

**MITTEILUNGEN
DER
ÖSTERREICHISCHEN
BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

Heft 39

Wien 1989

**MITTEILUNGEN
DER
ÖSTERREICHISCHEN
BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

Heft 39

Wien 1989

Eigentümer, Herausgeber und Verleger:
Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft
Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

Schriftleitung und für den Inhalt verantwortlich:
Dr. M. Eisenhaut und Dr. O. Nestroy

Druck: RM – Druck- & Verlagsgesellschaft m.b.H., Graz

**Gefördert durch das Bundesministerium
für Wissenschaft und Forschung in Wien**

ISSN 0029-893 X

Dieses Heft der Mitteilungen der Österreichischen
Bodenkundlichen Gesellschaft ist dem Gedenken an
Prof. Dr. Walter KUBIENA gewidmet.

Heft 39
Wien 1989

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
E. MÜCKENHAUSEN: Curriculum vitae von Professor Dr. W. KUBIENA	7
F. BLÜMEL: Der wissenschaftliche Nachlaß nach Walter L. KUBIENA	25
E. MÜCKENHAUSEN, S. STEPHAN und K. ZIMMERMANN: Rotlehme und Rotlehmsedimente, Tirsoide Böden und Kalkkrusten ..	29
G. STOOPS: Die Bedeutung der Mikro-Morphologie in der Bodenkunde	69
Walter-Kubiena-Preis	93
Publikationen der Gesellschaft	94

C U R R I C U L U M V I T A E

von Professor Dr. W. KUBIENA

Zusammengestellt von E. Mückenhausen

- 1922 - 33: Studium an der Hochschule für Bodenkultur (Landwirtschaft).
1927-29: Universität Wien (Geologie)
1932-33: Rutgers's Universität in New Brunswick, N.J., USA (Mikrobiologie)
Ingenieurdiplom der Hochschule für Bodenkultur 1927
- 1927: Hilfsassistent an der Hochschule für Bodenkultur
- 1928: a.o. Assistent
- 1931: Venia legendi mit Zulassung als Privatdozent für Bodenkunde, zugleich ord. Assistent an der Hochschule für Bodenkultur
- 1932: Cook-Voorhees-Fellowship der Rutgers's Universität in New Brunswick, N.J., verbunden mit der Gewährung eines einjährigen Studienaufenthaltes in USA.
- 1932 - 33: Gast bei Professor S.A. Waksman (Nobelpreisträger) an der New Jersey Experiment Station New Brunswick, N.J., USA.
- 1935: Gast bei Professor Demolon am Centre National de Recherches Agronomiques in Versailles
- 1937: Ernennung zum tit. a.o. Professor der Hochschule für Bodenkultur
- 1937 - 38: Gastprofessor für Bodenmorphologie und Bodenmikroskopie am Iowa State College in Ames, Iowa, USA.

- 1938: Vertretungsweise Leitung der Lehrkanzel für Geologie und Bodenkunde an der Hochschule für Bodenkultur in Wien
- 1941: am 26. März Direktor des Institutes für Geologie allgemeine und landwirtschaftliche Bodenkunde an der Hochschule für Bodenkultur
- 1943: Gastprofessor am Consejo Superior de Investigaciones Cientificas in Madrid, Spanien
- 1944: Errichtung einer Forschungsstelle für alpine Bodenkunde in Weng bei Admont, Steiermark
- 1947: Die Forschungsstelle für alpine Bodenkunde in Weng wird dem Bundesinstitut für Kulturtechnik und technische Bodenkunde Petzenkirchen angeschlossen
- 1948: Vorstand der Abteilung für Bodenkunde an der Bundesforschungsanstalt für alpine Landwirtschaft in Admont
- 1949: Ernennung zum Ehrenrat des Obersten Spanischen Forschungsrates und Berufung als Gastprofessor nach Madrid
- 1950: Ehrenmitglied der Spanischen Gesellschaft für Bodenkunde
- 1950 - 55: Gastprofessor des Consejo Superior de Investigaciones Cientificas in Madrid
- 1952: Korrespondierendes Mitglied der Forschungsanstalt Braunschweig-Völkenrode

- 1954: Gründung einer Sektion für Boden Bodenmorphologie und Bodensystematik am C.S.I.C. in Madrid
- 1954: Verleihung des Justus-von-Liebig-Preises der Stiftung F.V.S. Hamburg
- 1954: Auswärtiges Mitglied der Königl. Akademie der Wissenschaften in Madrid
- 1955: Hon.-Professor für Bodenkunde an der Universität Hamburg, zugleich Ausbau einer Forschungsabteilung für Bodenkunde (mit Spezialisierung für Tropenböden) an der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Reinbek bei Hamburg
- 1957: Gastprofessor der Purdue Universität, Lafayette, und der Universität von Kalifornien, Berkeley, USA.
- 1963: Mitglied der Akademie für Naturforscher, Leopoldina
- 1970: 28. Dezember verstorben.

Forschungsreisen

- 1916 - 18: West-Ost-Durchquerung von Rußland und Sibirien bis Wladiwostok als Kriegsgefangener, freie Rückkehr über Mandschurei, Hong-Kong, Singapore, Colombo, Port-Said, Triest. (Diese Reise konnte wissenschaftlich ausgewertet werden.)
- 1932: (mit Dr.C.F. Marbut, Chef des US Soil Service:) Maryland, West-Virginia, Delaware
- 1933: Iowa, Nord Dakota, Montana, Yellowstone, Nordamerikanisches Seengebiet

- 1935: Ost-Schweiz. Mittleres Frankreich
- 1937: (mit Professor J.B. Peterson:) Wisconsin, Minnesota,
Rocky Mountains, Utah, Nevada, Kalifornien, Arizona,
Texas, nördliches Mexiko
- 1938: Finnland, Petsamo, finnisches Eismeer und Eismeer-
inseln
- 1939: Nord-Wales, Snowden Mountains, Anglesy, Mittel- und
Nord-Irland, Ciant's Causeway
- 1943: Zentralspanien
- 1944: Ungarn, Jugoslawien, Griechenland, Bulgarien, Kreta
- 1949: Nordspanien
- 1950: Levante, Mittel- und Südspanien
- 1951: Kanarische Inseln, Fernando Póo, Spanisch Guinea
- April 1952: Belgien (auf Einladung der Bodenkartierung Belgiens)
- Mai-Juni 1952: England, Schottland, Shetlandinseln (auf Einladung des
British Research Council)
- Aug.-Okt. 1952: Algerien, West-Sahara (Gebirge von Ougarta, Westl.
Großes Erg), Zentral-Sahara (Ahaggar mit Atakor)
- Mai 1953: Pennine Chains, England
- Juni-Juli 1953: (mit Professor Zeuner:) Aragonien, Katalanien,
Andalusien, Spanisch Marokko

Herbst 1953: Sizilien, Liparische Inseln, Calabrien, Campanien,
Latium, Toscana und Ligurischer Appenin

Sommer/Herbst 1954: Nord-Süd-Durchquerung von Afrika über Kano-Leo-
poldville-Stanleyville-Elisabethville-JohannesburgKap-
stadt. Rückreise über Port Elisabeth-East-London -
Durham - Pretoria-Krüger Park - Joahannesburg-Living-
stone-Nairobi-Khartum-Kairo-Rom

April-Mai 1955: Cambridgeshire, Norfolk, Suffolk, Nottinghamshire,
Oxfordshire, Dorset, Devon, Cornwall

Dez. 1955: Spanisch Guinea, Fernando Pòo (Besteigung des Pico de
Santa Isabel)

Aug.-Sept. 1956: Französisches Zentralmassiv und Aquitanien

1957: Indiana, Illinois, Kalifornien (als Gastprofessor)

Sept. 1958: Azoren

Sept. 1959: Pyrenäen

1960: Forschungsarbeiten in Liberia. Bereisung Kap Verde
Inseln

1961: Forschungsreisen in Columbien, Ecuador, Honduras

1962: Forschungsarbeiten in Togo, Bereisung von Fernando Póo
und Annobón (Golf von Guinea), Südindien, Ceylon, Neu-
seeland und Hawaii

Biographische Literatur

- 1954: Gedenkschrift für Professor Dr. W. Kubiena zur Ver-
 leihung des Justus von Liebig-Preises.

Zusammenstellung der Veröffentlichungen von Walter L. KUBIENA

Buchveröffentlichungen:

- 1938: Micropedology, Collegiate Press, Ames, Iowa, 243 pp.
- 1944: Suelo y Formación del Suelo desde el Punto de Vista
 Biológico. Consejo Superior de Investigaciones Cientí-
 ficas, Madrid, 58 pp.
- 1948: Entwicklungslehre des Bodens. Springer, Wien, 215 pp.
- 1952: Claves Sistemáticas de Suelos. Consejo Superior de
 Investigaciones Científicas, Madrid, 388 pp.
- 1953: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas.
 Enke, Stuttgart, 392 pp.
- 1953: The Soils of Europe. Murby, London, 317 pp.
- 1967: Die Mikromorphometrische Bodenanalyse (Herausgegeben
 von W.L. Kubiena). Enke, Stuttgart, 196 pp.
- 1970: Micromorphological features of soil geographic.
 Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey.

Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften und kleinere selbständige Publikationen:

- 1927: Pedologische Gliederung des Oberösterreichischen Seenvorlandes. Dissertation, Hochschule für Bodenkultur, Wien.
- 1928: Boden und Bodenbildung glazialer Moränen und Schottergebiete. Fortschrittsber. Landwirtsch., 3 (16): 1-17.
- 1928: Bodentypenkarte des Bauernkammerbezirkes Haag, Nieder-Österreich, 1:25.000 (in Zusammenarbeit mit A. Till).
- 1929: Bodentypenkarte des Bauernkammerbezirkes Langenlois, Nieder-Österreich, 1:50.000 (in Zusammenarbeit mit A. Till und O. Lintschinger).
- 1929: Sind unsere österreichischen Böden für die Kalkstickstoffdüngung geeignet? Z. Wiener Landwirtsch., 44: 3-7.
- 1929: Verfahren zur abgekürzten mechanischen Bodenanalyse mit einfachen Behelfen. Fortschrittsber. Landwirtsch., 19.
- 1929: Katalysatorenarmut und Bakteriengehalt des Bodens in Bezug zur Düngewirkung des Kalkstickstoffs. Fortschrittsber. Landwirtsch., 19: 617-638.
- 1930: Durch Sibirien und die englischen Kolonien Südasiens. Mitt. Klubs Land-Forstwirtsch., 6.
- 1930: Düngungsversuche mit einem gekörnten Kalkstickstoff. Pflanzenbau, 6 (6).

- 1930: Merkmale der Kalkbedürftigkeit des Bodens. Landwirtschaft, 10: 400.
- 1931: Mikropedologische Studien. Arch. Pflanzenbau, 5 (4): 613-648.
- 1932: Mikropedologie. Biol. Generalis, 8.
- 1932: Über Fruchtkörperbildung und engere Standortwahl von Pilzen in Bodenhohlräumen. Arch. Mikrobil., 3 (4): 507-542.
- 1932: Ein Bodenmikroskop für Freiland- und Laboratoriumsgebrauch. Bodenk. Forsch., 3 (2): 92-102.
- 1933: Mikropedologische Untersuchungen über Kristallneubildung in Bodenhohlräumen. Z. Pflanzenernährg., Düng., Bodenk., 31 (4/6): 255-278.
- 1934: Mikropedologische Methoden. In: O. Lemmermann und L. Fresenius (Herausgeber), Methoden für die Untersuchung des Bodens, 2 (3): 8.
- 1935: Über das Elementargefüge des Bodens. Bodenk. Forsch., 4 (4): 380-412.
- 1936: Beiträge zur Kenntnis des Gefüges kohärenter Bodenmassen. Z. Bodenk. Pflanzenernähr., 2/47 (1/2): 1-23.
- 1937: Die direkte mikroskopische Bodenuntersuchung. Ernähr. Pflanze, 33 (4): 61-65.
- 1937: Verfahren zur Herstellung von Dünnschliffen von Böden in ungestörter Lagerung. Zeiss-Nachr., 2/3: 1-11.

- 1938: Aufgaben der mikroskopischen Bodenkunde. Forschungs-
dienst, Sonderheft, 11: 104-111.
- 1941: Die Dünnschlifftechnik in der Bodenuntersuchung. For-
schungsdienst, Sonderheft, 16: 91-97.
- 1941: Die mikroskopische Humusuntersuchung. Forschungs-
dienst, Sonderheft, 17.
- 1941: Übersichtskarte der Bodentypen von Südosteuropa
1:1.000.000. Arbeitsgemeinschaft für Raumforschung,
Akademie der Wissenschaften, Wien.
- 1941: Die Bodentypenlehre und ihre praktische Bedeutung. Z.
Wiener Landwirtsch., 48, 40, 51.
- 1943: Die mikroskopische Humusuntersuchung. Z. Weltforst-
wirtsch., 10 (9): 387-395, (10): 396-410.
- 1943: Beiträge zur Bodenentwicklungslehre: Entwicklung und
Systematik der Rendzinen. Bodenk. Pflanzenernähr., 29:
108-119.
- 1943: Inhalt und Aufgaben der Bodenkunde als Naturwissen-
schaft. Mitt. Geograph. Ges. (Wien), 86: 305-318.
- 1943: Gefügeuntersuchungen an tropischen und subtropischen
Rotlehm. Beitr. Kolonialforsch., 3: 48-58.
- 1944: Wesen und Formen der Erodierbarkeit. Institut für Geo-
logie und Bodenkunde, Hochschule für Bodenkultur, Wien
(vervielfältigtes Manuskript).

- 1944: Beiträge zur Bodenentwicklungslehre: Der Kalksteinbraunlehm (Terra fusca) als Glied der Entwicklungsserie der mitteleuropäischen Rendzina. Bodenk., Pflanzenernähr., 35: 22-45.
- 1944: Beiträge zur Bodenentwicklungslehre: Humussilikatboden (Ranker) und Pararendsina, Bodenk. Forsch. (Manuskript).
- 1944: Bodentypenkarte von Wien und Umgebung 1:75.000 (vervielfältigtes Manuskript).
- 1945: Beiträge zur Bodenentwicklungslehre: Bildung und entwicklungsgeschichtliche Stellung der Terra rossa. Institut für Geologie und Bodenkunde, Hochschule für Bodenkultur, Wien (vervielfältigtes Manuskript).
- 1945: Wesen und Metamorphose der Humusbildung. Außenstelle für alpine Bodenforschung, Weng (vervielfältigtes Manuskript).
- 1945: Bodentypenkarte von Niederösterreich 1:500.000 (Manuskript).
- 1946: Bodentypenkarte von Kärnten 1:400.000 (Manuskript).
- 1947: Bodentypenkarte von Österreich 1:1.000.000 (Manuskript).
- 1947: Die Lokalformenkartierung. Österreich. Bodenkartierung (vervielfältigtes Manuskript).
- 1948: Bodentypenkarte der Steiermark 1:200.000 (Manuskript).
- 1948: Wesen und Formen der Humusbildung. Mitt. Naturw. Vereins Steiermark, 77/78: 1-2.

- 1949: Die wichtigsten Bodentypen Österreichs. Arbeitsgemeinschaft für Bodenkartierung. Wien.
- 1949: Der Entwicklungsgedanke in der Bodenkunde (eine richtigstellung). Bodenkultur, 3 (4): 554-558.
- 1950: Para la terminologia actual de la denominación de horizontes en el perfil der suelo. Anales Edafol. Fisiol. Vegetal (Madrid), 9 (2): 117-128.
- 1950: Zur Mikromorphologie der braunen und roten Tropenböden. Trans. Intern. Congr. Soil Sci., 4th, Amsterdam 1950, 1: 304-307.
- 1951: Bodenkartierung und Landwirtschaft. Denkschrift über die Aufgabe und den Wert der Bodenkartierung im Dienste der praktischen Landwirtschaft. Bundesanstalt für Alpine Landwirtsch., Admont (Wien), 5: 27-42.
- 1953: La cartografía de suelos y la agricultura. Anales Edafol. Fisiol. Vegetal (Madrid), 12 (6): 529-549.
- 1953: Pour la reconnaissance des formes d'altération primaire et secondaire dans les sédiments désertiques. Congr. Géol. Intern., Compt. Rend., 19e, Alger, 1952, pp. 85-89.
- 1953: Die Böden der Steiermark (mit einer Bodenkarte). In: Heimatatlas der Steiermark, Graz.
- 1953: La edafología en el 19. Congreso internacional de geología. Anales Edafol. Fisiol. Vegetal (Madrid), 12 (2): 183-190.
- 1954: Zur Methodik der Paläopedologie. Congr. Intern. Assoc. Quaternaire Intern., Compt. Rend., 4e, Rome, 1954.

- 1954: Sobre el método de la paleodafología. Anales Edafol. Fisiol. Vegetal (Madrid), 13 (7/8): 523-543.
- 1954: Atlas de perfiles de suelos. Consejo Superior de Investigaciones Cientificas, Inst. Edafol. Fisiol. Vegetal, Madrid.
- 1954: Micromorphology of laterite formation in Rio Muni (Spanish Guinea). Trans. Intern. Congr. Soil Sci., 5th. Léopoldville, 1954, 4: 77-84.
- 1954: Neue Wege und Ziele der allgemeinen und angewandten Bodenkunde. Gedenkschrift zur Verleihung des Justus von Liebig-Preises 1954 der Gemeinnützigen Stiftung F.v.S., Hamburg, pp. 11-25.
- 1954: Über Reliktböden in Spanien - Angewandte Pflanzensoziologie. Kärntner Landesinstitute für angewandte Pflanzensoziologie (Klagenfurt), Festschr. Aichinger, 1: 213-224.
- 1955: Über die Braunlehmrelikte des Atakor (Hoggar-Gebirge, Zentral-Sahara). Erdkunde (Bonn), 9 (2): 115-132.
- 1955: Les sols des territoires espagnols du Golfe de Guinée. Réunion du Comité Régional de l'Afrique Centrale pour la Conservation et l'Utilisation des Sols, 3ème, Fernando Poo, 1955, pp. 43-55.
- 1955: La eficacia de la actividad de la fauna del suelo desde el punto de vista edafológico. Anales Edafol. Fisiol. Vegetol (Madrid), 14 (11): 601-622.

- 1955: Animal activity in soils as a decisive factor in establishment of humus forms. In: D.K.Mc.E. Kevan (Editor), Soil Zoology, Butterworth, London, pp. 73-82.
- 1955: Die Bedeutung des Begriffes "Humusform" für die Bodenkunde und Humusforschung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk., 69: 3-15.
- 1956: Zur Mikromorphologie, Systematik und Entwicklung der rezenten und fossilen Lössböden. Eiszeitalter Gegenwart, 7: 102-112.
- 1956: Materialien zur Geschichte der Bodenbildung auf den Westkanaren (unter Einschluß von Gran Canaria). Congr. Intern. Sci. Sol, Compt. Rend., 6e, Paris, 1956, pp. 241-246.
- 1956: Rubifizierung und Laterisierung (zu ihrer Unterscheidung durch mikromorphologische Merkmale). Congr. Intern. Sci. Sol, Compt. Rend., 6e, Paris, 1956, pp. 247-249.
- 1956: Kurze Übersicht über die wichtigsten Formen der Bodenbildung in Spanien (mit einer Bodentypenkarte). Geobotan. Inst. Rübel, Zürich, 31: 23-31.
- 1957: Neue Beiträge zur Kenntnis des planetarischen und hypsometrischen Formenwandels der Böden Afrikas. In: Hermann Lautensach-Festschrift, Stuttgarter Geograph. Studien, 69: 50-64.
- 1958: Los suelos de los territorios Espanoles del Golfo de Guinea. Arch. Inst. Estud. African. (Madrid), 10 (46): 65-75.

- 1958: The classification of soils. J. Soil Sci., 9 (1): 9-19.
- 1959: Prinzipien und Methodik der paläopedologischen Forschung im Dienste der Stratigraphie. Z. Deut. Geol. Ges., 111 (3): 643-652.
- 1960: Untersuchungen über die Dynamik und Systematik von Tropenböden (vervielfältigtes Manuskript).
- 1961: Bodenbiologie und Bodenkunde. Pedobiologia, 1 (1): 3-5.
- 1961: Paleosoils as indicators of paleoclimates. In: Changes of Climate - Proc. Symp. UNESCO-W.M.O., Rome, 1963, pp. 207-209.
- 1961: Structure and genesis of tropical soils. Germany, 24: 53-55.
- 1962: Bodenkunde. In: Deutsche Afrikawissenschaft, Stand und Aufgaben, H. Abel, Köln, pp. 7-17.
- 1962: Wesen, Ziele und Anwendungsgebiete der mikromorphologischen Bodenforschung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk., 97: 193-205.
- 1962: Die taxonomische Bedeutung der Art und Ausbildung von Eisenoxydhydratmineralien in Tropenböden. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk., 98: 205-214.
- 1962: Gedanken zu einer universellen Systematik der Moorenbildungen. Ber. Intern. Kongr. Universelle Moor- Torfforschung, 8., Bremen 1962, pp. 43-46.

- 1962: Die Böden des mediterranen Raumes. Kalium Symp. Athen, Intern. Kali-Inst., Bern, 1962, pp. 167-190.
- 1963: Schwere Böden der Tropen und Subtropen. Mitt. Deut. Bodenk. Ges., 1: 9-17.
- 1964: Zur Mikromorphologie und Mikromorphogenese der Lössböden Neuseelands. In: A. Jongerius (Editor), Soil Micromorphology. Elsevier, Amsterdam, pp. 219-235.
- 1964: The role and mission of micromorphology and microscopie biology in modern soil science. In: A. Jongerius (Editor), Soil Micromorphology. Elsevier, Amsterdam, pp. 1-13.
- 1964: Die Genese lateritischer Profile als bodenkundliches Problem. In: Itabiritische und lateritische Eisenerze in der Welt und ihre Genese. Schriften Ges. Deut. Metallhütten- und Bergleute, 14: 79-84.
- 1964: Bodenkunde und Planung der Bodennutzung in den Tropen. Holz-Zentr. (Stuttgart), 104: 1709.
- 1965: Hamburgs Beitrag zur bodenkundlichen Forschung in Afrika. Mitt. Geograph. Ges. (Hamburg), 56: 57-70.
- 1967: Mikromorphologie und Mikromorphometrie. In: W.L. Kubiena (Herausgeber). Die Mikromorphometrische Bodenanalyse. Enke, Stuttgart, pp. 4-18.
- 1967: Einfluss des Bodens auf die Intensität der Ausbreitung und Entwicklung von Pflanzenseuchen in den Tropen. In: W.L. Kubiena (Herausgeber). Die Mikromorphometrische Bodenanalyse. Enke, Stuttgart, pp. 119-134.

- 1967: On the hypsometric change of morphology and micro-morphology of terrestrial soils. *Anales Edafol. Agrobiol.* (Madrid), 26: 499-524.
- 1971: Ergebnisse einer bodenkundlichen Studienreise in die Antarktis. *Hamburger Geograph. Studien*, H. 24.

Veröffentlichungen mit anderen Autoren zusammen:

- 1935: Kubiena, W.L. and Renn, C. Micropedological studies on the influence of different organic compounds upon the microflora of the soil. *Zentr. Bakteriolog. Parasitenk., Abt. II*, 91: 267-292.
- 1961: Kubiena, W.L., Beckmann, W. und Geyger, E. Zur Methodik der photogrammetrischen Strukturanalyse des Bodens. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk.*, 91 (2): 116-126.
- 1961: Kubiena, W.L., Beckmann, W. und Geyger, E. Die Verwendung des Tischprojektors TP 200 für die Strukturanalyse des Bodens. *Leitz-Mitt. Wiss. Techn.*, 2 (1): 7-10.
- 1962: Kubiena, W.L., Beckmann, W. und Geyger, E. Zur Untersuchung der Feinstruktur von Bodenaggregaten mit Hilfe von Strukturphotogrammen. *Zeiss-Mitt.*, 2 (7): 256-273.
- 1963: Kubiena, W.L., Beckmann, W. und Geyter, E. Mikromorphometrische Untersuchungen an Hohlräumen im Boden. *Anales Edafol. Agrobiol.* (Madrid), 22 /11/12): 551-567.

- 1964: Kubiena W., Beckmann, W. und Geyger, E. Verbesserung der Herstellung von Bodendünnschliffen durch eine neue Schleif-, Reinigungs- und Poliermaschine. Neth. J. Agr. Sci., 12 (2): 156-159.
- 1958: Aichinger, E. und Kubiena, W.L. Boden- und vegetationskundliche Einführung zur Frühjahrstagung der Arbeitsgemeinschaft "Naturnahe Waldwirtschaft" in Klagenfurt, 37 pp. (vervielfältigtes Manuskript).
- 1958: Rone, G. (mit Beitr. u.a. von W.L. Kubiena). Boden- zoologische Untersuchungen von Stickstoff-Meliorationsflächen im Bayerischen Staatsforstamt Schwabach (Mittelfranken), "Auswertungen von Düngungs- und Meliorationsversuchen in der Forstwirtschaft", Ruhrstickstoff-AG. pp.49-127.
- 1959: Aichinger, E. und Kubiena, W.L. Boden- und Vegetationsentwicklung einiger Kärntner Fichtenwälder. Carinthia II. Mitt. Naturwiss. Vereins Kärnten, 69: 36 pp.
- 1965: Rademacher, B. (mit Beitr. u.a. von W.L. Kubiena). Die Produktion pflanzlicher Nahrungsstoffe. Stand der Forschung und Ausblicke. Nova Acta Leopoldina, Sonderabdruck, 30 (173): 189-198.

Der wissenschaftliche Nachlaß nach
Univ.-Prof., Prof. hc., Dr. hc., Dipl.-Ing. Dr. W. L. KUBIENA

von F. BLÜMEL

Prof. W. L. KUBIENA verlegte seinen Arbeitsplatz, nachdem er im Mai 1966 als Abteilungsleiter für Bodenkunde und Forstökologie sowie als Honorarprofessor für Bodenkunde der Universität Hamburg in den Ruhestand trat, nach Kärnten in die Ortschaft Ehrental, Österreich.

Hier arbeitete er als freier Wissenschaftler und beschäftigte sich u.a. mit der Mikromorphologie alpiner Böden. Ein diesbezüglicher Forschungsauftrag wurde vom Österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft bewilligt. Leider war ihm die Zeit nicht mehr gegönnt, diese Arbeiten durchzuführen. Seine Frau, Dipl.-Ing. G. KUBIENA und Frau Dipl.-Ing. GRADENEGGER arbeiteten noch bis zum tragischen Ableben Frau KUBIENAS weiter und sichteten vor allem das wissenschaftliche Material, welches Prof. KUBIENA nach Ehrental mitgenommen hat.

Nach dem Tod Frau KUBIENAS wurde ich von verschiedenen Persönlichkeiten und amtlichen Stellen ersucht, den in der Landwirtschaftlichen Schule in Ehrental befindlichen Nachlaß in Österreich sinnvoll und zum Nutzen der Bodenkunde sowie der an der Bodenkunde interessierten Fachwelt, vor allem der fachlich interessierten Jugend, unterzubringen.

Nach mehreren Verhandlungen und Vorsprachen mit maßgebenden Herren der Universitäten bat ich den damaligen Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Herrn Ökonomierat Dipl.-Ing. WEIHS um Rat.

Er entschied sich für die Unterbringung des Nachlasses in der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in Petzenkirchen, um so eher, als Prof. KUBIENA in den Jahren 1944 bis 1947 in Weng bei Admont in der Steiermark eine Forschungsstelle für alpine Bodenkunde betreute, die dem damaligen Bundesinstitut für Kulturtechnik und technische Bodenkunde angeschlossen war. Herr Minister WEIHS und sein Nachfolger ersuchten mich, vor allem die fachlichen Unterlagen des Nachlasses der Fachwelt zur Verfügung zu stellen.

Über Intervention des Herrn Bundesministers übernahm die Republik Österreich im Jahre 1975 den damals in Ehrental liegenden Nachlaß nach Herrn Prof. KUBIENA bzw. nach Frau Dipl.-Ing. G. KUBIENA. Die Übernahme wurde mit den Erben in Form eines Rechtsvertrages festgelegt. Das Bundesversuchsinstitut inventarisierte den gesamten in Ehrental sich befindenden Nachlaß. Dieser enthält im wesentlichen Folgendes:

1. ca. 2.800 Boden- (Rahmen-) und Gesteinsproben
2. über 2.300 Boden- und Gesteinsdünnschliffe
3. gegen 600 Bücher
4. ca. 3.400 Sonderdrucke und ca. 600 Broschüren sowie
5. über 200 Mappen mit je 10 bis 50 Schriftstücken.

Über Aufforderung der Erben sowie über Anregung in- und ausländischer offizieller Stellen und Fachpersönlichkeiten und als Schüler Prof. KUBIENAS sichtete ich den wissenschaftlichen Teil des Nachlasses.

Von besonderem Interesse erschien für die fachliche Nachwelt der Inhalt der Mappen, die verschiedenste Schriftstücke enthielten. War doch anzunehmen, ein Teil dieser Schriften umfaßt das fachliche Gedankengut KUBIENAS, welches noch nicht veröffentlicht worden war

und Fachkollegen als Unterlage bzw. als Anstoß zu weiteren Arbeiten dienen könnte. Die große Anzahl von Konzepten, Manuskripten, Notizen, Briefen u.a. hat persönlichen, organisatorischen, aber auch fachlichen Inhalt.

Fachkonzepte bzw. -manuskripte wurden, so gut es möglich war, stichwortartig gekennzeichnet.

In diesen Fachschriften hat W. L. KUBIENA nicht nur bodenmorphologische, genetische Erkenntnisse, sondern auch regionale bodenkundliche Erhebungen dargelegt. Er befaßte sich auch mit der vergleichenden Bodenkunde (z.B. Rendzinen in der Antarktis und in den Alpen Mitteleuropas u.a.). Aber auch analytische (chemische, physikalische) Untersuchungsergebnisse über Böden von ihm und seinen Mitarbeitern bzw. von Fachkollegen anderer Gebiete (Geologen, Zoologen usw.) liegen vor. Auch Ergebnisse über Humusforschungen befanden sich im Nachlaß. Einen breiten Rahmen nahmen mikromorphologische und mikromorphometrische Untersuchungsergebnisse ein. Immer wieder stellte KUBIENA jedoch in diesen Schriften die Erfassung der Böden im Raum in den Vordergrund.

Es gibt kaum ein Fachgebiet der Bodenkunde, welches in diesen Papieren nicht vorkommt.

Letztendlich sind auch Notizen, Zeitungsartikel u.a. vorhanden, die auf Kunst, Ethnologie, Ethik, Erosion u.a. Bezug haben.

Außer den zahlreichen Schriften in den angeführten Mappen gibt es noch ein Manuskript über "Die Grundzüge der Geopedologie und des mikromorphologischen Formenwandel der Böden" in deutscher Sprache. Aus diesem Buch und unter Verwendung einiger anderer Schriften W. L. KUBIENAS, die in den bezeichneten Mappen enthalten waren, haben Doz. Dipl.-Ing. Dr. F. SOLAR und ich über Intervention der Erben und nach Einholung von Ratschlägen einiger Fachexperten ein Buch W. L. KUBIENAS mit dem Titel "Grundzüge der Geopedologie und der Formenwandel der Böden" herausgegeben.

Der Inhalt der Schriften in den Mappen sowie jener des Buches bekunden das umfassende Schaffen W. L. KUBIENAS für die Bodenkunde, welches er auf breiter naturwissenschaftlicher Basis aufbaute. Dies war ihm kraft seines umfassenden Wissens, welches weit über die Bodenkunde hinausging, möglich.

Anschrift des Verfassers:

Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Franz BLÜMEL

Dir. i.R. der Bundesanstalt für Kultur-
technik und Bodenwasserhaushalt

A-3252 Petzenkirchen NÖ

Der Nachlaß von Prof. W. L. KUBIENA wurde in dankenswerter Weise von Dipl.-Ing. Dr. F. BLÜMEL nach Mappen geordnet und zusammengefaßt.

Interessenten an diesen Arbeiten mögen sich an die Schriftleitung der Zeitschrift wenden.

Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges., H.39, S.29-67, 1989

**Rotlehme und Rotlehm-Sedimente, Tirsoide Böden
und Kalkkrusten**

Zum Gedenken an Professor

Dr. Dr. h.c. Walter Ludwig KUBIENA

unter Verwendung von Berichten aus seinem
wissenschaftlichen Nachlaß

von E. Mückenhausen, S. Stephan und K. Zimmermann

ZUSAMMENFASSUNG

Professor Dr. Dr. h.c. W. L. KUBIENA hinterließ einen wissenschaftlich wertvollen Nachlaß, der von Dr. F. BLÜMEL nach fachlichen Themen geordnet wurde. Die österreichischen Bodenkundler beschlossen, das noch nicht publizierte wissenschaftliche Material von Prof. KUBIENA bekannt zu geben, indem interessierte Fachleute diesen wissenschaftlichen Nachlaß mit eigenen Forschungsergebnissen verbinden und veröffentlichen. Die drei Autoren der vorliegenden Arbeit haben einen Teil dieser Aufgabe übernommen, nämlich Themen, zu denen sie eigene Beobachtungen und Forschungen beitragen und mit KUBIENAS Gedankengut verbinden konnten. Das waren folgende drei Themen:

1. Entstehung, Umlagerung (Bodensedimente), Verbreitung und Mikromorphologie der Rotlehme als sehr wichtige Böden der Tropen und Subtropen, wobei das Braunlehm-Konzept KUBIENAS gleichsam ein Schlüssel zur Genese der großen Gruppe "Lehme" darstellt. Nach der FAO-Karte gehören diese Böden zu den Acrisols und Nitosols.
2. Tirse und Tirsoide Böden waren immer schwierig zu deuten und einzugliedern in die Bodenklassifikationssysteme. Ihre spezielle Humusart gibt klare Hinweise auf ein Entstehungsmilieu, das zeitweise naß und zeitweise trocken war. Es sind Böden, die im süd-mediterranen und subtropischen Klima, aber auch in Randgebieten des Tschernosems und anderer Steppenböden auftreten. Nach der FAO-Karte gehören die weniger tonigen zu den Phaeozems und die tonigen zu den Pellic Vertisols.
3. Die vielseitig entstandenen Kalkkrustenböden wurden von KUBIENA in verschiedenen Teilen der Erde erforscht. Ein wesentlicher Beitrag konnte zur Entstehung und Mikromorphologie der Kalkkrusten der Westsahara von K. ZIMMERMANN erbracht werden. Nach der FAO-Karte gehören die Kalkkrustenböden zu den Calcic Xerosols oder Calcic Yermosols.

Arbeiten der vorstehenden Art sollen den wissenschaftlichen Nachlaß von Prof. KUBIENA auswerten und bekannt machen, aber auch Anregungen geben, das spezielle Gedankengut von KUBIENA wach zu halten und auszubauen.

ABSTRACT

Professor Dr. Dr. h.c. W. L. KUBIENA had left an important scientific estate, and this was filed after scientific topics by Dr. F. BLÜMEL. The Austrian soil scientists decided to acquaint with the unpublished scientific material from Prof. KUBIENA editing papers of interested soil scientists which combine own observations with the scientific

ideas of Prof. KUBIENA. The three authors of the present paper have taken over this task with reference to the following three topics:

1. Formation, movement (soil sediments), distribution and micro-morphology of Rotlehm soils as very important soils of the tropics and subtropics. Prof. KUBIENA introduced his Braunlehm conception as a key of the genesis of all those soils which now belong to the Acrisols and Nitosols in the FAO soil map of the world.
2. Tirs and Tiroid Soils were always difficult to interpret and to insert into the systems of the soil classification. Their special kind of humus gives clear reference to an environment changing between wet and dry conditions. Such soils are widespread in the southern mediterranean und subtropical climate, but appear also in the borderland of Chernozems and other steppe soils. Respective to the FAO soil map of the world, they belong to the Paeozems in case they have less clay, but are Pellic Vertisols if they are rich in clay.
3. Soils with calcrete (Kalkkrustenböden) formed in different way were investigated by Prof. KUBIENA in various parts of the world. K. ZIMMERMANN could make an essential contribution to the formation and micromorphology of the calcretes in the western Sahara. With respect to the FAO soil map of the world, the most important soils with calcrete belong to the Calcic Xerosols or Calcic Yermosols.

The aim of papers like this is the acquaintance with the scientific estate of Prof. KUBIENA, but also some stimulation in order to use and develop his scientific ideas.

INHALT

1. Einleitung (Mückenhausen)
2. Rotlehm und Rotlehm-Sedimente
 - 2.1. Allgemeines (Mückenhausen)
 - 2.2. Spezielle Untersuchungen (Mückenhausen)
 - 2.3. Zur Mikromorphologie von Rotlehmen (Stephan)
 - 2.3.1. Die Rotlehme in Kubienas Braunlehm-Konzept der Tropenböden
 - 2.3.2. Mikromorphologie einiger kongolesischer Rotlehm-Proben
3. Tirse und Tirsoide Böden
 - 3.1. Allgemeines (Mückenhausen)
 - 3.2. Geländeuntersuchungen (Mückenhausen)
 - 3.3. Böden mit Tirshumus und ihre Mikromorphologie (Stephan)
 - 3.3.1. Tirs-Böden und Tirs-Humus bei Kubiena
 - 3.3.2. Tirsoide Böden anderer Klimazonen
 - 3.3.3. Polygenetische Tirsoide Böden
 - 3.3.4. Proben von fossilen Tirsoiden Böden
4. Kalkkrusten
 - 4.1. Allgemeines (Mückenhausen)
 - 4.2. Kalkkrusten in der Westsahara (ehemalige Spanisch Sahara) (Zimmermann)
 - 4.2.1. Mächtige Kalkkrustenbänke auf Hamada- und Küstenplateaus sowie Terrassenflächen
 - 4.2.2. Rest von Kalkkrustenbänken auf erhöhten Terrassen- und Verebnungsflächen der präkambrischen Gesteinszonen des Landesinneren (in den weiten Ebenen der Tirsis)
 - 4.2.3. Hydromorphe Kalkkrusten als ehemalige Talbodenbildungen in Tälern der nördlichen Gebirgszone
 - 4.2.4. Kalkkrustenreste auf flacher geneigten Hangfußflächen der nördlichen Gebirgszonen
 - 4.2.5. Kalkkrustenreste auf Steilhängen und Gipfelpartien der Gebirgszonen
 - 4.2.6. Mikromorphologie der Kalkkrusten der Westsahara

1. Einleitung (MÜCKENHAUSEN)

Professor Dr. W. L. KUBIENA hinterließ seinen Erben u.a. einen wissenschaftlich wertvollen Nachlaß, und zwar Fachliteratur, Notizen, Berichte, Bodendünnschliffe, Bodenproben aus vielen europäischen und außereuropäischen Ländern. Die Erben übereigneten diesen Nachlaß der Republik Österreich. Er wurde in der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen, untergebracht und steht unter der Obhut des Direktors dieser Anstalt, Dipl.-Ing. N. LEDER.

Österreichische Fachkollegen, die mit Prof. KUBIENA in wissenschaftlichem Kontakt standen, in erster Linie Wirkl. Hofrat Dr. F. BLÜMEL, Univ.-Doz. Dr. SOLAR, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. O. NESTROY und Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. W. E. H. BLUM haben beraten und beschlossen, den wissenschaftlichen Nachlaß von Prof. KUBIENA soweit wie möglich der Fachwelt bekannt zu machen, damit das originelle Gedankengut dieses schöpferischen Wissenschaftlers nicht verloren geht und Anreiz für darauf aufbauende Forschungen gibt. Die Sichtung der umfangreichen Notizen und Berichte (etwa 250 Mappen) nach Sachgebieten hat in dankenswerter Weise Herr Wirkl. Hofrat BLÜMEL übernommen. Vieles von diesen wissenschaftlichen Niederschriften ist nicht publiziert, teils wurden sie in Vorträgen und Vorlesungen eingebaut. Von österreichischer Seite wird angeregt und vorgeschlagen, Fachkollegen möchten die sie interessierenden Teile des Nachlasses durch eigene Beobachtungen und Forschungsergebnisse ergänzen und publizieren. Solche Veröffentlichungen sollten der leichten Auffindung wegen möglichst im gleichen Publikationsorgan erscheinen, und zwar in Prof. KUBIENAS Heimatland Österreich.

Die Autoren dieser hier vorliegenden Arbeit haben sich vorgenommen, die von Prof. KUBIENA hinterlassenen Berichte (Manuskripte 1 bis 4) und eigene Forschungsarbeiten zu verbinden, d.h. die im Titel dieser Publikationen genannten Einzelaufgaben zu bearbeiten, und zwar MÜCKENHAUSEN: Rotlehme und Rotlehm-Sedimente sowie Tirsoide Böden; STEPHAN: Mikromorphologie zu den soeben genannten Böden; ZIMMERMANN: Kalkkrusten.

Hier sei noch erwähnt, daß Wirkl. Hofrat Dr. BLÜMEL und Univ.-Doz. Dr. SOLAR das von Prof. KUBIENA nicht vollendete Werk "Grundzüge der Geopedologie und der Formenwandel der Böden", Wien 1986, mit viel Einfühlungsvermögen in die vorhandenen und unvollendeten Unterlagen und mit mühevолlem Einsatz dankenswerterweise publikationsreif gemacht haben.

2. Rotlehme und Rothlehm-Sedimente

2.1. Allgemeines (MÜCKENHAUSEN)

Die Bezeichnung "Rotlehm" geht auf WOHLTMANN (1892) zurück und deckt sich mit den Synonymen Red loam von MARBUT (1923), Kresslehm von HARRASOWITZ (1926), Krasnosem von AFANASIEFF (1928). KUBIENA hat schon 1953 unterschieden: Typischer Rotlehm, Feuchter Rotlehm, Gebleichter Rotlehm, Trockener Rotlehm (Calvero-Rotlehm) und Erdiger Rotlehm. KUBIENA hat den Rotlehm aus Kalkstein Terra rossa oder Kalkstein-Rotlehm genannt. Zu den "Lehmen" gehört auch der Braunlehm, der ockergelb und jockerbraun gefärbt ist. In der Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland (1985) werden sie Rote Plastosole genannt, ein Name, den auch KUBIENA (1953) bereits erwähnt hat. Auf der Bodenkarte der Erde (1974) fallen sie unter die Bezeichnungen Acrisols und Nitosols.

Die wichtigsten Eigenschaften der Rotlehme charakterisiert KUBIENA folgendermaßen: humusarm, stark verwittert, intensiv braunrot bis rot gefärbt, hochplastisch, enthält kolloidale Kieselsäure und dadurch peptisierbare Tonsubstanz und Eisenhydroxide, dichtes Gefüge, Eigenbeweglichkeit der Grundsubstanz, Fließgefüge, hohen Anteil an Kaolinit.

Rotlehme sind charakteristische Böden der Tropen und Subtropen sowie im mediterranen Raum. In Mitteleuropa gibt es Relikte dieser Böden, die in einem ehemals feucht-warmen Klima entstanden.

Das Interesse an Rotlehmen ist auch zur Zeit groß, was Ausdruck findet in dem "Regional symposium on properties and management of the Red Soils of East and Southern Africa" im Februar 1986 in Zimbabwe.

2.2. Spezielle Untersuchungen (MÜCKENHAUSEN)

Prof. KUBIENA hat bei einer Exkursion in die Sahara Algeriens vor allem in dem Gebirge von Hoggar u.a. Relikte von Rotlehm gefunden (Manuskript 2). Es sind auch hier fossile Böden, die in einer feucht-warmen Klimaperiode (oder Perioden) gebildet wurden. In einer folgenden trockeneren Zeit (oder Zeiten) wurde die Vegetation spärlicher, und es setzte Erosion durch Wasser und Wind ein, wobei gleichzeitig eine Kornsortierung erfolgte. Sand wurde zu Dünen aufgeweht und Staubeilchen (Tonfraktion) wurden weit verweht, zeitweise bis nach Mitteleuropa.

Nachdem Prof. KUBIENA durch ausgedehnte Forschungsreisen und Exkursionen im Mittelmeerraum, in Nordafrika und den Afrika westlich vorgelagerten Inseln im Atlantik (Azoren, Madeira, Canare, Kap Verde) einen guten Überblick gewonnen hatte, verfaßte er einen Bericht über die "Semiariden Regionen der Tropen und Subtropen" (Manuskript 1). Hierin befaßt er sich besonders mit den Bildungsumständen der Rotlehme in einem feucht-warmen Klima und dem Klimawechsel zum Semiariden hin. Der Rotlehm erfuhr hierbei eine xeromorphe Umwandlung, die vor allem eine starke Verarmung der Vegetation und der Bodenmikroben zur Folge hatte. Erosion und Kornsortierung waren die Folge. Es entstanden Rotlehm-Sedimente verschiedener Körnung, umgelagert durch Wasser und Wind. Die Trockenheit verminderte die Beweglichkeit der Tonsubstanz und führte zu Verkittung und Verhärtung der Bodenmasse. Die aus dem Rotlehm stammenden Sandkörner sind mit Resten von Rotlehmfeinsubstanz behaftet, vor allem sind Risse und andere

Vertiefungen der Sandkörner damit ausgefüllt, so daß diese Sande im ganzen braunrot erscheinen. Das ist besonders auffällig bei den rötlich erscheinenden Dünen der Sahara.

In einer sechs Jahre währenden bodenkundlichen Forschungsarbeit in Südwestafrika, die etwa vor 30 Jahren begann, hat Dr. Hans SCHOLZ (1968a, 1968b) unter meiner Leitung Entstehung, Aufbau, Eigenschaften und Verbreitung der braunroten und roten Böden (Rotlehme) in dem Raum zwischen dem Kuiseb im Süden und dem Ovamboland im Norden untersucht. Eingehende Geländeuntersuchungen wurden durch eine große Zahl von Analysen (Körnung, chemische Eigenschaften, Tonminerale) im Institut für Bodenkunde der Universität Bonn ergänzt. Dabei waren die grundlegenden Publikationen von Prof. KUBIENA (1938, 1948, 1953, 1970) wegweisend.

Die Bildung von Rotlehm im Sinne KUBIENAS muß in Südwestafrika relativ weit in der geologischen Geschichte zurückliegen. MARTIN und KORN (1955) nehmen pleistozänes Alter an; in diesem Zeitraum wechselten Pluviale und Trockenperioden. Autochthone Profile sind nach unseren Untersuchungen selten. Indessen gibt es autochthone Profilreste, die auf die Bildung dieses Bodens mit Sicherheit schließen lassen, z.B. ein rötlicher Cv-Horizont aus Metamorphit nördlich von Windhoek als erkennbarer tiefster Horizont eines Rotlehmes. Darüber liegt eine Streu von allochthonen, rötlichen gefärbten Quarzgeröllen, ein Aufarbeitungsrest eines Rotlehms, der u.U. weit entfernt entstand. In der weiteren Umgebung von Pretoria zeigte uns der sehr erfahrene Bodenkundler Südwestafrikas, Dr. C.R. VAN DER MERWE, den Cv-Horizont eines Rotlehms aus Granit, ein Beweis für die weite Verbreitung, aber auch für die Profilzerstörung der Rotlehme im südlichen Afrika.

Im Gegensatz zu diesen autochthonen Zeugen von Rotlehmprofilen sind Rotlehm-Sedimente verschiedener Körnung, von rötlichen Geröllen bis zu roten Tonen vorhanden; aber es überwiegen die Kornmischungen lehmiger Sand und sandiger Lehm, die flächenweise in ganz Südwestafrika auftreten. Die Rotlehm-Sedimente dieser Körnung sind nach

Austrocknung ungewöhnlich hart, so daß Bodengruben mit der Spitzhacke ausgehoben werden müssen. Die Oberfläche dieser Böden wird durch aufschlagenden Regen verschlämmt, und nach Austrocknung wird die Oberfläche dicht und hart, so daß diese Flächen frei von Vegetation sind. Bei sandig-lehmiger Bodenart zeigt die Oberfläche deutlich eine polygonale Zerlegung, die ein grobprismatisches Gefüge anzeigt. Diese vegetationsfreien Böden tragen in Spanien die Bezeichnung "calvas", und danach hat Prof. KUBIENA sie Calvero-Rotlehm genannt. Bei der Farm Lindenhof im nordöstlichen Südwesafrika haben wir ein Rotlehm-Sediment gefunden, das im oberen Profilbereich einen durch Kieselsäure stark verhärteten Horizont besitzt; im feuchten Bodenzustand wird dieser Horizont weich und sehr gleitfähig. Das ist ein Zeichen dafür, daß in den Rotlehm-Sedimenten die Kieselsäure eine große Bedeutung hat.

KUBIENA berichtet, daß die Rotlehme auch in Brasilien große Areale einnehmen und Prof. A. PRIMAVESI eine Methode entwickelt hat, um diese Böden wieder für den Anbau von Nutzpflanzen brauchbar zu machen (Manuskript 1).

Nicht selten befindet sich im tieferen Profilbereich (50-200 cm) dieser Rotlehm-Sedimente eine Kalkkruste, die pedogenetisch mit dem darüberliegenden Bodenmaterial nichts zu tun hat. Diese Kalkkruste ist meistens ein Evaporit, entstanden in seichten Mulden und Niederungen, wie das zur Zeit in der Etosha-Pfanne im Norden von Südwesafrika im Entstehungszustand an der Oberfläche zu beobachten ist. Die muldigen Lagen mit zunächst Kalk-Evaporit an der Oberfläche sind vor langer Zeit mit Rotlehm-Sediment aufgefüllt worden; mit der Zeit wurde die abgedeckte, zunächst weiche Kalkschicht zu einer Kalkkruste.

Es ist noch die Frage zu erörtern, ob genetisch-systematisch die Rotlehm-Sedimente als Bodentyp "Rotlehm" oder Ausgangsgestein zu betrachten sind. Prof. KUBIENA hat überzeugend dargelegt (Manuskript 1), daß die im feucht-warmen Klima entstandenen autochthonen Rotlehme bei Klimaänderung zum Ariden eine xeromorphe Transformation erfahren.

Das gleiche trifft auch für die alten fossilen Rotlehm-Sedimente zu, denn die dadurch verursachte Änderung der Bodeneigenschaften rechtfertigt es, diese Rotlehm-Sedimente als Typ "Rotlehm" zu betrachten. Schon 1953 hat KUBIENA Trockene Rotlehme herausgestellt und dazu gehören auch die Calvero-Rotlehme.

2.3. Zur Mikromorphologie von Rotlehm (STEPHAN)

Im warmen und niederschlagsreichen Tropengürtel sind die Silikatverwitterung und ihre Folgeprozesse die beherrschenden bodenbildenden Prozesse. Daher lassen sich die Hauptgruppen der Tropenböden chemisch unterscheiden, und zwar durch grundsätzliche Unterschiede in Anlieferung bzw. Bildung und weiterem Schicksal von Basen, pedogenen Oxiden und Tonmineralen, die mit dem Wechsel von Ausgangsgestein, Niederschlagsverteilung und Geländelage erheblich variieren.

Diese chemischen Unterschiede trennen zunächst zwei große Einheiten. Die eine bilden plastische, verschlammbare, kaolinitreiche Böden, die als Plastosole, Lehme, Fersiallite oder, in der FAO-Karte der Erde, teils als Acrisols und teils Nitosols bezeichnet werden (die Zuordnung zu Kategorien der US Soil Taxonomy ist nicht allgemein möglich). Zu dieser Einheit gehören die Rotlehme. Die andere Einheit bilden Si-ärmere, von freien Fe- und Al-Oxidhydraten oder -Oxiden geprägte, durchlässige und gefügestabile Böden, die Latosole, Erden, Ferrallite, Ferralsols oder Oxisols heißen. Für die Korrelation der Parallelnamen vgl. SCHMIDT-LORENZ (1986).

In beiden Gruppen spielt das Eisen eine Sonderrolle, und zwar nicht durch sein Redox-Verhalten, sondern wegen der verschiedenen dreiwertigen Formen. In vielen Böden der warmen Klimate findet man eine auffällige Rotfärbung durch Hämatit, die Rubifizierung. Diese ist von KUBIENA vor allem mikromorphologisch untersucht und zur Bodengeschichte in Beziehung gesetzt worden (zusammengefaßt bei KUBIENA, 1970). Ihre chemischen Bedingungen wurden in jüngerer Zeit genauer untersucht (vgl. SCHWERTMANN, 1985). Trotz ihrer klimageschichtlichen

Bedeutung spielt die Rotfärbung bei der Klassifikation der Böden heute eine Nebenrolle. Dies ist zunächst in der häufigen polygenetischen Entwicklung der tropischen und subtropischen Böden begründet, also in der Einwirkung wechselnder Klimate auf dasselbe Material. Große Bedeutung hat aber auch die Bodenverlagerung, die z.B. zur Einmischung mikroskopisch sichtbarer, opaker Partikel von plinthitisiertem Hämatit führt (SCHMIDT-LORENZ, 1980). Die Rotlehme, um deren Beziehungen zu den anderen Böden es uns hier geht, sind rubifiziert, wenn sie autochthon sind. Rotlehm-Sedimente können dagegen ihre Farbe sehr wohl von Plinthit-Anteilen haben.

Wenn man die bisher genannten Merkmale der Bodeneinheiten überschaut, zeigt sich, daß sie vor allem auf den Eigenschaften der Feinsubstanz der Böden beruhen also, in der Terminologie KUBIENAS auf dem Bodenplasma. Dieses aber ist der mikroskopischen Untersuchung zugänglich und zeigt wichtige polarisationsoptische Unterschiede.

2.3.1. Die Rotlehme in KUBIENAS Braunlehm-Konzept der Tropenböden

KUBIENA (z.B. 1970) untersuchte vor allem die Mikromorphologie der Feinsubstanz der Tropenböden und kam dabei zu der Auffassung, daß man alle Tropenböden vom Braunlehm ableiten kann: Der tropische Braunlehm erscheint als das direkte Produkt der pedogenen Silikatverwitterung unter feucht-tropischen Bedingungen, aus dem sich die anderen Tropenböden entwickelt haben, und unter dem Einfluß veränderter Klimabedingungen, d.h. polygenetisch, auch viele Böden der Subtropen.

Mikroskopisches Kennzeichen des Braunlehms ist das Braunlehmplasma, eine Feinsubstanz, die aus peptisiertem, schlierig-doppelbrechendem Ton und kolloidal verteiltem, im Dünnschliff zitronengelbem, amorphem Eisenoxidhydrat besteht. Der Ton ist vorwiegend kaolonitisch. Anhand der Abwandlungen des Braunlehmplasmas, vor allem der Metamorphose der Eisenform, führt uns KUBIENA durch die Vielfalt der Tropenböden. Dieser Entwurf, den wir hier nicht diskutieren können, ist als Diagramm dargestellt (KUBIENA, 1970, S. 107).

Den mikroskopischen Aspekt des tropischen Braunlehms muß man unterscheiden von KUBIENAS "Braunlehmteilplasma" der europäischen Lössböden, von dem deren Fließton abgeleitet wird. Das Braunlehmteilplasma im Löss tritt nämlich primär in Form diskreter, kleiner Aggregate (Ton-Domänen) auf, die KUBIENA einem Pulverisierungsprozeß zuschreibt, während sie heute als Pseudomorphosen nach Glimmer aufgefaßt werden. Im Unterschied dazu zeigt sich das Braunlehmplasma der Tropenböden als zusammenhängende kolloidale Masse.

Der autochthone Rotlehm besitzt diese homogene Feinsubstanz, die durch die Rubifizierung von submikroskopisch kleinen, immer durchscheinenden Hämatitpartikeln erfüllt ist und in Dünnschliffstärke homogen rot erscheint, wodurch er sich vom Braunlehm unterscheidet. KUBIENA leitet ihn über eine rubifizierte Zwischenstufe vom Braunlehm ab. Die Erkenntnis der Bodenchemie (vgl. SCHWERTMANN, 1985), wonach Hämatit aus amorphem Ferrihydrit, nicht aber aus Goethit hervorgeht, berührt diese Ableitung nicht. Selbst nach Beginn der Alterung von Ferrihydrit zu Goethit, die an der mikroskopisch sichtbaren Organisation des Eisenoxidhydrates zu erkennen ist und von KUBIENA Vererdung genannt wurde, ist zunächst noch Ferrihydrit neben Goethit sichtbar, die Fähigkeit zur Rubifizierung geht also nicht unmittelbar verloren. Für das Verhältnis zwischen den beiden Hauptformen des kristallisierten dreiwertigen Eisens sind zunächst die Umwandlungsrate der amorphen Vorstufe und das Verhältnis von Goethit- und Hämatit-Bildung verantwortlich. Diese Teilprozesse hängen von mehreren physikalisch-chemischen Bedingungen ab und sind daher kompliziert; die Rubifizierung von Lehmen wird aber durch Erwärmung und Austrocknung begünstigt (SCHWERTMANN, a.a.O.) und findet in Dellen- und Beckenlagen nicht statt.

Rotlehm-Profile sind allerdings nicht immer einfach aufgebaut, sie zeigen vielmehr oft Merkmale, die nicht durch eine gleichmäßige Entwicklung am gleichen Ort erklärt werden können.

Selbst nachdem die Entwicklung der tropischen Böden im Grundsatz geklärt ist und die wichtigsten chemischen und mikroskopischen Merkmale erkannt sind, erweist sich die Deutung der realen Bodenprofile oft als sehr schwierig. Bei der Ausbildung dieser Profile wirken die tiefgründige Bildung des Saproliths, die von oben eingreifende Bodenbildung, Redoxprozesse und Bodenverlagerung zusammen und Klimawechsel greift gestaltend ein, vor allem wenn auf Phasen gleichmäßiger Durchfeuchtung Phasen mit periodischer Austrocknung folgen. Wichtige Profilvarianten wurden von KUBIENA zusammengestellt und aus seinem Nachlaß veröffentlicht (KUBIENA, 1986). Den Zusammenhängen zwischen geographischer Lage, Höhenlage und Bodenbildung galt KUBIENAS besondere Aufmerksamkeit in seinen letzten Jahren, und wir erinnern uns an einen seiner letzten Besuche in Bonn, der unter anderem der Suche nach entsprechenden Hinweisen in den Schriften Carl TROLLS galt. KUBIENA hat damit einen Weg gewiesen vom klaren pedogenetischen Konzept zur Vielfalt seiner Abwandlungen in der Natur.

Beim Rothlehm sind es häufig Umlagerungsprozesse, die das Profil wesentlich mitgestalten. Dieses Problem hat in der Bodenmikromorphologie besonders SCHMIDT-LORENZ (z.B. 1980) aufgegriffen, der Merkmale zur Unterscheidung autochthoner und allochthoner Bildungen mitteilt. Die landschaftsgestaltende und profilverändernde Bedeutung und Bodenverlagerung ist in den letzten Jahrzehnten auch durch intensive Bemühungen der Geomorphologen ans Licht gebracht worden.

2.3.2. Mikromorphologie einiger kongolesischer Rotlehm-Proben

Mit der folgenden Zuordnung eines Rotlehmes und eines Lateritischen Rotlehmes aus Mayumbe (oberer Kongo) zu den großen Einheiten der FAO-Bodenkarte nach mikroskopischen Merkmalen soll ein konkretes Beispiel gegeben werden.

Die Plastosole oder Lehme und ihre jeweiligen Sedimente bilden zwei Haupt-Einheiten der FAO-Bodenkarte: Die landwirtschaftlich noch günstigen Nitosols und die stark ausgelaugten, von primären Silicaten

fast freien Acrisols. SCHMIDT-LORENZ hat eine kurze Beschreibung beider Gruppen gegeben (SCHMIDT-LORENZ, 1980, 1986). Die Kriterien der Abgrenzung der Nitosols werden von CREUTZBERG & SOMBROEK (1987) diskutiert, die eine morphologisch und ökologisch einheitlich gefaßte Einheit (Arbeitsname "Nitisols") vorschlagen und mikromorphologisch kennzeichnen. Die Acrisols sind dagegen Produkte intensiverer tropischer Verwitterung, sehr sauer und äußerst arm an Basen und primären Silicaten.

Das Rothlehmprofil von Mayumbe zeigt einen diffus verlaufenden A-Horizont von etwa 22 cm Tiefe, dem sich bis 130 cm ein bei 80 cm unterteilter B-Horizont anschließt. Der untere B-Horizont ist tonreicher. Das gesamte Profil besitzt ein ausgeprägtes Schwammgefüge. Die dichte Feinsubstanz umhüllt etwas Quarz als Grobschluff und Sand, sowie helle Glimmerleisten, deren Verwitterungsgrad nach unten zunimmt.

Der doppelbrechende, rotgelbe Ton läßt teils verwaschene Domänen von Mittelschluff-Größe erkennen (Abb. 1), teils ist er weiträumiger orientiert und entspricht dann gut einem reifen, schwach rubifizierten Braunlehmplasma. Gelegentlich zeigen sich Streßkutanen. Tonbeläge sind in den Poren des A-Horizontes häufig und nehmen nach unten ab. Dafür sind im zweiten B-Horizont durch Bodentiere, vermutlich Termiten, mehr Reste von Tonbelägen in die Bodenmatrix hineinverlagert worden. Das Ausmaß der horizontalen Tonverlagerung ist unbekannt.

Die Silicatverwitterung ist hier noch nicht abgeschlossen, die Tonsubstanz noch nicht überall engräumig homogenisiert, das Profil entspricht einem Nitosol. Sucht man nach dem von CREUTZBERG & ESWARAN (1987) herausgestellten nito-argillic syndrom der Nitosols, so findet man zwar kaum entwickelten Pseudosand (umhüllte Kleinaggregate, micropeds); aber die charakteristischen dünnen Tonhüllen (lepto-coatings) sind innerhalb der Matrix ausgebildet, wo sie den Zerfall in Pseudosand einleiten (Abb. 2).



Abbildung 1



Abbildung 2

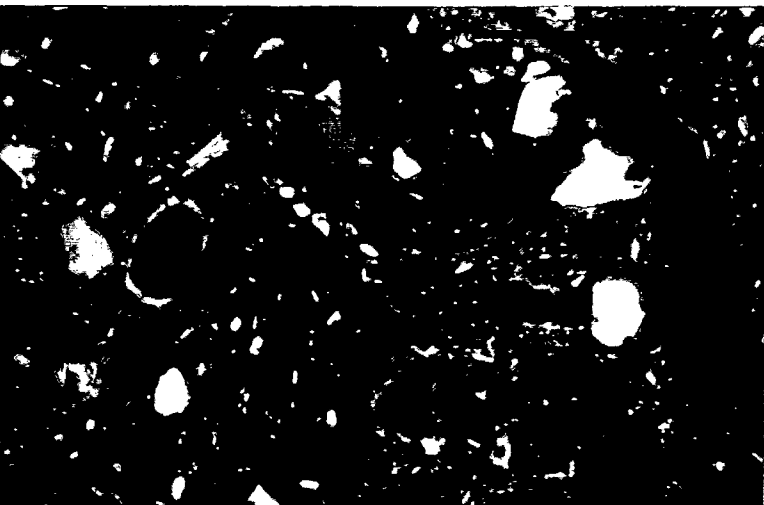


Abbildung 3

Erläuterungen zu den Abbildungen:

Maßstab: 0,2 mm

Optische Bedingungen: Durchlicht; außerdem Z: zirkulär polarisiertes Licht bei gekreuzten Polarisatoren; UZ: zirkuläre Polarisation bei unvollständig gekreuzten Polarisatoren.

Abb.1: Rotlehm Mayumbe, A-Horizont. Die Feinsubstanz besteht weitgehend aus doppelbrechenden Tondomänen, doppelbrechender Ton gelb; UZ.

Abb.2: Gleiches Profil, oberer B-Horizont. In der Matrix ist durch Fließton-Flächen (im Bild gelb) Pseudosand (micropeds) vorgebildet. Z.

Abb.3: Lateritischer Rotlehm Mayumbe, A-Horizont. Mit UZ sieht man die Ausbildung von Pseudosand, einen Fleck mit Leitbahnen voll besonders intensiver Fließtonbeläge (gelb) sowie die rotbraune Bodenmatrix.

Abb.4: Gleiches Profil, der obere B-Horizont zeigt den Kontrast der gelben Tonhüllen (leptocoatings) zur übrigen, roten Feinsubstanz. UZ; Poren grau.

Abb. 5: Martinsberg in Andernach. Diese noch anmoorähnliche Humusform kann als tirsoider Boden angesehen werden.

Abb.6: Tongrube Kärlich bei Koblenz. Hier konnte eine tirsoidale Humusform nicht nachgewiesen werden. Bei UZ sind unterschiedliche Erscheinungsformen der Tonsubstanz zu erkennen, die aus tertiärem Ton, verwitterndem Basaltglas und verwitterndem Löss hervorgegangen ist. Poren grau, doppelbrechender Ton gelb, Quarzkörnchen weiß.

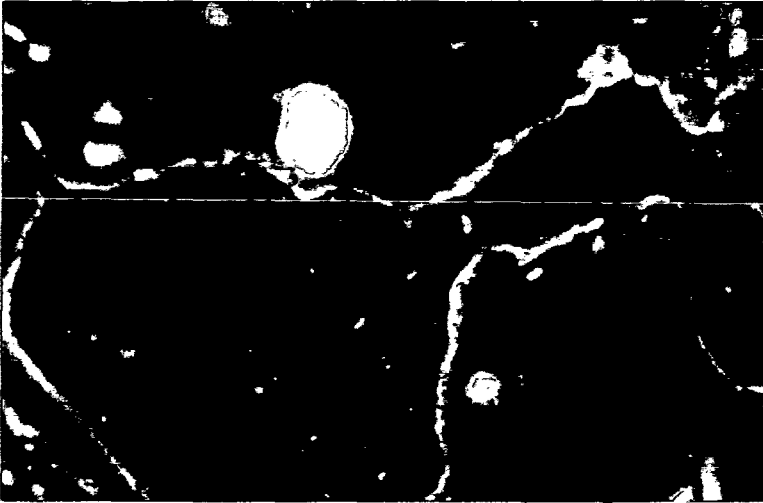


Abbildung 4

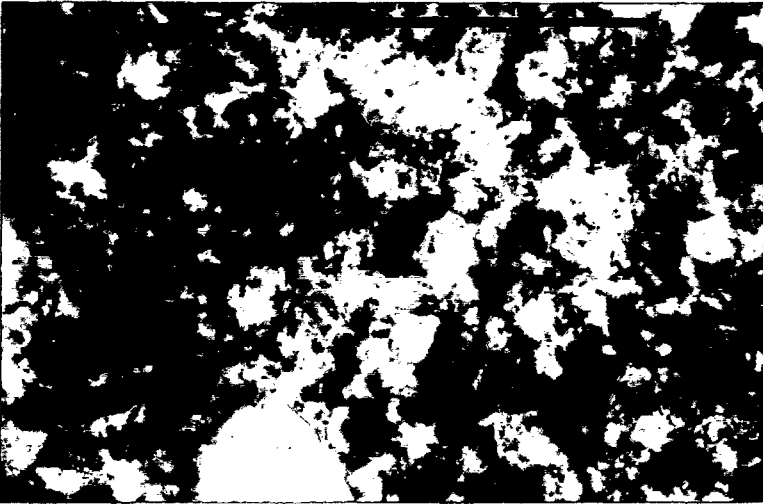


Abbildung 5

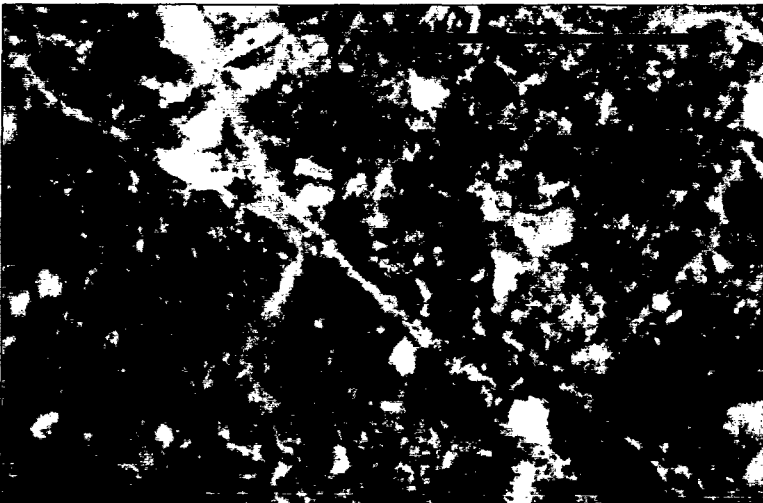


Abbildung 6

Das Lateritische Rotlehmprofil zeigt einen A-Horizont, der 25 cm tief ist, und unter dem sich mit Grenzen bei 60, 80 und 150 cm drei B-Horizonte unterscheiden lassen. Wieder ist das Gefüge im gesamten Profil stark von der Tätigkeit der Bodenfauna bestimmt, während der Gehalt an organischen Bestandteilen schneller abnimmt. Das Material enthält mehr Quarz, weniger Glimmer und besonders im unteren Teil Reste von Laterit, insbesondere pseudomorph nach Glimmerschiefer.

Die Feinsubstanz erscheint zum größten Teil rot und teils durch organische Reste schwarz gesprenkelt. Im A-Horizont besteht sie weitgehend aus verlaufenden Tondomänen, die vor allem an Porenrändern oft in körnige, porenparallele Beläge übergehen, teils aber auch hellerem Fließton weichen.

Zwischen 20 und 80 cm ist das Material deutlich Pseudosand-artig gegliedert (Abb. 3) und zeigt gelbe dünne Tonhüllen (Abb. 4), während das gelbrote Plasma der Matrix von Goethit-Wolken überlagert ist. Fließton ist stark und nach unten zunehmend beteiligt. Unterhalb 80 cm ist die Toneinschlämmung besonders intensiv. Die Tonbeläge sind teils in die Matrix eingearbeitet, liegen aber auch noch in großer Menge den Leitbahnwänden an.

Hier ist die Zuordnung zur typischen Mikromorphologie der Nitisols (nach CREUTZBERG & ESWARAN, 1987) sehr deutlich, und kein wesentliches Merkmal fehlt. Ferner hat eine mäßige Vererdung stattgefunden sowie eine intensive Rubifizierung. Zur roten Farbe trägt lateritisches Material in diesen Horizonten wenig bei.

3. Tirse und Tirsoide Böden

3.1. Allgemeines (MÜCKENHAUSEN)

Prof. KUBIENA betrachtet die Tirse als charakteristische Bildungen in tropischen und subtropischen Gebieten, die im Jahresablauf eine nasse und eine trockene Phase durchlaufen, wobei sich eine Humusform bildet, die für beide Phasen aussagt. Meistens war ein undurchlässiger Untergrund die Ursache für die Naßphase mit stark reduziertem Humuszersatz. Der stark humose Oberboden ist im trockenen Zustand grau bis schwärzlich grau und im feuchten Zustand grauschwarz bis schwarz gefärbt. Den Bildungsbedingungen entsprechend sind sie in ebenen und muldigen Geländelagen zu finden. KUBIENA hat die Tirse in der tropischen Savanne, in den Subtropen und in mediterranen Zonen gefunden und studiert (1956, 1962, Manuskript 1). Andere dieser Böden haben einen Klimawechsel vom humiden in trockeneres Klima erfahren und entstanden aus Mooren, Anmooren und humusreichen Gleyen der humiden Tropen und Subtropen beim Wechsel in eine aride Klimaphase.

3.2. Geländeuntersuchungen (MÜCKENHAUSEN)

Im nördlichen Südwesafrika, im weiteren Umkreis von Tsumeb und Grootfontein haben in breiten Tallagen und ebenen Geländelagen auch Tirsoide Böden gefunden, welche offenbar die gleiche Entwicklung erfahren haben wie sie Prof. KUBIENA beschreibt. Es sind Böden mit mächtigem Ah-Horizont, der im trockenen Zustand eine schwärzlichgraue und im feuchten eine grauschwarze Farbe aufweist. In einer früheren feuchteren Klimaperiode (Pluvial) kam es infolge stagnierender Nässe zu verzögertem Humusabbau. Zur Zeit sind diese Böden trockener und werden ackerbaulich genutzt. Nach der FAO-Bodenkarte sind diese als Gleyic Phaeozems anzusehen.

Im gleichen Raum, südlich von Tsumeb, gibt es Böden mit dem gleichen mächtigen Ah-Horizont, der direkt über einer mehr oder weniger mächtigen Kalkkruste liegt; darunter folgt Dolomit. Hier war vermutlich gestaute Nässe nicht die Ursache für die Bildung des mächtigen Ah-Horizontes, sondern hohe Produktion von organischer Substanz, zeitweise starke biologische Aktivität, aber unterbrochen von geringer infolge Trockenheit. Auf der FAO-Bodenkarte würde es sich um Calcaric Phaeozems handeln.

Dr. G. JARITZ hat bei Mateur/Tunesien Tirsoide Böden gezeigt, die hier in weiten Talebenen entwickelt sind. Es handelt sich um Böden, die Prof. KUBIENA aus anderen Gebieten Nord- und Nordwestafrikas beschrieben hat. Bei manchen dieser Böden folgt dem mächtigen, grauschwarzen (wenn feucht) Ah-Horizont eine meist nicht harte Kalkkruste, die sowohl ein Präzipitatkalk, als auch ein Evaporitkalk sein kann. Der Ah-Horizont enthält manchmal Kalkknötchen, die infolge tiefer Bodenbearbeitung aus der unterlagernden Kalkkruste in den Ah-Horizont gelangten. Nach der FAO-Bodenkarte liegt hier ein Calcaric Phaeozem vor. Teilweise besitzen diese Böden eine lehmig-tonige Textur und tendieren (nach FAO-Karte) zum Pellic Vertisol.

3.3. Böden mit Tirshumus und ihre Mikromorphologie (STEPHAN)

Tirs und ähnliche ("Tirsoide") Böden sind zunächst aus Nordafrika bekannt geworden, wo der Name je nach Region schwarze Humusböden oder schwere Tonböden bezeichnet (DEL VILLAR, 1944). DEL VILLAR unterscheidet mehrere Tirs-Typen, die unter unterschiedlichen Geländebedingungen auf verschiedenen Sedimenten entstanden sind. In GANSSENS Buch (1968) ist der Name Tirs von der geographischen Beschränkung gelöst und sind "Grumosole" und "Vertisols" als neuere, zugehörige Bezeichnungen angeführt. DUCHAUFOR (1977, engl.ed. 1982) verweist von Tirs auf Vertisol. Als sich der Name Vertisol für die tonreichen Böden mit Quellungs-Schrumpfungs-Dynamik durchgesetzt hatte, verbreit-

tete sich die Auffassung, daß mit Tirs die nordafrikanischen Vertisols zu bezeichnen sind (z.B. GLAZOWSKAYA, 1983).

Eine FAO-Gruppe, die sich bereits früher mit den dunklen Tonböden der Tropen und Subtropen beschäftigt hatte (DUDAL, 1965) und Tirs als nordafrikanischen Namen für dunkle Tonböden anführt, stellte allerdings fest, daß einige der Tirs-Böden wahrscheinlich aus dem Bereich der Grumusols (die später als Vertisols bezeichnet wurden) herausfallen (p. 95).

Die dunklen Tonböden zeigen zwei unterschiedliche bodenbildende Prozesse. Der eine wird durch Quellung und Schrumpfung der Tonsubstanz verursacht, wurde als Peloturbation, Argilliturbation oder auch Vertik bezeichnet und bedingt die Merkmale der Vertisolböden. Der andere aber ist durch Veränderungen der organischen Substanz gekennzeichnet und als Tirsifikation bezeichnet worden. Da vertische Prozesse durchaus mit der Tirsifikation zusammenfallen können, beide aber ebensogut unabhängig voneinander auftreten, überlappen sich die Begriffe Tirs und Vertisol.

In der FAO-Bodenkarte sind Tirs und Tirsoide Böden häufig als Pellic Vertisols dargestellt; wenn aber Tongehalt oder andere, durch Tonmineralogie oder Wasserhaushalt bedingte Vertisol-Merkmale nicht gegeben sind, dann sind es Phaeozems. Für Böden, die von der Tirsifikation bestimmt sind, gibt es keine eigene Kategorie.

3.3.1. Tirs-Böden und Tirs-Humus bei Kubierna

KUBIENA hat in der Tirsifikation einen der großen Prozesse der Pedogenese erkannt, den auch MORI (1966) genannt hat. Daher hat er den Begriff Tirs von der regionalen Bindung gelöst und alle von Tirsifikation bestimmten Böden als Tirs bezeichnet, schwächer davon geprägte aber als Tirsoide Böden.

In seiner Bodengeographie definiert W. L. KUBIENA Tirs-Böden als Böden mit Tirs-Humus der wechselfeuchten Tropen und Subtropen, in denen das Regenwasser in der humiden Jahreszeit stagniert und in der Trockenzeit vollständig austrocknet. Die Biologie des Bodens entwickelt sich daher von anmoorartigen Stadien zu streng terrestrischen bis hin zur Mullbildung. Dieser Vorgang ist die Tirsifikation (KUBIENA 1970).

Durch diesen Wechsel zwischen Anmoor und Mull hat der Tirs-Humus Merkmale beider Humusformen. KUBIENA beschreibt ihn als trocken grau bis hellgrau, feucht aber fast schwarz, von unstabiler Struktur und dichtem, sehr erosionsanfälligem Gefüge. In dem dichten Material ist der Humus unregelmäßig verteilt und enthält semiterrestrische Fossilien (Diatomeenschalen, Fragmente von Kalkschalen und geschwärzte, holzige Pflanzenreste).

Die farbigen Dünnschliff-Fotos KUBIENAS (1970, Platte 5) zeigen die anmoorartige, tirsoide Humusform eines fossilen deutschen Pseudo-Tschernosems. In der Beschreibung werden dichtes Gefüge, Schrumpfrisse, hoher Tongehalt und starke chemische Verwitterung des mineralischen Anteils hervorgehoben. In dieser Matrix sind anmoorartige teils schwarze Humusstoffe angereichert. Auch auf dunkle peptisierte Humussubstanzen im Fließton (in KUBIENAS Braunlehm-Plasma) wird hingewiesen.

Die Diagnose wird schwierig, wenn in der Trockenzeit die Umwandlung des Anmoor-Humus zu Mull besonders weit geht, so daß vielleicht der Anmoor-Charakter nicht mehr nachweisbar ist. Nach unserer Erfahrung kann man sich dann nicht auf die Farbbestimmung berufen, denn die Farbe wird durch andere Faktoren mitbestimmt: Bindung an Tonminerale, Belegung mit Kationen, Humusverteilung und gelegentlich Basalt-Detritus.

Auf einen sicheren Nachweis des Tirs-Humus ist zu achten, da falsche genetische Schlüsse zur Verfälschung der Landschaftsgeschichte führen können.

3.3.2. Tirsoide Böden anderer Klimazonen

Böden mit einer Humusform, die semiterrestrische Organismenreste enthält, gibt es auch in den feuchten Tropen und in einigen Teilen des Mediterrangebietes.

KUBIENA (1970) hat aber auch in der gemäßigten Zone, vor allem an Unterhängen im Übergangsbereich von Steppe und humider Region, Tirsoide Böden gefunden. Auf stark verwittertem, meist verlagertem Lößlehm ist der Pseudo-Tschernosem durch Tirsifikation entstanden, er kann aber auch polygenetisch sein im Sinne des folgenden Abschnittes. Seine Kennzeichen sind: fast semiterrestrischer, schwarzgrauer bis schwarzer Humus, humushaltiges Braunlehm-Plasma, Verschlämmbarkeit im nassen und Verhärtung im trockenen Zustand. Wir halten es für möglich, daß hier der semiterrestrische Charakter der Humusform nicht exakt geprüft werden konnte, doch weist auch die meist im Untergrund nachweisbare Hydromorphie in diese Richtung.

3.3.3. Polygenetische Tirsoide Böden

Im subtropischen und mediterranen Gebiet sind Böden verbreitet, die in Pluvialzeiten als Moore, Anmoore und humusreiche Gleye entstanden sind und im Holozän unter arideren Bedingungen umgeprägt wurden. Nun wurden die organischen Reste teils abgebaut, teils bildete sich stabiler Humus, der bei Anwesenheit von Smectit in resistente Ton-Humus-Komplexe eingebaut wurde: Aus Anmoor wurde eine mullartige Humusform. In KUBIENAS Texten findet man Hinweise darauf, daß er diese polygenetischen Böden der Tirsoiden Böden zurechnen würde. Solche Böden können auch in echte Tirse übergehen, wenn dem dauerfeuchten ein wechselfeuchter Klimaabschnitt gefolgt ist.

Zu den polygenetischen Tirsoiden Böden könnte man auch die südosteuropäische Smonitza rechnen, soweit sie aus einer anmoorigen Bildung

entstanden ist. Diese beschreibt KUBIENA als Schwarzerdeähnlichen Auenboden, dessen Mull den ehemaligen Anmoorcharakter kaum noch erkennen läßt (KUBIENA 1953).

3.3.4. Proben von fossilen Tirsoiden Böden

Daß ein Bedarf für die Unterscheidung der besonderen Tirs-Humusform besteht, zeigte sich bei den Untersuchungen von fossilen Böden mit Basalttuff oder Tonmergel im Ausgangsmaterial.

Tirsoider Alleröd-Boden am Martinsberg in Andernach

Im Neuwieder Becken (N Koblenz am Rhein), einer ausgeprägten Trockeninsel, hatte im Alleröd auf Würm-Löß verbreitet der Tschernosem seine Entwicklung begonnen, ist aber während der Laacher-See-Ausbrüche von mehreren Metern Bimstuff überdeckt worden. Auf dem Basaltstrom, der den Sporn des Martinsberges bildet, liegen allerdings nur wenige dm bis 1 m Sediment (Löß mit Basalttuff), die noch durch eine Magdalenien- und eine Federmesser-Fundschrift unterbrochen werden (VEIL, 1982, BOSINKSI, 1983).

Unter dem Einfluß lokaler Staunässe und reichlichen Tongehaltes hat sich im oberen Teil dieses Sedimentes - oberhalb der Fundschriften - aus kolluvialem Material ein Tirsoider Boden entwickelt, der den initialen Tschernosem hier vertritt und als Pseudo-Tschernosem bezeichnet werden könnte. Der von Körnchen durchsetzte Ton stammt zum großen Teil als fahlbraunes Kolloid aus dem verwitternden Basalttuff. Einen geringeren Anteil hat stark doppelbrechender, verfließender Ton aus dem Löß. Diese Feinsubstanz enthält reichlich Humuskörnchen, die in schwarzbraune, bis sandgroße organische Reste oder flockigen Humus übergehen (Abb. 5). Diese geringmächtige Bodenbildung ist kohärent bis schwach rissig. Ein direkter Einfluß des aufliegenden Bimstuffs ist nicht nachzuweisen.

Im Gegensatz dazu besitzt das Liegende, das vor allem aus den Fundschichten besteht, ein stabiles biogenes Gefüge, teils als grobes Schwammgefüge, teils in Form von Krümeln. Es enthält mehr und größeren Basalt. Die Feinsubstanz schließt weniger organische Stoffe ein, entspricht aber sonst dem Tirsoiden Boden. Zwischen unterer Fundschicht und Basalt liegt teils eine rötliche, zu Feinstkrümeln aggregierte Lockerbraunerde aus Basaltderivaten und etwas kalkhaltigem Löß.

"Tirsoider Boden" im Quartärprofil Kärlich

Südlich von Andernach ist in der Tongrube oberhalb von Kärlich die Hauptterrasse mit ihrer Sedimentbedeckung aufgeschlossen. Steinzeitliche Funde und starke Gliederung haben diesem Profil in der Quartärforschung frühzeitig Aufmerksamkeit verschafft (z.B. MÜCKENHAUSEN; 1959). Im Grubenbereich erfolgte der Ausbruch des basaltischen Kärlicher Brockentuffs in der Mitte des "Kärlicher Interglazials", das STREMMER (1986) mit dem etwa 200 000 Jahre zurückliegenden Treene-Interglazial parallelisiert. Ein Bericht über das Altpaläolithikum von Kärlich gab Anlaß zu ergänzenden, auch bodenmikromorphologischen Untersuchungen im Hangenden des Brockentuffs (BOSINSKI et al., 1980).

Ein dunkler und in feuchtem Zustand plastischer humoser Boden 50-85 cm über dem Brockentuff (Zone II) wurde von BRUNNACKER (a.a.O.) als Tirsoider Boden angesprochen. Im Dünnschliff zeigt dieser Boden sehr dichtes, von Fließton durchsetztes, aus Tertiärton, Brockentuff und Löß zusammengesetztes Material, dessen Feinsubstanz aus graubraunem Kolloid mit reichlich doppelbrechenden Ton-Domänen sowie dunklen Körnchen besteht (Abb. 6). Die dunkle, mäßig vertretene organische Substanz ist oft nur unvollkommen zerteilt. Konkretionäres Eisen ist wahrscheinlich vorhanden, doch verhindern die reichlichen Oxidationsprodukte des eingelagerten Brockentuffs eine sichere Aussage.

URBAN (a.a.O.) findet hier die Pollenflora eines Kiefern-Birkenwaldes, der zur Spätphase des Kärlicher Interglazials oder ins fol-

gende Frühglazial gehört. Eine Tirsifikation ist in dieser Umgebung kaum denkbar, wenngleich durch Semctit und vielleicht eine Tendenz zur Vernässung Ähnlichkeiten gegeben sind. Die Ähnlichkeit mit Tirsoiden Böden in Farbe und Konsistenz wird hier jedoch nicht in erster Linie vom Humus, sondern vor allem durch mineralische Komponenten hervorgerufen, zu denen Tertiärton, vor allem aber Verwitterungsmaterial und dunkler Detritus des Brockentuffs gehören. Dieses Beispiel zeigt, wie schwierig die Ansprache Tirsoider Paläoböden im Gelände sein kann.

4. Kalkkrusten

4.1. Allgemeines (MÜCKENHAUSEN)

Prof. KUBIENA hat in seinem Werk über die Böden Europas (1953) auch die Kalkkrusten beschrieben. Er bezeichnete die Böden, in denen eine Kalkkruste entwickelt ist, Kalkkrustenböden oder Kalkkrusten-Yerma. Er hat diese Böden vor allem im Mittelmeerraum studiert, in Spanien vor allem in der Provinz Almeria. KUBIENA führt allgemein die Entstehung der Kalkkrusten zurück auf eine Lösung von Calciumcarbonat durch kohlensäurereiches Bodenwasser als Calcimhydrogencarbonat und dessen Aufstieg im Boden infolge Kapillarahub an oder nahe an die Bodenoberfläche, wo wieder die Ausfällung als Calciumcarbonat stattfindet. Dieser Vorgang kann im Bodenprofil selbst geschehen, er kann aber auch durch bestimmte Bedingungen modifiziert sein. Prof. KUBIENA (1953) hat auch den Gipskrustenboden (Gipskrusten-Yerma) erwähnt, dessen Entstehung er Gebieten größerer Trockenheit zuweist als das für den Kalkkrustenboden zutrifft.

Zunächst sollen kurz die verschiedenen Entstehungsbedingungen geschildert werden, die H. SCHOLZ (1971) und ich in Südwestafrika studiert haben. In Abhängigkeit von Klima, Oberflächengestalt und Gestein können in Südwestafrika folgende Bildungsumstände für Kalkkrusten aufgezeigt werden:

1. durch Evaporation an der Bodenoberfläche, wie es Prof. KUBIENA beschreibt;
2. Bildung von Calciumcarbonat-Konkretionen und Präzipitation im tieferen Bodenprofil;
3. Ausbildung von sinterartigen, lamellenförmigen Kalkkrusten am Unterhang von Kalkstein, Dolomit oder calciumsilikatreichen Gesteinen;
4. Bildung von Kalkkrusten am Rande von zeitweise austrocknenden Flußbetten und abflußlosen, seichten Depressionen;
5. in muldigen Zerrüttungszonen calciumsilikatreicher Gesteine;
6. Präzipitation in flachen Seen, die nur zeitweise Wasser von der Umgebung erhalten und zeitweise austrocknen;
7. ungleichmäßige, unterbrochene Bildung von Kalkkrusten in äolischen Sanden, sowie in Kies und Geröll.

In einem Bericht über die deutsche bodenkundliche Forschung in Afrika seit 1945 hat Prof. KUBIENA auch ein Manuskript von K. ZIMMERMANN über die Böden der ehemaligen spanischen Territorien der Westsahara anerkennend erwähnt. Es ist das wissenschaftliche Ergebnis einer Studienreise im Jahre 1953, bei der eine große Zahl von Bodenproben gesammelt und im Institut für Bodenkunde Bonn näher untersucht wurde. Eine Anzahl Bodendünnschliffe wurde damals hergestellt, viele von Kalkkrusten. Das wissenschaftliche Ergebnis der Arbeit wurde bis heute nicht veröffentlicht. Hier und heute soll über die Kalkkrusten dieses Gebietes berichtet werden.

4.2. Kalkkrusten in der Westsahara (ehemalige Spanisch Sahara) (ZIMMERMANN)

Die in der Westsahara zu beobachtenden Kalkkrustenvorkommen sind keine aktuellen Bildungen mehr. Das an 13 über das ganze Gebiet verstreuten Kalkkrusten ermittelte Radiocarbonalter liegt durchwegs zwischen 20 000 und 30 000 Jahren B.C., zum Teil darüber. Es handelt sich somit um Bildungen aus dem letzten Pluvial. Die heutigen Krusten sind zerstörte Reste der nirgends mehr vollständig erhaltenen, ur-

sprünglichen Kalkkrustenprofile. Sie dienen heute als Ausgangsgestein für die aktuelle Bodenbildung, besonders Hamada-Yerma nach KUBIENA 1953.

Die genannten Kalkkrustenbildungen besitzen im Gebiet eine große Verbreitung. Kleinere Reste sind fast überall zu finden. Fünf verschiedene, typische Vorkommen sind erkennbar:

1. Ausgedehnte, mächtige, oberflächennahe Kalkkrustenbänke auf den weitgespannten Hamada- und Küstenplateaus und auf den dortigen Terrassenflächen
2. Rudimente von Kalkkrustenbänken auf erhöhten Terrassen- und Verebnungsflächen der Präkambrischen Gesteinszonen des Landesinnern (weite Ebene der Tiris)
3. Hydromorphe Kalkkrusten als ehemalige Talbodenbildungen in Tälern der nördlichen Gebirgszonen
4. Kalkkrustenreste auf flacher geneigten Hangfußflächen der nördlichen Gebirgszonen
5. Kalkkrustenreste auf Teilhängen und Gipfelpartien der Gebirgszonen.

Bei den Kalkkrustenvorkommen sind besonders die Position im Gelände und die Ausbildung des Krustenkalks von Bedeutung für die Ent-rätselung der Bildungsbedingungen. Im folgenden eine kurze Übersicht.

4.2.1. Mächtige Kalkkrustenbänke auf Hamada- und Küstenplateaus sowie Terrassenflächen

Die in Aufschlüssen zu beobachtende Mächtigkeit der Kalkkrustenbänke schwankt zwischen 1 und 3 m und darüber. Auf geomorphologisch älteren Flächen ist sie größer als auf jüngeren. Die Krustenbänke treten teils unmittelbar an die Oberfläche, teils sind sie unter einer dünnen Lockerbodenüberdeckung verborgen.

Die Bänke bestehen aus einem sehr harten, homogenen, mergeligen Kalkstein, der eine sehr typische, hellbräunliche Farbe zeigt. Darin sind sandige, kiesige und z.T. auch steinige Gemengteile eingeschlossen (stellenweise auch Schalenreste oder Knochen usw.). Die ursprünglich kompakten Kalkkrustenbänke sind heute von oben her in Platten, Blöcke und feinere Elemente zerlegt. Auf den neu geschaffenen Oberflächen sind dünnere oder dickere, hellbräunliche Rindenbildungen zu erkennen, die eine typische Lamellierung zeigen (Lamellenkruste).

4.2.2. Reste von Kalkkrustenbänken auf erhöhten Terrassen- und Ver- ebnungsflächen der präkambrischen Gesteinszonen des Landes- (in den weiten Ebenen der Tiris)

Die Kalkkrustenbänke sind einige Dezimeter und mehr mächtig. Sie kommen auf Terrassenresten, erosionsgeschützten Wasserscheiden und ähnlichen Flächen unmittelbar auf den meist basischen bis intermediären Magmatiten vor. Ihrer Geländelage nach sind sie Überreste einer ehemals zusammenhängenden, höher gelegenen, krustenbedeckten Oberfläche, die bis auf Reste erodiert wurde.

Die Kruste ist ein dichter, sehr harter, z.T. schwach mergeliger (etwas kieseliger) Kalkstein. Er ist unregelmäßig bräunlich, rötlich und schmutziggrau gefärbt. Stellenweise ist der Übergang der Kalkkruste in das unterlagernde Gestein zu beobachten: Das Kalkkrustenmaterial durchdringt wabenartig die noch im ursprünglichen Verband liegenden, mechanisch zerteilten Gesteinspartien.

4.2.3. Hydromorphe Kalkkrusten als ehemalige Talbodenbildungen in Tälern der nördlichen Gebirgszone

Die bis zu 2 m mächtigen Kalkkrustenbildungen bestehen aus sehr hartem, mergeligem, z.T. sandigem, fahlgrau und rostbraun geflecktem Kalkstein. Sie liegen unmittelbar dem darunter vorkommenden Fest-

gestein (kambrische Schiefer, Quarzite) auf. Das Kalkkrustenmaterial ist in die Schieferungsfugen eingedrungen. Im senkrechten Aufschluß zeigt die Kalkkrustenbildung die Schichtung des ehemaligen, später kalkinkrustierten Talsedimentes.

4.2.4. Kalkkrustenreste auf flacher geneigten Hangfußflächen der nördlichen Gebirgszonen

Die teilweise bankigen Kalkkrustenbildungen überziehen nur bestimmte, schwächer geneigte Hangfußflächen. Die in sie eingesenkten (jüngeren) Erosionsrinnen und steileren Hangabschnitte sind frei von Kruste. Die erhaltenen Kalkkrustenreste sind also Bildungen einer vergangenen Epoche, d.h. Relikte, die eindeutig mit den heutigen Standortbedingungen nicht in Einklang stehen.

Die kompakte, wenige Dezimeter mächtige, zusammenhängende Kalkkruste lagert unmittelbar auf dem kalkfreien Gestein auf (Quarzit, basenfreie kristalline Schiefer und Konglomerate). Die Kruste ist von oben in Platten und Blöcke zerteilt. Sie besteht aus dem typischen, hellbräunlichen, sehr harten homogenen, mergeligen Kalkstein, der stark an die Kalkkrusten der Hamada- und Küstenplateaus erinnert.

Das Kalkkrustenvorkommen ist insofern von besonderer Bedeutung, als hier deutlich ablesbar ist, daß - vor allem im Norden des Gebietes - ausschließlich äolisches Material die Ausgangsbasis für die Kalkkrustenbildung geliefert hat:

- das unterlagernde und umgebende kalkfreie Gestein kann nicht die Quelle des Kalkes sein.
- Die erhöhte Geländelage schließt fluviatilen Herantransport aus.

Durch den mikromorphologischen Befund wird die äolische Herkunft des Ausgangsmaterials bestätigt.

4.2.5. Kalkkrustenreste auf Steilhängen und Gipfelpartien der Gebirgszonen

Die nur sehr beschränkt auftretenden Kalkkrusten kommen "versteckt", unter einer geringmächtigen Feinbodenüberdeckung, vor. Der Krustenkalkstein ist teils hart und kompakt, teils weißlich-kreidig zermürbt und in knollig-gegliederte Bruchstücke zerfallen. Manchmal ist auf den Oberflächen Lamellenkruste ausgebildet. Die Kalkkruste setzt sich in Rissen und Spalten in das unterlagernde Festgestein, z.T. ebenfalls in lamellierter Ausbildung, fort.

4.2.6. Mikromorphologie der Kalkkrusten der Westsahara

Überblickt man die Kalkkrustenbildungen, so ist im Norden überwiegend ein sehr typischer, hellbräunlicher, sehr harter, mergeliger Kalkstein anzutreffen, der - wie gezeigt - stark durch äolisches Ausgangsmaterial geprägt ist. Im Süden (Tiris) ist ein sehr harter und dichter, wenig mergeliger, häufig kieseliger Kalkstein ausgebildet, der durch verwitterte magmatische Gesteinseinsprenglinge stark unterschiedlich gefärbt ist. Unter Lockerbodenüberdeckung ist die Kalkkruste zuweilen von mürber Konsistenz. Auch der angrenzende Feinboden kann dann auffällig kreidig-pulverige Beschaffenheit zeigen.

Außer der Position im Gelände und der Ausbildung des Krustenkalks gewinnt - angesichts des Fehlers vollständiger, ursprünglicher Kalkkrustenprofile - besonders auch die mikromorphologische Untersuchung an Bedeutung. Die mikroskopischen Strukturen geben wichtige Hinweise auf die ursprünglichen Entstehungsbedingungen.

Zwei hauptsächliche Gefügetypen des Krustengefüges sind zu unterscheiden:

- "Mikroporphyrisches Gefüge": Isotropes, homogenes Krustengefüge, bei dem in einer dichten "Grundmasse" aus feinstkörnigem Calcit mit diffus verteilter Tonsubstanz "Einsprenglinge" (Sand- und Schluffkörper) eingebettet sind. Es kennzeichnet den beschriebenen, überwiegend vorkommenden, sehr harten, mergeligen, homogenen Krustenkalkstein.
- "Lamelläres Gefüge": Anisotropes, lamelliertes Krustengefüge, das durch eine Vielzahl streng ausgerichteter, mikroskopischer Lamellenelemente gekennzeichnet ist. Es ist das typische Mikrogefüge der beschriebenen Lamellenkrusten.

Beide mikromorphologischen Gefügetypen zeigen eine Fülle spezieller Ausbildungsformen. Besonders sie erlauben Einblicke in genetische Bildungsabläufe.

Danach hat in den mikroporphyrischen Kalkkrustenpartien ursprünglich stets eine homogene "Matrix" vorgelegen, die inkrustiert wurde. Sehr häufig, vor allem im Norden, war es äolischer Sand mit einem gewissen Tonsubstanzanteil (als Staub, Pseudosand). Bei der Kalkinkrustierung wurde die Matrix durch die dichte und gleichmäßige Einlagerung feinsten Calcitkörner gewissermaßen "aufgebläht": Die Sandkörner wurden durch die an Masse zunehmende "Grundmasse" auseinander-geschoben und wurden auf diese Weise zu "Einsprenglingen". Die Tonsubstanz wurde in gleichem Maße in der feinstkörnigen Calcitgrundmasse immer feiner und diffuser verteilt.

Diese feinstverteilte Tonsubstanz prägt die Farbe der Krustenkalke. Die typische, hellbräunliche Farbe der meisten Kalkkrusten geht offenbar auf die rötlich-bräunliche äolische Feinsubstanzkomponente zurück, die sich wie heute offenbar auch in zurückliegenden Epochen in der Westsahara überall - unabhängig vom Relief - absetzt. Schwarze Krustenkalke, die als Lesesteine gefunden wurden, weisen auf Tonsubstanz einer spezifischen humosen Matrix hin (ehemalige tirsoide Bodenbildung?). Verwitternde Einsprenglinge und Stoffwanderungen in den Krusten können die ursprüngliche, tonsubstanzbedingte Färbung nachträglich überprägen. Dieses ist kennzeichnend für die stark

unterschiedliche Färbung der Krustenkalke auf magmatischen Gesteinen im Landesinnern (Tiris).

Die gefundene Homogenität und feinste, gleichmäßige Calcitkorngröße im mikroporphyrischen Gefüge deuten auf "ruhige" Bedingungen bei der Kalkkrustengenese hin: Die Kalkkrusten sind kein Oberflächenprodukt, sondern haben sich unter einem Sediment oder einer Bodenüberdeckung gebildet. Ursprünglich waren sie vielleicht auch von weicherer Konsistenz. Die Härte des Kalksteins kam vermutlich erst nach Abtragung des Lockermaterials und Übergang zu noch trockeneren Klimabedingungen zustande.

Demgegenüber ist das lamelläre Gefüge unter dem beherrschenden Einfluß einer Grenzfläche entstanden: Oberfläche zum Lockerboden, Grenzflächen zu Spalten, Rissen oder sonstigen Unstetigkeitsflächen. Die Nähe zur Oberfläche ist dabei verantwortlich für die rhythmische Wiederholung der lamellierten Strukturen. Wirksam ist die Wechseldynamik von Durchfeuchtung und Austrocknung, thermischer Expansion und Kontraktion sowie rhythmisch wiederholter Stoffzufuhr. Fast immer geht die Bildung des lamellären Gefüges auf Kosten vorher an der betreffenden Stelle vorhandener mikroporphyrischer Krustengefügebereiche. Diese werden durch Überprägung vollkommen "aufgezehrt". Die Lamellenkruste ist also generell jünger als die an sie angrenzenden (mikroporphyrischen) homogenen Krustenbereiche.

Beide Krustentypen lassen darüberhinaus stellenweise deutliche Diskordanzen erkennen. Innerhalb eines Gesamt-Kalkkrustenvorkommens folgen also unterschiedlich alte Kalkkrustenbildungen aufeinander. An solchen Vorkommen ist gewissermaßen mehrfach "weitergebaut" worden. Neben schwächeren Klimaschwankungen könnten hier auch die säkularen Oszillationen des Quartärs abgebildet sein. Das Mikrogefüge läßt außerdem eine Fülle von Stoffverlagerungen, Umkristallisationen, Verkieselungen erkennen, die Rückschlüsse auf Genese und Dynamik der ursprünglichen Kalkkrusten ermöglichen.

Die heute zu beobachtenden Kalkkrustenbildungen der Westsahara sind fossile, stark abgewandelte und verstümmelte Rudimente der ursprünglichen Kalkkrustenprofile. Sie erscheinen als fremdartige von den ursprünglichen Standortbedingungen losgelöste Gebilde.

Die Härte des Krustenkalksteins hat bewirkt, daß unschätzbare Zeugen bewahrt wurden, aus denen

- die Bildungs-, Umwandlungs- und Zersötrungsprozesse der Kalkkrusten und
- Klimaabläufe und grundlegende Sedimentations- und Erosionsphasen

abgeleitet werden können.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Dr. Dr.h.c. E. Mückenhausen und

Dr. S. Stephan

Institut für Bodenkunde

Nußallee 13

D-5300 Bonn 1

Reg. Direktor K. Zimmermann

Insterburgerstr. 60

D-5300 Bonn 1

Literatur:

ARBEITSKREIS FÜR BODENSYSTEMATIK DER DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT:

Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. - Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Band 44, Göttingen 1985.

BOSINSKI, G., K. BRUNNACKER, K.P. LANSER, S. STEPHAN, B. URBAN & K. WÜRGES (1980):

Altpaläolithische Funde von Kärlich, Kreis Mayen-Koblenz (Neuwieder Becken). - Archäol. Korrespondenzbl. (Mainz), 10, 295-314.

BOSINSKI, G. (1983):

Eiszeitjäger im Neuwieder Becken. Archäologie des Eiszeitalters Mittelrhein. - 2. Aufl. Koblenz, Landesamt f. Denkmalspflege Rheinland-Pfalz, Abt. Bodendenkmalspflege, Außenst. Koblenz.

CREUZTBERG, D. & W.G. SOMBROEK (1987):

Micromorphological characteristics of Nitosols. - Micromorphologie des sols. Act. VII. Réunion. Int. de Micromorphol. des Sols Paris Juil. 1985. - Plaisir, France, Ass. Franc. pour l'Etude du Sol, p. 151-155.

DEL VILLAR, E.H. (1944):

The Tirs of Marocco. - Soil Sci. (New Brunswick), 57, 313-399.

DUCHAUFOR, P. (1982):

Pedology. - Masson, Paris.

DUDAL, R. (ed.) (1965):

Dark clay soils of tropical and subtropical regions. - FAO Agr. Dev. Paper, No. 83, FAO, Rom.

FAO-UNESCO (1974):

Soil map of the world 1:5.000.000, Volume I, Legend. - Unesco, Paris.

- GANSSEN, R. (1968):
Trockengebiete. Böden, Bodennutzung, Bodenkultivierung, Boden-
gefährdung. - Bibliogr. Inst., Mannheim.
- GLAZOVSKAYA, M.A. (1983):
Soils of the world. - Balkema, Rotterdam.
- KUBIENA, W.L. (1938):
Micropedology. - Collegiate Press, Ames Iowa.
- KUBIENA, W.L. (1948):
Entwicklungslehre des Bodens. - Springer, Wien.
- KUBIENA, W.L. (1953):
Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. - Ferdinand
Enke, Stuttgart.
- KUBIENA, W.L. (1956):
Kurze Übersicht über die wichtigsten Formen der Bodenbildung
in Spanien. - Geobotanisches Institut Rübel, 31, 23-31,
Zürich.
- KUBIENA, W. L. (1962):
Die Böden des mediterranen Raumes. - Kalium-Symposium, Athen,
Internat. Kali-Institut, 167-190, Bern.
- KUBIENA, W.L. (1970):
Micropedological Features of Soil Geography. - Rutgers Uni-
versity Press, New Brunswick, New Jersey.
- KUBIENA, W.L. (1986):
Grundzüge der Geopedologie und der Formenwandel der Böden. -
Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- KUBIENA, W.L. (?):
Semiaride Regionen der Tropen und Subtropen (Manuskript 1).
- KUBIENA; W.L. (?):
Observations faites pendant les Excursions Cg. et D2 dans le
Sahara Algérie (Manuskript 2).
- KUBIENA, W.L. (?):
Die deutsche bodenkundliche Forschung in Afrika seit 1945
(Manuskript 3).

KUBIENA, W.L. (?):

Memorandum of the Problem of the Improving of Unfertile Crop and Pasture Soils in Semi-Arid Tropical and Subtropical Zones (Manuskript 4).

MARTIN, H. & K. KORN (1955):

The Pleistocene of South West Africa. - Proc. of the 3rd Pan Afr. Congr. on Prehistory.

MORI, A. (1966):

Les sols vertiques, les vertisols et les sols tirsifiés de la Tunisie du Nord. - Conf. Suelos Mediter., Madrid.

MÜCKENHAUSEN, E. (1959):

Die stratigraphische Gliederung des Löß-Komplexes von Kärlich im Neudwieder Becken. - Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., 4, 282-300.

SCHMIDT-LORENZ, R. (1980):

Soil reddening through hematite from plinthitized saprolite. - Proc. Conf. Class. and management of tropical soils, 1977, Kuala Lumpur (ed. K. T. Joseph), 101-106.

SCHMIDT-LORENZ, R. (1986):

Die Böden der Tropen und Subtropen. - In: Handb. d. Landw. u. Ernähr. in d. Entwicklungsländern, 3, 47-90, Ulmer, Stuttgart.

SCHOLZ, H. (1968a):

Die Böden der feuchten Savanne Südwestafrikas. - Zeitschr. Pflanzenern. u. Bodenkunde, 120. Bd., H. 3, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr.

SCHOLZ, H. (1968b):

Die Böden der trockenen Savanne Südwestafrikas. - Zeitschr. Pflanzenern. u. Bodenkunde, 120. Bd., H. 2, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr.

SCHWERTMANN, U. (1985):

The effect of pedogenic environments on iron oxide minerals. - Advances in Soil Sci. (New York), 1, 172-200.

STREMME, H. E. (1986):

Korrelation und Datierung von Paläoböden. - Ber. 13. Congr. Internat. Bodenkundl. Gesellsch., Hamburg, 3, 1285-1286.

DIE BEDEUTUNG DER MIKROMORPHOLOGIE IN DER BODENKUNDE *

von G.Stoops **

- *) Originaltitel: "The Place of Micropedology in Soil Science", aus dem Englischen übersetzt von Mag. Brunhild E. Blum
- **) Prof.Dr.G. Stoops, International Training Centre for Post Graduate Soil Scientists, Ghent, Publication No 014/89

1. EINLEITUNG

Die Geschichte der Mikromorphologie begann vor einem halben Jahrhundert mit KUBIENAS berühmter Publikation "Micropedology" im Jahre 1938. Seither machte diese Methode sowohl in ihrer Technik als auch in ihrer Anwendung eine bedeutende Entwicklung durch.

Tatsächlich begann alles in Österreich, oder genauer in Wien, wo W.L.Kubiena Mitte der dreißiger Jahre seine ersten mikromorphologischen Beobachtungen machte. Die Tradition der mikromorphologischen Forschung wurde nach dem zweiten Weltkrieg von Dr.F.Blümel in Petzenkirchen und später von Prof.Dr.W.L.Kubiena in Klagenfurt fortgesetzt.

Die Mikromorphologie ist die Untersuchung unveränderter Bodenproben mit Hilfe eines Vergrößerungsinstrumentes. Dieses kann von einer einfachen Handlupe bis zu einem höchstentwickelten Elektronenmikroskop reichen. Die

verbreitetste Methode ist die Untersuchung an Dünnschliffen mit Hilfe eines Polarisationsmikroskopes. In der Herstellung von Dünnschliffen wurden in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte erzielt (MURPHY, 1986).

Ziel dieser Untersuchung ist die Identifizierung der räumlichen Beziehungen zwischen verschiedenen BodenkompONENTEN. Diese räumlichen Beziehungen kennzeichnen gleichzeitig ihre genetischen, funktionalen und chronologischen Beziehungen. In der Mikromorphologie werden zwei eigenständige, jedoch miteinander korrelierte Aspekte unterschieden: Die Identifizierung der Art der Bestandteile und die Beschreibung ihrer räumlichen Anordnung (vgl. Tab.1).

Tabelle 1: Untersuchungsobjekte der Mikromorphologie

Mikromorphologie	
<u>Art der Bestandteile</u>	<u>räumliche Anordnung</u> <u>(Gefüge)</u>
Mineralogie und Chemie	Orientierungsmuster, Verteilungsmuster, rel. Größe, Form usw.

Während die Beschreibung der Natur der Bestandteile keine Probleme aufwirft, wenn sie einmal identifiziert sind, ist die Beschreibung des Gefüges wegen ihrer Abstraktion komplizierter und verlangt exakt definierte Begriffe. Einige Bodenkundler schlugen vor, das Gefüge mit einfachen Worten der Alltagssprache zu beschreiben. Derartige Beschreibungen

sind jedoch meistens sehr umständlich und im allgemeinen nicht klar genug und darüber hinaus oft nicht eindeutig.

Die Vorteile einer systematischen Terminologie, die sich auf gut definierte Begriffe stützt, sind folgende:

- die Beschreibungen können auf ein Minimum reduziert werden;
- sie können auch von anderen Wissenschaftlern selbst nach einer Übersetzung richtig verstanden werden, wenn diese genormt ist; sie sind außerdem eine gute didaktische Grundlage, da Studenten meist nur solche Eigenschaften bemerken, bzw. sich merken, die sie benennen können.

Gerade heute, bei zunehmendem Einsatz von Datenbanksystemen zur Informationsspeicherung und -bearbeitung sind systematische Ansätze und genormte Terminologien unumgänglich. Seit Beginn der Mikromorphologie wurden verschiedene Versuche unternommen, ein logisches System von klar und eindeutig definierten Begriffen zu erstellen. Die wichtigsten sollen im folgenden behandelt werden.

2. RÜCKBLICK AUF DIE WICHTIGSTEN MIKROMORPHOLOGISCHEN SYSTEME

Hier soll nur ein kurzer Rückblick gegeben werden. Nähere Angaben finden sich bei Stoops und Eswaran, 1986.

2.1 KUBIENA 1938

In seinem Buch "Micropedology" schlug Kubiena als ersten Ansatz eines morphologischen Systems vor, das Bodengefüge nach rein morphologischen Kriterien zu bestimmen. Tatsächlich wurden in späteren Bodenuntersuchungen nur die niedrigsten Organisationsstufen seines Systems ("elementary fabric"),

d.h. die Anordnung der wesentlichen Bodenbestandteile, der Skelettkörner, des Plasmas, einschließlich der groben Mineralkörner und der Tonfraktion, unter Berücksichtigung von Ausdrücken wie chlamydomorphes, porphyropeptisches und plektoamiktisches Gefüge, übernommen.

2.2 KUBIENA 1948 UND 1956

Hier entfällt bereits der analytische Ansatz zugunsten einer direkten Synthese und genetischen Interpretation der Beobachtungen: So wird z.B. ein toniger Boden mit gelbem Plasma, doppelbrechenden Schlieren und gerundeten, undifferenzierten kryptokristallinen Goetitkonkretionen entsprechend Braunlehm genannt, was gleichzeitig eine bestimmte Stufe der Bodenbildung beschreibt, entsprechend diesem Bodentyp. Dies ist ein morphogenetischer Ansatz. Der Nachteil dieses Systems liegt in seiner begrenzten Anwendungsmöglichkeit auf nur eine Reihe europäischer Böden sowie einiger Böden der feuchten Tropen, die in seinem Buch beschrieben werden. Dadurch wurde die Anwendung dieses Systems bei neu entdeckten Bodentypen, z.B. einigen tropischen und meistens ariden Böden meistens erschwert. Darüber hinaus kann es nicht unabhängig von der Bodenklassifikation Kubienas und dessen Vorstellungen über Bodenbildung und -entwicklung angewandt werden. Die meisten dieser Konzepte wurden in KUBIENA, 1970 wiederholt. Bis Ende der sechziger Jahre wurde im allgemeinen dieses System benutzt, und selbst heute ist dieses bei einigen Autoren, hauptsächlich in der Paläopedologie, noch im Einsatz.

2.3 BREWER 1964

Das System von BREWER ist ein mehr petrographisches, morpho-analytisches System. Aufgrund seines universelleren Ansatzes erlaubte es eine schnelle Weiterentwicklung der Mikromorphologie. Mit diesem System werden alle sichtbaren

Organisationsformen (Strukturen im Boden) nunmehr beschrieben, klassifiziert und mit neu geprägten Ausdrücken benannt. Daher ist dieses System weniger durch bereits erworbenes Vorwissen über Bodenstrukturen begrenzt und der Wissenschaftler wird zu genauen Detailstudien an Dünnschliffen gezwungen. Dieses System ist jedoch auf die niedrigste Stufe der Organisationsformen begrenzt. Für die Interpretation existieren keine Richtlinien.

Von der Theorie her wurden Einwände gegen das zugrundeliegende Konzept des Systems gemacht, besonders gegen das des Plasmas (Kolloidfraktion und wasserlösliche Salze) und gegen die Skelettkörner (einzelne Minerale mit Schluff- und Sandgröße), da dieses System auf Stabilitäten basiert (Löslichkeit und Mobilität, beide sind unter dem Mikroskop nicht sichtbar) und weniger auf reinen morphologischen Eigenschaften. In seinen neueren Veröffentlichungen schlägt Brewer jedoch einen mehr morphologischen Ansatz vor.

Die schnelle Entwicklung der tropischen Bodenkunde, die kurz nach Brewers Veröffentlichung einsetzte, war Anlaß für intensivere mikromorphologische Studien an vielen unbekannten Böden. Dabei wurde klar, daß mehrere Merkmale nicht in das bestehende mikromorphologische System paßten. So wurden mehrere Ergänzungen von verschiedenen Autoren vorgeschlagen.

Da sich Brewers System fast ausschließlich mit dem mineralogischen Teilaspekt des Bodens beschäftigte, wurden von BARRAT (1969) und BAL (1973) Ergänzungen für den organischen Teilaspekt vorgeschlagen. Sie waren aber nie so erfolgreich wie Brewers System. Diese Ergänzungen und die Hinzufügung weiterer Begriffe durch mehrere Autoren waren die Ursache für eine gefährliche Ausweitung von Begriffen. Eine deutsche Übersetzung der von Brewer definierten Begriffe und

vieler anderer kann in JONGERIUS und RUTHERFORD, 1979, nachgelesen werden.

Ein Hauptproblem von Brewers Buch ist, daß kein einziges Beispiel aufzeigt, wie seine Terminologie in der Praxis angewandt werden kann.

2.4 ISSS-SYSTEM 1985

Da die zuvor genannten Systeme zur mikromorphologischen Analyse aller Bodentypen nicht ausreichten und die Begriffsverwirrung zunahm, beauftragte das 3.internationale Arbeitstreffen über Bodenmikromorphologie 1969 in Wroclaw (Polen) eine internationale Spezialistengruppe, ein verständlicheres und konsequenteres System zu erarbeiten. Es wurde unter der Schirmherrschaft der IBG und UNESCO vorbereitet (BULLOCK et al. 1985).

Der Ansatz ist morpho-analytisch und auf den niedrigsten Ordnungsgrad, z.B. die grundlegenden Bestandteile, beschränkt. Dieses System verwendet viele von Brewers Konzepten, ist aber wegen der viel größeren Erfahrung mit Böden aus aller Welt vollständiger und sicherer. Anstelle von neu geprägten Wörtern werden hauptsächlich relativ einfache Begriffe gebraucht. Auf den ersten Blick ist dies ein Fortschritt. Ich meine aber, daß dies ein Nachteil ist, da die Leute den Eindruck haben, sie hätten alles verstanden, ohne die Prinzipien erarbeitet zu haben, die hinter den Begriffen stehen. So sind sie sich der wirklichen Bedeutung der Begriffe und ihrer Grenzen nicht bewußt (vgl. 3). Es sind aber nur wenige Versuche gemacht worden, diese Merkmale zu beschreiben. Eine mehrsprachige Übersetzung der Begriffe, einschließlich deutsch, wurde von STOOPS, 1986 herausgegeben.

2.5 BREWER UND SLEEMAN 1988

Hier wird ein morpho-synthetisches System zur Beschreibung von Bodendünnschliffen vorgestellt: Das Elementargefüge wird nach BREWER, 1964 mit einigen Modifikationen, wie eine Reihe von neu geprägten Begriffen analysiert. Wenn man mehrere dieser Begriffe zusammen nimmt, kann man auch höhere Ordnungszustände darstellen. Dies ist der erste Versuch, höhere Ordnungsgrade von Bodengefüge zu klassifizieren (abgesehen von Kubienas morpho-genetischem System). Aber die komplizierten künstlichen Begriffe dürften von den Feldebodenkundlern nicht geschätzt werden.

2.6 DIE SOWJETISCHE SCHULE

In den UDSSR gibt es mehrere große Schulen von Mikromorphologen, hauptsächlich in Moskau und Leningrad. Anfangs verwendete jede Gruppe ihre eigene, hauptsächlich auf der bestehenden Terminologie für Sedimentpetrographie beruhende Terminologie, z.B. PARFENOVA und YARILOVA 1962. Seit den siebziger Jahren wurden allerdings Vereinheitlichungsversuche gemacht, z.B. DOBROVOLSKY, 1983.

2.7 SONSTIGE

Mehrere Wissenschaftler haben durch spezifische Konzepte viel zur Entwicklung der Mikromorphologie beigetragen, ohne ein umfassendes System zu erstellen. Dennoch waren ihre Arbeiten für den Aufbau anderer Systeme sowie für die Interpretation gewisser Merkmale oft sehr hilfreich. Die wichtigsten Publikationen auf diesem Gebiet sind von ALTEMÜLLER, 1966, BABEL, 1975 und FITZPATRICK, 1984.

3. ANALYSE DES GEFÜGES

Als Beispiel wird eine kurze Zusammenfassung des Systems der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft gegeben. Als erster Schritt wird die Mikrostruktur des Bodens beschrieben. Die Art der Mikrostruktur wird durch die Kombination von Poren und vorhandenen Aggregattypen bestimmt, z.B. Packungshohlräume in losem Sand mit Einzelkorngefüge, Flächen im Polyedergefüge usw.. Es können mehrere Strukturniveaus übereinanderliegen, wie z.B. eine Polyedermikrostruktur mit einem Ganggefüge im Aggregat.

Bei festem Material wird für die Bestimmung des Gefüges zwischen einer undifferenzierten Grundmasse und den Pedofeatures unterschieden, welche von der Grundmasse durch eine andere Komponentenkonzentration oder ein anderes Gefüge unterschieden werden können.

Bei der Beschreibung der Grundmasse muß die relative Verteilung des feinen ($\text{fine}=\text{f}$) und des groben ($\text{coarse}=\text{c}$) Materials (die sogenannte c/f-Relativverteilung) und die Muster der Interferenzfarben im Feinmaterial besonders beachtet werden. Die c/f-Relativverteilung, vergleichbar mit Kubienas Elementargefüge, beschreibt die Verteilung der Mikromasse (meistens Ton oder Ton und Feinschluff), im Vergleich zum groben Anteil (Schluff und Sand). Dabei sind mehrere Typen möglich. Nur grobes oder nur feines Material (monisch), Brücken von Feinmaterial zwischen dem groben (gefurisch), Kügelchen von Feinmaterial zwischen gröberen Komponenten (enaulisch), Feinmaterialhüllen um Grobkörniges (chitonisch) oder Grobkörner in dichte Feinmasse eingebettet (phorphyrisch). Diese Verteilungstypen sind oft charakteristisch für spezielle Typen und Stufen der Bodenbildung.

Das Muster der Interferenzfarben in der Feinmasse gibt als Folge der von Tonteilchen bevorzugten Parallelausrichtung Aufschluß über die Zusammensetzung der Tonfraktion und ihrer Dynamik: Zum Beispiel streifige Muster in Vertisolen und zeitweise nassen Böden, als Folge von Schrumpf- und Quellbewegungen; das Fehlen von Interferenzfarben in Andosolen (Allophan) und Oxic-Horizonten (Maskierungseffekt von Eisenoxihydraten).

Eine Detailbeschreibung der Grobkörner, ihrer Zusammensetzung, Gestalt und ihres Verwitterungsgrades geben nützliche Informationen über das Muttergestein (alluvial, kolluvial oder eluvial, Festgestein) oder pedogenetische Prozesse (Verwitterungstyp, Neubildung von Mineralen wie Calcit und Gips). Gemäß dem Zerkleinerungs- und Humifizierungsgrad können verschiedene Typen von organischem Material unterschieden werden, wie z.B. Organreste und organisches Feinmaterial.

Die Pedofeatures (Bodenmuster) sind dreidimensionale Körper, die von der Grundmasse durch Unterschiede entweder in der Konzentration verschiedener Komponenten (z.B. Ton, Eisenoxide, Calcit, Humus) oder durch Unterschiede im Gefüge, z.B. eine mehr kompaktere oder eine bogenförmige Anordnung, unterschieden werden. Anhand der Zusammensetzung können folgende Typen von Pedofeatures unterschieden werden:

Textur-: Unterschied in der Korngrößenverteilung; z.B. Tonhäutchen;

Kristallin: Neu geformte Kristalle oder Kristallaggregate, die mit einem Mikroskop erkannt werden können; z.B. Gipskristalle, Calcitkonkretionen oder Thenarditausbildungen;

Verarmung: Eine niedrigere Konzentration eines bestimmten Bestandteiles als in der Grundmasse; z.B. entkalkte Zonen;

Amorph und kryptokristallin: z.B. Imprägnierungen mit Eisen oder Mangan-Oxihydraten-Huminstoffen;

Gefüge: die gleiche Zusammensetzung wie die Grundmasse, aber anderes Gefüge;

Exkrement oder Losung: Muster in der Form von Tierexkrementen.

Auf einer morphologischen Basis können verschiedene Typen unterschieden werden, vgl. Tab.2.

TABELLE 2: Mikromorphologische Grundtypen

Pedofeatures korreliert mit Hohlräumen, Einzelkörnern und Aggregaten	Hüllen, Beläge, Hypo-Beläge, Quasi-Beläge,
	Füllungen
Pedofeatures ohne Relation zu Hohlräumen, Einzelkörnern und Aggregate	Kristalle und Kristallwachstum <u>in Zwischenräumen</u> <u>Konkretionen (Nodule)</u> Einschaltungen

Beläge bedecken die Oberflächen von Hohlräumen, Einzelkörnern oder Aggregaten; sie befinden sich außerhalb der Grundmasse, d.h. in Hohlräumen oder zwischen den Körnern und der Grundmasse, wie z.B. Beläge von eingewaschenem Ton, von Calcit, von Goetitfasern in Poren oder Gibbsitbeläge rund um Quarzkörner.

Hypo-Beläge kommen in der Grundmasse in direkter Verbindung mit einer natürlichen Oberfläche vor, z.B. als Imprägnierung von mikrokristallinem Calcit oder amorphen bzw. kryptokristallinen Eisenoxiden oder Calcitausfüllungen rund um Wurzelkanäle.

Quasi-Beläge kommen ebenfalls in der Grundmasse vor, in Verbindung mit natürlichen Oberflächen, aber ohne direkt mit diesen verbunden zu sein, da sie z.B. mehrere μm von der entsprechenden Oberfläche entfernt sind. Die häufigsten Quasi-Beläge bilden Eisenoxihydrate in wasserbeeinflussten Böden.

Beläge, Hypo-Beläge und Quasi-Beläge werden ferner nach ihrer Morphologie unterschieden, z.B. als typische Beläge, hängende Beläge, z.B. Calcitbärte unterhalb von Kieseln oder als Kappen.

Füllungen können z.B. Hohlräume ganz oder teilweise ausfüllen, z.B. als lockere, diskontinuierliche Ausfüllungen von Röhren mit Exkrementen oder dichte Ausfüllungen mit eingewaschenem Ton oder lockere Ausfüllungen mit linsenförmigen Gipskristallen.

Kristalle und Aufwuchs von Kristallen bestehen aus neu geformten Kristallen, normalerweise größer als 20 μm im Durchmesser. Sie sind in die Grundmasse eingebettet, wie z.B. Gips, Pyrit, Calcit oder Vivianit.

Konkretionen (Nodule) sind mehr oder weniger gleich-dimensionale Pedomuster, ohne Beziehungen zu Hohlräumen oder Oberflächen und können nach ihrem inneren Gefüge nochmals unterteilt werden, z.B. als konzentrisch, nukleisch oder pseudomorph. Sie können in reiner Form vorkommen oder als Imprägnierung, wie z.B. Eisen- oder Manganoxidimprägnierungen der Grundmasse. Diffuse Nodule werden an Ort und Stelle

gebildet. Solche mit scharfen Begrenzungen können entweder in situ gebildet worden sein (z.B. in Vertisolen oder vertisolähnlichem Bodenmaterial) oder können auch transportiert worden sein. Einlagerungen sind meist gestreckte, wellenförmige Pedomuster, ohne Verbindungen zu Hohlräumen oder anderen Oberflächen. Sie sind z.B. das Ergebnis interner Kalkausblühungen.

4. MIKROMORPHOMETRIE

Die Mikromorphologie beschränkt sich nicht auf die Beschreibung von Bodendünnschliffen und ihrer Interpretation, sondern erstreckt sich in vielen Fällen auch auf quantitative Analysen. Aus rein theoretischen Gründen (z.B. im Fall diffuser Imprägnierungen und Hypobeläge und der meisten Gefügemuster) können nicht alle Gefügeelemente quantifiziert werden, STOOPS, 1978. Andere sind aus technischen Gründen schwer quantifizierbar oder ihre Quantifizierung ist äußerst zeitaufwendig. Punktzählmethoden erlauben z.B. im Dünnschliff die Bestimmung von Oberflächen proportional zu Volumina, die von den Bestandteilen eines dreidimensionalen Bodenkörpers gebildet werden.

Andere Parameter, wie z.B. Formen, Lappungen und Verteilungsmuster können in Verbindung mit Umfangmessungen und eventuell aus der Häufigkeitsverteilung abgeleitet werden.

Die meisten Arbeiten der Mikromorphometrik sind über die Porenverteilung, in Zusammenarbeit mit der Bodenphysik gemacht worden. Seit dem Ende der sechziger Jahre besitzen zahlreiche Laboratorien elektronenoptische Ausrüstungen für die Durchführung von Bildanalysen (JONGERIJUS et al. 1972, MURPHY et al. 1977), was sehr schnelle und genaue Flächenbestimmungen erlaubt. Eines der Hauptprobleme bleibt

die statistische Aussagekraft der Ergebnisse, wegen der Uneinheitlichkeit von Böden (MURPHY und BANFIELD 1978).

Die Quantifizierung anderer Gefügeeinheiten als Poren erfordert meistens eine zeitraubende Punktzählanalyse. Diese wird hauptsächlich zur Quantifizierung von Toneinwaschungen (z.B. MIEDEMA und SLAGER 1972) herangezogen. Aber gerade hier können subjektive Interpretationen, je nach Forscher, zu stark unterschiedlichen Ergebnissen führen (Mc. KEAGUE et al. 1978). Viele methodologische Arbeiten sind hier noch notwendig.

5. ANWENDUNGSBEREICHE IN DER BODENGENETIK UND KLASSIFIKATION

Die mikromorphologische Untersuchung ist vermutlich zuerst bei Studien zur Bodenbildung angewandt worden (z.B. KUBIENA 1938 und 1948). Die Methode erwies sich als besonders brauchbar, wenn Bodenbildung mehr durch das Muster der Anordnung als durch den Wechsel in der materiellen Zusammensetzung zum Ausdruck kommt oder aber bei polyzyklischer Bodenbildung. Die Ausbildung eines Gipshorizontes in Aridisols konnte nur nach einer systematischen mikromorphologischen Untersuchung verstanden werden. Selbst wenn der Ursprung des Gipses bekannt ist, bleibt es unerklärt, wie eine etliche Dezimeter dicke Schicht mit bis zu 95 % locker verteilten Gipskristallen im Bodenprofil in einer Tiefe von einigen Dezimetern Platz finden konnte. Dünnschliffuntersuchungen (BARZANI und STOOPS 1974) zeigten, daß Gips im wesentlichen in Bioporen kristallisiert, wobei durch nachfolgende biologische Aktivität der Gips mit anderem Bodenmaterial, unter Ausbildung neuer Poren, gemischt wird, in denen wiederum Gips auskristallisieren kann. Eine langfristige Wiederholung dieses Prozesses führt dazu, daß das ursprüngliche Bodenmaterial in einer Masse loser Gipskristalle verdünnt

werden kann. Der pedogenetische Ursprung von Palygorskit in gipshältigen Böden konnte ebenfalls durch mikromorphologische Untersuchungen erklärt werden. In einigen Fällen formte sich Gips in den Poren (d.h.eindeutig pedogenetisch) und wurde durch Palygorskitfasern überwachsen, wie mit dem Elektronenmikroskop sichtbar gemacht werden kann. Palygorskit ist daher eine Neubildung und kein ererbtes Mineral. Ein anderes Beispiel ist die Vertiefung von A-Horizonten in einigen Pampa-Böden (z.B.PAZOS und STOOPS 1987). Das graduelle Eindringen des dunklen A-Horizontes in den B-Horizont scheint ein Ergebnis intensiver biologischer Aktivität zu sein, wobei im B-Horizont geformte Kanäle mit A-Material gefüllt werden. Ebenfalls werden Füllungen von B-Material im unteren Teil des A-Horizontes gefunden, was bedeutet, daß ein Übergangshorizont gebildet wird, der im Profil langsam nach unten wandert.

In der ariden Küstenzone der Insel Santa Cruz (Galapagos) sind noch rote Böden erhalten. In der Tiefe enthalten sie verwitterte Basaltbruchstücke, die mit relativ dicken Tonilluviationsbelägen bedeckt sind, die auf ein ziemlich humides Klima hindeuten. Unter gekreuzten Nicols wird im Polarisationsmikroskop deutlich, daß Calcit die Poren ausfüllt, die durch Verwitterung entstanden sind und teilweise die Tonüberzüge bedeckt, was somit auf ein späteres (d.h. auf das heutige mehr aride) Klima hinweist.

Auch bei der Erforschung der Verwitterungsprozesse von Ausgangsgesteinen und der Bildung von Bodenmaterial erwies sich die Mikromorphologie als wichtiges Arbeitsmittel. Während physiko-chemische und mineralogische Studien Auskunft über globale Veränderungen geben, zeigen mikroskopische Untersuchungen die Verwitterungsmuster einzelner Minerale, ihren wechselseitigen Einfluß und die zeitliche Abfolge unterschiedlicher Verwitterungsstadien. In den meisten Fällen

ist eine Kombination von Dünnschliffuntersuchungen mit optischen mikroskopischen sowie ultramikroskopischen Techniken, z.B. Elektronenrastermikroskopie mit Mikrosonde, unerläßlich. Die mikromorphologische Forschung beweist klar die Bedeutung des Mikrostandortes, (z.B. Bruchflächen, Spaltflächen, Einschlüsse während des Verwitterungsprozesses.)

Das Studium verschiedener Stadien der Gesteinsverwitterung hilft die oft komplexe Natur von Mineralpseudomorphosen zu entwirren. Die Umwandlung des vollständig verwitterten Ausgangsgesteins, das immer noch die ursprüngliche Gesteinsstruktur zeigt (Saprolith), in Richtung eines homogenen Bodenmaterials, kann durch mikromorphologische Untersuchungen sehr gut verfolgt werden. Obwohl die mineralogische und chemische Zusammensetzung beider Materialien gleich ist, haben sich die physiko-chemischen Eigenschaften gänzlich verändert. Dieser Homogenisierungsprozeß wurde von FLACH et al., 1968 als Entstehung von Pedoplasma bezeichnet oder als Homogenisierung durch FÖLSTER, 1971. Biologische Aktivität (Bioturbation) scheint der aktivste Auslöser zu sein, obwohl auch andere mechanische Kräfte möglicherweise einwirken.

Die nächstälteste Anwendung der Mikromorphologie erfolgte zweifellos in der Bodenklassifikation, was im Buch "Die Böden Europas" von KUBIENA, 1953 klar gezeigt wird. Ihre Bedeutung wird dadurch unterstrichen, daß mehrere Bodenkartierungsinstitutionen ihre eigenen mikromorphologischen Abteilungen besitzen und/oder systematische mikromorphologische Beschreibungen ihrer Kartierungsberichte und Klassifikationen durchgeführt haben, wie z.B. in Australien, England oder in den Niederlanden. Auch in einigen Entwicklungsländern wird die Mikromorphologie derzeit als ein wesentliches Werkzeug in der Bodenkartierung und Klassifikation benutzt (z.B. in Ruanda). In der Soil Taxonomy (SOIL

SURVEY STAFF 1975) wird die Mikromorphologie in einigen Fällen dazu benützt, um diagnostische Kriterien zu identifizieren (z.B. in den Argillic und Spodic Horizonten). Nach Meinung des Autors sollte in der Bodenklassifikation noch viel mehr Gebrauch von der Mikromorphologie gemacht werden. Literaturstudien und eigene Beobachtungen haben gezeigt, daß Böden derselben Klassifikationseinheit oft gänzlich verschiedene Mikrogefüge haben können. Die auffallendsten Beispiele hierfür werden bei den Inceptisols und Entisols gefunden. Es erschien z.B. unmöglich, eine allgemein gültige Beschreibung der mikromorphologischen Eigenschaften von Cambic Horizonten zu geben, da diese außerordentlich unterschiedlich sind (AUROUSSEAO et al. 1985). Sogar für Calcic- und Argillic-Horizonte kann eine große Variation in den Mikrostrukturen beobachtet werden, obwohl die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Materials vergleichbar sein können. Es wird daher klar, daß eine Einbeziehung mikromorphologischer Kriterien von größter Bedeutung ist, um zu einer differenzierteren und realistischeren Klassifikation zu kommen. Mikromorphologische Forschung für diesen Zweck ist außerdem nicht teurer als zahlreiche andere Routineverfahren.

Ein guter Überblick über den derzeitigen Wissensstand bezüglich der Anwendung der Bodenmikromorphologie in der Bodenklassifikation wird von DOUGLAS und THOMPSON 1985 gegeben.

In der Bodenklassifikation wurde die Mikromorphologie häufig benützt, um Argillic Horizonte zu definieren, wenn im Gelände Zweifel bestanden, so z.B. bei lithologischen Diskontinuitäten oder wenn Quell- und Schrumpfprozesse die ursprünglichen Beläge zerbrochen haben (sog. dynamische B-Horizonte), wie dies in den meisten tonreichen, roten mediterranen Böden der Fall ist.

6. ANWENDUNGEN IN DER BODENPHYSIK UND BODENCHEMIE

Sehr praktische Anwendungen der Bodenmikromorphologie finden sich in der Bodenphysik, z.B. in der quantitativen Analyse von Porenmustern. Mehrere qualitative und quantitative Untersuchungen wurden auch über Krustenbildungen und Bodenverdichtungen gemacht. So wurden z.B. Feldproben von vaskulären Krusten bzw. Bewässerungskrusten untersucht und mit künstlich hergestellten Krusten unter Laborbedingungen verglichen, die durch Regensimulation oder zyklisches Befeuchten und Trocknen hergestellt wurden. Die Krustenbildung konnte in ihrem Verlauf verfolgt werden, indem man zu verschiedenen Zeitintervallen orientierte Proben nahm. Ähnliche Experimente wurden nach Zusatz unterschiedlicher Bodenstabilisatoren, wie organisches Material, Klärschlamm usw., zu Bodenmaterial durchgeführt, um ihren Einfluß auf die Verhinderung von Krustenbildungen zu untersuchen (vgl.z.B. PAGLIAI et al., 1981, PAGLIAI 1987).

Die Mikromorphologie ist auch eine wertvolle Technik zur Untersuchung von Bodenverdichtungen. Einige Studien sind über die Bildung von Pflugsohlen gemacht worden, z.B. in Bewässerungsböden. Sie zeigen die schnelle Zerstörung des Porensystems unter einigen spezifischen Bodenbearbeitungstechniken. Zur Zeit werden mikromorphologische Studien über den Einfluß verschiedener äußerer Faktoren durchgeführt, die die Bildung undurchlässiger Schichten in Reisböden durch Bearbeitung im nassen Zustand zum Ziele haben. Bei Benützung des Elektronenmikroskops an unbedeckten Dünnschliffen wird selbst die Bestimmung der Mikroporosität möglich.

Auf dem Gebiet der theoretischen Bodenphysik kann die Untersuchung von BOUMA et al.1979 über den Wasserfluß in gesättigten Tonböden mittels mikromorphometrischen Techniken erwähnt werden. Durch Zusatz eines organischen Farbstoffes

zur Perkolutionslösung konnte der Autor in den Dünnschliffen nach dem Experiment die leitenden Poren nachweisen und sie darüber hinaus quantifizieren und somit die Wasserbewegung in einem natürlichen Boden berechnen.

Die Anwendung der Mikromorphologie in der Bodenchemie ist weniger entwickelt, gewinnt aber seit dem leichteren Zugang zu mikroanalytischer Ausrüstung zunehmend an Bedeutung.

Zwei Beispiele mögen die praktische Bedeutung dieser Forschungsrichtung unterstreichen. Die in situ Untersuchung des Verhaltens von Düngekörnern im Boden, wobei durch EDAX-Kartierung die bevorzugte Auflösung und Wanderung einzelner Komponenten aufgezeigt wird. EDAX-Kartierung von Schwermetallen in hoch kontaminierten Böden erlaubt die selektive Bindung dieser Elemente in spezifischen Mikrostandorten des Bodens zu verstehen, wie z.B. an Oberflächen aus Tonbelägen.

In der letzten Zeit wurde der Forschung über die Beziehung zwischen Wurzeln und umgebendem Boden viel Beachtung geschenkt. Diese Art von Untersuchungen braucht allerdings eine ziemlich spezielle Untersuchungstechnik.

7. WEITERE ANWENDUNGSGEBIETE

Es wird immer deutlicher, daß die Mikromorphologie auch in der Archäologie, Paläopedologie, Quartärgeologie und in der physischen Geographie sehr nützlich sein kann.

Mehrere Archäologenteams, hauptsächlich in Frankreich, Großbritannien und Italien nützen mikromorphologische Techniken, um verschiedene archäologische Lagen, die sie bei Ausgrabungen finden, zu entwirren und um aus ihrer Zusammensetzung und ihrem Gefüge Informationen über menschliche Aktivitäten in alter Zeit abzuleiten (GOLDBERG

1983). Die ehemaligen Aufenthaltsräume können im allgemeinen sehr leicht durch die Anwesenheit hoher Gehalte an Phytolithen (in der Asche) erkannt werden, sogar in Anwesenheit von Holzkohle, Knochensplintern und gebranntem Ton.

Die Mikromorphologie ist mittlerweile praktisch eine Routinemethode in der Paläopedologie. Die Interpretation ist allerdings auf unsere Kenntnisse über die bekannten Böden und ihre mikromorphologischen Eigenschaften begrenzt. Soweit Böden in gemäßigten Klimaten betroffen sind, gibt es keine größeren Probleme. Aber für tropische Böden (beide, trockene und humide) ist noch viel zu tun, wenn man bedenkt, wie begrenzt unsere Kenntnisse über die polyzyklischen Eigenschaften vieler dieser Böden sind.

Die Anwendung der Bodenmikromorphologie in der physischen Geographie und der Quartärgeologie ist von MÜCHER und MOROZOVA 1983 gut dargestellt worden. Ein ausgezeichnetes Beispiel ist die Arbeit von MÜCHER 1986 über die Erosion und Bildung von Kolluvien bei Lößböden.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Seit ihrem Beginn vor 50 Jahren hat sich die Mikromorphologie schnell entwickelt und nunmehr ihren festen Platz unter anderen Methoden der Bodenforschung gewonnen. Ihre Hauptanwendungsgebiete liegen noch in der Bodengenese, wo sie eine unverzichtbare Arbeitsmethode geworden ist. Mehr kann in Zukunft erwartet werden, wenn mehr systematische Vergleichsdaten vorliegen. Auch in der Bodenklassifikation hat die Mikromorphologie ihre feste Aufgabe, denn hier sind ihre Möglichkeiten nie ausreichend ausgeschöpft worden, möglicherweise wegen der zeitraubenden Herstellung von Dünnschliffen oder weil viele Feldbodenkundler die technische

Sprache der Mikromorphologen nicht verstehen oder ihr mißtrauen.

Praktische Anwendungen in der Bodennutzung finden sich hauptsächlich in der Bodenphysik und beziehen sich vor allem auf Veränderungen im Porenmuster und in der Bodenstruktur, z.B. durch die Bildung von Verdichtungen und Krusten. Speziell bei experimentellen Arbeiten hat sich die Mikromorphologie als wertvolle Technik erwiesen. In Umweltstudien ist ihr Beitrag bisher noch begrenzt, aber die schnelle Entwicklung von submikroskopischen Analysetechniken, wie Elektronen- und Ionenbeugung oder Lasermikroanalyse werden zweifellos zu ihrer Beliebtheit auf diesem Gebiet beitragen, z.B. im Hinblick auf die genaue Lokalisierung toxischer Elemente.

LITERATUR

- ALTEMÜLLER, H.-J., 1966: Die morphologische Untersuchung des Bodengefüges. In: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung, Bd. II, 230-263. Springer Verlag, Wien.
- AUROSSEAU, P., CURMI, P. & BRESSON, L.M., 1985: Microscopy of the Cambic Horizon. In L. Douglas and M.L. Thompson (Ed.): Soil Micromorphology and Soil Classification. SSSA Special Publication No. 15, Madison, 48-62.
- BABEL, U., 1975: Micromorphology of soil organic matter. In Giesekeing J. (Ed.): Soil Components, vol.1. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 369-473.
- BAL, L., 1973: Micromorphological analysis of soils. Soil Survey Paper no 6, Netherlands Soil Survey Inst., Wageningen. 175p.

- BARRAT, B.C., 1969: A revised classification and nomenclature of microscopic soil materials with particular reference to organic components. *Geoderma* 2, 257-271.
- BARZANJI, A.F. & STOOPS, G., 1974: Fabric and mineralogy of gypsum accumulations in some soils of Iraq. *Proc. 10th Internat. Congr. Soil Science, Moscow, VII*, 271-277.
- BOUMA, J., JONGERIUS A. and SCHOONDERBEEK, D., 1979. Calculation of saturated hydraulic conductivity of some pedal clay soils using micromorphometric data. *Soil Sci. Soc. America Journ.* 43, 261-264.
- BREWER, R., 1964. *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. J. Wiley & Sons, London, New York & Sydney. 470p.
- BREWER, R. & SLEEMAN, J.R., 1988. *Soil Structure and Fabric*. CSIRO Australia, 171p.
- BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G., TURSINA, T. & BABEL, U., 1985: *Handbook for Soil Thin Section Description*. Waine Research Publications, Wolverhampton, 152p.
- DOBROVOLSKI, G.V. (Ed.), 1983. *A methodological manual of soil micromorphology*. Moscow University, 64p. (in Russian).
- DOUGLAS, L. & THOMPSON, M. (Ed.), 1985. *Soil Micromorphology and Soil Classification*. SSSA Special Publication no 15, 216p.
- FITZPATRICK, E.A., 1984. *Micromorphology of Soils*. Chapman and Hall, London, New York, 433p.

- FLACH; K.W., CADY, J.G. & NETTLETON; W.D., 1968: Pedogenic alteration of highly weathered parent material. Internat. Congr. Soil Sci. 9th Trans. 4: 343-351.
- FOLSTER, H., 1971. Ferralitische Böden aus sauren metamorphen Gesteinen in den feuchten und wechselfeuchten Tropen Afrikas. Göttinger Bodenk. Berichte, 20, 231p.
- GOLDBERG, P., 1983. Applications of Micromorphology in Archaeology. In: Bullock, P. & Murphy, C.P. (Ed.) Soil Micromorphology, AB Academic Publishers, Berkhamsted, vol.1 139-150.
- JONGERIUS, A., SCHOONDERBEEK, D., JAGER, A. & KOWALINSKI, St. 1972: Electro-optical soil porosity investigation by means of Qantimet-B equipment. Geoderma 7, 177-198.
- JONGERIUS, A. & RUTHERFORD, G.K. (Ed.), 1979. Glossary of soil micromorphology. PUDOC, Wageningen, 138p.
- KUBIENA, W.L., 1938: Micropedology. Collegiate Press Inc. Ames, Iowa, 242p.
- KUBIENA, W.L., 1948: Entwicklungslehre des Bodens. Springer Verlag, Wien, 215p.
- KUBIENA, W.L., 1953: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Stuttgart.
- KUBIENA, W.L., 1970: Micromoprhological Features of Soil Geography. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey. 252p.
- McKEAGUE. J.A., GUERTIN, R.K., PAGE; F. & VALENTINE; K.W.G., 1978. Micromorphological evidence of illuvial clay in horizons designated Bt in the field. Canad. Journ. Soil Sci. 58, 179-186.

- MIEDEMA, R. & SLAGER; S. 1972: Micromorphological quantification of clay illuviation. J. Soil Sci., 23, 309-314.
- MUCHER; H.J., 1986. Aspects of loess and loess-derived slope deposits: an experimental and micromorphological approach. Netherlands Geographical Studies, Amsterdam, 270p.
- MUCHER; H.J. & MOROZOVA, t.D., 1983: The Application of Soil Micromorphology in Quaternary Geology and Geomorphology. In: Bullock, P. & Murphy, C.P. (Ed.) Soil Micromorphology, AB Academic Publishers, Berkhamsted, Vol.1, 151-194.
- MURPHY, kC.P., BULLOCK; P. & BISWELL, J., 1977: The measurement and characterization of voids by image analysis. Part II. Applications. J. Soil Sci., 28, 509-518.
- MURPHY, C.P. & BANFIELD, C.F., 1978: Pore space variability in a sub-surface horizon of two soils. J. Soil Sci., 29, 156-166.
- MURPHY, C.P., 1986. Thin Section Preparation of Soils and Sediments: AB Academic Publishers, Berkhamsted, 149p.
- PAGLIAI, M., GUIDI, G., LA MARCA, M., GIACHETTI, M. & LUCAMANTE, G., 1981. Effects of Sewage Sludges and Composts on Soil Porosity and Aggregation. Journ. Environmental Quality, 10, 556-561.
- PAGLIAI, M., 1987: Effects of different management practices on soil structure and surface crusting. In: N. Fedoroff, L.M. Bresson & M.A. Courty (Ed.) Soil Micromorphology, AFES, 415-421.

PARFENOVA, E.I. & YARILOVA, E.A., 1962. Mineralogical investigations in soil science. Moskva, 178p. (Transl. I.P.S.T., Jerusalem, 1965).

PAZOS, M.S. & STOOPS, G., 1987: Micromorphological aspects of soil formation in Mollisols from Argentina. In: N. Fedoroff, L.M. Bresson & M.A. Courty (Ed.) Soil Micromorphology, AFES, 263-270.

SOIL SURVEY STAFF, 1975: Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA-SCS Agric. Handb. 436. U.S. Government Printing Office, Washington.

STOOPS, G., 1978: Some considerations on quantitative soil micromorphology. In: Delgado, M (Ed.) Micromorfologia de Suelos. Proc. 5th Intern. Working Meeting Soil Microm., Granada 1978, 1367-1384.

STOOPS, G. & ESWARAN, H. (Ed.), 1986: Soil Micromorphology. Van Nostrand Reinhold Co.; N.Y., 345p.

STOOPS, G. (Ed.), 1986: Multilingual translation of the terminology used in the "Handbook for Soil Thin Section Description". Pedologie 36, 337-348.

Prof. Dr. G. STOOPS,
Laboratorium voor Mineralogie, Petrografie en Micropedologie,
Rijksuniversiteit Gent,
Krijgslaan 281, S8,
B 9000 Gent,
België

Walter - Kubiena - Preis

1. Der Walter-Kubiena-Preis bezweckt
 - Die Förderung von Studierenden für fachliche Arbeiten auf dem Gebiet der Bodenkunde
 - die Anerkennung einer geleisteten Arbeit.
2. Zu diesem Zwecke führt die ÖBG alljährlich eine Beurteilung und Prämierung von bodenkundlichen Originalarbeiten durch. In Frage kommen Diplomarbeiten, Dissertationen und gleichwertige Arbeiten.
3. Es können nur Arbeiten von Studierenden (a) an österreichischen Universitäten, Hochschulen; b) an Höheren Lehranstalten) in unbezahlter Stellung eingereicht werden.
4. Die Geldmittel für den Fonds werden durch einen jährlichen Beitrag der ÖBG in der Höhe von S 5.000,- bereitgestellt.
5. Arbeiten müssen von den Universitäten, Hochschulen und Höheren Lehranstalten angenommen sein und sind in zweifacher Ausführung an die Beurteilungskommission der ÖBG bis zum 31. August einzureichen.
6. Zur Beurteilung der Arbeiten wird vom Vorstand der ÖBG eine Beurteilungskommission von höchstens 3 Mitgliedern bestellt.
7. Der gesamte Vorstand entscheidet auf Antrag der Beurteilungskommission über die Prämierung guter Arbeiten.
8. Für die prämierte Arbeit wird dem Verfasser eine Anerkennungs-urkunde der ÖBG ausgestellt.
9. Autoren und Titel von prämierten Nachwuchsarbeiten werden in den Mitteilungen der ÖBG veröffentlicht.
10. Ein Exemplar der Arbeit bleibt bei der ÖBG.

Mitteilungen
der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft

- Heft 1 1955, 46 Seiten
JANIK, V.: Das Beispiel Ottensheim - ein Beitrag zur Bodenkartierung
FRANZ, H.: Zur Kenntnis der "Steppenböden" im pannonischen Klimagebiet Österreichs
SCHILLER, H.: Der Einfluß gestaffelter Jauchegaben auf einem Acker- und Wiesenboden
- Heft 2 1956, 40 Seiten
WAGNER, H.: Die Bewertung der Wasserstufen in der Bodenschätzung des Grünlandes
SCHMIDT, J.: Die Tonminerale burgenländischer Flugsandböden
EHRENDORFER, K.: Schnellmethoden zur näherungsweisen Bestimmung der Bodenfeuchte
- Heft 3 1959, 44 Seiten
FINK, J.: Leitlinien der quartärgeologischen und pedologischen Entwicklung am südöstlichen Alpenrand
JAKLITSCH, L.: Zur Untersuchung oststeirischer Böden, insbesondere jener auf Terrassen des Ritscheintales
LUMBE-MALLONITZ, Ch.: Untersuchungen über den Zurundungsgrad der Quarzkörner in verschiedenen Sedimenten und Böden Österreichs
- Heft 4 1960, 58 Seiten
REICHART, J.: Untersuchungen über die Wirkung intensiver Gülledüngung auf Dauergrünland
JANIK, V. und H. SCHILLER: Charakterisierung typischer Bodenprofile der Gjaidalm
FINK, J.: Bemerkungen zur Bodenkarte Niederösterreichs
- Heft 5 1961, 55 Seiten
BARBIER, S., H. FRANZ, J. GUSENLEITNER, K. LIEBSCHER und H. SCHILLER: Untersuchungen über die Auswirkungen langjährigen Gemüsebaues auf den Boden bei mangelnder animalischer Düngung
NESTROY, O.: Jahreszyklische Schwankungen des Wassergehaltes in zwei niederösterreichischen Lössböden
- Heft 6 1961, 189 Seiten
Exkursionen durch Österreich:
FRANZ, H.: Die Böden Österreichs
BLÜMEL, F.: Das Bundesversuchsinstitut für Kulturtechnik und technische Bodenkunde in Petzenkirchen, NÖ und die Versuchsanlage in Purgstall
FINK, J.: Der östliche Teil des nördlichen Alpenvorlandes
FRANZ, H., G. HUSZ, H. KÜPPER, G. FRASL und W. LOUB: Das Neusiedlerseebecken

- FINK, J.: Die Ortsgemeinde Moosbrunn als Beispiel einer Kartierungsgemeinde
FRANZ, H., F. SOLAR, G. FRASL und H. MAYR: Die Hochalpen-
exkursion
FINK, J.: Die Südostabdachung der Alpen
JANEKOVIC, G.: Über das Alter und den Bildungsprozeß von
Pseudogley aus pleistozänem Staublehm am südwestlichen
Rand des pannonischen Beckens
- Heft 7 1962, 46 Seiten
WEIDSCHACHER, K.: Die Böden am Westrande des niederösterrei-
chischen Weinviertels südlich Retz
- Heft 8 1964, 72 Seiten
SOLAR, F.: Zur Kenntnis der Böden auf dem Raxplateau
- Heft 9 1965, 72 Seiten
MIECZKOWSKI, Z.: Untersuchungen über die Bodenzerstörung im
niederösterreichischen Weinviertel
- Heft 10 1966, 61 Seiten
GHOBADIAN, A.: Salz- und Steppenböden des Seewinkels
(Burgenland, Österreich); Charakteristik, Meliorations-
ergebnisse und bodenwirtschaftliche Aspekte
- Heft 11 1967, 88 Seiten
MESSINER, H.: Pflanzenbauliche Beurteilung chemischer Boden-
analysen
MÜLLER, H.J.: Der Wasserhaushalt eines Pseudogleyes mit und
ohne künstliche Beregnung
NESTROY, O.: Bodenphysikalische Untersuchungen an einem
Tschernosem in Wilfersdorf (NÖ)
SCHILLER, H. und E. LENGAUER: Über den Kationenbelag und den
Spurenelementgehalt in den Böden der IDV-Serie
SOLAR, F.: Phosphatformen und Phosphatums wandlungsdynamik in
Anmoorschwarzerden
- Heft 12 1968, 79 Seiten
KRAPPENBAUER, A.: Waldernährung und Problematik der Wald-
düngung
GLATZEL, G.: Probleme der Beurteilung der Ernährungs-
situation von Fichte auf Dolomitböden
Symposium über die Untersuchung von Waldböden
- Heft 13 1969, 95 Seiten
FINK, J.: Nomenklatur und Systematik der Bodentypen
Österreichs
- Heft 14 1970, 136 Seiten
SOLTANI-TABA, Ch.: Vergleich einiger Pararendsinprofile
des Steinfeldes im südlichen Inneralpinen Wiener Becken
KAZAI-MOGADHAM, M.: Vergleich von Böden des Tschernosem-
typus mit Auböden im südlichen Inneralpinen Wiener Becken

- Heft 15 1971, 139 Seiten
Exkursion der ÖBG am 16. u. 17. 10. 1970 in den Raum
"Kärntner Becken nördlich und südlich der Drau"
WILFINGER, H.: Das Klima des südöstlichen Klagenfurter
Beckens
EISENHUT, M., H. MÜLLER, E. PRIESSNITZ, H. ROTH, A. SCHROM
und F. SOLAR: Die Böden
- Heft 16 1972, 110 Seiten
RIEDMÜLLER, G.: Zur Anwendung von Bodenkunde und Tonminera-
logie in der baugelologischen Praxis
Exkursion der ÖBG am 8. u. 9. 9. 1972 in den Pasterzenraum
und in den Pinzgau
BURGER, R. und H. FRANZ: Die Böden der Pasterzenlandschaft
im Glocknergebiet
SOLAR, F.: Die Böden des Raumes Großglockner - Zell am See
SCHNETZINGER, K.: Oberflächenverglebung im Raum Zell am See
- Heft 17 1973, 123 Seiten
GRUBER, P.: Zusammenhänge zwischen Klimaunterschieden,
Bodenchemismus und Bodenwasserhaushalt auf Lockersedi-
menten des Wiener Raumes
- Heft 18/ 1977, 102 Seiten, vergriffen
19 Exkursion der ÖBG 1971: Böden des inneralpinen Trockenge-
bietes in den Räumen Oberes Inntal und Mittleres Ötztal
SOLAR, F., W. ROTTER, H. WILFINGER und H. HEUBERGER: Böden
des inneralpinen Trockengebietes in den Räumen Oberes
Inntal und Mittleres Ötztal
Exkursion der ÖBG 1976:
FRANZ, H., A. BERNHAUSER, H. MÜLLER und P. NELHIEBEL:
Beiträge zur Kenntnis der Bodenlandschaften des Nord-
burgenlandes
- Heft 20 1978, 86 Seiten
MRAZ, K.: Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Erforschung
von Waldhumusformen unter besonderer Berücksichtigung der
Grundprinzipien der Systematik
KLAGHOFER, E.: Stoffbewegung im Boden
RIEDL, H.: Die Bodentemperaturverhältnisse am Südrand des
Tennengebirges - ein Beitrag zum UNESCO-Programm Man and
Biosphere
- Heft 21 1979, 109 Seiten
SOLAR, F.: Die Talböden, ein allgemeiner Überblick
BLÜMEL, F.: Regelung des Bodenwasserhaushaltes in Talungen
HOLZER, K.: Praktische Durchführung von Meliorationen in der
Oststeiermark
SCHROM, A.: Standortskundliche und pflanzenbauliche Probleme
der Talböden bei intensiver Ackernutzung durch Maisbau
BLASL, S.: Probleme der Maisernährung auf dränagierten Tal-
böden
ORNIG, F.: Möglichkeiten der Schaden-Ersatz-Berechnung
STEFANOVITS; O.: Umweltschutz im Spiegel der Bodenkunde

CERNY, V.: Einfluß der Bodenbearbeitung auf Boden und Ertrag
unter den Standortbedingungen in der CSSR

Heft 22 1980, 112 Seiten

DUDAL, R.: Landreserven der Erde. Eine Weltbodenkarte
BLUM, W.E.H.: System Boden - Pflanze und bodenkundliche
Forschung
KASTANEK, F. et al.: Zur Nomenklatur der Bodenphysik, Teil 1
NESTROY, O.: Die Aktivitäten der Gesellschaft ab ihrer Grün-
dung bis 1979

Heft 23 1981, 183 Seiten

SOLAR, F.: In memoriam Julius Fink
SOLAR, F.: In memoriam Bernhard Ramsauer
GUSENLEITNER, J.: Würdigung von Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Herwig
Schiller
SCHLEIFER, H.: Dir. Dipl.-Ing. Dr. Franz Blümel zum 65. Ge-
burtstag
GESSL, A.: Würdigung von Ministerialrat Dipl.-Ing. Adolf
Stecker
BLUM, W.E.H. und M. SALI-BAZZE: Zur Entwicklung und Alters-
stellung von Böden der Donau- und Marchauen
KLUG-PÜMPEL, B.: Phytomasse und Primärproduktion alpiner
Pflanzengesellschaften in den Hohen Tauern
STELZER, F.: Bioklimatologie der Gebirge unter besonderer
Berücksichtigung des Exkursionsraumes 1981
Kurzfassungen der Vorträge

Heft 24 1982, 116 Seiten

Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Forschung,
8. Seminar: Stoffumsatz am Standort
SOLAR, F.: Eröffnung
BECK, W.: Einleitungsreferat
ULRICH, B.: Stoffumsatz im Ökosystem - theoretische Grund-
lagen und praktische Schlußfolgerungen
BENECKE, P. und F. BEESE: Bodenstruktur und Stoffumsatz -
Methodik der Erfassung bodenphysikalischer Parameter
MÜLLER, W.: Bodenbeurteilung und Bodenmelioration vor dem
Hintergrund moderner physikochemischer und bodenkund-
licher Erkenntnisse
Diskussion

Heft 25 1982, 173 Seiten

RIEDL, H.: Die Prägekraft des sozioökonomischen Struktur-
wandels auf Morpho- und Pedosphäre des subalpinen Lebens-
raumes
GUSENLEITNER, J., K. AICHBERGER und W. NIMMERVOLL: Die
Wirkung steigender Kaliumgaben auf das Wachstum von
Italienischem Raygras (*Lolium multiflorum*) in Abhängig-
keit von der Bodenart
LICHTENEGGER, E.: Der Wärme- und Wasserhaushalt - ertrags-
bildende Faktoren in Abhängigkeit von der Seehöhe, darge-
stellt aus pflanzensoziologischer Sicht
Kurzfassungen der Vorträge

Heft 26 1983, 165 Seiten

Exkursionsführer Marchfeld; Thema: Böden und Standorte des Marchfeldes

NESTROY, O.: Zur Geologie und Morphologie des Marchfeldes

HARLFINGER, O.: Das Klima des Marchfeldes

STELZER, F.: Standortsbeurteilung nach der Niederschlagswirksamkeit

STECKER, A.: Die Böden des Marchfeldes

MADER, K.: Die forstliche Standortskartierung der österreichischen Donauauen

Profilbeschreibungen

KLAGHOFER, E.: Bodenphysikalische Kenndaten

NESTROY, O.: Vergleichende Betrachtungen über die bodenphysikalischen Kenndaten der Exkursionsprofile und Profile von Weikendorf und Schönfeld

BLUM, W.E.H. und H.W. MÜLLER: Mineralogische und bodenchemische Kennwerte ausgewählter Böden des Marchfeldes

BLUM, W.E.H.: Zum Nährstoffversorgungsgrad ausgewählter Böden im Raume des Mühlviertels

LOUB, W.: Zur Mikrobiologie der Böden des Marchfeldes
Kartenbeilagen

Heft 27 1983, 154 Seiten

MÜCKENHAUSEN, E.: Neuere Entwicklung in der Bodensystematik der Bundesrepublik Deutschland

VERGINIS, S. und O. NESTROY: Standortskundliche Untersuchungen auf dem Nordwest- und Zentral-Peloponnes

LOUB, W. und G. HAYBACH: Bodenbiologische Untersuchungen an Böden aus Lockersedimenten

Kurzfassungen der Vorträge

Heft 28 1984, 145 Seiten

Exkursionsführer Mühlviertel; Thema: Böden des Mühlviertels

KOHL, H.: Zur Geologie und Morphologie des Mühlviertels

STELZER, F.: Die klimatischen Verhältnisse des westlichen Mühlviertels

SCHNETZINGER, K.: Die Böden des oberen Mühlviertels

GRUBHOFFER, G.: Die Boden- und Nutzungsverhältnisse des Mühlviertels

DUNZENDORFER, W.: Pflanzensoziologie des oberen Mühlviertels

BLASL, S.: Begrenzende Ertragsfaktoren im Ackerbau des Mühl- und Waldviertels

MAIERHOFER, E.: Die pflanzliche Produktion des Mühlviertels
Profilbeschreibungen

KLAGHOFER, E.: Bodenphysikalische Kenndaten der Böden im Exkursionsbereich der ÖBG-1983

BLUM, W.E.H. und H.W. MÜLLER: Mineralogische und bodenchemische Kennwerte ausgewählter Böden des oberen Mühlviertels

BLUM, W.E.H.: Zum Nährstoffversorgungsgrad ausgewählter Böden des oberen Mühlviertels

Heft 29 1985, 193 Seiten

Verwertung von Siedlungsabfällen aus der Sicht der Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Eignung landwirtschaftlicher Böden; Seminar
BECK, W., W.E.H. BLUM und D. KRIECHBAUM: Begrüßung und Eröffnung
HOFFMANN, G.: Bodenkundliche und pflanzenbauliche Aspekte beim Einsatz von Siedlungsabfällen in der Landwirtschaft
KÖCHL, A.: Nutz- und Schadwirkung von Klärschlamm
EDER, G., M. KÖCK und G. SCHECHTNER: Klärschlammhygiene im Grünland
AICHBERGER, K. und G. HOFER: Chemische Untersuchungen von Siedlungsabfällen
MÜLLER, H.: Müllkompost - Gütekriterien (ÖNORM S 2022) und Anwendung
MAYR, E.: Modell Oberösterreich - Klärschlammabfall und Entsorgung
MAIERHOFER, E.: Erwartungen der Landwirtschaft an die Qualität der Siedlungsabfälle und Forderungen an den Gesetzgeber
NELHIEBEL, P.: Einsatzmöglichkeiten von Bodenkarten bei der Ausbringung von Siedlungsabfällen
WIMMER, J.: Aufbau und bisherige Ergebnisse des Klärschlamm- und Müllkompostversuches St. Florian
ÖHLINGER, R.: Bodenzymatische Untersuchungen beim Versuch St. Florian
Generaldiskussion
Unterlagen zur Exkursion

Heft 30 1985, 185 Seiten

BLÜMEL, F.: Sektionschef i.R. Hofrat Dipl.-Ing. Ernst Güntschl +
GUSENLEITNER, L.: In memoriam Hofrat Dipl.-Ing. Hans Schüller
HUBER, J.: Vergleichende Untersuchungen von Böden mit unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen hinsichtlich Wasser-, Nährstoff-, Humushaushalt und Biologie
FOISSNER, W., T. PEER und H. ADAM: Pedologische und protozoologische Untersuchungen einiger Böden des Tullnerfeldes (NÖ)
WALTER, R.: Die Viruskontamination des Bodens und Methoden ihrer Kontrolle
Kurzfassungen der Vorträge

Heft 31 1986, 68 Seiten

Arbeitsgruppe Waldbodenuntersuchung der ÖBG
BLUM, W.E.H., O.H. DANNEBERG, G. GLATZEL, H. GRALL, W. KILIAN, F. MUTSCH und D. STÖR: Waldbodenuntersuchung; Geländeaufnahme - Probennahme - Analyse. Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise in Österreich

- Heft 32 1986, 209 Seiten
Bodeninventur aus ökologischer Sicht; Symposium am 11. u. 12. 4. 1985
DANNEBERG, O.H.: Kartierung landwirtschaftlich genutzter Böden in Österreich
WITTMANN, O.: Kartierung und Bodeninventur in Bayern
KILIAN, W.: Forstliche Standortsklassifikation und Kartierung in Österreich aus internationaler Sicht
FOERST, K.: Forstliche Standortserkundung in Bayern
GESSL, A.: Die österreichische Bodenschätzung
GRÄF, W.: Der Boden in Naturraumpotentialkarten
LAMP, J.: Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Boden-Informationssysteme
NESTROY, O.: Bericht über die abschließende Podiumsdiskussion
- Heft 33 1986, 383 Seiten
Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Forschung, Seminar am 5. und 6. 6. 1986; Thema: Die Anwendung enzymatischer und mikrobiologischer Methoden in der Bodenanalyse
BECK, W. und O. NESTROY: Einleitung und Eröffnung
SCHINNER, F.: Die Bedeutung der Mikroorganismen und Enzyme im Boden
HOFFMANN, G.: Bodenenzyme als Charakteristika der biologischen Aktivität und von Stoffumsätzen im Boden
BECK, Th.: Aussagekraft und Bedeutung enzymatischer und mikrobiologischer Methoden bei der Charakterisierung des Bodenlebens von landwirtschaftlichen Böden
HOLZ, F.: Automatisierte photometrische Durchflußmethoden zur Bestimmung der Aktivität von Bodenenzymen - ihre Anwendung und einige Ergebnisse
KANDELER, E.: Der Einsatz enzymatischer Methoden am Beispiel eines Stroh- und Klärschlammdüngungsversuches
ÖHLINGER, R.: Der Einsatz enzymatischer Methoden am Beispiel eines Grünlanddüngungsversuches
Postervorträge
Diskussion
- Heft 34 1987, 80 Seiten
DUCHAUFOR, Ph.: Stand und Entwicklung der internationalen Bodensystematik aus französischer Sicht
MANCINI, F.: Stand der bodenkundlichen Forschung in Italien
Kurzfassung der Vorträge
- Heft 35 1987, 80 Seiten
Bodenschutz-Symposium
STICHER, H.: Bodenschutz als integrale nationale Aufgabe - Möglichkeiten und Grenzen
BECK, W.: Entwicklungsstand der Bodenschutzkonzeption in Österreich
EISENHUT, M.: Das Steiermärkische Bodenschutzgesetz

- Heft 36 1988, 152 Seiten
Thema: Aktueller Stand physikalischer und chemischer Bodenuntersuchungsverfahren.
DANNEBERG, O.H.: Aktueller Stand der landwirtschaftlichen Bodenanalyse in Österreich
KÖCHL, A.: Beziehungen zwischen bodenanalytischen Daten und Felddatenergebnissen
MÜLLER, H.J.: Bodenuntersuchung aus der Sicht der Landwirtschaft
KILIAN, W.: Die Bodenanalytik aus forstlicher Sicht
MAJER, Ch.: Untersuchungen zur kleinräumigen Variabilität von Bodenparametern in Waldböden
NEMETH, K.: Die EUF-Methode als Grundlage für die Düngempfehlung
KLAGHOFER, E.: Physikalische Methoden in der landwirtschaftlichen Bodenforschung.
BLUM, W.E.H.: Die Bodenanalyse im Rahmen der Bodengenetik und -taxonomie
- Heft 37 1988, 179 Seiten
Führer zur Exkursion in das obere Mürztal; Thema: Montane Bodenentwicklung unter dem Einfluß verschiedener Nutzungsformen.
KILIAN, W.: Standortkundliche Darstellung des Exkursionsgebietes Hönigsberg
HARLFINGER, O.: Das Klima des Mürztales
PINTER, J.: Forstgut Langenwang
Profilbeschreibungen
Analysendaten
BLUM, W.E.H. und MENTLER, A.: Chemisch-mineralogische Kennwerte ausgewählter Böden des oberen Mürztales
KILIAN, W.: Interpretation der Analysendaten der Forstlichen Bundesversuchsanstalt
- Heft 38 1989, 117 Seiten
BLUM, W.E.H.: Spezifische Probleme des Bodenschutzes in Gebirgsregionen Zentraleuropas
STEFANOVITS, P.: Die Karte der Bodenminerale und ihre Verwendung in der Landwirtschaft Ungarns
HORN, R.: Ursachen und Auswirkungen von Strukturschäden unter besonderer Berücksichtigung methodischer Aspekte
HARTGE, K.H.: Aktueller Forschungsstand der Bodenphysik unter besonderer Berücksichtigung des Bodengefüges
Kurzfassung der Vorträge
1. Sonderheft der Mitteilungen der ÖBG (1978, 92 Seiten)
Exkursionsführer südöstliches Alpenvorland;
Thema: Landformung und Bodenbildung auf Talböden des südöstlichen Alpenvorlandes (Standorts- und Meliorationsprobleme)

2. Sonderheft (1979, 126 Seiten)

Exkursionsführer Ost- und Weststeiermark;

Thema: Obstbau in der Steiermark - Standorte und Probleme

3. Sonderheft (1981, 199 Seiten)

Exkursionsführer durch das Glocknergebiet und die Karnischen Alpen in Kärnten;

Thema: Böden und Standorte in den Zentral- und Südalpen -
Nutzungsprobleme des montanen und subalpinen Grünlandes

Die Hefte können über die Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft,
Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, bezogen werden.

Der Autor trägt für den Inhalt seines Beitrages die Verantwortung.