern Jura are bounded in the southwest by the Vuache zone of left-lateral wrench faults. Simultaneously with this rotation, the divergent translations, predominantly to the northwest, along such right-lateral faults as those of Vraconne, La Sarraz, St. Cergue and La Faucille built up the chains of the Faisceau Lédonien and associated structures of the western and southwestern Jura.

The main zone of divergent movements, which is characterized by the well-known system of wrench-faults in the central and western Jura, reflects the change of strike in the Alpine central massifs. The associated wrench faults evidently are a dynamic consequence of this divergence. On the other hand, there is an equally important if less obvious system of wrench-faults which is controlled by the influence of older structural elements which acted as rigid frames or rails for the movements. Dynamically, this second type of wrench faults is due to local boundary conditions.

Among the first active block boundaries or fronts were those of the Risoux and Haut Joux structures. Later on, several fronts combined to build up the Mont Tendre southeast of the Risoux. At the northeastern end of the Mont Tendre, however, most of these fronts cross the older-Risoux and Haut Joux structures in the Vallorbe-Pontarlier-zone of wrench faults, and from there on eastward pass *northwest* of or between them. Simultaneous divergent northwesterly translations added the Ledonian chains to the northwest of Risoux-Haut Joux. Although this picture is composed of no more than some of the most salient features of the Jura system and needs much

further elaboration, it illustrates with sufficient clarity the fact that folding has progressed neither systematically from north to south nor from south to north – an old polemical question – but has expanded in a very complex way.

ZUSAMMENFASSUNG

Um die tektonischen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Punkten des Jura-gebirges abzuklären, ist man gezwungen, ein quantitatives kinematisches Modell zu konstruieren. Dieses muss versuchsweise den wichtigsten messbaren Daten angepasst und später immer wieder modifiziert werden, um immer neueren und feineren Messungen gerecht zu werden. Seine Eigenschaften sind genau zu definieren, damit aus den Prämissen zwingende Folgerungen abgeleitet werden können. Für einen ersten Versuch wird folgendes Modell vorgeschlagen:

1. Es ist kinematisch geschlossen (kein Materialtransport über seine Grenzen hinaus).
2. Die Bewegungen sind an eine beschränkte Anzahl diskreter Flächen gebunden («plastische» Deformation kann i. a. vernachlässigt werden).
3. Tektonische Denudation (die Quellen der Bewegung) und tektonische Ablagerung (die Senken der Bewegung: Auspressungszonen, Antiklinalen) finden in getrennten Bezirken statt (Alpen bzw. Jura, durch Molassebecken getrennt).
4. Die Bewegungen sind im wesentlichen zweidimensional, durch die angenähert ebene Abscherfläche bestimmt: Auspressungen in den Antiklinalen werden quantitativ als flache Überschiebungen wiedergegeben.

Damit wird das Modell zu einem Mosaik zweidimensionaler Schollen, d.h. planimetrischer Figuren. Wird eine solche Figur gegenüber ihrer Umgebung verrückt, durch Translation oder ebene Rotation oder eine Kombination der beiden, so übernehmen die verschiedenen Sektoren ihrer (stets geschlossenen!) Umgrenzung verschiedene tektonische Rollen:

- a) Die frontalen Teile («Bewegungsfronten») werden über die Umgebung hinausgeschoben. Die Breite des Überlappungstreifens entspricht der Grösse der Schollenbewegung und stellt quantitativ die in den Antiklinalen gemessene Verkürzung dar.
- b) Die lateralen Sektoren (ebenfalls zur Bewegungsfront gezählt) verhalten sich wie Transversalverschiebungen, und zwar um so reiner, je besser ihr Streichen mit der Bewegungsrichtung übereinstimmt. Wenn die beiden Richtungen nicht zusammenfallen, treten zusätzlich Überlappungen oder Lücken auf. Die Grösse der Transversalverschiebung ist bei Translationen gleich jener der frontalen Überlappung; bei Rotationen sind diese Grössen nur auf demselben Kreisbogen um das Rotationszentrum gleich. Darum sind Transversalverschiebungen erstens immer Bestandteile einer Bewegungsfront, sie treten immer zusammen mit dem Ende von Antiklinalen, nie isoliert auf, und zweitens ist ihre Grösse gleich jener der Zusammenstauchung der Antiklinalen, die sie begrenzen. Umgekehrt enden alle Antiklinalen an Transversalverschiebungen.
- c) Die rückwärtigen Sektoren entfernen sich von ihrer Umgebung, so dass eine Lücke entsteht (tektonische Denudation). Die Gesamtfläche aller Lücken ist gleich der Gesamtfläche aller Überlappungen.

Das derart eingeschränkte Feld der kinematischen Möglichkeiten lässt sich für Unterbereiche des Juras noch weiter einengen:

- I. Für den Jura östlich des Neuenburgersees (= «östlicher Jura»), führen die Schollen nur Rotationen im Uhrzeigersinn um das Jura-Ostende aus, insgesamt um ca. 8°. Die Schollengrenzen ändern im Verlauf der tektonischen Entwicklung ihre Form, alte werden stillgelegt, neue reissen auf, doch hauptsächlich im Jura selbst, während das Molassebecken allen sukzessiven Rotationsschollen mehr oder weniger gemeinsam ist.
- II. Im westlich davon gelegenen Teil des Juras (= «westlicher Jura») treten zusätzlich divergente Bewegungen auf, nämlich im wesentlichen NW-gerichtete Translationen oder dem Uhrzeigersinn entgegengesetzte Rotationen. Auch hier ändern sich die Schollengrenzen in den verschiedenen Bewegungsphasen, doch nun nicht nur im Jura, sondern auch im Molassebecken.

Die für die quantitative Ausgestaltung des Modelles nötigen Messdaten sind Karten und Profile zu entnehmen, doch erweist sich eine Neukonstruktion der meisten Profile nach neuen Interpolationsprinzipien als unumgänglich. Diese Prinzipien sind:

1. Verkürzungsbeträge in einer und derselben Falte variieren nicht willkürlich von Profil zu Profil (Prinzip der seitlichen Projektion) und besonders:

2. das in einer Falte ausgepresste Volumen (auf den Profilen als Fläche unter einem Bezugshorizont gemessen), dividiert durch die stratigraphische Höhe des Bezugshorizontes über der Abscherfläche, muss gleich der kurvimetrisch bestimmten Verkürzung des Bezugshorizontes sein: Prinzip der kurvimetrisch-volumetrischen Konkordanz.

Befolgung dieser Prinzipien und Einbau der Messdaten ins Modell führen zum Resultat, dass viele Jurafalten wesentlich komplizierter gebaut sein müssen, als gemeinhin angenommen wird. Im besonderen ergibt sich für den Rheintalischen Jura und seine Umgebung u.a., dass die Synklinalen der Freiberge viel tiefer reichen müssen, als dies die veröffentlichten Profile darstellen, und dass sie oft beidseitig von Überschiebungen zugedeckt sein dürften (tektonische Hochfläche, morphologisch wirksam); ähnliche grosse Überschiebungen werden auch für den Chasseral, das Plateau von Bourrignon und viele andere Strukturen gefordert.

Eine Aufteilung des Bewegungsablaufs in eine Folge von Phasen muss ausgehen von Gebieten, wo sich Bewegungsfronten kreuzen. Ein erster Versuch einer solchen Aufteilung wird für den Waadtländer Hochjura vorgeschlagen mit seinen mannigfachen Querbrüchen, besonders im Abschnitt Vallorbe-Pontarlier. Hier lässt sich eine Folge von mindestens 7 Bewegungsfronten herauslesen, wobei die jeweils jüngeren die älteren zerreißen. Die meisten der jüngeren Fronten bauen zusammen den Mont Tendre auf. Dieser findet sein Ende an der Querstörungszone von Vallorbe-Pontarlier und splittert in eine Reihe von Transversalverschiebungen auf, welche die älteren Fronten des Risoux, des Haut Joux und des Laveron verstellen.

Neue Daten der Erdölexploration haben bewiesen, dass auch der Risoux, entgegen weit verbreiteten früheren Annahmen, ein Produkt des jungtertiären horizontalen Zusammenschubes der Sedimentdecke ist. Auch er gehorcht dem Prinzip der volumetrisch-kurvimetrischen Konkordanz. Nach diesem Prinzip beträgt der Zusammenschub von Risoux-Mont Tendre annähernd 20 km; der Gesamtzusammenschub des Juras auf der Höhe von Nyon wird damit 25–30 km, was ausgezeichnet zu den Voraussagen des Rotationsmodelles (29 km für 8°) stimmen würde. Aber die Durchführung dieses Modells ergibt Auspressungen längs der Querbrüche, die nicht vorhanden sind. Die plausibelste Modifikation des Modells, welche diese unerwünschten Auspressungen verschwinden lässt, besteht in der Einführung komplementärer divergenter NW-Translationen: während die linksverschiebenden Querbrüche (Tl) vom Typ Pontarlier dem Rotationsmodell zugeordnet sind, so wird parallel zu den rechts verschiebenden (Tr) vom Typ La Sarraz eine NW-Translation eines westlich an Tl angrenzenden Blockes zugefügt.

Es gelingt so eine recht naturgetreue modellmässige Wiedergabe des genannten Gebietes, allerdings nicht ohne eine gewisse Mithilfe diffuser Bewegungen.

Damit lässt sich auch ein erstes, grobes Bild von der kinematischen Entwicklung des ganzen Juras entwerfen: Die Uhrzeigerrotation des östlichen Juras wird abgebaut vor allem am Transversalverschiebungs-System des Vuache. Der westliche Jura wird gleichzeitig aufgebaut durch NW- bis W-Translationen (oder Rotationen entgegengesetzt dem Uhrzeiger), die sich etwa vom Neuenburgersee an dem östlichen System überlagern und sich hauptsächlich dokumentieren in den Tr der Vraconne, von La Sarraz, St. Cergue, der Faucille. Diese divergenten Bewegungen bauen offenbar gleichzeitig das ledonische Faltenbündel und den südwestlichen Jura auf. Die Zone der hauptsächlichlichen Divergenz, welche charakterisiert ist durch die grossen Transversalverschiebungen des zentralen und westlichen Juras, spiegelt die Änderung im Streichen der alpinen Zentralmassive wider. Die genannten Transversalverschiebungen sind offenbar eine dynamische Folge dieser Divergenz. Demgegenüber steht ein ebenso wichtiges, aber nicht so leicht erkennbares System von Transversalverschiebungen, welches durch Rahmen- oder Schienenwirkung präexistenter Elemente, also durch lokale Randbedingungen oder Zwangskräfte erzeugt wurden.

Mit zu den ältesten Fronten scheinen Risoux und Haut Joux zu gehören. Im Süden daran angelagert folgen die jüngeren Fronten des Mont Tendre, welche im Gebiet von Vallorbe-Pontarlier grossenteils die älteren Fronten diskordant als Querstörungen durchbrechen und sich von hier an gegen Osten *nördlich* an sie anfügen (oder zwischen sie einnisten). Simultan mit dem Mont Tendre-Fronten wird durch die komplementären, divergenten NW-Translationen nordwestlich an Risoux-Haut Joux das ledonische Bündel angelagert. Die Faltung ist also weder systematisch von S nach N fortgeschritten, noch von N nach S rückgeschritten, sie hat sich vielmehr in einer sehr komplexen Weise ausgebreitet, wie sie nur durch sorgfältige Analyse aller Querbrüche im Detail abzuklären ist.