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

Jb. Geol. B.-A.	ISSN 0016-7800	Band 131	Heft 2	S. 315–327	Wien, August 1988

Strukturgeologische Untersuchungen eines Ophiolith-Komplexes und eines ophiolithischen Melange-Komplexes in Nordwestanatolien

Von KARL NEBERT*)

Mit 13 Abbildungen

Türkei
Anatolien
Anatoliden-Pontiden-Sutur
Plattentektonik
Gefügekunde

Inhalt

Zusammenfassung . . . 315
Abstract . . . 315
1. Einleitung . . . 315
2. Strukturanalyse des Ophiolith-Komplexes . . . 316
3. Strukturanalyse des ophiolithischen Melange-Komplexes . . . 321
3.1. Strukturanalyse der Melange-Matrix . . . 321
3.2. Strukturanalyse der Melange-Klasten . . . 322
Literatur . . . 326

Zusammenfassung

Die beiden untersuchten Gebiete sind kleine Teilausschnitte der Anatoliden-Pontiden-Sutur (= Nordanatolische Ophiolith-Sutur) Nordwestanatoliens. Mit Hilfe mesoskopischer Strukturelemente (Schichtflächen, Schieferungsflächen, Chromitbänderungsflächen, Harnischflächen, Faltenachsen, Harnischstriemen, Runzelungen und Längungen von Chromitkugeln) wurde versucht, den tektonischen Stil, das Deformationsgefüge und die Subduktionsrichtung eines ophiolithischen Melange-Komplexes (gedeutet als fossiler Subduktionskomplex) abzuleiten. Zusätzlich sollte die Spreadingrichtung eines Ophiolith-Komplexes (gedeutet als Teilstück der einstigen ozeanischen Lithosphäre) ermittelt werden.

Abstract

The two areas studied are small parts of the Anatolides-Pontides-Suture (= Northanatolian Ophiolite-Suture) in northwestern Anatolia. Using mesoscopical structural elements (bedding-planes, foliation-planes, chromite banding-planes, slickensides, slickenside-striae, fold axes, crenulations and elongated chromite nodules) the tectonic style, the deformation fabrics, and the subduction direction of an ophiolitic melange-complex (considered as a fossil accretionary complex) were defined. In addition the spreading direction of an ophiolite-complex (considered as a slab of an ancient oceanic lithosphere) was deduced.

*) Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. KARL NEBERT, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz.

1. Einleitung

Im Rahmen eines M. T. A.-Projektes (Ankara) wurde ein rund 500 km² umfassendes Gebiet nördlich der Stadt Eskişehir und zu beiden Seiten des Sakarya-Flusses geologisch untersucht (K. NEBERT, Fr.-J. BROSCH & W. MÖRTH, 1986). Plattentektonisch handelt es sich um einen westlichen Teilabschnitt der Anatoliden-Pontiden-Sutur (= Nordanatolische Ophiolith-Sutur). Das betreffende Untersuchungsgebiet wird von fünf tektonischen Einheiten aufgebaut (Abb. 1). Im Süden treten der Ophiolith-Komplex und der ophiolithische Melange-Komplex auf. Der Ophiolith-Komplex wird als Rest einer ozeanischen Lithosphäre gedeutet. Der ophiolithische Melange-Komplex stellt den Rest eines ehemaligen Subduktionskomplexes dar. Die überwiegend klastischen Sedimente der dritten tektonischen Einheit (Konglomerat-Zone) haben ein paläozänes Alter und sind Ablagerungen eines Vorbogenbekkens (Forearc basin). Die vierte tektonische Einheit (Karbonatgesteins-Komplex) besteht aus isolierten, größeren Karbonatgesteinsschollen, die einst den breiten Schelfgürtel des Kontinentalrandes der Pontiden-Platte bildeten. Mit Hilfe von Fossilien wurde das Alter der Karbonatgesteine mit Mitteljura–Oberkreide festgesetzt. Zum gleichen Kontinentalrand gehörte auch die im Norden auftretende fünfte tektonische Einheit. Es ist dies eine Kristallin-Zone mit Granitintrusionen und überlagernden mesozoischen Karbonatgesteinen.

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

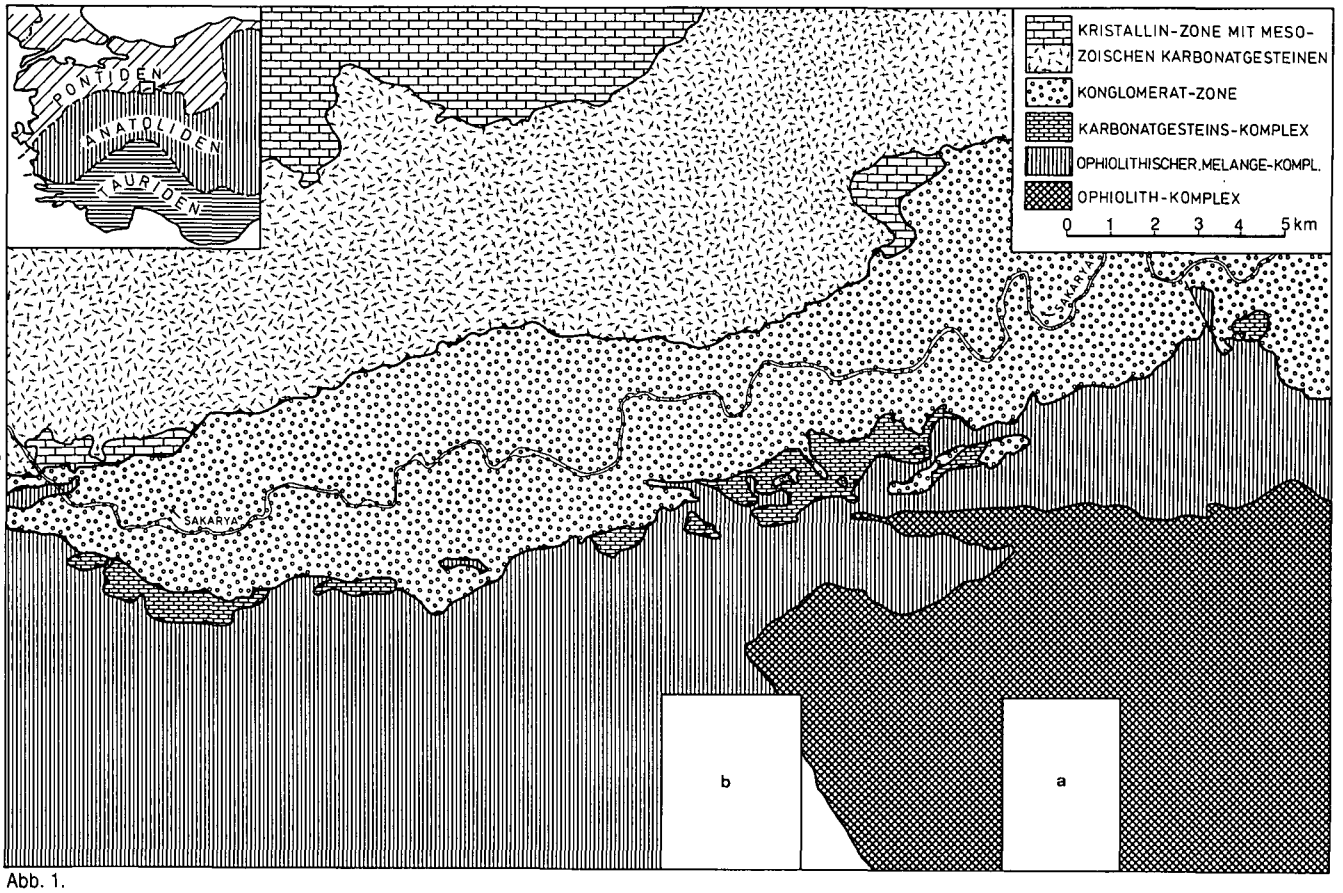


Abb. 1.
Vereinfachte geologische Karte eines westlichen Teilabschnittes der Anatoliden-Pontiden-Sutur (nach K. NEBERT, F. J. BROSCH & W. MÖRTH, 1986).
Das Indexkärtchen (Ecke links oben) zeigt die geographische Lage des Teilabschnittes.
Anmerkung der Schriftleitung: Bedauerlicherweise ging entweder beim Transport des Abbildungsoriginals oder bei der Reproduktion ein Stück der senkrechten Schraffierung (ophiolithischer Melangekomplex) rechts neben dem Indexkärtchen b verloren.

Der Baustil des Gebiets wird von einer typischen Schuppentektonik (imbricate structure) geprägt. Die einzelnen tektonischen Einheiten liegen schuppenartig übereinander (Abb. 1). Im Süden sind die Gesteine des mesozoischen Karbonatgesteins-Komplexes auf den ophiolithischen Melange-Komplex aufgeschoben. Sie bilden dort isolierte Deckschollen. Die Gesteine der Konglomerat-Zone überfahren jene des mesozoischen Karbonatgesteins-Komplexes sowie jene des ophiolithischen Melange-Komplexes. Die Kristallin-Einheit, schließlich, ist in breiter Front auf die Konglomerat-Einheit an- bzw. aufgeschoben.

Die Spuren dieser tektonischen Bewegungen sind allgegenwärtig: Entlang der Abscherungsflächen und der Überschiebungs- bzw. Unterfahrungsbahnen sind gewaltige tektonische Brekzien und Harnischflächen etnwickelt.

Die geodynamischen Vorgänge, die diesen Baustil prägten, begannen in der Oberkreide während eines Subduktionsprozesses und endeten post-Paläozän (wahrscheinlich Miozän) während einer Kollision, durch welche die Anatoliden an die Pontiden geschweißt wurden. Die Kollision führte zur Bildung der Anatoliden-Pontiden-Sutur (NEBERT, BROSCH & MÖRTH).

Die in vorliegender Arbeit besprochene Strukturanalyse bezieht sich auf je einen kleinen Teilausschnitt des Ophiolith-Komplexes (Indexrechteck a in Abb. 1) und des ophiolithischen Melange-Komplexes (Indexrechteck b in Abb. 1). In diesen beiden Gebietsabschnitten boten sich besonders gute Aufschlußbedingungen für das Studium folgender mesoskopischer Strukturelemente: Schichtflächen (S_0), Schieferungsflächen (S_1), Chromitbänderungsflächen (S_c), Kluftflächen (K), Harnischflächen (HK), Faltenachsen (B), Harnischstriemen (H), Runzelungen (R) und Längungen von Chromitkugeln.

Die abgebildeten Gefügediagramme (flächentreues stereographisches Netz = Schmidtsches Netz) geben am oberen Rand die Anzahl der jeweils eingemessenen Strukturelemente sowie deren Besetzungsdichte an.

2. Strukturanalyse des Ophiolith-Komplexes

Als „Ophiolithe" bezeichnet man Vergesellschaftungen (Kumulate) von mafischen und ultramafischen Gesteinen, von denen angenommen wird, daß sie Teile der ozeanischen Kruste und des oberen Mantels darstellen und daß sie von dort durch tektonische Vorgänge an die Erdoberfläche verfrachtet wurden (G. COLEMAN, 1977; H. MESORIAN et al., 1973).

Ein kleines, im Inneren des Ophiolith-Komplexes liegendes Gebiet (s. Indexrechteck a in Abb. 1) wurde strukturgeologisch untersucht. Darüber hinaus wurden für die Strukturanalyse auch einige Stationen herangezogen, die sich am Rande des Ophiolith-Komplexes, in unmittelbarer Nähe zum ophiolithischen Melange-Komplex, befanden.

Sowohl der kleine Gebietsausschnitt als auch die erwähnten Randstationen bestanden aus Dunit, der reichlich Chromiterz führte. Zahlreiche Pingen, Schurfgräben und aufgelassene Abbaustollen waren Zeugen

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

dieser Chromitführung (s. Karte in Abb. 2). Hierbei handelte es sich um Sprenkel-, Bänder- und Derberze, die Lagen bis zu 50 cm Stärke bildeten (s. Abb. 3a). Der Übersichtlichkeit halber wurde das untersuchte Kleingebiet in drei Abschnitte (A, B und C, s. Karte in Abb. 2) aufgeteilt.

Die Internstruktur des Dunits wird von einer Faltung der Chromitbänder und von einem charakteristischen Kluftsystem geprägt. Zunächst werden die Chromitbänderfalten besprochen, anschließend das Kluftsystem.

Im Abschnitt A (Karte in Abb. 2) ließen sich etliche mesoskopische Chromitbänderungsfalten (s. Abb. 3b und 3c) einmessen und gefügekundlich darstellen: Ihre Achsen tauchen mittelsteil bis steil nach SSE bis SE ein (Abb. 2A, rechtes Diagramm). Die Pole von 113 eingemessenen Chromitbänderungsflächen (S_c) bilden einen Gürtel, der entlang eines π-Großkreises liegt. Der Pol (π) des Großkreises könnte als die steil nach SE (136°/62°) eintauchende B-Achse eines regionalen Faltensystems aufgefaßt werden. Hinsichtlich ihrer räumlichen Lage steht die regionale B-Achse im besten Einklang mit den eingemessenen Faltenachsen.

In den beiden anderen Abschnitten B und C (rechte Diagramme B und C, Abb. 2) liegen ähnliche Verhältnisse vor: In den betreffenden Gefügediagrammen folgen die S_c-Pole jeweils einem π-Großkreis, dessen Pol (π) entspricht der B-Achse eines regionalen Faltensystems.

In einem Abbau des B-Abschnitts war ein Kugelerz freigelegt. Es bestand aus 1–2 cm großen Chromitkugeln, die eine deutliche Längung aufwiesen. Die eingemessenen Längungsachsen tauchten ungefähr flach nach NNW und SSE ein (s. Abb. 2B, rechtes Diagramm), somit annähernd in die Richtung der konstruierten B-Achse des regionalen Faltensystems.

Aus der an der Chromitbänderung durchgeführten Strukturanalyse läßt sich somit folgern, daß die Bänderungsflächen (S_c) Bestandteile eines regionalen Faltensystems sind. Ein aus den Polen der insgesamt 273 S_c-Flächen konstruiertes Sammeldiagramm (Abb. 4) stützt diese Auffassung, denn die S_c-Pole bilden einen breiten Gürtel entlang eines π-Großkreises. Dessen Pol (π) ergibt die mittelsteil nach SSE (150°/56°) eintauchende B-Achse des regionalen Faltensystems der Chromitbänderung.

Zwei Schwerpunkte liegen im Maximum des Gürtels. Die zu ihnen gehörenden Bänderungsflächen (ausgezogene Großkreise) schneiden sich in π = B. Sie stellen die steil einfallenden bis saiger stehenden Schenkel in einem vergenten Faltensystem dar. Legen wir dem regionalen Faltensystem eine rhombische Symmetrie zugrunde, dann würde die bc-Symmetrieebene zwischen den Großkreisen der beiden Faltenschenkel verlaufen. Ihr Pol läge zwischen den beiden Schwerpunkten und würde die a-Achse des rhombischen Koordinatensystems bestimmen. In ähnlicher Weise ließe sich als Pol zur ab-Symmetrieebene die Koordinatenachse c konstruieren.

Ein ausgeprägtes Kluftsystem beherrscht den Dunit im untersuchten Gebietsausschnitt (Abb. 2). Die Klüfte wurden in den einzelnen Abschnitten jeweils an weit auseinanderliegenden Stationen eingemessen.

Die Pole von 1052 Kluftflächen (K-Flächen) des Abschnitts A bilden im Gefügediagramm (Abb. 2A, linkes Diagramm) drei deutliche Maxima, die auf eine rhombische Symmetrie hinweisen. Bezieht man dieses Kluftsystem auf die vorhin für das regionale Faltensystem der Chromitbänderung konstruierten rhombischen Koordinatenachsen, so kann man feststellen, daß ein K-Maximum im Geltungsbereich der regionalen B-Achse des Faltensystems liegt (vgl. Abb. 2A, rechtes Diagramm). Nehmen wir an, daß es sich hierbei um eine Polanhäufung von ac- bzw. OkO-Kluftflächen handelt, so läßt sich die Koordinatenachse b für das Kluftsystem festlegen. Innerhalb der beiden anderen K-Maxima liegen die Koordinatenachsen a und c. Die K-Maxima stellen Polanhäufungen von bc- und ab-Kluftflächen dar.

Das Kluftsystem in den Teilabschnitten B und C zeigt einen ähnlichen strukturellen Aufbau: Es treten jeweils drei Kluftpolmaxima auf (vgl. linke Diagramme B und C in Abb. 2), die auf eine rhombische Symmetrie hindeuten und die, bezogen auf die B-Achse des regionalen Faltensystems der Bänderung, Polanhäufungen von ab-, ac- und bc-Kluftflächen entsprechen. Im Kluftdiagramm C tritt zusätzlich ein Okl-Kluftmaximum auf.

Aus den besprochenen Gefügediagrammen lassen sich drei Folgerungen ableiten:

1) den regelmäßigen Faltenbau der Chromitbänderung;
2) die einheitlich ausgebildete Klüftung in diesem zentralen Teilausschnitt des Ophiolith-Komplexes;
3) die auffallende geometrisch-symmetrologische Beziehung zwischen dem Faltenbau der Chromitbänderung und der Klüftung.

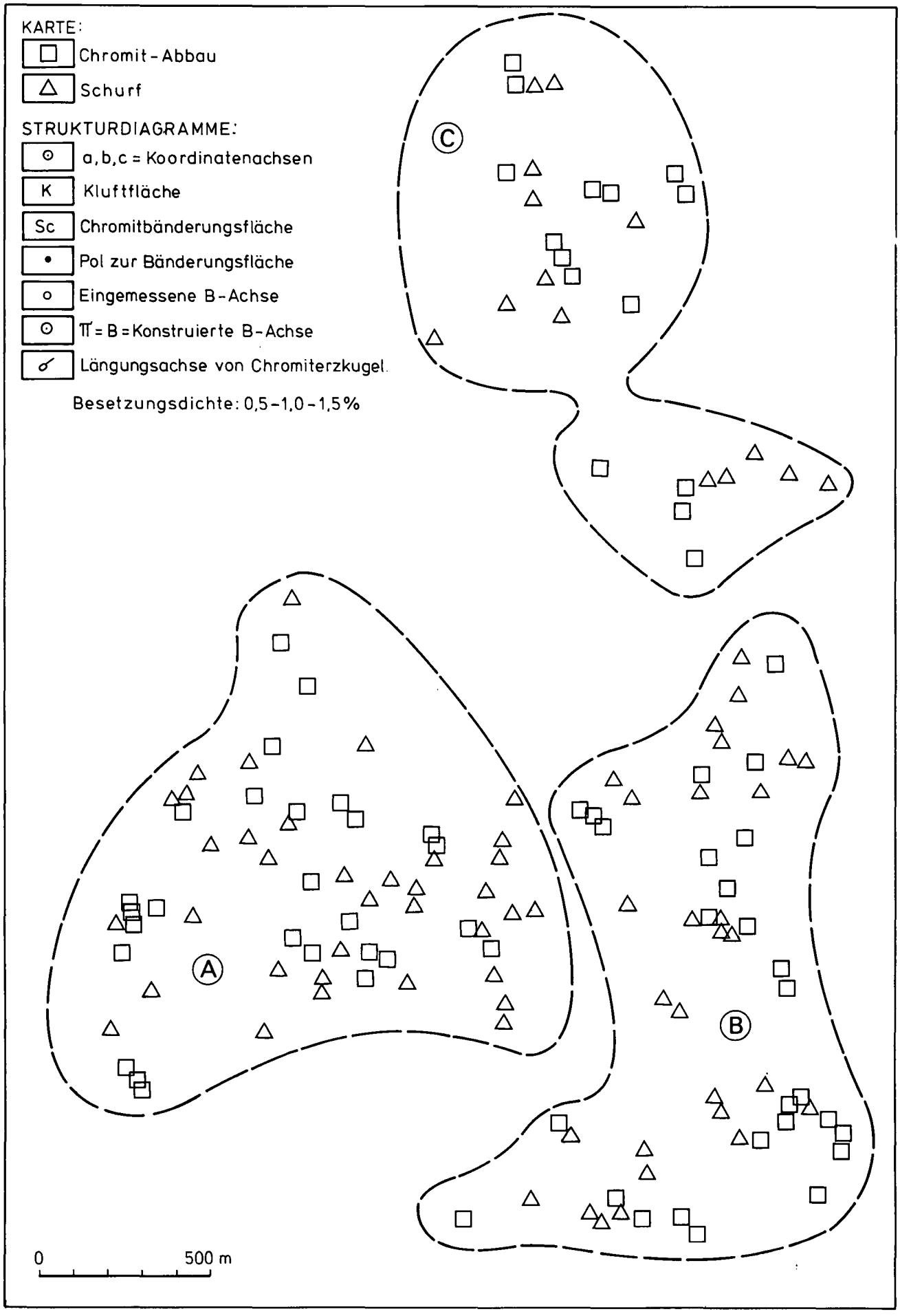
Drei Meßstationen (s. D, E und F in Abb. 9) lagen im westlichen Randgebiet des Ophiolith-Komplexes, und zwar in unmittelbarer Nähe zum ophiolithischen Melange-Komplex. Eine vierte Station (G in Abb. 9) befand sich innerhalb einer Ophiolith-Großscholle, die zwickelartig in den ophiolithischen Melange-Komplex verfrachtet wurde. In den Diagrammen der drei ersten Stationen (Diagramme D, E und F in Abb. 5) ist die rhombische Symmetrie des Kluftsystems im Dunit völlig verloren gegangen. Das Kluftsystem nimmt in diesem Randgebiet einen chaotischen Charakter an. Besonders gut kommt dieser chaotische Charakter im Kluftsystem der vierten Station zum Ausdruck (Abb. 6).

Im Rahmen einer plattentektonischen Deutung müßten folgende Fragen beantwortet werden: Wie, wo und wann entstanden die Chromitbänderungsfalten? Mit den vorliegenden mesoskopischen Untersuchungen lassen sich die gestellten Fragen nicht beantworten. Über die Genese von Chromitbänderungsfalten sind mir keine speziellen Untersuchungen bekannt.

Es wurden jedoch andersartige Faltenstrukturen in alpinotypen Ophiolithmassiven gefügekundlich gezielt auf ihre Entstehung untersucht. Es handelte sich hierbei um Falten, die an die Verschieferung (foliation) und Bänderung (layering) von Peridotiten und Pyroxeniten gebunden sind. Die betreffenden Autoren (A. NICOLAS & F.BOUDIER, 1975; T. JUTEAU et al., 1977) meinen, daß die von ihnen untersuchten Falten durch plastisch-duktile Fließbewegungen im festen Zustand während eines tektonischen Transports im Spreadingzentrum eines ehemaligen subozeanischen Rückens erzeugt wurden.

Für die Genese der Chromitbänderungsfalten im untersuchten Ophiolith-Komplex können ähnliche plastisch-duktile Fließbewegungen im festen Zustand angenommen werden.

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



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

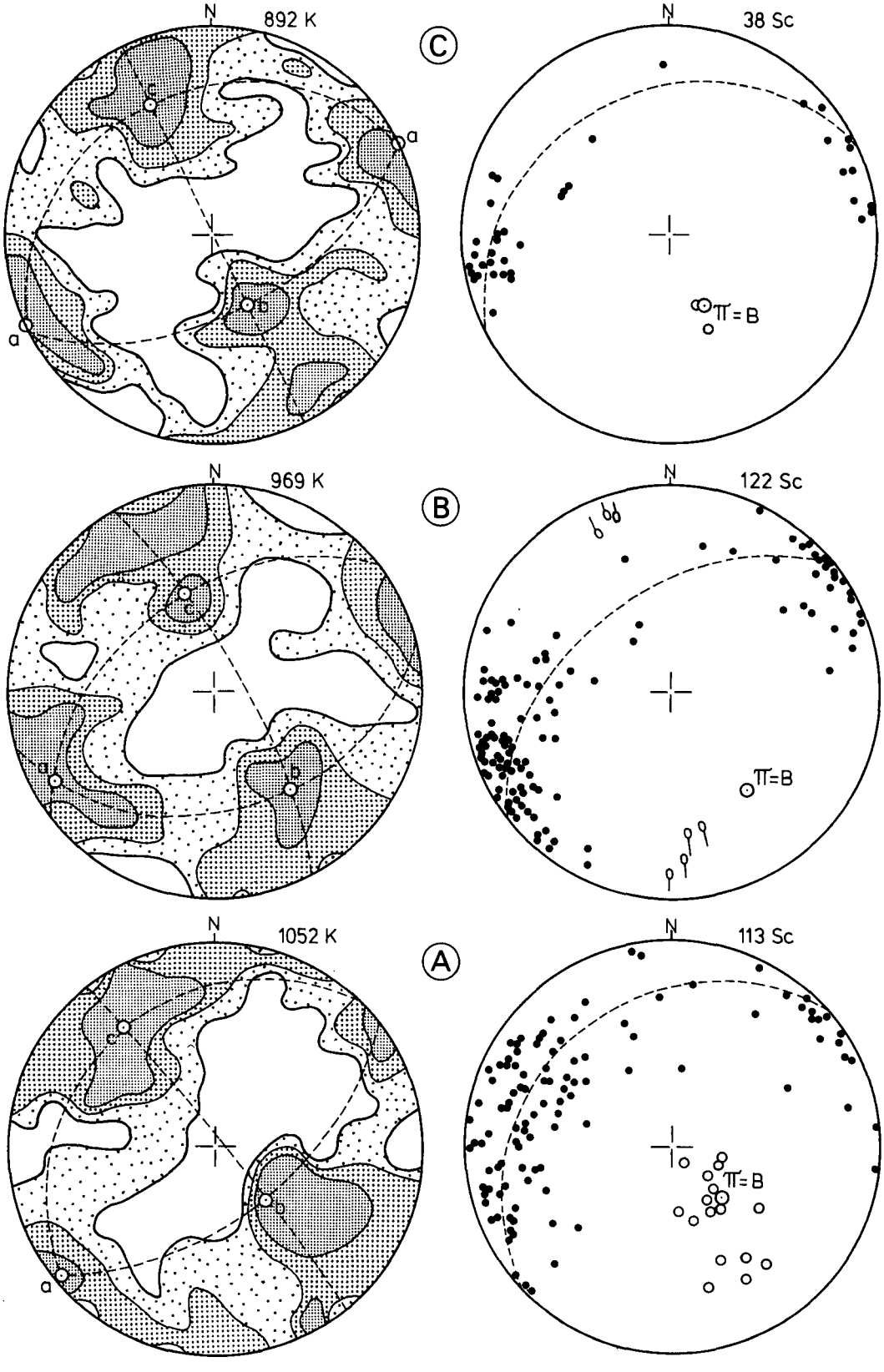


Abb. 2.
Kartenskizze und Gefügediagramme eines strukturanalytisch untersuchten Teilgebietes des Ophiolith-Komplexes.
Geographische Lage des Untersuchungsgebietes siehe Indexrechteck a in Abb. 1.

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

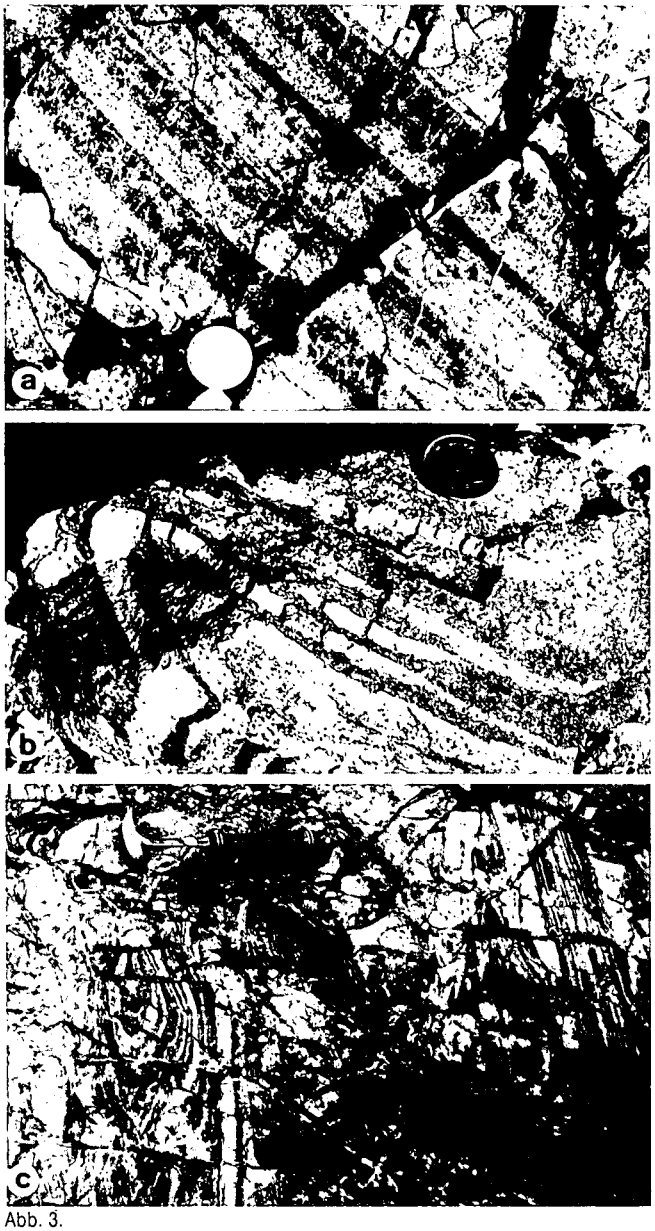


Abb. 3.
a) Gebändertes Chromiterz.
b und c) Chromitbänderungsfalten.
Hammerlänge 32 cm.

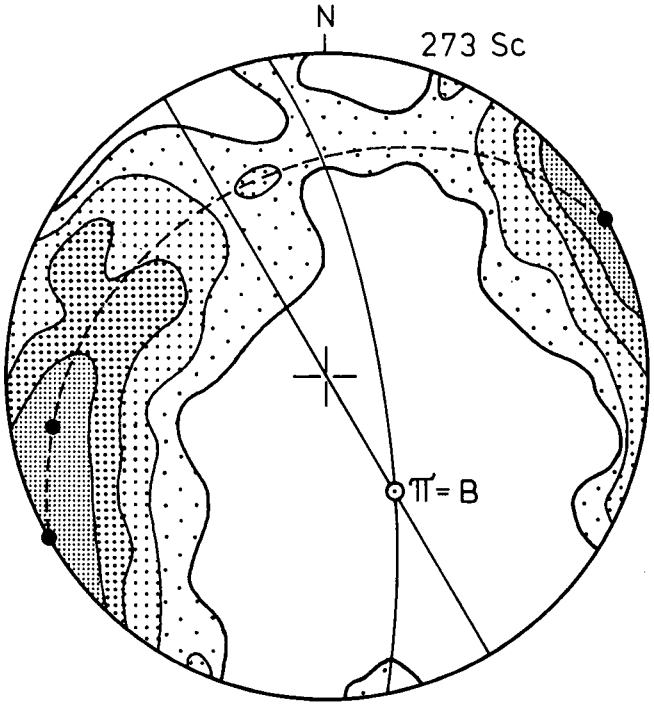


Abb. 4.
Sammeldiagramm der Pole von 273 eingemessenen Chromitbänderungsflächen (S_c) im untersuchten Teilgebiet der Abb. 2.
Besetzungsdichte 0,25 % – 1,0 % – 2,5 % – 5 %.
Erläuterung im Text.

Die bei der Strukturanalyse herausgearbeitete geometrisch-symmetrologische Beziehung zwischen dem Kluftsystem und den Chromitbänderungsfalten im untersuchten Ophiolith-Komplex weisen auf eine genetische Beziehung hin, nämlich dahingehend, daß beide Strukturelemente während des gleichen Deformationsvorgangs geprägt wurden. Dies würde bedeuten, daß sowohl Chromitbänderungsfalten als auch Klüftung während eines Sea-Floor-Spreading-Prozesses entstanden sind. Aus der räumlichen Lage der regionalen B-Achse (150°/56°) des Chromitbänderung-Faltensystems läßt sich für den untersuchten Ophiolith-Komplex als Richtung der gefügeprägenden Bewegung (Spreadingrichtung) WSW-ENE ableiten.

Im Innern des untersuchten Ophiolith-Komplexes zeigen Faltenbau und Klüftung eine auffallend regelmäßi-

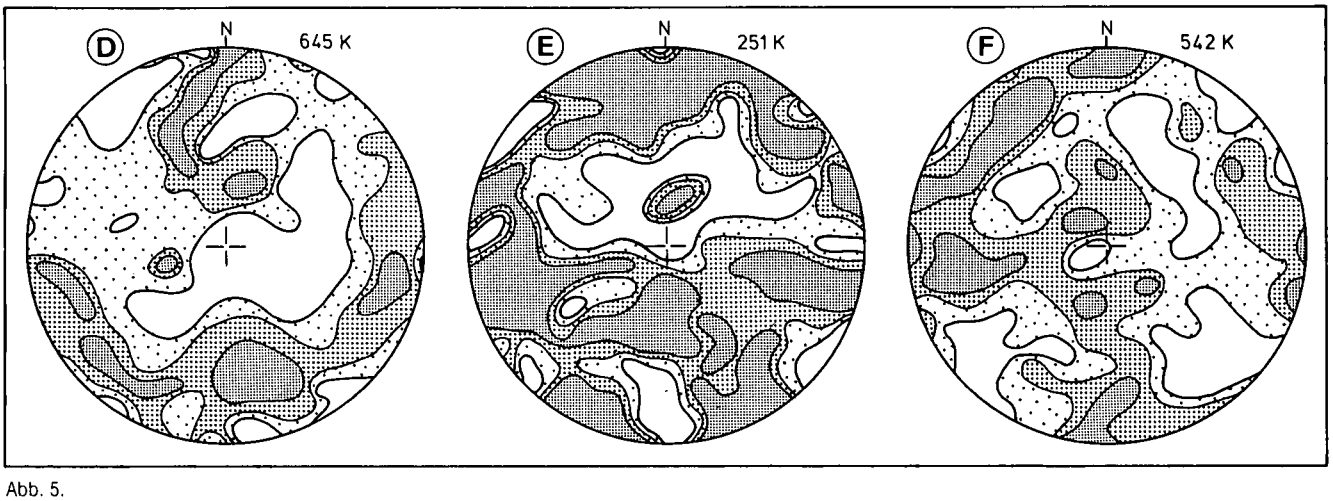


Abb. 5.
Kluftdiagramme von Meßstationen aus dem westlichen Randgebiet des Ophiolith-Komplexes.
Besetzungsdichte 0,5 % – 1,0 % – 1,5 %.
Geographische Lage der Meßstationen siehe Abb. 9.

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

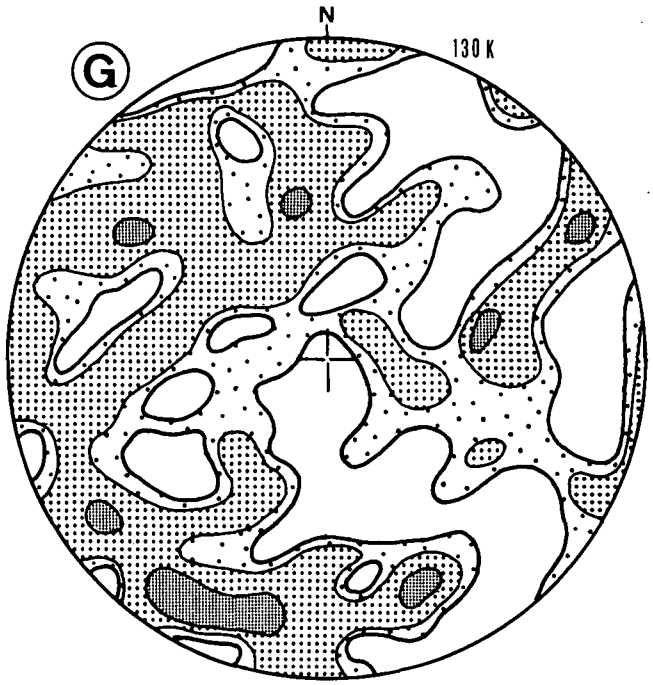


Abb. 6.
Kluftdiagramm der Meßstation G (geographische Lage siehe Karte in der Abb. 9).
Besetzungdichte 0,5 % - 1,0 % - 3,0 %.
Erläuterung im Text.

ge Ausbildung. In seinen Randpartien, d. h. in jenen Abschnitten, die in unmittelbarem Kontakt zum ophiolithischen Melange-Komplex stehen, ist dies jedoch nicht der Fall. Die wenigen Chromiterzvorkommen stellen dort tektonisch zerscherte und zerstückelte, aus ihrem ursprünglichen Verband herausgerissene, isolierte Reste dar. Die Klüftung hat einen chaotischen Charakter. Offenbar wurden die Randpartien des Ophiolith-Komplexes in den Deformationsprozeß der Subduktion miteinbezogen. Dadurch veränderte sich die räumliche Lage der während des Spreadingvorgangs erworbenen Klüftung. Auch entstanden zusätzlich neue Kluftflächen. Beides zusammen erzeugte den chaotischen Charakter der Klüftung in den Randpartien des Ophiolith-Komplexes. Dieser Umstand würde die Annahme stützen, daß das Kluft- und Faltensystem im untersuchten Ophiolith-Komplex, noch vor dem Subduktionsstadium, während eines Spreadingvorgangs entstanden sei.

3. Strukturanalyse des ophiolithischen Melange-Komplexes

Der ophiolithische Melange-Komplex besteht aus einer Matrix und aus Blöcken (Klasten). Die Blöcke sind in der Melangematrix eingebettet. Hinsichtlich ihrer Größe zeigen die Blöcke eine unendliche Vielfalt von Dimensonen: Von mesoskopischen Klasten des Zentimeterbereichs bis zu megaskopischen Riesenblöcken des Kilometerbereichs sind alle Größen vertreten.

Nach ihrer lithologisch-stratigraphischen Herkunft unterscheidet man mit K. J. HSÜ (1968) „native Blöcke" und „exotische Blöcke". Der native Block hat als Matrix noch das ursprüngliche Muttergestein, obwohl er sich in der Regel nicht mehr im primären Verband befindet. Der exotische Block wurde aus seinem primären Verband durch tektonische Vorgänge herausgerissen und in eine lithologisch fremde Umgebung verfrachtet; im Matrixgestein ist er somit ein Fremdkörper.

3.1. Strukturanalyse der Melangematrix

Die Matrix der ophiolithischen Melange besteht aus nichtmetamorphen, aus leichtmetamorphen und aus

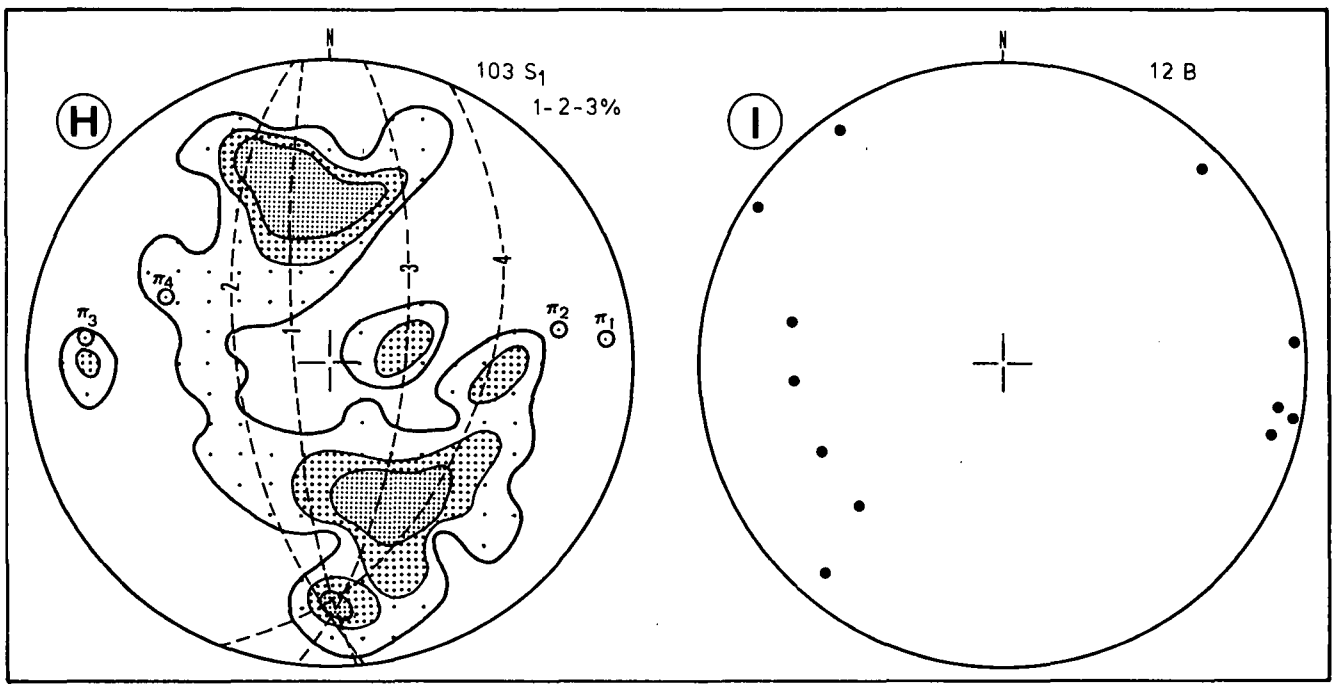


Abb. 7.
Gefügediagramme der Melangematrix.
Diagramm H = Matrix-Schieferungspole (S_1); Diagramm I = eingemessene Faltenachsen (B).
Erläuterung im Text.

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

epimetamorphen Gesteinen. Die nichtmetamorphen Gesteine sind durch klastische Sedimente (flyschartige Mergel, Sandsteine und Grauwacken) vertreten. Metawacken und verschieferter Serpentinit sind die Hauptvertreter der leichtmetamorphen Gesteine. Grünschiefer bilden die Gruppe der epimetamorphen Gesteine. Unter diesen Matrixgesteinen haben die Grünschiefer die größte Verbreitung.

Die generelle Streichrichtung der Schieferungsflächen (S_1) der Grünschiefer pendelt zwischen NE–SW und E–W, wobei es lokal durch Anschmiegung der Schieferungsflächen an den Körper der exotischen Riesenblöcke zu Abweichungen kommen kann. Die Einfallsrichtung variiert zwischen N und NW bzw. zwischen S und SE. Das Einfallen kann Werte von 10° bis 80° annehmen.

Die intensive Deformation der Grünschiefer führte neben einer tiefgreifenden Zerscherung zur Bildung von engstehenden Falten, die bis in den mikroskopischen Bereich zu beobachten sind.

An 12 weit auseinanderliegenden Stationen wurde je eine B-Achse in der Schiefermatrix eingemessen (Abb. 7, Diagramm I). Die Eintauchrichtung der B-Achsen pendelt zwischen NW–SE und NE–SW. Die Streuung der B-Durchstoßungspunkte ist auf die vorhin erwähnte Anschmiegung der Schieferungsflächen an die megaskopischen Blöcke zurückzuführen. Das Eintauchen der Faltenachsen ist im allgemeinen flach bis mittelsteil.

Aus dem Sammeldiagramm von 103 Schieferungsflächen (S_1), die an einzelnen weit auseinanderliegenden Stationen gemessen wurden, können B-Achsen konstruktiv ermittelt werden (Abb. 7, Diagramm H). Durch die im Diagramm auftretenden S_1-Polmaxima lassen sich π-Großkreise (im Diagramm sind es vier Kreise) ziehen, deren π-Polpunkte (= B-Achsen) entweder nach E oder nach W flach bis mittelsteil eintauchen. Die resultierenden B-Achsen ($\pi_1 - \pi_4$) fügen sich gut in den Deformationsplan des ophiolithischen Melange-Komplexes ein.

3.2. Strukturanalyse von Melangeklasten

Zunächst die Analyse eines exotischen Blocks des megaskopischen Bereichs. Als Untersuchungsobjekt dient ein ca. 350 m langer und 200 m breiter Riesenblock aus kristallinem Kalkstein, der in einer Höhe von ca. 70 m aufgeschlossen ist (Abb. 8). Die Häuser des Dorfes Dağ Küplü (im Foto rechts zu sehen) mögen als Vergleichsmaßstab dienen. Die geographische Lokation des Blocks (J) ist aus der Karte der Abb. 9 ersichtlich. Eingebettet ist der Block in Grünschiefer.

Das Gefügediagramm J zeigt die Polverteilung von 302 Kluftflächen (K), die am Block an vier weit auseinanderliegenden Stationen eingemessen wurden. Die Anordnung der Polmaxima läßt auf eine rhombische Symmetrie schließen. Die räumliche Lage der dazugehörenden Koordinaten a, b und c wurde auf eingemessene sowie konstruktiv ermittelte B-Achsen der umgebenden Schiefermatrix bezogen.

Die mediane Längserstreckung (Doppelpfeil) des exotischen Riesenblocks verläuft in Richtung der regionalen B-Achsen der Schiefermatrix (= Koordinate b in Diagramm J).

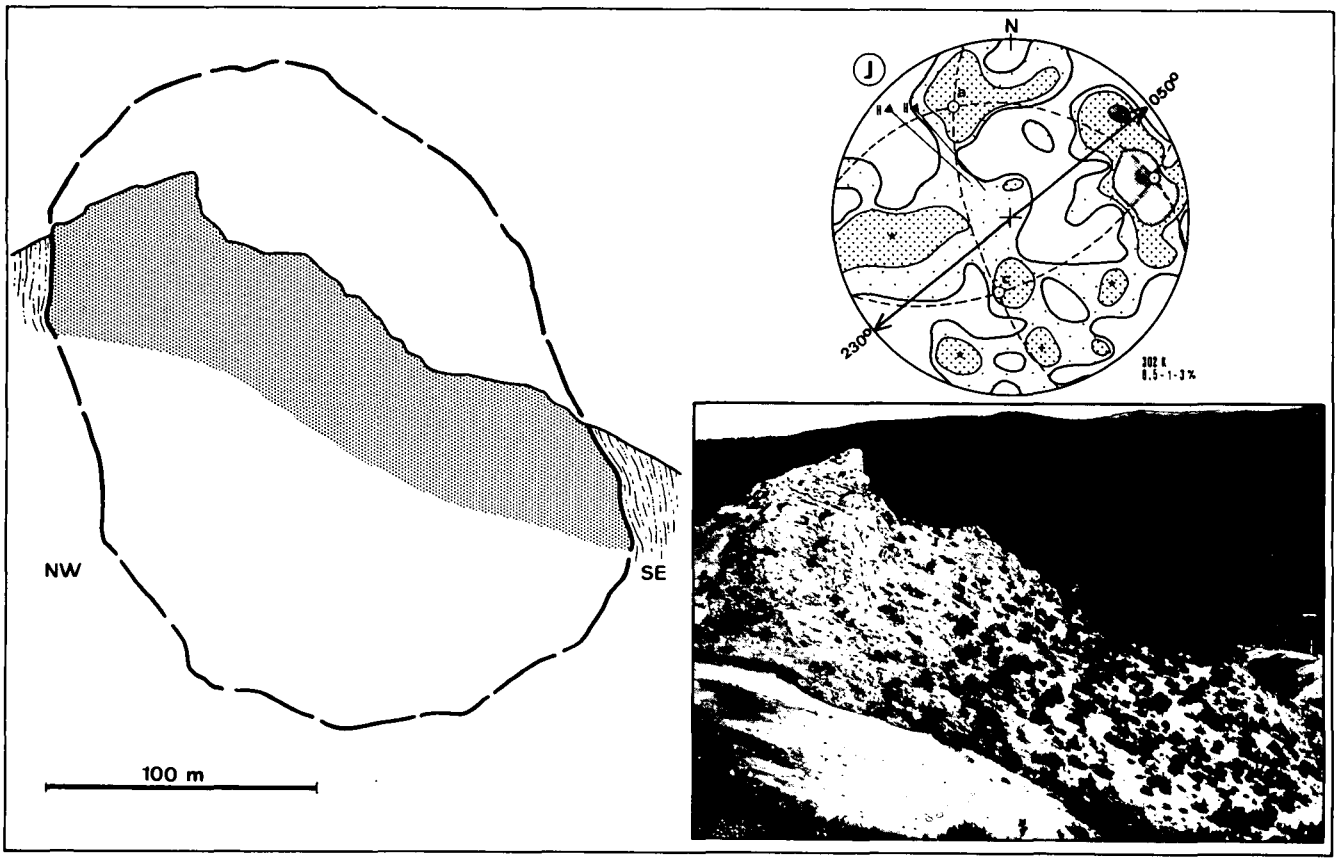


Abb. 8.
Querschnitt (links), Foto (rechts unten) und Gefügediagramm (J) eines exotischen Riesenblocks aus kristallinem Kalkstein.
Erläuterung im Text.
Geographische Lage des Kalksteinblocks = J in der Karte der Ab. 9. Im Hintergrund ist der Ophiolith-Komplex zu sehen.

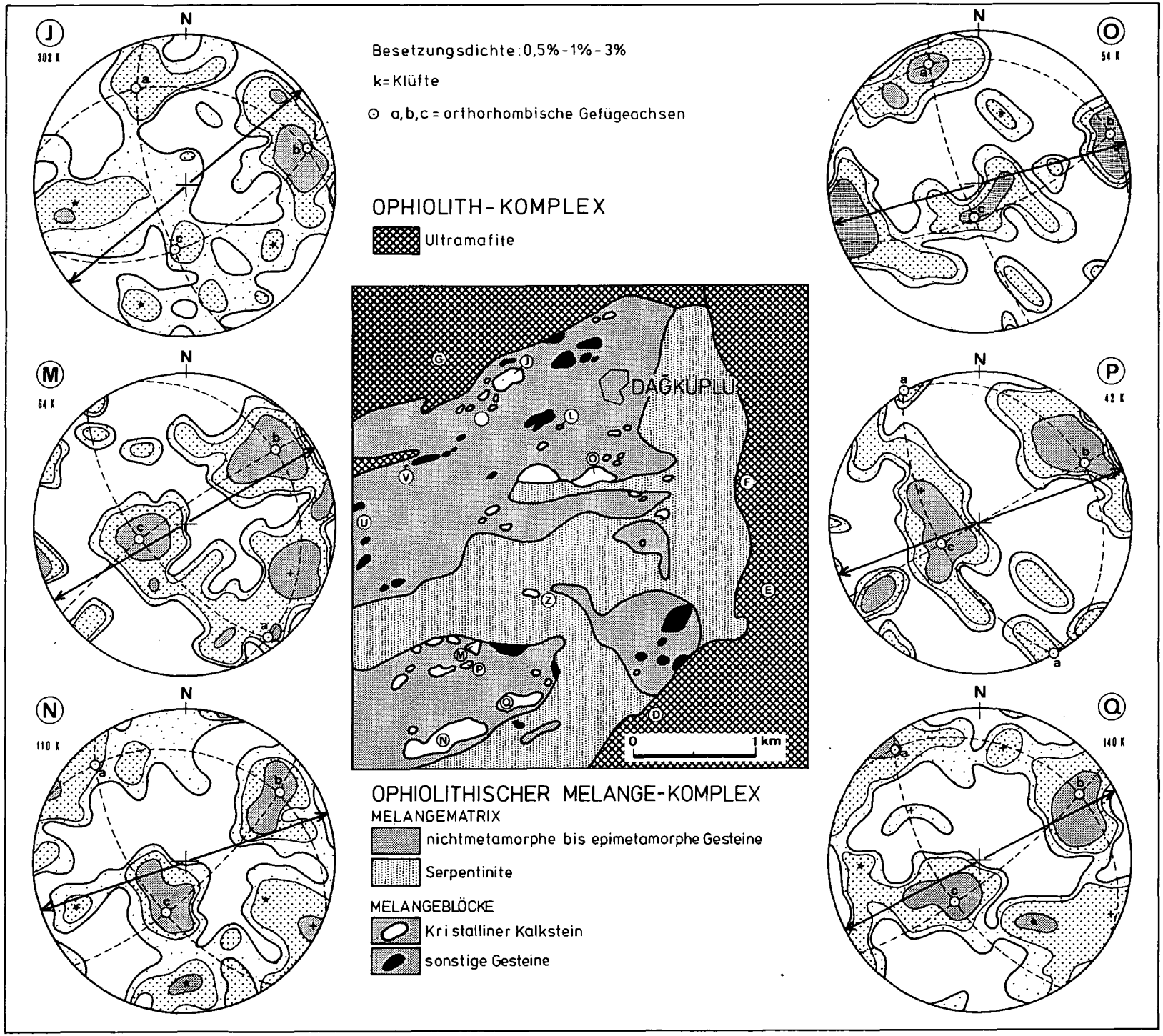


Abb. 9.
Strukturanalyse von exotischen megaskopischen Kalksteinblöcken des Untersuchungsgebiets.
Erläuterung im Text.
Geographische Lage der untersuchten Blöcke siehe Meßstationen J, M, N, O, P und Q in der geologischen Karte der Abb. 9.

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

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

Im Geltungsbereich der b-Koordinate befindet sich ein dominierendes Maximum, das die Pole von ac-Klüften (= 0k0-Klüfte) beinhaltet. Andere Maxima gruppieren sich um die Koordinaten a und c. Bei Koordinate a sind die Pole von bc- bzw. h00-Klüften angehäuft, und bei Koordinate c handelt es sich um ab- bzw. 00l-Klüfte. Daneben treten untergeordnet auch Polanhäufungen von hkl-Klüften (im Diagramm mit einem Sternchen versehen) und h0l-Klüften (Kreuzlein) auf.

An zwei verschiedenen Stellen ließen sich am Kalksteinblock Harnischstriemen (H) einmessen (im Diagramm J sind ihre Durchstoßungspunkte als volle Dreieckchen dargestellt). Bezogen auf das gewählte Koordinatensystem, handelt es sich hierbei um Lineationen in „a", also um Strukturelemente, die dem Block während des Transports aufgeprägt wurden. Keinerlei Anzeichen einer Rotation des Blocks um seine Längsachse konnten festgestellt werden.

In gleicher Weise wurden insgesamt sechs exotische Riesenkalksteinblöcke des Kilometerbereichs strukturgeologisch untersucht. Abb. 9 bringt die Ergebnisse dieser Untersuchung. Aus der geographischen Lage der untersuchten Blöcke ist ersichtlich, daß manche kilometerweit voneinander entfernt sind.

Auffallend ist erstens die einheitliche Ausbildung ihres Kluftsystems trotz ihrer großen gegenseitigen Entfernung. Zweitens: Die Anordung der Kluftpolmaxima läßt bei allen auf eine rhombische Symmetrie schließen. Drittens: Bezieht man die Kluftpolmaxima auf die regionale B-Achse der Matrixfalten, besteht zwischen dem Kluftsystem der exotischen Blöcke und dem Faltensystem offensichtlich eine geometrisch-symmetrologische Beziehung. Und viertens: Die mediane Längsachse der exotischen Blöcke (Doppelpfeil) liegt annähernd in der B-Richtung des regionalen Faltensystems der Matrix.

Die Untersuchung von nativen Riesenblöcken ergab ähnliche Ergebnisse.

Bei Melangeklasten des Aufschlußbereichs sind die vorhandenen mesoskopischen Strukturelemente naturgemäß zahlenmäßig geringer vertreten. Trotzdem lassen sich die wenigen vorhandenen mesoskopischen Strukturelemente der Blöcke in den Deformationsplan der Schiefermatrix einbauen. Dies soll an einigen Beispielen gezeigt werden.

Aus einer Reihe linear angeordneter mesoskopischer exotischer Kalksteinblöcke wurde einer herausgegriffen (Abb. 10, Foto rechts unten). Der Block ist in einer Matrix aus Grünschiefern und roten Tonschiefern eingebettet. Er ist 2,5 m lang, 0,85 m breit und hat eine aufgeschlossene Höhe von ca. 0,50 m (s. Querschnitt links unten und Grundriß links oben, Abb. 10). Auf seinen Bruchflächen sind kalzitverheilte, frühere Kluftrisse (im Foto durch Pfeilspitzen markiert) deutlich erkennbar. In den umgebenden nachbarlichen Matrixschiefern ließen sich zwei mesoskopische Faltenachsen (B_1 und B_2 im Diagramm L_1 und L_2, Abb. 10) einmessen. Die Schieferungsflächen (S_1) der Matrixschiefer, die den Block unmittelbar einhüllen, ergaben konstruktiv ein B_3, das in der Nähe von B_1 und B_2 zu liegen kommt. Die räumliche Lage dieser ermittelten B-Achsen stimmt gut überein mit der regionalen Verteilung der Faltenachsen in den Matrixgesteinen (vgl. Abb. 7, Diagramm I).

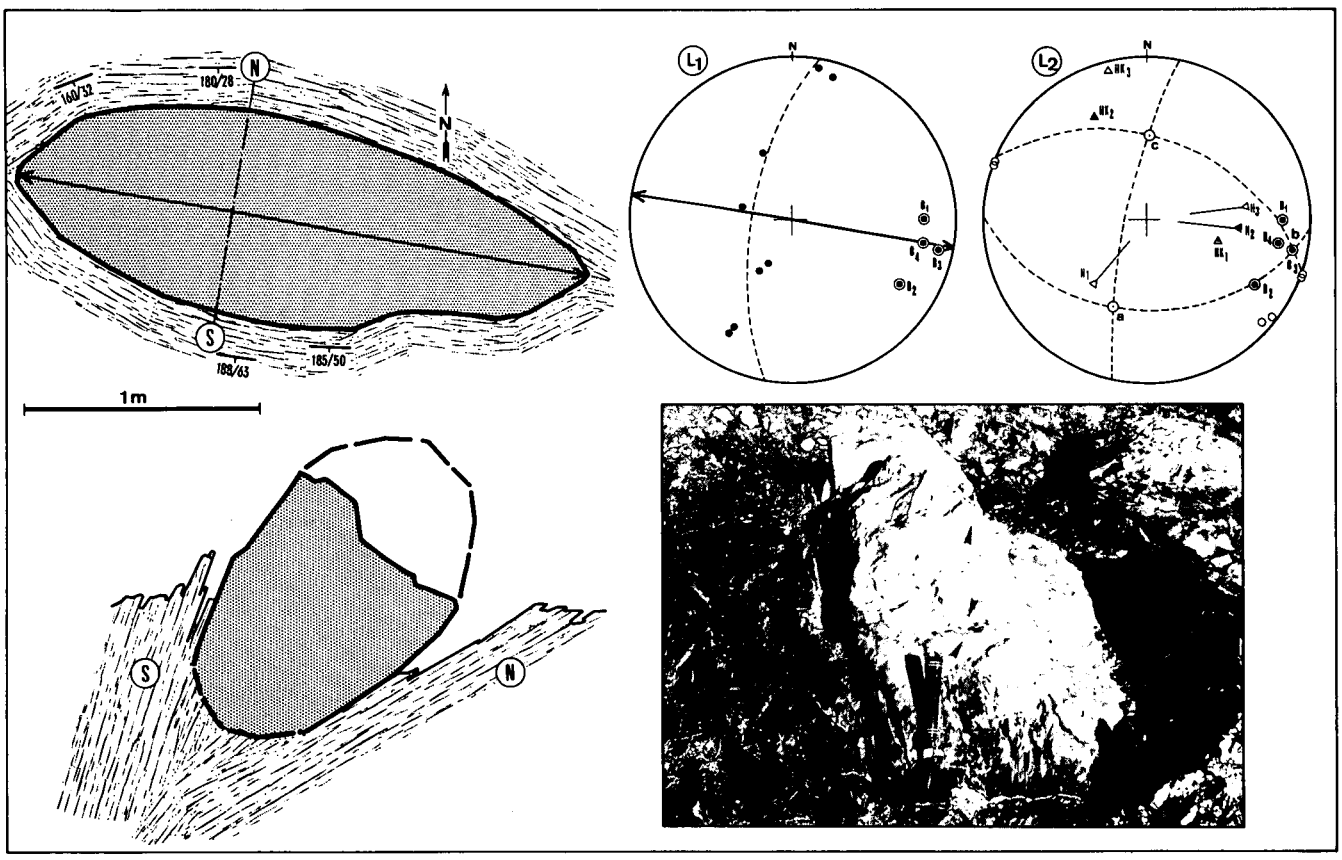


Abb. 10.
Grundriß (links oben), Querschnitt (links unten), Foto (rechts unten) und Gefügediagramme L_1 und L_2 eines exotischen Kalksteinblocks des mesoskopischen Bereichs.
Geographische Lage der Meßstation = L in der Karte der Abb. 9.

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

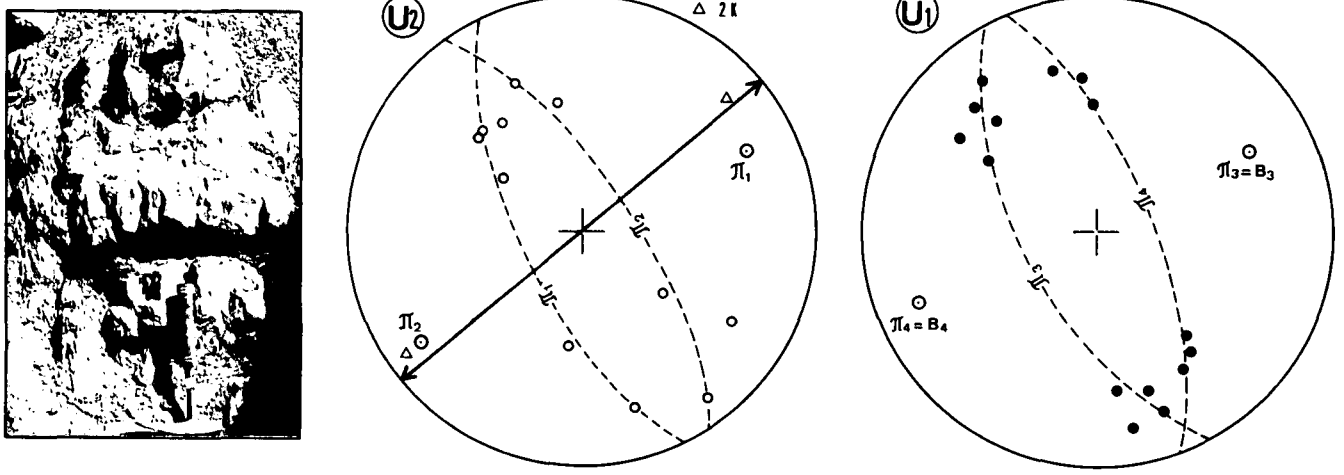


Abb. 11.
Foto und Gefügediagramme (U_1 und U_2) eines nativen Melangeblocks und dessen Schiefermatrix.
Erläuterung im Text.
Geographische Lage des Blocks = U in der Karte der Abb. 9.
Hammerlänge = 32 cm.

All diese Strukturelemente lassen sich einem rhombischen Gefügekoordinatensystem (a, b und c in Diagramm L_2, Abb. 10) zuordnen. Die rhombischen Koordinaten dienen auch zur Typisierung der wenigen einmeßbaren frischen Kluftflächen (K). Gut ausgebildet erscheinen ac-Klüfte (= 0k0-Klüfte, leere Ringlein in Diagramm L_2), deren Flächenpole sich um die ermittelten B-Achsen gruppieren. Weniger gut entwickelt sind hkl-Klüfte.

Desweiteren wurden die seitlichen Umgrenzungsflächen des exotischen Kalksteinblocks eingemessen. Ihre Pole (volle Ringlein in Diagramm L_1) befinden sich entlang eines π-Großkreises, dessen Pol ($\pi = B_4$) desgleichen in der Nähe von B_1, B_2 und B_3 zu liegen kommt. Schließlich stimmt auch die Richtung der medianen Längsachsen (Doppelpfeil im Grundriß links oben und im Diagramm L_1, Abb. 10) des Blocks gut mit der Streichrichtung der ermittelten B-Achsen überein.

An drei Stellen ließen sich an der Oberfläche des exotischen Blocks Harnischflächen (HK = kleine Dreiecke im Diagramm L_2) und die dazugehörenden Striemen (H) einmessen. Die Bewegungen fanden an hkl-Kluftflächen statt.

Als zweites Beispiel eines mesoskopischen Blocks wird ein 1,50 m langer und 0,50 breiter nativer Block untersucht. Er besteht aus einem grauen, sandigen Kalkmergel und ist in einer verschieferten Muttermatrix aus Sandstein und Mergel eingebettet (s. Foto in Abb. 11). Die Pole der eingemessenen S_1-Flächen (Punkte im Diagramm U_1, Abb. 11) der einhüllenden Matrixschiefer ergeben konstruktiv zwei B-Achsen: $\pi_3 = B_3$ (062°/26°) und $\pi_4 = B_4$ (252°/20°). Mit den Polen der Umgrenzungsflächen (S) des Blocks (leere Ringlein im Diagramm U_2) lassen sich zwei π-Punkte (π_1 und π_2) konstruieren, deren Richtung fast identisch ist mit der Richtung der medianen Längsachse (Doppelpfeil, 050°–230°) des Blocks sowie mit der Eintauchsrichtung der konstruktiv ermittelten B-Achsen (B_3 und B_4, Diagramm U_1). Daraus ist zu folgern, daß sich die Matrixschiefer dem nativen Block anschmiegen, sie hüllen ihn ein. Bezogen auf die regionale B-Achse der Schiefermatrix, stellen die beiden eingemessenen Kluftflächen (kleine Dreiecke in Diagramm U_2) ac-Klüfte dar.

Als letztes Beispiel eines mesoskopischen Melangeblocks dient ein ca. 3 m langer und maximal 1,50 m breiter nativer Diabasblock (Abb. 12). Als Muttermatrix umgibt ihn das gleiche Gesteinsmaterial, nur ist es verschiefert. Die Verschieferung der Matrix geht kontinuierlich in den unverschieferten Diabasblock über. Dies ist an den Rändern des Blocks deutlich wahrnehmbar (s. Foto, Abb. 12). Nimmt man an, daß die mediane Längsachse auch bei diesem Melangeblock in Richtung der regionalen Faltenachse der Matrixschiefer (Koordinatenachse b in Diagramm V, Abb. 12) liegt, dann sind

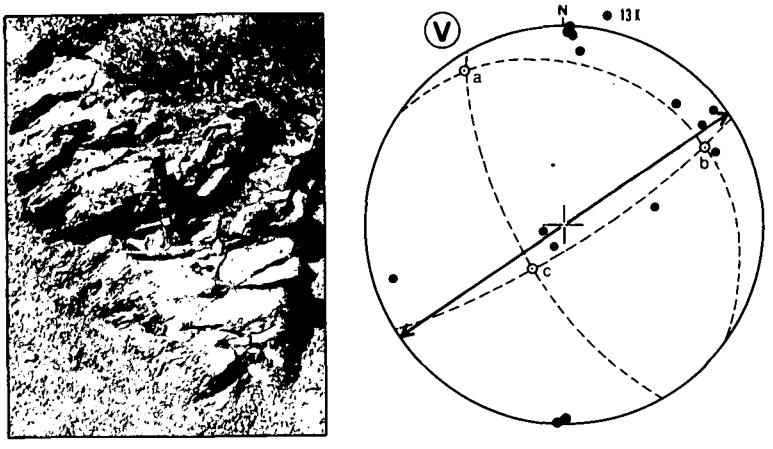


Abb. 12.
Foto und Gefügeanalyse eines nativen Diabasblocks.
Punkte = Pole der eingemessenen Kluftflächen.
Geographische Lage des Blocks = V in der Karte der Abb. 9.
Hammerlänge = 32 cm.

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

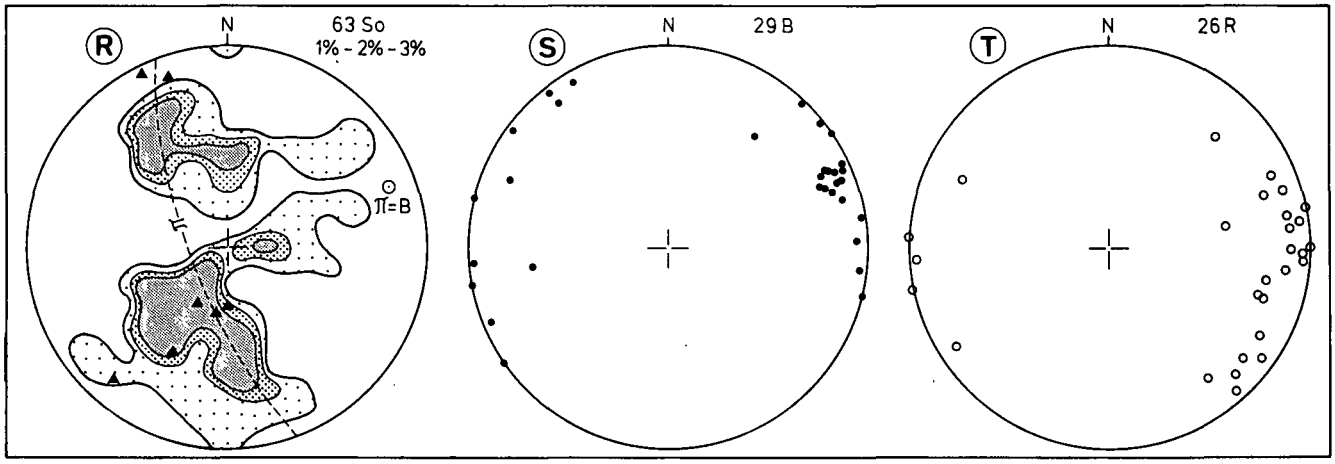


Abb. 13.
Gefügediagramme exotischer Radiolaritmassen.
Diagramm R = Schichtflächenpole (S_0); Diagramm S = Faltenachsen (B); Diagramm T = Runzelungen (R).
Erläuterung im Text.

die meisten am Block eingemessenen Kluftflächen ac- bzw. 0k0-Klüfte. Der Rest der Kluftflächen gehört zu ab- bzw. 00l-Klüften oder zu den hkl-Klüften.

Die fetzenartigen Radiolaritzüge und -stränge können desgleichen der Kategorie exotischer Klasten zugeordnet werden, obwohl sie in morphologischer Hinsicht keineswegs die Form typischer Blöcke besitzen. Der Kontakt dieser Radiolaritfetzen zu den umgebenden Matrixgesteinen ist stets tektonischer Natur. Die Fetzen selber bestehen aus Wechsellagerungen von ziegel- bis violettroten, plattig ausgebildeten Kalk- und Kieselschichten verschiedenster Dicke (NEBERT, BROSCH & MÖRTH). Zusätzlich treten im Radiolaritverband Rotschiefer in unterschiedlicher Stärke auf.

Typisch für den Radiolaritverband ist seine intensive Faltung. Ferner treten Runzelungen (R) auf den Schichtflächen (S_0) von plattigen Kalksteinen der Radiolaritzüge auf. Sie lassen sich als Fältelung (crenulation) deuten und als Lineationen einmessen. Beziehen wir diese mesoskopischen Strukturelemente auf das bisher angewendete rhombische Koordinatensystem (Abb. 13): Die 63 eingemessenen Schichtflächen (S_0) liefern zwei markante Maxima (Diagramm R), durch deren Schwerpunkte ein π-Großkreis gelegt werden kann. Der dazu gehörende π-Polpunkt hat annähernd die gleiche Richtung wie das regionale B der Melangematrix. Die flache Eintauchsrichtung der eingemessenen B-Achsen der Radiolarite (Diagramm S) pendelt zwischen NW–SE und NE–SW, d. h. zu beiden Seiten der regionalen B-Achse der Matrix. Annähernd die gleiche räumliche Lage haben die Runzelungen (Diagramm T). Somit herrschen auch bei den exotischen Radiolaritzügen geometrisch-symmetrologische Beziehungen zwischen ihren mesoskopischen Strukturelementen und den Faltenstrukturen der umgebenden Matrix.

Um zu einer plattentektonischen Deutung zu gelangen, muß zunächst festgehalten werden, daß ein ophiolithischer Melangekomplex in plattentektonischer Hinsicht als fossiler Subduktionskomplex aufgefaßt wird. Trotz seines lithologisch chaotischen Charakters besitzt der untersuchte ophiolithische Melange-Komplex einen ausgesprochen einheitlich geprägten Deformationsstil.

Die in der Melangematrix eingemessenen und die konstruktiv ermittelten Faltenachsen ergeben N–S als die gefügeprägende Bewegungsrichtung. Mit anderen Worten: Sie ergeben für die Melangematrix eine N–S ausgerichtete Einengung. Plattentektonisch würde dies für den ophiolithischen Melange-Komplex bedeuten, daß der tektonische Transport N–S ausgerichtet war, und speziell für den untersuchten Abschnitt der Anatoliden-Pontiden-Sutur wäre eine nordwärts gerichtete Subduktion anzunehmen.

Verschiedentlich wurde auf die geometrisch-symmetrologische Beziehung zwischen dem Deformationsgefüge der Melangematrix und den mesoskopischen Strukturelementen ihrer Klasten hingewiesen. Aus ihr läßt sich auch eine genetische Beziehung ableiten, nämlich dahingehend, daß sowohl das Deformationsgefüge der Melangematrix als auch die mesoskopischen Strukturen der Melangeklasten während des gleichen Deformationsvorgangs geprägt wurden.

Die Entstehung der Melangeklasten könnte man sich folgendermaßen vorstellen: Während des tektonischen Transports waren die betroffenen Gesteinsverbände einer Streckung bzw. Dehnung in Richtung des Transports ausgesetzt. Sie verursachte eine Zerlegung der spröden und kompetenten Gesteinslagen in Blöcke. Die inkompetenten, bildsamen (duktilen) Gesteine umgaben fließend die neuentstandenen Blöcke. Sie bilden heute die Matrix. Das einheitliche Vorherrschen von ac- bc- und ab-Kluftflächen ist eine Folge des Dehnungsvorgangs. Die Klüftung der Melangeblöcke ist demnach frisch. Sie wurde während des Subduktionsvorgangs erworben. Während ihrer Entstehung waren die Melangeblöcke in keiner Weise einer Rotation unterworfen, wie dies beispielsweise für die Entstehung der exotischen Blöcke in der Franciscan Melangezone (K. J. HSÜ, 1971) angenommen wird. Eine Rotation der Blöcke hätte in ihnen gewiß nicht ein derart einheitlich ausgebildetes Kluftsystem hinterlassen. Ihre heutige rundlich-längliche Form verdanken sie einem mechanischen Abrieb.

Literatur

COLEMAN, R. G.: Ophiolites. – 229 S., Berlin – Heidelberg – New York (Springer) 1977.

HSÜ. K. J.: Principles of melanges and their bearing on the Franciscan-Knoxville Paradox. – Geol. Soc. America Bull., **79**, 1063–1074, Boulder 1968.

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

HSÜ, K. J.: Franciscan Melange as a model for eugeosynclinal sedimentation and underthrusting tectonics. – J. Geophys. Res., **76**/3, 1162–1169, Washington 1971.

JUTEAU, T., NICOLAS, A., DUBESSY, J., FRUCHARD, J. C. & BOUCHEZ, J. L.: Structural relationships in the Antalya ophiolite complex, Turkey: Possible model for an oceanic ridge. – Geol. Soc. America Bull, **88**/12, 1740–1748, Boulder 1977.

MESORIAN, H., JUTEAU, T., LAPIÈRRE, H., NICOLAS, A., PARROT, J. F., RICOU, L. E., ROCCI, G. & ROLLET, M.: Idées actuelles sur la constitution, l'origine et l'evolution des assemblages ophiolitiques mesogéens. – Bull. Soc. géol. France, **15**, 478–493, Paris 1973.

NEBERT, K., BROSCH, F. J. & MÖRTH, W.: Zur Geologie und plattentektonischen Entwicklung eines westlichen Teilabschnitts der Anatoliden-Pontiden-Sutur. – Jb. Geol. B.-A., **129**/2, 361–388, Wien 1986.

NICOLAS, A. & BOUDIER, F.: Kinematic interpretation of folds in alpine-type peridotites. – Tectonophysics, **25**, 233–260, Amsterdam 1975.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 23. März 1988.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: 131

Autor(en)/Author(s): Nebert Karl Anton

Artikel/Article: Strukturgeologische Untersuchungen eines Ophiolith-Komplexes und eines ophiolithischen Melange-Komplexes in Nordwestanatolien 315