Zeitschrift: Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF))

Band: 73-F (1975)

Heft: 3-4: Prof. Dr. F. Kobold zum 70. Geburtstag

Artikel: Ein geodätische Beitrag zur Geodynamik des Oberrheingrabens

Autor: Kuntz, E. / Lichte, H. / Mälzer, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-227527

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: 12.07.2025

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

folgenden Verdichtung bis zum Netz 3. Ordnung zu flächenmässigen Bestimmungen horizontaler Bewegungskomponenten geeignet. Die Weitsicht ihres Autors bezüglich der Vermarkung, seine wissenschaftliche Vorarbeit und hervorragende Beobachtungsgenauigkeit bildeten die Voraussetzung, dass nach 1965 aus den Wiederholungsbeobachtungen am Netz 3. Ordnung und dem Vergleich identischer Trig-Punkte signifikante Horizontalkomponenten rezenter Krustenbewegungen abgeleitet werden konnten. Die Signifikanz der relativen Bewegungswerte ist aber nur innerhalb 40×40 km² grosser Gebiete gewährleistet.

Wenn auch zur Zeit auf der Ermittlung der räumlichen Bewegungsvektoren der Erdoberfläche aus ihren Vertikal- und Horizontalkomponenten das Hauptgewicht der geodätischen Mitarbeit am IGP liegt, so ist die Mitwirkung von Wissenschaft und Praxis für die Lösung der weiteren bereits genannten Teilaufgaben unbedingt zu verstärken. Das gilt für die Arbeiten am terrestrischen Schwerefeld, für die Ermittlung des Kippens tektonischer Platten infolge von Luftdruckschwankungen, für die Untersuchungen des Rotationsverhaltens der Erde oder auch für Ablationsmessungen an den Eiskappen der Pole. In dieser Richtung arbeiten die Geodäten in den Forschungseinrichtungen des Zentralinstituts für Physik der Erde der AdW der DDR, in das nach 100jährigem Bestehen das Geodätische Institut Potsdam integriert wurde, in der Technischen Universität Dresden und im Forschungszentrum des Kombinats Geodäsie und Kartographie der DDR. Hervorzuheben sind dabei die Ergebnisse, die von den DDR-Teilnehmern an sowjetischen Antarktisexpeditionen seit 1957 erzielt wurden. Besonders verstärkt werden muss die Mitwirkung der Geodäsie bei der geologischen und geophysikalischen Interpretation der Beobachtungsdaten, denn sie bestimmt die Auswahl der Testgebiete. Bei diesen Interpretationen zeigt sich stets, welche hohen Anforderungen an die Konkretheit der geodätischen Messungsergebnisse gestellt werden, damit sie zum Nachweis für die Richtigkeit der Hypothesen über geodynamische Prozesse im Erdinnern dienen können.

Professor Dr. F. Kobold hat mit seinen Arbeiten über geodätische Bewegungsmessungen wertvolle Vorarbeit für den geodätischen Beitrag zum Internationalen Geodynamik-Projekt geleistet, auf der die Fachkollegen bei ihren künftigen Arbeiten aufbauen können. Zu seinem 70. Geburtstag verbinden wir deshalb mit unseren besten Wünschen für viele kommende Jahre bester Gesundheit und Schaffenskraft den Dank für seine schöpferische Mitwirkung an der Präzisierung der vierdimensionalen Geodäsie.

Adresse des Verfassers
Prof. (em.) Dr. Ing. H. Peschel, Sektion Geodäsie und Kartographie, Technische Universität, Mommsenstrasse 13, DDR-8027 Dresden

---

Ein geodätischer Beitrag zur Geodynamik des Oberrheingrabens

E. Kuntz, H. Lichte, H. Mälzer, Karlsruhe

1. Einleitung

Das 1960 auf der XII. Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) in Helsinki beschlossene «Upper Mantle Project» (UMP) war auf das Studium der Entwicklung und Struktur von Erdkruste und Oberem Erdmantel sowie deren Wechselspiel gerichtet. Als Untersuchungsobjekte wurden besonders die unseren Planeten umspannenden Grabensysteme empfohlen, unter denen der Oberrheingraben mit seinen gut erkennbaren und weitgehend durchforschten geologischen Formationen eine wichtige Rolle spielt [8, 9]. Seit 1966 befasst sich eine Internationale Rheingraben-Forschungsgruppe von Geowissenschaftlern aller Disziplinen aus Deutschland, Frankreich und der Schweiz mit dem Oberrheingraben als Modell eines kontinentalen Rift-Systems. Über die bisherigen Ergebnisse wurde in [1, 2, 3] und, soweit es die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft sehr geförderte interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Bundesrepublik Deutschland betrifft, in [4] berichtet.

Nach dem erfolgreichen Ablauf des UMP wurde 1971 auf der XV. Generalversammlung der IUGG in Moskau beschlossen, die gemeinsamen Anstrengungen aller geowissenschaftlichen Disziplinen fortzuführen und in erweiterter Zielsetzung das internationale Projekt «Geodynamics» auch auf die Bewegungsabläufe sowohl im Innern als auch an der Oberfläche des Erdkörpers und deren Ursachen sowie auf die dynamische Geschichte der Erde zu richten. Damit leiten die aus dem UMP resultierenden Erkenntnisse über zur Geodynamik des Erdkörpers. Das interdisziplinäre und von der Inter-Union Commission on Geodynamics (ICG) koordinierte Programm [5] beansprucht nunmehr die weltweite Aufmerksamkeit der Geowissenschaften. Da der Geodät mit seinen Beobachtungen und seinen Festpunktfeldern an die Schwere und Oberfläche der Erde gebunden ist, die jedoch den dynamischen Prozessen unterliegen, muss er sich neben der Bestandsaufnahme in Zukunft stärker mit den dynamischen Problemen befassen. Für die Geodäsie stellen sich damit im Zusammenhang mit den traditionellen Aufgaben zur Bestimmung von Grösse und Figur der Erde sowie der Abbildung der Erdoberfläche weitere, die der Erkenntnis der Dynamik des Erdkörpers und deren Einbeziehung in geodätische Betrachtungen gewidmet sein müssen.

Der Oberrheingraben – um mit den Worten von Illies zu sprechen [8] – durchschneidet, einer tiefen Furche gleich, mit einer Länge von 300 km von Frankfurt bis Basel und einer durchschnittlichen Breite von 36 km das Herz Mitteleuropas. Die durch frühtertiäre Eruptionen vor 55 bis 60 Millionen Jahren angekündigte Absenkung begann im Mitteleozän vor etwa 45 Millionen Jahren. Das aus dem Oberen Erdmantel aus 80 bis 100 km Tiefe aufsteigende Material wirkte auf eine geschwächte Kruste ein und brachte sie unter gleichzeitiger Weitung

der Flanken zum Einsinken. Macht man die Grabentektonik konstruktiv rückgängig, so ergibt sich ein Zerrungsbetrag von 4,8 km senkrecht zur Grabenachse [9]. Zerrungstektonik und seitliches Ausweichen der rahmenden Krustenblöcke werden einer Schweregleitung der aufgebogenen Krustenplatte zugeschrieben, wobei Aufschmelzprozesse für eine mechanische Entkupplung an der Krustenbasis sorgten. Gleichzeitig mit der Grabensenkung wurden die seitlichen Schultern aufgestemmt und pultartig nach aussen gekippt (Vogesen, Schwarzwald, Pfälzer Wald und Odenwald). Im gesamten geologischen Grabengeschehen ergibt sich eine mit der Absenkung verbundene Grabenfüllung, die maximal über 3000 m erreicht; bei unterschiedlicher Höhe der gleichzeitig nach aussen um 25° gekippten Randgebirge ist zu der abgesunkenen Grabensohle eine Sprunghöhe bis zu 4500 m vorhanden. Erst im Eiszeitalter trat der Rheinstrom in das Senkungsfeld ein und brachte mit den von den Alpen austretenden Schmelzwassermassen eine Geröllfracht mit, die einen einheitlichen Schotterspiegel schuf. Diese jüngsten pleistozänen Füllsedimente erreichen im nördlichen Grabenbereich zwischen Heidelberg und Darmstadt eine beträchtliche Mächtigkeit bis zu 350 m [Bartz, 3]. Die weiteren Senkungsbecken bei Kehl und westlich des Kaiserstuhls zwischen Colmar und Freiburg sind durch 150 m und 225 m mächtige eiszeitliche Ablagerungen aufgefüllt [Bartz, 3]. Hier werden auch gegenwärtig erhöhte vertikale Bewegungen angetroffen.

Von Zeit zu Zeit werden die Bewohner Südwestdeutschlands durch ein schwaches bis mittleres Erdbeben daran erinnert, dass der Boden unter ihnen noch in Bewegung und der Senkungsprozess noch nicht zum Stillstand gekommen ist. So ist es die aus dem UMP hervorgegangene Hypothese der Plattentektonik, die den Oberrheingraben unter dem neuen Licht der Geodynamik erscheinen lässt.

Inwieweit der Geodät am Projekt «Geodynamics» mitarbeiten kann, hat Wolf in [4] übersichtlich dargelegt; dabei zeigt sich, dass die bisher bei den Bestandsaufnahmen der Landesvermessung und Erdmessung angemessene Arbeitsgenauigkeit den Anforderungen zur Erfassung geodynamischer Vorgänge nur zum Teil genügt. Dies dürfte am ehesten wohl bei der Ermittlung vertikaler Krustenbewegungen zutreffen. Im übrigen ist die Geodäsie – vor allem durch die technische Weiterentwicklung der Instrumente und eine moderne wissenschaftliche Analyse der Ergebnisse – heute in höherem Masse als früher in der Lage, durch langzeitige Messungen zur Entscheidung zwischen Hypothesen und zur Lösung wichtiger geophysikalischer und geologischer Probleme im Rahmen der Geodynamik beizutragen.

Im Hinblick auf die nur beschränkte Forschungsmöglichkeit an den Hochschulen hat sich das Geodätische Institut Karlsruhe im letzten Jahrzehnt auf den näheren Bereich des Oberrheingrabens konzentriert und hofft, durch Erfassung rezenter vertikaler und horizontaler Bewegungen sowie durch astro-geodätische und gravimetrische Beobachtungen zur detaillierten Erfassung des Schwerevektor-Feldes und der Äquipotentialfläche des Geoids als Indikatoren topographischer und geologischer Strukturen seinen Beitrag leisten zu können.

2. Vertikalbewegungen

Angeregt durch den Landesausschuss für das Unternehmen Erdmantel wurden für den rechtsrheinischen Teil des Oberrheingrabens von Heidelberg bis Basel und in der östlichen Begrenzung Schwarzwald-Bodensee die beiden Hauptnivellements (1922 bis 1939 und 1952 bis 1970) des baden-württembergischen Haupthöhennetzes im Hinblick auf Höhenwertänderungen als Folge vertikaler Krustenbewegungen verglichen [Mälzer, 1, 4], [Mälzer/Strobel, 3]. Dabei kristallisierten sich neben einer vorherrschenden negativen Tendenz von (0,3 bis 0,5) mm/a zwei markante Gebiete heraus (Abb. 1), die möglicherweise im Einklang zu den geologisch nachgewiesenen Senkungsbecken bei Kehl sowie zwischen Colmar und Freiburg stehen.

Um gesicherte Grundlagen für künftige Untersuchungen in diesen beiden Zonen zu erhalten, wurden 1970 bis 1972 zwei Präzisionshöhenprofile von den Vogesen bis

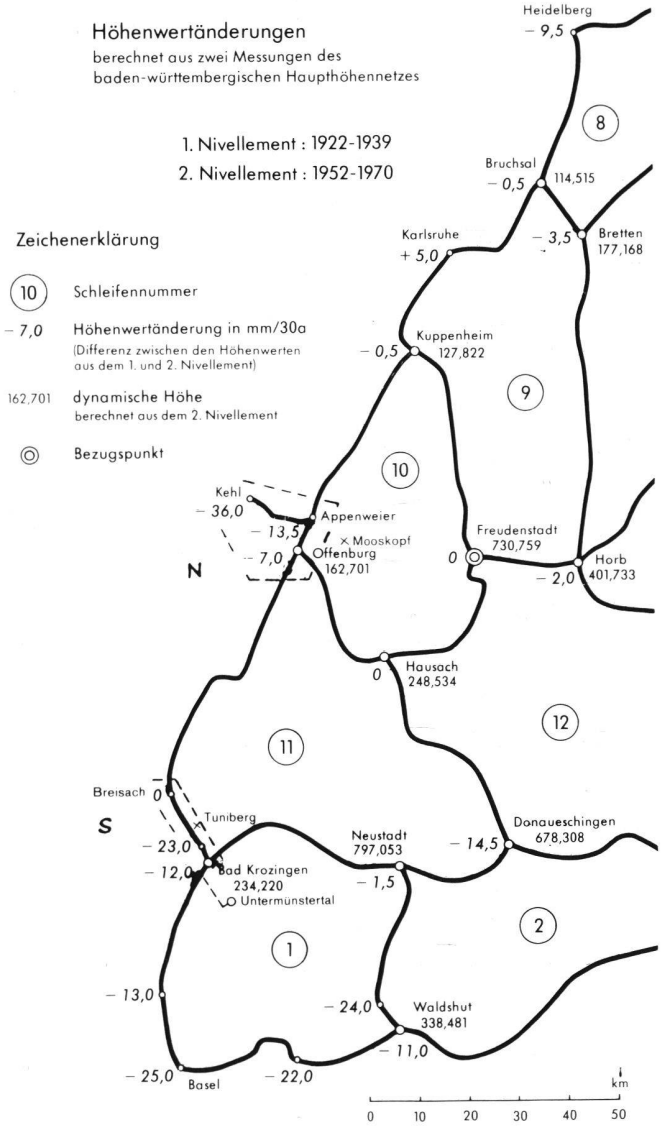

Abbildung 1 Auszugsweise dargestellte Höhenwertänderungen im westlichen Teil des baden-württembergischen Haupthöhennetzes. N und S kennzeichnen die Gebiete, in denen 1970 bis 1972 spezielle Präzisionsnivellements zur Untersuchung rezenter vertikaler Bewegungen ausgeführt wurden.

zum Schwarzwald gelegt. In internationaler Zusammenarbeit führten das Institut Géographique National die linksrheinischen und das Landesvermessungsamt Baden-Württemberg unter Mitwirkung des Geodätischen Instituts der Universität Karlsruhe die rechtsrheinischen Messungen aus. Die Erkundung und Festlegung der Profillinien und Höhenpunkte erfolgte nach eingehender geologischer Beratung.

Das Nordprofil ist auf deutscher Seite netzförmig aufgebaut und wird lagemässig durch die Städte Kehl, Appenweier und Offenburg sowie den Mooskopf im Schwarzwald begrenzt, wo es durch Punktgruppen im Kristallinen des Schwarzwaldes verankert ist. Das Netz hat eine gesamte Linienlänge von 87 km; der Punktabstand beträgt im Mittel 0,3 bis 0,4 km und ist an geologisch interessanten Stellen verdichtet. Der aus Schleifenwidersprüchen berechnete mittlere Fehler von $\pm 0{,}4$ mm/$\sqrt{\text{km}}$ entspricht einer feldmässigen Präzisionsmessung.

Bislang können in dem neu angelegten Untersuchungsnetz nur längs der bereits bestehenden Linien 1. Ordnung relative Höhenwertänderungen für identische Punkte abgeleitet werden. Auf dem Linienabschnitt Appenweier–Offenburg zeichnen sich nur im lokalen Bereich von Offenburg für die Zeitintervalle 1929/1960 und 1960/1970 gleichgerichtete Bewegungstendenzen von 3 bis 4 mm/10 a ab. Dagegen deuten im Regionalfeld zwischen Appenweier und Kehl sowohl die Beobachtungen für den Zeitraum 1929/1964 als auch für 1964/1970 auf analoge vertikale Geschwindigkeiten hin (Abb. 2). Nach Westen zu, wo auch grössere pleistozäne Mächtigkeiten bis zu 120 m auftreten, erreichen die relativen Höhenwertänderungen 15 mm/10 a. Hier überquert die Nivellementlinie bei dem Höhenpunkt 131 eine im Rheingraben gelegene Verwerfung [Ortlam, 2]. Im Mittel liegen die relativen Geschwindigkeiten auf dem rund 17 km langen Profil bei $-(4$ bis $7)$ mm/10 a.

Das Südprofil erstreckt sich rechtsrheinisch von Breisach in südöstlicher Richtung entlang einer schon bestehenden Linie 1. Ordnung bis Bad Krozingen und endet bei Untermünstertal am Fusse des Belchenmassivs. Im südlichen Bereich des Tuniberges ist das Profil durch zwei Schleifen erweitert, um die zu erwartenden Bewegungsvorgänge über den hier vorhandenen Bruchstufen zu erfassen. Auf deutscher Seite ist dieses Nivellementprofil bei einem mittleren Punktabstand von 0,4 km insgesamt etwa 40 km lang. Die aus den Zeitintervallen 1939/1959 und 1959/1961/1972 berechneten Höhenwertänderungen sind nahezu gleich (Abb. 3). Die mittleren vertikalen Geschwindigkeiten zum Schwarzwaldmassiv liegen bei $-(6$ bis $10)$ mm/10 a. Nach den bisherigen Beobachtungen wird das Geschwindigkeitsmaximum bis nahezu -20 mm/10 a nordwestlich von Bad Krozingen angetroffen. Um zu statistisch gesicherten Aussagen zu gelangen, scheinen Wiederholungsmessungen in frühestens 10 bis 12 Jahren sinnvoll.

Nördlich von Kuppenheim bis Heidelberg (Abb. 1) dürften die bisherigen Ergebnisse nicht genügend gesichert sein. Es werden daher die vorliegenden Nivellements höherer Ordnung der Landesvermessungsämter aus den beteiligten Gebieten Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz sehr eingehend untersucht, ob diese als «Nullmessung» für detaillierte geodynamische Betrachtungen hinreichend brauchbar sind. Im Bereich des Oberrheingrabens fällt das Untersuchungsgebiet weitgehend mit dem Testnetz Karlsruhe für elektronische Entfernungsmessungen zusammen.

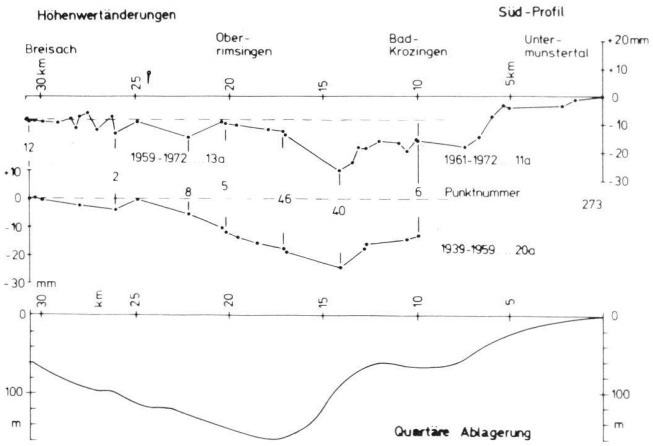

Abbildung 2 Höhenwertänderungen und quartäre Füllmächtigkeit in dem Teilabschnitt Appenweier–Kehl des nördlichen Profils Schwarzwald–Vogesen. Die geologischen Angaben sind einer Karte von *Bartz* entnommen [3].

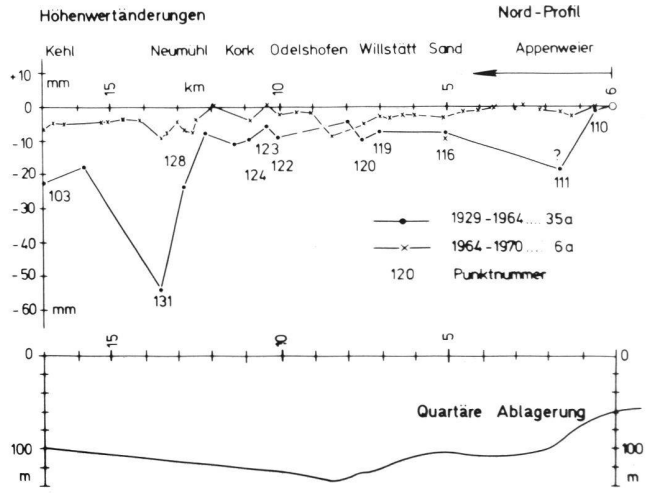

Abbildung 3 Höhenwertänderungen und quartäre Füllmächtigkeit in dem Teilabschnitt Untermünstertal–Bad Krozingen–Breisach des südlichen Profils Schwarzwald–Vogesen. Die geologischen Angaben sind einer Karte von *Bartz* entnommen [3].

3. Testnetz für elektronische Entfernungsmessungen

Mit der Anlage des Testnetzes «Karlsruhe» wurde 1967 begonnen. Es bestand anfangs nur aus den sechs Punkten: Turmberg, Michaelsberg, Letzenberg auf badischer Seite und Kalmit, Madenburg, Stäffelsberg auf pfälzischer Seite (Abb. 4). Die Verbindungsstrecken beider Seiten überspannen die Rheinebene in einer mittleren Höhe von etwa 250 m und haben mittlere Längen von etwa 45 km. Die ersten Testmessungen der Jahre 1967/68 sollten neben dem Vergleich verschiedener Instrumente vor allem dem Studium des Einflusses der Bodenreflexionen und der meteorologischen Verhältnisse auf die elektronische Distanzmessung dienen. Die Interpretation der Ergebnisse war anfangs schwierig, so-

lange es an gesicherten Vergleichsdaten fehlte, die erst mit dem Einsatz des Laser-Geodimeters bereitgestellt werden konnten.

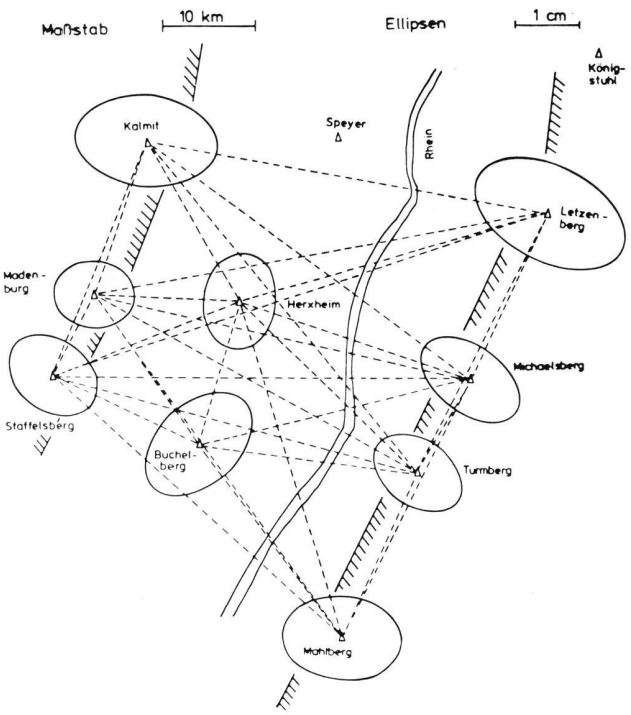

Abbildung 4 Testnetz Karlsruhe mit mittleren Fehlerellipsen der Geodimeter-8-Messungen

Die relativ hohen inneren Genauigkeiten der an verschiedenen Tagen wiederholten Laser-Messungen – die mittleren Streckenfehler lagen bei den 45-km-Strecken bei etwa ± 2 cm – erweckten das Interesse der Geologen und Geophysiker. Sie erwarten im Rheingraben einen geodätischen Nachweis nicht nur der relativen vertikalen Bewegungen, sondern auch der vermuteten rezenten horizontalen Relativbewegungen der Grabenränder, die in der Grössenordnung bis 1 mm pro Jahr liegen dürften. Würde man für eine grobe Abschätzung annehmen, dass die Entfernung der Grabenränder gegenwärtig tatsächlich mit einer Genauigkeit von ± 2 cm gemessen werden könnte, so wäre bei der vermuteten Grösse der Bewegung erst nach etwa 100 Jahren eine signifikante Aussage möglich. Bekanntlich kann man mit Hilfe der t-Verteilung prüfen, ob die Differenzen von Ausgleichungsergebnissen (hier der Strecken s_i) zufallsbedingt oder signifikant sind (zum Beispiel Wolf, Ausgleichungsrechnung). Unter der Voraussetzung, dass die Messungen der beiden Epochen I und II verschiedenen Grundgesamtheiten angehören, erhält man als Prüfgrösse

$$t = [s_i^{II} - s_i^{I}] / \sqrt{(m_{si}^{I})^2 + (m_{si}^{II})^2}.$$

Mit den Freiheitsgraden $f = f_I + f_{II}$ (Überbestimmungen; im Testnetz ist $f \approx 50$) ergibt sich für eine Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95 % die Fraktile $t_s = 2{,}0$. Mit $m_{si}^{I} = m_{si}^{II} = \pm 2$ cm wird $[s_i^{II} - s_i^{I}] \approx 6$ cm, das heisst ein signifikanter Nachweis kann erst für eine Bewegung der Grabenränder grösser 6 cm erbracht werden. Für Geologen und Geophysiker vielleicht eine enttäuschende Prognose, obwohl sie gewohnt sind, in sehr viel grösseren Zeiträumen zu denken. Für Geodäten, zu deren Aufgabenbereich unter anderem das Fixieren und Bewahren von Punkten der Erdoberfläche gehört, sollte diese Abschätzung keinen Anlass zur Resignation geben. Kommende Generationen könnten uns Unterlassungssünden vorwerfen, würden solche Aufgaben jetzt nicht in Angriff genommen werden.

Seit etwa 1970 wird daher versucht, durch Optimierungsüberlegungen und neue Messverfahren die Genauigkeit des Netzes laufend zu steigern und es geologisch gesichert zu verankern. Während die drei pfälzischen Punkte im Buntsandstein gelogisch gut gesichert sind, ist von den badischen Punkten nur Turmberg einigermassen zuverlässig fundiert. Es wurden daher die Rahmenpunkte Mahlberg im Süden und Königstuhl im Norden, beide ebenfalls im Buntsandstein gelegen, und zusätzlich aus Optimierungsgründen die Punkte Büchelberg, Herxheim und Speyer in der Grabenmitte einbezogen.

Der Vergleich der Mikrowellenstrecken (Tellurometer MRA 4) mit den Laser-Strecken (Geodimeter 8) zeigt nun signifikante systematische Streckendifferenzen in der Grössenordnung von relativ $2 \cdot 10^{-6}$ (Abb. 5). Im Hochgebirge hat man sogar Differenzen bis zu $6 \cdot 10^{-6}$ festgestellt [7]. Es liegt nahe, die Ursache dieser Differenzen im unterschiedlichen Einfluss der nur in den Endpunkten gemessenen und daher entlang den Strecken nicht repräsentativ erfassbaren meteorologischen Daten zu vermuten. Betrachtet man die Differentialbeziehung zwischen den gemessenen meteorologischen Daten (Druck p, Trockentemperatur t und Feuchttemperatur t′) und der Brechzahl N für Licht- und Mikrowellen bei mittlerer Wetterlage

$$dN_L = 0{,}28\ dp - 0{,}9\ dt - 0{,}06\ dt',$$
$$dN_M = 0{,}26\ dp - 4{,}1\ dt + 6{,}7\ dt',$$

so erkennt man, dass ein fehlerhaft gemessener Druck sich nahezu gleich auswirkt, fehlerhafte Temperaturen aber einen sehr unterschiedlichen Einfluss haben. In [10] wird daher versucht, unter Verwendung bestimmter meteorologischer Erkenntnisse aus gemessenen Streckendifferenzen auf systematische Temperaturfehler Rückschlüsse zu ziehen und somit deren Elimination zu ermöglichen. Der Schlüssel zu diesem Eliminationsverfahren liegt in dem Differentialquotienten dt/dt′. In [4] wird zu seiner Bestimmung in Anlehnung an Ungeheuer die Hypothese e/E′ = const, in [11] in Anlehnung an Robitzsch e/E — const (e = Partialdruck des Wasserdampfes, E beziehungsweise E′ = Sättigungsdampfdruck bei Trocken- beziehungsweise Feuchttemperatur) verwendet. In [6] wurde versucht, aus umfangreichem Messmaterial auf statistischem Wege eine Aussage über das Verhalten von dt/dt′ zu finden. Es zeigt sich, dass am Tage ausserhalb der Inversionszeit das Verhältnis e/E im Mittel konstant ist, woraus sich bei mittleren meteorologischen Daten für dt/dt′ = 1,1 ergibt. Wird dieser Wert in obige Gleichungen eingesetzt, so erhält man unter Vernachlässigung des Druckgliedes $dN_L = -1{,}0\ dt$ und für $dN_M =$

+2,0 dt. Lichtwellenstrecken und Mikrowellenstrecken werden also durch systematische Temperaturfehler mit umgekehrten Vorzeichen beeinflusst.

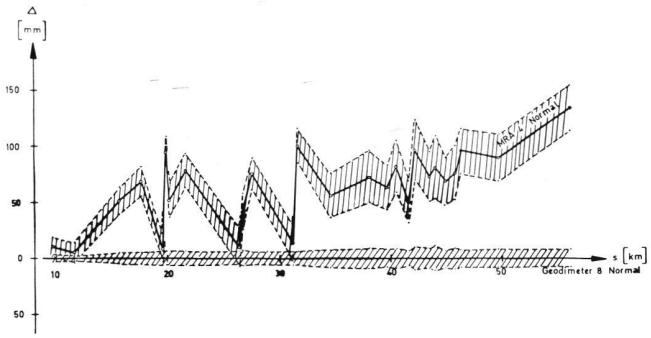

Abbildung 5 Streckendifferenzen der Geodimeter-8- und Tellurometer-MRA-4-Messungen nach zwangsfreier Ausgleichung

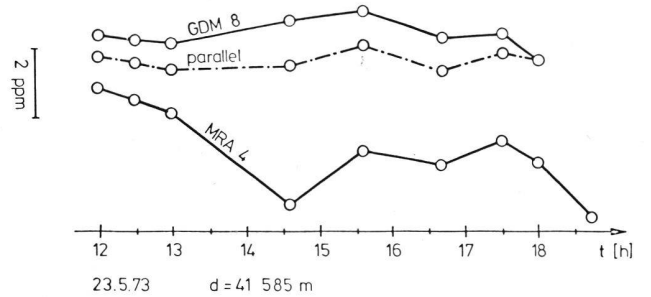

Abbildung 6 Ergebnisse einer sechsstündigen Parallelmessung mit Geodimeter 8 und Tellurometer MRA 4

Für die praktische Arbeit folgt aus den vorstehenden Überlegungen, dass eine weitere Steigerung der äusseren Genauigkeit elektronisch gemessener Strecken möglich erscheint, wenn gleichzeitig mit Licht- und Mikrowellengeräten gemessen wird. Abbildung 6 zeigt das Ergebnis einer aus gemessenen Streckendifferenzen reduzierten Strecke. Eine Steigerung der inneren Netzgenauigkeit ist auf diese Weise nicht zu erwarten, da die Geodimetermessungen mit den weniger genauen Mikrowellenmessungen zusammenwirken. Das Netz wird aber von einer systematischen Verfälschung befreit und somit in seiner äusseren Genauigkeit verbessert. Abbildung 4 zeigt durch invariante Fehlerellipsen einer zwangsfreien Ausgleichung veranschaulicht die bisher erreichte Netzgenauigkeit. Da die Messungen zu den Punkten Speyer und Heidelberg noch nicht abgeschlossen sind, fehlen die entsprechenden Fehlerellipsen.
Die durchschnittlichen relativen Streckenfehler liegen bei

$\pm\ 6 \cdot 10^{-7}$ für Mikrowellenmessungen (MRA 4),
$\pm\ 3 \cdot 10^{-7}$ für Lichtwellenmessungen (Gdm 8),
$\pm\ 3 \cdot 10^{-7}$ für Parallelmessungen.

Damit dürfte eine durchaus brauchbare Grundlage für spätere geodynamische Untersuchungen gegeben sein.

4. Lotabweichungsmessungen

Geodynamische Fragestellungen beschränken sich nicht nur auf das Symptom der Krustenbewegungen, sondern umfassen gleichermassen auch deren Ursachen. Der Beitrag der Geodäsie hierzu besteht in erster Linie in detaillierten Geoidstudien als wertvolle Kriterien für die geophysikalisch-geologischen Modellvorstellungen. Im Bereich des beschriebenen Testnetzes sind daher auch Lotabweichungsbeobachtungen durchgeführt worden, zunächst auf dem Profil Turmberg-Kalmit und einigen Punkten des Testnetzes. Es ist vorgesehen, den Testnetzbereich weiterhin flächenhaft mit Lotabweichungspunkten zu verdichten, um in diesem sehr interessanten Teil des Rheingrabens die Geoidform möglichst genau zu erfassen – Abbildung 7 zeigt die Lotabweichungen auf dem Hintergrund der Bouguer-Isanomalen. Die Lotabweichungen wurden durch Messungen mit NI-2-Astrolab ermittelt. Die erreichte Genauigkeit liegt für die Lotabweichungskomponenten bei $\pm 0'',2$ [Bozorgzadeh, Kuntz, 3]. Abbildung 8 enthält neben dem topographischen auch das Geoidprofil auf der Linie Turmberg-Kalmit. Eine flächenhafte Aussage wird erst später möglich sein.

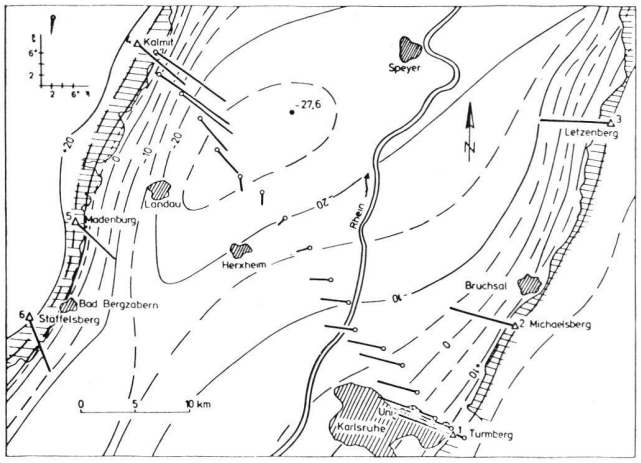

Abbildung 7 Lotabweichungen und Bouguer-Isanomalen im Testnetzbereich

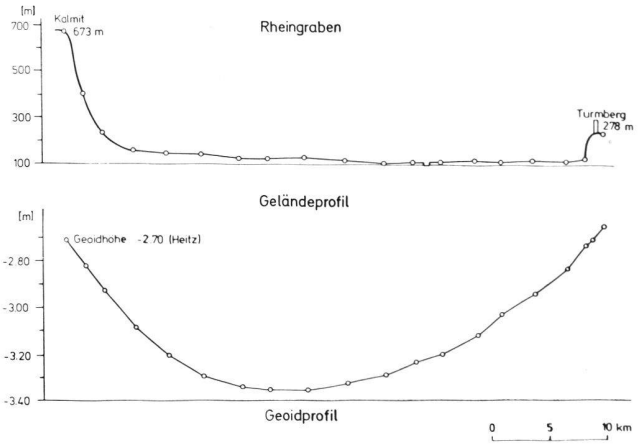

Abbildung 8 Gelände- und Geoidprofil Turmberg–Kalmit

5. Schweremessungen

Die Verwendung von Schweremessungen zum Beispiel zur Berechnung gravimetrischer Lotabweichungen hat in den beiden letzten Jahrzehnten sehr an Bedeutung gewonnen. Es fehlen zurzeit jedoch noch kritische Ein-

blicke in die Fragen der hinreichenden Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit. Diese können in erster Linie aus praktischen Studien in Gebieten gewonnen werden, in denen eng vermessene Schwerenetze vorliegen und Vergleiche auf Punkten mit bekannten astronomisch-geodätischen Lotabweichungen möglich sind. Aus diesem Grunde wurde im Anschluss an das Deutsche Schwerenetz ein Verdichtungsnetz aufgebaut [Lichte, 4]; es umfasst zurzeit in einem Gebiet von 2200 km² bei mittlerem Abstand von 5 km 120 vermarkte Punkte. Der durchschnittliche Schleifenschlussfehler der mit zwei LaCoste-Romberg-Gravimetern doppelt gemessenen Schweredifferenzen beträgt vor (nach) der Ausgleichung ± 0,018 (± 0,003) mgal. Mit weiteren rund 600 Engvermessungspunkten auf einem Zentralgebiet von 500 km² steht ein homogenes Material für verschiedene, zum Teil in Angriff genommene Fragen zur Verfügung wie Nivellement und Schwere, zweckmässige Punktdichte und Ermittlung der Reduktionen, Zuverlässigkeit mittlerer Anomalien, gravimetrische Lotabweichungen, Schweregradienten, verfeinerter Geoidverlauf auch unter kombinierter Verwendung mit astro-geodätischen Lotabweichungen, Dichtebestimmungen und geophysikalische Modellstudien zur Struktur des Oberrheingrabens.

6. Geowissenschaftliches Gemeinschaftsobservatorium

Eine besondere Stellung innerhalb der geodynamischen Forschung im Bereich des Oberrheingrabens nimmt das Geowissenschaftliche Gemeinschaftsobservatorium ein, das bei Schiltach im Schwarzwald nach 1970 in einer stillgelegten Erzgrube errichtet wurde. Das von den Universitäten Karlsruhe und Stuttgart getragene Observatorium ist ein Beispiel interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen Geodäsie und Geophysik. Es wird vom Geodätischen und Geophysikalischen Institut der Universität Karlsruhe sowie vom Institut für Geophysik der Universität Stuttgart betrieben.

In dem Untertageobservatorium werden unter gleichen Bedingungen an ein und demselben Ort alle dynamischen Vorgänge und Schwingungen der Erde beobachtet: Die kurz- und langperiodischen Wellen mit Perioden von 0,1 sec bis zu einigen Minuten, die durch Erdbeben hervorgerufen werden, einschliesslich der Eigenschwingungen der Erde, die nach sehr starken Erdbeben mit Perioden bis zu einer Stunde auftreten sowie die extrem langperiodischen Gezeitendeformationen. Weiterhin werden rezente Krustenbewegungen, spezielle Neigungen von Krustenblöcken und Straineffekte im Regionalfeld gemessen.

Die 1973/74 angelaufenen Forschungsarbeiten konzentrieren sich gegenwärtig auf die Signifikanz von Erdgezeiten- und Eigenschwingungsdaten, die mit Gravimetern, Tilt- und Strainmetern gemessen werden. Sie dienen der Untersuchung regionaler und globaler Strukturen des Erdinnern und bilden eine Grundlage zur Schaffung von Erdmodellen unter geodynamischen Aspekten. Über die Landesgrenzen hinaus besteht eine enge fruchtbare wissenschaftliche Zusammenarbeit mit anderen Institutionen, so unter anderem mit dem Institut für Geophysik der ETH Zürich.

Literatur

[1] The Rhinegraben Progress Report 1967. Int. Upper Mantle Project, Sc. Report No. 13; Abh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg, Heft 6, Freiburg/Strasbourg 1967.

[2] Graben Problems. Int. Upper Mantle Project, Sc. Report No. 27; E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1970.

[3] Approaches to Taphrogenesis. Inter-Union Commission on Geodynamics, Sc. Report No. 8; E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1974.

[4] Das Unternehmen Erdmantel – Zwischenbilanz einer interdisziplinären Zusammenarbeit. DFG-Forschungsbericht; F. Steiner Verlag, Wiesbaden 1972.

[5] Deutsche Forschungsgemeinschaft: Geodynamic Project, Konzept der Bundesrepublik Deutschland. Kommission für geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung, Mitteilung III, Bonn-Bad Godesberg 1974.

[6] *Felletschin, V.* (in Vorbereitung): Genauigkeitsanalyse und Genauigkeitssteigerung bei elektronischer Entfernungsmessung mit Licht- und Mikrowellen im Testnetz Karlsruhe.

[7] *Fischer, W.:* Protokoll der 115. Sitzung der Schweiz. Geod. Kommission, Sprass & Co., Kloten 1970.

[8] *Illies, H.:* Der Oberrheingraben – Modell eines Prinzips von Bau und Bewegung der Erde. Fridericiana, Zeitschrift der Universität Karlsruhe, Heft 9, Seiten 17–32.

[9] *Illies, H.:* Die grossen Gräben: Harmonische Strukturen in einer disharmonisch struierten Erdkruste. Geologische Rundschau, Bd. 59/1970, Seiten 528–552.

[10] *Kuntz, E., Möller, D.:* Gleichzeitige elektronische Entfernungsmessung mit Licht- und Mikrowellen. AVN 7/1971, S. 254.

[11] *Mitter, J.:* Zum Aufbau des Dampfdruckfeldes in Bodennähe – Einige weitere Beiträge zur Bestimmung des mittleren Dampfdruckes längs des Mikrowellenstrahles aus Endpunktmessungen. AVH 2/1970, S. 57.

Adresse der Verfasser
Prof. Dr.-Ing. E. Kuntz
Prof. Dr.-Ing. H. Lichte
Pro. Dr.-Ing. H. Mälzer
Geodätisches Institut der Universität Karlsruhe,
Englerstrasse 7, D-75 Karlsruhe