

SCHILL, BARTHOLOTT UND EHLER · MIKROMORPHOLOGIE DER CACTACEEN-DORNEN

Schill, Barthlott und Ehler

**Mikromorphologie
der
Cactaceen-Dornen**



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

INFORMATIONSAUFNAHME UND INFORMATIONSVERRARBEITUNG
IM LEBENDEN ORGANISMUS

1971

JOSTA LAUER und MARTIN LINDAUER, Genetisch fixierte Leradispositionen bei der Honigbiene, 87 Seiten mit 65 Abbildungen DM 22,-

RESEARCH IN MOLECULAR BIOLOGY

RUDOLF K. ZAHN, Fakten und Probleme der Programmierter Synthese. 41 S. mit 35 Abb. DM 16,-

2. RUDOLF K. ZAHN, WERNER E. G. MÜLLER UND MARTIN MICHAELIS, Sticking Mechanisms in Adhesive Organs from a Holothuria. Klebmechanismen adhäsiver Organe einer Holothurie. 46 S. mit 21 Abb. DM 10,40

KARL-AUGUST-FORSTER-LECTURES

Informationsgesteuerte Synthese

(1971)

1. ERWIN CHARGAFF, Betrachtung über Desoxyribonucleinsäure als Schablone oder Text. 2. ALEXANDER RICH, Über die Umsetzung genetischer Information in Proteine: die Rolle polyribosomaler Strukturen. 3. HAR GOBIND KHORANA, Wege zur Totalsynthese von Genen für Transfer-Ribonucleinsäuren. 4. FRANCIS H.

C. CRICK, Transfer-Ribonucleinsäuren. 5. SOLOMON SPIEGELMANN, Ribonucleinsäure-Synthese. 44 Seiten mit 12 Abbildungen DM 12,-
6. WACŁAW SZYBALSKI, Die Kontrolle der Transkription in Bacteriophagen Lambda. 48 Seiten mit 5 Abbildungen DM 10,40

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

TROPISCHE UND SUBTROPISCHE
PFLANZENWELT

6 (1973)

Redaktion: Werner Rauh

Mikromorphologie der Cactaceen-Dornen

von

RAINER SCHILL, WILHELM BARTHLOTT und NESTA EHLER

Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie
der Universität Heidelberg

Mit 9 Tafeln



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

ABHANDLUNGEN DER AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

Jahrgang 1959

1. OTTO HAUPT und CHRISTIAN Y. PAUC, Über eine Erweiterung d. Fubinischen 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 Satyriinae. 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 PILKUH, 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, großblauerlichen 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,—
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 ingezüchteter Hermelin-Kaninchen. 74 S. mit 55 Abbildungen und 20 Tabellen, DM 19,80

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, Südpasien). 22 S. u. 2 Karten, DM 3,—
3. PASCUAL JORDAN und WOLFGANG KUNDT, Geotriangulierung 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,—
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,—

Jahrgang 1962

1. JOST WIEDMANN, Unterkreide-Ammoniten von Mallorca. 1. Lieferung: *Lytocerotina*, *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 Goniatiten 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. 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 Bakteriophagen. 14 S., mit 4 Abb. und 1 Tabelle im Text, DM 3,—

Jahrgang 1963

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

Jahrgang 1964

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,—

RAINER SCHILL, WILHELM BARTHLOTT UND NESTA EHLER
MIKROMORPHOLOGIE DER CACTACEEN-DORNEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

TROPISCHE UND SUBTROPISCHE
PFLANZENWELT

6 (1973)

Redaktion: Werner Rauh



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

MIKROMORPHOLOGIE
DER CACTACEEN-DORNEN

von

RAINER SCHILL, WILHELM BARTHLOTT
UND NESTA EHLER

Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie
der Universität Heidelberg

Mit 67 Abbildungen auf 9 Tafeln



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

TRÖPISCHE UND SUBTROPISCHE
PFLANZENLEHRE
VON
KARL WILHELM SCHILL, WILHELM BARTHLOTT
UND HERMANN EHLER

Institut für Systematische Botanik und Pflanzengeographie
der Universität Frankfurt

Mit 97 Abbildungen auf 9 Tafeln



© 1973 by Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz

DRUCK: L. C. WITTICH, DARMSTADT

Printed in Germany

Herrn Professor Dr. Werner Rauh zum 60. Geburtstag

Handwritten text, likely a dedication or preface, mentioning the 60th birthday of Professor Dr. Werner Rauh. The text is faint and partially illegible due to bleed-through from the reverse side of the page.

Einleitung

Hauptmerkmal aller Cactaceen sind die Areolen, d.h. Kurztriebe deren Blätter zu Dornen umgebildet sind. Unter den über 2000 Arten finden wir Vertreter mit starren und solche mit biegsamen Dornen, wechseln papierartige mit haarartigen. Von der Lage innerhalb der Areolen sind Mittel- und Randstacheln, von der äußeren Form Haken-, Nadel-, Borsten- und Zungenstacheln zu unterscheiden.

Raster-elektronenmikroskopisch lassen sich gerade kleine und kleinste Objekte bei hohen Vergrößerungen untersuchen und unter Wahrung des räumlichen Eindruckes mit erstaunlicher Tiefenschärfe abbilden. Besonders die taxonomische Forschung begann sich daher intensiv mit Feinstrukturen sog. „trivialer Merkmale“ wie Dornen, Epidermen, Pollen u. a. zu beschäftigen (HEYWOOD 1971).

Nachdem sich Epidermisoberflächen als taxonomisch verwendbar erwiesen (STACE 1965; NEWTON 1972; SCHILL, BARTHOLOTT, EHLER & RAUH 1973), untersuchten wir vergleichend raster-elektronenmikroskopisch Kakteendornen.

Während der lange Streit über die morphologische Wertigkeit der Kakteen-„Stacheln“ seit der Arbeit von ZUCCARINI (1837) eine umfangreiche Literatur hervorbrachte (vgl. TROLL 1937), lag über die Feinstruktur der Dornen seit CASPARI (1883) keine Untersuchung vor.

CASPARI hat in seiner sorgfältigen Studie einen, allerdings sehr unvollkommenen, Überblick der Oberflächenstrukturen gegeben. Er beschreibt z. B. den typischen Aufbau der *Opuntioideen*- oder die Höckerbildungen vieler *Cereoideen*-Dornen. Im Hinblick auf die taxonomische Verwertbarkeit der Dornen – CASPARI faßt sie noch als Trichome auf – schreibt er zusammenfassend: „... während sonach die Beschaffenheit der Trichombilde fast ganz werthlos ist für die Systematik, dürfte sie für die Bestimmung der Arten einigen Werth haben“ (CASPARI 1883, p. 41).

CASPARI hat seinen Untersuchungen das damals bekannte System von SALM-DYCK zugrunde gelegt, in dem z. B. die *Rhipsalideen*, *Peireskioideen* und *Opuntioideen* als einheitliche „*Cactae rotatae*“ zusammengefaßt werden. Resignierend stellt er deshalb fest, daß es in dieser Gruppe völlig

verschiedene Dornstrukturen gibt. Selbst innerhalb der Gattung *Peireskia* folge *P. aculeata* dem glatten, „*Peireskia subulata*“ dem glochidoiden Dornstyp. Wie einfach eine natürliche Einordnung bestimmter Arten gewesen wäre, konnte er nicht ahnen, da die „*Cactae rotatae*“ erst viel später als künstliche, völlig heterogene Gruppe erkannt wurden. „*Peireskia subulata*“ z.B. ist längst aufgrund anderer Kriterien als *Cylindropuntia* etabliert.

Material und Methode

Für die raster-elektronenmikroskopische Untersuchung eignen sich jüngere, ausgereifte, noch nicht zu stark von Mineralsalzen inkrustierte Organe. Die an ihrer Basis abgeschnittenen Dornen – von kleinen Arten ganze Areolen – wurden mit Leitsilber auf Al-Probenteller geklebt und kegelförmig mit Kohle-Gold-Kohle bedampft. In einigen Fällen wurden die Dornen, um Kristalle aus den Zellröhren zu lösen mit Wasser – in anderen, um aufgelagerte Wachsschichten abzutragen mit Alkohol und Xylol behandelt. Untersucht wurde mit einem Cambridge „*Stereoscan 600*“-Rasterelektronenmikroskop¹ im Sekundärelektronenverfahren bei 15 und 25 KV und Vergrößerungen zwischen 20- und 20 000-fach.

Folgende sicher bestimmten Arten der drei Unterfamilien wurden raster-elektronenmikroskopisch bearbeitet²:

SUBFAMILIE *Peireskioideae*

Maihuenia patagonica (PHIL.) SPEG. non sensu BR. & R.; *Maihuenia spec. aff. M. poeppigii* (OTTO) WEB.; *Peireskia aculeata* (PLUM.) MILL.; *Rhodocactus grandifolius* (HAW.) KNUTH.

SUBFAMILIE *Opuntioideae*

Austrocylindropuntia clavarioides (PFEIFF.) BACKBG.; *Austrocylindropuntia pachypus* (SCHUM.) BACKBG.; *Cylindropuntia tunicata* (LEHM.) KNUTH; *Opuntia microdasys* (LEHM.) PFEIFF.; *Opuntia orbiculata* SD.; *Peireskiopsis velutina* ROSE; *Tephrocactus articulatus* (PFEIFF. ex O.) BACKBG.; *Tephrocactus articulatus var. papyracanthus* (PHIL.) BACKBG.; *Tephrocactus rauhii* BACKBG.

SUBFAMILIE *Cactoideae (Ceroideae)*

Acanthorhopsis monacantha (GRISEB.) BR. & R.; *Ariocarpus (Neogomesia) agavioides* (CASTAN.) ANDERSON; *Ariocarpus (Roseocactus) fissuratus* (ENG.) SCHUM.; *Cephalocereus senilis* (HAW.) PFEIFF.; *Astrophytum capricorne* (DIETR.) BR. & R.; *Copiapoa cinerea* (PHIL.) BR. & R.; *Coryphanta difficilis* (QUEHL) BERG.; *Cory-*

¹ Mit dankenswerter Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

² Nomenklatur nach KRAINZ (soweit erschienen) und BACKEBERG.

phanta palmeri BR. & R.; *Cochemia poselgeri* (HILDM.) BR. & R.; *Discocactus horstii* BUINING et BREDEROO; *Epithelantha micromeris* (ENG.) WEB.; *Epithelantha micromeris* (ENG.) WEB.; var. *rufispina* (H. BRAVO) BACKBG.; *Epithelantha pachyrrhiza* (MARSH.) BACKBG.; *Echinofossulocactus erectocentrus* BACKBG.; *Echinocactus grusonii* HILDM.; *Echinocactus horizontalis* (WERD.) BERG.; *Echinocactus ingens* ZUCC.; *Echinocactus polycephalus* ENG. & BIG.; *Encephalocarpus strobiliformis* (WERD.) BERG.; *Escobaria leei* BÖD.; *Espostoa lanata* (H. B. K.) BR. & R.; *Ferocactus emoryi* (ENG.) BACKBG.; *Ferocactus latispinus* (HAW.) BR. & R.; *Ferocactus rectispinus* (ENG.) BR. & R.; *Gymnocactus viereckii* (WERD.) BACKBG.; *Homaloccephala texensis* (HOFF.) BR. & R.; *Leuchtenbergia principis* HOOK.; *Mammillaria aureilanata* BACKBG.; *Mammillaria bocasana* POS.; *Mammillaria carnea* ZUCC.; *Mammillaria herrerae* WERD.; *Mammillaria pennispinosa* KRAINZ; *Mammillaria plumosa* WEB.; *Mammillaria solisoides* BACKBG.; *Mammillaria spec. aff. M. solisoides* BACKBG.; *Mammillaria theresae* CUTAK; *Melocactus melocactioides* (HOFFM.) DC.; *Neolloydia ceratites* (QUEHL) BR. & R.; *Neolloydia grandiflora* (O.) BERG.; *Navajoa peeblesiana* CROIZ.; var. *fickeisenii* (BACKBG.) BENSON; *Normanbokea valdeziana* (MÖLL.) KLADIWA & BUXBAUM; *Notocactus ottonis* (LEHM.) BERG.; *Pachycereus pringlei* (S. WATS.) BR. & R.; *Parodia fechsleri* BACKBG.; *Parodia microsperma* (WEB.) SPEG.; *Peniocereus rosei* G. ORTEGA; *Pygmaecocereus (Arthrocareus) densiaculeatus* BACKBG.; *Pelecyphora aselliiformis* EHRENBERG; „*Pelecyphora*“ *pseudoplectinata* BACKBG.; *Rebutia heliosa* RAUSCH; *Rhipsalis baccifera* (J. MILLER) STEARN; *Rhipsalis horrida* BAKER; *Setiechinopsis mirabilis* (SPEG.) DE HAAS; *Solisia pectinata* (B. STEIN) BR. & R.; *Strombocactus disciformis* (DC.) BR. & R.; *Thelocactus bicolor* (GAL.) BR. & R.; *Thelocactus nidulans* (QUEHL) BR. & R.; *Toumeyia papyracantha* (ENG.) BR. & R.; *Turbiniacarpus klinkerianus* BACKBG. & JACOBSEN; *Turbiniacarpus polaskii* BACKBG.; *Turbiniacarpus pseudomacrochele* (BACKBG.) BUXBAUM; *Übelmannia pectinifera* BUINING; *Wilcoxia schmollii* (WGT.) BACKBG.; *Wilcoxia viperina* (WEB.) BR. & R.

Die raster-elektronenmikroskopischen Untersuchungen wurden, soweit möglich, durch lichtmikroskopische Beobachtungen bestätigt und an einigen weiteren Gattungen und Arten ergänzt.

Die Dornstrukturen

Um die Beschreibung übersichtlich zu gestalten, sei vorweg ein schematischer Überblick der verschiedenen Dornformen und angewandten Terminologie gegeben (Dornepidermis abgekürzt DE).

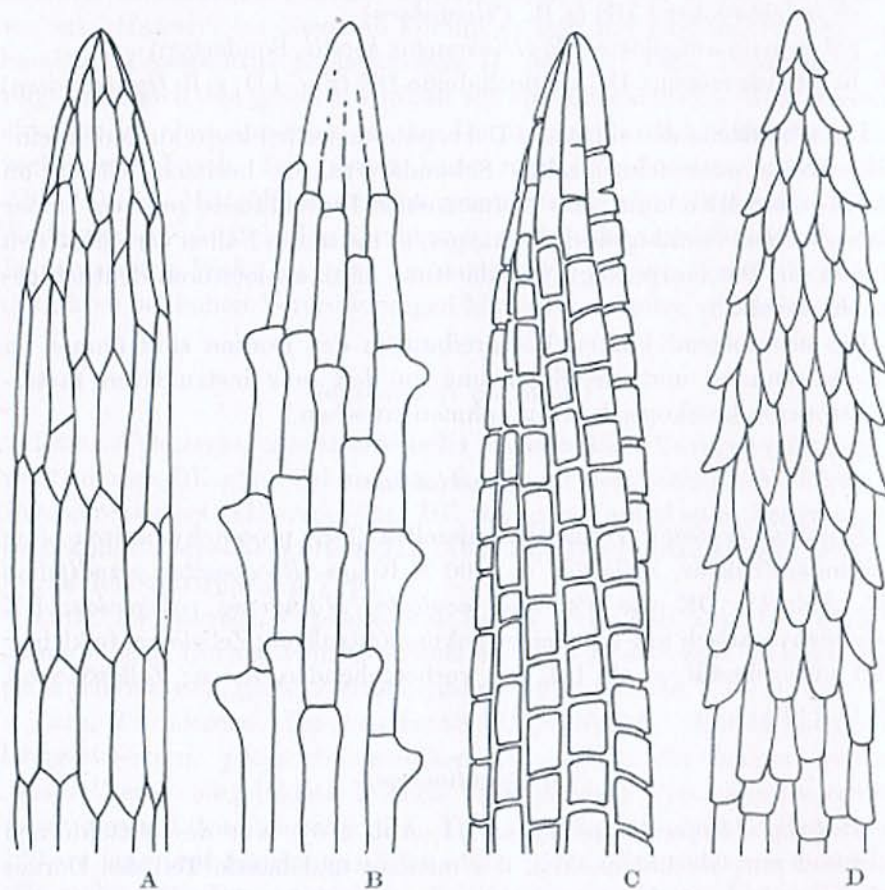


Fig. 1 Schema der wichtigsten Typen von *Cactaceen*-Dornoberflächen. (A) proscymatische DE; (B) tuberkulante DE; (C) regelmäßig durchgebrochene DE; (D) glochidoide DE.

Die mannigfaltigen Oberflächenstrukturen, d. h. Epidermiszellen (DE) der Dornen lassen sich \pm grob in sechs Gruppen klassifizieren, zwischen denen es beinahe alle Übergangsformen und Kombinationen gibt:

1. prosenchymatische DE (Fig. 1 A; z. B. *Peireskia*)
2. glattröhrlige DE (z. B. *Rhipsalis*)
3. apikal gehöckerte DE
 - a) Höcker wenig hervortretend: tuberkulat (Fig. 1 B; z. B. *Parodia*)
 - b) Höcker lang ausgezogen: pinnat (z. B. *Mammillaria plumosa*)
4. bruchröhrlige DE
 - a) unregelmäßig durchgebrochene DE (z. B. *Neolloydia*)
 - b) regelmäßig durchgebrochene DE (Fig. 1 C; z. B. *Epithelantha*)
 - c) teilgebrochene DE (z. B. *Pelecyphora*)
5. polygonale aufgelöste DE (*Discocactus horstii*, Sondertyp)
6. basal ausgezogene DE = glochidoide DE (Fig. 1 D; z. B. *Opuntioideen*)

Die Oberfläche der einzelnen Dornepidermiszellen kann außerdem eine feinwarzige oder feinrunzelige Sekundärstruktur besitzen. Gleich ob Rand- oder Mitteldorn, die Dornen eines Individuums gehören immer dem gleichen, Sämlingsdornen dagegen in mehreren Fällen verschiedenen Typen an. Die morphologische Ableitung kann an letzteren deutlich gemacht werden.

Die nachfolgend kurzen Beschreibungen der Dornen sind immer im Zusammenhang und als Ergänzung zu den sehr instruktiven raster-elektronenmikroskopischen Aufnahmen zu sehen.

Peireskioideae

Peireskia aculeata: Dornepidermiszellen (DE) prosenchymatisch ohne Sekundärstruktur, Zellgröße ca. $100 \times 10 \mu\text{m}$. *Rhodocactus grandifolius* (II, Abb. 4): DE wie *Peireskia aculeata*. *Maihuenia patagonica*: DE prosenchymatisch mit sehr feiner Sekundärstruktur; Zellelemente kleiner und unregelmäßiger als bei den vorhergehenden Arten; Zellgröße ca. $80 \times 6 \mu\text{m}$.

Opuntioideae

Austrocylindropuntia pachypus (II, Abb. 5, 6): Nur die Mitteldornen terminal mit Glochidenhaken, der mittlere und basale Teil des Dornes ist prosenchymatisch mit typischer, runzeliger Sekundärstruktur. *Austrocylindropuntia clavarioides* (II, Abb. 7, 8): Der glochidoide Charakter der DE läßt sich nur noch in Spitzennähe ahnen; in der Mitte des Dornes ist

die DE sogar unregelmäßig durchgebrochen und zeigt schwache Apikalhöcker; innerhalb der *Opuntioideen* die abgeleitetsten Dornoberflächenstrukturen, innerhalb der Gattung unserer Meinung nach eine recht isoliert stehende Art. *Cylindropuntia tunicata* (II, Abb. 9): Mitteldorn sehr regelmäßig glochidoid, ohne Sekundärstruktur; der Dorn wird von einer papierartigen Hülle (Tunica) umgeben, die sich leicht abziehen läßt und aus mehreren Schichten langgestreckter, glatter Zellen besteht. *Opuntia microdasys* (I, Abb. 1; II, Abb. 10): Typische Glochiden mit besonders stark ausgeprägten basalen Zellhöckern (Widerhaken); der in der Mitte ca. $80 \mu\text{m}$ dicke Dorn verschmälert sich an der Basis bis ca. $10 \mu\text{m}$. *Opuntia orbiculata*: Typisch glochidoider Aufbau. *Peireskiopsis velutina*: Glochidoider Aufbau der DE; auch bei den langen, einzelnen weißen „Haaren“ im Neutrieb könnte es sich um modifizierte Dornen handeln. *Tephrocactus papyracanthus* (I, Abb. 2): Der „Papierstachel“ zeigt prinzipiell den gleichen Aufbau wie eine Glochide; die Widerhakenstruktur ist aber nur noch an der Dornspitze deutlich erkennbar, der verbreiterte basale Teil besitzt keine mehr. *Tephrocactus rauhii* (II, Abb. 11): Die Mitteldornen zeigen genau wie die eigentlichen Glochiden die typischen, glochidoiden Strukturen; auch hier handelt es sich bei den langen, weißen Woll-„Haaren“ um modifizierte Dornen, deren Glochidencharakter bei hohen Vergrößerungen klar an der Spitze erkennbar ist.

Cactoideae (Cereoideae)

TRIB. *Hylocereae*. *Acanthorhipsalis monacantha*: Unregelmäßige, gewellt-röhrlige DE ohne Sekundärstruktur und deutliche Höckerbildung. *Peniocereus rosei* (III, Abb. 12): DE röhrlig mit erhabenen Zellgrenzen, tuberkulat. *Rhipsalis horrida* (III, Abb. 13): Die borstenartigen Dornen folgen dem glattröhrligen Typ.

TRIB. *Pachycereae*. *Cephalocereus senilis* (III, Abb. 14): Die weißen „Haare“ sind Dornen vom tuberkulaten Typ. *Pachycereus pringlei*: DE prosenchymatisch, glatt, Zellelemente ca. $30 \times 200 \mu\text{m}$.

TRIB. *Trichocereae*. *Espostoa lanata* (III, Abb. 15): Mitteldornen mit langgestreckten, prosenchymatischen DE, glatt; die langen weißen „Haare“ sind umgebildete Dornen vom gleichen Typ. *Pygmaeocereus (Arthrocareus) densiaculeatus* (III, Abb. 16): Dornen pinnat, Höcker ca. $120 \mu\text{m}$ lang, mit feinrippiger Sekundärstruktur. *Setiechinopsis mirabilis* (III, Abb. 17): Dornen pinnat, die Höcker ca. $60 \mu\text{m}$ lang. *Rebutia (Aylosteria) heliosa*: Dornen ebenfalls pinnat, die breiten ca. $90 \mu\text{m}$ hohen Höcker zeigen eine schwach-rippige Sekundärstruktur.

TRIB. *Notocactaceae*. *Astrophytum capricorne* (III, Abb. 18): DE tuberkulat, Höcker ca. 20 μm hoch. *Copiapoa cinerea* (III, Abb. 19): DE unregelmäßig-prosenchymatisch, langgestreckt; der ganze Dorn mit feinen Längsrissen. *Discocactus horstii* (IV, Abb. 20, 21): DE prosenchymatisch, die Wand der toten Zellen löst sich in einzelne, ca. 1 μm dicke, stäbchenförmige Elemente auf, die \pm parallel oder in Kreuztextur liegen können. *Melocactus melocactioides*: Die Dornoberfläche besteht aus ca. 100 \times 30 μm großen DE, die sich apikal etwas aufwölben und dachziegelartig überlappen; feinrunzelige Sekundärstruktur; bei den Borsten des terminalen Cephaliums handelt es sich um Dornen. *Notocactus ottonis*: DE unregelmäßig, gewellt, schwach tuberkulat. *Parodia fescheri* (IV, Abb. 22): Dornoberfläche sehr regelmäßig tuberkulat aus ca. 100 \times 15 μm großen Zellen aufgebaut. *Parodia microsperma*: Unterscheidet sich nicht von *P. fescheri*. *Übelmannia pectinifera*: Oberfläche unregelmäßig glatt mit runzeliger Sekundärstruktur.

TRIB. *Echinocereae*. *Wilcoxia schmollii*: Haardornen glattröhrig, ca. 50 μm dick, schwach tuberkulat. *Wilcoxia viperina* (IV, Abb. 23): Randdornen tuberkulat, der gehemmte Mitteldorn zeigt eine \pm prosenchymatische Oberfläche.

TRIB. *Echinocactinae*. *Echinocactus grusonii* (IV, Abb. 24, 25): Die älteren Dornen besitzen prosenchymatische DE mit feinwarziger Sekundärstruktur; junge Sämlingsdornen dagegen zeigen tuberkulate DE. *Echinocactus ingens*: Tuberkulate DE vom Leuchtenbergia-Typ. *Echinocactus horizonthalonius* (IV, Abb. 26, 27): Teilgebrochene, ca. 20 μm dicke Zellröhren, die sich gitterartig auflösen; die „Ringelung“ des Dornes resultiert aus lokalen Verdickungen des Gesamtorgans, die Bruchröhrenstruktur läuft über sie hinweg. *Echinocactus polycephalus* (V, Abb. 28): Tuberkulate DE, die ca. 100 μm langen Höcker stehen so dicht, daß der Dorn makroskopisch wie mit Samt überzogen scheint. *Homalocephala texensis* (V, Abb. 29, 30): Tuberkulate DE vom Leuchtenbergia-Typ; die „Ringelung“ des Gesamtdornes beruht hier auf einer geringen Verdickung des Organs bei gleichzeitiger Unterbrechung der Feinstruktur.

TRIB. *Thelocactinae*. *Ariocarpus fissuratus*: Sämlingsdornen dicht pinnat, ähnlich den Jugendstadien von *Ferocactus*. *Neogomesia agavioides*: DE \pm glatt, lateral vereinzelt gut ausgebildete Höcker. *Encephalocarpus strobiliformis*: DE unregelmäßig-glatt, teilweise durchgebrochene Zellröhren. *Neolloydia grandiflora* (V, Abb. 31): DE unregelmäßig durchgebrochen, schwach-runzelige Sekundärstruktur. *Strombocactus disciformis*: DE unregelmäßig durchgebrochen, runzelige Sekundärstruktur. *Thelocactus bicolor*: DE glatt bis unregelmäßig gebrochen, stark

runzelige Sekundärstruktur. *Thelocactus nidulans* (V, Abb. 32): DE unregelmäßig gebrochen, ohne Sekundärstruktur; im Alter splittert der Dorn völlig der Länge nach auf. *Gymnocactus viereckii*: DE unregelmäßig runzelig bis glatt. *Leuchtenbergia principis* (V, Abb. 33): DE tuberkulat, die Höcker seitlich abgeflacht, spitz dreieckig, ca. 40 μm hoch. *Navajoa peeblesiana* var. *fickeisenii* (V, Abb. 34): DE schwach tuberkulat, der ganze Dorn ist mit unregelmäßigen, über viele Zellreihen reichenden Querrissen bedeckt. *Toumaya papyracantha*: Die stark abgeflachten Dornen sind zumindest lateral tuberkulat. *Turbincarpus pseudomacrochele* (V, Abb. 35): Die Dornen sind apikal deutlich tuberkulat, an der Basis \pm glatt, nur wenige Querrisse. *Turbincarpus klinkerianus* (VI, Abb. 36, 37): Dornen apikal schwach tuberkulat, an der Basis glatt mit Querrissen; im Querschnitt ist der röhrenartige Gesamtaufbau gut zu erkennen. *Turbincarpus polaskii* (VI, Abb. 38): DE apikal schwach tuberkulat, an der Basis unregelmäßig netzartig quergebrosen. *Epithelantha micromeris* var. *rufispina* (I, Abb. 3; VI, Abb. 39, 40, 41, 42): Die Sämlingsdornen sind noch tuberkulat bis pinnat, aber mit teilweise schon durchgebrochenen Zellröhren; die Dornen der adulten Pflanzen mit sehr regelmäßig durchgebrochenen DE; Gesamtdornen schwach bilateral, die senkrecht stehenden „Honigdornen“ zeigen eine \pm spirale Anordnung der Zellröhren; die einzelnen Zellröhren ca. 30 μm dick, die gebrochenen Stücke ca. 50 μm lang, die Bruchstellen entstehen unabhängig von den Querwänden der Zellen; Zellröhren terminal zu einer \pm glatten Dornspitze eingeschmolzen; in den Röhren liegen dicht gepackt ca. 1 μm große, wasserlösliche Kristalle; oftmals aufgelagertes Wachs. *Epithelantha pachyrrhiza* (VI, Abb. 43): Die Art unterscheidet sich im Feinbau der Dornen nicht von der vorhergehenden; die Areole ist in der Mitte deutlich verwachsen. „*Pelecyphora*“ *pseudopectinata* (VII, Abb. 44, 45, 46, 47): Die stark bilateralen Dornen sind in der Areolenmitte verwachsen; die Dornenunterseite ist glatt, lateral tuberkulat; die Dornenoberseite folgt wie bei *Epithelantha* dem regelmäßig durchgebrochenen Typ; die Zellröhren sind ca. 10 μm dick, die gebrochenen Stücke ca. 40 μm lang und hier mit ca. 4 μm großen Kristallen gefüllt. *Pelecyphora aselliformis* (VII, Abb. 48, 49, 50, 51): Die stark bilateralen Dornen sind in der Areolenmitte verwachsen; die Dornoberfläche mit teilgebrosenen DE; teilweise lösen sich die Zellröhren zu beinahe netzartigen Strukturen auf; in den Röhren liegen wenige, vor allem quaderförmige Kristalle mit einer Kantenlänge von ca. 2 μm .

TRIB. *Ferocactinae*. *Echinofossulocactus erectocentrus*: DE glatt bis schwach tuberkulat der ganze Dorn mit feinen Querrissen. *Ferocactus*

emoryi (VIII, Abb. 52): Die Dornen des Sämlings \pm pinnat, die Höcker auf den Dornen adulter Exemplare weniger stark hervortretend; runzelige Sekundärstruktur. *Ferocactus latispinus*, *Ferocactus rectispinus*: Im Feinbau Übereinstimmung mit der vorhergehenden Art. *Escobaria leei*: DE pinnat, Höcker bis 100 μm lang und ca. 10 μm dick; runzelige Sekundärstruktur. *Mammillaria carnea* (VIII, Abb. 53): DE tuberkulat, an der Dornbasis unregelmäßig durchgebrochen. *Mammillaria bocasana* (VIII, Abb. 54): DE der hakigen Mitteldornen als auch der haarartigen Randdornen tuberkulat. *Mammillaria aureilanata*: DE pinnat mit \pm runzeliger Sekundärstruktur; bei einem Durchmesser von ca. 100 μm besitzen die randlichen Haardornen ca. 100 μm lange Höcker. *Mammillaria pennispinosa* (VIII, Abb. 55): Sowohl der zentrale Hakendorn, als auch die haarartigen Randdornen folgen mit bis zu 200 μm langen Höckern dem pinnaten Typ. *Mammillaria plumosa* (VIII, Abb. 56): DE pinnat mit extrem lang ausgezogenen Höckern, die den Dorn schon makroskopisch gefiedert erscheinen lassen; die Spitze des Gesamtdornes ist \pm glatt, subterminal treten ca. 5 μm breite, spiralig angeordnete Längszüge auf, auf denen submikroskopische Wachskörnchen (Durchmesser ca. 1 μm) lagern können; DE mit feinrunzeliger Feinstruktur, Zellgrenzen \pm erhaben. *Mammillaria herrerae* (VIII, Abb. 57, 58, 59): DE teilgebrochene, ca. 5–10 μm breite, sich \pm auflösende Zellröhren, die mit submikroskopischen Kristallen vom gleichen Typ wie *Epithelantha* gefüllt sind. *Mammillaria theresae* (IX, Abb. 60): DE pinnat, Höcker blattartig abgeflacht, ca. 300 μm lang, ca. 30 μm breit und nur ca. 4 μm dick; Zellgrenzen erhaben. *Mammillaria solisioides* (IX, Abb. 61): DE vom regelmäßig durchgebrochenen Typ, Zellröhren ca. 10 μm dick und in ca. 20 μm lange Stücke gebrochen, mit Kristallen gefüllt; grob runzelige Sekundärstruktur. *Solisia pectinata* (IX, Abb. 62, 63): DE wie bei der vorhergehenden Art, die einzelnen Zellröhren ca. 15 μm dick und in ca. 20 μm lange Stücke gebrochen; die Dornen in der Areolenmitte verwachsen, die Dornenunterseite \pm glatt. *Normanbokea valdeziana* (IX, Abb. 64, 65, 66): Dornen bis zur Spitze pinnat, wobei die einzelnen Höcker aber schleierartig verbreitert ausgezogen, häutig dünn miteinander verkleben. *Cochemia poselgeri* (IX, Abb. 67): DE prosenchymatisch, die Zellen ca. 50 μm lang und ca. 15 μm breit.

TRIB. *Coryphanthinae*. *Coryphantha difficilis*: DE schwach tuberkulat, teilweise unregelmäßig durchgebrochen. *Coryphantha palmeri*: DE beinahe glatt, lediglich Ansätze von Höckern zu erkennen.

Ergebnisse und Diskussion

Kakteendornen sind, was ihren Feinbau anbelangt, wesentlich vielgestaltiger und komplizierter als bisher angenommen. Die Morphologie der Dornen läßt sich nach unseren Untersuchungen auf drei Grundtypen zurückführen, die gleichzeitig – mit Ausnahmen – \pm charakteristisch für die drei Unterfamilien der Cactaceen sind.

Die *Peireskioideen* besitzen ohne Ausnahmen sehr einfache Dornen mit \pm prosenchymatischen Oberflächenzellen. Damit sprechen auch die Dornstrukturen für die primitive Stellung dieser Gruppe.

Die *Opuntioideen* folgen alle dem gleichen glochidoiden Bauprinzip: der Basalteil der Dornepidermiszellen ist höckerig nach hinten ausgezogen, zumindest jede Dornspitze mehr oder weniger mit feinen Widerhaken besetzt. Lediglich *Austrocylindropuntia clavarioides* scheint mit der „cereoiden“ Ausbildung großer Dornenteile bei oberflächlicher Betrachtung abzuweichen, das genaue Studium der Dornspitze läßt jedoch die \pm glochidoiden Strukturen erkennen. Wahrscheinlich handelt es sich bei dieser Art um ein sehr isoliertes Taxon. Die oft verschiedenen Dornen einer Areole – dies gilt für die gesamte Familie – folgen immer nur einem Bauprinzip. Die völlig modifizierten „Papierstacheln“ von *Tephrocactus articulatus* var. *papyracanthus* z.B. folgen dem gleichen Aufbau wie die mikroskopischen Glochiden der gleichen Art. Dasselbe gilt für die langen, weißen „Wollhaare“ von *Tephrocactus rauhi*, die bei hohen Vergrößerungen ganz deutlich glochidoide Spitzen erkennen lassen.

Die *Cactioideen* (*Cereoideen*) zeigen in der Ausbildung ihrer Dornoberflächen die größte Mannigfaltigkeit. Sowohl bestimmte, relativ primitiv anzusehende Gattungen (z.B. *Pachycereus*), als auch einige hochabgeleitete Taxa (z.B. *Cochemia*) besitzen noch \pm prosenchymatische Epidermiszellen; im letzten Fall könnte es sich allerdings um eine sekundäre Reduktion handeln. Den innerhalb dieser Unterfamilie mit verschiedenen Abänderungen bei weitem vorherrschenden Typ verkörpert am klarsten die Gattung *Parodia*: die Dornoberfläche ist aus einzelnen Zellröhren aufgebaut, die apikal – nie basal – mehr oder weniger

stark gehöckert ist. Von diesem Typ ausgehend zeichnen sich folgende drei Progressionsreihen ab:

1. Die Höcker werden reduziert und sind nur noch an Sämlingen nachweisbar; es entstehen sekundär glatte Dornen (z.B. *Echinocactus grusonii*).
2. Die Höcker werden extrem lang ausgezogen; es entstehen gefiederte (pinnate) Dornen wie bei *Mammillaria plumosa*.
3. Die einzelnen Zellröhren brechen, bei gleichzeitiger Reduktion der Höcker, in \pm regelmäßige Stücke (z.B. *Epithelantha*) oder lösen sich \pm netzartig auf (z.B. *Pelecypora aselliiformis*).

Die zunächst \pm prosenchymatischen Dornepidermiszellen von *Discocactus horstii* besitzen Zellwände mit sehr hohem Zelluloseanteil, die sich später in einzelne parallele, teilweise sogar in Kreuztextur liegende Leisten auflösen. In gewissem Sinne erinnern die Strukturen an das hochkapillare *Velamen radicum* epiphytischer Orchideen und stimmen mit diesem auch in der Funktion – der Wasseraufnahme – völlig überein (SCHILL & BARTHOLOTT, 1973).

Betrachtet man die Systematik und Taxonomie, so bestätigen die Dornstrukturen erneut die primitive Stellung der *Peireskioideen*. Die *Opuntioideen* verkörpern, auch mit den scheinbar primitiven Vertretern (z.B. *Peireskiopsis*) eine sehr isolierte, abgeleitete Gruppe innerhalb der Familie. Ihre Dornen erhärten die schon länger angedeuteten pollenmorphologischen Erkenntnisse, daß sich *Peireskioideen* und *Ceroideen* phylogenetisch relativ nahe stehen, die *Opuntioideen* dagegen eine isolierte Splittergruppe bilden.

Die bisher völlig unbekanntenen Strukturen von *Discocactus horstii* weisen ganz sicher ebenfalls auf eine \pm isolierte Stellung dieser Art hin. Auch die Gattung *Echinocactus* scheint in ihrem heutigen Umfang eine \pm heterogene, nicht natürliche Gruppe darzustellen. Während *E. grusonii* völlig glatte Dornoberflächen zeigt, folgen *E. ingens* und *E. polycephalus* dem tuberkulaten Typ. *E. horizonthalonius* dagegen hat teilgebrochene Röhrensysteme, die sonst in diesem Verwandtschaftsbereich nicht mehr vorkommen. Die Dornstrukturen der letzten Art sprechen auch gegen die von BOKE (1957) vorgenommene Eingliederung zu *Homalocephala*, die tuberkulate Dornoberflächen zeigt.

Die Feinstruktur der „Haare“ von *Cephalocereus*, *Espostoa* und anderer Gattungen bestätigt erneut, daß es sich um modifizierte Dornen handelt. Weiter zeichnen sich *Mammillaria solisioides*, *Solisia pectinata*, „*Pelecypora*“ *pseudoplectinata* und die Gattung *Epithelantha* durch einen

hochabgeleiteten, sehr einheitlichen Dorntyp aus. Die Dornen dieser Gattungen – und nicht nur, wie bisher angenommen, die „Honigdornen“ von *Epithelantha* – enthalten wasserlösliche Kristalle. Ob es sich dabei um eine außergewöhnliche Konvergenzentwicklung oder einen natürlichen Verwandtschaftskreis handelt, müssen ergänzende Untersuchungen ergeben. Als weitere Feinstruktur wird erstmalig der Bau der „Honigdornen“ von *Epithelantha* genau beschrieben. Entgegen der Auffassung von BUXBAUM (1964) bzw. BOKE (1955) beruht die terminale Verdickung des Dornes nicht ausschließlich auf abgesonderten Sekreten, sondern die Feinstrukturen lassen eindeutig erkennen, daß sie zu „sezernieren“ imstande sind. Die einzelnen Zellröhren sind interessanterweise spiralförmig mit kleinem Divergenzwinkel angeordnet und bestätigen damit die schon von SCHLEIDEN (1842) formulierte Feststellung, daß bei *Cactaceen* „in allen appendikulären Theilen, den Stacheln, Borsten und Haaren, sich eine auffallende Tendenz zur Darstellung einer Spirale zeigt“. Die Feinstruktur der Dornen von *Setiechinopsis mirabilis* und *Pygmaocereus (Arthrocerus) densiaculeatus* bestätigen deren enge Verwandtschaft (ENDLER-BUXBAUM 1959).

Was die systematische Stellung von *Pelecypora aselliiformis* betrifft, so stellt man nach den vorliegenden Untersuchungen fest, daß diese Art \pm isoliert steht, die Gattung allgemein als monotypisch betrachtet werden sollte. Für die von ANDERSON & BOKE (1969) vorgenommene Eingliederung von *Encephalocarpus strobiliiformis* ergibt sich kein Hinweis. Die Dornstrukturen von „*Pelecypora*“ *pseudoplectinata* sprechen zwar für die von verschiedenen Autoren (BUXBAUM, BOKE, KLADIWA) vertretene Ansicht, daß es sich keinesfalls um eine *Pelecypora* handelt, deuten aber andererseits auch keine Verwandtschaft zu *Thelocactus* (ANDERSON & BOKE) oder *Neolloydia* an. Die Feinstruktur der Dornen von „*Pelecypora*“ *valdeziana* bestätigt die von BUXBAUM (1969) vorgenommene Abtrennung als monotypisches Genus *Normanbokea*; sie spricht aber klar gegen die Eingliederung zu *Thelocactus* (ANDERSON & BOKE 1969). Die Zeichnung des Dornfeinbaues von *Normanbokea* von KLADIWA in BUXBAUM 1969 entspricht kaum den tatsächlichen Verhältnissen.

Zusammenfassung / Summary

Raster-elektronenmikroskopisch wurden Dornen von ca. 90 Kakteenarten aus allen Unterfamilien untersucht. Es wird gezeigt, daß sich die äußerst vielgestaltigen Oberflächenstrukturen in drei Grund- und sechs Untertypen einteilen lassen, zwischen denen es allerdings Kombinationen gibt. Die *Peireskioideen* verkörpern mit einfachen, glatten Dornen den prosenchymatischen, alle *Opuntioideen* mit ihren basalen Zellhöckern (Widerhaken) den glochidoiden Grundtyp. Die *Cactoideen* zeigen bei primitiveren Vertretern (z.B. *Pachycereus*) noch glatte, \pm prosenchymatische Dornoberflächen, bei hochabgeleiteten Formen dagegen mit apikal ausgezogenen Epidermiszellen den tuberkulaten Grundtyp. Dieser ist besonders klar in der Gattung *Parodia* ausgebildet. Vom tuberkulaten Grundtyp ausgehend lassen sich dann drei Progressionsreihen verfolgen: Die Apikalhöcker können sehr lang ausgezogen (*Mammillaria plumosa*) oder völlig reduziert sein (*Echinocactus grusonii*), so daß sekundär glatte Dornen entstehen. Bei den höchstentwickelten Taxa schließlich zeigt sich unter gleichzeitiger Reduktion der Höcker eine Tendenz zur Auflösung der Zellwände (*Epithelantha*, *Pelecyphora*), es entstehen Zellstrukturen, die bisher völlig unbekannt waren (*Discocactus horstii*); die Dornen mancher dieser Arten werden hochkapillar und funktionieren als wasserabsorbierende Organe. Die vielfältigen Oberflächenstrukturen lassen sich taxonomisch gut verwenden. Aufnahmen von über 50 Arten ergänzen den Text.

Thorns of about 90 species of Cacti of all subfamilies have been examined with the scanning electron microscope. The highly varied and often specific surface features can be classified in three main types and six subtypes. The *Peireskioideae* with \pm smooth surface structures show the most primitive type. All the *Opuntioideae* follow the so-called glochidoid type. Certain primitive members of the *Cactoideae* (e.g. *Pachycereus*) still have simple smooth thorns; typical for the higher developed taxa is the tuberculate type (like in *Parodia*). Three progression tendencies based on the tuberculate type can be recognized: the tubercles can be

elongated (*Mammillaria plumosa*) or reduced secondarily (*Echinocactus grusonii*). Under reduction of the tubercles the cell-walls in certain genera (*Epithelantha*, *Pelecyphora*) break-up in single elements, similar cell types have not been known yet. The thorns of certain species (*Discocactus horstii*, *Turbinicarpus klinkerianus*) work as water absorbing organs. The surface structures of the thorns can be used taxonomically. The paper is illustrated with scanning electron micrographs of about 50 species.

Literatur

- ANDERSON, E. F. & BOKE, N. H., The Genus *Pelecyphora* (Cactaceae): Resolution of a Controversy. Am. J. Bot. 56, 1969, p. 314-326.
- BACKEBERG, C., Die Cactaceae. Vol. I-VI, Jena, 1958-1962.
- BOKE, N. H., The Dimorphic Areoles of *Epithelantha*. Am. J. Bot. Vol. 42, 47, 1955, p. 725-733.
- Comparative Histogenesis of the areoles in *Homalocephala* and *Echinocactus*. Am. J. Bot. Vol. 44, 1957, p. 368-380.
- The spiniferous Areole of *Mammillaria herrerae*. Phytomorphology Vol. 17, 1968, p. 141-147.
- BRITTON, N. L. & ROSE, J. N., The Cactaceae. Vol. I-IV, Washington 1919-1924.
- BUNING, A. F. H. & BREDEROO, A. J., *Discocactus horstii*. in: KRAINZ, Die Kakteen, C VII, Stuttgart 1973.
- BUXBAUM, F., Morphologie der Kakteen. in: KRAINZ, H., Die Kakteen, p. 1-110. Stuttgart 1957.
- Gattung *Pelecyphora*. in: KRAINZ, Die Kakteen, C VIII b, Stuttgart 1963.
- Gattung *Discocactus*. in: KRAINZ, Die Kakteen, C VI d, Stuttgart 1964 a.
- Gattung *Epithelantha*. in: KRAINZ, Die Kakteen, C VIII, Stuttgart 1964 b.
- CASPARI, H., Beiträge zur Kenntnis des Hautgewebes der Cacteen. Zeitschr. f. Naturwissenschaften, Halle a.S. (Diss.). p. 30-80, 1883.
- CHORINSKY, F., Vergleichend-anatomische Untersuchungen der Haargebilde bei *Portulacaceen* und *Cactaceen*. Österr. Bot. Zeitschr. Vol. 80, 1931, p. 308-327.
- ENDLER, J. & BUXBAUM, F., Die Pflanzenfamilie der Kakteen. Minden (Westfalen), 1959.
- ERDTMAN, G., Pollen Morphology and Plant Taxonomy. New York-London, 1966.
- HEMENWAY, A. F. & ALLEN, M. J., A Study of the Pubescence of *Cacti*. Am. J. Bot. 23, p. 139-144, 1936.
- HEYWOOD, V. H., Modern Methods in Plant Taxonomy. London-New York, 1968.
- Taxonomie der Pflanzen. Stuttgart (Übersetzg. v. Plant Taxonomy, London 1967), 1971.
- Scanning Electron Microscopy. Systematic and Evolutionary Applications. London-New York, 1971 a.
- HUTCHINSON, J., The Genera of Flowering Plants. Dicot. Vol. II: Cactaceae (by D. R. HUNT). Oxford, 1967.
- KLADIWA, L. & BUXBAUM, F., Gattung *Normanbokea*. in: KRAINZ, Die Kakteen, C VIII b, Stuttgart, 1969.
- KURTZ, E. B., Pollen Morphology of the Cactaceae. Grana Palynologica 4:3, p. 367-372. Stockholm, 1963.

- LEINFELLNER, W., Beiträge zur Kenntnis der Cactaceen-Areolen. Österr. Bot. Zeitschr. Vol. 86, p. 2ff. 1937.
- NEWTON, L. E., Taxonomic use of the cuticular surface features in the genus *Aloe* (Liliaceae). Bot. J. Linn. Soc. Vol. 65, p. 335-339. London, 1972.
- OATLEY, C. W., The Scanning Electron Microscope. Part 1: The Instrument. Cambridge Monographs on Physics, 1972.
- RAITH, H. & GIBBONS, R., *Stereoscan 600* - ein Routinegerät. In: BEDO-Beiträge z. Elektronenmikroskop. Direkt-Abb. v. Oberflächen (ed. G. PFEFFERKORN), Bd. 4/2, p. 329-338. Münster, 1971.
- SCHILL, R. & EHLER, N., Das Oberflächen-Rasterelektronenmikroskop. Biologie in unserer Zeit, 2. Jahrg. Heft 3, p. 76-81, 1972.
- BARTHLOTT, W., EHLER, N. & RAUH, W. Raster-elektronenmikroskopische Untersuchungen an Cactaceen-Epidermen und ihre Bedeutung für die Systematik. Akad. d. Wiss. u. Lit., Mainz, 1973.
- & BARTHLOTT, W., Kakteendornen als wasserabsorbierende Organe. Die Naturwissenschaften, 60. Jahrg. Heft 4, Berlin-Heidelberg-New York, 1973.
- SCHUMANN, K., Gesamtbeschreibung der Kakteen. 2. Auflage, Neudamm, 1903.
- STACE, C. A., Cuticular Studies as an Aid to Plant Taxonomy. Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Vol. 4 No. 1. London, 1965.
- TAKHTAJAN, A., Die Evolution der Angiospermen. Jena, 1959.
- 1969: Flowering Plants. Origin and Dispersal. Edinburgh.
- TROLL, W., Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. Vol. I/1, p. 866-939. Berlin, 1937.
- TSUKADA, M. Pollen Morphology and Identification. II. Cactaceae. Pollen et Spores 6, p. 45-84, 1964.
- ZUCCARINI, J. G., Plantarum novarum vel minus cognitarum, quae in horto botanico herbarioque regio monacensi servantur, fasciculus tertius: Cactae. Abhlg. Math.-Nat. Cl. k. Akad. Wiss. 2, 597. München, 1837.

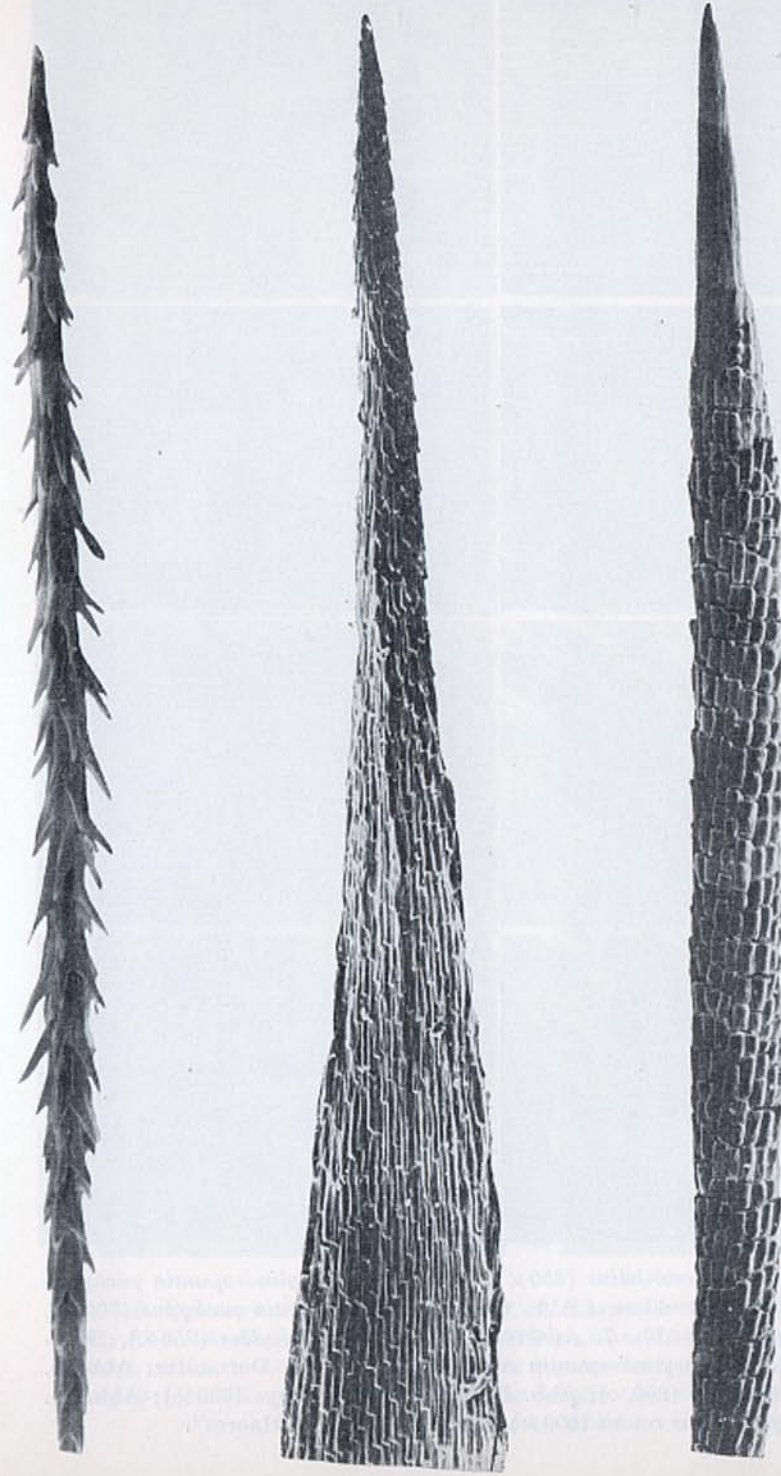


Abb. 1. *Opuntia microdasys* (100 \times), Glochide. Typischer Bau eines glochidoiden Dorns. Photomontage aus ca. 15 raster-elektronen-mikroskopischen Einzelaufnahmen. Abb. 2. *Tephrocactus articulatus* var. *papyracanthus* (50 \times), Spitze des „Papierstachels“. Photomontage aus ca. 8 raster-elektronenmikroskopischen Einzelaufnahmen. Abb. 3. *Epithelantha micromeris* (100 \times), Honigdorn. Erkennbar ist die spirale, an der Spitze eingeschmolzene Struktur der regelmäßig-durchgebrochenen Zellröhren. Photomontage aus ca. 12 raster-elektronenmikroskopischen Einzelaufnahmen.

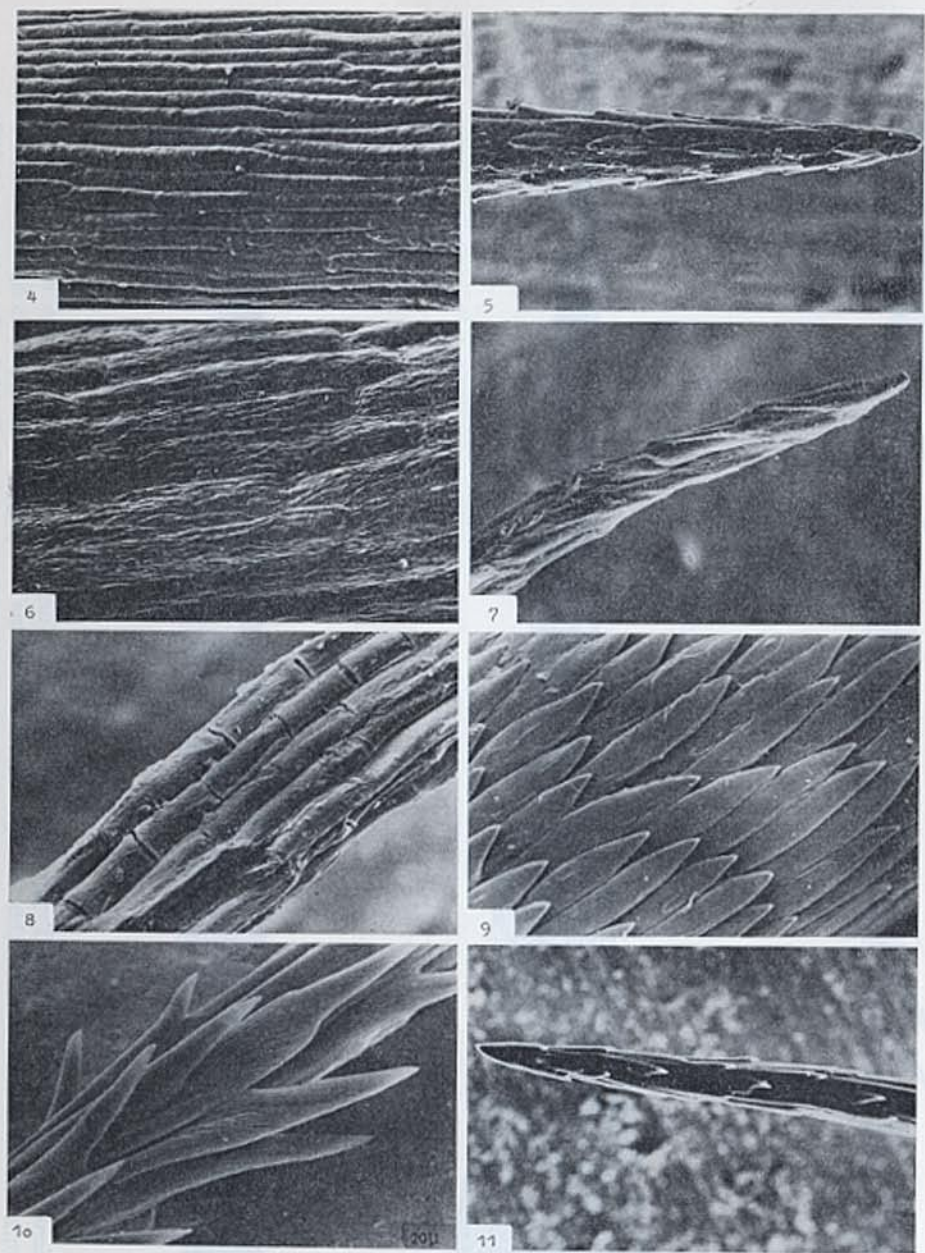


Abb. 4. *Rhodocactus grandifolius* (250×); Abb. 5. *Austrocylindropuntia pachypus* (250×), Spitze des Mitteldorns; Abb. 6. *Austrocylindropuntia pachypus* (500×), Basis des Mitteldorns; Abb. 7. *Austrocylindropuntia clavarioides* (250×), Dornspitze; Abb. 8. *Austrocylindropuntia clavarioides* (500×), Dornmitte; Abb. 9. *Cylindropuntia tunicata* (250×); Abb. 10. *Opuntia microdasyis* (500×); Abb. 11. *Tephrocactus rauhi* (500×), Spitze eines Woll-„Haars“.

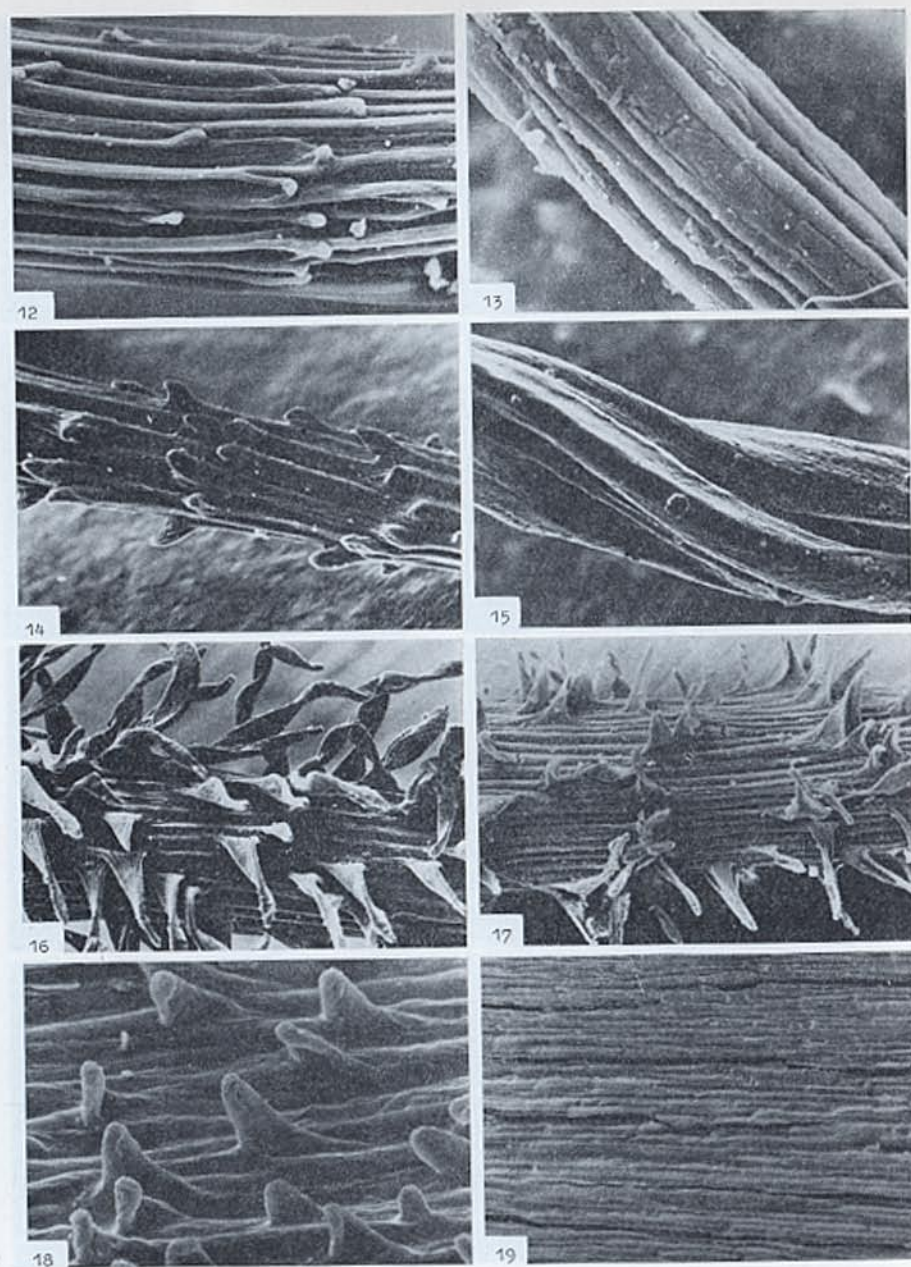


Abb. 12. *Peniocereus rosei* (250×); Abb. 13. *Rhipsalis horrida* (500×), Borstendorn; Abb. 14. *Cephalocereus senilis* (250×), „Haar“; Abb. 15. *Espositoa lanata* (500×), „Haar“; Abb. 16. *Pygmaeocereus densiaculeatus* (250×); Abb. 17. *Setiechinopsis mirabilis* (100×); Abb. 18. *Astrophytum capricorne* (500×); Abb. 19. *Copiapoa cinerea* (100×).

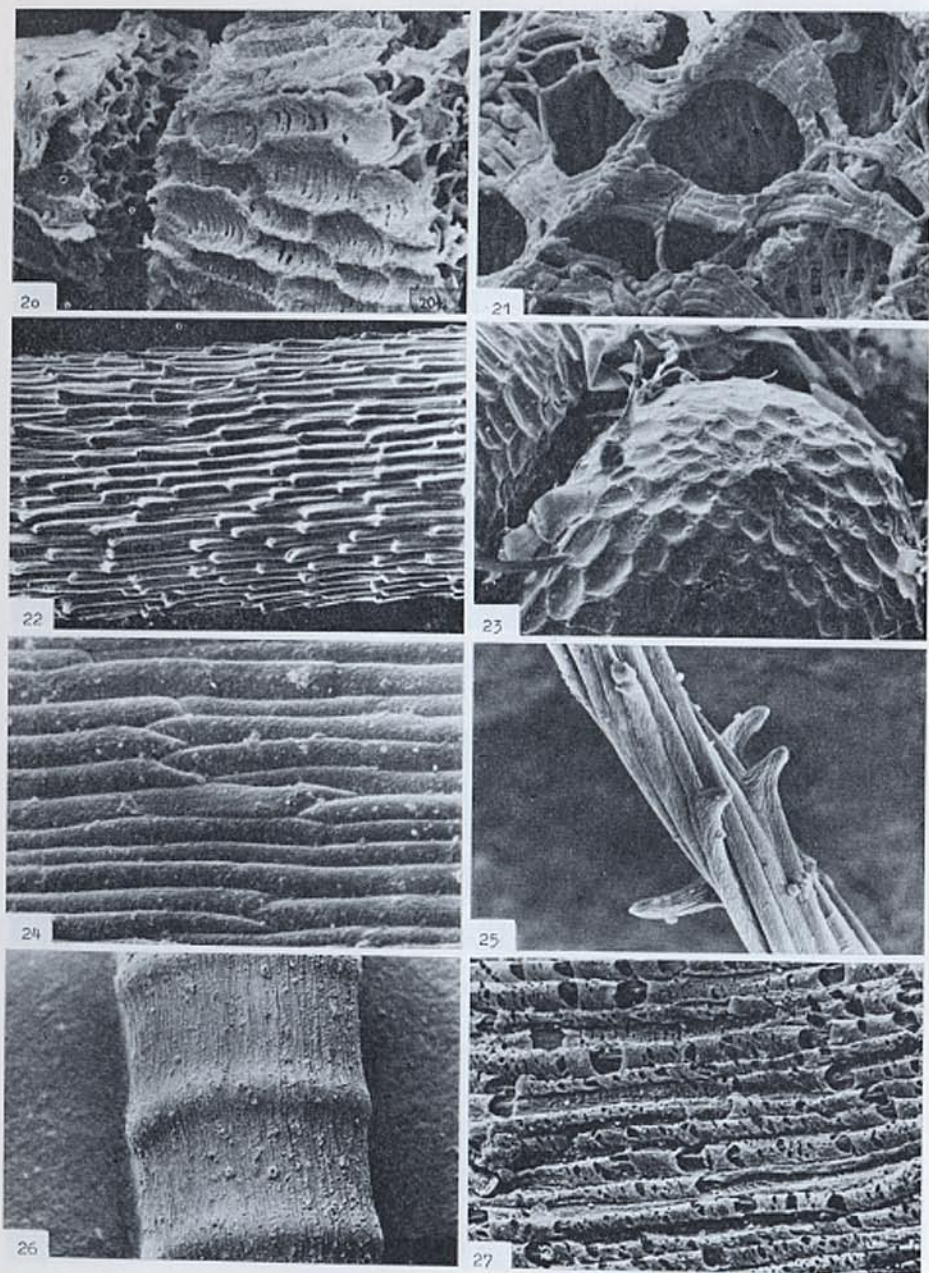


Abb. 20. *Discocactus horstii* (500×); Abb. 21. *Discocactus horstii* (500×); Abb. 22. *Parodia fechseri* (100×); Abb. 23. *Wilcoxia viperina* (250×), gehemmter Mitteldorn; Abb. 24. *Echinocactus grusonii* (500×); Abb. 25. *Echinocactus grusonii* (500×), Sämlingsdorn; Abb. 26. *Echinocactus horizonthalonius* (50×); Abb. 27. *Echinocactus horizonthalonius* (400×).

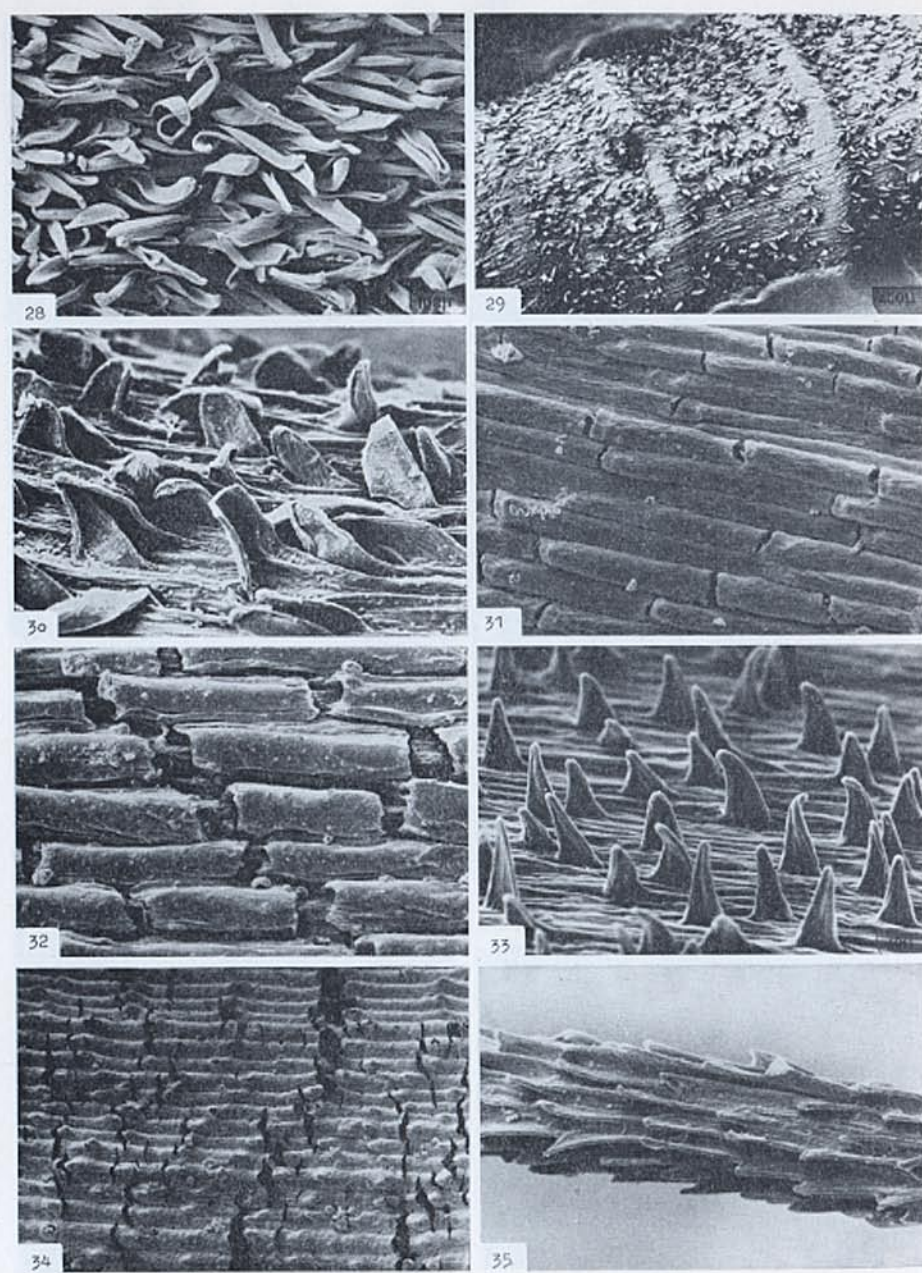


Abb. 28. *Echinocactus polycephalus* (75×); Abb. 29. *Homalocephala texensis* (25×); Abb. 30. *Homalocephala texensis* (250×); Abb. 31. *Neolloydia grandiflora* (500×); Abb. 32. *Thelocactus nidulans* (500×); Abb. 33. *Leuchtenbergia principis* (250×); Abb. 34. *Navajoa peeblesiana* var. *fickseni* (100×); Abb. 35. *Turbinicarpus pseudomacroechele* (250×).

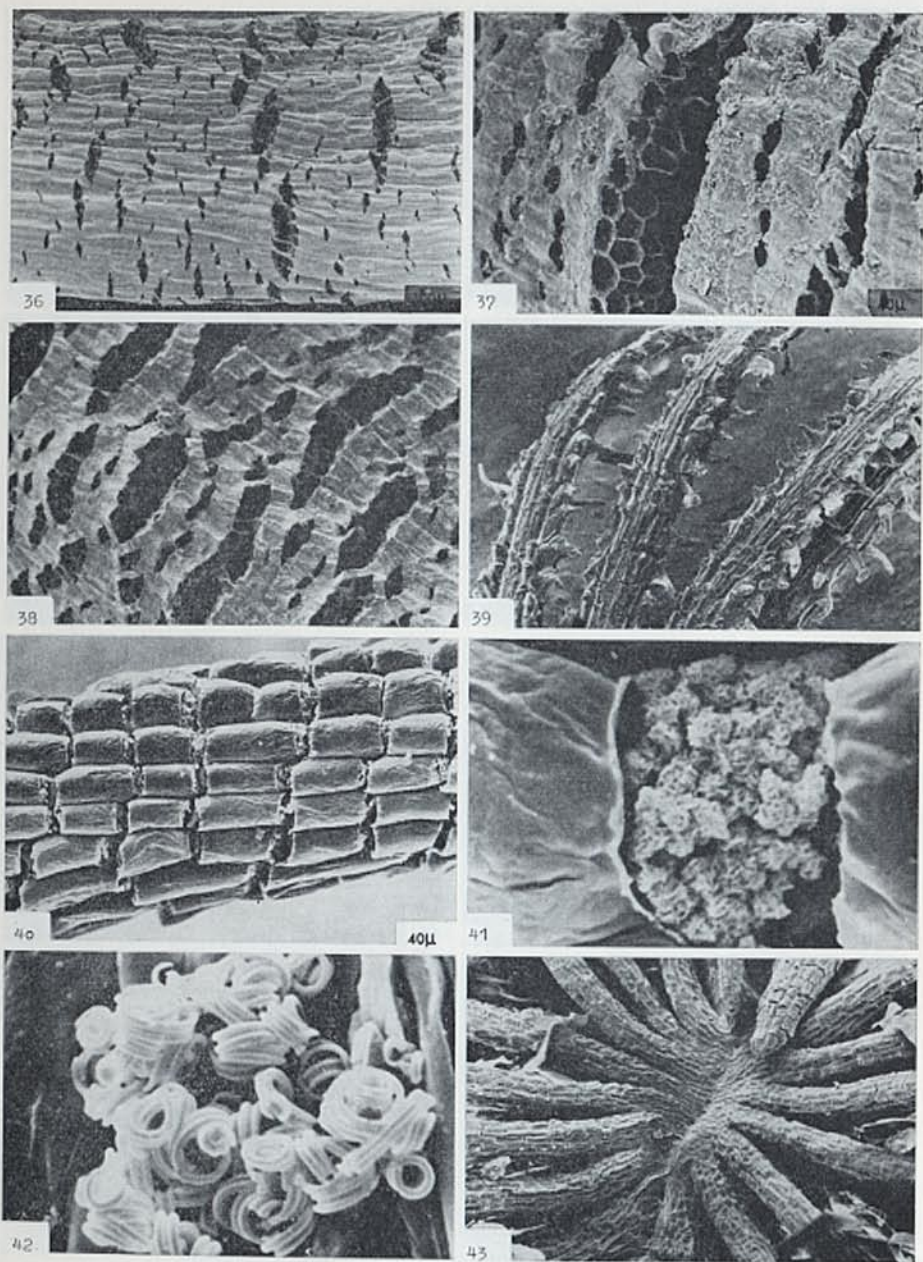


Abb. 36. *Turbinicarpus klinkerianus* (100 \times); Abb. 37. *Turbinicarpus klinkerianus* (250 \times); Abb. 38. *Turbinicarpus polaskii* (100 \times); Abb. 39. *Epithelantha micromeris* (100 \times), Sämling; Abb. 40. *Epithelantha micromeris* (250 \times), Honigdorn; Abb. 41. *Epithelantha micromeris* (2500 \times), Honigdorn, Bruchstelle einer Epidermiszelle mit wasserlöslichen Kristallen; Abb. 42. *Epithelantha micromeris* (2500 \times), Honigdorn, Wachsstrukturen; die Form läßt vermuten, daß sie aus submikroskopischen Cuticularporen ausgepreßt wurden; Abb. 43. *Epithelantha pachyrrhiza* (100 \times), Areole.

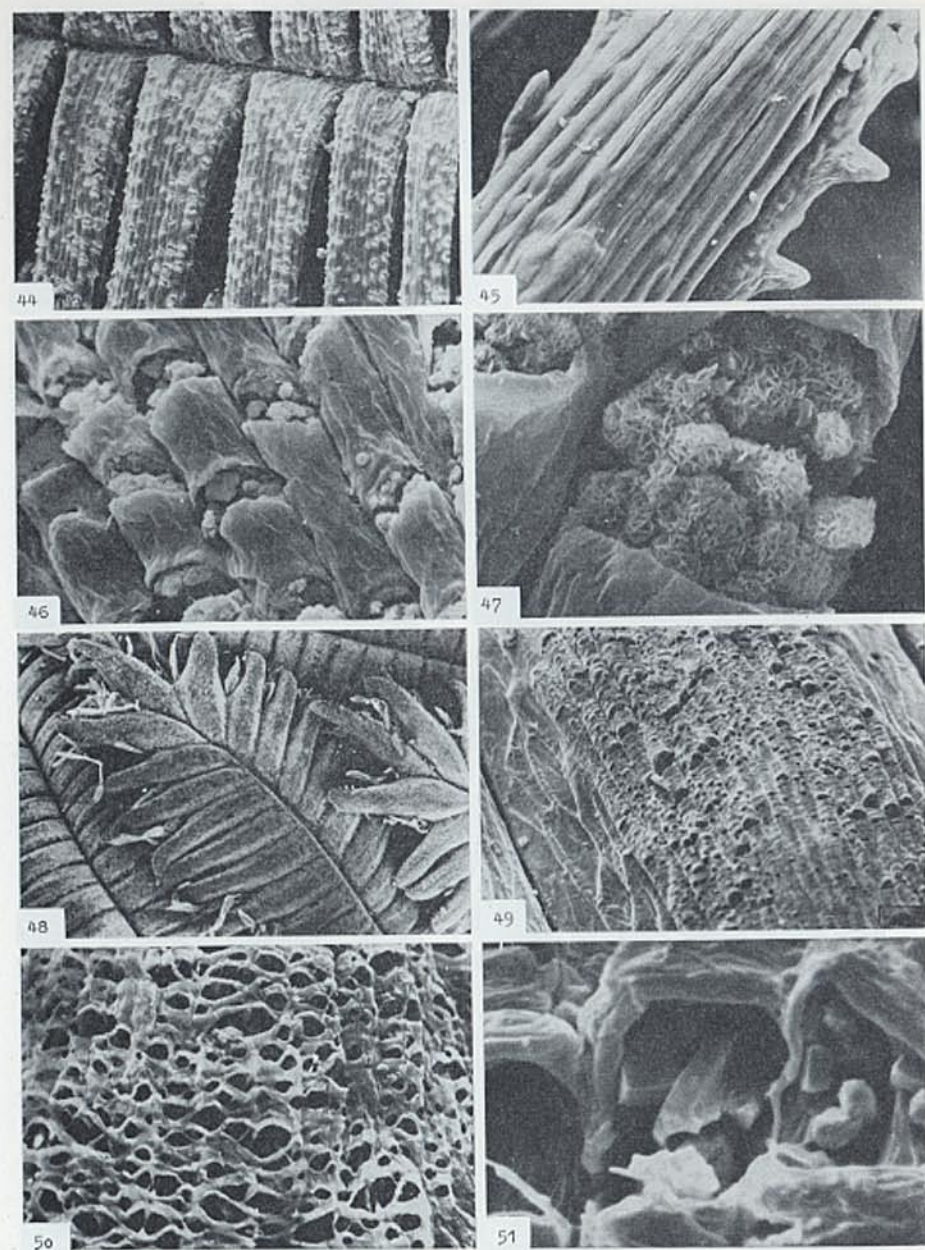


Abb. 44. „*Pelecyphora*“ *pseudopectinata* (100 \times), Aroloenausschnitt; Abb. 45. „*Pelecyphora*“ *pseudopectinata* (500 \times), Dornunterseite; Abb. 46. „*Pelecyphora*“ *pseudopectinata* (1000 \times), Dornoberseite; Abb. 47. „*Pelecyphora*“ *pseudopectinata* (2500 \times), Kristalle in den Bruchröhren; Abb. 48. *Pelecyphora aselliformis* (25 \times), Areole; Abb. 49. *Pelecyphora aselliformis* (250 \times), Dornoberfläche; Abb. 50. *Pelecyphora aselliformis* (1000 \times), Dornoberfläche; Abb. 51. *Pelecyphora aselliformis* (2500 \times), Blick in die Epidermisröhren mit quaderförmigen Kristallen.

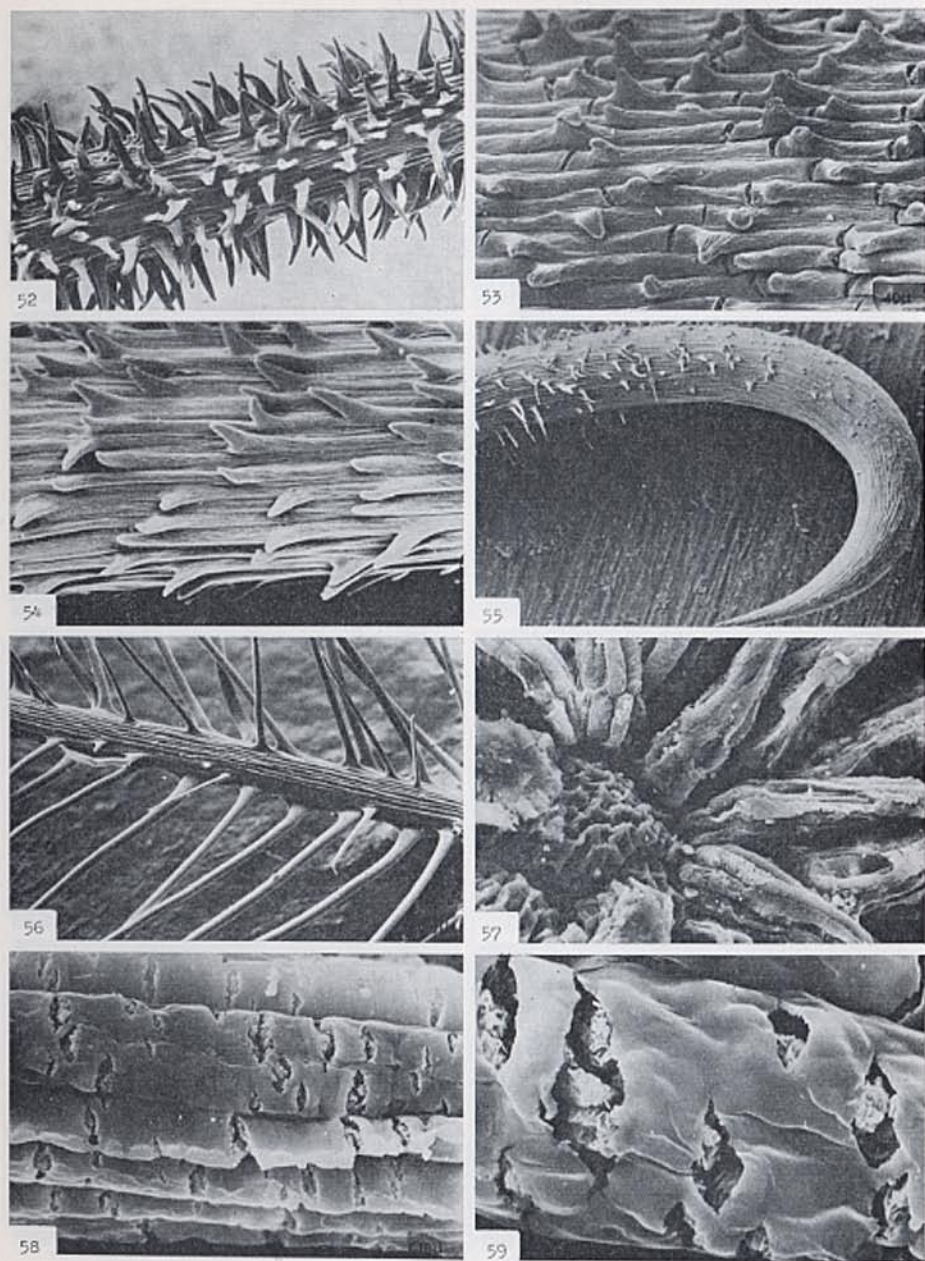


Abb. 52. *Ferocactus emoryi* (100×), Dorn eines einjährigen Sämlings; Abb. 53. *Mammillaria carnea* (250×); Abb. 54. *Mammillaria bocasana* (250×), Hakendorn; Abb. 55. *Mammillaria pennispinosa* (50×), Hakendorn; Abb. 56. *Mammillaria plumosa* (100×), extrem pinnater Dorn; Abb. 57. *Mammillaria herrerae* (250×), Areole; Abb. 58. *Mammillaria herrerae* (1000×); Abb. 59. *Mammillaria herrerae* (3000×).

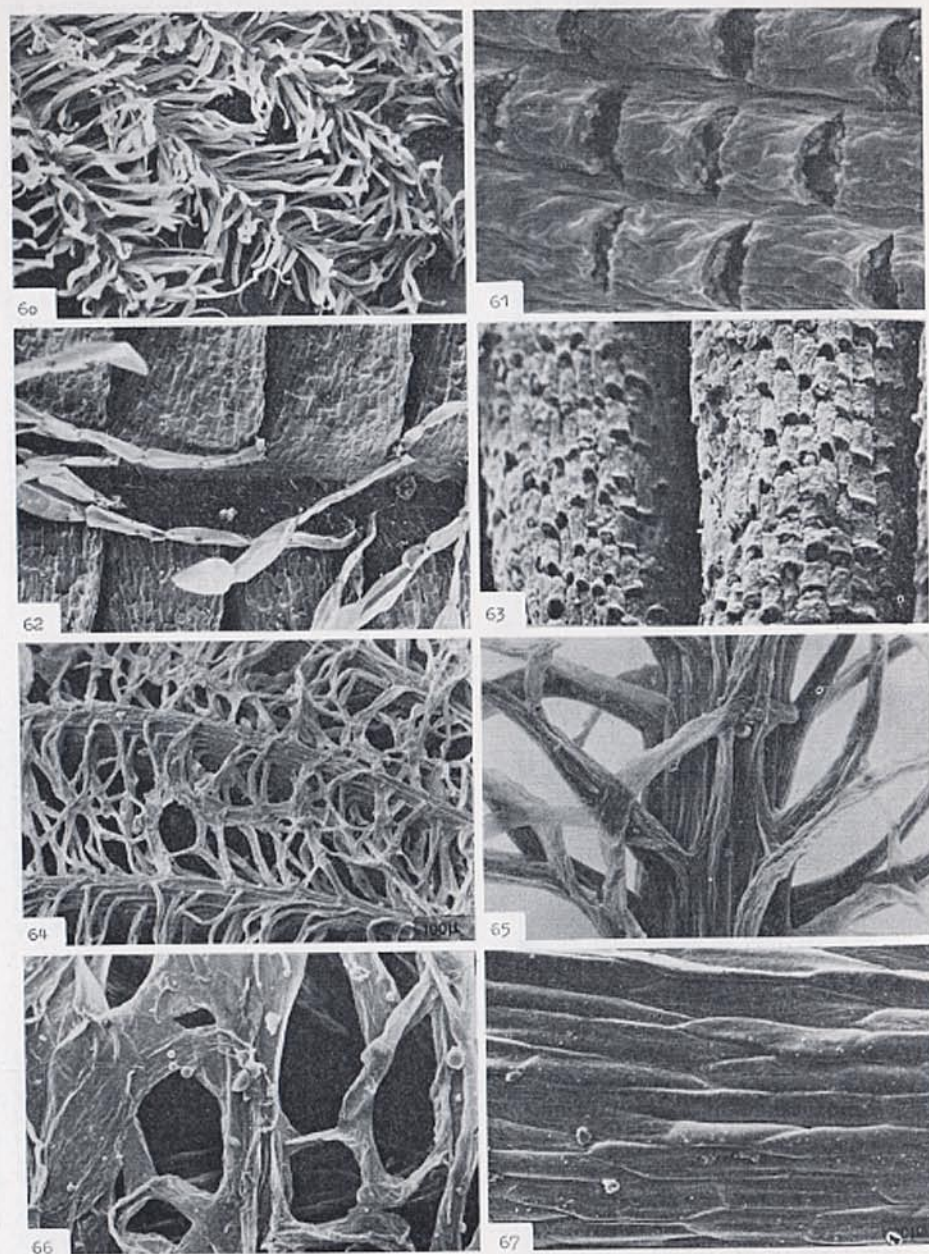


Abb. 60. *Mammillaria theresae* (50×), Dornen; Abb. 61. *Mammillaria solisioides* (1000×); Abb. 62. *Solisia pectinata* (100×), Areolenmitte; Abb. 63. *Solisia pectinata* (300×); Abb. 64. *Normanbokea valdeziana* (150×); Abb. 65. *Normanbokea valdeziana* (150×); Abb. 66. *Normanbokea valdeziana* (500×), verklebte, häutige Seiten-, Fiederchen; Abb. 67. *Cochemia posegeri* (500×).

- 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

- 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

Jahrgang 1965

- 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,—
- 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
- OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammesgeschichte der Ammoniten. Lieferung IV. 101 S. mit 58 Abbildungen im Text, DM 9,40
- OTTO HAUPT, Verallgemeinerung zweier Sätze über interpolatorische Funktionensysteme, 17 S., DM 3,—
- ZENON MOSZNER, Supplément aux théorèmes de O. HAUPT sur la wronskien, 7 S., DM 3,—
- KARL MEIER-LENGO, Die Briefe Engelbert Kaempfers. 50 S., DM 4,80
- WALTER HENN, Über das alte und das neue Bauen. 16 S. mit 9 Tafeln, DM 3,—
- 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,—
- 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,—
- FOCKO WEBERLING und PIETER W. LEENHOUTS, Systematisch-morphologische Studien an Terebinthales-Familien (Burseraceae, Simaroubaceae, Meliaceae, Anacardiaceae, Sapindaceae). 90 S. mit 39 Abb. im Text, DM 8,80
- RICHARD VIEWEG, Ephemeridenzeit und Atomzeit. 20 S. mit 5 Abb. im Text, DM 3,—
- DIETRICH HAFEMANN, Die Niveaueveränderungen an den Küsten Kretas seit dem Altertum. 84 S. mit 4 Abb. und 8 Tafeln, DM 9,40

Jahrgang 1966

- WOLFRAM OSTERTAG, Chemische Mutagenese an menschlichen Zellen in Kultur. 124 S., 34 Abb. u. 32 Tab. DM 12,—
- FERDINAND CLAUSSEN und FRANZ STEINER, Zwillingsforschung zum Rheuma-Problem. 198 S. mit 8 Tabellen, DM 18,60
- OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammesgeschichte der Ammoniten. 131 S., Lieferung V. mit 95 Abbildungen im Text, DM 12,40
- WILHELM TROLL und FOCKO WEBERLING, Die Infloreszenzen der Caprifoliaceen und ihre systematische Bedeutung. 151 S., 76 Abb., DM 14,20
- HILDEGARD SCHIEMANN, Über Chondrodystrophie (Achondroplasia, Chondrodysplasia). 61 S. mit 13 Tab. u. 19 Abb. DM 5,80
- HARM GLASHOFF, Endogene Dynamik der Erde und die Diracsche Hypothese. 34 S. mit 9 Abb., DM 3,20
- HUBERT FORESTIER und MARC DAIRE, Anomalies de réactivité chimique aux points de transformation magnétique des corps solides. 15 S. mit 8 Abb., DM 3,—
- OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammesgeschichte der Ammoniten. 89 S., Lieferung VI. mit 43 Abbildungen im Text, DM 8,40

Jahrgang 1967

- CARL WÜRSTER, Chemie heute und morgen. 16 S., DM 3,—
- WALTER SCHOLZ, Serologische Untersuchungen bei Zwillingen. 26 S. mit 6 Tabellen, DM 3,—
- PASCUAL JORDAN, Über die Wolkenhülle der Venus. 7 S., DM 3,—
- WIDUKIND LENZ, Lassen sich Mutationen verhüten? 15 S. mit 6 Abb. und 2 Taf., DM 3,—
- OTTO HAUPT und HERMANN KÜNNETH, Über Ketten von Systemen von Ordnungsscharakteristiken. 24 S., DM 3,—
- KLAUS DOBAT, Ein bisher unveröffentlichtes botanisches Manuskript Alexander von Humboldts: Über „Ausdünstungs Gefäße“ (= Spaltöffnungen) und „Pflanzenanatomie“ sowie „Plantae subterraneae Europ. 1794. cum Iconibus“, 25 S. mit 13 Abb. und 4 Tafeln, DM 3,20
- PASCUAL JORDAN und S. MATSUSHITA, Zur Theorie der Lie-Tripel-Algebren. 13 S., DM 3,40
- OTTO H. SCHINDEWOLF, Analyse eines Ammoniten-Gehäuses. 54 S., mit 2 Abbildungen im Text und 16 Tafeln, DM 13,—
- ADOLF SEILACHER, Sedimentationsprozesse in Ammonitengehäusen. 16 S. mit 5 Abb. und 1 Tafel, DM 3,40

Jahrgang 1968

- 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,—
- PASCUAL JORDAN, Zur Theorie nicht-assoziativer Algebren. 14 S., DM 3,40
- OTTO H. SCHINDEWOLF, Studien zur Stammesgeschichte der Ammoniten. 181 S. mit 39 Abb. im Text, DM 28,40
- HEINRICH RISTEDT, Zur Revision der Orthoceratidae. 77 S. mit 5 Tafeln, DM 14,—
- PASCUAL JORDAN, S. MATSUSHITA, H. RÜHAAR, 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 CASTENIOLZ, 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,—
3. OTTO H. SCHINDEWOLF, Über Clymenien und andere Cephalopoden. 89 S. mit 10 Abb. im Text und 2 Tafeln, DM 20,—

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

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
8. WOLFGANG BARNIKOL, Zur mathematischen Formulierung und Interpretation von Ventilationsvorgängen in der Lunge. Ein neues Konzept für die Analyse der Ventilationsfunktion. 55 S. mit 9 Abb. DM 16,—

REIHEN DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN KLASSE

MIKROFAUNA DES MEERESBODENS

1970

1. PETER AX und RENATE AX, Das Verteilungsprinzip des subterranean Psammon am Übergang Meer-Süßwasser 51 S. mit 24 Abb., DM 13,—
2. PETER AX und RUTH HELLER, Neue Neorhabdocoela (Turbellaria) vom Sandstrand der Nordsee-Insel Sylt. 46 S. mit 20 Abb. DM 11,80
3. WILFRIED WESTHEIDE, Zur Organisation, Biologie und Ökologie des interstitiellen Polychaeten *Hesionides gohari* Hartmann-Schröder (Hesionidae). 37 S. mit 20 Abb., DM 10,—

1971

4. PETER AX, Zur Systematik und Phylogenie der Trigonostominae (Turbellaria, Neorhabdocoela). 84 S. mit 45 Abb., DM 26,—
5. PETER AX und KARL SCHILKE, *Karkinorhynchus tetraganthus* nov. spec., ein Schizorhynchier mit zweigeteilten Rüsselhaken (Turbellaria, Kalyp-torhynchia). 10 S., 2 Abb., DM 6,80
6. WILFRIED WESTHEIDE, *Apharyngtus punicus* nov. gen. nov. spec., ein aberranter Archiannelide aus dem Mesopsammal der tunesischen Mittelmeerküste. 19 S. mit 10 Abb., DM 8,—
7. SIEGMAR HOXHOLD, Eigelbe interstitieller Kalyp-torhynchier (Turbellaria) von der deutschen Nordseeküste. 43 S. mit 24 Abb., DM 13,—
8. PETER AX, Neue interstitielle Macrostomida (Turbellaria) der Gattungen *Acanthomacrostomum* und *Haplopharynx*, 14 S. mit 5 Abb., DM 6,20
9. ULRIKE MÜLLER und PETER AX, *Gnathostomula* von der Nordseeinsel Sylt mit Beobachtungen zur Lebensweise und Entwicklung von *Gnathostomula paradoxa* Ax, 41 Seiten, 15 Abbildungen, 13,— DM

1972

10. PETER SCHMIDT, Zonierung und jahreszeitliche Fluktuationen des Mesopsammons im Sandstrand von Schilksee (Kieler Bucht). 60 S. mit 49 Abb., DM 18,—
11. ULRICH EHLERS, Systematisch-phylogenetische Untersuchungen an der Familie Solenopharyngidae (Turbellaria, Neorhabdocoela). 77 S. mit 25 Abb. DM 20,—
12. PETER SCHMIDT, Zonierung und jahreszeitliche Fluktuationen der interstitiellen Fauna in Sandstränden des Gebiets von Tromsø (Norwegen). 86 S. mit 76 Abb., DM 26,—
13. BEATE SOPOTT, Systematik und Ökologie von Proseriaten (Turbellaria) der deutschen Nordseeküste, 72 Seiten, 33 Abb., 18,— DM

1973

14. WILFRIED WESTHEIDE, Zwei neue interstitielle *Microphthalmus*-Arten (Polychaeta) von den Bermudas. 16 Seiten. 4 Abb., 6,20 DM.
15. BEATE SOPOTT, Jahreszeitliche Verteilung und Lebenszyklen der Proseriata (Turbellaria) eines Sandstrandes der Nordseeinsel Sylt. 106 Seiten, 91 Abb., 28,— DM.
16. TOR G. KARLING, Anatomy and Taxonomy of a New Otoplanid (Turbellaria, Proseriata) from South Georgia 11 Seiten, 3 Abb., 4,80 DM
17. WOLFGANG MIELKE, Zwei neue Harpacticoida (Crustacea) aus dem Eulitoral der Nordseeinsel Sylt. 14 Seiten mit 6 Abb., DM 8,20
18. EIKE HARTWIG, Die Cilien des Gezeiten-Sandstrandes der Nordseeinsel Sylt. I. Systematik. 69 Seiten mit 20 Abb., 24,— DM
19. ULRICH EHLERS, Zur Populationsstruktur interstitieller Typhloplanoida und Dalyellioida (Turbellaria, Neorhabdocoela). 105 Seiten mit 89 Abb. 32,— DM

TROPISCHE UND SUBTROPISCHE PFLANZENWELT

1973

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 (1. Mitteilung). 37 S. mit 20 Abb., DM 12,—
4. RAINER SCHILL, WILHELM BARTHOLOTT, NESTA EHLER, WERNER RAUH, Raster-elektronen-mikroskopische Untersuchungen an Cactaceen-Epidermen und ihre Bedeutung für die Systematik. 14 S. mit 21 Abb., DM 5,80
5. WERNER RAUH, *Solanopteris Bismarckii* RAUH 38 S., DM 12,—
6. RAINER SCHILL, WILHELM BARTHOLOTT, und NESTA EHLER, Mikromorphologie der Cactaceen-Dornen. 23 S. u. 9 Tafeln, DM 12,80