

DIE SEQUENZEN BRAUNERDE (- LESSIVÉ) - ERDIGER
BRAUNLEHM (- LESSIVÉ). TONVERLAGERUNG ALS
KLIMAINDIKATOR ?

von A. BRONGER (1)

Problemstellung und Zielsetzung.

Die Braunerde wird vom Braunerde - Lessivé dadurch unterschieden, daß in letzterem neben der pedogenen Tonbildung der Prozeß der Tonverlagerung abläuft. Dieser Prozeß findet in der Mikromorphologie seinen Ausdruck im Vorhandensein von Fließplasma oder Feintonplasma (Braunlehm - Teilplasma nach KUBIENA 1956) besonders in den Leitbahnen als Anzeichen stärkerer Verlagerung von Feinton < 0,2 µm. Dieses Fließplasma (2), das vor allem in frischem Zustand gut orientiert und dadurch stark doppelbrechend ist, setzt sich durch Farbe und Struktur vom Braunerdegrundgefüge scharf ab. Selbst wenn es durch sich ändernde Umweltverhältnisse transformiert wird (SMOLIKOVA 1967), "altert", d. h. granuliert und vererdet, wobei die Doppelbrechung stark abnimmt (vgl. BRONGER 1969/70, Abb. 3-10), bleibt es als sehr stabiles Gefügeelement im Braunerdegrundgefüge immer noch sichtbar. Es findet sich sogar in Kotbrocken von Regenwürmern (ZACHARIAE 1964), andererseits in Fließerden von Braunerde - Lessivé - Material (BRONGER 1969/70, Abb. 2 A+B). - Braunerden sollen dagegen kein oder höchstens Spuren von Fließplasma enthalten, das durch Bioturbation ("faunal pedoturbation" nach HOLE 1961) bereits im Grundgefüge vereinnahmt wurde.

Der so nach seinem Begriffsinhalt streng eingegrenzte Bodentyp Braunerde steht in der Klimasequenz der rezen

- (1) Olshausenstraße 40-60 KIEL, - WEST GERMANY
- (2) wahrscheinlich weitestgehend identisch mit dem Begriff "illuviation argillans" (BREWER 1964) bzw. mit dem Begriff "clay skins" in der mikromorphologischen Einschränkung von NETTLETON et al. 1969.

TONVERLAGERUNG ALS KLIMAINDIKATOR

ten Lößböden Südost - Mitteleuropas dennoch als selbständiger Bodentyp zwischen dem Tschernosem (mit seinen Subtypen) und dem Braunerde - Lessivé (BRONGER 1973). Untersuchungen zur Silikatverwitterung und Tonmineralbildung zweier sedimentär homogener Braunerden ergaben im Vergleich zu rezenten Tschernosemen eine nicht unbedeutende Verwitterungsintensität. Dabei lag das Maximum der pedochemischen Tonbildung (wie auch der Verwitterung von Primärmineralen) nicht im A- sondern im oberen B - Horizont (BRONGER, KALK u. SCHROEDER 1976). In einem der beiden Braunerden betrug das Verhältnis der Tongehalte des oberen B_v - zum A-Horizont fast 1,2:1, was andererseits als eine wesentliche Voraussetzung für das Vorhandensein eines "argillic horizon" (s. u.) der "Soil Taxonomy" der USA (1975) bzw. der FAO - Klassifikation (1974) angesehen wird. - Korngrößenanalysen, neben dem Geländebefund oft allein für den "Nachweis" einer Tonverlagerung herangezogen, geben für diesen Prozeß keine Beweise oder auch nur Belege. Besonders schwierig ist der Nachweis bei sehr tonreichen Böden, insbesondere von geschichteten und z. T. verfestigten Pelosolen (SCHLICHTING 1965). Auf Körnungsanalysen beruhende "Lessivierungsfaktoren" müssen ohne mikromorphologische Untersuchungen skeptisch beurteilt werden. Für Böden, deren Oberboden ganz oder größtenteils abgetragen ist, was vor allem für die meisten Paläoböden zutrifft, entfällt dieses Kriterium ohnehin. Ein Nachweis kann durch die eingangs genannte mikromorphologische Kennzeichnung des Fließplasmas (Feintonplasmas) erbracht werden. Von diesem möglichst zu unterscheiden ist die Orientierungsdoppelbrechung von Tonsubstanz innerhalb des Bodengefüges. Das betonen wir deshalb, weil schwache, makroskopisch sichtbare Tonwandbeläge ("coatings") wohl mit Orientierungsdoppelbrechung korrelieren können, nicht aber mit dem Vorhandensein von Fließplasma

identisch sein müssen. Auch, weil man gealtertes Fließplasma nicht immer sicher von bestimmten Formen der Orientierungsdoppelbrechung innerhalb der Matrix differenzieren kann (vgl. auch SCHLICHTING 1965), stellt sich die Frage, ob und in welcher genetischen Beziehung das Fließplasma (in Leitbahnen) zur Tonsubstanz mit Orientierungsdoppelbrechung z. B. in einem vosepischen, vo-masepischen und masepischen Plasmagefüge steht (Begriffen n. BREWER 1964). Kann oder soll man letztere auch als Indiz für eine Tonverlagerung ansehen? Offensichtlich wird sie - neben entsprechenden Körnungsdaten - z. B. sowohl in der "Soil Taxonomy" (1975) der USA als auch in der FAO - Klassifikation (1974) als Beleg für eine Tonanreicherung angesehen (vgl. NETTLETON et al. 1969, HOLZHEY et al. 1973) und dient damit als charakteristische Eigenschaft eines "diagnostischen Horizontes" - hier des "argillic horizon" - zur Abtrennung von bodentaxonomischen Einheiten.

Diese Fragen sollen anhand der Sequenzen Braunerde (-Lessivé) - erdiger Braunlehm (-Lessivé) untersucht werden.

Untersuchungsmaterial und -methoden.

In den Jahren 1966-1973 wurden neben rezenten Tschernosemen, Braunerden und Braunerde - Lessivés Paläoböden aus zahlreichen Lößprofilen des mittleren und östlichen Donauraumes (s. Abb. 1) vor allem mikromorphologisch anhand von über 300 Dünnschliffen untersucht. Sie sind größtenteils in einer Arbeit zur quartären Klima und Landschaftsgeschichte des Karpatenbeckens (BRONGER 1973) beschrieben und dargestellt; weitere Angaben finden sich vor allem in den Arbeiten von CONEA (1970), CONEA et al. (1972), FINK et al. 1976, FOTAKIEWA, u. MINKOV (1966) und FOTAKIEWA (1970). - Darüber hinaus wurden von uns Paläoböden, soweit als möglich mit Ausgangsmaterial von einigen großen Lößaufschlüssen insbeson-

TONVERLAGERUNG ALS KLIMAINDIKATOR

dere tonmineralogisch untersucht; schließlich wurde von je vier sedimentär homogenen, rezenten und fossilen Böden einschließlich unterlagerndem Loß der Bestand an Primärmineralen bestimmt, um zu (angenäherten) Mineralverwitterungsbilanzen zu kommen. Für eine nähere Beschreibung der Methoden einschließlich einer Methodenkritik insbesondere über eine relativquantitative Abschätzung des Tonmineralbestandes muß auf frühere Arbeiten (BRONGER 1973, BRONGER, KALK u. SCHROEDER 1976) verwiesen werden.

Ergebnisse.

Nach den Gelände- und vor allem den mikromorphologischen Befunden sind von den nahezu hundert untersuchten Paläoböden erstaunlicherweise Braunerde-Lessivés recht selten, Braunerden dagegen häufig. Unter den alt- und mittelpleistozänen Lößböden finden sich einerseits mehr oder weniger rubefizierte erdige Braunlehme (farblich meistens in der 2,5 YR Munsell-Skala), die sich mikromorphologisch sehr wesentlich von den typischen Braunerden (makroskopisch immer in der 7,5 YR - Skala) unterscheiden. Im Vergleich zu diesen haben die erdigen Braunlehme auf Grund des höheren Tongehaltes (s. u.) ein wesentlich dichteres Gefüge, das von zahlreichen Sprungrissen durchsetzt ist. Dieses zeigt in vielen Teilen mehr oder weniger starke Orientierungsdoppelbrechung der eingeregelter, tonreichen Substanz. Häufiger sind es z. T. langgestreckte Zonen, manchmal am Rande eines schmalen langgestreckten Hohlraumes oder Sprungrisses und dann am ehesten als "vo-masepisches Gefüge" (BREWER 1964) zu bezeichnen. Vielleicht kann man manchmal an gealterte, granuliert Fließplasma (reste), wandständig an schmalen Säumen von ehemaligen Leitbahnen denken (Bild 1, 2), besonders dann, wenn die Zonen mit stärker doppelbrechender Substanz breiter sind (Bild 3, 4).

Stets ist in diesen zweifelhaften Fällen das mögliche ehemalige Fließplasma in kleinen Flecken oder nur in Spuren vorhanden. Meistens sind die Teile der Matrix mit Orientierungsdoppelbrechung, in die öfter langgestreckte Muskovite mit eingeregelt sind, auf Grund der leuchtenden Farben sehr gut von gealtertem Fließplasma mit stark abgenommener Doppelbrechung zu unterscheiden. - In den wesentlich seltener vorkommenden (rubefizierten) erdigen Braunlehm Lessivés ist das Fließplasma fast immer deutlich von der übrigen Substanz mit Orientierungsdoppelbrechung abgesetzt. - Schließlich finden sich häufiger Übergangsbodentypen zwischen Braunerden und Braunlehm in Form von bereits deutlich rubefizierten Braunlehm-Braunerden bis Braunerde-Braunlehm.

Soweit festgestellt werden konnte, ist die Tonmineralbildung in den alt- und mittelpleistozänen erdigen Braunlehm wesentlich höher als in den letztinterglazialen oder rezenten Braunerden (BRONGER 1973, s. auch Tab. 1 und Abb. 2). Unter Einbeziehung der Primärminerale - haben infolge pedochemischer Verwitterung in zwei rezenten Braunerden die Feldspäte um 20-25 %, die Phyllosilikate ($> 2 \mu\text{m}$) um ca. 30 % abgenommen. In der Rib/Würminterglazialen Braunerde "F₅" von Starí Slankamen (zur Lage s. Abb. 1) sind die Abbauraten bereits 33 % bzw. 47 %. Im mittelpleistozänen, rubefizierten erdigen Braunlehm (-Lessivé, aber nur mit Spuren von Fließplasma) - "F₆" des gleichen Profils beträgt die Abbaurate der Feldspäte 43 %, die der Glimmer sogar 78 % (BRONGER, KALK u. SCHROEDER 1976). - Die intensive Mineralverwitterung besonders in den erdigen Braunlehm führte zu einer beträchtlichen pedochemischen Tonmineralbildung, speziell zu hohen Montmorillonitanteilen in der mengenmäßig stark dominierenden Feintonfraktion $< 0,2 \mu\text{m}$ (vgl. Tab. 1 und Abb. 2, ferner BRONGER 1973). Demgegenüber ist die Kaolinitbildung sehr gering; im basalen Boden

TONVERLAGERUNG ALS KLIMAINDIKATOR

("F₁₁?", an der Plio-Pleistozängrenze) des Lößprofils von Kulcs (s. Abb. 1) fehlt der Kaolinit im anteilmäßig sehr überwiegenden Feinton völlig (s. Tab. 1, Abb. 2).

Schlußfolgerungen und Diskussion - Zum Begriff der Tonverlagerung,

Aus dem mikromorphologischen Befund, daß zwischen Braunerden und erdigen Braunlehmen typologisch Übergänge nicht selten sind (s. o.), ferner, daß beide Bodentypen im wesentlichen dem gleichen Verwitterungstyp - bei unterschiedlich starker Verwitterungsintensität zugeordnet werden können, darf gefolgert werden, daß die (rubefizierten) erdigen Braunlehme aller Wahrscheinlichkeit nach Weiterbildungen von Braunerden sind. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß allein der bodenbildende Faktor Zeit für die Weiterbildung von Braunerden zu erdigen Braunlehmen verantwortlich war. Auch unterschiedliche Klimate dürften eine wesentliche Rolle gespielt haben.

Eine Erklärung, weshalb es in den mittel- und altpleistozänen erdigen Braunlehmen kaum oder garnicht zur Ausbildung von Fließplasma in Leitbahnen als Ausdruck nennenswerter Tonverlagerung kam, bieten die recht hohen Montmorillonitanteile dieser Böden (Beispiele s. Tab. 1, Abb. 2). Die hohe Quellfähigkeit dieser Minerale und die damit verbundene Quelldruckwirkung in einem damals wechselfeucht-mediterranen Klima (s. BRONGER 1973) führte - ähnlich wie bei Vertisolen - zur physikalischen Durchmischung oder Argilliturbation ("Argillipedoturbation" nach HOLE, 1961), wodurch die Bildung bzw. Ablagerung von gut eingeregelmtem Fließplasma (Feintonplasma) in Leitbahnen immer wieder verhindert wurde bzw. über ein "stadium nascendi" nicht hinaus kam (ev. Bild 1, 2): durch die Quelldruck-Bewegungsvorgänge wurden einmal

gebildete Leitbahnen rasch wieder zerstört. - Makroskopisch ist dieser Vorgang der Argilliturbation am Auftreten von Stresscutanen erkennbar, mikromorphologisch an der in den meisten Teilen sichtbaren Orientierungsdoppelbrechung. Einmal gebildetes, gut geschichtetes Fließplasma ist jedoch ein äußerst stabiles Gefügeelement (s. S. 1), so daß ausgeprägte erdige Braunlehm-Lessivés aus Braunerde-Lessivés entstanden sein dürften. -

Zu vergleichbaren Schlußfolgerungen gelangen NETTLETON et al. (1969) bei Untersuchungen von Böden mit einem "argillic horizon" in ariden und mediterranen Klimaten im Südwesten der USA: Böden mit einem hohen Quellungs-Schrumpfungs-Potential (ausgedrückt in linearer Dehnbarkeit ("Linear extensibility")) zeigen mikromorphologisch gut eingeregelter, orientierte Tonsubstanz, aber keine "clay skins" (= "illuviation argillans" ²⁾). Dabei wird es als erwiesen angesehen, daß der im Vergleich zum Oberboden höhere Tongehalt dieser Horizonte durch Tonverlagerung verursacht, jedoch die präexistierenden "clay skins" durch Quellungs-Schrumpfungsvorgänge zerstört wurden und deshalb die Ansprache als "argillic horizon" zu Recht besteht. Daneben wird angenommen, daß in einigen "argillic horizons" die fehlenden "clay skins" auch nicht gebildet wurden. Dieser letzte Befund entspricht offenbar unseren o. g. Ergebnissen für die Sequenz Braunerderdiger Braunlehm, wo es ebenfalls nicht zur Bildung von Fließplasma in Leitbahnen kam. Allerdings stellt sich die Frage, ob man einen solchen Horizont, der lediglich Orientierungsdoppelbrechung, aber keine auch nicht präexistierende "clay skins" aufweist, als "argillic horizon", entstanden (!) durch Tonverlagerung ³⁾, bezeichnen

2) s. Fußnote 1, S. 1.

3) vgl. Soil Taxonomy der USA, 1975, S. 19 ff; ebenso in der FAO-Klassifikation 1974. Siehe auch HOLZHEY et al. 1973.

TONVERLAGERUNG ALS KLIMAINDIKATOR

sollte, auch wenn er einen im Vergleich zum Überlagernden Horizont um das $\geq 1,2$ -fache höheren Tongehalt aufweist. Denn die Tonverlagerung in Form von Fließplasma wird vor allem vom bodenbildenden Faktor Klima ausgelöst, während "Tonverlagerung" durch Argilliturbation vorwiegend ein vom Bodensubstrat her bestimmter, lithogener Prozeß ist. Deshalb sollte man die Bezeichnung B_t -Horizont im strengen Sinn nur auf solche Horizonte beschränken, in denen die Tonverlagerung in Form von Fließplasma in Leitbahnen entstand, es sei denn man kann wahrscheinlich machen oder nachweisen, daß das Fließplasma durch zunehmende Quellungs-Schrumpfungsvorgänge später zerstört wurde. "Tonanreicherungshorizonte", die lediglich Orientierungsdoppelbrechung durch Argilliturbation, aber kein Fließplasma enthalten, sollte man durch eine eigene Horizontsymbolik von den B_t -Horizonten im genannten engeren Sinne unterscheiden und z. B. als B_x -Horizont kennzeichnen, wie es BLUME und SCHLICHTING^x (1976) vorschlagen. Sind im Boden beide Prozesse abgelaufen, so kann eine kombinierte Symbolik (B_{tx} -Horizont) verwandt werden.

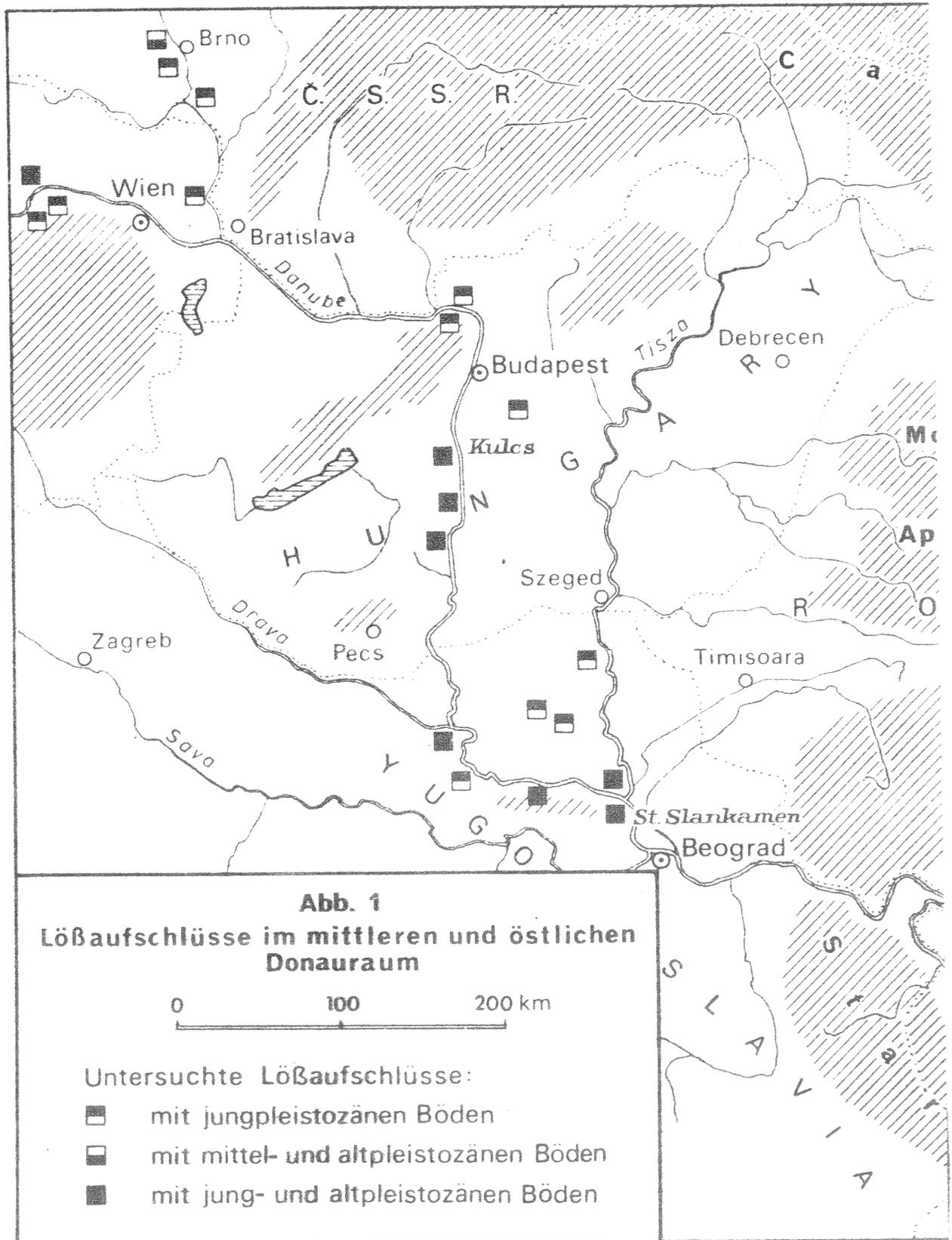
SUMMARY

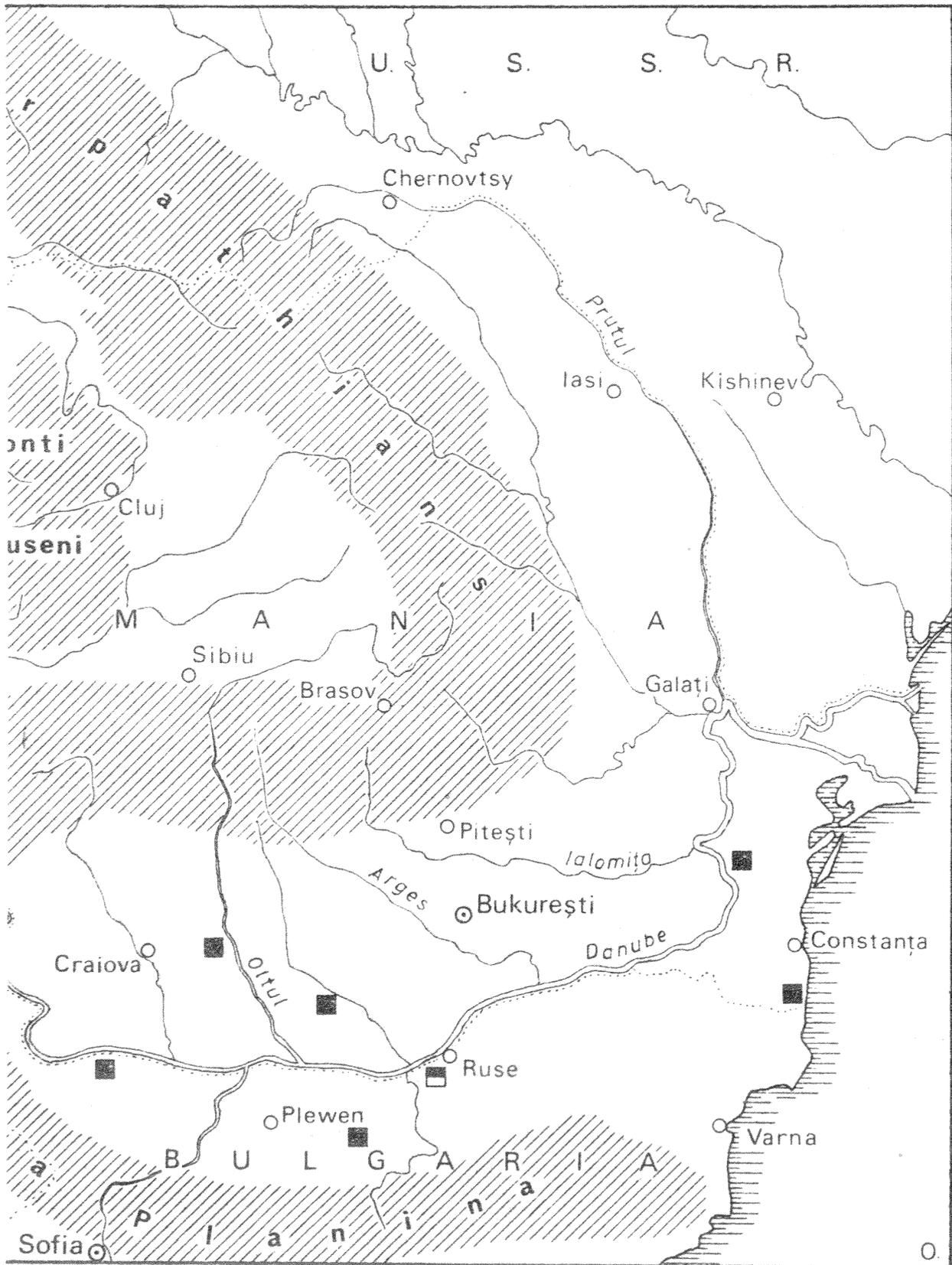
In the climatic sequence of the recent loess soils in the SE part of Central Europe the Brown Forest soil (Braunerde, without clay illuviation) as an independent soil-type, is situated between the Chernozem and the Gray Brown Podzolic soil (Braunerde-Lessivé). Gray Brown Podzolic soils are rarely to be found under the paleosols of the numerous loess-profiles in the Central and Eastern Danube region (fig. 1); against that, Braunerden are relatively frequent. The (rubefied) earthy Braunlehms of middle and lower pleistocene age are more developed Braunerden in consequence of the similar type of weathering (the same kind of pedochemical formation of clay minerals, but with an essentially higher intensity of weathering).

This, moreover, is proved by the micromorphological statement arguing that in this period there are transitions between both soil types ranging from Braunlehm-Braunerde to Braunerde-Braunlehm.

The trifling formation of mobile plasma in conducting channels, indicating a clay illuviation not worth mentioning, in the earthy Braunlehms can be explained by the relatively high montmorillonite portions of the soils (cf. tab. 1, fig. 1). Their high swelling-capacity and in connection with that, their swelling pressure effect conditioned argilliturbation preventing the formation of oriented mobile plasma again and again respectively preventing it from going beyond the stage nascendi. The argilliturbation can be recognized macroscopically by the appearance of stresscutans, micro-morphologically by the oriented birefringence which is visible in many parts of the fabric. Oriented mobile plasma, however, once formed, is an extremely stable fabric element so that Braunlehm-Lessivés might have been developed from Gray Brown Podzolic soils.

Clay illuviation in the shape of mobile plasma is mainly caused by the soil forming factor climate whereas "clay illuviation" based on argilliturbation is a lithogenetic process preponderantly determined by the parent material. Therefore one should differentiate a soil horizon whose clay accumulation originated from clay illuviation in the shape of mobile plasma in conducting channels as a B_t -horizon (strictly speaking) in the horizon symbolism from a "horizon of clay accumulation" as a e. g. B_x -horizon which only contains oriented birefringence based on argilliturbation but no mobile plasma. When both processes have taken place in the soil a combined symbolism (B_{tx} -horizon) can be used.



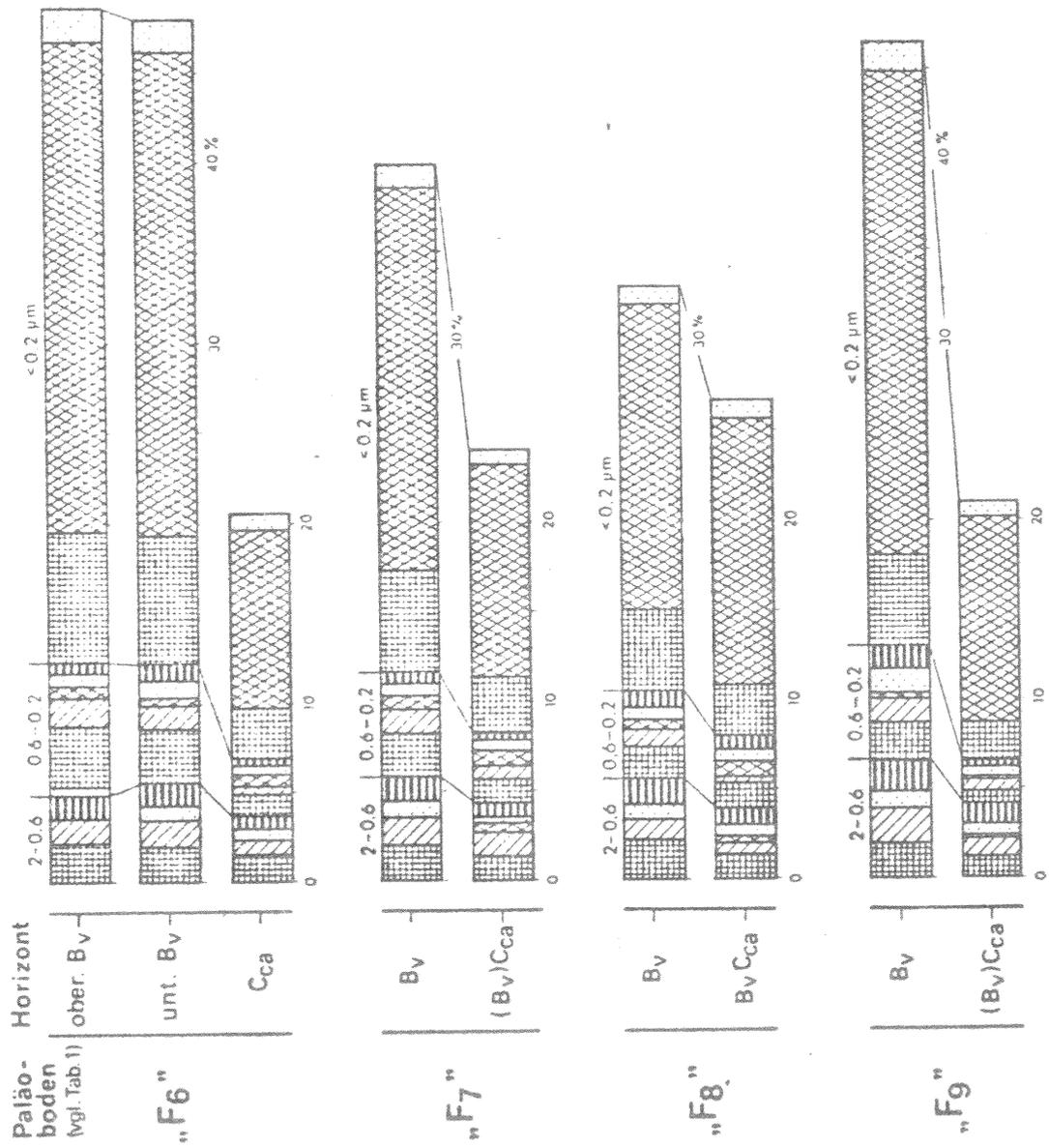


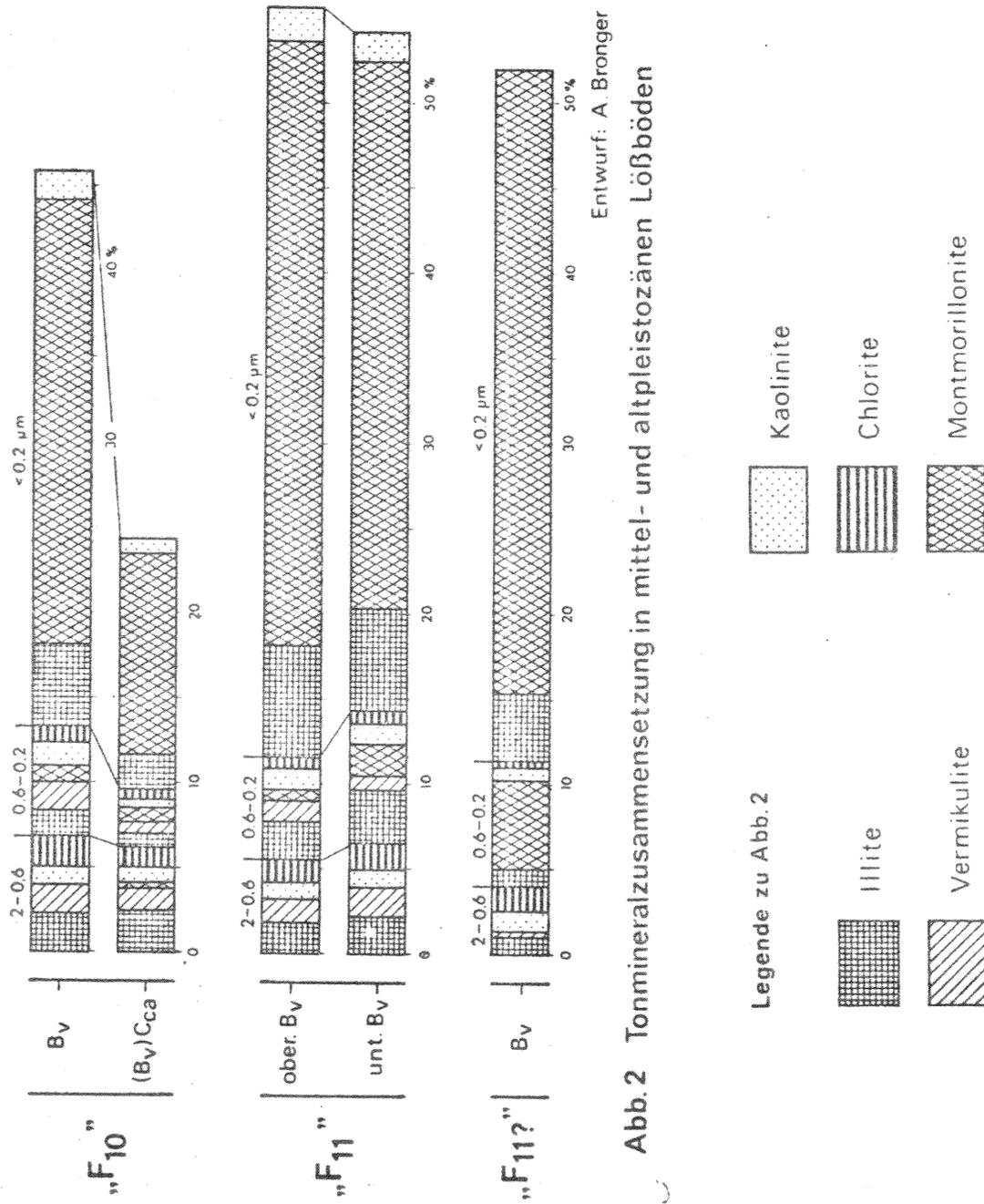
| | | | | | | |
|----|--------------------|------------------------------------|------|-------|------------------------|------------|
| 1 | rubefizierter | B _v - | 6,5 | | V, I(30) Cl(25)K(15) | |
| 2 | erdiger | Horizont | 53,5 | 46,5 | I(35) V, K, Cl(20) | M(5) |
| 3 | Braunlehm | (B _v)C _{ca} - | 32,5 | M(80) | I(15) | K(5) |
| 4 | "F ₉ " | Horizont | 4,1 | 21,0 | I(30) V, Cl(25)K(15) | M(5) |
| 5 | rubefizierter | B _v - | 2,3 | | V, I(25)K, Cl(20) | M(10) |
| 6 | erdiger | Horizont | 14,6 | M(80) | I(15) | K(5) |
| 7 | Braunlehm | (B _v)C _{ca} - | 6,8 | | V, Cl(25)K(15) | |
| 8 | "F ₁₀ " | Horizont | 54,2 | 45,8 | V, I(25)K(20)M, Cl(15) | |
| 9 | rubefizierter | B _v - | 32,5 | M(80) | I(15) | K(5) |
| 10 | erdiger | Horizont | 6,2 | | I(40) V, Cl(20)K(15) | M(5) |
| 11 | Braunlehm | (B _v)C _{ca} - | 3,4 | 24,4 | M, I(25)V(20)K, Cl(15) | |
| 12 | "F ₁₁ " | Horizont | 14,8 | M(80) | I(15) | K(5) |
| 13 | rubefizierter | ob. B _v - | 5,5 | | I(35) V, Cl(25)K(15) | |
| 14 | erdiger | Horizont | 44,3 | 55,7 | I(40) V, K(20) | M, Cl(10) |
| 15 | Braunlehm | unt. B _v - | 44,3 | M(80) | I(15) | K(5) |
| 16 | "F ₁₁ " | Horizont | 6,5 | | I(35) V, Cl(25)K(15) | |
| 17 | rubefizierter | B _v - | 7,8 | 54,2 | I(40) H(25)K(15) | V, Cl(10) |
| 18 | erdiger | Horizont | 39,9 | M(80) | I(15) | K(5) |
| 19 | Braunlehm | (B _v)C _{ca} - | 4,0 | | Cl(40) I, K(25) | V(10) |
| 20 | "F ₁₁ " | Horizont | 7,4 | 52,0 | M(70) | K(10)Cl(5) |
| 21 | rubefizierter | B _v - | 40,6 | M(90) | | I(10) |
| 22 | erdiger | Horizont | | | | |
| 23 | Braunlehm | (B _v)C _{ca} - | | | | |
| 24 | "F ₁₁ " | Horizont | | | | |

(1) M = Montmorillonite, V = Vermiculite, I = Illite, K = Kaolinite, Cl = Chlorite

(2) a = Grobton 2-0,6µm b = Mittelton 0,6-0,2µm c = Feinton < 0,2µm

TONVERLAGERUNG ALS KLIMAINDIKATOR





Entwurf: A. Bronger

Abb. 2 Tonmineralzusammensetzung in mittel- und altpleistozänen Lößböden

TONVERLAGERUNG ALS KLIMAINDIKATOR

Erläuterungen zu den Farbbildern,

(Explanations of the coloured pictures):

- Bild 1 : Basaler rubifizierter erdiger Braunlehm ("F₁₁") im Lößprofil von Stari Slankamen, Hellfeld, Bildlänge ca. 400 μ m.
Basal rubefied earthy Braunlehm ("F₁₁") in the loess profile of Stari Slankamen (Yugoslavia). Plane light, length of picture about 400 m.
- Bild 2 : wie Bild 1 unter \pm N. Reste von jetzt gealtertem noch stärker doppelbrechendem Fließplasma in einer ehemaligen Leitbahn ? Oder Einregelung - durch Quelldruckwirkung?
Like No. 1, crossed nicols. Rest of once mobile fine clay plasma, still with oriented birefringence in a formerly conductive channel ? Or orientation from stress produced by shrinking and swelling?.
- Bild 3: Gleicher Paläoboden wie Bild 1 u. 2., stärker sekundär aufgekalkt. Hellfeld, Bildlänge ca. 320 μ m.
The same peleosol like picture 1 and 2, with secondary calcite microlithes. Plane light, length of picture about 320 μ m.
- Bild 4: Wie Bild 3, \pm N. Wahrscheinlich z. T. ehemaliges Fließplasma, gealtert aber noch doppelbrechend, sekundär durch Bioturbation z. T. in das Gefüge vereinnahmt.
Like No. 3, crossed nicols. Partly probably once formed mobile fine clay plasma, still birefringent, partly incorporated into the soil matrix by bioturbation.

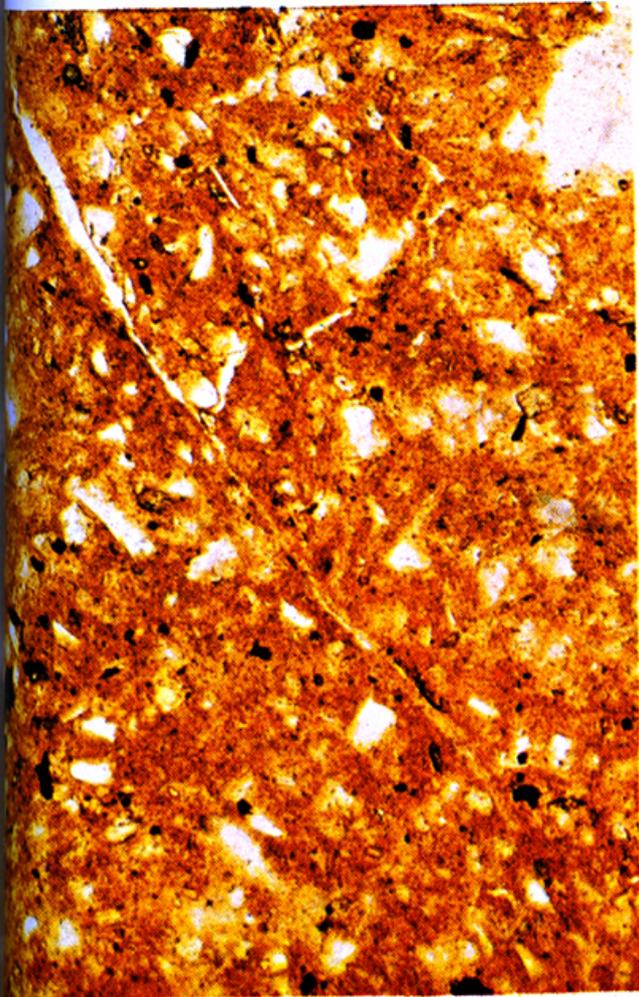


Bild. 1

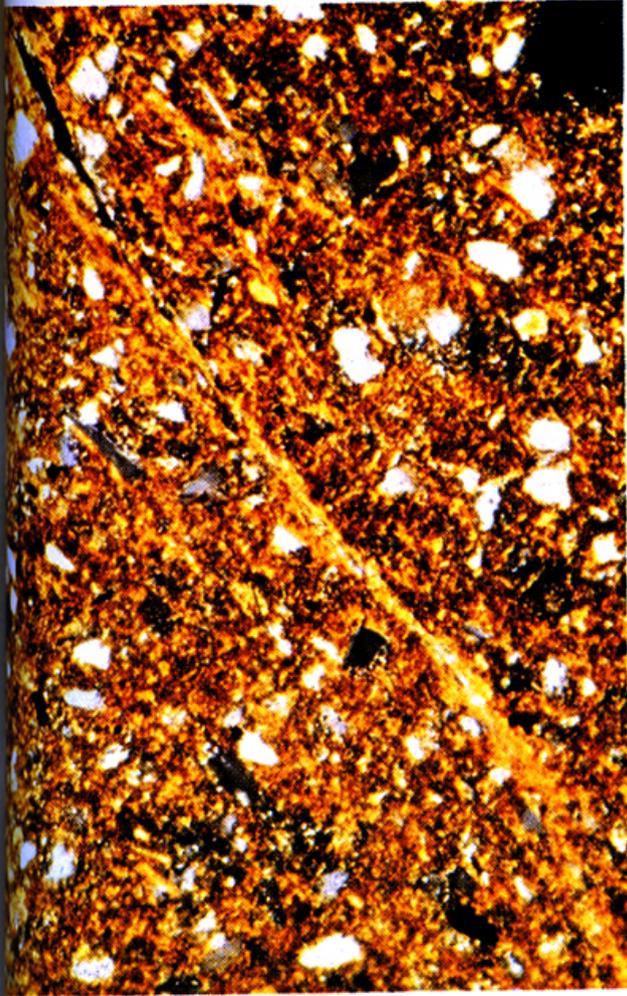


Bild. 2

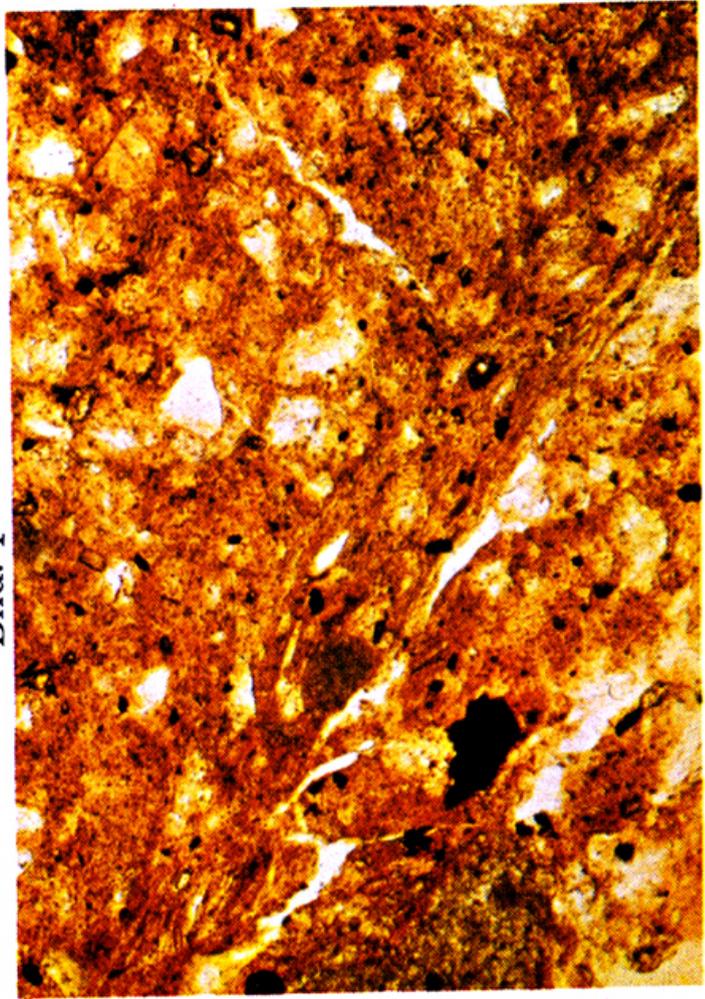


Bild. 3

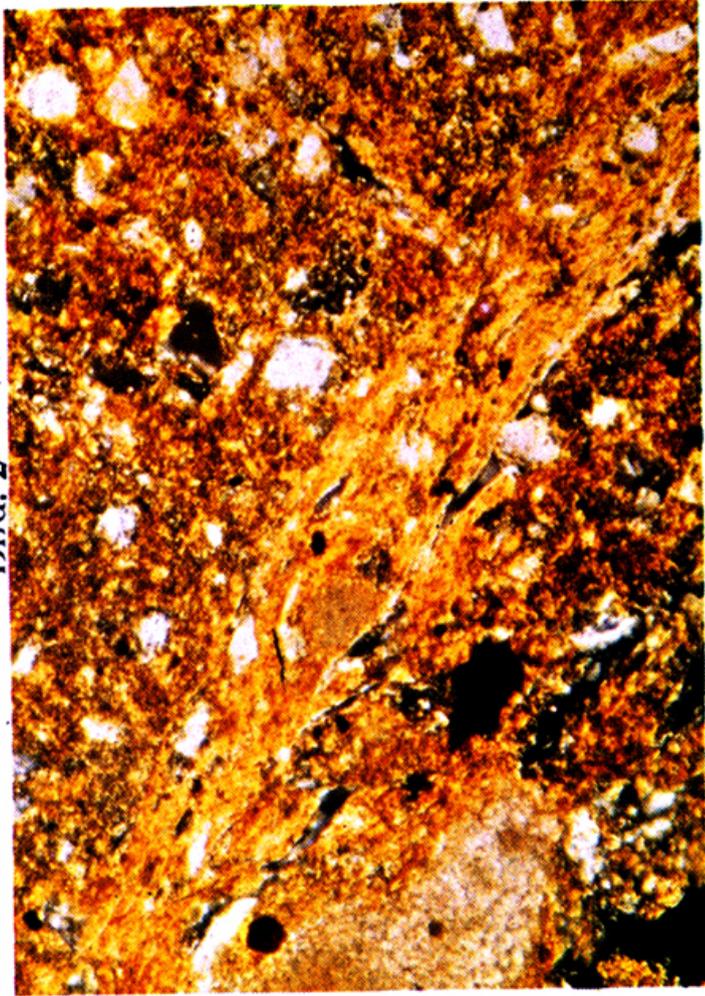


Bild. 4

Literatur

- BLUME, H. P. u. SCHLICHTING, E. (1976). Zur Bezeichnung von Bodenhorizonten. - Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 1976: 739-747. Weinheim.
- BREWER, R. 1964. Fabric and Mineral Analysis of Soils. New York (John Wiley & Sons).
- BRONGER, A. 1969. Zur Mikromorphologie und Genese von Paläoböden aus Löß im Karpatenbecken. - Third Intern. Working Meeting on Soil Micromorphology, Wrocław 1969: 607-615, Zeszyty Problemowe Postepow Nauk, Rolniczych Warszawa 1972.
- BRONGER, A. 1969/70. Zur Mikromorphogenese und zum Tonmineralbestand quartärer Lößböden in Südbaden. Geoderma 3: 281-320.
- BRONGER, A. 1973. Zur quartären Klima- und Landschaftsentwicklung des Karpatenbeckens auf (paläo) pedologischer und bodengeographischer Grundlage. Habilitationsschrift, Kiel. (Erschienen in: Kieler Geographische Schriften, Bd. 45, 269 S., 6 Farbtaf., Kiel 1976).
- BRONGER, A., KALK, E. u. SCHROEDER, D. 1976. Über Glimmer- u. Feldspatverwitterung sowie Entstehung und Umwandlung von Tonmineralen in rezenten und fossilen Lößböden. Geoderma 16: 21-54.
- CONEA, A. 1970. Formățiuni cuaternare în Dobrogea. - (Loessuri și paleosoluri). Editura Academiei Republicii Socialiste România, 234 S., București.
- CONEA, A. mit BALLY, R. u. CANARACHE, A. 1972. Guidebook to excursions of the INQUA-Loess-Symposium in Romania. Geol. Inst., Guidebooks Nr. 10, 53 S., 13 Taf., Bucharest.

TONVERLAGERUNG ALS KLIMAINDIKATOR

FAO-UNESCO 1974. Soil Map of the World, Vol. I, Legend, Paris.

FINK, J. (Hrsg.) 1976. Exkursion durch den oesterreichischen Teil des nördlichen Alpenvorlandes und den Donauroum zwischen Krems und Wiener Pforte. Mitt. d. Komm. f. Quartärforsch. d. Oesterr. Akad. d. Wiss. Bd. 1, 113 S., Wien.

FOTAKIEWA, E. 1970. Die Fossilböden im Löß von Bulgarien. - Arbeitstagung der Lößkommission der INQUA, 1. Teil, 53-79, Sofia.

FOTAKIEWA, E. u. MINKOV, M. 1966. Der Löß in Bulgarien. - Eiszeitalter u. Gegenwart 17 : 87-96, Oeringen.

HOLE, F. D. 1961. A classification of pedoturbations and some other processes and factors of soil formation in relation to isotropism and anisotropism. - Soil Sci. 91: 375-377.

HOLZHEY, C. S., NETTLETON, W. D. and YECK, R. D. 1973. Microfabric of some argillic horizons in udic, xeric and torric soil environments of the United States. - Soil Microscopy - Proceedings of the Fourth Int. Working Meeting on Soil Microscopy : 747-760, Kingston/Canada.

KUBIENA, W. L. 1956. Zur Mikromorphologie, Systematik und Entwicklung der rezenten und fossilen Lößböden. Eiszeitalter u. Gegenwart 7. 102-112, Oeringen.

NETTLETON, W. D., FLACH, K. W. and BRASHER, B. R. 1969. Argillic horizons without clay skins. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 121-125.

- SCHLICHTING, E. 1965. Tonverlagerung in "schweren" Böden. - *Mitteil. Deutsch. Bodenkundl. Ges.* 4: 59-64. Göttingen.
- SMOLIKOVA, L. 1967. Polygenese der fossilen Lößböden der Tschechoslowakei im Lichte mikromorphologischer Untersuchungen. - *Geoderma* 1: 315-324.
- USDA, Soil Conservation Service. 1975. *Soil Taxonomy*. Agriculture Handbook No. 436.
- ZACHARIAE, G. 1964. Welche Bedeutung haben Enchytraeen in Waldböden? - *Soil Micromorphology* (ed. A. JONGERUS): 57-68, Amsterdam (Elsevier).