

PALÄOBÖDEN UND KLIMASCHWANKUNGEN WÄHREND DES JUNGPLEISTOZÄNS AM BEISPIEL DES PROFILS STIEFERN, NIEDERÖSTERREICH

S. VERGINIS*

* Institut für Geographie der Universität Wien,
Physiogeographisches Laboratorium, Liebiggasse 5, 1010 Wien

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις περιπαγετώδεις περιοχές (περιοχές που δεν βρέθηκαν ποτέ κάτω από την επίδραση των παγετώνων, αλλά έχουν επηρεαστεί από τις κλιματικές διαταραχές, παγετώδεις - μεσοπαγετώδεις) μπορούμε να μελετήσουμε καλύτερα από οπουδήποτε αλλού, τις κλιματικές διαταραχές κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου.

Εκτός από τις βιοστρομοτογραφικές, παλαιομαγνητικές και διακυμάνσεις του οξυγόνου O^{16} και O^{18} κλιματολογικές μεθόδους έρευνας, οι δομές ασβεστούχου αιολικού πηλού (Löss) που διακρίνονται ενδιάμεσα από παλαιοεδάφη (Paläoböden) και έχουν χρονολογηθεί με θερμοφωταύγεια (TL, PTL) είναι οι καλύτεροι δείκτες εναλλαγής κλίματος υπό την προϋπόθεση ότι ο ασβεστούχος αιολικός πηλός (Löß) με απολιθώματα της οικογένειας Pupilla, Stiata και Columella είναι δείκτες ενός ψυχρού και στεγνού κλίματος τότε τα παρεμβαλλόμενα παλαιοεδάφη (Paläoböden) είναι δείκτες ενός θερμού-υγρού ή θερμού και υγρού εναλλασσόμενου κλίματος.

Σε τέτοιες τομές μπορεί κανείς να κάνει τέλεια αναπαράσταση της εξέλιξης του κλίματος παλαιότερων γεολογικών εποχών.

Στην τομή της περιοχής STIEFERN χρονολογήθηκε με θερμοφωτάγεια (TL) το παλαιόεδαφος Boll της τομής με περίπου 87.000 χρόνια (Ρίσιον/Βούρμιος μεσοπαγετώδης εποχή) και ως εκ τούτου χωρίζεται το ανώτερο από το κατώτερο τμήμα της τομής, με αποτέλεσμα να έχουμε απόλυτα στοιχεία μεταβολής του κλίματος κατά τη διάρκεια του ανωτέρου πλειστοκαίνου.

Μια σύγκριση των κλιματολογικών διαταραχών που μελετήθηκαν όχι μόνο στην τομή STIEFERN, αλλά και σε άλλες τομές της περιοχής Niederösterreich της Αυστρίας, με τις καμπύλες διακυμάνσεως των ισotόπων του οξυγόνου O^{16} και O^{18} , και τις καμπύλες διακυμάνσεως της ακτινοβολίας του ηλίου (θεωρία MILANKOVITCH) επιβεβαιώνουν την περιοδικότητα των 100.000 χρόνων επεισοδιακών κλιματικών διαταραχών, κατά την διάρκεια του πλειστοκαίνου.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας δεν μελετούνται μόνο οι κλιματικές διαταραχές κατά τη διάρκεια του ανωτέρου πλειστοκαίνου, βάσει αιολικών αποθέσεων και παλαιοεδάφων, αλλά και παρουσίαση καινούργιων μεθόδων απόλυτης χρονολόγησης παλαιοεδάφων, όπως αυτή τη στιγμή γίνεται στο Ινστιτούτο Έρευνας Ραδίου και Ατομικής Φυσικής (Radiumforschung und Kerophysik Institut) του Πανεπιστημίου της Βιέννης.

ZUSAMMENFASSUNG

In den periglazialen Gebieten (Gebiete, die niemals unter Gletscher waren, aber trotzdem aber den Klimaschwankungen der Glaziale und Interglaziale unterlagen) sind die Lößpaketen und den dazwischengeschalteten Paläoböden, die durch neue Datierungsmethoden (TL- und PTTL- sowie kernphysikalische Methoden) erfaßt wurden – abgesehen von global vorhandenen Schwankungen aufgrund der Biostratigraphie, des Paläomagnetismus und den Sauerstoffisotopenuntersuchungen (O^{18} - O^{16}) – die besten Indikatoren für Klimaschwankungen.

Unter der Voraussetzung, daß Lößpakete (mit *Pupilla Striata*, *Columella Fauna*) ein kaltes und trockenes Klima zeigen, sind die Paläoböden in eine warm feuchte bis warm wechselfeuchte Periode einzuordnen. Deshalb läßt sich in mächtigen Lößprofilen durch äolische Sedimente und Paläoböden die Klimageschichte des Pleistozäns rekonstruieren.

Durch absolute Datierungsmethoden (TL- und PTTL - Methoden) hat sich in Stiefen ein Paläobodenkomplex (Bo II) mit einem vorläufigen Alter von ca. 87.000 Jahren ergeben, was dem Riß-Würm- Interglazial entspricht. Aufgrund dieser Datierung lassen sich die anderen Profilabschnitte – oberer und unterer Teil – mit weiteren Klimaschwankungen korrelieren. Die Klimageschichte dieses Profils läßt wie auch bei den anderen Lößprofilen Niederösterreichs gut mit den Sauerstoffisotopenkurven (O^{18} - O^{16}) beziehungsweise mit der Milankovitchtheorie (Sonneneinstrahlungskurven) und den 100 ka Periodizitäten globalen Klimaschwankungen rekonstruieren.

Im Rahmen dieses Referates werden abgesehen von der Klimainterpretation des Jungpleistozäns durch die äolischen Sedimente und den dazwischenliegenden Paläoböden auch die modernen Methoden der absoluten Datierung und ihre vorläufigen Ergebnisse, wie sie am Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Universität Wien (I.R.K.) bestimmt werden, diskutiert.

1. Lage des untersuchten Lößprofils

Im unteren Kampthal ist das angesprochene Lößprofil nahe der kleinen Ortschaft Stiefen in einer aufgelassenen Ziegelei am rechten Kampufer aufgeschlossen, wie auch aus der Übersicht zu entnehmen ist (Abbildung 1).

Die Profilaufnahme erfolgte im Jahr 1986 im Rahmen des Projektes S 3901 "Neue Wege zur Ur- und Frühgeschichte" des Institutes für Ur- und Frühgeschichte unter der Leitung von Univ. Prof. Dr. FRIESINGER. Die Lage des Profils nordöstlich der bekannten Sedimentprofile von Krems-Schießstätte, Göttweig-Furth, Paudorf und Stratzing, die bereits absolute Datierungen - C_{14} -Daten und archäologische Daten aus der Fundstelle Stratzing - aufweisen (VERGINIS, S. 1993), wie das Vorhandensein der in der weiteren Umgebung liegenden Profile von Krems und Stranzendorf waren der Grund für die Aufnahme des Profils von Stiefen. Somit war die Notwendigkeit von

der Sedimentart sowie Kalziumkarbonat - vier Bodenbildungen und zwei Verlehmungszonen abgrenzen (Abbildung 3). Thermolumineszenzuntersuchungen des gleichen Institutes (WENINGER, F. 1991) zeigen eine vorläufige Datierung des Paläobodens (Bo II) mit einem Alter von 87.000 Jahren ($\pm 18\%$). Damit ist der Mittelteil des aufgeschlossenen Bereiches in das Riß/Würm-Interglazial und Frühwürm (130 - 73 ka) einzuordnen.

3. Sedimentologische Untersuchungen

Abgesehen von den Routineuntersuchungen zur Korngrößenverteilung (REHBERGER S. 1988), die die Anteile von Sand (0.63 - 2 mm Φ), Schluff (2 - 63 $\mu\Phi$) und Ton (< 2 $\mu\Phi$) ermitteln, wurden Farbbestimmungen nach dem Farbkartensystem von MUNSSELL und Karbonatgehaltbestimmungen nach SCHEIBLER durchgeführt. Der Wassergehalt wurde an ungestörten Sedimentproben anhand der Rohdichte gemessen und die Reindichte zur Erstellung des Volumendiagramms ermittelt. Weiters zog man die Werte der maximalen Wasserkapazität und die Durchlässigkeitsbestimmungen an den einzelnen Proben zur Abgrenzung von Paläoböden und Lössschichten heran.

4. Auswertung der sedimentologischen Untersuchungen

Die heutige Bodenbildung (A_h-B_t-C: Parabraunerde) entsteht aus einem Lösspaket (Proben 1-5).

Die Proben 6 - 10 zeigen wegen ihres hohen Tongehaltes (29,16 % bis 34,49 %) und des Karbonatgehaltes einen Paläoboden (Bo I). Die Hauptphase dieser Bodenbildung ist im Bereich der Proben 8 und 9 anzusetzen, wo ein relatives Minimum im Karbonatgehalt von 2,9 % beziehungsweise 4,1 % auftritt. Eine Karbonatanreicherung direkt darunter (Proben 12 und 13) - eine Zunahme auf 36,6 % ist zu verzeichnen - kann aus dem großen Schluffanteil mit 60,02 % und dem daraus hohen Porenvolumen erklärt werden. Die Korngrößenverteilung mit einem Tongehalt von 15,01 % bis 25,53 % mit Werten für die Schluffanteile von 43,21 % bis 61,70 % sowie Sandgehalten von 18,42 % bis 39,36 % grenzt ein Lösspaket ab (Lö 2).

Die nächste Bodenbildung (Bo II) ist durch die Proben 21 bis 25 repräsentiert. Die Hauptphase ist in der Schichte um Probe 23 anzunehmen, wo ein relativ minimaler Wert gegenüber den anderen Proben mit 13,5 % bis 17,5 % erreicht wird. Die konstant hohen Tongehalte um 27 % grenzen diesen Komplex eindeutig ab.

Lösspaket 3 (Lö 3) reicht von Probe 26 bis 32. Der Karbonatgehalt schwankt wie im zweiten Lösspaket (Lö 2) unter Paläoboden I. Die Oberkante wird durch einen hohen Anteil an Kalziumkarbonat von etwa 19 % gebildet, die Werte nehmen mit zunehmender Tiefe auf 6 % - 9 % ab. Im Gegensatz dazu bleibt der Tongehalt mit annähernd 20% gleich.

Die folgende Schicht (Proben 33 bis 35) kann nicht eindeutig als Paläobodenbildung

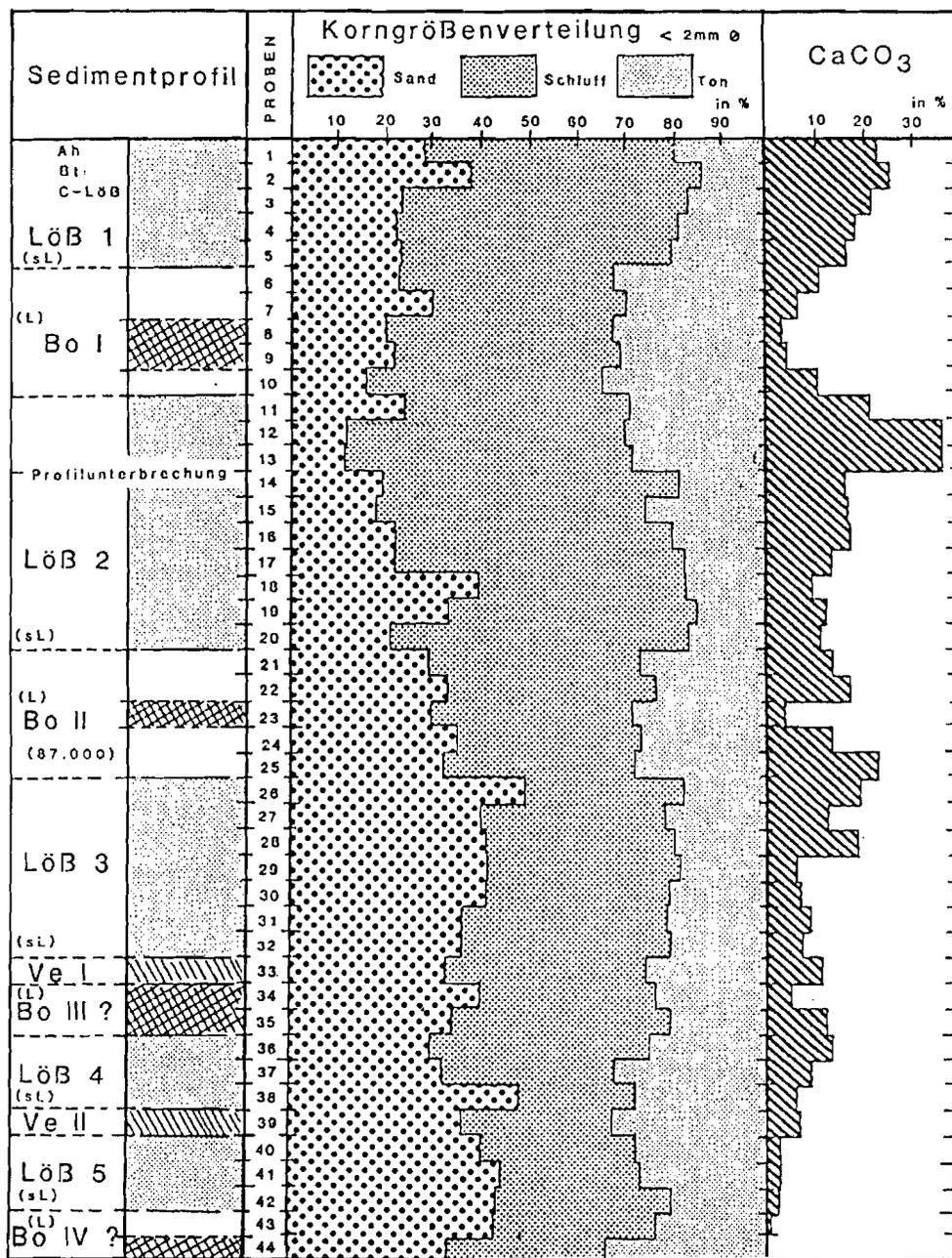


Abbildung 2: Sedimentanalyse des Lössprofils von Stiefen :
nach REHBERGER, S. 1988: stark verändert und umgezeichnet

interpretiert werden, sondern es handelt sich um eine Verlehmungszone (V I), deren Oberkante im Bereich der Probe 33 zu finden ist. Bei einem Tongehalt von 25,6 % und einem Karbonatgehalt von 11,8 % kann von einer Verlagerung beziehungsweise von einer Auswaschung aus der darüberliegenden Lößschicht (Löß 3) ausgegangen werden. Die beiden darunterliegenden Proben zeigen eine Abnahme des Tongehaltes von 23,75 % auf 20,45 % und parallel dazu eine Zunahme des Kalziumkarbonates von 5,4 % auf 12,9 %. Der Tongehalt entspricht in seiner Höhe etwa den Werten der Böden Bo I und Bo II. Der im Vergleich zu seiner Umgebung niedrige Tongehalt der Probe 34 kann der Hauptphase einer nicht weit entwickelten Paläobodenbildung (Bo III?) entsprechen, der mit einer Tonverlagerung in Probe 33 abgeschlossen ist. So wird dieser Komplex als Kombination von Verlehmungszone (V I) und Bodenbildungen (Bo III ?) interpretiert. Klimatisch gesehen ist für diesen Komplex folgende Situation charakteristisch: Nach einer kurzen warmen und feuchten Periode in der Zeit der möglichen Bodenbildung Bo III setzte eine Lößakkumulation (Löß 3) ein. Eine rasche Verlagerung der Karbonate und Tonteilchen ist wahrscheinlich.

Ab Schicht 36 bis inklusive Schicht 43 zeigt sich eine markante Abnahme der Kalziumkarbonatgehaltes, wie aus der Abfolge dieser Meßergebnisse in jedem Lößpaket unter einer Bodenbildung (Löß 2 und 3) bekannt ist. Nur der Tongehalt von Probe 39 (32,79 %) und die begrenzte Zunahme im Karbonatgehalt von 6,6 % und 7,1 % (Proben 37 bis 39) zeigt wieder eine Verlehmungszone (V II) innerhalb des Schichtpaketes von Probe 37 bis 39. Ihre maximale Ausprägung ist im Bereich der Probe 39 anzusetzen.

Darunter folgt ein weiteres Lößpaket (Löß 5). Die Proben 40 bis 42 zählen dazu. Das sedimentologische Spektrum dokumentiert im Vergleich zu den bereits genannten Lößpaketen allerdings einen sandigen im Gegensatz zum schluffigen Charakter der jüngeren Lößakkumulationen. Hoher Sandanteil (etwa 44 %) und hoher Tonanteil (etwa 25 %) engen den Schluffanteil weitgehend ein. Diese Eigenschaften zeigen keine echte Kalttrockenzeit mit typischer Lößakkumulation, sondern eine fluvioglaziale Übergangsphase.

Sedimentologisch kurz präsentiert sich die Unterkante des dargestellten Lößprofils, was auf die Profilaufnahme zurückzuführen ist. Diese Phase (Proben 43 und 44) deutet wieder eine Bodenbildung an (Bo IV ?). Die Hauptausprägung ist in Probe 44 zu erkennen, die Unterkante des Profils wurde allerdings von der Profilaufnahme nicht mehr erfaßt.

5. Thermolumineszenz (TL) und phototransferierte Thermolumineszenz (PTTL) - Methoden für die Altersbestimmung von Lößsedimenten und Paläoböden

5.1. Thermolumineszenz (TL)-Methode an Sedimenten und Paläoböden

Die Modelle des TL-Effekts gehen von einem Bändermodell des Festkörpers aus. Es

erfolgt die Beobachtung der natürlichen Radio(Thermolumineszenz). Dabei wird das schwache Licht gemessen, das geeignet vorbehandelte Proben von Löß und Paläoböden beim Erhitzen aussenden. Die Lichtemission ist eine Begleiterscheinung der thermischen Ausheilung von langlebigen Strahlenschäden, die sich durch die radioaktive Strahlung von Kalium, Thorium und Uran (samt Folgeprodukten) sowie durch die kosmische Strahlung seit der Ablagerung angesammelt haben. Frühere Strahlenschäden der zu beobachtenden Art wurden während des Windtransportes durch das Sonnenlicht ausgebleicht. Die Hauptkomponenten von Löß und Paläoböden stellen die lumineszenzfähigen Mineralien Quarz und Feldspat dar. Während des Transports sind vor allem die kleineren Korngrößen der Sonneneinstrahlung aufgrund der erreichten Höhen so intensiv ausgesetzt, daß ihre bereits gespeicherte Thermolumineszenz sicher gelöscht wurde. Die Datierung erfolgt daher anhand der Korngrößen 4 - 11 μ (Feinschluffbereich) Äquivalentdurchmesser, die Tonminerale eignen sich aufgrund ihrer Lumineszenzunfähigkeit nicht für diese Datierungsmethode. Wird das abgelagerte Sediment von nachfolgenden Schichten abgedeckt, beginnt die geologische Uhr zu laufen (WALLNER, G. 1989). Die Verwitterung beeinflusst die Thermolumineszenz kaum, da sich Quarz und Feldspäte als sehr verwitterungsbeständig erweisen.

Für eine Datierung muß außer der Messung der natürlichen TL die derzeitige Strahlendosisleistung am Ort der Probennahme im Lößprofil und die Empfindlichkeit der Probe als TL-Dosimeter bestimmt werden. Ersteres erfolgt durch ν - und α -Spektrometrie der Proben im Labor, letzteres durch Beobachtung der künstlichen TL nach Bestrahlungen mit ^{60}Co α -Strahlung.

Diese Datierungsmöglichkeit erfordert eine spezielle Vorbereitung der Proben, die im physiogeographischen Labor der Universität Wien durchgeführt wurde.

5.2. Phototransferierte Thermolumineszenz (PTTL) - Methode an Sedimenten und Paläoböden

Neben der üblichen Art der TL-Datierung entwickelte das Institut für Radiumforschung und Kernphysik in Wien eine Variante, bei der durch das geringere Erhitzen auf 200 °C meßtechnische Vorteile entstehen und damit eine höhere Zuverlässigkeit der Äquivalenzdosis-Bestimmung erreicht wird. Um bei diesen niedrigeren Temperaturen eine Ausheilung der Strahlenschäden unter Leuchterscheinung zu erreichen, wird die Probe einer vorgeschalteten Lichtbehandlung ausgesetzt, wodurch ein Teil der Strahlenschäden transferiert wird. Organische Substanz und Gasverunreinigungen stören nicht mehr, da sie erst bei weit höheren Temperaturen verbrennen bzw. auftreten. Bei niedrigeren Temperaturen werden die Proben weniger verändert, was die Kalibrierung der Dosimeteigenschaften vereinfacht.

5.3. Multi-elementanalysen an Löß- und Bodenproben mit einfacher kernphysikalischen Methoden

Die Elemente Kalium, Thorium und Uran werden am IRK mit einem kalibrierter

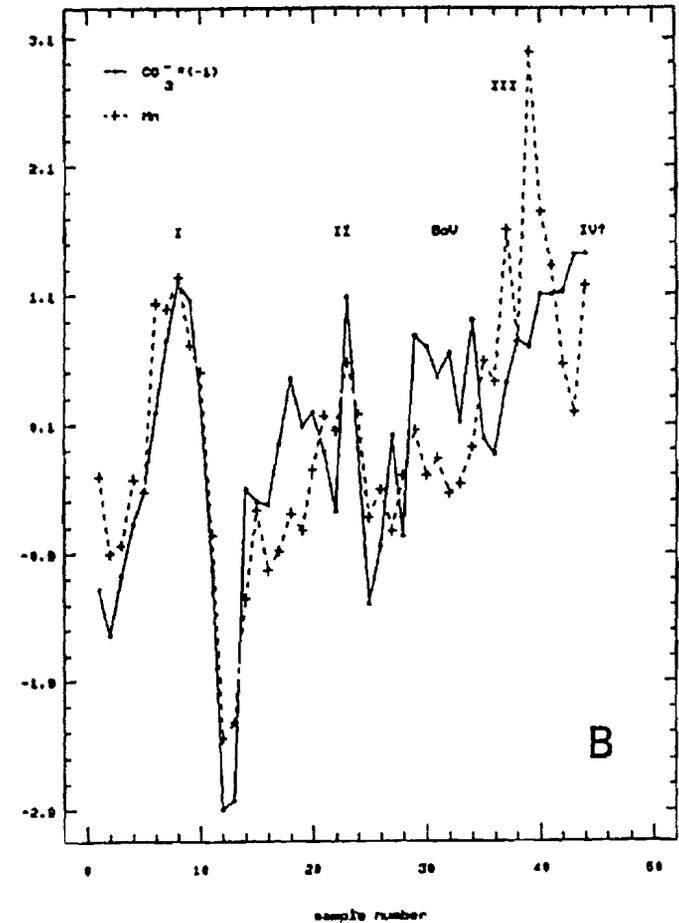
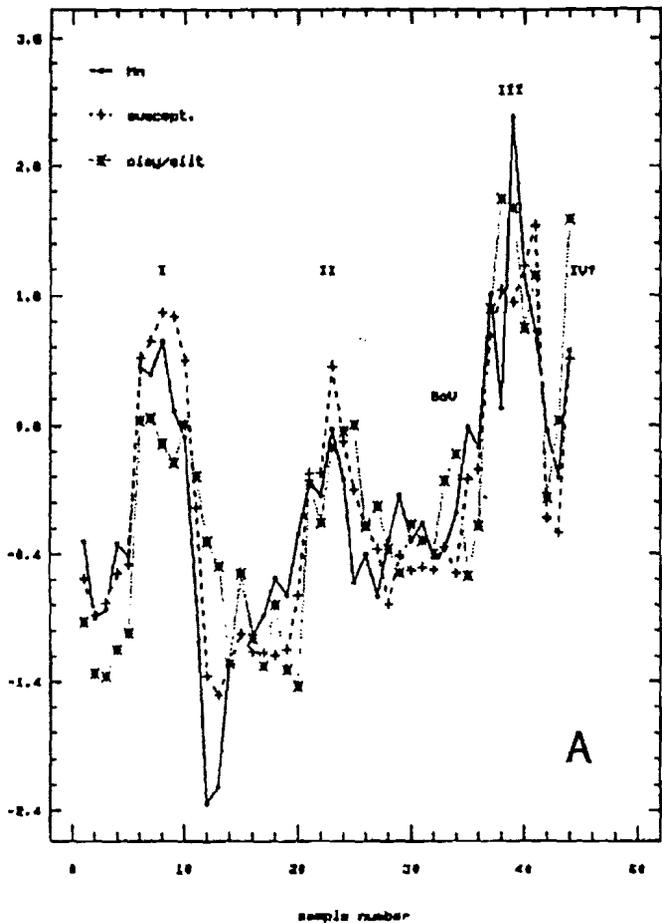


Abbildung 3: nach LEITNER-WILD, E., HILLE, P., ARREF-AZAR, H. u. S. VERGINIS, 1993 in Vorbereitung: A: Standardisierte Aufzeichnungen von Mangan, Magnetisierbarkeit und Ton/Schluff im Stiefen- Profil. B: Antikorrelation des Mangan- und Karbonatgehaltes in den Sedimentproben. Standardisierte Daten des Karbonatgehaltes sind als negative Werte angeführt.

NaJ(TL)-Spektrometer über ihre γ -Strahlung bzw. ihre Folgeprodukte bestimmt. Mit Hilfe der instrumentellen Aktivierungsanalyse mit 14 MeV Neutronen werden die Hauptelemente mit niedriger Ordnungszahl Magnesium, Aluminium, Silizium, Chlor, Calcium und Eisen analysiert. Natrium und Mangan werden durch Aktivierung mit thermischen Neutronen aus einer radioaktiven Neutronenquelle bestimmt.

Diese Analysen wurden insbesondere an einer größeren Zahl zeitlich benachbarter Proben aus Stiefen ausgeführt und durch Messungen der magnetischen Suszeptibilität ergänzt, sowie statistisch die Korrelation und Antikorrelation mit sedimentologischen Parametern (Kornfraktion und Karbonatgehalt) ausgewertet (Abbildung 3).

6. Zusammenfassung der klimatologisch-sedimentologischen Auswertung der Ergebnisse aus dem Lößprofil aus Stiefen

Die unterste Bodenbildung Bo IV deutet eine warme feuchte Phase in klimatologischer Hinsicht an. Der aufgelagerte Löß (Löß 5) geht einher mit einer kalten Phase. Nach einer warm bis wechselfeuchten Periode (Verlehmungszone II) folgt die kalte trockene Klimaperiode dokumentiert im Lößpaket Löß 4. Der nicht deutlich ausgebildete Boden Bo III korreliert mit einer warm feuchten Phase.

Der schnell abgelagerte Löß 3 zeigt eine kalt trockene Periode an, der aber eine feuchte folgen muß, da sich in Verlehmungszone I eine Auswaschungs- und Tonverlagerungszone beweist und daher ein gewisses Wasserangebot vorhanden sein mußte. Wenn man die vorläufigen Datierungsergebnisse des IRK für Boden II mit 87 000 Jahren ($\pm 18\%$) akzeptiert (WENINGER, F. 1991) ist der unter diesem Boden liegende Teil des Profils (Löß 3, Bo III, Löß 4, V II, Löß 5 und Bo IV - s. Abbildung 3) später als Riß-Würm-Interglazial bzw. Frühwürm (130 - 73 ka) einzuordnen oder in einen früheren Zeitabschnitt - entweder in das Mittelpleistozän (730 - 130 ka - Kremser Profil) oder weiter zurück in die Plio/Pleistozängrenze (2,5 bis 0,7 Millionen Jahre vor heute - Profil von Stranzendorf) zu stellen. Wie in Kreams und Stranzendorf (RABEDER, G. und S. VERGINIS, 1987) ist auch in diesem Profil eine Repräsentation der Hauptzyklen von etwa 100 000 Jahre der wiederholten Zu- und Abnahme der Eismasse und Temperaturen durch Lößschichten und Paläoböden anzunehmen. Somit können auch paläomagnetische, biostratigraphische und sedimentologischen Untersuchungen mit den Ergebnissen der Sauerstoffisotopenverteilung und der Sonneneinstrahlungskurve (MILANKOVITCH-Theorie) korreliert werden, die die Klimageschichte in den niederösterreichischen Lößprofilen widerspiegeln.

In den aufgelagerten Schichten wechseln Bodenbildungen mit Lößakkumulationen und damit warm feuchte Phasen mit solchen kalten und trockenen Charakters. Es ist naheliegend, diesen Teil des Lößprofils von Stiefen (Löß 2, Bo I und Löß 1) in das Jungpleistozän einzuordnen. Vorläufig kann folgendes ausgesagt werden: Löß 2 könnte der Würm-I-Kaltzeit (85 - 65 ka), Boden I dem Ramesch-Interstadial (65 - 30 ka)

und Löß 1 der jungpaläolithischen Lößsteppe (35 - 18 ka) zuzuordnen sein. Abgeschlossen wird dieses Profil von Stiefeln mit der rezenten Bodenbildung, einer Parabraunerde, die aufgrund des Vorhandenseins eines Tonanreicherungshorizontes Bt eine gewisse Feuchtigkeit für die physikalische Verlagerung der Tonteilchen benötigt.

7. LITERATUR

- LEITNER-WILD, E., HILLE, P., AREF-AZAR, H. u. S. VERGINIS (1993): Characterization of Paleosoils by Quantitative Multiparameter Analysis. In Vorbereitung.
- REHBERGER, S. (1988): Physiogeographische Untersuchungen des Unteren Kamptales. Diplomarbeit am der Grund- und Integrativwissenschaftl. Fakultät der Universität Wien. 108 S.
- VERGINIS, S. u. G. RABEDER (1987): Die plio/pleistozänen Lößprofile von Stranzendorf und Krems (NÖ). In: Griech. Geogr. Gesell. Bd B, erschienen 1989 in Athen. S. 285 - 306.
- VERGINIS, S. (1993): Lößakkumulation und Paläoböden als Indikatoren für Klimaschwankungen während des Paläolithikums (Pleistozäns) mit ausgewählten Beispielen aus Niederösterreich. IN: Das Paläolithikum von Österreich, Bd . S. 13 - 30. Wien.
- WALLNER, G. (1989): Thermolumineszenz- Datierung eiszeitlicher Sedimente. Diss. der Univ. Wien am Institut für Radiumforschung und Kernphysik (IRK). Wien. 117 S.
- WALLNER, G., WILD, E., AREF-AZAR, H., HILLE, P. u. W.F.O.SCHMIDT (1990): Dating of Austrian Loess Deposits. In: Radiation Protection Dosimetry, Vol. 34., No. 1/4 pp. 69 - 72. Nuclear Technology Publishing.
- WENINGER, F. (1991): Ein Meßsystem zur Thermolumineszenz- Datierung. Diplomarbeit an der formal- und naturwissenschaftl. Fakultät der Universität Wien. 89 S.