

Georg Kowalle

Die wissenschaftliche Kooperation auf dem Gebiet der Seismologie im Rahmen der KAPG, 1966–1990¹

1. Einführung

Die Seismologie als globale Geowissenschaft bedarf einer breiten internationalen Zusammenarbeit der Observatorien und wissenschaftlichen Einrichtungen. Diese Erkenntnis führte bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts zur Gründung entsprechender wissenschaftlicher Gesellschaften und zur Durchführung von internationalen wissenschaftlichen Kongressen. Einen tiefen Einschnitt in die wissenschaftliche Zusammenarbeit der Seismologen brachten der zweite Weltkrieg und dessen Folgen. Mit der Durchführung des Internationalen Geophysikalischen Jahres (IGJ, 1957/58) wurde die nach 1939 fast vollständig zum Erliegen gekommene internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Seismologie wieder intensiviert. Die Herausbildung und zunehmende Konfrontation der weltpolitischen Blöcke blieb jedoch nicht ohne Konsequenzen für die internationale wissenschaftliche Kooperation auf dem Gebiet der Seismologie. Das Bestreben der östlichen und der westlichen Seite, auf die internationalen nichtstaatlichen wissenschaftlichen Organisationen u. a. durch die Besetzung von Leitungsfunktionen Einfluss zu nehmen, und die ökonomischen und politischen Bedingungen führten dazu, dass sich unter Führung der UdSSR, abgelöst von den weltweiten Organisationen, eine separate Wissenschaftskooperation der sozialistischen Länder herausbildete. Ausgangspunkt dieser Entwicklung bildete die regionale geophysikalische Kooperation des IGJ in der Osteuropäisch-Asiatischen Region. 1966 wurde die Kommission der Akademien der

1 Wissenschaftliche Mitteilung, vorgelegt von Heinz Kautzleben in der Sitzung der Klasse Naturwissenschaften der Leibniz-Sozietät am 20.11.2003. Der Artikel setzt die Reihe der Berichte über die Zusammenarbeit der wissenschaftlichen Einrichtungen der ehemaligen sozialistischen Länder in Mittel- und Osteuropa auf dem Gebiet der Geowissenschaften fort. S. Band 57 (Jahrgang 2003, Heft 1) der Sitzungsberichte. Der Autor des Berichtes war etwa zwei Jahrzehnte aktiv an den Arbeiten der KAPG beteiligt.

Wissenschaften sozialistischer Länder für die multilaterale wissenschaftliche Zusammenarbeit zum komplexen Problem „Planetare Geophysikalische Forschungen“ (kurz: KAPG) in Leipzig gegründet. Einen Schwerpunkt der Wissenschaftskooperation in der KAPG bildete die Seismologie. In den 60er und 70er Jahren wurde diese Kooperation durch Unterkommissionen zu Teilbereichen der seismologischen Forschung koordiniert. In den 80er Jahren wurde eine projektorientierte Gliederung der Forschungsk Kooperation durchgesetzt. Dabei war stets das Bestreben vorhanden, die Struktur der Kooperation in der KAPG ähnlich der der Internationalen Assoziation für Seismologie und Physik des Erdinnern (IASPEI) bzw. der Europäischen Seismologischen Kommission (ESC) zu gestalten. An der Zusammenarbeit der KAPG auf dem Gebiet der Seismologie waren vorrangig die geowissenschaftlichen Institute der Akademien der Wissenschaften der teilnehmenden Länder beteiligt, weiterhin auch einige Hochschuleinrichtungen. Trotz der regionalen Beschränktheit konnten in diesem Rahmen einige fundamentale Ergebnisse erzielt werden.

2. Entwicklung des seismologischen Stationsnetzes

Sowohl die seismologische Grundlagenforschung als auch die Lösung von seismologischen Überwachungsaufgaben erfordern ein leistungsfähiges Beobachtungsnetz sowie eine standardisierte Methodik der Datengewinnung und -bearbeitung. Seismologische Stationen und Observatorien hatten sich historisch als eigenständige, oftmals an Universitäten und Hochschulen gebundene Einrichtungen herausgebildet. Die apparative Ausstattung, die Art und der Umfang der Datengewinnung und -auswertung waren dabei von den Möglichkeiten und Interessen der jeweiligen Betreiber abhängig. Das Bedürfnis nach einer möglichst schnellen Bereitstellung seismologischer Grundparameter seismischer Ereignisse wuchs in den 50er Jahren stark an. Seine Befriedigung erforderte die Schaffung homogener Beobachtungsnetze, entsprechender Kommunikationswege und Datenzentren. Die Blockkonfrontation und die unterschiedlichen Sicherheitsdoktrinen in Ost und West bedingten die Schaffung von Stationsnetzen, die möglichst genaue Daten über Erdbeben regional und global lieferten, andererseits aber auch als „nationales Mittel“ die Kontrolle von unterirdischen Kernwaffentests ermöglichten. Obwohl der Aspekt des Monitoring von Kernwaffentests in der KAPG offiziell keine Rolle spielte, ist er als Handlungsmotiv zumindest seitens der UdSSR anzusehen. Etwa gleichzeitig mit dem standardisierten seismologischen Stationsnetz der KAPG entstand außerhalb der sozialistischen Länder das vom

USGS ausgerüstete und betreute World Wide Standard Seismograph Network (WWSSN). Zumindest die seismologischen Hauptstationen der an der KAPG teilnehmenden Länder (einschließlich Kuba) wurden mit Standardgeräten des KAPG-Netzes ausgestattet. Die Ausrüstung der Hauptstationen dieses seismologischen Netzes entsprach dem damaligen Weltstand.

Die Entwicklung seismischer Geräte für die Stationen und Observatorien war ein permanenter Bestandteil der Kooperation in der KAPG, zunächst in Form einer Arbeitsgruppe, dann als Programm. In die Kooperation zu seismologischen Geräten und Stationsausrüstungen waren alle Teilnehmerländer der KAPG einbezogen.

Die seismologischen Stationen der KAPG waren analog registrierend. Der Seismograph bestand aus einem gekoppelten Seismometer-Galvanometer-System. Zur Gewährleistung der erforderlichen Homogenität der Daten wurden die Seismographen mit standardisierten Übertragungscharakteristiken versehen (Tabelle 2.1), die durch eine entsprechende Auswahl der Eigenperioden T und Dämpfungen D sowie der Rückwirkungsfaktoren σ erzielt wurden (Aranovich u. a., 1968; Tobias, 1973, 1976; Hurtig & Stiller, 1984). In Tab. 2.1 stehen die Indizes s für Seismometer und g für Galvanometer. Der Periodenbereich, in dem die maximale Vergrößerung erzielt wird, ist mit dT bezeichnet.

Typ	T_s	T_g	D_s	D_g	σ^2	dT	Bemerkungen
AI	1,2	0,6	0,5	0,5	0	0,4–1,0	kurzperiodisch, schmalbandig
AII	0,9	0,38	0,5	2,0	0	0,1–1,0	kurzperiodisch, breitbandig
AIII	1,8	0,6	0,4	0,7	0	0,4–1,6	kurzperiodisch, schmalbandig
AIV	1,6	0,4	0,5	2,0	0	0,1–1,6	kurzperiodisch, breitbandig
B	25	1,2	0,5	8,0	0,25	0,1–20	mittelperiodisch, breitbandig
C	25	104	1,3	0,7	0,25	10–100	langperiodisch, breitbandig

Tabelle 2.1: Geräteparameter von Seismographen in der KAPG

Die breitbandigen Abstimmungen AII und AIV ergeben eine möglichst verzerrungsfreie Aufzeichnung der ersten Einsätze (P-Wellen). Die mittelperiodische B-Charakteristik liefert im teleseismischen Entfernungsbereich Aufzeichnungen, die alle Wellenphasen gut wiedergeben und somit eine Interpretation erleichtern. Während die Standardisierung des WWSSN durch die einheitliche Ausrüstung mit US-amerikanischen Geräten gewährleistet, wurde die Standardisierung im seismologischen Netz der KAPG weitgehend durch die Abstimmung der Geräteparameter erreicht. Zusätzlich wurden an fast allen Stationen der KAPG sowjetische Seismographen des Typs SMK-III (Modifizierter Kirnos-Seismograph) aufgestellt. Im Rahmen der KAPG-Zusammenarbeit wurde beispielsweise die seismische Station Rio Carpintero auf Kuba mit einem langperiodischen Seismographensatz SSSJ-1, der im Institut für Bodendynamik und Erdbebenforschung Jena entwickelt und gefertigt wurde, ausgerüstet.

Mit der Entwicklung und dem Einsatz breitbandiger Seismographen wurden in der KAPG darüber hinaus wichtige Impulse für die Entwicklung moderner Seismometer gegeben (Unterreitmeier, 1975; Plesinger, 1973; Teupser & Unterreitmeier, 1977), die dem internationalen Trend entsprachen (s. Wieland & Streckeisen, 1982).

Obwohl in den 80er Jahren versucht, konnten in der KAPG eine koordinierte Modernisierung und die Weiterentwicklung des seismologischen Observatoriumsnetzes zu einem modernen digitalen Stationsssystem nicht erreicht werden. Der Hauptgrund ist in der nicht ausreichenden Verfügbarkeit von entsprechender Rechentechnik und im westlichen Embargo zu sehen. Als Folge dessen wurden in den meisten Teilnehmerländern der KAPG eigene, von den Partnern abgekoppelte Anstrengungen zur digitalen seismologischen Datengewinnung unternommen. Ein digitales Netzwerk, das als Gegenstück für entsprechende Entwicklungen im Westen (beispielsweise Digital WWSSN, Geoscope) anzusehen wäre, konnte nicht aufgebaut werden. In der UdSSR wurden im Institut für Physik der Erde in Moskau Entwicklungen der erforderlichen Hard- und Software durchgeführt (Aranovich u. a., 1983). Einige Stationen wurden auf nationaler Ebene aufgebaut. In der DDR wurden mit dem Einsatz eines Prozessrechners PRS 4000 in der Station Moxa bei Jena sowie der Einführung einer digitalen Registrierung im seismologischen Netz des Zentralinstituts für Physik der Erde (ZIPE- bzw. SID-Netz) eine eigenständige Entwicklung betrieben (Bormann u. a., 1983). In Rumänien wurde in den 80er Jahren ein Computer vom Typ PDP 11/34 (DEC) als zentrale seismologische Datenerfassungseinheit eingesetzt (Ionica & Grigore, 1983).

Vergleichbare Technik fand unabhängig davon in Bulgarien Anwendung (Christoskov u. a., 1986). Die Einführung der digitalen seismologischen Datenerfassung erfolgte unabhängig und unkoordiniert in den einzelnen osteuropäischen Ländern. Möglichkeiten für eine gemeinsame Weiterentwicklung der Beobachtungsbasis in den KAPG-Ländern bestanden aufgrund der Nichtverfügbarkeit der erforderlichen Hardware nicht. In der zweiten Hälfte der 80er Jahre wurden jedoch in der KAPG Projekte initiiert, die darauf abzielten, den Austausch der digitalen Daten zwischen den beteiligten Einrichtungen zu ermöglichen bzw. zu vereinfachen. Diese Projekte erbrachten aber bis zur Auflösung der KAPG keine realen und breit anwendbaren Resultate.

3. Auswertung und Interpretation

In unmittelbarem Zusammenhang mit der Ausrüstung und dem Betrieb der seismologischen Stationen und Observatorien steht die Frage der Datenauswertung und Interpretation. Dieser Problembereich bildete einen permanenten Bestandteil der Zusammenarbeit im Rahmen der KAPG. In den 60er Jahren wurde insbesondere durch Seminare (in der heutigen Terminologie Workshops) ein Beitrag zur Durchsetzung einer hohen Qualität der Seismogrammauswertung geleistet. Die Auswerteverfahren entsprachen dabei dem Standard der traditionsreichen und entwickelten seismologischen Einrichtungen. Gleichzeitig diente diese Aktivität dazu, ein gewisses Vertrauensverhältnis untereinander zu entwickeln und gemeinsame Forschungen zu initiieren. Einen breiten Raum nahmen dabei Untersuchungen der Laufzeiten seismischer Wellen sowie der Magnituden ein.

Mit dem großregionalen Vergleich der Laufzeitdaten war es möglich, Inhomogenitäten in der tiefen Kruste und im Erdmantel aufzufinden und somit einen Beitrag zu den weltweiten internationalen Projekten (Upper Mantle Project, International Lithosphere Project) zu leisten. Die Untersuchungen zu Laufzeitresiduen wurden für einen großen Teil der Stationen der KAPG bis in die 80er Jahre durchgeführt (Bormann, 1975, Vinnik u. a., 1975). Leider ist es in diesem Zusammenhang nicht zu einer Verallgemeinerung der Ergebnisse in Hinblick auf laterale Inhomogenitäten unter Eurasien gekommen.

Besonders intensiv wurde die Frage der Bestimmung der Magnitude eines seismischen Ereignisses aus den unterschiedlichen Wellenarten untersucht (Arbeitsgruppe 4.2 der KAPG). Begonnen wurde die Kooperation bereits in den 50er Jahren zwischen dem Geophysikalischen Institut in Prag und sowjetischen Seismologen (Vanek u. a., 1962) sowie mit den Seismologen der DDR (Vanek & Stelzner, 1960). Das Problem der Magnitudenbestimmung

besitzt in der Seismologie grundlegende Bedeutung, da die Magnitude eines seismischen Ereignisses ein direktes Maß für dessen Energie darstellt. Andererseits ist aber auch die Magnitude, die anhand unterschiedlicher Wellen bestimmt wurde, ein wesentliches Kriterium zur Diskriminierung zwischen Kernexplosionen und natürlichen Erdbeben. Im Ergebnis mehrjähriger Studien im Rahmen der KAPG-Zusammenarbeit wurde ein homogenes Magnitudensystem entwickelt. Dieses ermöglichte es, den Fehler bei der Magnitudenbestimmung aus verschiedenen Wellentypen, die mit Hilfe unterschiedlicher Geräte an den Hauptstationen der KAPG aufgezeichnet wurden, zu minimieren (Vanek u. a., 1980; Christoskov u. a., 1983). Diese Untersuchungen stimulierten im wesentlichen ähnliche Forschungen in Westeuropa im Rahmen der ESC. Gleichzeitig bildeten diese Arbeiten zur Magnitudenbestimmung eine wichtige Voraussetzung für Untersuchungen der Dämpfung seismischer Wellen.

In der zweiten Hälfte der 60er Jahre fanden insbesondere, angeregt durch Savarenskij und Yanovskaya, Untersuchungen zur Ausbreitung von Oberflächenwellen breite Anwendung. Derartige Untersuchungen wurden in allen KAPG-Ländern durchgeführt.

Die stark experimentell orientierten Forschungen wurden durch eine fruchtbare Entwicklung der Theorie und numerischen Verfahren zur Beschreibung der Wellenausbreitung ergänzt. Zentren der theoretischen Forschung zur Wellenausbreitung bildeten sich in Leningrad und Prag heraus. Ein Meilenstein dieser Entwicklung ist in der Herausarbeitung der Strahlentheorie durch Babich, Molotkov und Cerveny zu sehen (Cerveny u. a., 1977). Die programmtechnische Umsetzung und breite Anwendung dieses sowie weiterer innovativer Verfahren war in den Ländern der KAPG durch den geringen Ausstattungsgrad mit der erforderlichen Rechentechnik jedoch erschwert.

4. Untersuchungen des Erdinnern

Die Forschungskoooperation in der KAPG zum Zustand und zur Physik des Erdinnern orientierte sich zu einem beträchtlichen Teil an den Schwerpunkten der weltweiten Forschungsprojekte. In großem Maße wurde versucht, die Erkenntnisse und Ergebnisse der Seismologie zum tiefen Erdinnern mit der Materialphysik, insbesondere mit dem Hochdruckverhalten relevanter Stoffe und Stoffgruppen zu kombinieren. Hierbei entwickelte sich eine enge Kooperation zwischen den Instituten und Laboratorien in Moskau, Kiew, Jena/Potsdam und Prag. Während zunächst die physikalischen Eigenschaften von

Gesteinen unter Druck- und Temperaturbedingungen der Kruste im Vordergrund standen, rückten in der zweiten Hälfte der 70er Jahre Mantelmaterialien in das Zentrum der Forschungen. Ergänzt wurden die experimentellen Untersuchungen durch die Entwicklung von Zustandsgleichungen für den tiefen Erdmantel und Kern (Ullmann & Pankov, 1976). Die Untersuchungen zu Ausbreitungsgeschwindigkeiten seismischer Wellen in klüftigen Gesteinen (Stiller u. a. 1978) wurden durch modellseismische Untersuchungen in Prag ergänzt und vertieft. Hiermit wurde es möglich, das Verhalten bestimmter Stoffsysteme unter den Bedingungen des Erdinnern im Hinblick auf Phasenübergänge und konvektive Prozesse zu untersuchen.

Aus seismologischer Sicht nahmen in der KAPG Untersuchungen der Mantel- und Kernwellen einen relativ breiten Raum ein (Yanovskaya, 1968; Bormann, 1975; Tittel & Bormann, 1977; Bormann u.a., 1977; Ruprechtova & Karnik, 1971; Kowalle u. a. 1983). Diese Untersuchungen lieferten wesentliche Beiträge zur Klärung der heterogenen Strukturen im Erdinnern sowie zur Verbesserung der Bestimmung der Grunddaten seismischer Ereignisse, insbesondere der Lage des Epizentrums und der Energie (Magnitude) des Bebens. Die Rückkopplung zu den Materialeigenschaften sowie zur Dynamik des Erdinnern wurde im Rahmen dieser Forschungen durch Kooperationsbeziehungen mit Geologen, Tektonikern und Materialphysikern hergestellt.

5. Seismizität und seismische Gefährdung

Die Territorien der Teilnehmerländer an der KAPG sind teilweise durch eine relativ starke Erdbebenaktivität charakterisiert. Fragen der Standortsicherheit und seismischen Gefährdung nahmen, hiervon ausgehend, permanent einen breiten Raum in der Kooperation ein. Da Erdbeben in ihrer Wirkung grenzüberschreitend sind, ist das Erfordernis für eine grenzübergreifende Kooperation gegeben. Bereits im Rahmen der regionalen Zusammenarbeit im IGF wurde die Notwendigkeit für eine Vereinheitlichung der makroseismischen Skala erkannt. Ausgehend von den seismischen Intensitätsskalen von Mercalli, Cancani und Sieberg sowie den Erfordernissen des modernen Bauens wurde in einer Gemeinschaftsarbeit von Medvedev (Moskau), Sponheuer (Jena) und Karnik (Prag) die makroseismische Intensitätsskala MSK64 entwickelt (Medvedev u.a., 1964). Die Skala wurde für die KAPG und darüber hinaus von einem großen Teil der europäischen Staaten als verbindlich erklärt. Die MSK-Skala erfuhr in den Folgejahren einige Modifikationen und ist dann in den 90er Jahren als wesentlicher Bestandteil in die Europäische Makroseismische Skala EMS-92 bzw. EMS-98 eingeflossen.

In den 70er und 80er Jahren wurde auf der Grundlage der makroseismischen MSK-Skala, der vereinheitlichten Magnitudenskala und verbesserter Daten zur Herdortung die Seismizität auf dem Territorium der KAPG-Teilnehmerländer neu bewertet. Hierbei wurden insbesondere für die grenznahen Bereiche zwischen den einzelnen KAPG-Ländern sowie zu den weiteren Nachbarländern umfangreiche Vergleiche und Abstimmungen vorgenommen. Diese Arbeiten wurden auch durch die verschärften Kriterien für die Standortsicherheit für Industrieobjekte, insbesondere Kernkraftwerke, stimuliert (Karnik u. a., 1983). Entsprechende international zusammengesetzte Arbeitsgruppen arbeiteten über mehrere Jahre intensiv zusammen. In den einzelnen Ländern der KAPG wurden umfangreiche Untersuchungen zur Seismizität auf dem eigenen Territorium durchgeführt und entsprechende Ergebnisse publiziert. Zusammenfassend wurde in der KAPG-Arbeitsgruppe 4.3 ein moderner Erdbebenkatalog für Ost- und Zentraleuropa erarbeitet (Schenkova u. a., 1983). Dieser wurde durch einen Isoseistenatlas für das genannte Territorium unteretzt, der 1978 durch Prochazkova & Karnik herausgegeben wurde. Neben der traditionellen Seismizitätsanalyse wurden moderne Aspekte der Verknüpfung von seismischer Aktivität, Krustenstruktur und Tektonik einbezogen (Bune, 1983). Methodisch wurden Beiträge zur probabilistischen Beschreibung der Bebenaktivität geleistet (Karnik & Schenkova, 1978; Bune & Katrikh, 1978; Schenk & Schenkova, 1978), die Grundlage für die moderne Seismizitätsanalyse darstellen. Die Untersuchung der rezenten Seismizität wurde insbesondere nach dem starken Vrancea-Beben 1977 in den Nachbarländern Rumäniens durchgeführt. Ebenso entwickelte sich eine umfangreiche Zusammenarbeit bei der Bearbeitung der Erdbebenaten im Zusammenhang mit dem Bebenschwarm 1985/86 im Vogtland (Prochazkova, 1986), die bis heute fortbesteht und interessante Ergebnisse bringt.

6. Herdmechanismus und Erdbebenprognose

Die wissenschaftlichen Untersuchungen des Herdvorgangs von Erdbeben bildeten einen festen Bestandteil der Zusammenarbeit im Rahmen der KAPG. Insbesondere im Zusammenhang mit Starkbeben in den KAPG-Ländern wurden diese Forschungen unter Einbeziehung von Kooperationspartnern durchgeführt. Theoretische Untersuchungen zum Herdvorgang erfolgten hauptsächlich in Moskau und Warschau. Ergänzend hierzu wurden Arbeiten in Prag, Bukarest und Potsdam durchgeführt, die insbesondere der Interpretation seismischer Registrierungen dienen und Laboruntersuchungen einbezogen. Die Arbeiten von Kostrov, Teisseyre, Niewiadomski zur theoretischen Be-

handlung des Problems der Rissausbreitung und der damit zusammenhängenden Wellenabstrahlung haben die internationalen Forschungen zum seismischen Herdvorgang nachhaltig beeinflusst. Es wurden die theoretischen Grundlagen für die spätere Entwicklung der Barrieren- bzw. asperity-Modelle für den Herdvorgang geschaffen. Die theoretischen Forschungen wurden durch Laboruntersuchungen mit Hilfe von Ultraschall und der Schlierenoptik experimentell vertieft (Shamina, 1981; Waniek u. a., 1977). Gleichzeitig wurde der Einfluss von Mehrphasensystemen auf den Herdvorgang untersucht. (Stiller u. a., 1977).

In den 80er Jahren rückten insbesondere Forschungen zur Bebenprognose stark in den Vordergrund. Entsprechende Projekte, die eine Integration von Forschungen zum Herdvorgang und Seismizitätsanalyse mit der Untersuchung geophysikalischer Felder darstellten, wurden in der KAPG installiert. Die Ergebnisse dieser Arbeiten erbrachten jedoch insgesamt nicht den erhofften Fortschritt für die Vorhersage von Erdbeben.

7. Ergebnisse der KAPG-Zusammenarbeit

Im Rahmen der Zusammenarbeit in der KAPG wurden die nationalen Forschungen in den osteuropäischen Ländern auf dem Gebiet der Seismologie zumindest in den 60er und 70er Jahren stimuliert und auf ein dem internationalen Niveau entsprechendes Level gehoben. Die Schaffung eines einheitlichen seismologischen Beobachtungsnetzes und die Einführung standardisierter Verfahren der Datengewinnung und -bearbeitung ermöglichten einen unkomplizierten Datenaustausch. In einigen Teilnehmerländern erfuhr somit die Seismologie einen bedeutenden Aufschwung. Teilweise konnten sich über Jahre aktiv kooperierende Arbeitsgruppen mit Wissenschaftlern der KAPG-Teilnehmerländer etablieren. Zwischen einzelnen Einrichtungen und Laboratorien entwickelten sich intensive wissenschaftliche Beziehungen. Jedoch scheiterte ein langfristiger Wissenschaftleraustausch häufig an finanziellen Beschränkungen in Form von Kontingenten für den Austausch. Es ist bezeichnend, dass die wissenschaftlichen Projekte und Programme in der KAPG durch intensive Diskussionen leicht etabliert werden konnten. Lange Diskussionen wurden aber stets um Austauschkontingente geführt, was häufig zu Kürzungen der Vorschläge führte.

Als über die KAPG hinaus wirksam sind die Tagungen der KAPG einzuschätzen. Zu Beginn der Zusammenarbeit in der KAPG dominierten deren Generalversammlungen. In den 70er und 80er Jahren rückten Fachtagungen der einzelnen Disziplinen und Symposien in das Zentrum der Aktivität. In der

zweiten Hälfte der 70er Jahre wurde begonnen, zu den Veranstaltungen der KAPG Gäste aus westlichen Ländern einzuladen. Dies führte dazu, dass in den 80er Jahren zunehmend internationale Tagungen durch die KAPG initiiert und gemeinsam mit anderen wissenschaftlichen Organisationen veranstaltet wurden.

Ausgewählte Literatur

- ARANOVICH, Z.I., KORCHAGINA, O.A. & TOBIAS, V. (1968): A Proposition of the standardization of the amplitude characteristics of short-period highly sensitive seismographs. *Studia geophys. geod.* 12, 38–49.
- ARANOVICH, Z.I., NEGREBECKIY, S.A., SEROVA, O.A., CEJSHVLI, G.D., LOMTATIDZE, L.F., ALSHIBAYA, A.K., KOFNER, A.L. & STEPANEC, Yu.V. (1983): Mehrkanaliger digitaler Messkomplex zur Aufzeichnung seismologischer Daten in einem weiten Frequenz- und Dynamikbereich (Russisch). Veröff. Zentralinst. Phys. d. Erde 78, 13–19.
- BORMANN, P. (1975): P-wave residuals and their dependence on station conditions. *Proc. XIV. Gen. Ass. ESC, Trieste*, 27–40.
- BORMANN, P. (1975): Untersuchung der Laufzeitresiduen von P-Wellen-Auswertungen für 50 Stationen des seismologischen Weltnetzes. *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.* 93, 123–138.
- BORMANN, P., KOWALLE, G. & TITTEL, B. (1977): Investigation of core phases recorded at seismic stations of the GDR and CSSR. *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci. A-6 (117)*, 113–124.
- BORMANN, P., HURTIG, E., KOWALLE, G. & TEUPSER, CH. (1983): The system for acquisition and processing seismological data in the GDR. Veröff. Zentralinst. Phys. d. Erde 78, 20–32.
- BUNE, V.L. & KATRIKH, I.R. (1978): Data on probability of earthquakes on the map of seismic zoning. *Proc. Symp. Analysis of seismicity and seismic risk, Liblice, Prague*, 279–294.
- BUNE, V.L. (1983): The methodology for mapping regional seismic zones. *Proc. Meeting Working Group 4.3 KAPG*, 95–104.
- CERVENY, V., MOLOTKOV, L.A., PSENCIK, I. (1977): Ray method in seismology. *Univer. Karlova Praha*, 214 S.
- CHRISTOSKOV, L., LEVY, E. & SOLAKOV, D. (1986): Real time and background data processing in the Bulgarian seismological network. *Proc. XX. Gen. Assembly ESC, Kiel*, 65–73.
- CHRISTOSKOV, L., KONDORSKAYA, N.V. & VANEK, J. (1983): Earthquake magnitude in seismological practice: PH, S and L waves. *Roz. Ceskoslov. Akad. Ved.* 93, 113 S.
- DMOWSKA, R. & KOSTROV, B.V. (1973): A shearing crack in a semispace under strain conditions. *Archiv. Mech.* 25,3.

- HURTIG, E. & STILLER, H. (1984): Erdbeben und Erdbebengefährdung. Akademie-Verlag Berlin, 328 S.
- IONICA, F. & GRIGORE, A. (1983): Seismic data transmission in Romanian network. Veröff. Zentralinst. Phys. d. Erde 78, 84.
- KARNIK, V. & SCHENKOVA, Z. (1978): The third asymptotic distribution in earthquake statistics. Proc. Symp. Analysis of seismicity and seismic risk. Liblice, Prague, 335–350.
- KOSTROV, B.V. (1970): Theorie des Herdvorgangs tektonischer Erdbeben (Russ.). Izv. AN SSSR, Ser. Fiz. Zemli 4, 84–101.
- KOSTROV, B.V. (1975): Herdmechanik eines tektonischen Erdbebens (Russ.). Moskau, Nauka.
- KOWALLE, G., TITTEL, B. & BORMANN, P. (1983): Determination of a magnitude calibration function using short-period readings of PKP. Tectonophys. 93, 289–294.
- MEDVEDEV, S.V., SPONREUER, W. & KARNIK, V. (1965): Seismic intensity scale. Version MSK 1964. Soviet Geoph. Comm., (Russ. & Engl.) 11 S.
- NIEWIADOMSLI, J. (1975): Analysis of crack stresses and its application to problems of orogen mechanics. Publ. Inst. Geophys. Polish Academ.Sci. 5, 80 S.
- PLESINGER, A. (1973): Synthesis of feedback controlled broadband modifications of conventional seismograph systems. Z. Geophys. 39, 573–596.
- PROHAZKOVA, D. & KARNIK, V. (Ed.) (1978): Atlas of isoseismal maps. Central and Eastern Europe. Prague, 128 S.
- PROHAZKOVA, D. (Ed.) (1986): Earthquake swarm 1985/86 in Western Bohemia. Proc. Workshop Mariánské Lázně.
- RUPRECHTOVA, L. & KARNIK, V. (1971): Core waves recorded in Central Europe. Studia geoph. geod. 15, 299–315.
- SAVARENSKIJ, E.F, SOLOV'EV, S.L. & SHEBALIN, N.V. (1962): Standardisierung der Magnitudenskala (Russisch). Izv. ANSSSR, ser. geofiz. no. 2, 153–158.
- SCHENKOVA, Z., KARNIK, V. & SCHENK, V. (1983): Earthquake catalogue and maps of epicentres. Proc. Meeting Working Group 4.3 KAPG, 9–18.
- SCHIENK, V. & SCHENKOVA, Z. (1978): Model of earthquake occurrence and its autocorrelation function in the prediction of seismic activity. Proc. Symp. Analysis of seismicity and seismic risk. Liblice, Prague, 359–373.
- SHAMINA, O.G., PAVLOV, A.A., KOZAK, J. & WANIEK L. (1977): Laboratory study on seismoactive faults. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci. A6 (117).
- SHAMINA, O.G. (1981): Modelluntersuchungen der Physik des Erdbebenherdes (Russ.). Moskau, Nauka.
- STILLER, H., WAGNER, F.C. & VOLLSTÄDT, H. (1977): A two-phase model for the description of the influence of cracks on the P- and S-wave velocities in dry and saturated rock samples. Tectonophys. 43.

- STILLER, H., WAGNER, F.C. & VOLLSTÄDT, H. (1978): Die Geschwindigkeiten elastischer Wellen im klüftigen Gestein und in Erdbebengebieten. Veröff. NKGK, Reihe III, Heft 39, 87–89.
- TEISSEYRE, R. (1970): Crack formation and energy release caused by the concentration of dislocation along fault planes. *Tectonophysics*, 9.
- TEUPSER, CH. & UNTERREITMEIER, E. (1977): Der elektronische Dreikomponentenseismograph EDS 1, Theorie, Aufbau und Wirkungsweise. Veröff. Zentralinst. Phys. d. Erde 51, 114 S.
- TITTEL, B. & BORMANN, P. (1977): A study of longitudinal Earth core phases at Moxa and Collm stations. *Geophys. Prosp. D series*, 10, 315–325.
- TOBIAS, V. (1973): Partial and calibration constants of electromagnetic seismographs with standard type A characteristics. *Geophys. Sbornik* 21, 267–286.
- TOBIAS, V. (1976): Constants of standard intermediate-period electromagnetic seismographs. *Geophys. Sbornik* 24, 211–230.
- ULLMANN, W. & PANKOV, V.L (1976): A new structure of the equation of state and its application in high-pressure physics and geophysics. Veröff. Zentralinst. Phys. d. Erde 41, 201 S.
- UNTERREITMEIER, E. (1975): Hochverstärkender langperiodischer elektronischer Seismograph an der Station Moxa. Veröff. Zentralinst. Phys. d. Erde 31/2, 495–503.
- VANEK, J., KONDORSKAYA, N.V. & CHRISTOSKOV, L. (1980): Earthquake magnitude in seismological practice: PV and PVs waves. *Bol. Akad. Nauk*, 263 S.
- VANEK, J., KARNIK, V., ZATOPEK, A., KONDORSKAYA, N.V., RIZNICHENKO, Yu.V., VANEK, J. & STELZNER, J. (1960): Einheitliche Bestimmung von Erdbebenmagnituden für mitteleuropäische Stationen. *Geofyz. Sbornik*, 136, 299–399.
- VANEK, J., STELZNER, J. (1960): The problem of magnitude calibrating functions for body waves. *Annali di Geof.* 13, 393–407.
- VINNIK L.P., LUKK, A.A. & LENARTOVICH, E. (1975): Lateral inhomogeneities in the uppermost mantle and tectonics of the Pamirs, Hindu Kush and of the Carpatians. *Proc. XIV. Gen. Ass. ESC, Trieste*, 427–432.
- WANIEK, L., KOZAK, J., SHAMINA, O.G. & PAVLOV, A.A. (1977): Schlieren observations of P-waves in models simulating zones of randomly distributed cracks. *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.* A6 (117).
- WIELAND, E. & STRECKEISEN, G. (1982): The leaf-spring seismometer. Design and performance. *Bull. Seis. Soc. Am.* 72, 2346–2367.
- YANOVSKAYA, T.B. (1968): Some data on seismic waves through the Earth's core. *J. Geophys. Earth.* 16, 37–43.