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: Der geodätischen Beitrag zum Internationalen Geodynamik-Projekt

Autor: Peschel, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-227526

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: 15.07.2025

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

Der geodätische Beitrag zum Internationalen Geodynamik-Projekt

H. Peschel, Dresden

Das Internationale Geodynamik-Projekt (IGP) wurde von der IUGG während der 14. Generalversammlung 1967 in der Schweiz als globales Forschungsprogramm beschlossen und zu seiner Durchführung das Internationale Geodynamik-Komitee (ICG) gebildet. Ziel dieses Projektes ist es, durch weltweite interdisziplinäre Zusammenarbeit der Geowissenschaftler neue Erkenntnisse über den inneren Aufbau unseres Planeten und die in ihm ablaufenden dynamischen Prozesse zu gewinnen. Bewegungsvorgänge im Erdinnern, besonders im Erdmantel und in der Erdkruste werden sich fast immer in Bewegungen der Erdoberfläche auswirken, so dass bei Kenntnis dieser Bewegungsvektoren Rückschlüsse auf geodynamische Prozesse möglich sind. Damit ist bereits die wichtigste Aufgabenstellung für die Geodäsie im Komplex der geowissenschaftlichen Forschungen zum IGP umrissen, sie liegt in der Hauptsache in der signifikanten Bestimmung der Bewegungsvektoren der Erdoberfläche auf Kontinenten und am Meeresboden. Um diese Aufgabe lösen zu können, ist engste Zusammenarbeit mit allen geowissenschaftlichen Disziplinen wie Geologie, Geotektonik, Geophysik, aber auch mit Vulkanologie und Ozeanographie notwendig, denn aus der Wechselwirkung zwischen Beobachtung und multidisziplinärer Interpretation der Messdaten ergeben sich sowohl Fortschritte in der Messtechnik als auch Ansätze zur Sicherung der aufgestellten Hypothesen über den Aufbau des Erdinnern.

Vierdimensionale Geodäsie wird im Ingenieurvermessungswesen schon seit langem betrieben, denn bei Senkungsbeobachtungen in Bergbaugebieten, bei Deformationsmessungen an Talsperren und Grossbauten zur technischen Überwachung hat der Vermessungsingenieur seit je eine grosse Verantwortung zu tragen bei der Bestimmung der räumlichen Bewegungsvektoren entsprechend ausgewählter Objektpunkte. Neu ist bei der Mitarbeit am IGP, dass es sich um grossräumige Objekte handelt. Die Gesetze der Fehlerfortpflanzung engen die Vertrauensbereiche und damit die Signifikanzgrenzen der ermittelten räumlichen Bewegungsvektoren stark ein. Die rezenten Erdkrustenbewegungen betragen in tektonisch wenig aktiven Gebieten nach den bisherigen Kenntnissen nur wenige mm/a oder auch Bruchteile davon, so dass höchste Anforderungen an die geodätische Messtechnik gestellt werden.

Das Merkmal der interdisziplinären Arbeit, wie sie beim IGP gefordert wird, liegt in der Gleichwertigkeit der einzelnen Disziplinen. Der Geodät kann ohne den Geologen und Geophysiker ebensowenig die geforderte Zielstellung bei seinen speziellen Arbeiten erreichen wie umgekehrt der Geologe oder Geophysiker ohne den Geodäten. Noch können wir nur wenige Kilometer in das Erdinnere vordringen, noch müssen uns Hypothesen helfen, ein Erdmodell zu schaffen, das den Vorstellungen über physikalische Fernwirkungen geodynamischer Prozesse entspricht. Um so bedeutungsvoller sind konkrete, nur mit Hilfe der Geodäsie signifikant nachweisbare Bewegungsvektoren an der Erdoberfläche oder in oberflächennahen geologischen Aufschlüssen zur Stützung der theoretisch erarbeiteten Hypothesen über den Aufbau der Erde.

Für die Mitarbeit der Forschungskollektive kleinerer Länder wie der Schweiz oder der DDR am IGP ist es notwendig, die realen Möglichkeiten mit den nationalen Erfordernissen derart aufwendiger Arbeiten in Einklang zu bringen. Deshalb gelten für sie zwei Schwerpunkte:

1. Aufstellung eines dynamischen Modells der Tektonosphäre in Mitteleuropa und
2. Erforschung der Antriebsmechanismen geodynamischer Prozesse.

Die erste Thematik beschränkt sich auf Tiefen von 100 bis 300 km und hat das Ziel, Unterschiede in der Krustenmobilität zu erfassen. Es gilt, die Inhomogenitäten im oberen Mantel und in der unteren Kruste zur rezenten Krustenaktivität in Beziehung zu bringen. Aus der Tiefenverteilung der physikalischen Parameter (seismische Wellen, elektrische Leitfähigkeit, Wärmefluss) sind die geologisch-geophysikalischen Bedingungen für die Bildung und Umbildung der Gesteine abzuleiten, woraus sich Hinweise auf die Entstehung von Rohstofflagerstätten ergeben. Die Feststellung zeitlicher Änderungen geophysikalischer Felder gehört gleichfalls zu diesem Komplex, eine Aufgabenstellung, zu deren Lösung terrestrische Messungen am gravimetrischen Netz und am magnetischen Aufnahmesystem erforderlich sind.

Mit der zweiten Thematik werden Struktur, Eigenschaften und Energiequellen im Erdinnern untersucht, um die Antriebsmechanismen geodynamischer Prozesse zu erkennen. Dabei handelt es sich im wesentlichen um Arbeiten zur Theorie der Bewegungsvorgänge, an denen die Geodäsie kaum beteiligt ist.

Es ist selbstverständlich, dass die Bearbeitung der genannten Themen nicht nur den Einsatz aller verfügbaren geologischen, geophysikalischen, geochemischen und geodätischen Verfahren und deren Weiterentwicklung erfordert, sondern ganz intensive internationale Zusammenarbeit, wie sie im osteuropäischen Raum durch die multilaterale Zusammenarbeit der wissenschaftlichen Akademien der sozialistischen Länder gegeben ist. Im IGP ist die Untersuchung des Verlaufs der Bewegungen an der Erdoberfläche enthalten. Zur Erforschung ihrer Ursachen, besonders im oberen Teil des Erdinnern, werden in einzelnen Regionen die Bewegungen tektonischer Blöcke untereinander, Bewegungen unterhalb der Blöcke und vor allem auch früherer Bewegungen ergründet. Die Klärung des Zusammenhangs dieser Bewegungen mit den Depressionen der Bouguer-Anomalien, der Beziehungen zwischen Isostasie und Krustendicke oder zwischen Moho-Schicht und Bouguer-Anomalien oberflächennaher Strukturen fordert die intensive Mitarbeit der Geodäten. Weiter gehören zum geodätischen Anteil am IGP die Lokalisierung grossräumiger Schwereanomalien und ihre Deutung als Abweichungen vom hydrostatischen Gleichgewicht, die Bestimmung von Änderungen der Erdrotation sowie die Ermittlung der Massenverluste durch Abschmelzen der Eiskappen an den Erdpolen und

die Berechnung der dadurch entstandenen Entlastung der oberen Erdkruste.
Es handelt sich um Fragen der rezenten Tektonik, die mit Hilfe signifikanter Raumvektoren nachweisbarer Erdkrustenbewegungen beantwortet werden können. Im Vordergrund steht dabei die Feststellung der Vertikalbewegungen nach Dauer und Grössenordnung, denn sie führen zur Klärung der Natur und Ausdehnung geodynamischer Vorgänge. Noch ist es nur möglich, Relativbewegungen in einzelnen Regionen zu ermitteln, denn auch der Anschluss der Vertikalbewegungen an das Meeresniveau mit Hilfe von Pegelstationen kann nur als vorläufig angesehen werden, weil über das Verhalten des Meeresniveaus, vor allem über seine eustatische Änderung, trotz aller Fortschritte in der Meereskunde die vorhandenen Kenntnisse hierfür nicht ausreichen. Massgebend für die Signifikanz der Ergebnisse regionaler Untersuchungen rezenter Erdkrustenbewegungen sind die Vertrauensbereiche der ermittelten Änderungswerte. Sie sind von den Beobachtungsverfahren abhängig. Die erreichbaren Genauigkeiten für Höhen- und Streckenmessung liegen günstigstenfalls bei $m_{\Delta h} \leqq \pm$ 3 mm/100 km und $m_{\Delta s} \leqq \pm$ 100 mm/100 km. Daraus ergeben sich bei Wiederholungsbeobachtungen im zeitlichen Abstand von 25 Jahren die Fehlergrenzen für die Bestimmung rezenter Krustenbewegungen in der Vertikalkomponente zu $m_V = \pm$ 0,1 mm/a und in der Horizontalkomponente zu $m_H = \pm$ 4 mm/a im regionalen Bereich von 100 km.

Da es sich um langfristige Beobachtungen handelt, die über grössere Räume (Regionen, Kontinente) etwa viermal im Jahrhundert durchzuführen sind, wird für die identischen Punkte der Höhen- und Lagenetze eine besonders hochwertige Vermarkung gefordert. Die Bewegungen dieser Vergleichsfestpunkte dürfen nur tektonischer Natur sein und keine exogenen Anteile enthalten, denn sonst können in tektonisch wenig aktiven Gebieten schwerwiegende Fehlinterpretationen der Beobachtungsdaten durch Geologen und Geophysiker die Folge sein. Vermeintliche Kosteneinsparungen bei der Vermarkung der Vergleichspunkte, auch unzureichende geologische Begutachtung ihrer Standpunktsituation können trotz aller Fortschritte in der geodätischen Messtechnik die ermittelten Bewegungsgrössen für die geotektonische Interpretation wertlos machen. Die Kosten der Wiederholungsmessungen sind dann zwar nutzbringend für die Ergänzung und Neubestimmung der Höhen- und Lagenetze verwendet worden, das ohne zusätzliche Mittel gleichzeitig zu erreichende wissenschaftliche Ziel signifikanter tektonischer Bewegungsnachweise würde jedoch nicht erreicht, so dass ein wichtiger Zeitabschnitt zur Klärung geodynamischer Prozesse unwiederbringlich verloren gegangen ist.

Sind die Voraussetzungen für eine aus tektonischer Sicht einwandfreie Vermarkung gegeben, so sind sowohl für die Präzisionsnivellements zur Bestimmung der vertikalen Bewegungskomponenten als auch für die Traversen- oder Trilaterationsmethode zur Bestimmung der Horizontalkomponenten die genauesten Messverfahren und Geräte einzusetzen, die zum Zeitpunkt der Beobachtungen bekannt sind. Es ist ganz gewiss, dass durch den Fortschritt in der geodätischen Messtechnik während eines Zeitraums von 25 Jahren Genauigkeitssteigerungen erreicht werden. Die hohen Aufwendungen für die Wiederholungsmessungen rentieren sich besonders dann, wenn die Ergänzung der Grundlagenwerke der Landesvermessungen verbunden wird mit der Ermittlung des Trends der rezenten Krustenbewegungen an der Erdoberfläche. Daraus lassen sich die zu erwartenden Änderungen von Höhen und Koordinaten extrapolieren, womit bei höchsten Genauigkeitsansprüchen sich die Anschlusswerte dieser geodätischen Grössen auch volkswirtschaftlich nutzbringend prädizieren lassen.
Zur Lösung dieser Aufgabenstellung werden die ermittelten Bewegungsgrössen zunächst graphisch in Isolinien-Karten der rezenten Krustenbewegungen oder in Gradientenkarten dargestellt. Ein Beispiel dieser Art ist die Karte der Vertikalkomponenten rezenter Erdkrustenbewegungen in Osteuropa, die 1971 während der 15. Generalversammlung der IUGG und der IAG in Moskau als Ergebnis der internationalen Zusammenarbeit der sozialistischen Länder vorgelegt werden konnte. Sie stützt sich auf Wiederholungsnivellements an den Landeshöhennetzen aus den Jahren 1950 bis 1960, ist jedoch noch nicht vollkommen frei von exogenen Einflüssen auf manche Festpunkte, weil die Vermarkungsanforderungen 30 Jahre vorher geringer waren, auch enthalten die Werte in gebirgigem Gelände noch Unsicherheiten des mittleren Lattenmeters oder sind mit dem Einfluss längerer Unterbrechungen der Beobachtungen behaftet. Bei den zurzeit laufenden Wiederholungsbeobachtungen werden die neuesten Erkenntnisse und vor allem die durch moderne Technologie (Motorisiertes Nivellement) erzielten Genauigkeitssteigerungen der Präzisionsnivellements berücksichtigt, so dass nach Abschluss der Messungen um 1980 mit der Neubearbeitung dieser Karte eine bedeutend bessere Erfassung der Vertikalkomponenten rezenter Erdkrustenbewegungen im osteuropäischen Raum gewährleistet ist.
Auf Grund der Isolinien-Karten, die nicht frei von subjektiven Einflüssen bei den Konstruktionen der Isolinien sind, lässt sich die digitale Interpolation mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung anwenden, bei der gleichzeitig die Bewegungswerte und die neuen Festpunkthöhen berechnet werden, für die Auswertung von Wiederholungsnivellements eine völlig objektive Methode. Diese numerisch erhaltenen Bewegungsgrössen werden dann verwendet, um die endgültige Karte der Erdkrustenbewegungen herzustellen, deren Wertigkeit mit jeder neuen Beobachtungsepoche steigt.
Die regionale Ermittlung der Horizontalkomponenten rezenter Krustenbewegungen ist bedeutend schwieriger. Bereits aus der Fehlergrenze unter günstigsten Beobachtungsbedingungen geht hervor, dass nur dann Signifikanz in den Verschiebungswerten auf der Erdoberfläche erreicht wird, wenn sie den Dezimeterbereich in 25 Jahren weit überschreiten. In tektonisch aktiven Gebieten gelingt es, mit Hilfe von Traversen und genauesten elektronischen Streckenmessungen signifikante Werte der horizontalen Bewegungskomponenten zu erhalten. Flächenmässige Erfassungen sind kaum bekannt. Im ehemaligen Sachsen ist die Haupttriangulation von Professor Nagel aus den Jahren 1860 bis 1870 mit der nach-

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