

WERNER RAUH, Über die Zonierung und Differenzierung der Vegetation Madagaskars. 145 S. mit 72 Abb., DM 47,—
RAINER SCHILL, Palynologische (lichtmikroskopische) Untersuchungen an sukkulenten Vertretern der Gattung *Euphorbia* L. aus Madagaskar. 23 S. mit 4 Tafeln, DM 6,20

3. WERNER RAUH, Bromelienstudien. I. Neue und wenig bekannte Arten aus Peru (1. Mitteilung). 37 S. mit 20 Abb., DM 12,—
4. RAINER SCHILL, WILHELM BARTHLOTT, NESTA EHLER, WERNER RAUH, Raster-elektronenmikroskopische Untersuchungen an Cactaceen-Epidermen und ihre Bedeutung für die Systematik. 14 S. mit 21 Abb., DM 5,80

SCHILL, BARTHLOTT, EHLER, RAUH · RASTER-ELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN

Schill, Barthlott, Ehler, Rauh

Raster-elektronen-
mikroskopische
Untersuchungen
an Cactaceen



AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR · MAINZ

IN KOMMISSION BEI FRANZ STEINER VERLAG GMBH · WIESBADEN

1. WERNER RAUH, Über die Zonierung und Differenzierung der Vegetation Madagaskars. 145 S. mit 72 Abb., DM 47,—
2. RAINER SCHILL, Palynologische (lichtmikroskopische) Untersuchungen an sukkulenten Vertretern der Gattung *Euphorbia* L. aus Madagaskar. 23 S. mit 4 Tafeln, DM 6,20

3. WERNER RAUH, Bromelienstudien. I. Neue und wenig bekannte Arten aus Peru (I. Mitteilung). 37 S. mit 20 Abb., DM 12,—
4. RAINER SCHILL, WILHELM BARTHLOTT, NESTA EHLER, WERNER RAUH, Raster-elektronenmikroskopische Untersuchungen an Cactaceen-Epidermen und ihre Bedeutung für die Systematik. 14 S. mit 21 Abb., DM 5,80

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

TROPISCHE UND SUBTROPISCHE
PFLANZENWELT

4 (1973)

Redaktion: Werner Rauh

Raster-elektronenmikroskopische
Untersuchungen an Cactaceen-Epidermen
und ihre Bedeutung für die Systematik

von

RAINER SCHILL, WILHELM BARTHLOTT, NESTA EHLER
und WERNER RAUH

Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie
der Universität Heidelberg

mit 24 Abbildungen im Text



VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR ·
MAINZ IN KOMMISSION BEI FRANZ STEINER VERLAG GMBH · WIESBADEN

1. ERNST MARCUS UND EVELINE DU BOIS-REYMOND MARCUS, Mesogastropoden von der Küste São Paulos. 105 S. mit 95 Abb. auf 18 Tafeln, DM 11,60
2. FRANÇOISE DEBRENNE UND FRANZ LOTZE, Die Archaeocyatha des spanischen Kambriums. 38 S. mit 2 Abb. und 5 Tafeln, DM 5,20
3. MONIKA SCHWABE UND FRANZ PATAT, Zur Isolierung und Charakterisierung von Chondroitinschwefelsäuren. 11 S. mit 4 Tab. und 1 Abb. im Text, DM 3,—

4. JOST WIEDMANN, Unterkreide-Ammoniten von Mallorca. 2. Lieferung: Phylloceratina. 108 S. mit 28 Abb. im Text und 11 Tafeln. DM 14,80
5. HANS WEBER, Über die Wuchsform von *Bulbostylis paradoxa* (Spreng.) Lindm. (Cyperaceae). 20 S. mit 13 Abb. im Text, DM 3,—
6. OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammesgeschichte der Ammoniten. Lieferung III, 148 S. mit 94 Abbildungen im Text, DM 14,80

1. KARL W. BUTZER, Pleistocene Geomorphology and Stratigraphy of the Costa Brava Region (Catalonia). 51 S. mit 13 Abb. und 4 Tafeln, DM 5,60
2. OTTO H. SCHINDEWOLF, Erdgeschichte und Weltgeschichte. 52 S. mit 9 Abb., DM 5,—
3. PASCUAL JORDAN, Über Matrizen-Darstellung von Halbgruppen von Idempotenten. 12 S., DM 3,—
4. OTTO HAUPT, Lineare Abhängigkeit und Wronskische Matrix. 22 S., DM 3,—

5. ADOLF MÜLLER, Spektrographische Untersuchungen mittels paramagnetischer Elektronenresonanz über die Wirkung ionisierender Strahlen auf elementare biologische Objekte. 123 S. mit 88 Abbildungen und 13 Tabellen im Text, DM 11,60
6. WILHELM KUHLMANN, Die Strahlenempfindlichkeit bestimmter Oozyten-Meiosephasen und die chromosomalen Verhältnisse beim Kaninchen *Oryctolagus cuniculus*. 56 S. mit 36 Abb. u. 4 Tab., DM 7,60

1. ISTVÁN OZSVÁTH, New Homogeneous Solutions of Einstein's Field Equations with Incoherent Matter. (PASCUAL JORDAN, JÜRGEN EHLERS, WOLFGANG KUNDT, ISTVÁN OZSVÁTH, RAINER K. SACHS, MANFRED TRÜMPER, Strenge Lösungen der Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie VII) 31 S., DM 3,—
2. JÜRGEN KULLMANN, Rugose Korallen der Cephalopodenfazies und ihre Verbreitung im Devon des südöstlichen Kantabrischen Gebirges (Nordspanien). 136 S. mit 21 Abb. im Text und 7 Tafeln, DM 14,80
3. OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammesgeschichte der Ammoniten. Lieferung IV. 101 S. mit 58 Abbildungen im Text, DM 9,40
4. OTTO HAUPT, Verallgemeinerung zweier Sätze über interpolatorische Funktionensysteme, 17 S., DM 3,—
5. ZENON MOSZNER, Supplément aux théorèmes de O. HAUPT sur la wronskien. 7 S., DM 3,—
6. KARL MEIER-LEMGO, Die Briefe Engelbert Kaempfers. 50 S., DM 4,80

7. WALTER HENN, Über das alte und das neue Bauen. 16 S. mit 9 Tafeln, DM 3,—
8. OTTO FRÄNZLE, Die pleistozäne Klima- und Landschaftsentwicklung der nördlichen Po-Ebene im Lichte bodengeographischer Untersuchungen. 144 S. mit 31 Abb., 1 Tab. u. 1 Faltkarte, DM 14,—
9. HERBERT STRICKER und RUDOLF MARX, Über die Bedeutung der Art und der Stärke der Sulfurierung von Chondroitinschwefelsäuren für deren blutgerinnungshemmende Wirkung. 19 S., DM 3,—
10. FOCKO WEBERLING und PIETER W. LEENHOUTS, Systematisch-morphologische Studien an Terebinthales-Familien (Bursaceae, Simaroubaceae, Meliaceae, Anacardiaceae, Sapindaceae). 90 S. mit 39 Abb. im Text, DM 8,80
11. RICHARD VIEWEG, Ephemeridenzeit und Atomzeit. 20 S. mit 5 Abb. im Text, DM 3,—
12. DIETRICH HAFEMANN, Die Niveauveränderungen an den Küsten Kretas seit dem Altertum. 84 S. mit 4 Abb. und 8 Tafeln, DM 9,40

1. WOLFRAM OSTERTAG, Chemische Mutagenese an menschlichen Zellen in Kultur. 124 S., 34 Abb. u. 32 Tab. DM 12,—
2. FERDINAND CLAUSSEN und FRANZ STEINER, Zwillingsforschung zum Rheuma-Problem. 198 S. mit 8 Tabellen, DM 18,60
3. OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammesgeschichte der Ammoniten. 131 S., Lieferung V. mit 95 Abbildungen im Text, DM 12,40
4. WILHELM TROLL und FOCKO WEBERLING, Die Infloreszenzen der Caprifoliaceen und ihre systematische Bedeutung. 151 S., 76 Abb., DM 14,20

5. HILDEGARD SCHIEMANN, Über Chondrodystrophie (Achondroplasia, Chondrodysplasia). 61 S. mit 13 Tab. u. 19 Abb. DM 5,80
6. HARM GLASHOFF, Endogene Dynamik der Erde und die Dirac'sche Hypothese. 34 S. mit 9 Abb., DM 3,20
7. HUBERT FORESTIER und MARC DAIRE, Anomalies de réactivité chimique aux points de transformation magnétique des corps solides. 15 S. mit 8 Abb., DM 3,—
8. OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammesgeschichte der Ammoniten. 89 S., Lieferung VI. mit 43 Abbildungen im Text, DM 8,40

ABHANDLUNGEN DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

1. PASCUAL JORDAN, Zur Theorie der Cayley-Größen. 7 S., DM 3,—
2. KARL HÖHN, Untersuchungen über Hydathoden und deren Funktion. 34 S. mit 5 Abb., DM 3,20
3. JOS. E. HOFMANN, Nicolaus Mercator (Kauffmann). Sein Leben und Wirken, vorzugsweise als Mathematiker. 61 S. mit 6 Abb. u. 14 Taf., DM 10,—
4. OTMAR FRHR. V. VERSCHUER, Die Anwendung von Erkenntnissen der allgemeinen Genetik auf den Menschen und ihre Grenzen. 18 S., DM 3,—
5. PASCUAL JORDAN, Zur Axiomatik der Quanten-Algebra. 9 S., DM 3,—
6. HANS WEBER, Morphologische und anatomische Studien über *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. 29 S. mit 15 Abb., DM 3,20
7. KLAUS STOPP, Karpologische Studien I und II. 56 S. mit 45 Abb., DM 4,20
8. PASCUAL JORDAN, Über die empirischen Tatsachen zum Problem der Sternentstehung. 13 S., DM 3,—
9. ILSE SCHWIDETZKY, Turaniden-Studien. 59 S. mit 24 Abb., DM 7,80

10. WILHELM TROLL, Zur Klärung der Polaritätsverhältnisse des Pteridophytenembryos. 24 S. mit 16 Abb., DM 3,—
11. PASCUAL JORDAN, Vierdimensionale Begründung der erweiterten Gravitations-Theorie. 18 S., DM 3,—
12. PASCUAL JORDAN, Über polynomiale Fastringe. 6 S., DM 3,—
13. WILHELM TROLL, Botanische Notizen I. 18 S. mit 18 Abb., DM 3,—
14. GERHARD ROSSBERG, Hörschwellenkurve und Resonanzeigenschaften der knöchernen Labyrinthkapsel. 16 S. mit 11 Abb., DM 3,—
15. WILHELM TROLL, Über den Infloreszenzbegriff und seine Anwendung auf die blühende Region krautiger Pflanzen. 41 S. mit 32 Abb., DM 3,60
16. HEINRICH SCHADE, Ergebnisse einer Bevölkerungsuntersuchung in der Schwalm. 75 S. mit 5 Abb. u. 28 Tab., DM 6,—
17. KLAUS STOPP, Karpologische Studien III und IV. 50 S. mit 30 Abb., DM 3,60
18. ADOLF REMANE, Die biologischen Grundlagen des Handelns. 40 S. mit 2 Abb., DM 3,—

1. OTTO H. SCHINDEWOLF, Glaziale Erscheinungen im Oberdevon von Menorca. 21 S. mit 1 Abb. u. 5 Tafeln. DM 4,80
2. WILHELM TROLL, Botanische Notizen II. 58 S. mit 54 Abb., DM 4,80
3. WILHELM TROLL, Botanische Notizen III. 36 S. mit 22 Abb., DM 3,—
4. WILHELM TROLL und WERNER RAUH, Mykologische Studien. 21 S. mit 9 Abb., DM 3,—

5. WILHELM TROLL und BERTA HEIDENHAIN, Beiträge zur Kenntnis racemöser Infloreszenzformen. 76 S. mit 63 Abb., DM 7,50
6. LOTHAR GEITLER, Die Stellungen der Kopulationspartner und der Auxosporen bei Gomphonema-Arten. 11 S. mit 12 Abb., DM 3,—
7. ERNST LOTZ und KARL WENZLER, Die Hauttemperatur des Menschen bei wechselnden Windgeschwindigkeiten und Raumtemperaturen. 23 S. mit 9 Abb., DM 3,—

1. WILHELM TROLL und CARL WETTER, Beiträge zur Kenntnis der Radikationsverhältnisse von Farnen. 84 S. mit 52 Abb., DM 6,—
2. WILHELM TROLL und ANNELIESE MEISTER, Bau und Entwicklung der Infloreszenz von *Phyllorhachis sagittata* Trim. 17 S. mit 8 Abb., DM 3,—
3. WOLFRAM NOODT, Marine Harpacticiden (Cop.) aus dem eulitoralen Sandstrand der Insel Sylt. 40 S. mit 99 Abb., DM 3,—
4. OTTO H. SCHINDEWOLF, Korallen aus dem Oberkarbon (Namur) des oberschlesischen Steinkohlen-Beckens. 85 S. mit 29 Abb. und 2 Tafeln, DM 7,80
5. HANS DIETER BAEHR, Zur Thermodynamik der Zweiphasengleichgewichte. Über Umwandlungen höherer Ordnung, über das Verdampfungsgleichgewicht und den Aufbau der Dampfdruckformel. 85 S. mit 27 Abb., DM 6,60
6. SEBASTIAN A. GERLACH, Nematoden aus dem Küstengrundwasser. 58 S. mit 31 Abb., DM 4,80

7. MAX PFANNENSTIEL, Das Quartär der Levante Teil I: Die Küste Palästina-Syriens. 103 S. mit 3 Abb. und 8 Ausschlagtafeln, DM 12,60
8. EMIL WERTH, Die eustatischen Bewegungen des Meeresspiegels während der Eiszeit und die Bildung der Korallenriffe. 142 S. mit 102 Abb., DM 10,80
9. BERTA HEIDENHAIN, Über die Blütenstände der Campanulaceen. 32 S. mit 23 Abb., DM 3,—
10. HERMANN BECKER, Retrograde und transneurone Degeneration der Neurone. 161 S. mit 16 Tafeln, DM 19,20
11. DIETRICH BOCK, Die Hauttemperatur als Ausgleichsgröße zwischen Umwelt und Organismus und ihre Messung mit einer Thermokompensationsmeßanlage. 88 S. mit 15 Abb., DM 6,80
12. KLAUS STOPP, Morphologische und verbreitungsbiologische Untersuchungen über persistierende Blütenkelche. 71 S. mit 32 Abb., DM 5,40

1. LUTZ ZIEGLER, Zur analytischen Darstellung der thermischen Eigenschaften des Wasserdampfes im überkritischen Gebiet 57 S. mit 25 Abb., DM 4,80

2. PASCUAL JORDAN, Zur Theorie der nicht-kommutativen Verbände. 6 S., DM 3,—
3. PAUL DIEPGEN, Die Lehre von der Entzündung. Von der Begründung der Zellulärpathologie bis

zum Aufkommen der Bakteriologie. 21 S., DM 3,—

4. JOHANNES ROHEN, Die funktionelle Gestalt des Auges und seiner Hilfsorgane. (Untersuchungen zur funktionellen Anatomie des Auges.) 135 S. und 40 Tafeln, DM 26,20
5. PASCUAL JORDAN und ERNST WITT, Zur Theorie der Schrägverbände I. 10 S., DM 3,—

Jahrgang 1954

1. HARTWIG BENZLER, Zur Zustandsgleichung reiner fluider Stoffe, insbesondere bei überkritischen Dichten. 76 S., mit 52 Abb., DM 6,—
2. PASCUAL JORDAN und WERNER BÖGE, Zur Theorie der Schrägverbände II. 16 S., DM 3,—
3. MAX DEURING, Zur Transformationstheorie der elliptischen Funktionen. 12 S., DM 3,—
4. KURT GERHARDT, Vom Reifungswandel der menschlichen Physiognomie. Morphoplastische Wachstumsvollzüge von der Kindheit bis zur frühen Reife. 89 S. mit 7 Abb. und 53 Tabellen im Text und 10 Tafeln, DM 12,60

Jahrgang 1955

1. BERNHARD DE RUDDER, gemeinsam mit INGRID MOLL und INGEBORG POHL, Über die Häufigkeit gewisser „Stigmen“ und einen Status degenerativus beim Menschen. 10 S., DM 3,—
2. LUDWIG HEMPEL, Frostbodenbildung und Lößanwehung in der Würmeiszeit auf Muschelkalk und Buntsandstein bei Göttingen. 32 S. mit 8 Abb., DM 3,—
3. WERNER RAUH, Botanische Mitteilungen aus den Anden (I—III). 27 S. mit 16 Abb., DM 3,60
4. FRANZ SCHLÜTER und KARL WEZLER, Die Wirkung konstringierender und dilatierender Stoffe auf die Querdehnbarkeit isolierter kleiner Arterien vom muskulären Typ. 70 S. mit 13 Abb., DM 5,40
5. WILHELM TROLL und DIMITRI HARTL, Über einige Baueigentümlichkeiten von *Limosella aquatica* L., insbesondere ihre Infloreszenz. 14 S. mit 6 Abb., DM 3,—
6. GERHARD SCHÖNBACH und HEINZ LANGENDORF, Das Verhältnis von Innenradius und Wandstärke in den kleinen Blutgefäßen. 32 S. mit 19 Abb., DM 3,60

Jahrgang 1956

1. EDUARD JUSTI, KURT BISCHOFF und HERBERT SPENGLER, Stand und Aussichten der reversiblen Erzeugung elektrischer Energie aus festen Brennstoffen in Brennstoffelementen mit festem Elektrolyten. 26 S. mit 13 Abb., DM 3,—
2. PASCUAL JORDAN, Beiträge zur Theorie der Schrägverbände. 16 S., DM 3,—
3. DIETRICH HAFEMANN, Beiträge zur Siedlungsgeographie des römischen Britannien. I. Die militärischen Siedlungen. 197 S. mit 15 Karten, DM 22,20
4. OTMAR FRHR. v. VERSCHUER und ERNST KOBER, Die Frage der erblichen Disposition zum Krebs, Ergebnis einer Forschung durch 20 Jahre an einer auslesefreien Zwillingsserie. 88 S. mit 20 Tab., DM 6,60
5. MAX PFANNENSTIEL, Das Quartär der Levante. III. Reizte Froststrukturböden und Karst des Uludagh (Westtürkei). 12 S. mit 7 Tafeln, DM 4,20
6. WERNER RAUH, Morphologische, entwicklungs-

6. HANS DIETER BAEHR, Der kritische Zustand und seine Darstellung durch die Zustandsgleichung. 101 S. mit 40 Abb., DM 7,80
7. MAX PFANNENSTIEL, Das Quartär der Levante. Teil II: Die Entstehung der ägyptischen Oasen-depressionen. 77 S. mit 13 Abb., DM 6,—
8. KARL WEZLER und FRANZ SCHLÜTER, Die Querdehnbarkeit isolierter kleiner Arterien vom muskulären Typ. 80 S. mit 20 Abb., DM 6,—

5. FRANZ PATAT, Quantentheoretische Betrachtungen über die makromolekulare Stoffwelt des organischen Lebens. 14 S. mit 3 Abb., DM 1,20
6. HANS WEBER, Wurzelstudien an tropischen Pflanzen I. 41 S. mit 26 Abb., DM 3,—
7. DIETRICH HAFEMANN, Zur Frage der jungen Niveauperänderungen an den Küsten der Britischen Inseln. 62 S. mit 5 Abb., DM 4,80
8. EMIL WERTH, Die Litorinasenkung und die steinzeitlichen Kulturen im Rahmen der isostatischen Meeresspiegelschwankungen des nord-europäischen Postglazials. 256 S. mit 98 Abb., DM 19,20

7. OTTO HAUPT und CHRISTIAN Y. PAUC, Bemerkungen über Inhalte und Maße in lokal bikompakten Räumen. 32 S., DM 3,—
8. WALTER C. CADY, Theory of the Plane Wave Acoustic Filter with Periodic Structure. 16 S. mit 3 Abb., DM 3,—
9. JOHAN ARVID HEDVALL, Die Anwendung der physikalischen Chemie zur Konservierung antiker Kunstwerke und in der modernen Bautechnik. 22 S. mit 32 Abb., DM 6,—
10. OTTO H. SCHINDEWOLF und ADOLF SEILACHER, Beiträge zur Kenntnis des Kambriums in der Salt Range (Pakistan). 190 S. mit 36 Abb. und 33 Tafeln, DM 28,—
11. HANS WEBER, Über die Blütenkelche tropischer Rubiaceen. 20 S. mit 9 Abb. und 1 Vierfarbtafel, DM 3,—
12. ADOLF REMANE, Ist *Oreopithecus* ein Hominide? 31 S. mit 23 Abb., DM 3,—
13. PETER AX, Monographie der Otoplanidae (Turbellaria). Morphologie und Systematik. 298 S. mit 286 Abb., DM 22,20

- Untersuchungen an den Sprossen der *Didiereaceen*. 104 S. mit 63 Abb., DM 8,80
7. WILHELM BLASCHKE und GÜNTHER SCHOPPE, *Regiomontanus: Commensurator*. 85 S., DM 6,60
8. PETER AX, Die Gnathostomulida, eine rätselhafte Wurmgruppe aus dem Meeressand. 32 S. mit 48 Abb., DM 3,—
9. HANS WEBER, Histogenetische Untersuchungen am Sproßscheitel von *Espeletia*, mit einem Überblick über das Scheitelwachstum überhaupt. 56 S. mit 23 Abb., DM 5,40
10. GISELA NEUROTH-SCHMITT, Der Einfluß des arteriellen und venösen Druckes auf die Gleichgewichtskurven des isolierten, spontan schlagenden Froschherzens unter auxotonischen Bedingungen. 24 S. mit 8 Abb., DM 3,—
11. WERNER SINN, Die Elastizität der Arterien und ihre Bedeutung für die Dynamik des arteriellen Systems. 190 S. mit 30 Abb., DM 15,40

RAINER SCHILL, WILHELM BARTHLOTT, NESTA EHLER UND WERNER RAUH RASTER-ELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN AN CACTACEEN – EPIDERMEN UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE SYSTEMATIK



AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

TROPISCHE UND SUBTROPISCHE
PFLANZENWELT

4 (1973)

Redaktion: Werner Rauh



VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR ·
MAINZ IN KOMMISSION BEI FRANZ STEINER VERLAG GMBH · WIESBADEN

RASTER-ELEKTRONEN-MIKROSKOPISCHE
UNTERSUCHUNGEN AN
CACTACEEN-EPIDERMEN

von

RAINER SCHILL, WILHELM BARTHLOTT,
NESTA EHLER UND WERNER RAUH

Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie
der Universität Heidelberg

mit 24 Abbildungen im Text



VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR ·
MAINZ IN KOMMISSION BEI FRANZ STEINER VERLAG GMBH · WIESBADEN

Einleitung

Die systematische Stellung der *Cactaceae* im Pflanzenreich, die Einordnung bestimmter, hochabgeleiteter Genera innerhalb der Familie und die Abgrenzung einiger Großgattungen sind bei weitem nicht genügend gesichert (HUTCHINSON 1967). Während sich die systematische Forschung früher vor allem auf die Makromorphologie beschränkte, wurden mit zunehmender Verfeinerung der Untersuchungsmethoden auch mikromorphologische, palynologische, chemo- und cytotaxonomische Merkmale herangezogen (ANDERSON & BOKE 1969; BUXBAUM 1957; KURTZ 1963; REZNIK 1956–57).

Ein relativ junges Gebiet ist das vergleichende Studium von Epidermisstrukturen bei Angiospermen und deren systematische Verwendbarkeit. STACE (1965) gibt hierüber einen allgemeinen Überblick. Ältere Arbeiten, speziell über das Hautgewebe von Kakteen liegen von CASPARI (1883), KUMMER (1919) und HEMENWAY & ALLEN (1936) vor. Diesen nur schlecht, beziehungsweise überhaupt nicht illustrierten Veröffentlichungen ist lediglich zu entnehmen, daß Cactaceen-Epidermen recht vielgestaltig sind.

Durch den Einsatz des Raster-Elektronenmikroskopes können nun derartige Untersuchungen viel detaillierter und von größerem Aussagewert durchgeführt werden. So hat z. B. NEWTON (1972) mit dieser Methode an der Gattung *Aloe* gezeigt, daß Epidermisstrukturen artspezifisch sind und daß sich Arten sogar nach alten Herbarexemplaren bestimmen lassen.

Unsere speziell am Raster-Elektronenmikroskop eingesetzte Arbeitsgruppe hat die Epidermisstrukturen der aufgrund makromorphologischer Merkmale schwer abgrenzbaren paläotropischen *Rhipsalis*-Arten einer eingehenden vergleichenden Untersuchung unterzogen. Hierzu wird in einer gesonderten Arbeit Stellung genommen. In der vorliegenden Studie soll ein kurzer Überblick über die Vielfalt der Kakteenepidermen und die daraus zu ziehenden Schlüsse gegeben werden. Gemessen an den über 2000 Kakteenarten – viele von ihnen haben, kritisch betrachtet, nicht einmal den Wert von Varietäten – ist unsere Auswahl zwar gering, doch erscheint sie uns groß genug, die Mannigfaltigkeit der Kakteenepidermen und ihre systematische Verwertbarkeit zu demonstrieren. Insbesondere wurden in

morphologischer Hinsicht „ausgefallene“ und in ihrer systematischen Stellung umstrittene Gattungen gewählt.

Material und Methode

Die Untersuchungen wurden an folgenden Arten aus der Sammlung des Botanischen Gartens der Universität Heidelberg durchgeführt:

SUBFAMILIE *Peireskioideae*

Peireskia aculeata (PLUM.) MILL.; *Rhodocactus grandifolius* (HAW.) KNUTH

SUBFAMILIE *Opuntioideae*

Opuntia microdasys (LEHM.) PFEIFF.; *Opuntia orbiculata* SD.; *Peireskiopsis velutina* ROSE; *Tephrocactus articulatus* (PFEIFF. ex O.) BACKBG.

SUBFAMILIE *Cereoideae*

Ariocarpus (*Neogomesia*) *agavioides* (CASTAN.) AND.; *Ariocarpus* (*Roseocactus*) *fissuratus* (ENG.) SCHUM.; *Ariocarpus* *furfuraceus* (WATS.) THOMPS.; *Ariocarpus* (*Roseocactus*) *kotschoubeyanus* (LEM.) SCHUM.; *Azureocereus* (*Browningia*) *hertlingianus* BACKBG.; *Cephalocereus* *senilis* (HAW.) PFEIFF.; *Copiapoa* *cinerea* (PHIL.) BR. & R.; *Discocactus* *horstii* BUINING; *Echinocactus* *horizontalmius* LEM.; *Ferocactus* *spec.*; *Gymnocalycium* *mihanovichii* (FRIČ & GÜRKE) BR. & R.; *Leuchtenbergia* *principis* HOOK.; *Lophophora* *williamsii* (LEM. ex SD.) COULT.; *Mamillaria* *compressa* DC.; *Mamillaria* *spec.*; *Myrtillocactus* *geometrizzans* (MART.) CONS.; *Normanbokea* *valdeziana* (MÖLL.) KLADIWA & BUXB.; *Notocactus* *magnificus* (RITT.) KRANZ; *Pelecypora* *aselliformis* EHRENBERG; „*Pelecypora*“ *pseudoplectinata* BACKB.; *Peniocereus* *rosei* G. ORTEGA; *Rhipsalis* (ca. 10 Species in 50 Individuen); *Sulcorebutia* *rauschii*; *Übelmannia* *buiningii* DONALD; *Übelmannia* *gummifera* (BACKBG. & VOLL) BUINING; *Übelmannia* *pectinifera* BUINING; *Wilcoxia* *viperina* (WEB.) BR. & R.

Für die raster-elektronenmikroskopische Untersuchung ist vor allem junges Hautgewebe geeignet. Ältere Epidermen sind meist zu stark von Wachs und Mineralsalzen inkrustiert.

Das mit einem Skalpell frisch abgezogene Gewebe wurde mit Leitsilber auf Al-Probenteller geklebt und kegelförmig mit Kohle-Gold, teilweise auch Kohle-Gold-Kohle, bedampft. Eine Präparation nach der Critical-Point-Methode (COHEN, MARLOW & GARNER 1968) erwies sich bei den relativ derben Sukkulente-Epidermen als nicht notwendig und wegen der Wachsüberzüge als wenig sinnvoll. Untersucht wurde mit einem Cambridge „Stereoscan 600“-Rasterelektronenmikroskop¹ im Sekundär-

¹ Für technische Hilfe sind wir der Cambridge Instrument Company, Dortmund, zu großem Dank verpflichtet.

elektronenverfahren bei 15 und 25 kV und Vergrößerungen zwischen 20 und 20000fach.

Beschreibung der Epidermen

Peireskioideae

Die von einer dünnen Wachsschicht überzogenen, ± regelmäßig-prosenchymatischen Zellen bilden bei den untersuchten Arten ± glatte Sproßepidermen. Hierin ist ein sehr einfacher Epidermistyp (Abb. 1) zu sehen.

Opuntioideae

Peireskiopsis velutina zeigt den ursprünglichsten Epidermistyp der bearbeiteten Opuntioideen. Die Zellen sind kaum aufgewölbt, ± rechteckig, ca. $60 \times 40 \mu$, die Stomata nicht versenkt. *Tephrocactus articulatus* hat polygonale, vorgewölbte Epidermiszellen, die Stomata sind wie auch bei der folgenden Art, *Opuntia orbiculata*, nicht versenkt. Diese unterscheidet sich durch flache Zellen mit einem Belag feinsten Wachsschuppen (Durchmesser ca. 3μ). Dagegen sind alle Zellen bei *Opuntia microdasys* papillenartig (bis ca. 200μ lang) ausgezogen (vgl. die Angaben bei HEMENWAY &

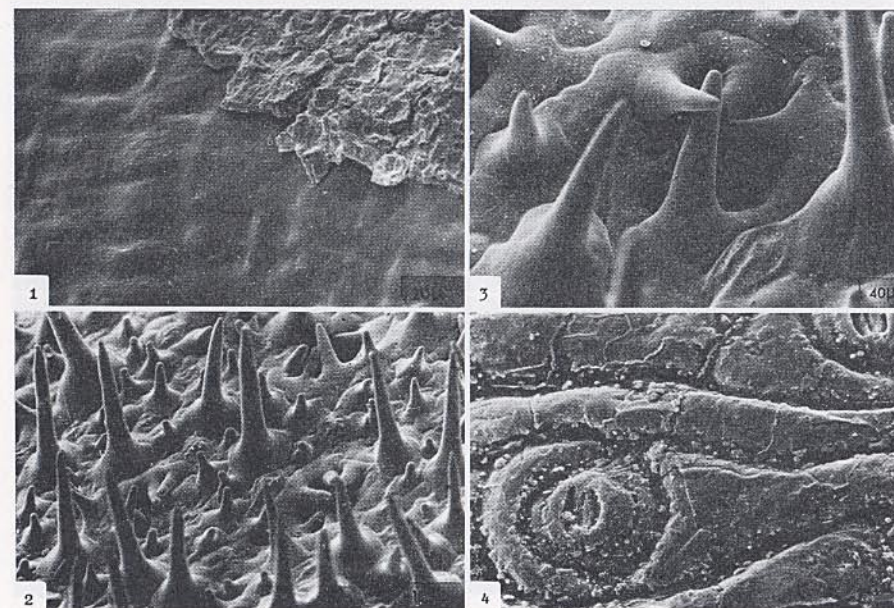


Abb. 1 *Rhodocactus grandifolius*, Wachsschicht z. T. abgeblättert, ca. 500 x; Abb. 2 *Opuntia microdasys*, ca. 100 x; Abb. 3 *Opuntia microdasys*, Stomata, ca. 250 x; Abb. 4 *Rhipsalis baccifera*, ca. 250 x.

ALLEN 1936, p. 140), die Stomata tief versenkt, eine für Opuntioideen sehr bemerkenswerte Epidermis (Abb. 2 und 3).

Cereoideae

TRIB. *Hylocereae*: Die bei ca. 10 Arten (ca. 50 Individuen) untersuchten Epidermen der Gattung *Rhipsalis* zeigen langgestreckte, oft mit Wachs-körnchen überzogene Zellen. Ihre Strukturen können innerhalb der Gat-tung als wichtige Merkmale für die Abgrenzung einzelner Arten Verwen-dung finden (Abb. 4 und 5). *Peniocereus rosei* besitzt langgestreckte Epi-dermiszellen mit feinwarziger Oberfläche, die Stomata sind nicht versenkt (Abb. 6).

TRIB. *Pachycereae*: Auf den flachen, polygonalen Epidermiszellen von *Myrtillocactus geometrizans* liegt ein dichter Wachsbelag aus feinsten, ca. 2 μ langen Wachsstäbchen (s. AMELUNXEN, MORGENROTH & PICKSAK 1967). Die \pm dünne, glatte, lokal absplittende Wachskruste von *Cephalocereus senilis* bedeckt \pm langgestreckte, regelmäßige Zellen (ca. 40 \times 100 μ); Stomata nicht versenkt.

TRIB. *Cereae*: Schwach eingesenkte Stomata besitzt *Azureocereus hert-*

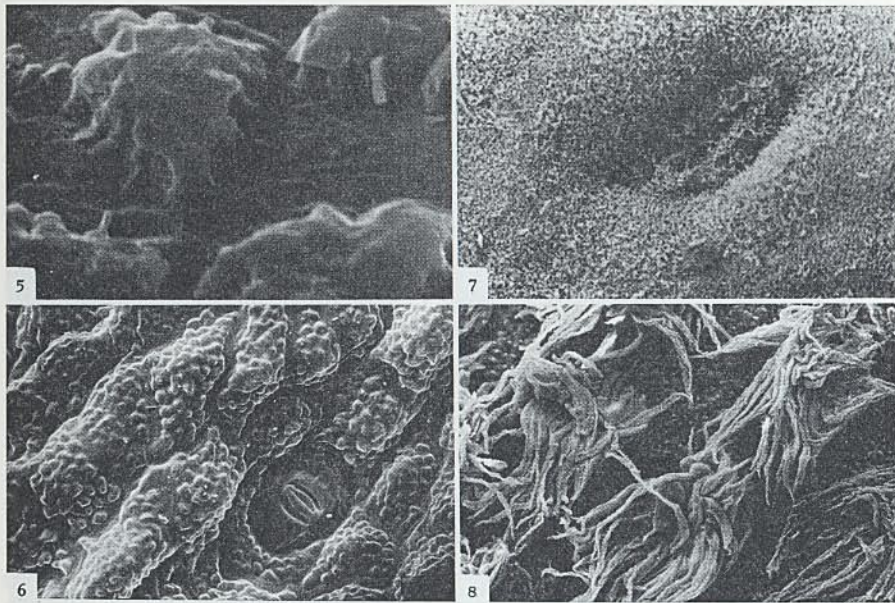


Abb. 5 *Rhipsalis baccifera*, Wachs-körnchen, ca. 5000 x; Abb. 6 *Peniocereus rosei*, ca. 250 x; Abb. 7 *Azureocereus hertlingianus*, Stoma, ca. 1000 x; Abb. 8 *Astro-phytum myriostigma*, Epidermishaare, ca. 250 x.

lingianus. Die Epidermiszellen sind \pm flach, der Wachsbelag besteht aus feinsten, dichtgepackten Stäbchen (Abb. 7).

TRIB. *Notocactae*: Bei *Astrophytum myriostigma* ist das Hautgewebe dicht mit Büschelhaaren besetzt (Abb. 8). Die vielschichtige Wand dieser Haare ist gewellt und oft mit feinsten Poren (Durchmesser ca. 2–8 μ) durchsetzt (Abb. 9 und 10). Die Epidermis der an extreme Standorte angepaßten *Copiapoa cinerea* ist völlig von Wachs inkrustiert. Mit zuneh-mendem Dickenwachstum blättert diese mehrschichtige Wachskruste \pm regelmäßig polygonal ab, so daß Wachsmanschetten um die nicht versenkten Stomata stehen bleiben (Abb. 11). Die glatten Epidermiszellen von *Notocactus magnificus* tragen einen dichten Wachsflaum. Die Stomata sind nicht versenkt. Die drei untersuchten Arten der Gattung *Übelmannia* zeichnen sich durch \pm ähnliche für die Gattung sehr charakteristische Epidermen aus: Die Stomata sind in Trichter versenkt, die dazwischen liegenden Zellkomplexe vorgewölbt. Die ganze, von dünnen Wachsplättchen bedeckte Oberfläche scheint so mit regelmäßigen Kratern überzogen. Überraschend sind die bestehenden Größenunterschiede zwischen den einzelnen Arten. Der Abstand einzelner Stomata bei *Ü. buiningii* beträgt

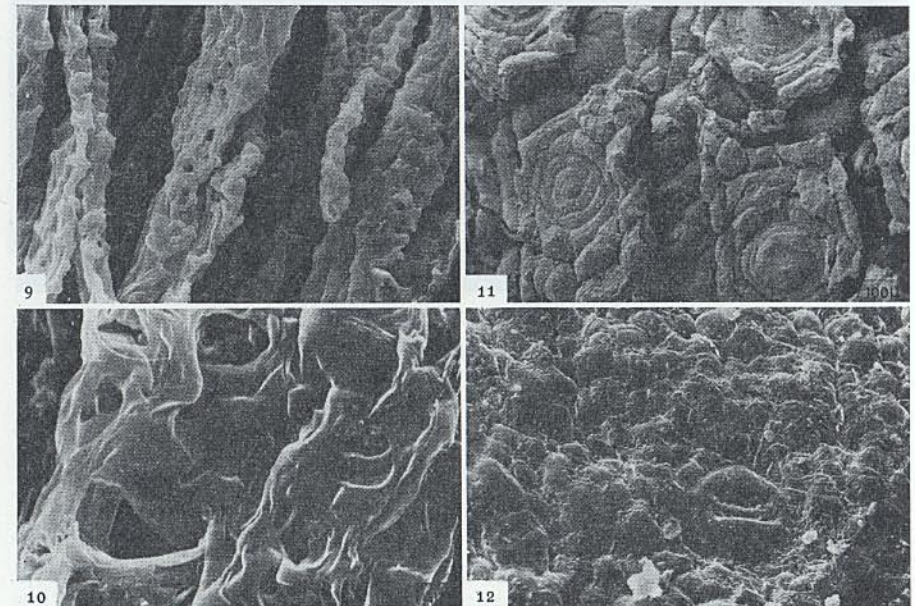


Abb. 9 und 10 *Astrophytum myriostigma*, Feinstruktur der Epidermishaare, ca. 1000 x und ca. 5000 x; Abb. 11 *Copiapoa cinerea*, ca. 100 x; Abb. 12 *Discocac-tus horstii*, ca. 1000 x.

ca. 200 μ , bei *Ü. pectinifera* ca. 400 μ . *Ü. gummiifera* nimmt mit ca. 300 μ eine Zwischenstellung ein (Abb. 13 und 14).

TRIB. *Trichocereae*: Aus der gattungsreichen Tribus bilden wir nur die Epidermis der erst kürzlich beschriebenen, von RAUSCH entdeckten *Sulcorebutia rauschii* (Abb. 15) ab, weil das Muster der glatten, etwas miteinander verzahnten Epidermiszellen stark an viele Mamillarien aus der Tribus der *Echinocactae* erinnert. Inwieweit Unterschiede zwischen den einzelnen Gattungen der Tribus bestehen, müssen künftige, auf breite Basis gestellte Untersuchungen ergeben.

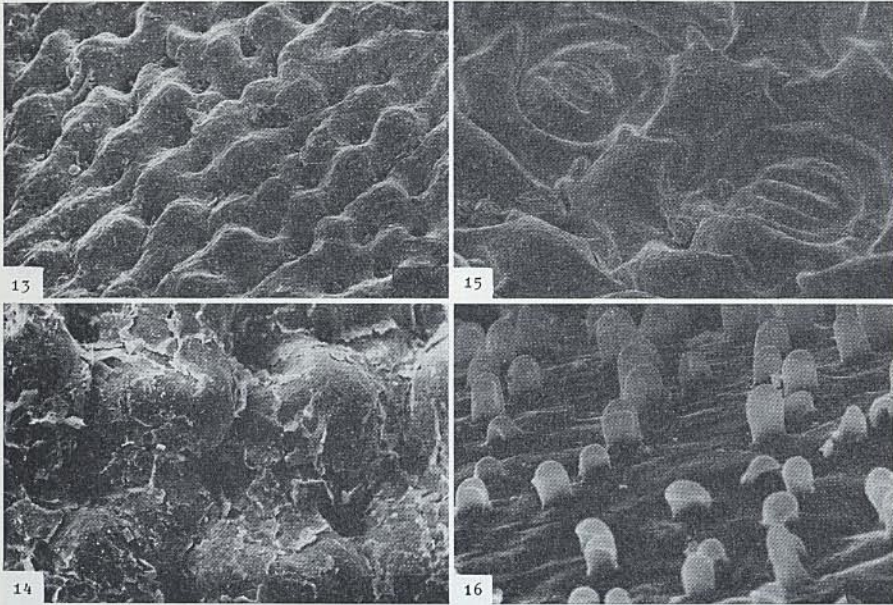


Abb. 13 *Übelmannia buiningii*, ca. 250 x; Abb. 14 *Übelmannia pectinifera*, ca. 250 x; Abb. 15 *Sulcorebutia rauschii*, ca. 1000 x; Abb. 16 *Wilcoxia viperina*, ca. 250 x.

TRIB. *Echinocereae*: Bei der als Beispiel ausgewählten *Wilcoxia viperina* sind die Stomata auf die schon makroskopisch am Sproß erkennbaren dunkelgrünen Streifen lokalisiert. Die Epidermiszellen selbst sind \pm glatt und verzahnt. Die Zellen der erhabenen, breiteren hellgrauen Sproßabschnitte besitzen blasenartige, ca. 30 μ hohe Ausstülpungen (Abb. 16).

TRIB. *Echinocactae*: Die in sproßmorphologischer Hinsicht stark abgeleiteten, hoch spezialisierten und extrem xerophytischen *Ariocarpus*-Arten (*A. fissuratus*, *A. furfuraceus*, *A. kotschoubeyanus*) stimmen im Feinbau ihrer Epidermis weitgehend überein. Die Zellen sind rundlich-poly-

gonal (Durchmesser ca. 50 μ) und \pm aufgewölbt (Abb. 18–19). Die Stomata finden sich vorwiegend an den Flanken und den Unterseiten der blattartigen Mamillen. Einen völlig verschiedenen Epidermistyp (Abb. 17) hingegen zeigt *Ariocarpus (Neogomesia) agavioides*: die Zellen sind vorgewölbt, die Stomata in tiefe Trichter versenkt, die ganze Oberfläche erscheint deshalb regelmäßig skulpturiert. Alle Epidermiszellen von *Lophophora williamsii* sind \pm birnenförmig vorgewölbt und von krustigen Wachsschichten überzogen. Die Stomata sind leicht eingesenkt (Abb. 20). *Leuchtenbergia principis* zeigt sehr regelmäßig-rechteckige Zellen (ca.

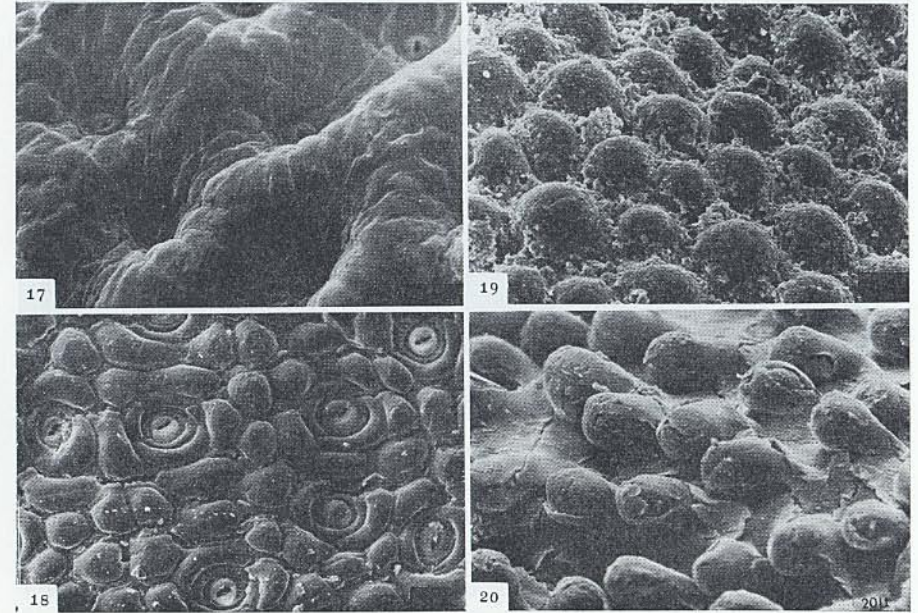


Abb. 17 *Ariocarpus agavioides*, ca. 100 x; Abb. 18 *Ariocarpus furfuraceus*, ca. 100 x; Abb. 19 *Ariocarpus kotschoubeyanus*, ca. 250 x; Abb. 20 *Lophophora williamsii*, ca. 500 x.

30 \times 40 μ), die dicht von einem feinen Wachsflaum überzogen sind. Die Stomata sind nicht versenkt (Abb. 21). Die polygonalen Epidermiszellen von *Echinocactus horzonthalonius* sind schwach papillenförmig ausgezogen. Aufgelagert findet sich eine ca. 15 μ dicke Wachsschicht, die an der Basis aus einer Vielzahl dünner, ca. 0,4 μ dicker Wachsplatten besteht, auf die senkrecht dazu stehende Wachselemente aufgelagert sind (Abb. 22 und 23). Neben nicht versenkten Stomata besitzen *Normanbokea valdeziana* und *Gymnocalycium mihanovichii* glatte Epidermen mit \pm verzahnten Zellen. Eine schwach warzige Epidermis zeigt *Mamillaria compressa*. *Peleciphora*

aselliformis unterscheidet sich von "*Pelecyphora*" *pseudoplectinata* durch die nicht verzahnten, \pm glatten Epidermiszellen und die ungewöhnlich große Zahl teilweise sekundär verschlossener Stomata (Abb. 24).

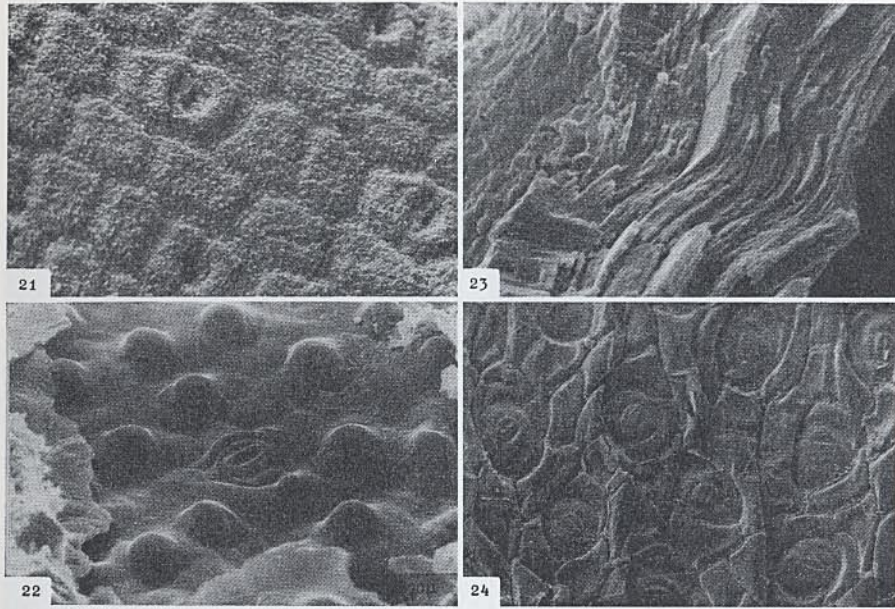


Abb. 21 *Leuchtenbergia principis*, ca. 250 x; Abb. 22 *Echinocactus horizonthalonius*, Epidermis z. T. ohne Wachsschicht, ca. 500 x; Abb. 23 *Echinocactus horizonthalonius*, Wachsschicht quer, ca. 2500 x; Abb. 24 *Pelecyphora aselliformis*, ca. 250 x.

Ergebnisse und Diskussion

Die Cactaceen-Epidermen eignen sich besonders gut für raster-elektronenmikroskopische Untersuchungen, da sie infolge ihrer starken Kutikularisierung und den meist vorhandenen Wachsschichten im Vakuum nicht kollabieren. Nur bei einigen weichfleischigen Mamillarien wäre eine Präparation nach der Critical-Point-Methode vielleicht zu empfehlen. Die Oberflächenstruktur des Hautgewebes ist ungewöhnlich vielgestaltig. Sie kann bei Arten einer Gattung sehr verschieden und oftmals artspezifisch sein. Die Variabilität innerhalb einer Art ist begrenzt und hängt vor allem von ökologischen Faktoren (Standortverhältnissen) ab. Kakteen-Epidermen können daher als taxonomisches Merkmal dienen.

Greift man einzelne Arten heraus, so stellt man u. a. fest, daß "*Pelecyphora*" *pseudoplectinata* und *Normanbokea valdeziana* eine, bestimmten Mamillarien sehr ähnliche Epidermis besitzen, *Pelecyphora aselliformis* dagegen isoliert steht. Dieser Befund entspricht voll und ganz den durch andere morphologische Kriterien gewonnenen Vorstellungen von ANDERSON & BOKE (1969). *Ariocarpus agavioides* unterscheidet sich beträchtlich von den untereinander sehr ähnlichen *Ariocarpus fissuratus*, *A. furfuraceus* und *A. kotschoubeyanus*. Dies deutet, entgegen der Auffassung von ANDERSON (1964), auf eine Aufrechterhaltung der monotypischen Gattung *Neogomesia* hin. Die intensive Farbe mancher blaubereifter Kakteen (*Azureocereus hertlingianus*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Notocactus magnificus* u. a.) ist auf eine dünne Schicht feinsten, submikroskopischer (ca. 1–6 μ langer) Wachsstäbchen zurückzuführen. Bei der Entstehung der blauen Farbe spielen neben dem durchscheinenden Chlorophyll sicher auch Brechungs- und Interferenzerscheinungen an diesen Wachsplättchen eine Rolle. Die vielschichtige, \pm gewellte, dadurch dehnungsfähige, oft von 2–8 μ großen Poren durchbrochene Wand der aus einer Epidermiszelle hervorgegangenen Haarbüschel (BUXBAUM 1962) von *Astrophytum* zeigen eine submikroskopische Oberflächenstruktur, welche auf eine Funktion der Wasseraufnahme hinweist.

Zusammenfassung / Summary

Rasterelektronenmikroskopisch wurden Epidermen von ca. 40 Cactaceen untersucht. Es wird gezeigt, daß sich die sehr mannigfaltigen und oftmals artspezifischen Oberflächenstrukturen taxonomisch gut verwenden lassen. Außerdem werden neue morphologische Details zur Struktur der Epidermishaare von *Astrophytum* und verschiedener Wachselagen gegeben. Ausgewählte Beispiele sind abgebildet.

Cuticles of about 40 species of *Cacti* have been examined with the scanning electron microscope. The highly varied and often specific surface features can readily be used taxonomically. New morphological details about the submicroscopic structure of the epidermal hairs of *Astrophytum* and the cuticular wax layers are given additionally.

Literatur

- AMELUNXEN, F., MORGENROTH, K. & PICKSAK, T., 1967: Untersuchungen an der Epidermis mit dem Stereoscan-Elektronenmikroskop. Z. Pflanzenphysiol. Bd. 57, p. 79-95.
- ANDERSON, E. F., 1960-64: A revision of *Ariocarpus* (Cactaceae). Am. J. Bot. 47; 582-589 (1960); 49: 615-622 (1962); 50: 724-732 (1963); 51: 144-151 (1964).
- ANDERSON, E. F. & BOKE, N. H., 1969: The Genus *Pelecypora* (Cactaceae), Resolution of a Controversy. Am. J. Bot. 56, p. 314-326.
- BUXBAUM, F., 1957: Morphologie der Kakteen. (in: KRAINZ, Die Kakteen, p. 1-110).
- BUXBAUM, F., 1962: Gattung *Astrophytum* (in: KRAINZ, Die Kakteen, C VI a).
- BUXBAUM, F., 1969: Gattung *Normanbokea* (in: KRAINZ, Die Kakteen, C VIII b).
- CASPARI, A., 1883: Beiträge zur Kenntnis der Hautgewebe der Cactaceen. Diss. Halle.
- COHEN, A. L., MARLOW, D. P. & GARNER, G. E., 1968: A rapid Critical Point Method using Fluorocarbons („Freons“) as intermediate and transitional fluids. J. Microscopie 7, p. 331-342.
- HEMENWAY, A. F. & ALLEN, M. J., 1936: A Study in the Pubescence of *Cacti*. Am. J. Bot. 23, p. 139-144.
- HUTCHINSON, J., 1967: The Genera of Flowering Plants. *Dicotyledones* Vol. II, Oxford.
- KUMMER, F., 1919: Beiträge zur Anatomie und Systematik der *Rhipsalideen*. Diss. Tübingen.
- KURTZ, E. B., 1963: Pollen Morphology of the Cactaceae. Grana Palynologica 4: 3.
- NEWTON, L. E., 1972: Taxonomic use of the cuticular surface features in the genus *Aloe* (Liliaceae). Bot. J. Linn. Soc. 65, p. 335-339.
- REZNIK, H., 1956-57: Untersuchungen über die physiologische Bedeutung der chymochromen Farbstoffe. Ber. Akad. Wiss., Heidelberg.
- STACE, C. A., 1965: Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Bot., Vol. 4, No. 1.

Jahrgang 1957

1. FOCKO WEBERLING, Morphologische Untersuchungen zur Systematik der Caprifoliaceen. 50 S. mit 18 Abb., DM 4,80
2. DIMITRI HARTL, Die Pseudosympetale von *Correa speciosa* (Rutaceae) und *Oxalis tubiflora* (Oxalidaceae). 13 S. mit 4 Abb., DM 3,—
3. MAX PFANNENSTIEL und LOTHAR FORCART, Das Quartär der Levante. IV. Der Kalktuff von Bursa. 31 S. mit 8 Tafeln, DM 3,60
4. GERHARD VOSSIUS, Experimentelle Untersuchungen über die gezielte Handbewegung des Menschen. 23 S. mit 12 Abb., DM 3,—
5. SEBASTIAN A. GERLACH, Marine Nematoden aus dem Mangrove-Gebiet von Cananéia (Brasilianische Meeres-Nematoden III). 48 S. mit 12 Abb., DM 6,—
6. OTTO HAUPT und CHRISTIAN Y. PAUC, Über Adjunktion von Idealen in Booleschen Verbänden. 17 S., DM 3,—
7. ROLF SIEWING, Anatomie und Histologie von *Thermosbaena mirabilis*. Ein Beitrag zur Phylogenie der Reihe Pancarida (Thermosbaenacea). 76 S. mit 43 Abb., DM 10,60
8. OTTO HAUPT und CHRISTIAN Y. PAUC, Über Erweiterung von Inhalten durch Adjunktion von Nullsomen. 20 S., DM 3,—
9. CAHIT ARF, Über ein Analogon des Riemann-Rochschen Satzes in Zahlkörpern. 38 S., DM 3,80

Jahrgang 1958

1. KARL WILHELM BUTZER, Studien zum vor- und frühgeschichtlichen Landschaftswandel der Sahara. I-II 49 S. mit 8 Karten, DM 4,80
2. WOLFRAM NOODT, Die Copepoda Harpacticoida des Brandungsstrandes von Teneriffa (Kanarische Inseln). 66 S. mit 213 Abb. auf 19 Tafeln, DM 6,50
3. HANS WEBER, Die Páramos von Costa Rica und ihre pflanzengeographische Verkettung mit den Hochanden Südamerikas. 78 S. u. 90 Tafeln sowie 1 Ausschlagtafel mit insgesamt 105 Abb., DM 27,—
4. WOLFGANG HENGST und KARL WEZLER, Beitrag zur Dynamik des isolierten, spontan schlagenden Warmblütherzens. 32 S. mit 13 Abb., DM 3,80
5. PASCUAL JORDAN, Über distributive Schrägverbände. 31 S., DM 3,—
6. OTTO H. SCHINDEWOLF, Würmer und Korallen als Synöken. Zur Kenntnis der Systeme *Aspidosiphon/Heteropsammia* und *Hicetes/Pleurodictyum*. 70 S. mit 13 Abb. und 14 Tafeln, DM 12,—

Jahrgang 1959

1. OTTO HAUPT und CHRISTIAN Y. PAUC, Über eine Erweiterung d. Fubinschen Satzes. 41 S., DM 4,—
2. KARL WILHELM BUTZER, Studien zum vor- und frühgeschichtlichen Landschaftswandel der Sahara. III. Die Naturlandschaft Ägyptens während der Vorgeschichte und der Dynastischen Zeit. 80 S. mit 8 Abb. im Text u. 12 auf 6 Tafeln, DM 8,80
3. JOHANNES ROHEN und HANNS-HELLMUTH UNGER, Zur Morphologie und Pathologie der Kammerbucht des Auges. 84 S. u. 69 Abb. auf 53 Tafeln, DM 18,—
4. RICHARD VIEWEG, Kulturbedeutung der Werkstoffe. 18 S., DM 3,—
5. WILHELM TROLL, Neue Beiträge zur Kenntnis der Blütenstände und Blüten von *Ceropegia*-Arten. Mit 34 Abbildungen im Text. 40 S., DM 4,80
6. STEFAN VOGEL, Organographie der Blüten kapländischer Ophrydeen mit Bemerkungen zum Koaptations-Problem. Teil I: Disinae und Satyrinae. 137 S. mit 74 Abb., DM 13,60
7. STEFAN VOGEL, Organographie der Blüten kapländischer Ophrydeen mit Bemerkungen zum Koaptations-Problem. Teil II: Disperidinae — Über Beziehungssystem und Koaptation der Ophrydeenblüten. 130 S. mit 65 Abb., DM 13,60
8. EDUARD JUSTI, MANFRED PILKUHN, WOLFGANG SCHEIBE und AUGUST WINSEL, Hochbelastbare Wasserstoff-Diffusions-Elektroden für Betrieb bei Umgebungstemperatur und Niederdruck. 235 S. mit 125 Abb., DM 22,40
9. PASCUAL JORDAN, Die Bedeutung der Diracschen Hypothese für die Geophysik. 27 S. mit 3 Abb., DM 3,—
10. WERNER RAUH und FOCKO WEBERLING, Morphologische und anatomische Untersuchungen an der Valerianaceengattung *Stangea* GRAEBNER. 43 Seiten mit 25 Abb. im Text und auf 3 Tafeln, DM 4,80
11. HEINRICH SCHADE und GOTTFRIED RUETZ, Untersuchung zur Auflösung eines kleinen sozialen, großbäuerlichen Isolates. 30 S. mit 3 Abb. und 10 Tabellen, DM 3,20
12. ERNST MARCUS und EVELINE MARCUS, *Opisthobranchia* aus dem Roten Meer und von den Malediven. 64 Seiten mit 86 Abb. auf 10 Tafeln, DM 6,—
13. BURKHARD FRENZEL, Die Vegetations- und Landschaftszonen Nord-Eurasiens während der letzten Eiszeit und während der postglazialen Wärmezeit. I. Teil: Allgemeine Grundlagen. 165 S. mit 17 Abb. u. 3 Faltkarten, DM 18,—
14. HERMANN VON WISSMANN, Die heutige Vergletscherung und Schneegrenze in Hochasien. Mit einem Beitrag von HERMANN FLOHN, Bemerkungen zur Klimatologie von Hochasien. Aktuelle Schneegrenze und Sommerklima. 333 Seiten mit 27 Abb., 4 Tafeln und 3 Faltkarten, DM 34,40
15. RICHARD SCHERHAG, Über die Luftdruck-, Temperatur- und Windschwankungen in der Stratosphäre. 95 S. mit 59 Abb. und 11 Tabellen, DM 10,40

Jahrgang 1960

1. BERNHARD DE RUDDER, Über die „Abkunterfeigung“ Baierns von 1531 und ihren Kartographen Aventinus. 20 S. und 1 Abb., DM 3,—
2. PASCUAL JORDAN, JÜRGEN EHLERS und WOLFGANG KUNDT, Strenge Lösungen der Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie. 85 S. mit 2 Tab., DM 8,40
3. KARL GÜNTER ZIMMER, Studien zur quantitativen Strahlenbiologie. 111 S. mit 40 Abb., DM 10,80
4. HANS-GEORG ELIAS und FRANZ PATAT, Zur Isolierung und Charakterisierung von Chondroitinschwefelsäuren. 58 S. mit 14 Tab. und 7 Abb., DM 5,60

5. FRANZ PATAT, Zur Genesis von Enzymreaktionen. 9 S. mit 3 Abb. und 1 Farbtafel, DM 1,60
6. BURKHARD FRENZEL, Die Vegetations- und Landschaftszonen Nord-Eurasiens während der letzten Eiszeit und während der postglazialen Wärmezeit. II. Teil: Rekonstruktionsversuch der letzteiszeitlichen und wärmezeitlichen Vegetation Nord-Eurasiens. 168 S. mit 36 Abb. u. 2 Faltkarten. DM 18,—
7. JÜRGEN KULLMANN, Die Ammonoidea des Devon im Kantabrischen Gebirge (Nordspanien). 105 S. mit 20 Abb. im Text und 9 Tafeln, DM 13,20
8. HANS HERLOFF INHOFFEN, JOACHIM HEESE u. WILHELM BARTMANN, Darstellung partiell aromatisierter Derivate des 20-iso-Cyclonorcholans aus Desoxycholsäure. 20 S., DM 3,—

Jahrgang 1961

1. PASCUAL JORDAN, JÜRGEN EHLERS und RAINER K. SACHS, Beiträge zur Theorie der reinen Gravitationsstrahlung. Strenge Lösungen der Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie II. 62. S., DM 6,—
2. RUDOLF MAASS, Die Geologie, insbesondere das Devon, im Bereich der Orte Castuera - Cabeza del Buey - Monterrubio (Extremadura, Südspanien). 22 S. u. 2 Karten, DM 3,—
3. PASCUAL JORDAN und WOLFGANG KUNDT, Geometrodynamik im Nullfall. Strenge Lösungen der Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie III. 13 S., DM 3,—
4. REINHARD REMANE, Revision der Gattung Mocydiopsis Ribaut (Hom. Cicadellidae). 51 S. mit 14 Abb. u. 2 Tab., DM 5,—
5. FOCKO WEBERLING, Die Infloreszenzen der Valerianaceen und ihre systematische Bedeutung. 131 S. mit 60 Abbildungen im Text und auf 29 Tafeln, DM 18,80
6. FRANZ LOTZE und KLAUS SDZUY, Das Kambrium Spaniens, Teil I: Stratigraphie. 216 S. mit 48 Abb. und 12 Tab. DM 21,—

Jahrgang 1962

1. JOST WIEDMANN, Unterkreide-Ammoniten von Mallorca. I. Lieferung: Lytoceratina, Aptychi. 148 S. mit 36 Abb., 1 Tabelle im Text und 10 Tafeln, DM 18,40
2. FRANZ LOTZE, Pleistozäne Vergletscherungen im Ostteil des Kantabrischen Gebirges (Spanien). 22 S. mit 10 Abb. im Text und 7 Farbbildern auf 4 Tafeln, DM 4,40
3. OTMAR FRHR. VON VERSCHUER, Gefährdung des Erbguts — ein genetisches Problem. 22 S. mit 4 Tabellen und 13 Abbildungen im Text, DM 3,—
4. KLAUS VOGEL, Muscheln mit Schloßzähnen aus dem spanischen Kambrium und ihre Bedeutung für die Evolution der Lamellibranchiaten. 52 S. mit 19 Abb. im Text und 5 Tafeln., DM 7,20
5. MAX KOHLER, Die Bedeutung der Symmetrie in der Physik. 14 S., DM 3,—
6. JÜRGEN KULLMANN, Die Goniatiiten der Namur-Stufe (Oberkarbon) im Kantabrischen Gebirge, Nordspanien. 119 S. mit 17 Abb. im Text und 7 Tafeln, DM 13,60
7. OTTO HAUPT und CHRISTIAN Y. PAUC, Über Produkte von Inhalten und Maßen, die an eine Topologie adaptiert sind. 46 S., DM 4,40
8. OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammesgeschichte der Ammoniten. Lieferung II, 148 S. mit 91 Abbildungen im Text und 1 Tafel, DM 14,40

9. WILHELM SCHULZ, Aimé Bonpland, Alexander von Humboldts Begleiter auf der Amerikareise 1799—1804. Sein Leben und Wirken, besonders nach 1817 in Argentinien. 53 S. u. 1 Tafel, DM 5,60
10. OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammesgeschichte der Ammoniten. Lieferung I, 110 S. mit 58 Abbildungen und 2 Tafeln, DM 10,80
11. BERNDT HEYDEMANN, Die biozönotische Entwicklung vom Vorland zum Koog. Vergleichend-ökologische Untersuchungen an der Nordseeküste. I. Teil: Spinnen (Araneae). 169 S. mit 15 Tabellen, 3 Tafeln und 65 Abb. im Text, DM 16,40
12. KARL-HEINZ DEGENHARDT, Die genetische und morphologische Analyse spezieller Entwicklungsstörungen in einem Stamm gezüchteter Hermelin-Kaninchen. 74 S. mit 55 Abbildungen und 20 Tabellen, DM 19,80

7. FRANZ LOTZE und KLAUS SDZUY, Das Kambrium Spaniens. Teil II: Trilobiten, 1. Abschnitt. 96 S. mit 23 Abb. im Text und 15 Tafeln, DM 15,—
8. FRANZ LOTZE und KLAUS SDZUY, Das Kambrium Spaniens. Teil II: Trilobiten, 2. Abschnitt. 100 S. mit 30 Abb. im Text und 19 Tafeln, DM 16,—
9. PASCUAL JORDAN, Über distributiv-modulare Schrägverbände. 26 S., DM 3,—
10. ADOLF SEILACHER, Die Sphinctozoa, eine Gruppe fossiler Kalkschwämme. 70 S. mit 8 Abb. und 9 Tafeln, DM 10,80
11. JÜRGEN EHLERS, Beiträge zur relativistischen Mechanik kontinuierlicher Medien. (PASCUAL JORDAN, JÜRGEN EHLERS, WOLFGANG KUNDT, RAINER K. SACHS, Strenge Lösungen der Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie IV). 47 S., DM 4,40
12. THEODOR WIELAND, Über differente und multiple Formen von Enzymen. 15 S. mit 4 Tabellen und 4 Abbildungen im Text, DM 3,—

9. HJALMAR GRANHOLM, Der Einsturz des Bogengerüsts der Sandöbrücke. 26 S. mit 22 Abb. und 1 Tab., DM 3,—
10. STEFAN VOGEL, Duftdrüsen im Dienste der Bestäubung. 165 S., mit 50 Abb. und 13 Tab. im Text, DM 15,60
11. BERNDT HEYDEMANN, Die biozönotische Entwicklung vom Vorland zum Koog. Vergleichend-ökologische Untersuchungen an der Nordseeküste. II. Teil: Käfer (Coleoptera). 200 S. mit 11 Tabellen, 3 Tafeln und 91 Abb. im Text, DM 21,—
12. WOLFGANG KUNDT und MANFRED TRÜMPER, Beiträge zur Theorie der Gravitations-Strahlungsfelder. (PASCUAL JORDAN, JÜRGEN EHLERS, WOLFGANG KUNDT, RAINER K. SACHS und MANFRED TRÜMPER, Strenge Lösungen der Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie V.) 36 S., DM 3,40
13. ISTVÁN OZSVÁTH, Lösungen der Einsteinschen Feldgleichungen mit einfach transitiver Bewegungsgruppe. (PASCUAL JORDAN, JÜRGEN EHLERS, WOLFGANG KUNDT, ISTVÁN OZSVÁTH, RAINER K. SACHS, MANFRED TRÜMPER, Strenge Lösungen der Feldgleichungen der Allgemeinen Relativitätstheorie VI.) 22 S., DM 3,—
14. GERHART HOTZ, ADOLF MÜLLER, KARL GÜNTER ZIMMER, Elektron-Spin-Resonanzen in Bakterio-phagen. 14 S., mit 4 Abb. und 1 Tabelle im Text, DM 2,—

Jahrgang 1967

1. CARL WURSTER, Chemie heute und morgen, 16 S., DM 3,—
2. WALTER SCHOLZ, Serologische Untersuchungen bei Zwillingen. 26 S. mit 6 Tabellen, DM 3,—
3. PASCUAL JORDAN, Über die Wolkenhülle der Venus. 7 S., DM 3,—
4. WIDUKIND LENZ, Lassen sich Mutationen verhüten? 15 S. mit 6 Abb. und 2 Taf., DM 3,—
5. OTTO HAUPT und HERMANN KÜNNETH, Über Ketten von Systemen von Ordnungscharakteristiken. 24 S., DM 3,—
6. KLAUS DOBAT, Ein bisher unveröffentlichtes botanisches Manuskript Alexander von Humboldts:

Über „Ausdünnungs Gefäße“ (= Spaltöffnungen) und „Pflanzenanatomie“ sowie „Plantae subterraneae Europ. 1794. cum Iconibus“, 25 S. mit 13 Abb. und 4 Tafeln, DM 3,20

7. PASCUAL JORDAN und S. MATSUSHITA, Zur Theorie der Lie-Tripel-Algebren. 13 S., DM 3,40
8. OTTO H. SCHINDEWOLF, Analyse eines Ammoniten-Gehäuses. 54 S., mit 2 Abbildungen im Text und 16 Tafeln, DM 13,—
9. ADOLF SEILACHER, Sedimentationsprozesse in Ammonitengehäusen. 16 S. mit 5 Abb. und 1 Tafel, DM 3,40

Jahrgang 1968

1. HEINRICH KARL ERBEN, G. FLAJS und A. SIEHL, Über die Schalenstruktur von Monoplacophoren. 24 S. mit 3 Abb. im Text und 17 Tafeln, DM 9,—
2. PASCUAL JORDAN, Zur Theorie nicht-assoziativer Algebren. 14 S., DM 3,40
3. OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammes-

geschichte der Ammoniten. 181 S. mit 39 Abb. im Text, DM 28,40

4. HEINRICH RISTEDT, Zur Revision der Orthoceratidae. 77 S. mit 5 Tafeln, DM 14,—
5. PASCUAL JORDAN, S. MATSUSHITA, H. RÜHAAK, Über nichtassoziative Algebren, 19 S., DM 3,40

Jahrgang 1969

1. PASCUAL JORDAN und H. RÜHAAK, Neue Beiträge zur Theorie der Lie-Tripel-Algebren und der Osborn-Algebren. 13 S., DM 3,40
2. OTTO HAUPT, Über das Verhalten ebener Bogen in signierten, symmetrischen Scheiteln. 32 S., DM 5,—
3. PASCUAL JORDAN und H. RÜHAAK, Über einen Zusammenhang der Lie-Tripel-Algebren mit den Osborn-Algebren. 8 S., DM 3,40

4. OTTO H. SCHINDEWOLF, Über den „Typus“ in morphologischer und phylogenetischer Biologie. 77 S. mit 10 Abb. im Text, DM 12,—
5. PETER AX und RENATE AX, Eine Chorda intestinalis bei Turbellarien (*Nematoplana nigrocapitata* AX) als Modell für die Evolution der Chorda dorsalis. 26 S., DM 4,—
6. WINFRIED HAAS und HANS MENSINK, Astero-pyginae aus Afghanistan (Trilobita). 62 S. mit 5 Tafeln und 14 Abbildungen, DM 11,20

Jahrgang 1970

1. GERHARD LANG, Die Vegetation der Brindabella Range bei Canberra. Eine pflanzensoziologische Studie aus dem südostaustralischen Hartlaubgebiet. 98 S. mit 18 Abb., 17 Tab. und 10 Figuren auf Tafeln, DM 20,60
2. OTTO H. SCHINDEWOLF, Stratigraphie und Stratotypus. 134 S. mit 4 Abb. im Text, DM 26,—
3. HANNO BECK, Germania in Pacifico. Der deutsche Anteil an der Erschließung des Pazifischen Beckens. 95 S. mit 2 Abb. im Text, DM 16,—

4. HELMUT HUTTEN, Untersuchung nichtstationärer Austauschvorgänge in gekoppelten Konvektions-Diffusions-Systemen (Ein Beitrag zur theoretischen Behandlung physiologischer Transportprozesse). 58 S. mit 11 Abb., DM 16,—
5. ANTON CASTENHOLZ, Untersuchungen zur funktionellen Morphologie der Endstrombahn. Technik der vitalmikroskopischen Beobachtung und Ergebnisse experimenteller Studien am Iris-kreislauf der Albinoratte. 181 S. mit 96 Abb., DM 68,—

Jahrgang 1971

1. PASCUAL JORDAN, Diskussionsbemerkungen zur exobiologischen Hypothese. 28 S., DM 4,80
2. H. K. ERBEN und G. KRAMPITZ, Eischalen DDT-verseuchter Vögel: Ultrastruktur und organische Substanz. 24 S. mit 12 Tafeln, DM 8,40

3. OTTO H. SCHINDEWOLF, Über Clymenien und andere Cephalopoden. 89 S. mit 10 Abb. im Text und 2 Tafeln, DM 20,—

Jahrgang 1972

1. R. LAFFITTE, W. B. HABERLAND, H. K. ERBEN, W. H. BLOW, W. HAAS, N. F. HUGHES, W. H. C. RAMSBOTTOM, P. RAT, H. TINTANT, W. ZIEGLER, Internationale Übereinkunft über die Grundlagen der Stratigraphie, 24 Seiten, DM 6,20
2. KARL HANS WEDEPOHL, Geochemische Bilanzen. 18 S., DM 4,80
3. WALTER HEITLER, Wahrheit und Richtigkeit in den exakten Wissenschaften. 22 S., DM 4,80
4. O. HAUPT und H. KÜNNETH, Ordnungstreue Erweiterung ebener Bogen und Kurven vom schwachen Ordnungswert Drei. 37 S., DM 10,40

5. CARL TROLL und CORNEL BRAUN, Madrid. Die Wasserversorgung der Stadt durch Qanate im Laufe der Geschichte. 88 S. mit 18 Abb. im Text und 1 Karte, DM 22,—
6. HEINRICH KARL ERBEN, Ultrastrukturen und Dicke der Wand pathologischer Eischalen, 26 S. mit 7 Tafeln, DM 12,—
7. ERNST HANHART, Nachprüfung des Erfolges von 30 eugenischen Beratungen bei geplanten Vetternehen, 32 S., DM 8,50