Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 64 (1971)
Heft: 1

Artikel: Das Problem von Rheintalflexur und Tafeljura
Autor: Laubscher, Hans
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-163976

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: 13.07.2025

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

Eclogae geol. Helv.	Vol. 64/1	Seiten 157–162	4 Textfiguren	Basel, April 1971

Das Problem von Rheintalflexur und Tafeljura

Von Hans Laubscher

Geologisches Institut der Universität, Bernoullistrasse 32, 4000 Basel

ABSTRACT

The Rheintal flexure east of Basel is a somewhat exotic feature in the E–W extensional tectonics of the Rheingraben, though it corresponds to the southern end of its eastern marginal fault zone. Elsewhere Rheingraben tectonics is characterized by normal,often antithetic, faults. In contrast, beds along the flexure are often vertical or even overturned, and their relative position in places suggests reverse faulting. Regionally, the occurrence of the flexure is associated with an E–W (at right angles to the Rhine graben) striking, complex zone of faults and flexures, some 40 km wide, which marks the southern end of the graben proper and appears to transfer a large portion of its E–W dilational movement (5 km) into the Bressegraben, some 150 km farther west. Accordingly, this zone ("Belfort–Basel" or "Gate of Burgundy") appears to be a sinistral "transform" fault or fracture zone. Within its domain vertical and horizontal components of the Rheingraben system have locally been separated. Purely vertical movements led to flexures associated with reverse faults, with local compensation of compression by normal faults, similar to the well known model analyzed by Sanford (1959). On the other hand, comparatively small normal faults, characteristically bounding narrow grabens, are typical for a large block east of the flexure (Tabular Jura); they indicate some east-west stretching, without, however, a sizeable overall vertical displacement.

1. Einleitung

Die Rheintalflexur bei Basel erscheint auf den ersten Blick als ein eher exotisches Gebilde im Rahmen des Rheingrabens. Dieser ist ja sonst – und besonders weiter im Norden – durch ausgesprochene E-W-Streckungstektonik charakterisiert (Closs und Plaumann 1968, Illies 1965). Zahlreiche Abschiebungen, namentlich antithetische, bestimmen den tektonischen Stil. Die Aufschlüsse längs der Flexur (s. Fig. 1 nach Buxtorf 1928; vgl. auch Buxtorf 1934), mit stellenweise vertikaler bis überkippter Schichtlage, deuten dagegen eine E-W-Kompression an. Auch Aufschiebungen dürften eine Rolle spielen, selbst wenn sie nicht direkt beobachtbar sind.

Um so rätselhafter erscheint dann wieder die Tatsache, dass die Flexur im Westen wie im Osten von Abschiebungen begleitet ist. In der Tat, die Rheintalflexur entwickelt sich dort, wo die von Streckungsgräben durchsetzte Dinkelberg-Tafeljura-Scholle vom Schwarzwald abbricht. Vermutlich ist diese geographische Verknüpfung nicht zufällig, sondern kausal bedeutsam. Ich möchte im folgenden einige Gedanken entwickeln, die die geometrischen Zusammenhänge in den Rahmen von kinematischen und dynamischen Vorgängen stellen sollen.

Verdankung. Ich danke meinem Mitarbeiter Dr. L. Hauber für Mithilfe bei der Bereinigung des Manuskriptes.

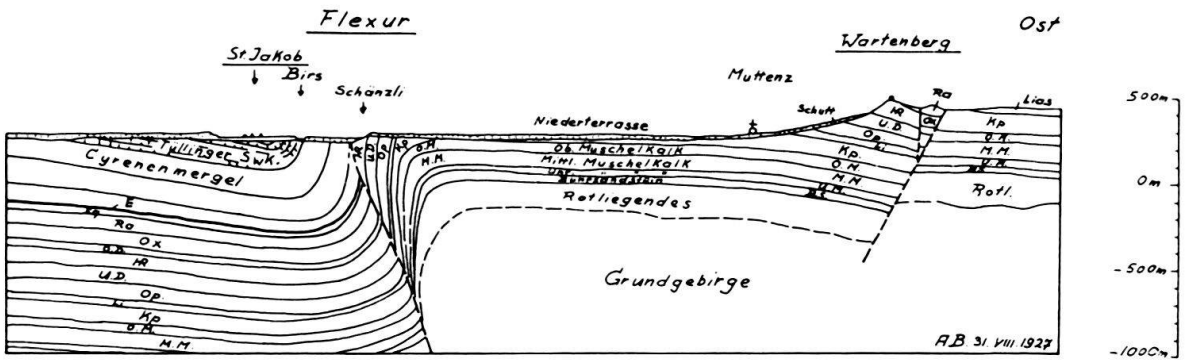

Fig. 1. *Rheintalflexur und Tafeljura nach* BUXTORF (*1928*). Die Figur ist etwas schematisch, gibt aber die steile bis überkippte Lage der Schichten in Flexurnähe sowie die Andersartigkeit der Tafeljura-Abschiebungen (Wartenberg) trefflich wieder.

Rotl.	= Rotliegendes	U.D.	= unterer Dogger
BS	= Buntsandstein	HR	= Hauptrogenstein
UM	= unterer Muschelkalk	OD	= oberer Dogger
MM	= mittlerer Muschelkalk	Ox	= Oxfordien
OM	= oberer Muschelkalk	Ra	= Rauracien
Kp	= Keuper	Sq	= Sequanien
Li	= Lias	E	= Eozän
Op	= Opalinuston		

Die Diskordanz von 10–20° zwischen Mesozoikum und Rupélien, die oft an der Flexur zu beobachten ist (z.B. HERZOG 1956), ist nicht berücksichtigt. Jedenfalls ist die heutige Flexur im wesentlichen post-Chattien und vermutlich prä-Torton (s. Exkursionsbericht in diesem Band).

2. Der regionale Rahmen

Ich habe in einer früheren Arbeit die These aufgestellt (LAUBSCHER 1970), dass die Komplikationen am Südende des Rheingrabens die Folge von hauptsächlich sinistralen Horizontalverschiebungen geringen Ausmasses (< 5 km) längs einer E–W verlaufenden Frakturzone seien, an der die E-W-Dilatation des Rheingrabens (CLOSS und PLAUMANN 1968; ILLIES 1965) wenigstens teilweise auf den Bressegraben übertragen werde («Transform Fault»; Fig. 2). Die gesamte Frakturzone (Fig. 3) ist etwa 40 km breit zwischen dem Südende der Vogesen bei Belfort und der Mont-Terri-Linie (= Sinistralzone der Burgundischen Pforte oder von Belfort–Basel). Sie ist allerdings nicht scharf begrenzt und sehr komplex gebaut. Hervorstechende Elemente dieser Zone sind die zu ± E–W streichenden Lineamenten aufgereihten, von kleinen Brüchen durchsetzten Flexuren, namentlich die Mont-Terri- und Landsberg-Linien (vgl. LAUBSCHER 1966 und LAUBSCHER et al. 1967) sowie das Lineament, das von Westen nach Osten zusammengesetzt ist aus den Flexuren von Réchésy und Florimont (F–R), von Ferrette–Oltingue (F–O) und von Flüh–Äsch (F–Ä) (= Lineament Montbéliard–Äsch). Dieses letztere bildet den südlichen Abschluss des eigentlichen Rheingrabens (vgl. Karte bei FISCHER 1969). Es hat eine wenn auch leicht nach N versetzte Fortsetzung gegen E in Form des «Adlerhofgewölbes» (A) und der Mandacher Struktur (Ma); diese liegen allerdings bereits im Bereich des Tafeljuras. Als nördlichstes wichtiges Element in der Frakturzone erscheint, in dieser Perspektive gesehen, die

Verwerfung von Kandern auf der Ostseite; im Innern des Rheingrabens ist sie bekanntlich angedeutet durch die Spaltung des Grabens in die Gräben von Dannemarie und Sierentz. Es besteht somit Grund zum Verdacht, dass Rheintalflexur und Tafeljura ihren speziellen Charakter dieser Lage in einer Transform-Fault-Zone verdanken und im besonderen einer Interferenz von E–W-Streckung und bedeutender vertikaler Subsidenz – beide Komponenten charakterisieren den Graben – mit im wesentlichen sinistralen Transversalverschiebungen.

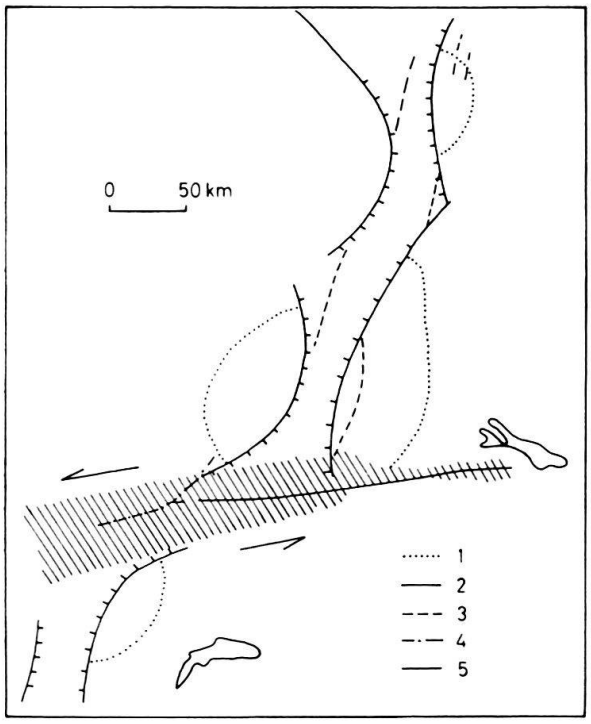

Fig. 2. *Idealisierte tektonische Elemente des Rhein-Bresse-Grabenkomplexes.*
1 Schematische Umrisse der Halbdome von Lons-le-Saunier, Vogesen, Schwarzwald, Odenwald–Spessart
2 Damit vergesellschaftete gekrümmte («hyperbolische») Grabensegmente
3 Die Krümmung begradigende Elemente
4 Ognonline
5 Mont-Terri-Landsberg-Lägern-Bregenz-Linie; schraffiert: Blattverschiebungszone («transform fault») der Burgundischen Pforte oder von Belfort–Basel.

3. Das kinematische Problem

Vertikale und tangentiale Bewegungen im Rheingraben sind von vergleichbarer Grösse.

Was die *vertikalen* betrifft, so betragen sie nördlich von Mülhausen noch etwa 4 km, gemessen zwischen der höchsten Erhebung der Vogesen und der tiefsten Absenkung des Grabens. Bis zum Lineament Montbéliard–Äsch verschwindet diese Niveaudifferenz (vgl. WITTMANN 1949). Im südlichen Abschnitt lässt sich die Verflachung längs der Flexur von Basel zwischen St. Jakob und Äsch schön erkennen. Man möchte überhaupt vermuten, dass die Flexur – da sie ja offenbar keine E-W-Streckung erzeugt – vor allem den vertikalen Bewegungen gedient hat. Demgegenüber hat die ganze Tafeljurascholle keine wesentliche Rolle für die Vertikalbewegungen gespielt, mit Ausnahme der Zeininger Verwerfung (Z).

Die *tangentialen* Bewegungen werden in der Sinistralzone von Belfort–Basel allmählich auf den Bressegraben transferiert, wenigstens zu einem grossen Teil. Eine Unzahl von namentlich N–S bis NNE–SSW streichenden kleinen Brüchen repräsentiert den Rest der E-W-Streckung. Besonders interessant ist die Tafeljura-Dinkelberg-Scholle. Die engen Keilgräben haben schon längst die Imagination der Geologen

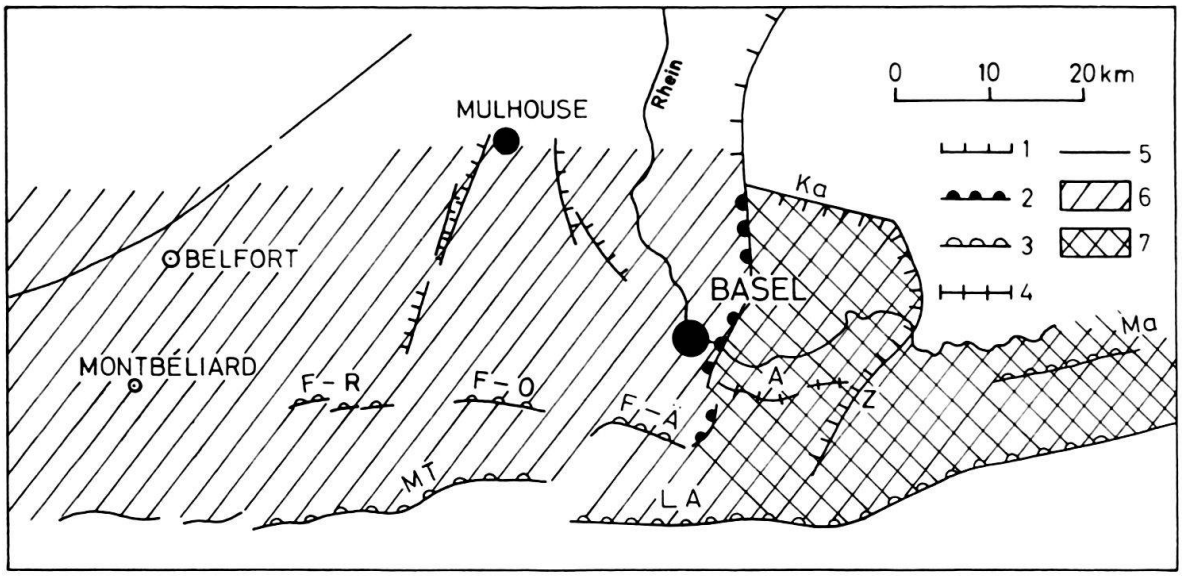

Fig. 3. *Einige wesentliche tektonische Elemente am Südende des Rheingrabens* (vgl. Karte bei FISCHER 1969). Die Figur ist stark vereinfacht; für mehr Details s. LAUBSCHER, THEOBALD und WITTMANN 1967.

1 Im wesentlichen Abschiebungen (oft mit Schleppungen, normal oder verkehrt; Ka = Kanderner, Z = Zeininger Verwerfung
2 Rheintalflexur Kandern–Äsch
3 ± E–W streichende Flexursegmente der Linien Montbéliard–Äsch und Mont Terri–Landsberg
F–R = Florimont–Réchésy
F–O = Ferrette–Oltingue
F–Ä = Flüh–Äsch
Ma = Mandacher Störung
MT = Mont-Terri-Linie
LA = Landsberglinie
4 Adlerhofgewölbe (A)
5 Nicht näher definierte Störungslinien
6 Sinistralzone von Belfort–Basel
7 Dinkelbergscholle und Tafeljura. Z.T. und besonders im Osten vermutlich mit dextralen Bewegungen.

herausgefordert, und zahlreiche Erklärungen sind versucht worden (vgl. z.B. HEIM 1919, S. 564 und 565). In der Perspektive der vorliegenden Arbeit fällt auf, dass diese engen Gräben zwar eine E-W-Streckung vermitteln, aber gleichzeitig eine regionale vertikale Verstellung vermeiden. Man kommt zum Schluss, dass Rheintalflexur und Tafeljura eine Art Arbeitsteilung vorgenommen haben: jene besorgt – zusammen mit der Kandern-Verwerfung – den vertikalen, dieser den tangentialen Teil.

4. Das dynamische Problem

Dieses Bild ist natürlich etwas anthropomorph, aber es hat in Wirklichkeit eine interessante mechanische Bedeutung.

Erörtern wir zunächst das Problem der statischen Spannungsverteilung. Sobald an den Grenzen eines stabilen Blockes vertikale und tangentiale Bewegungen auftreten, krümmen sich die Hauptspannungstrajektorien, und auch die Verteilung der stabilen und instabilen Bereiche wird recht komplex (vgl. HAFNER 1951). Selbstverständlich sind die statischen Randbedingungen im Fall des Rheingrabens nicht bekannt, sie waren bestimmt auch komplizierter als jedes mögliche rechnerische Modell – und dazu

noch dreidimensional. Immerhin kann der Vergleich mit einem sehr einfachen Modell wenigstens das Verständnis für die auftretenden Probleme fördern.

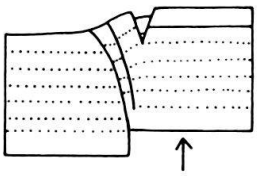

Fig. 4. Das experimentelle Modell einer Flexur (nach SANFORD 1959).

Das Standardmodell für Flexuren ist das von SANFORD (1959) durchgerechnete (= Sanford-Modell); vgl. auch VOIGHT and SAMUELSON (1969). Es besteht aus einer starren Basis mit vertikalem Bruch (durch zwei Bretter realisierbar), die von einer deformierbaren Substanz bedeckt ist (im Experiment gewöhnlich Sand oder Ton). Wenn die Basis am Bruch vertikal versetzt wird, so entsteht in der deformierbaren Hülle zunächst ein elastostatisches Spannungsfeld und darauf ein Bruchsystem von Mohrschem Charakter. Berechnungen und Experimente zeigen übereinstimmend das auf Figur 4 skizzierte Resultat: über dem Bruch in der starren Basis entwickelt sich ein System von steilen Aufschiebungen; im gehobenen Block treten Abschiebungen auf. Die Aufschiebungen sind mit einer Rotation (Schleppung) der Schichten verbunden, die je nach Material mehr oder weniger ausgeprägt ist. Bei Experimenten mit nassem Ton z.B. beobachtet man Rotationen bis über die Vertikale hinaus. Die Abschiebungen im gehobenen Block sind auf dessen Randzone beschränkt; die Scherspannungen konzentrieren sich unmittelbar über dem Basisbruch, was leicht einzusehen ist.

Der Vergleich mit Flexur-Tafeljura (Fig. 1–4) liegt auf der Hand. Man sieht sofort die Ähnlichkeiten – aber auch die Verschiedenheiten. Diese letzteren vor allem verlangen nach einem Kommentar. Das Kleinbruchfeld des Tafeljuras erstreckt sich im Gegensatz zum Modell weit über die Randzone des Grabens hinaus. Das hängt offensichtlich mit dem Abbrechen der Dinkelbergscholle zusammen, wahrscheinlich aber auch noch mit der recht mächtigen Ausbildung des evaporitischen mittleren Muschelkalks (vgl. HAUBER 1971), der eine Abscherung mit einer gewissen tektonischen Eigenbewegung der Sedimenthaut erlaubt hat. Das geologische Problem ist eben dreidimensional und geht in seiner Komplexheit weit über das Sanford-Modell hinaus. Immerhin glaube ich, dass ein wesentlicher Aspekt, nämlich die Aufteilung von reiner Vertikalbewegung in einem Niveau auf einen Komplex von Vertikal- und Tangentialbewegungen auf einem andern Niveau, gut illustriert wird. Im besonderen sind die Kompressionsbewegungen in der Flexur lokal und von Distensionsbewegungen in der Nähe kompensiert; das Modell erfährt insgesamt keine Kompression.

5. Die Frage des Einflusses der ererbten Geometrie

Es ist bekannt, dass das in Frage stehende Gebiet eine lange Geschichte hinter sich hatte, bevor die eigentliche Grabenbildung im Untertertiär begann, und dass diese Geschichte ihre Spuren hinterlassen hat. Ich möchte hier nicht auf Einzelheiten eingehen, sondern mich mit ein paar allgemeinen Bemerkungen begnügen. Selbstverständlich

beeinflusst die ererbte Geometrie die weitere tektonische Entwicklung (vgl. dazu LAUBSCHER 1967). Im besonderen markiert sie die Lage von Spannungskonzentrationen und Schwächestellen, wo die Instabilitäten – vor allem Bruchbildungen – zuerst auftreten. Man muss das aber im einzelnen zu belegen versuchen und kann nicht unbedingt von der Beobachtung, dass die Ausbildung eines Strukturelementes von einem andern beeinflusst wird, auf dessen Angehörigkeit zu einem älteren und andersartigen tektonischen System schliessen. Jede kinematische Entwicklung auch eines an sich einheitlichen tektonischen Systems ist ein historischer Prozess, bei dem in jedem Augenblick Entscheidungen fallen (z.B. das Aufreissen eines Bruches an einem bestimmten Ort), welche die weitere Ausgestaltung beeinflussen. Als Beispiel mag das «Adlerhofgewölbe» dienen (HERZOG 1956). Es beeinflusst den Verlauf der Rheintalflexur und auch der Tafeljurabrüche in auffälliger Art und erscheint so als älteres Element. Anderseits gehört es zu den E-W-Elementen, die synkinematisch mit der Verlegung des Rheingrabens in den Bressegraben verknüpft sind. Den vollen Beweis einer Ererbtheit, wenigstens der Anlage, könnten allein stratigraphische Daten bringen, und gerade diese sind mangelhaft.

LITERATURVERZEICHNIS

BUXTORF, A. (1928): *Das Gebiet der Rheintalflexur.* Eclogae geol. Helv. *21*/1, 93–95.

– (1934): *Basel–Brugg–Zürich, 1. Strecke Basel–Frick.* Geol. Führer Schweiz, IV, 267–269, Eisenbahnfahrten. Fahrt c.

– (1934): *Exkursion Nr. 33, Umgebung von Basel.* Geol. Führer Schweiz, VIII, 517–524.

CLOSS, H., und PLAUMANN S., (1968): *Gedanken zur Tektonik der Kruste im Oberrheingraben aufgrund von Schweremessungen.* Geol. Jb. *85*, 371–382.

FISCHER, H. (1969): *Geologischer Überblick über den südlichen Oberrheingraben und seine weitere Umgebung.* Regio Basiliensis, *X*/1, 57–84.

HAFNER, W. (1951): *Stress Distribution und Faulting.* Bull. geol. Soc. Am. *62*, 373–398.

HAUBER, L. (1971): *Zur Geologie des Salzfeldes Schweizerhalle–Zinggibrunn (Kt. Baselland).* Eclogae geol. Helv. *64*/1.

HAUBER, L., LAUBSCHER, H., WITTMANN, O. (1971): *Bericht über die Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in das Gebiet der Rheintalflexur und des Tafeljuras bei Basel vom 19. und 20. Oktober 1970.* Eclogae geol. Helv. *64*/1.

HEIM, A. (1919): *Die Geologie der Schweiz.* Bd. 1, Leipzig, C. H. Tauchnitz.

HERZOG, P. (1956): *Die Tektonik des Tafeljura und der Rheintalflexur südöstlich von Basel.* Eclogae geol. Helv. *49*/2, 317–362.

ILLIES, H. (1965): *Bauplan und Baugeschichte des Oberrheingrabens.* Oberrhein. geol. Abh. *14*, 1–54.

LAUBSCHER, H. P. (1966): *Zur Kinematik und Dynamik des nördlichen Rheintalischen Juras.* Eclogae geol. Helv. *59*/2, 957–959.

– (1967): *Geologie und Paläontologie: Tektonik.* Verh. naturf. Ges. Basel *78*/1, 24–34.

– (1970): *Grundsätzliches zur Tektonik des Rheingrabens.* Intern. Upper Mantle Project, Sci. Rep. *27*, 79–87.

LAUBSCHER, H. P., THÉOBALD, N., und WITTMANN, O. (1967): *Le Prolongement S du Fossé Rhénan.* Mém. Serv. Carte géol. d'Alsace-Lorraine *26*, 59–66: The Rhine graben Progress Rep. 1967.

SANFORD, A. R. (1959): *Analytical and Experimental Study of Simple Geologic Structures.* Bull. geol. Soc. Am. *70*, 19–52.

VOIGHT, B., und SAMUELSON, A. C. (1969): *On the Application of Finite-Element Techniques to Problems Concerning Potential Distribution and Stress Analysis in the Earth Sciences.* Pure appl. Geophys. (Pageoph) *76*/V, 40–55.

WITTMANN, O. (1949): *Das südöstliche Ende des Oberrheingrabens.* Geol. Rdsch. *37*, 24–42.