

- WÄHNER, F.: Zur heteropischen Differenzierung des alpinen Lias. — Verh. geolog. Reichsanst. 1886, 168—176, 190—206, Wien 1886.
- WENDT, J.: Synsedimentäre Bruchtektonik im Jura Westsiziliens. — N. Jb. Geol. Pal. Mh. 1965, 286—311, 6 Abb., Stuttgart 1965.
- : Stratigraphie und Paläogeographie des Roten Jurakalkes im Sonnwendgebirge (Tirol, Österreich). — N. Jb. Geol. Pal. Abh. 132/2, 219—238, 5 Taf., 1 Beil., 1 Abb., Stuttgart 1969.
- WIEDENMAYER, F.: Obere Trias bis mittlerer Lias zwischen Saltrio und Tremona (Lombardische Alpen). — Eclog. Geol. Helvetiae 56, 529—640, 38 Abb., 4 Taf., Basel 1963.
- ZANKL, H.: Die Karbonatsedimente der Obertrias in den nördlichen Kalkalpen. — Geol. Rdsch., 56, 128—139, 1 Abb., Stuttgart 1967.

Probleme der Bruchtektonik der NW-Dinariden

Von R. GOSPODARIČ, Postojna *)

Mit 3 Abbildungen

Zusammenfassung

Über die Bruchtektonik der NW-Dinariden finden wir in der bisherigen Literatur verschiedene Ansichten. In drei kleineren Räumen dieses Gebietes durchgeführte Analysen der Verwerfungen haben gezeigt, daß wir es hier überwiegend mit horizontal verschobenen Schollen zu tun haben.

Die Verwerfungen durchschneiden hier alpinotyp gefaltete Deckenstrukturen der pyrenäischen oder vielleicht auch der laramischen orogenetischen Phase. Sie sind noch heute aktiv, da an sie Erdbebenzonen gebunden sind. Sie durchbrechen eine mehrere tausend Meter mächtige Serie von Sedimenten, und man kann sie in die von NW nach SE und NE nach SW gerichteten Scherungszonen einschalten, die die Erdrinde durchziehen (PAVONI 1962; MOODY 1966).

Die durch Verschiebung verursachten Bewegungen kann man in horizontale und vertikale Komponenten einteilen. Alle vertikalen Differenzen zwischen den tektonischen Schollen können der Bewegungsmechanik längs dieser Scherungszonen zugeschrieben werden. Es ist daher nicht nötig, die horizontalen Verschiebungen als orogenetische, die vertikalen dagegen als epirogenetische Prozesse zu betrachten, wie dies WINKLER (1957, 1960) in seiner Gliederung getan hat.

Zahlreiche analytische Probleme und unzulängliche Vergleiche mit geophysikalischen Forschungsergebnissen machen es unmöglich, Schlüsse über die geotektonische Position der Dinariden (hinsichtlich der Bruchtektonik) zu ziehen, besonders über jene ihres nordwestlichen Teiles, in welchem sie in die Alpen und die Poebene übergehen.

*) Anschrift des Verfassers: Assistent R. GOSPODARIČ, Dipl.-Geologe, Speläologisches Institut der Slowenischen Akademie der Wissenschaften und Künste, Postojna Titov trg 2, Jugoslawien.

Zu den Problemen der Bruchtektonik sind die lückenhaften Analysen der Bruchlinien, ihre unklare Stellung zu den Decken- bzw. alpinotypen Strukturen und unsere nur mangelhafte Kenntnis der Zeiträume größerer oder kleinerer Aktivität dieser Brüche zu zählen. Die zwischen den horizontalen und vertikalen Verschiebungen bestehenden Beziehungen sind noch nicht geklärt. Weitere Forschungsarbeiten werden sich mit der Lösung dieser Problematik zu beschäftigen haben.

Abstract

Bibliographical data give different explanations for the fault tectonic in the NW Dinarides. The faults analysed in four detailed examples from this area have shown prevalent horizontally displaced blocks.

These faults cut the alpinotype structures of the Pyrenean and perhaps also of the Laramian orogenesis. They are active still to-day because earthquake zones are connected to them. They cut a some thousand-meter thick series of sediments and they can be included in shear zones of NW-SE and NE-SW direction that spread over the earth crust (PAVONI 1962; MOODY 1966).

It is possible to divide the movements along the wrench faults into horizontal and vertical components. All the vertical differences between the tectonic blocks can be included in the mechanics of the movement along these shear zones. Therefore it is not necessary to number the horizontal displacements among the orogenetic, and the vertical ones among the epirogenetic processes, as analysed by WINKLER (1957, 1960).

Numerous analytical problems, as well as deficient comparisons with geophysical data make it impossible to reach a decision concerning the geotectonic position of the Dinarides (in regard to fault tectonic), especially of their NW part where they pass into the Alps and the Po lowlands.

Among the problems of fault tectonic we number the deficient analyses of faults, their unclear relation to nappe and alpinotype structures respectively, as well as the badly known periods of major or minor activities of these faults. The relations between the horizontal and the vertical movements are not yet clarified. Further investigations are directed to solving this problems.

Résumé

Les données publiées indiquent des conceptions diverses de la tectonique de faille dans les Alpes Dinariques du nord-ouest. Les analyses détaillées de failles de ces quatre territoires signalent la prédominance des blocs à déplacement horizontal.

Ces failles coupent les structures de type alpin de la phase orogénique pyrénéenne et peut-être même laramienne. Elles sont toujours actives, car elles sont liées aux zones séismiques. Ces failles coupent une série de sédiments épaisse de plusieurs milliers de mètres, et elles peuvent être englobées dans les zones de cisaillement orientées NW-SE et NE-SW qui traversent l'écorce terrestre (PAVONI 1962; MOODY 1966).

Les déplacements le long des failles de décrochement peuvent être divisés en composantes horizontales et verticales. Toutes les différences verticales entre les blocs tectoniques peuvent être attribuées à la mécanique des mouvements le long de ces zones de cisaillement. Il n'est donc pas nécessaire de compter les déplacements horizontaux parmi les processus orogéniques et les déplacements verticaux parmi les processus épirogéniques, comme WINKLER l'a fait (1957, 1960).

Les nombreux problèmes analytiques et les comparaisons imparfaites avec les données géophysiques nous interdisent des conclusions sur la position géotectonique des Alpes Dinariques (en ce qui concerne la tectonique des failles), et particulièrement de leur partie NW, où les Alpes passent dans la plaine du Pô.

Parmi les problèmes de la tectonique de faille, nous citerons l'analyse imparfaite des failles, leur rapport obscur avec les structures de nappe ou les structures de type alpin, ainsi que notre connaissance insuffisante des périodes plus ou moins actives de ces failles. Les rapports entre les déplacements horizontaux et verticaux ne sont pas encore élucidés. Les recherches futures seront consacrées à la solution de ces problèmes.

Краткое содержание

Проблемы разрывной тектоники в северозападных Динаридах

Данные из научной литературы свидетельствуют о разных пониманиях разрывной тектоники в северозападных Динаридах. Четыре подробно анализированные случаи показали преимущественно горизонтально передвинутые глыбы этой территории.

Эти разрывы секут альпинические структуры пиринейского, может быть и ларамийского, орогенетического фазиса. Они и сейчас активны, так как здесь находятся зоны землетрясения. Они секут в несколько тысячи метров толстую серию седиментов; их можно включать в зоны скальвания, покрывающие земную кору в направлении северозапад-северозапад и северозапад-северозапад (Павони, 1962, Муды, 1966).

Перемещения около сдвигов можно сверстить в горизонтальные и вертикальные компоненты. Все вертикальные различия между тектоническими глыбами можно включать в механику движения у зонах скальвания, поэтому горизонтальные перемещения не надо считать орогенетическими, а вертикальные эпигоренетическими процессами, как это анализировал Винклер (1957, 1960).

Из-за многочисленных аналитических проблем и недостаточного сравнения геофизических раскрытий нельзя принять решения по геотектонической позиции Динаридов (что касается разрывной тектоники), в особенности их северозападной части.

Проблемами разрывной тектоники считаются и недостоинные анализы разломов, их неясное отношение к покровам или альпинотипным структурам и еще недостаточно знакомым периодам большей или меньшей активности этих разрывов. Соотношения между горизонтальными и вертикальными перемещениями еще не совсем ясны. Дальнейшие исследования направлены к разрешению этих проблем.

Die Dinariden waren in den beiden letzten Jahrzehnten Gegenstand zahlreicher geologischer Untersuchungen. Die älteren Forschungsergebnisse STACHES (1859), KOSSMATS (1924) und WINKLERS (1923) sind ergänzt, die Probleme neu beleuchtet worden. Mit den Sedimentationsbedingungen in diesem Teil der Geosynklinale der Tethys beschäftigen sich zahlreiche stratigraphische Abhandlungen jugoslawischer Autoren (First Colloquy on Geology of Dinaric Alps, 1, 1—227, Ljubljana, 1968), während die Genese der Geosynklinale selbst von AUBOIN (1960, 1965) behandelt worden ist. Parallel mit der Aufgliederung der stratigraphischen Verhältnisse gelangte man zu Schlüssen betreffs der Strukturen einzelner Abschnitte und schließlich zu Folgerungen über die Zusammensetzung und Gliederung der geo-

tektonischen Zonen. Ebenso lebte auch die Diskussion über die alpinodinarische Grenze mehrere Male wieder auf. Im Hinblick auf diese beiden Themen gibt es noch immer keine einheitlichen Gesichtspunkte. Hier stehen die Verteidiger des allochthonen Deckenbaues (KOBAR 1952; PETKOVIC 1960; MEDWENITSCH & SIKOŠEK 1966) den Vertretern des autochthonen Schuppen- bzw. Faltungsbaues (MILOVANOVIĆ 1950; BEŠIĆ 1952; GRUBIĆ 1959, 1967; ČIRIĆ 1963, 1967) gegenüber.

Diese Diskussionen umspannen auch die NW-Dinariden, die das nordwestliche Jugoslawien, und zwar den überwiegenden Teil Sloweniens sowie Südwest-Kroatien mit Istrien umfassen (Abb. 1). In diesen hier nur geographisch begrenzten Teil der Dinariden reichen nach MEDWENITSCH & SIKOŠEK (1965) die nordwestlichen Teile des Adriaticums (sein autochthoner und paraautochthoner Teil), des Hochdinaricums (der Hochkarst) und einiger Zonen des zentralen Dinaricums (die Zone der mesozoischen Kalke und der paläozoischen Schiefer) hinein. Darüber, ob diesen Zentraliden auch Teile der alpinodinarischen Grenzzone angehören, z. B. die Julischen und die Kamniker- (Steiner-) Alpen, gehen die Meinungen noch auseinander. KOSSMAT (1913), WINKLER (1923) und RAKOVEC (1956) rechnen sie zu den Alpen, da ihre Grenze etwa südlich der Linie Tolmin—Ljubljana—Krško verläuft. Hier biegen nämlich die tektonischen Strukturen ausgesprochen aus der alpinen E-W-Richtung in die von NW nach SE verlaufende dinarische Richtung um. Als Beweis für diese Auffassung führen die genannten Autoren auch die in diesem Bereich auftretenden, von NW nach SE gerichteten Brüche an. Von diesen bezeichnen sie die nach der Bergstadt Idrija benannte Bruchlinie als wichtigste Trennungslinie beider Teile des Orogens.

Bei der Ausarbeitung der geologischen Karten der NW-Dinariden werden die mit den Brüchen zusammenhängenden Erscheinungen von den österreichischen Geologen (STACHE 1859; KOSSMAT 1905; LIPOLD 1858; SCHUBERT 1908) im allgemeinen stark berücksichtigt und im Sinne der germanotypen Tektonik erklärt (abgesunkene und gehobene Schollen, überschobene Schuppen, Bruchfalten usw.). Diese Ansichten fanden auch in der tektonischen Karte Sloweniens ihren Niederschlag (RAKOVEC 1956) und ebenso auch in einigen eingehenderen Bearbeitungen des Terrains (z. B. BUSER 1965). Die geomorphologischen Studien von RUS (1925), RAKOVEC (1955) und MELIK (1963) fanden in der Mechanik der Schollentektonik gute Stützen für die Erläuterung des Reliefs in Pliozän und Quartär.

Dagegen bleiben die Meinungen LIMANOWSKIS (1910), der umgekippte Falten, und WINKLERS (1923), der Überschiebungen annahm, bis in die neueste Zeit vereinzelt. Erst die neueren, den tektonischen Bau Sloweniens und der Dinariden betreffenden Forschungsergebnisse betonen wiederholt die Bedeutung der gefalteten, geschuppten und überschobenen Strukturen, die durch Auf- und Abschiebungen, aber auch durch horizontale Verschiebungen (HV) zerbrochen worden sind. GRUBIĆ (1959) schrieb den Brüchen nur lokale Bedeutung zu, später (1967) hat aber auch der HV größere Ausbreitung anerkannt. SOKAČ & IVANOVIĆ (1965) betonten im Velebit die Bedeutung der Aufschiebungen, PLENIČAR & HINTERLECHNER-

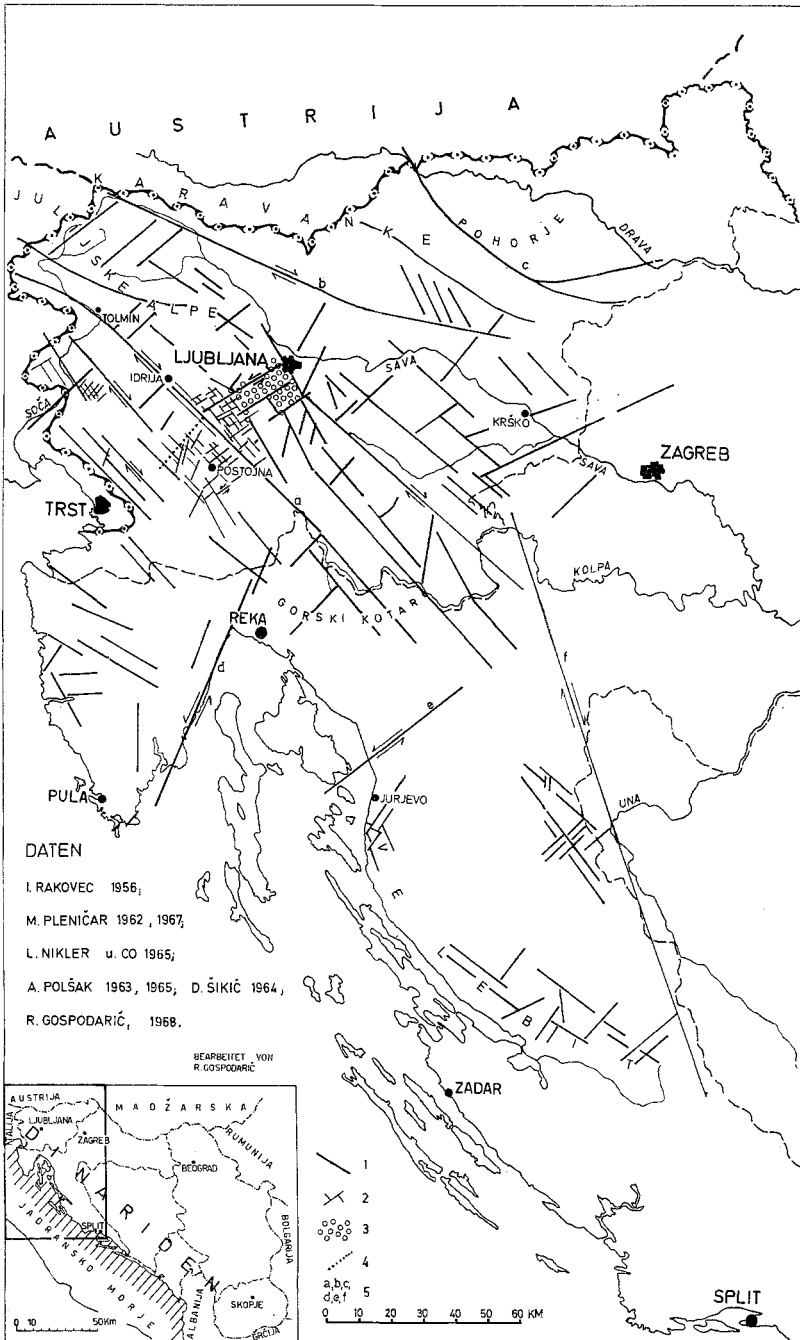


Abb. 1. Einige bruchtektonische Erscheinungen in den NW-Dinariden. 1. Verwerfungen mit Horizontalverschiebungen (HV) größeren Ausmaßes; 2. HV kleineren Ausmaßes (von Verfasser bearbeitet); 3. Ljubljanaer Moor; 4. Verlauf des Querprofiles in Abb. 3; 5. Im Text einzeln erwähnte HV.

RAVNIK (1967) und MĹAKAR (1967) sprachen von Scherungszonen, in denen die gefalteten und überkippten Strukturen horizontal verschoben sind. In der Nähe des betrachteten Gebietes hat SOKLIČ (1965) die HV aus Nord-Bosnien betrachtet. ŠIKIĆ (1964) versuchte am Beispiel der Dinariden die Gründe für diesen Typ tektonischer Deformationen zu klären. Seiner Meinung nach handelt es sich um Brüche, die tief in die Unterlagen der Sedimente hinabreichen und während der ganzen Epoche der alpinen Orogenese tätig waren.

Offensichtlich haben die Erörterungen über den allochthonen bzw. autochthonen Ursprung der Dinariden die Lösung der Probleme, die mit den Brucherscheinungen selbst und ihrer Rolle bei der Formung des heutigen Strukturbildes zusammenhängen, in den Hintergrund gedrängt. Als Beitrag zur Kenntnis der Bruchtektonik wollen wir uns hier mit einigen Brucherscheinungen befassen, die zwar in räumlich begrenzten Teilen der NW-Dinariden betrachtet wurden, sich aber trotzdem in den Rahmen weiträumiger regionaler Gebiete einfügen lassen.

Der Charakter der Brucherscheinungen in einigen Räumen der NW-Dinariden

Die natürlichen Gänge der Höhle von Postojna sind im Turon- und Senonkalk entstanden, die im Bereich der Höhle und ihrer Umgebung in der Antiklinale von Postojna aufgefaltet sind (Abb. 2). Die Achse der Antiklinale verläuft in dinarischer Richtung von NW nach SE. Die Falte wird von Brüchen in den Richtungen NW—SE und NNE—SSW durchzogen. Horizontale Strömungen, Linsen tektonischer Brekzie und Fiederklüfte weisen auf HV kleineren Umfangs hin. Linke und rechte HV wechseln untereinander ab. Viele Schichtflächen sind durch sie verwandelt worden, was darauf hinweist, daß die HV jünger sind als die Falten. Aus den horizontal verschobenen Reiß-Sedimenten längs der Wände eines Höhlenganges konnten wir auf die Tätigkeit dieser Brüche noch im jüngeren Pleistozän schließen (GOSPODARIČ, 1963, 10). Da sich das Gebiet von Postojna in einer aktiven Erdbebenzone befindet, dürfen wir annehmen, daß solche Verschiebungen auch im Holozän stattgefunden haben.

Über das jüngere Alter der tektonischen Bewegungen sind auch Beweise in anderen Teilen des behandelten Gebietes zu finden. In den Straßeneinschnitten südlich von Jurjevo (SW Gehänge des Velebites) sind in 2 m dicker Schicht von Reibungsbrekzie auch Bruchstücke von Sinter (vermutlich altpleistozänen Alters) vorhanden. In diesen Einschnitten verlaufen auch die Verschiebungsflächen (mit seiner Strömung zusammen) durch den Kreidekalk und eine dünne Schicht von Sinterablagerung, die vor den Bewegungen entstanden ist, hindurch.

Die Gleitflächen der beobachteten Verschiebungen verlaufen aber nicht immer senkrecht, sie fallen auch mit 60—70 Grad ein. Da außerdem auch senkrechte und schräg verlaufende Strömungen auftreten, kann man darauf schließen, daß die Verschiebung nicht ganz und nicht immer horizontal vor sich ging.

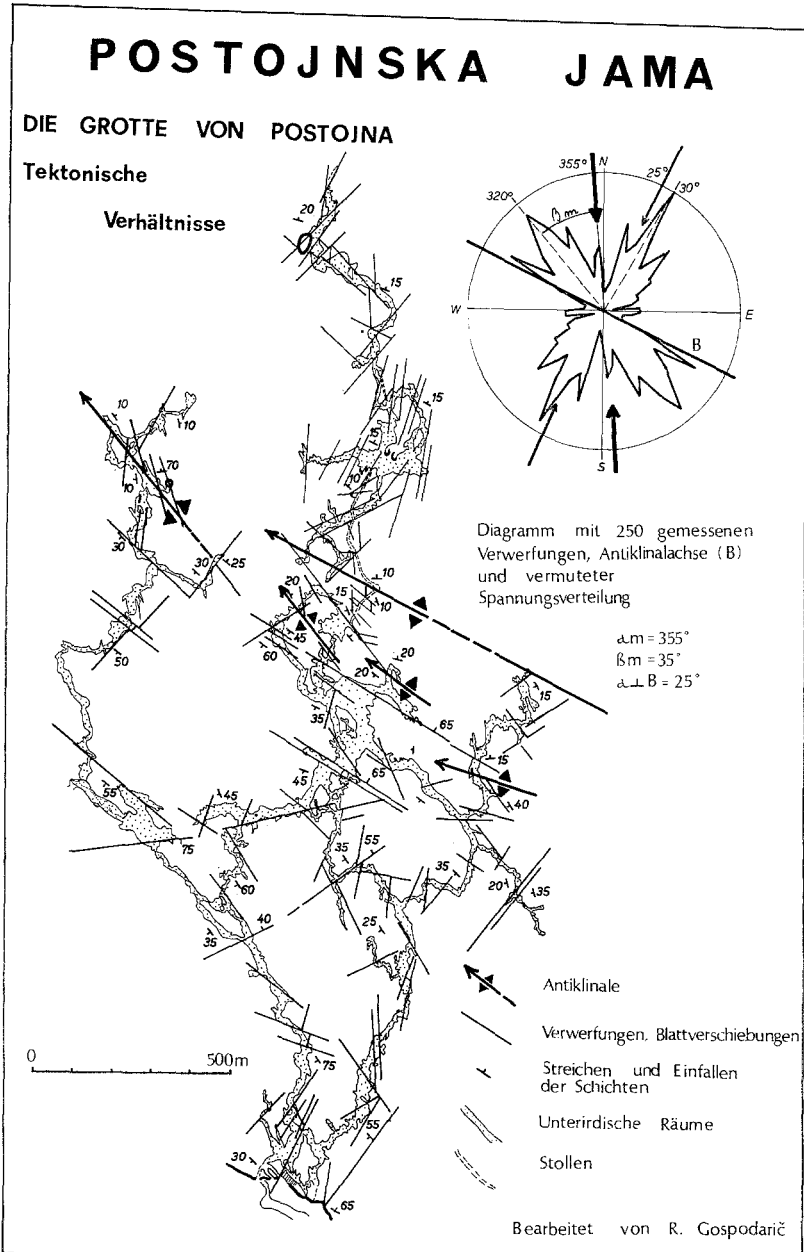


Abb. 2. Tektonisches Bild der Grotte von Postojna.

Auf mosaikartig angelegte Verschiebungen in schwach angedeuteten Faltenstrukturen stoßen wir auch in der weiteren Umgebung der Höhle, dem Karstgebiet von Postojna, das rund 70 km² der tektonischen Einheit des Hochkarstes umfaßt. Nördlich und westlich davon sind die Überschiebungsstrukturen schon wieder von HV durchschnitten.

Als Beispiel sei die zerbrochene Decke des Nanos und der Hrušica (Birnbauer Wald) nächst Postojna erwähnt, wo das Problem der Autochthonität noch nicht ganz geklärt ist. Das hier dargestellte Profil (Abb. 3) vermittelt zumindest zwei klare Tatsachen, die befürwortet werden können:

- im Gebiet dieses Profils ist die Decklage des Mesozoikums auf dem eozänen Flysch eindeutig erwiesen;
- die Decke durchschneiden steile Gleitflächen schräger HV.

Die Decke selbst ist recht verwickelt aus mehreren mesozoischen chronostratigraphischen Stufen aufgebaut. Diese sind mit zumindest 800 m tief reichenden HV durchsetzt, es ist aber nicht zu ersehen, ob die Verwerfungen auch in den Flysch und seine mesozoische Unterlage hinabstoßen. In abgeschlossenem Flysch sind keine Scherungsdeformationen zu sehen, häufig sind jedoch parallel mit den Überschiebungsrändern in der Richtung von NW gegen SE verlaufende Falten, wobei diese Richtung stark nach N und W ablenkt. Angesichts der Feststellung, daß horizontale Striemung an den Kontakten des autochthonen Flysches und des allochthonen Kalkgesteins häufig sind und HV in den NW-Dinariden allgemein verbreitet sind, fällt es nicht so sehr ins Gewicht, daß wir die HV im Flysch nicht kartieren konnten. Die stellenweise mächtigere oder andernorts dünnere Flyschschicht kann zwar die verschiedenen lokalen Strukturen beeinflussen, doch können diese die regionale Gesamtbild nicht verändern.

Die Eigenschaften der HV können aus den Profilen des Quecksilberbergwerks Idrija herausgelesen werden, die MLAKAR (1967) veröffentlicht hat. Der komplizierte Deckenbau besteht aus vier Decken des Mesozoikums und jüngeren Paläozoikums und der autochthonen Unterlage von Kreidekalk und eozänem Flysch, wird aber auch durch steile, von NW nach SE gerichtete Brüche durchbrochen. Die Brüche sind durch Bergarbeiten und Bohrungen bis zur Tiefe von 200 m unter Meeresspiegel festgestellt, wo sie noch in die autochthone Unterlage eindringen. Im Hinblick auf die topographischen Verhältnisse der Umgebung durchbrechen sie den Deckenbau mindestens bis zur Tiefe von 2000 m, wahrscheinlich reichen sie aber noch tiefer. WINKLER (1957) schrieb dieser Idrijaner Bruchzone (a auf Abb. 1) vertikale epirogenetische Bewegungen in der ganzen post-eozänen Zeit bis einschließlich des Quartärs zu. MLAKAR (1967) zeigte jedoch, daß die HV überwiegt, weil die erzführende Schicht um 2 km in Richtung des Uhrzeigers verschoben ist; nach SE vergrößert sich die Verschiebung bis auf 14 km (PLENIČAR & HINTERLECHNER-RAVNIK 1967, 224). Die Bruchzone läßt sich noch gegen NW in das Sočatal und das Vorland der Westlichen Julischen Alpen, nach SW dagegen in das Gebiet der Gorski Kotar, der Lika und der Velebits verfolgen, wo sie sich der rechten HV (f) zwischen Krško und Split nähert (ŠIKIĆ, 1964). Nach ŠIKIĆ haben sich dort

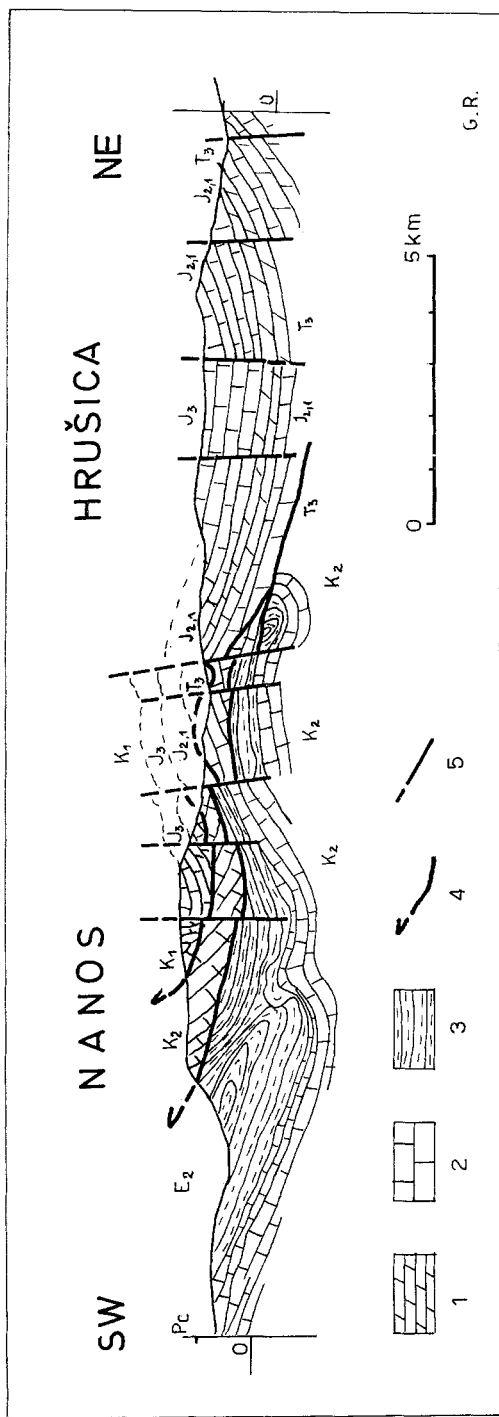


Abb. 3. Mit HV zerteilter Teil der Hochkarstdecke NW von Postojna. Die Situation ist auf Abb. 1 angegeben. 1. Dolomit; 2. Kalkstein; 3. Eozänflysch; 4. Überschiebungsfäche; 5. Verwerfung. Die Unterlagen (auch für Abb. 1): KOSMAR, 1905; Geol. Karten (Manuskript) von Geol. zavod SRS, Ljubljana.

die westlichen Dinariden um rund 80 km gegen NNW verschoben. Die Idrijaner Bruchlinie gehört nach KOSMAT (1913) der Gruppe der periadriatischen Brüche an, die längs der adriatischen Küste verlaufen.

In den geologischen Spezialkarten der NW-Dinariden ist eine zweite Gruppe von NE nach SW gerichteter HV häufig, die mit der periadriatischen Gruppe ein gemeinsames Scherungssystem bilden. Diese Brüche treten des öfteren in einzelnen lithologischen Einheiten auf, ihre Ausdehnung ist nicht groß, in bezug auf ihre Anzahl können wir aber auf recht stark verschobene Einheiten schließen. Zu dieser Gruppe zählen wir auch größere Verwerfungen, wie z. B. die Bruchlinien des Kvarner (d), von Senj (e) und Sinj (ŠIKIĆ 1964), ferner jene von Logatec und Lanišče sowie eine Reihe anderer ähnlich verlaufender Dislokationen. Hier ist also ein Scherungssystem entwickelt, wie wir ein solches in kleinerem Maßstab aus der Höhle von Postojna kennengelernt haben. Es ist aber nicht nur auf das dinarische Gebiet beschränkt, sondern macht sich auch in der strittigen alpino-dinarischen Grenzzone geltend (z. B. mit der Save-Bruchlinie [b]). Daher kann die Grenzfrage beider Systeme vom Gesichtspunkt dieser Verwerfungen aus nicht gelöst werden.

Von HV können wir noch in einigen Becken der NW-Dinariden sprechen, z. B. in den dortigen Karstfeldern; besonders interessant ist jedoch das Ljubljanaer Moor. Es ist dies der südliche Teil des Ljubljanaer Feldes, der sich erst im Pliozän der größeren, zwischen den Julischen und den Kamniker-Alpen gelegenen Senke angeschlossen hat. Nach RAKOVEC (1955) ist das Ljubljanaer Moor eine längs verschieden alter, von NW nach SE, NE nach SW und N nach S gerichteter Störungen abgesunkene Scholle. Hundert Meter mächtige jungpleistozäne Ablagerungen bestätigen das verhältnismäßig schnelle Absinken des felsigen Untergrundes im Vergleich zu seiner Umgebung (ŠERCELJ 1967).

Im südwestlichen Randgebiet des Moores sind die Trias- und Jurakalke bzw. Dolomite mit einem Mosaik von Scherungsbrüchen durchzogen, die wir ohne Schwierigkeit den Bruchlinien im Moor zugesellen können. Wir dürfen den Schluß ziehen, daß die stärkste Hauptspannung beiläufig von N nach S gerichtet war, dies jedoch in schrägliegenden Ebenen, da sich die Blöcke längs der Gleitflächen mit 30—40° geneigten Strömungen verschoben haben. Ein sichtbares Resultat dieser so gearteten Bewegungen sind die Höhenunterschiede zwischen dem felsigen Untergrund des Moores und den Felsterrassen seiner Randzone, die zwischen 50 und 600 m betragen, und auch die auseinandergerissenen und flächenmäßig versetzten tektonischen Einheiten. Diese Verwerfungen durchschneiden ältere Falten und Decken.

Längs der Verwerfungen treten noch heute thermale Quellen (die Furlanquelle in Vrhnika) und Erdbeben auf, also Erscheinungen, die für normale, durch Zerrung verursachte Brüche und nicht für die HV, die in Scherungen ihren Ursprung haben, charakteristisch sind. Die Änderung solcher Strukturen in der mittleren Zone der Dinariden, der auch das Moor angehört, hat auch ŠIKIĆ (1964, 38) angedeutet, ohne jedoch klarzulegen, ob diese Deformationen an verschiedene tektonische Prozesse ge-

bunden sind. WINKLER (1957) nahm in bezug auf die Lavanttaler und die Donati-Bruchlinie (c) an, daß die HV orogenetischen, die vertikalen Verschiebungen dagegen epirogenetischen Prozessen zuzuordnen seien. Seiner Meinung nach war auch das Absinken der Schollen längs der Idrijaner Bruchlinie ein epirogenetischer Prozeß, so daß wir die nunmehr bekannte HV orogenetischen Erscheinungen zuzuschreiben hätten. Gerade am Beispiel des Idrijaner Bruches haben wir aber gesehen, daß sich die Form und der Charakter der Bruchzone stark von den alpinotypen orogenetischen Erscheinungen unterscheidet (Decken, Überschiebungen). Die HV stellen demnach Strukturen dar, die wir nur schwer in den Rahmen der jetzt geläufigen Definitionen der Oro- und Epirogenese einfügen können.

Schlusfolgerungen

Man kann die HV nicht mit den Kompressionskräften erklären, die das dinarische Orogen geschaffen haben, da sich die Hauptspannungen dieses Raumes nach dem Oligozän derart hätten verändern müssen, daß ihr Mittelwert (P_2) ein vertikaler, ihr größter Wert (P_1) aber ein waagerechter, von N nach S gerichteter geworden wäre. An solche Veränderung ist aber angesichts der Erosionstätigkeit im aufgefalteten Gebiet nach dem Oligozän, als die NW-Dinariden dem Festland angehörten, schwerlich zu denken. Die orogenetische Welle (WUNDERLICH 1966, 144) hatte sich damals schon in die Nähe der Poebene und der Adriatischen Masse abgesetzt. Nach den Schwereanomalien zu urteilen (von -50 mgal an der alpinen bis zu $+50$ mgal an der adriatischen Seite), weisen die Dinariden keine Faltungstendenzen mehr auf, sondern bloß Anzeichen der Zerschneidung alpinotyper Strukturen. Die stärksten Verschiebungen treten längs der Scherungszonen auf, die man in den Rahmen regionaler HV der Erdrinde nach den von PAVONI (1962) und MOODY (1966) ausgesprochenen Gedanken einschließen kann.

Nach den Angaben PAVONIS (1962) sind die Dinariden in die rechte Megascherungszone eingeschlossen, die sich in den HV der Vardarzone und Anatoliens fortsetzt und die nach DE BOER (1963) andererseits noch bis zu den Venezianischen Alpen reicht. In diese Zone fällt das Gebiet der mittleren Dinariden, das sich nach ŠIKIĆ (1964) wegen der Verschiebungen der Unterlage der Sedimentdecke im Bereich von Zerrungs- und Kompressionsspannungen befindet. Diese Verschiebungen sind sehr alt, sie haben ja das ganze Mesozoikum und ältere Tertiär hindurch die Sedimentationsbedingungen dieses Teiles der Geosynklinale, im Jungtertiär dagegen die strukturellen Formen des Festlands beeinflusst. Deformationen treten in den versetzten Gebirgseinheiten, im Verlauf der Schichtrichtungen, die sich in der Form von Flexuren um vertikale Achsen biegen, sowie in einer Vielzahl von Brüchen mit vorwiegend horizontaler Komponente zutage. Hier nähert sich ŠIKIĆ (1964) den Gedanken PAVONIS (1961), der die Entstehung der Falten im Schweizer Jura horizontalen Verschiebungen in ihrer Unterlage zugeschrieben hat.

Fine interessante Möglichkeit für die Erklärung der HV finden wir in der Abhandlung MOODYS (1966), der die Scherungszonen der Erdkruste mit den Kompressionsspannungen in meridionaler und äquatorialer Richtung in Verbindung bringt. Seine Abbildung der HV in Europa bzw. in den übrigen Kontinenten (1966, 188) ist dem Diagramm der HV aus der Höhle von Postojna sehr ähnlich. In viel kleinerem Maßstab und Umfang sind hier die beiden Hauptrichtungen des Scherungssystems ausgeprägt, das der Scherungszone San Andreas in Kalifornien (Azimut 320°) und der Scherungszone Great Glen in Schottland (Azimut 30°) entspricht. Wenn wir aber dem Diagramm aus Postojna Brüche noch größerer Ausdehnung zugesellen, z. B. das ganze System der periadriatischen Bruchlinien, wobei wir an die von NW nach SE und von NE nach SW gerichteten Brüche denken, erhalten wir zwei polygonale Scherungssysteme mit denselben Kennzeichen, wie sie MOODY anführt. In diesem Gebiet fehlen auch jedwede von N nach S und von E nach W gerichtete scherungsgemäße Brüche. Diese Übereinstimmung erlaubt den Gedanken, daß diese in den NW-Dinariden vorherrschenden Strukturen nicht nur in Lokalität der NW-Dinariden während einzelner orogenetischer Phasen oder epigene-tischer Zeiträume entstanden, sondern daß sie als ein Bestandteil der Prozesse bei der Verschiebung der Kontinente längs sehr alter Scherungs-zonen anzusehen sind. Wie aber diese Bruchtektonik mit der Entstehung des dinarischen Orogens in Verbindung zu bringen wäre, ist eine noch ungelöste Frage.

Etwas näher steht die Antwort auf die Frage nach der Verflechtung vertikaler und waagerechter Schollenverschiebungen in den NW-Dinariden. Anhand des Beispiels des Ljubljanaer Moores haben wir erkannt, daß die Blöcke längs alter Gleitflächen schräg abrutschten, das Resultat dagegen aus räumlich und nicht nur flächengemäß verteilten Einheiten ersichtlich ist. Am Beispiel der Idrijaner Bruchlinie kann man diese vertikale Verschiebung in einem weiteren Rahmen beurteilen. Wenn die Blöcke längs der Gleitfläche um 14 km verschoben sind, beträgt beispielsweise bei einer Neigung der Gleitbahnen um 10° der vertikale Höhenunterschied zweier Blockteile etwa 2500 m. Diese Zahl ist natürlich von der Zahl paralleler Gleitflächen und von der Neigung der Gleitbahnen abhängig, doch können wir immer mit einem bestimmten vertikalen Unterschied rechnen. KOSSMAT (1916), WINKLER (1923) und RAKOVEC (1956) waren stets der Meinung, daß sich das Terrain auf der NE-Seite des Bruches in Übereinstimmung mit dem Terrain auf der SW-Seite gehoben hat. Damit betonten sie jedoch unwillkürlich den Schollencharakter der Landschaft und damit die Prinzipien der germanotypen Tektonik, die nicht mit Scherungsverschiebungen rechnet. Da uns jetzt der Deckenbau der Gegend um Idrija bekannt ist, wo sich die stratigraphischen Stufen in umgekehrter Lage befinden (MLAKAR 1967), wird man vom geomorphologischen Gesichtspunkt aus auch diese Auffassungen von einer relativen vertikalen Verschiebung längs der Idrijaner HV revidieren müssen.

Unsere Untersuchungen betonen demnach den Gedanken, daß die festgestellten vertikalen Verschiebungen nur als ein Bestandteil der Verschie-

bungen längs der Scherungszonen in der Erdkrinde anzusehen sind. In den absoluten Zahlen sind die vertikalen Verschiebungen natürlich zur Gänze den horizontalen Entfernungen zwischen zwei Teilen eines einst gemeinsamen geologischen Körpers untergeordnet, doch genügen sie in vollem Maße zur Erklärung der Höhenunterschiede im heutigen und in den pliozänen Reliefs der Landschaft.

Die Analysen der Terrainverhältnisse führten uns zu einigen synthetischen Schlußfolgerungen. Wir sind hier zu Vergleichen und Schlüssen gelangt, die als Arbeitshypothesen für weitere Forschungen in dieser Richtung dienen können. Es gibt in der Bruchtektonik noch eine lange Reihe ungelöster Probleme, deren Lösung ja im Schatten der immer lauterem, oft auch unfruchtbaren Erörterungen der autochthonen oder allochthonen Herkunft der Dinariden steht.

Das Hauptproblem ist hier eine zuverlässige Registrierung und Bewertung der Bruchlinien, nicht nur in Kilometern ihrer Ausdehnung, sondern auch in kleineren Maßstäben. Wir müßten die Gruppen der Auf- und Abschiebungen von den Systemen horizontaler Verschiebungen, die Schuppen von den Decken, die umgekippten Falten von den Überschiebungen scheiden, nicht nur von der geometrischen, sondern auch von der genetischen Seite her. Unsere Schlüsse von der Verteilung der örtlichen und regionalen Deformationsspannungen werden dann zuverlässiger sein, als sie es heute sind. Ein ständiges Vergleichen der geologischen Aufnahmen mit gravimetrischen, geomagnetischen und seismischen Karten — bisher ist diese Methode ungenügend angewendet worden — könnte komplexe Angaben über die geotektonische Stellung der Dinariden im Gesamtbild des mediterranen alpiden Orogens vermitteln. Es wird nun aber auch ein vollwertiger Vergleich mit andern, besser erforschten alpinen Strukturen möglich sein.

Auf den bisher unklaren tektonischen Auffassungen und verallgemeinerten Begriffen von der jungtertiären Bruchtektonik beruhen auch die geomorphologischen Untersuchungen des miozänen, pliozänen und pleistozänen Reliefs, und besonders noch jene der Karsterscheinungen. Manche Darstellungen würde auch hier an Wahrscheinlichkeit gewinnen, wenn die tektonischen Angaben zuverlässiger wären.

Literatur

- AUBOIN, J.: Essai sur l'ensemble italo-dinarique et ses rapports avec l'arc alpin. — Bull. Soc. Geol. Fr. 2/4, 487—526, Paris 1960.
 —: Geosynclines. Development-Geotectonics I. 1—335, Amsterdam-London-New York (Elsevier) 1960.
 BEŠIĆ, Z.: Contribution a la connaissance de la géologie des Dinarides. — Glasn. priro. muz. srp. zemlje, 5, 85—102, Beograd 1952.
 —: Geologischer Führer durch Montenegro. — Geol. društvo Črne gore, 1—559, Titograd 1959.
 BOER DE, J.: The Geology of the Vicentinian Alps (NE-Italy), with special references to their paleomagnetic history. — University Utrecht, 1—178, Utrecht 1963.

- BUSER, S.: Geological Structure of the Ljubljana Moor with Special Regard to its Southern Borderland. — *Geologija*, 8, 34—57, Ljubljana 1965.
- ČIRIĆ, B.: Le Development des Dinaride Yougoslaves pendant le cycle Alpin. — *Soc. Geol. Fr., Livre mem. P. Fallot*, 2, 565—582, Paris 1963.
- : Tektonischer Aufbau der Dinariden (russ.). — 8. Karp. balk. geol. Ass., *Geol. Probleme der Dinariden*, 55—64, Beograd 1967.
- GOSPODARIČ, R.: Traces of the Tectonic Movements in the Glacial Period in the Postojna Cave. — *Naše jame*, 5, 5—11, Ljubljana 1963.
- GRUBIĆ, A.: Betrachtungen über den allgemeinen Aufbau der jugoslawischen Dinariden. — *Vesnik zav. geol. geof. istr.*, 17, 9—12, Beograd 1959.
- : Grundzüglicher tektonischer Aufbau der Dinariden (russ.). — 8. Karp. balk. geol. Ass., 48—52, Beograd 1967.
- KOBER, L.: Leitlinien der Tektonik Jugoslawiens. — *Posebn. izd. Geol. inst. SAN*, 3, Beograd 1952.
- KOSSMAT, F.: Erläuterungen zur geologischen Karte Haidenschaft und Adelsberg (mit geol. Karte), 1—56, Wien 1905.
- : Die adriatische Umrandung in der alpinen Faltungsregion. — *Mitt. Geol. Ges.*, 6, 61—163, Wien 1913.
- : Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. — V + 198, Berlin (Boroträger) 1924.
- LIMANOWSKY, M.: Wielkie przemieszenia mas skalnych w Dynarydach koło Postojny. — *Raz. Wydz. przyr. Akad. umjetn.*, 10, 109—171, Krakow 1910.
- LIPOLD, V.: Geologische Aufnahme in Unterkrain im Jahre 1857. — *Jb. Geol. R.A.*, 9, Wien 1858.
- MELIK, A.: Slovenija I (slow.), Slovenska Matica, 1—617, Ljubljana 1963.
- MILOVANOVIĆ, B., & ILIĆ, M.: Geologische und tektonische Skizze Jugoslawiens (serbocroat.). — *Geologija za rudare*, 411—450, Beograd 1950.
- MLAKAR, I.: The Role of Postmineralization Tectonics in the Search for New Mineralized zones in the Idria Area. — *Minning and Metallurgic Quarterly*, 1, Ljubljana 1964.
- : Relations Between the Lower and the Upper Structure of the Idrija Ore Deposit. — *Geologija*, 10, 87—126, Ljubljana 1967.
- MOODY, J.D.: Crustal Shear Pattern and Orogenesis. — *Tectonophysics*, 3/6, 479—522, Amsterdam 1966.
- NIKLER, L., SOKAČ, B., IVANOVIĆ: Der strukturelle Bau des südöstlichen Velebit-Gebirges. — *Acta geologica*, 5, 389—393, Zagreb 1965.
- PAVONI, N.: Faltung durch Horizontalverschiebung. — *Ecl. geol. Helv.*, 54/2, 515—534, Basel 1961.
- : Die nordanatolische Horizontalverschiebung. — *Geol. Rdsch.* 51, 1, Stuttgart 1962.
- PETKOVIĆ, K.V.: Neue Erkenntnisse über den Bau der Dinariden. — *Jahrb. Geol. Bundesanst.*, 101, 1—24, Wien 1958.
- PLENIČAR, M., & HINTERLECHNER-RAVNIK, A.: The Smrekovec Andesite and its Tuff. — *Geologija*, 10, 219—237, Ljubljana 1967.
- POLŠAK, A.: Géologie de l'Istrie méridionale spécialement par rapport a la biostratigraphie des couches cretacées. — *Geol. vjestnik*, 18/2, 490—509, Zagreb 1965.
- POLŠAK, A., & MILAN, A.: Fazielle und tektonische Verhältnisse im nordöstlichen Likagebiet. — *Referati 5. savj. geol. Jug.*, 1, 72—75, Beograd 1962.
- RAKOVEC, I.: Geologische Geschichte des Territoriums von Ljubljana, Zgodovina Ljubljane, 1, 11—207, Ljubljana 1955.

Aufsätze

- : A Survey of the Tectonic Structure of Slovenia. — I. Youg. Geol. Cong., 73—80, Ljubljana 1956.
- ROKSANDIĆ, M.: Structures profondes et superficielles des Dinarides externes et de l'Adriatique. — Vestnik, 7, 101—161, Beograd 1966.
- RUS, J.: Etudes morphogenetiques dans la Carniole intérieure. — Geogr. vestnik, 1/2, 29—32, 105—112, Ljubljana 1925.
- SCHUBERT, R.: Zur Geologie der Österreichischen Velebit. — Jahrb. Geol. R. A., 58, Wien 1908.
- ŠERCELJ, A.: Die Entwicklung des Untergrundes im südlichen Teil von Ljubljana im Lichte der palynologischen Untersuchungen. Razprave IV. razr. SAZU, 10, 277—300, Ljubljana 1967.
- ŠIKIĆ, D.: Die horizontalen Bewegungen in den Dinariden. — Zbornik rad. rud. odj. Tehn. fak. Zagreb, 129—141, Zagreb 1964.
- SIKOŠEK, B., & MEDWENITSCH, W.: Neue Daten zur Fazies und Tektonik der Dinariden. — Verh. Geol. Bundesanst., Sonderh. G, 86—102, Wien 1965.
- SOKLIĆ, J.: Horizontale und vertikale Bewegungen tektonischer Blöcke als Ursache von tertiärer Faltung und Verwerfungen. — Acta geologica, 5, 157 bis 170, Zagreb 1965.
- STACHE, G.: Übersicht der geologischen Verhältnisse der Küstenländer von Österreich-Ungarn. — Abh. Geol. R. A., 13, Wien 1859.
- WINKLER, A. H.: Über den Bau der östlichen Südalpen. — Mitt. geol. Ges., 16, 1—272, Wien 1923.
- : Geologisches Kräftespiel und Landformung. — 1—822, Wien (Springer) 1957.
- : Zur Frage der Beziehungen zwischen Tektonik und Landformung. — Geol. Rdsch., 50, 273—290, Stuttgart 1960.
- WUNDERLICH, H. G.: Wesen und Ursachen der Gebirgsbildung. — Hochschul-taschenbücher, 1—367, Mannheim 1966.