©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Verh. Geol. B.-A.	Jahrgang 1977	Heft 3	S. 303—311	Wien, Dezember 1977

Klüfte in der Umgebung des Pauliberges, Burgenland

Von F. Kohlbeck und A. E. Scheidegger *)

Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 106, 107

Schlüsselwörter
Geostatistik
Klüfte
tektonische Spannungen
Spannungstrajektorien
Burgenland, Pauliberg

INHALT

Zusammenfassung 303
Abstract 303
1. Einleitung 303
2. Geologie des Untersuchungsgebietes 304
3. Kluftmessungen 305
4. Auswertung der Kluftmessungen 305
5. Diskussion 309
Literatur 310

Zusammenfassung

Es wurde versucht, mit Hilfe von Kluftmessungen Aussagen über den rezenten Spannungszustand in der Umgebung des Pauliberges zu treffen. Die Auswertung der Meßdaten erfolgte mit einer parametrischen und einer nicht parametrischen statistischen Methode und ergab zwei verschiedene nebeneinander bestehende Kluftsysteme. Diese können sowohl als regionale Anomalie eines Spannungsfeldes als auch durch nacheinander wirksame, im ganzen Untersuchungsgebiet homogene Spannungszustände erklärt werden.

Abstract

An attempt was made to determine the present-day tectonic stresses from joint orientation measurements in the vicinity of the Pauliberg in Burgenland, Austria. The evaluation of the data was made by a parametric as well as by a nonparametric statistical method and yielded the result that there are two concurrent joint systems. These can be explained either as a regional stress anomaly because of the basalt plug forming the Pauliberg or as two homogeneous stress states that have been active at different times in the whole area.

1. Einleitung

Für die Aufnahme von Klüften und Kluftsystemen zur Erfassung von Spannungen hat sich neben der bekannten geologischen Betrachtungsweise in den letzten Jahren

*) Anschrift der Verfasser: Dr. F. Kohlbeck, Prof. Dr. A. E. Scheidegger, Technische Universität Wien, Institut für Geophysik, Gußhausstraße 27—29, A-1040 Wien.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

eine andere, hier als geomechanische bezeichnete, Methodik entwickelt (z. B. SCHEIDEGGER, 1976). Während die genaue geologische Aufnahme versucht, Zusammenhänge zwischen Klüftung einerseits und Schichtung, Faltung, Material usw. andererseits zu erfassen, ist es Ziel des geomechanischen Verfahrens, junge, großräumige tektonische Spannungsfelder zu beobachten. Eine ausführliche Diskussion der beiden Verfahren würde den Rahmen dieser Arbeit übersteigen. Es seien daher an dieser Stelle nur einige grundlegende Richtlinien der in dieser Arbeit verwendeten geomechanischen Methodik erwähnt. Die Aufnahme konzentriert sich auf Scherklüfte entsprechend der Anderson'schen Bruchtheorie. Sind keine größeren Überlagerungen vorhanden, so ergeben sich als Folge horizontaler Kräfte der Plattentektonik im allgemeinen steil stehende Kluftscharen, die sich durch unterschiedliche Gesteine und Lagen fortsetzen. Es hat sich herausgestellt, daß Lithologie und Genese der betreffenden Gesteine mit Bezug auf die rezenten Klüfte vollkommen belanglos sind. Bilden sich im homogenen isotropen Medium bei Überschreiten der Gesteinsfestigkeit zwei konjugierte Kluftscharen (Mohr'sche Bruchtheorie), so ergeben sich im Realfall infolge von Anisotropie, Schichtung, Schieferung, Variation von Materialkonstanten usw. Schwankungen der Klüftepole um einen Mittelwert. Mit Hilfe statistischer Methoden ist es möglich, Mittelwert und zugehörige Vertrauenbereiche zu bestimmen (KOHLBECK und SCHEIDEGGER, 1977). Die Anwendung statistischer Testverfahren erlaubt es ferner, sich auf eine geringere Zahl von Messungen zu beschränken, als dies bei einer rein gefühlsmäßigen Interpretation von Poldichtediagrammen möglich ist.

Im vorliegenden Fall soll an Hand von Kluftmessungen aus der Umgebung des Pauliberges (Burgenland) die Anwendung der statistischen Methode im Sinne der geomechanischen Interpretation demonstriert werden.

2. Geologie des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet besteht im wesentlichen aus einem mehrfach umgewandelten Grundgebirge des Alpenkörpers, dem im Bereich des Pauliberges pliozänes Ergußgestein überlagert ist (siehe KÜMEL, 1935, 1936, KÜPPER, 1957). Unmittelbar im Osten liegt, durch markante Brüche getrennt, das Tertiär des Oberpullendorfer Beckens. Während der Nordteil des Beckens, die Landseer Bucht, Tortonische Schichten aufweist (JANOSCHEK, 1931), liegt in dem S gelegenen, durch das Bruchsystem Kobersdorf—Oberpullendorf—Klostermarienberg vom restlichen Becken getrennten Draßmarkter Teilbecken, das Sarmat unmittelbar dem Grundgebirge auf (KÜMEL, 1936). Der Vulkanismus des Pauliberges ist dem burgenländisch-steirischen Vulkanfeld zuzuordnen, welches seinerseits den alpennächsten Rand der großen Vulkanketten des pannonischen Beckens bildet. Diese Vulkanketten werden nach SZADECZKY-KARDOSS (1976) als Folge mehrerer Subduktionen im Sinne der Plattentektonik gedeutet. Nach magnetischen Untersuchungen von TOPERCZER (1947) dürfte die unmittelbare Entstehung des Pauliberges auf Spalteneruptionen zurückzuführen sein. Diese Annahme wird noch durch die topographische Form des Basaltzuges bestätigt. Wie dem Kartenblatt der ÖK 107 zu entnehmen ist, wird der Höhenrücken von einem längeren NW—SE und einem kürzeren dazu konjugierten NE—SW verlaufenden Steilabfall begrenzt. Dieser NW—SE verlaufende Steilabfall liegt parallel zum großen Bruchsystem Kobersdorf—Oberpullendorf—Klostermarienberg. In diesem Zusammenhang sind auch die zahlreichen weiteren Brüche westlich und nördlich des Pauliberges zu nennen (JANOSCHEK, 1931, KÜMEL, 1936, Zusammenstellung bei KÜPPER, 1957). Im wesentlichen ergibt sich hier eine N—S-Richtung sowie ein konjugiertes System NW—SE bzw. NE—SW verlaufender Brüche.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

3. Kluftmessungen

Die Kluftmessungen wurden in den mit A—L bezeichneten Aufschlüssen mit einem Kompaß System Clar durchgeführt. Abb. 1 zeigt die Lage der Aufschlüsse im Untersuchungsgebiet. Im Gegensatz zu F. KÜMEL (1935), welcher die Klüftung des Basalts hauptsächlich auf Schwinden zurückführt, sind die Autoren der Ansicht, daß ein wesentlicher Anteil der Klüftung tektonischen Ursprunges ist. Für diese Meinung spricht einerseits das Fehlen der säuligen Anordnung des Basalts als auch ein nur geringer Anteil von Zug-Klüften, wie sie für rasche Abkühlung charakteristisch sind. Weiters konnte infolge des nunmehr weit fortgeschrittenen Abbaus, in dem durch die Sprengung freigelegten Inneren des Pauliberges gemessen werden. Hier zeigten sich Klüfte, die glatt durch den Basalt und den eingelagerten Dolerit (KÜMEL, 1936) hindurchtreten und daher nicht als Schwindklüfte gedeutet werden können.

Abb. 2 zeigen die Kluftpole in stereographischer Projektion. Mit eingezeichnet sind Linien gleicher Polhäufigkeit, die von einem Computerprogramm erstellt wurden (KOHLBECK und SCHEIDEGGER, 1977). Für die Ermittlung der Polhäufigkeiten wurden Auszählkalotten mit einer Fläche von $2\pi/N$ (N = Zahl der Meßwerte) mit Zentrum auf einem $10° \times 10°$ Gradnetz der Lagenkugel verwendet. Alle weiteren Kurvenpunkte wurden durch Interpolation aus den Werten am Gradnetz bestimmt. Zur besseren Erkennbarkeit des Verlaufes der Dichtelinien im Breitenbereich 0° der Lagenkugel wurden die Kurven bis —10° weitergezeichnet.

4. Auswertung der Kluftmessungen

Die genauere Auswertung der Daten erfolgte mit einem Rechenprogramm (KOHLBECK und SCHEIDEGGER, 1977), welches mit Hilfe des maximum likelihood-Verfahrens Dichtemaxima der Form von Dimroth-Watson-Verteilungen (SCHEIDEGGER, 1965) zu den gegebenen Meßwerten sucht. Ermittelt werden Position, Breite und relative Gewichte von bis zu drei Maxima mit den zugehörigen Vertrauensbereichen. Für die Beurteilung der Relevanz der einzelnen Maxima wurde ein 90%iger Vertrauensbereich angenommen. Die Ergebnisse der Auswertung der einzelnen Aufschlüsse sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Die Aufschlüsse A, B, I zeigen ein vornehmlich NE—SW und NW—SE streichendes konjugiertes Kluftsystem. Für die übrigen Orte ergab sich im wesentlichen ein N—S und W—E streichendes Vorzugssystem. Die Klüfte aller Aufschlüsse sind fast ausschließlich steil einfallend. Der kleinste mittlere Fallwinkel ergab sich bei Aufschluß K zu ca. 70°. Die für die einzelnen Meßorte gefundenen Streichrichtungen der errechneten Kluftsysteme sind in Abb. 1 durch Pfeile dargestellt. In das Bild wurden auch die Bruchlinien aus der geologischen Karte Mattersburg—Deutschkreutz eingetragen und mit den Ziffern 1—8 bezeichnet. Dem Bild kann man entnehmen, daß die Kluftsysteme der Aufschlüsse A, B, I den Brüchen 1—4 sowie dem Verlauf des Steilabfalls am Pauliberg entsprechen, während die Kluftsysteme der übrigen Aufschlüsse eher den Brüchen 5—8 zuzuordnen sind.

Wegen der oben angedeuteten vermutlichen Zuordnung wurden Gesamtwerte für die erwähnten Aufschlußgruppen gerechnet; nämlich für die Gruppe ABI und für die Gruppe, bestehend aus allen Aufschlüssen ohne ABI. Weiters könnte man denken, daß die Aufschlüsse auch in geographische Gruppen gegliedert werden könnten. In einem solchen Arrangement bestünde eine zentrale Gruppe, bestehend aus ABI sowie peripheral die Gruppen FHL und CDEGK. Die Resultate für alle diese Gruppenrechnungen sind in Zahlentafel 1 angegeben. Abb. 1 zeigt auch eine konventionelle Darstellung der Streichrichtungen der regionalen Gruppenwerte.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

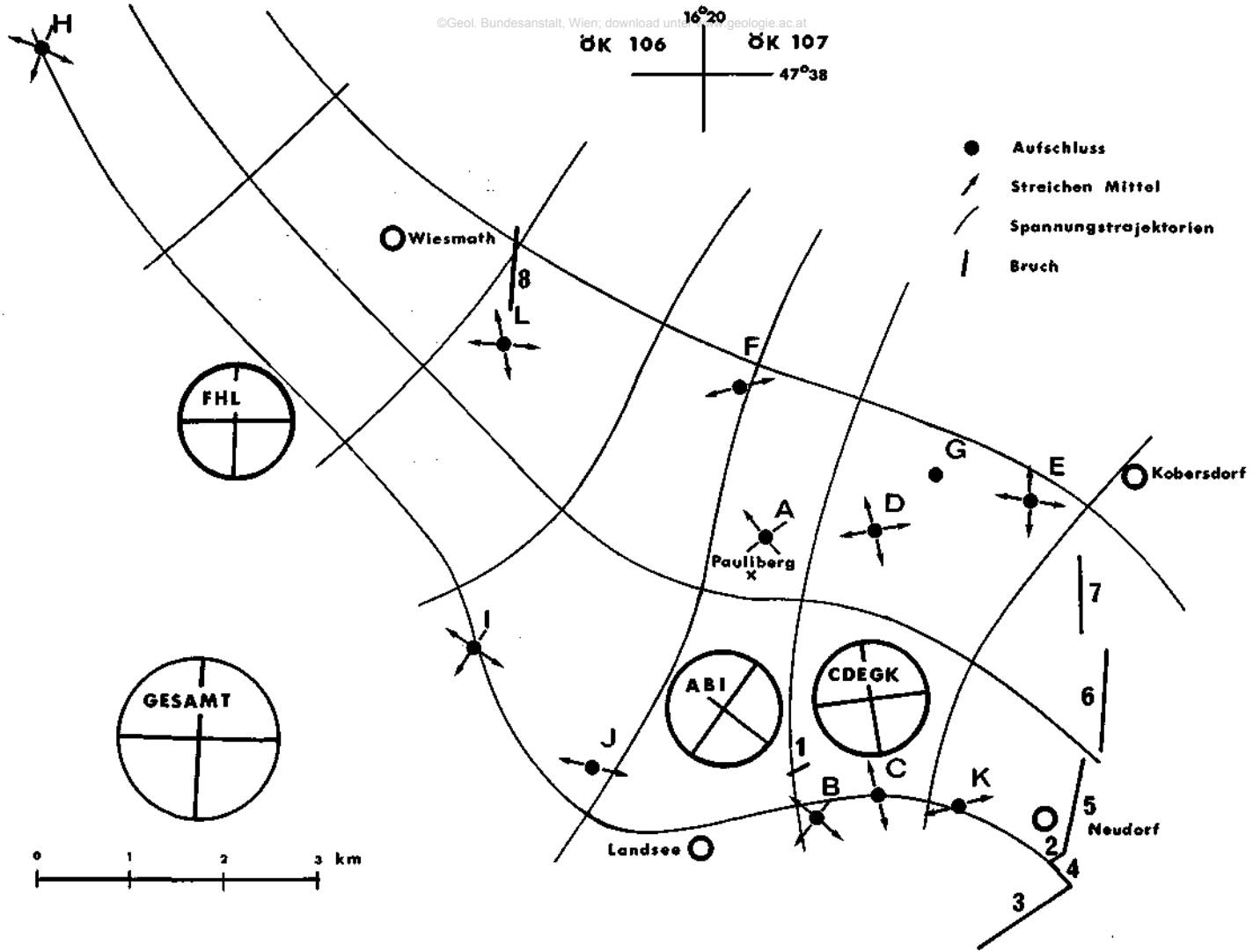

Abb. 1: Umgebung des Pauliberges: Lokationen der Aufschlüsse, Streichrichtungen der signifikanten Kluftscharen der Einzelaufschlüsse und der Gruppen von Aufschlüssen, Brüche (Ziffern 1—8) und Spannungstrajektorien

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

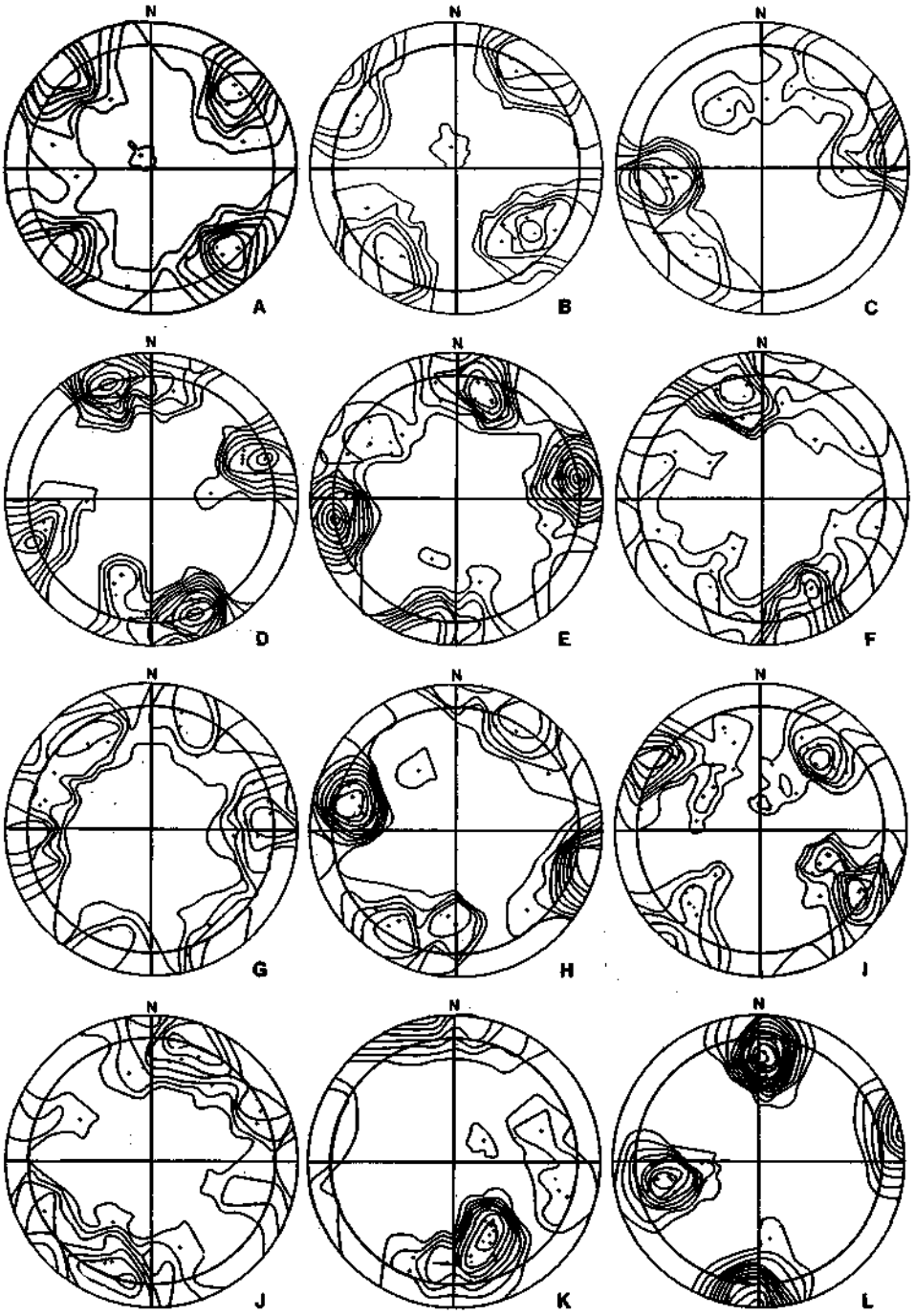

Abb. 2: Klüftepole und Dichtelinien der Klüftepole der Aufschlüsse A—L in stereographischer Projektion. Die Kreise entsprechen einer konstanten Inklination von $\theta = 0°$ und $\theta = -10°$

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Tabelle 1

Mittlere Kluftstellungen mit zugehörigem Vertrauensbereich und daraus errechnete Richtungen der größten (T) und kleinsten (P) Hauptnormalspannung. Werte mit Vertrauensbereichen > 25° wurden mit Klammern versehen und als nicht signifikant betrachtet.

Aufschluß	No. Data	Max. 1	Max. 2	Winkel	P	T	Gestein
		Fallrichtung/Fallwinkel			Länge/Breite		
			Einzelwerte				
A	28	230±20/89±10	316± 5/89±15	86	183/0	93/2	Basalt
B	16	40±14/84±14	307±23/79±24	88	174/12	83/3	Quarzit
C	17	67±20/87±18	(159±28/60±22)	89	289/23	27/18	Quarzit
D	30	253±11/89±12	350± 7/88±12	83	122/2	212/0	Quarzit u.Glimmerschiefer
E	36	269± 6/89± 8	188±10/86± 8	81	318/3	49/3	Aplitgneis
F	33	(54±51/87±29)	163±18/87±13	72	289/6	199/0	Aplitgneis
G	18	(259±29/86±23)	146±10/83±10	69	23/10	292/2	Glimmerschiefer
H	25	23±10/83±11	108±14/82± 6	85	336/1	245/10	Gneis
I	48	217±19/79±20	304±14/86±16	87	350/5	81/10	Gneis
J	22	15±14/89±14	(265±23/86±29)	70	140/4	50/2	Glimmerschiefer
K	23	(264±32/71±28)	345±14/70±12	76	214/0	124/25	Quarzit u.Glimmerschiefer
L	26	183± 4/82±11	79± 3/73± 2	79	312/20	220/6	Aplitgneis
			Gruppenwerte				
ABI	84	222± 9/88±10	308± 9/88±12	86	353/0	85/3	
CDEGK	124	262± 7/88± 7	354±10/88± 9	87	128/3	38/0	
FHL	84	92±13/80±11	182±10/99± 9	89	317/8	226/6	
CDEFGHJKL	230	85± 7/88± 6	360± 7/90± 6	85	312/1	222/4	
alles	322	184±12/89± 7	92±14/90± 7	87	318/1	48/0	

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Schließlich wurden auch noch Gesamtmittelwerte für alle Aufschlüsse ermittelt. Diese sind ebenfalls in Tab. 1 angeführt. Das entsprechende Poldichtediagramm ist in Abb. 3 gezeigt.

Insofern als die Klüfte jeweils steil-stehende Scharen bilden, können sie nach der Anderson'schen (1951) Theorie als Brüche in einem triaxialen Spannungssystem betrachtet werden. Die Richtung der größten (P) und kleinsten (T) Druckspannung dieses Spannungsfeldes wurden berechnet. Die entsprechenden Werte sind in Zahlentafel 1 sowohl für die Einzelaufschlüsse wie auch für die Aufschlußgruppen aufgeführt.

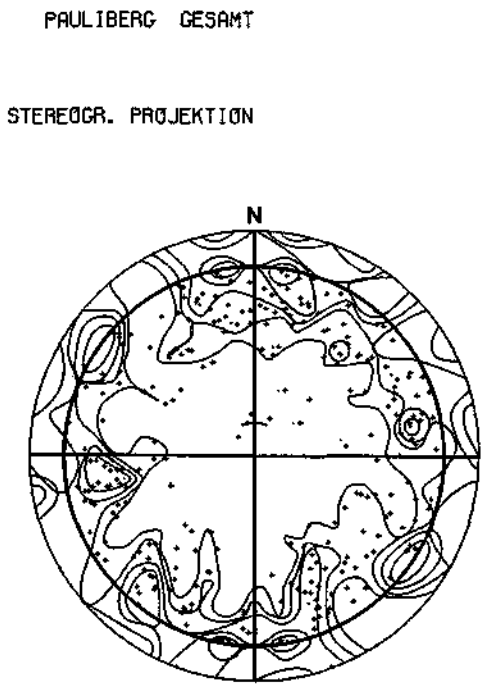

Abb. 3: Dichtelinien der Klüftepole aller Aufschlüsse in stereogr. Projektion. Der Äquator der Projektionskugel ist als innerer der beiden Kreise abgebildet

5. Diskussion

Für die Anordnung der Klüfte können verschiedene Erläuterungsversuche gemacht werden.

Einerseits kann man annehmen, daß die vorhandenen Kluftsysteme durch zwei verschiedene Beanspruchungen zustande kamen und nicht die Folge zufälliger für jeden Aufschluß gesonderter lokaler Ursachen sind, denn die Stellungen der in der Umgebung des Pauliberges aufgenommenen Klüfte entsprechen sowohl den großräumigen Brüchen an den Rändern der benachbarten Becken wie Oberpullendorfer Becken, Eisenstädter Becken, Mitterndorfer Senke (siehe Küpper, 1957, Tafel XII) als auch den kleineren Brüchen in der Umgebung des Pauliberges. Es können zwei Systeme mit konjugierten Bruchflächen postuliert werden, und zwar ein System mit

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

N38E bzw. N48W streichenden Kluftflächen, welches parallel zu den Spalten des Pauliberges, den Brüchen der Mitterndorfer Senke und zum Kobersdorf—Stoober Bruchsystem liegt. Da dieses Kluftsystem auch im Basalt des Pauliberges auftritt, war es zumindest noch im oberen Pliozän aktiv. Das zweite, eventuell ältere Kluftsystem streicht etwa N—S bzw. E—W und liegt parallel dem Bruch am Ostrand des Neusiedler Sees, bzw. dem N—S verlaufenden Bruch N von Sieggraben. Bemerkenswert wäre noch die Kongruenz der Kluftsysteme mit denen von SCHEIDEGGER (1976) gefundenen nördlich der Diendorfer Störung. Nach SCHEIDEGGER ergibt sich dort ein Hauptkluftsystem, welches N32°E und N55°W streicht, sowie ein weit schwächeres konjugiertes Kluftsystem, welches NS und EW streicht. Anderseits kann man die Kluftstellungen als Ausdruck eines einzigen regionalen Spannungsfeldes mit lokaler Anomalie betrachten. Durch die Spannungshauptachsenrichtungen lassen sich die in Fig. 1 gezeigten Spannungstrajektorien legen, allerdings nur, wenn man die individuellen Identifizierungen von P und T außer acht läßt. Da die letztere aber von dem (oft bei 90° liegenden) Winkel zwischen den Kluftscharen abhängt, ist diese Identifizierung ohnehin nicht sehr vertrauenswürdig. Man hätte also, nach Abb. 1, einen regionalen Spannungszustand, dessen Hauptspannungsrichtungen mehr oder weniger NW—SE und NE—SW verlaufen, worin aber durch den Basaltpfropfen (Gruppe ABI der Aufschlüsse) eine zentrale Anomalie erzeugt würde. Diese Erklärung stünde in Übereinstimmung mit dem Modell der Plattentektonik von SZADECZKY-KARDOSS (1976) und DEWEY (1973), nach welchem die Jung-Tertiäre Subduktion der Pannonischen Platte im betrachteten Raum etwa SE—NW verläuft. Die aus den Kluftstellungen gefolgerten rezenten Spannungen bestätigen die bis heute konsistente Fortsetzung der im Miozän begonnenen Bewegungen.

Dank

Die gesamten Feldarbeiten und die Drucklegung der Arbeit wurden durch Zuwendungen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen des Internationalen Geodynamik Projektes ermöglicht. Ohne diese, durch den Vorsitzenden des Österreichischen Nationalen Geodynamik Komitees, Herrn Prof. Dr. F. STEINHAUSER vermittelte Unterstützung, wäre die vorliegende Arbeit nicht möglich geworden; die Autoren möchten daher Herrn Prof. STEINHAUSER ihren verbindlichsten Dank aussprechen.

Dem Rechenzentrum der Technischen Universität Wien, Abteilung Digitalrechenanlage und Hybridrechenanlage, verdanken die Autoren die kostenlose Durchführung sämtlicher Rechenarbeiten, sowie eine ausgezeichnete Beratung in allen Programmangelegenheiten.

Die Drucklegung wurde durch Herrn Dr. GATTINGER von der Geologischen Bundesanstalt vermittelt.

Herrn Dr. PAHR danken die Autoren für Literaturhinweise und Beratung in geologischen Fragen.

Literatur

ANDERSON, E. M., 1951: The dynamics of faulting and dyke formation with applications to Britain. 2nd Ed., 206 p., London: Oliver & Boyd.

DEWEY, J., PITMAN III, D., RYAN, W., BONNIN, J., 1973: Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. Geol. Soc. Am. Bull., 84, 3137—3180.

JANOSCHEK, R., 1931: Die Geschichte des Nordrandes der Landseer Bucht im Jungtertiär. Mitt. Geol. Ges. Wien, XXIV.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

KOHLBECK, F., SCHEIDEGGER, A. E., 1977: On the theory of the evaluation of joint-orientation measurements. Rock Mech., **9**, **1**: 9—25.

KÜMEL, F., 1935: Die Vulkanite des mittleren Burgenlandes. Verh. Geol. B.-A. **12**, 185—189.

KÜMEL, F., 1936: Vulkanismus und Tektonik der Landseer Bucht im Burgenland. Jahrb. Geol. B.-A. 1936, 203.

KÜPPER, H., 1957: Erläuterungen zur geologischen Karte Mattersburg-Deutschkreutz. Geologische Bundesanstalt Wien.

SCHEIDEGGER, A. E., 1965: On the statistics of the orientation of bedding planes, grain axes, and similar sedimentological data. U.S. Geol. Survey, Prof. Paper **525-C**: C164—C167.

SCHEIDEGGER, A. E., 1976: Untersuchungen des Beanspruchungsplanes im Einflußgebiet der Diendorfer Störung. Jahrb. Geol. B.-A., **119**, 83—95.

SZADECZKY-KARDOSS, E., 1976: Plattentektonik im pannonisch-karpatischen Raum. Geol. Rdsch., **65**, 1, 143—161.

TOPERCZER, M., 1947: Geophysikalische Untersuchungen des Pauliberges bei Landsee, Sitzungsberichte d. Österr. Akademie d. Wiss. Wien, IIa, **156**, 335.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 12. 4. 1977.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1977

Band/Volume: 1977

Autor(en)/Author(s): Kohlbeck F., Scheidegger Adrian E.

Artikel/Article: Klüfte in der Umgebung des Pauliberges, Burgenland 303-311