

## Umweltbedingungen und Umweltwandel während der letzten Kaltzeit in Mitteleuropa

### Conditions and changes of environment during the last glacial in Central Europe

Klaus-Dieter Jäger\*

#### Abstract

Under the conditions of the ultimate glacial, i.e. the Weichselian respectively Vistulian in the northern part of Central Europe and the Würmian of the Alpine area in the southern part the range of territory that was accessible and utilizable to man has been narrowly confined. The narrowing was on either side - by inland glaciation in the lowlands adjoining the Baltic Sea and by Alpine glaciers in the southern belt. On the other hand the glacial sea lowering has provided expansion of land, especially in the present North Sea, enabling a land connection to the British Islands.

Above all the environmental record within the interposing belt between the glaciated areas can be based on palaeontological observations. Suitable findings are available due to the preservation of skeletal remains evidencing fossil mammals and of mollusc shells in calciferous sediments. Frequently they occur as in the basin areas as in the northern foreland of the Central European highlands. They permit, moreover, correlations to the manifold and differentiated evidences of regional loess stratigraphy.

The deposition of Central European loess covers took place under the conditions of glacial cold steppes, and the report circulates that actually no equivalent ecosystem can be found. However, detailed investigations prove a suitable actualistic model of the glacial environmental conditions in the non-glaciated belt of Central Europe, deduced from present Central Asia. Such comparison may be enabled by the well-known and intensively studied ecology of recent animals comparable with species recorded by Central European loess sequences.

The actualistic model of glacial environmental conditions in Central Europe may be connected with a chronological resolution by means of mollusc shells reflecting changing of faunal assemblages due to the variations of environment in the course of glacial periods as recorded by loess stratigraphy. There, alternating loess covers and buried soils record climatic oscillations analogous to those during the Holocene. However, a superordinated trend of increasing continentality as a rule has effected an increasing inclemency of mean climatic conditions in a comparison of consecutive stadial phases or interstadial ones. The most extreme continentality took place immediately before the transition from the ultimate glacial to the Holocene warming.

**Key words:** Environment, ultimate glacial (Weichselian resp. Vistulian, Würmian, Wisconsin), palaeoclimate, Central Europe, Quaternary palaeontology, palaeoecology

Die Frage nach den klimatischen Bedingungen, die die letzte Kaltzeit des Eiszeitalters nach Mitteleuropa brachte, sowie nach den Umweltverhältnissen, die mit der Besiedlung der gletscherfrei gebliebenen Gebiete Mitteleuropas, mit dem kaltzeitlichen Klima verbunden waren, ist im Schrifttum bereits mehrfach aufgeworfen und diskutiert worden (u.a. Poser 1951; Kukla 1961, 1969; Kukla et

al. 1961; Ložek 1964, 1969, 1973a-c; Frenzel 1967).

Während die numerische Präzisierung des auf Grund von Proxydaten erzielten paläoklimatischen Kenntnisstandes in der Mehrzahl der zitierten und anderer Veröffentlichungen eher zurückhaltend behandelt wird, sind andererseits einige meteorologisch relevante Rahmenbedingungen für

\* Prof. Dr. Klaus-Dieter Jäger, Institut für Prähistorische Archäologie, Martin-Luther-Universität Halle und Wittenberg, Brandbergweg 23c, D-06099 Halle/Saale, Germany

das hochkaltzeitliche Klima bereits frühzeitig erkannt und formuliert worden. Insofern erweist sich bereits die frühe Studie von Poser (1951) als grundlegend. So vermag Poser auf Grund einerseits der Geländelagen hochglazialer Lößablagerungen in den mitteleuropäischen Tälern und andererseits aus der Ausrichtung von Dünen auf spätglazialen Dünenfeldern generell vorherrschende Winde aus westlichen Richtungen und aus entsprechenden Einzelbefunden die zurückliegende Luftdruckverteilung mit einem antizyklonalen Strömungsbild zu erschließen. Daraus läßt sich auf einen Ausläufer des auch rezent bekannten, aber weniger ausgedehnten Azorenhochs schließen, "mit einem Kern über dem mittleren Mitteleuropa, dem über Spanien ein zweiter Kern folgte, angezeigt durch die eindeutig an den Dünen der Landes belegten westlichen Winde in Südwestfrankreich". Er fügt hinzu: "Zweifelloos war dies eine sommerliche Luftdrucklage, denn wenn schon unter den jetztzeitlichen Klimaverhältnissen eine Ausdehnung des Azorenhochs soweit in den Kon-

tinent hinein im allgemeinen nur im Sommer vorkommt, so wird das im Spätglazial nicht anders gewesen sein. Die Ausdehnung dieses Hochs bis nach Mitteleuropa bringt zum Ausdruck, daß die während des Hochglazials durch die Vereisung Nordeuropas bedingte Südwärtsverlagerung der Luftdruckgürtel im Spätglazial im wesentlichen schon auf-gehoben war" (Poser 1951, 42-43). Ungeachtet dessen ist über dem skandinavischen Inlandeis mit seiner abkühlenden Wirkung für die auflagernden Luftmassen ein zweites Hoch zu erwarten, wobei mit Poser für das Zwischengebiet mit einer Tiefdruckfurche über Norddeutschland und Polen, "als Verbindung zwischen einem atlantischen und einem kontinentalen russischen Tief" oder aber auch mit dem Bestehen einer Hochdruckbrücke zwischen zwei Hochdruck-Kernen gerechnet werden kann (Abb. 1).

Plausibel sind auch Posers Argumente (1951, 44) für eine "ganz besonders ausgeprägte Trockenheit" über Mittel- und Westeuropa, wenn er einerseits bei hoher Einstrahlung auf von Süden

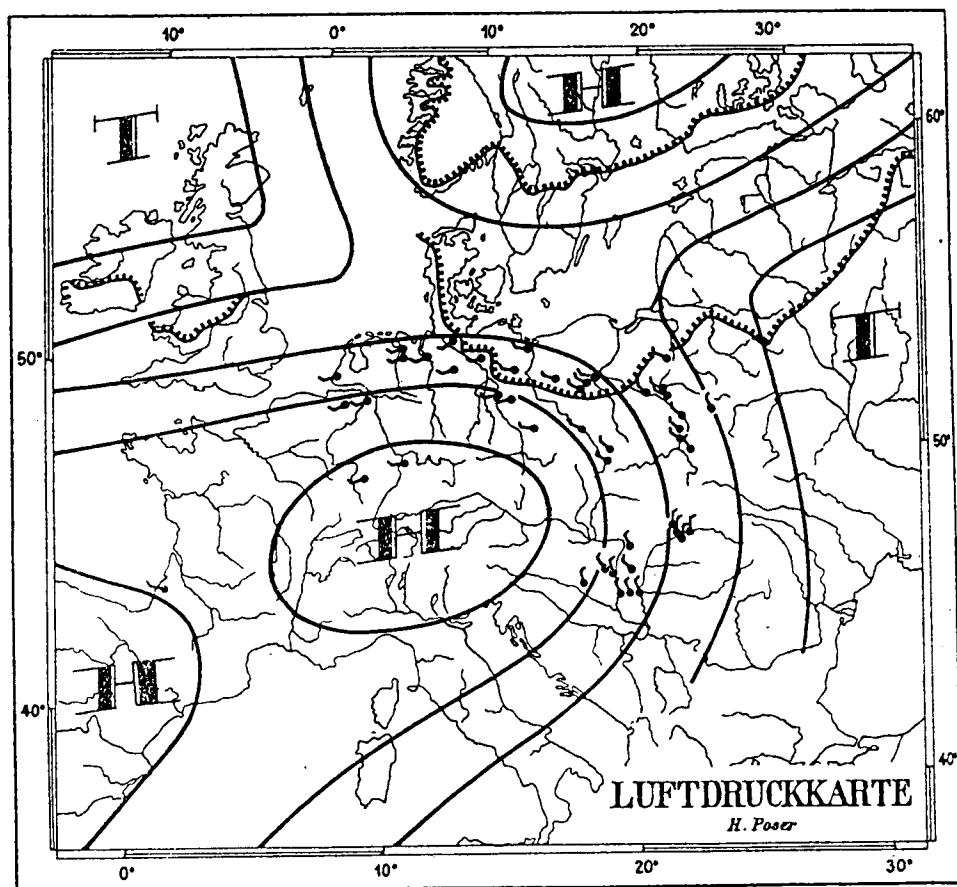


Abb. 1. Wind und Luftdruck im Sommer während des letzten Spätglazials (nach Poser 1951). Pfeile markieren für verschiedene Lokalitäten die aus Beobachtungen an spätglazialen Dünen erschlossenen Windrichtungen. Die gezähnten Linien bezeichnen Eisrandlagen für Anfang und Ende des letzteiszeitlichen Spätglazials.

einströmende Warmluft im Hochdruckbereich mit relativ hohen Temperaturen, andererseits in benachbarten küstennahen Meeresgebieten durch die Zufuhr von Schmelzwässern aus Inland und Gletschern mit einer oberflächlichen Kaltschicht rechnet, weshalb "unter diesen Umständen die aus westlichen Richtungen kommenden Luftmassen durch Nebel- und Regenbildung über der kalten Unterlage nahezu ausgetrocknet die Küsten erreichten". Niederschlagsfähige Depressionen dürften unter diesen Umständen "schon beim Überschreiten der Kaltwasserzone vor den Küsten namentlich in bezug auf die Niederschläge an Wetterwirksamkeit" eingebüßt und überdies bei antizyklonaler Luftdruckverteilung an der Westflanke der Hochdruckgebiete nach Norden umgesteuert worden sein.

Hinzu kommt, daß in Anbetracht der nicht nur in den europäischen Inlandeismassen und

Gletschern festgelegten Wassermengen aus dem Weltmeer mit der eustatisch bedingten seewärtigen Verschiebung der westeuropäischen Küstenlinien, verbunden mit tief gespannten Meeresspiegelständen (Abb. 2), zu rechnen ist, so z.B. rekonstruiert in Karten u.a. bei Büdel (1951), Gričuk (1965), Kaiser (1969) und Gerasimov (1969).

Alle bereits in den genannten älteren Untersuchungen zusammengetragenen Befunde und Argumente lassen erwarten, daß man sich für das Hoch- und Spätglazial der letzten Kaltzeit zumindest "das Sommerklima West- und Mitteleuropas und namentlich das ihrer zentralen Teile als relativ warm und betont trocken, also dem allgemeinen Charakter nach noch ziemlich arid vorzustellen" hat (Poser 1951, 44). Bereits Poser hat die eindrucksvolle Ausprägung von Dünenfeldern und Dünenformen im nördlichen Mitteleuropa (Jäger 1991) als Beleg für seine Vorstellungen gewertet.

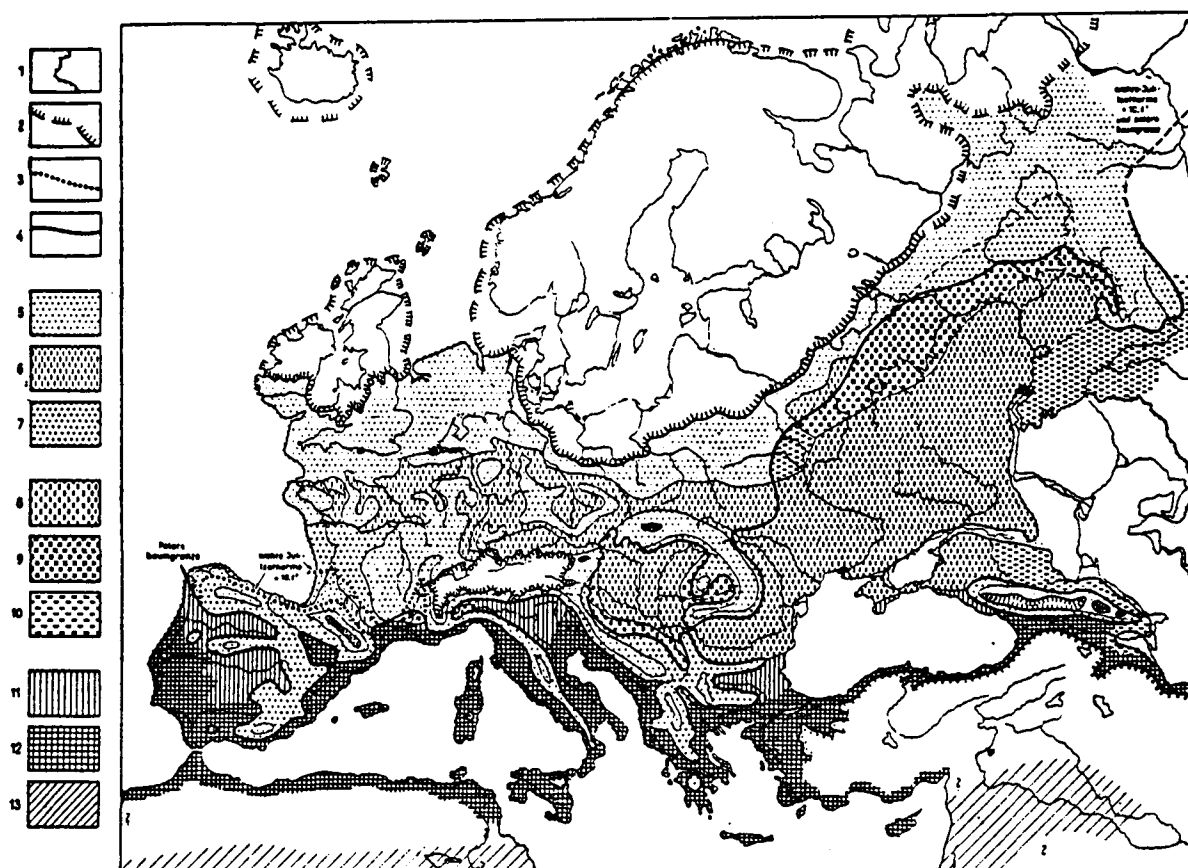


Abb. 2. Europa im Hochglazial der letzten Kaltzeit (Weichsel, Würm) (nach Büdel 1951).

Zu beachten sind vor allem die gegenüber dem heutigen Zustand seewärts verschobenen Küstenlinien (1). Im übrigen unterscheidet die Legende: 2 - Vergletscherungen (Inlandeis, Gebirgsvergletscherungen), 3 - Wahre Juli-Isotherme +10,5° C, 4 - polare Baumgrenze, 5 - Frostscht-Tundra, 6 - Löß-Tundra, 7 - Strauch- und Wald-Tundra, 8 - Lößsteppe, 9 - Löß-Wald-Steppe, 10 - Randsäume der Lößsteppe (mit unbestimmtem Charakter), 11 - Borealer Wald (mit Kiefer, Birke, Weide u.a.), 12 - Temperater Wald (mit anspruchsvollen sommergrünen Laubböhlern), 13 - mediterrane Vegetationen.

Für das Hochglazial der zentraleuropäischen Mittelgebirgszone und ihrer nördlichen Vorländer erlauben die verbreiteten weichselzeitlichen Lössse eine gleichartige Auswertung, zugleich aber mit ihrem Karbonatgehalt die Erhaltungsfähigkeit der Hartteile fossil überlieferter Mollusken und Säugetiere, die eine nähere Kennzeichnung der beschriebenen Klima- und Umweltverhältnisse ermöglichen.

Eine Bestätigung und zugleich Präzisierung der generellen Kennzeichnung von klimatischen Bedingungen und Umweltzustand für das Hochglazial der Weichsel-Kaltzeit in Mitteleuropa, zumindest aber für einen Teilabschnitt dieser Periode, ermöglichen Beobachtungen, die unter Berücksichtigung von Zusammensetzung und zeitlichem Wandel von Wirbeltierthanatozoenosen einem Lößaufschluß in Thüringen abgewonnen werden konnten. Dieser Aufschluß liegt in der Gemarkung Burgtonna (vormals Kr. Bad Langensalza, nunmehr Gotha) und fand bereits vor 9 Jahrzehnten im geologischen Schrifttum Erwähnung

(Kaiser & Naumann 1905), bevor Unger & Rau (1959, 1962) sowie Rau (1961) seine Bedeutung für die thüringische Lößstratigraphie erkannten und würdigten. Dabei ist die stratigraphische und chronologische Zuordnung zur Weichsel-Kaltzeit eindeutig gesichert durch einen unterlagernden Inter-glazialtravertin, dessen eemzeitliches Alter sowohl durch biostratigraphische (Kahlke 1978) wie durch radiometrische Befunde (Brunnacker et al. 1983) außer Zweifel steht. Die Lößsequenz selbst über dem Travertin ist in sich stratigraphisch gegliedert (Abb. 3) und zeigt zunächst eine Überdeckung des Travertins durch eine lehmige und Travertinbrocken führende Fließerde, die zum Hangenden hin zunächst durch ein ebenfalls Travertinbrocken enthaltendes Schwarzerdekolluvium abgelöst wird, das seinerseits einer Schichtenfolge aus Lößderivaten und begrabenen Böden als Auflagefläche dient (Jäger & Heinrich 1978). In dieser Abfolge ist nicht nur das Einsetzen der Ablagerung von wenigstens etwas verlagerten Lössen (Lößderivate im Sinne von Haase et al. 1970) er-

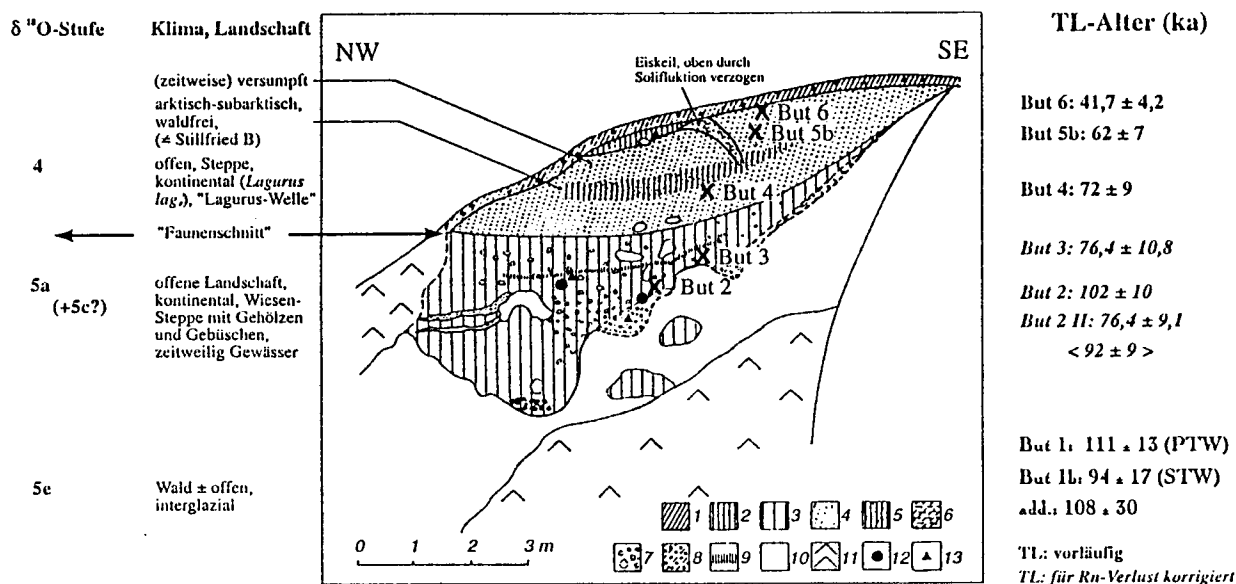


Abb. 3. Deckschichtenfolge über eem-interglazialen Travertin in einer Travertindepression bei Burgtonna (Unstrut-Hain-Kreis, Thüringen). Schichtenfolge nach Jäger & Heinrich (1978), Thermolumineszenz-Daten nach Zöllner (1994).

Profilaufbauten (nach Jäger & Heinrich 1978). 1 - Deckmantel (Aufschüttung?), 2 - Humushorizont einer Schwarzerde, 3 - Schwarzerdekolluvium, 4 - Lößderivate, 5 - fossiler Boden in Lößderivaten, autochthon (Frostgley), 6 - Bänder von verschwemmtem Travertinpulver, allochthon, 7 - Brocken umgelagerter Travertinschuttes, 8 - Fließerde mit hohem Anteil von umgelagerter Travertin, 9 - Go-Horizont mit Schwarzerdekolluvium, 10 - anstehender Travertin mit aufgelagerter Travertinschuttedecke, 11 - Verstoß, 12 - Fundpunkte von Großsäugerknochen, 13 - archäologische Fundpunkte.

Probenahmen für TL-Datierungen (nach Zöllner 1994): liegende Kreuze (x).

faßt, sondern auch an Hand der in den Schichten enthaltenen Überreste vormaliger Biozosen (u.a. Mollusken - Mania 1978; Wirbeltiere - Heinrich & Jánossy 1978) mit dem Faunenwandel im Entstehungszeitraum der Schichtenfolge verknüpfbar (Heinrich & Jäger 1978). Dabei ist nicht zuletzt der Nachweis von Wirbeltierarten bedeutsam, die rezent noch immer über ein Areal verfügen, aber zugleich über ein dem Weichsel-Hochglazial z.T. regional deutlich eingeschränktes Vorkommen. Dies bietet die Möglichkeit, aus den Umweltbedingungen im heutigen Verbreitungsgebiet sowie der Standortverteilung innerhalb dieses Areals Rückschlüsse auf vormalige Umweltverhältnisse abzuleiten, die die Artausbreitung in bestimmten Zeiträumen der Vergangenheit, genauer der Weichsel-Kaltzeit, nach und in Mitteleuropa ermöglicht haben, das außerhalb des Rezentareals liegt. Dies gilt nun in Sonderheit für das Auftreten des Graulemmings (*Lagurus lagurus* [Pallas]), dessen Eintreten in die Schichtenfolge mit dem Wechsel von einem Schwarzerdekolluvium zu ersten weichselzeitlichen Lößderivaten zusammenfällt (Heinrich & Jäger 1978).

Das Rezentareal von *Lagurus lagurus* (Pall.) ist relativ genau bekannt (Bobrinskij et al.

1965; Stubbe & Chotolchu 1968) und durch die Auswertung von Beobachtungsreihen meteorologischer Stationen (Walther & Lieth 1964ff.) näher charakterisierbar (Heinrich & Jäger 1978). Dabei ergeben sich (Abb. 4):

- Hohe Kontinentalität, verbunden mit großer Amplitude der monatlichen Temperaturmittel im Jahresgang, jedoch einer ausgeprägten sommerlichen Dürreperiode bei Verteilung der Niederschläge über das gesamte Jahr;
- Hohe sommerliche Mittelwerte der Temperatur bei niedrigen Mittelwerten für die Temperaturen im Winterhalbjahr, teilweise auch ganzjährig, im Sommer aber höher als heute in Thüringen;
- Niederschlagsüberschüsse vor allem im Mittel der Wintermonate, vielfach auch Schnee.

Die sommerliche Dürre kann nur kurz sein (einmonatig), an dem Arealrand auch jahresweise ausfallen, aber auch mehrere Monate andauern, jedoch nicht fehlen. Damit sind Bedingungen nachgezeichnet, die offenbar vor allem über die Wuchsbedingungen für die Hauptnahrungspflanze von *Lagurus lagurus* (Pall.), die *Artemisia*, auf dessen Arealbegrenzung und Standortwahl Einfluß nehmen, folglich aber für die nachweisliche, zeitweilige Arealausdehnung nach Mitteleuropa

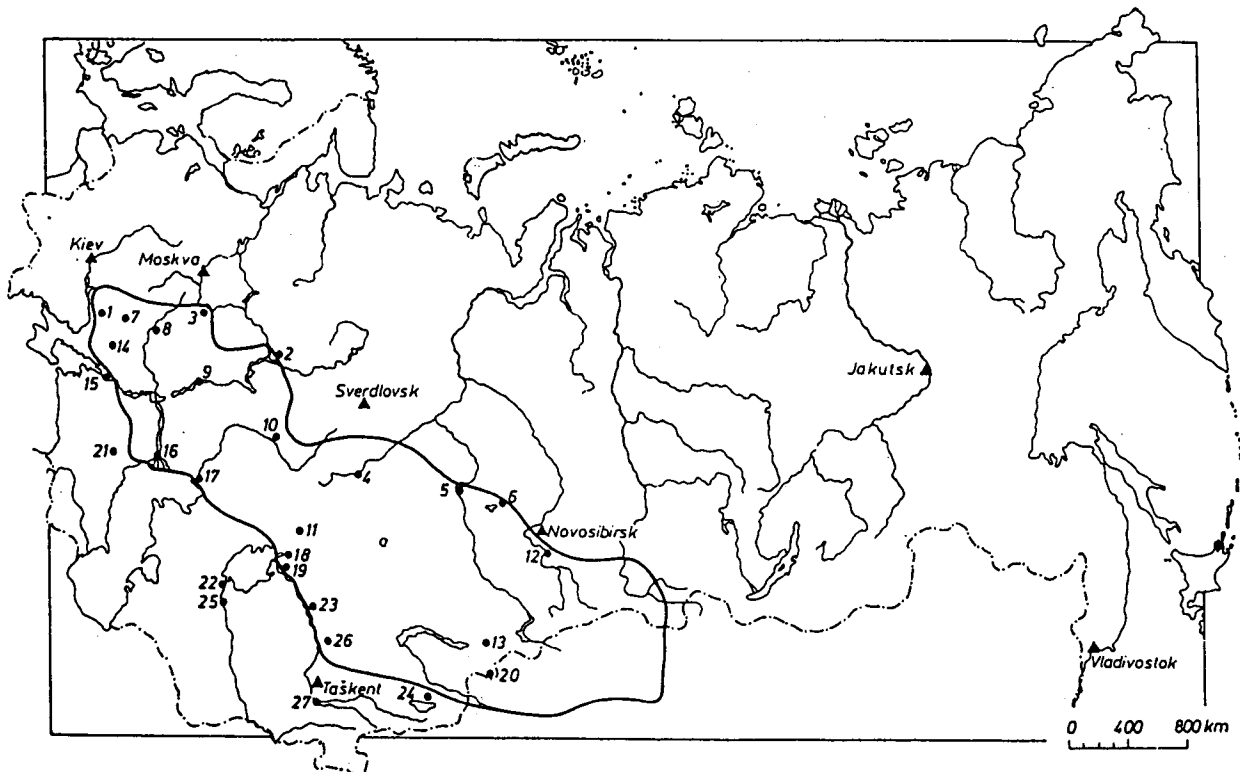


Abb. 4a. Rezent Areal von *Lagurus lagurus* (Pallas) nach Bobrinskij et al. (1965) sowie Stubbe & Chotolchu (1968) unter Eintragung von aktuellen meteorologischen Beobachtungsstationen nach Walther & Lieth (1964ff.) (aus Heinrich & Jäger 1978).

(Heinrich & Jánossy 1978) in der Weichsel-Kaltzeit eine entsprechende regionale Ausweitung erfahren haben müssen. Allerdings ist damit für dieses Gebiet zwar eine Präzisierung der klimatischen und ökologischen Kennzeichnung erreicht,

aber dies freilich nur für eine Zeitscheibe im Verlaufe des Glazials, wenschon bei relativ genauer stratigraphischer Position in dessen Rahmen (Jäger & Heinrich 1978; neuerdings nach TL-Daten etwas präzisiert und modifiziert: Zöller 1994).

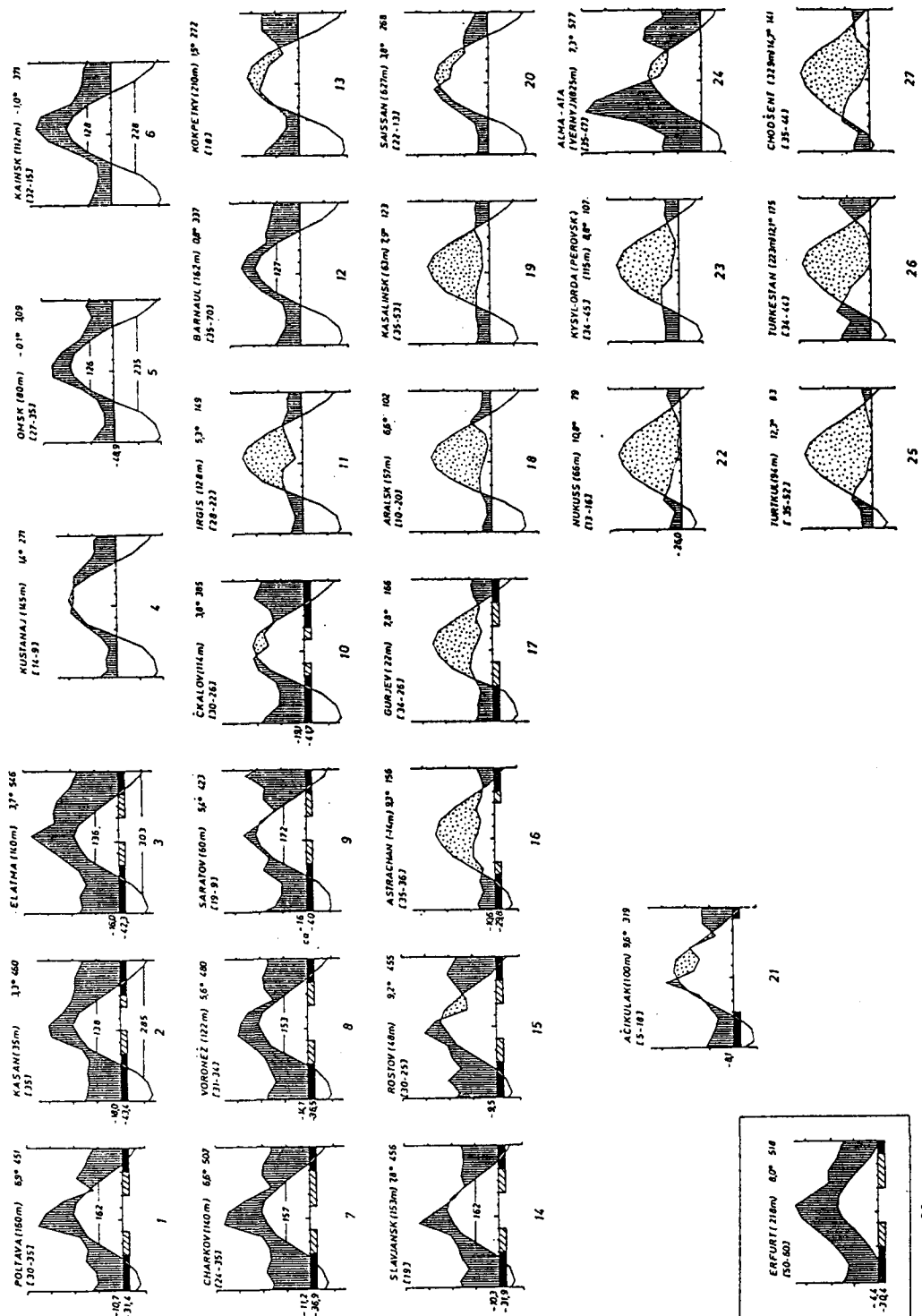


Abb. 4b. Klimadiagramm zu den aus Abb. 4a ersichtlichen Beobachtungsstationen (nach Walther & Lieth 1964ff.). Die gepunkteten Felder im Jahresgang bezeichnen saisonale Dürrephasen infolge temperaturabhängig im Vergleich zur Niederschlagskurve erhöhter Verdunstung (aus Heinrich & Jäger 1978).

Auch wenn die Veränderlichkeit von klimatischen Variablen über mehrere Zeitscheiben hinweg zu verfolgen ist, erweist sich die Erhaltung von Hartteilen der sedimentzeitgleichen Fauna vorzugsweise in Lößaufschlüssen im Vergleich mit den Rezentarealen der nachgewiesenen Arten als aussagefähig, ein methodischer Ansatz, der an Hand von Conchylien als Überresten vormaliger Molluskenfaunen vor allem in der tschechischen Forschung von Ložek (1973a,b) mit Erfolg verfolgt worden und an Hand der Ergebnisse am Beispiel des südmährischen Lößaufschlusses von Dolní Věstonice (Unterwisternitz) vorzustellen, da bisher leider nur im tschechischen Schrifttum veröffentlicht ist (Abb. 5).

Die Darstellung macht die thermischen Schwankungen innerhalb der letzten Kaltzeit auf Grund der Wandlungen in der Molluskenfauna deutlich. Sie basiert dabei auf dem Wechsel von Faunenvergesellschaftungen bzw. den davon hinterlassenen Thanatozoenosen, die jeweils an Hand repräsentativer Leitarten charakterisiert werden. Diese Leitarten sind ökologisch repräsentativ für ihre jeweilige Faunenvergesellschaftung, also nicht zu verwechseln mit Arten, die in der Biostratigraphie als Leitfossilien bestimmte stratigraphische bzw. zeitliche Horizonte charakterisieren. Jede ökologische Leitart steht damit für bestimmte Ansprüche an die jährliche Mitteltemperatur, und die Aufeinanderfolge der Leitarten bzw. der durch

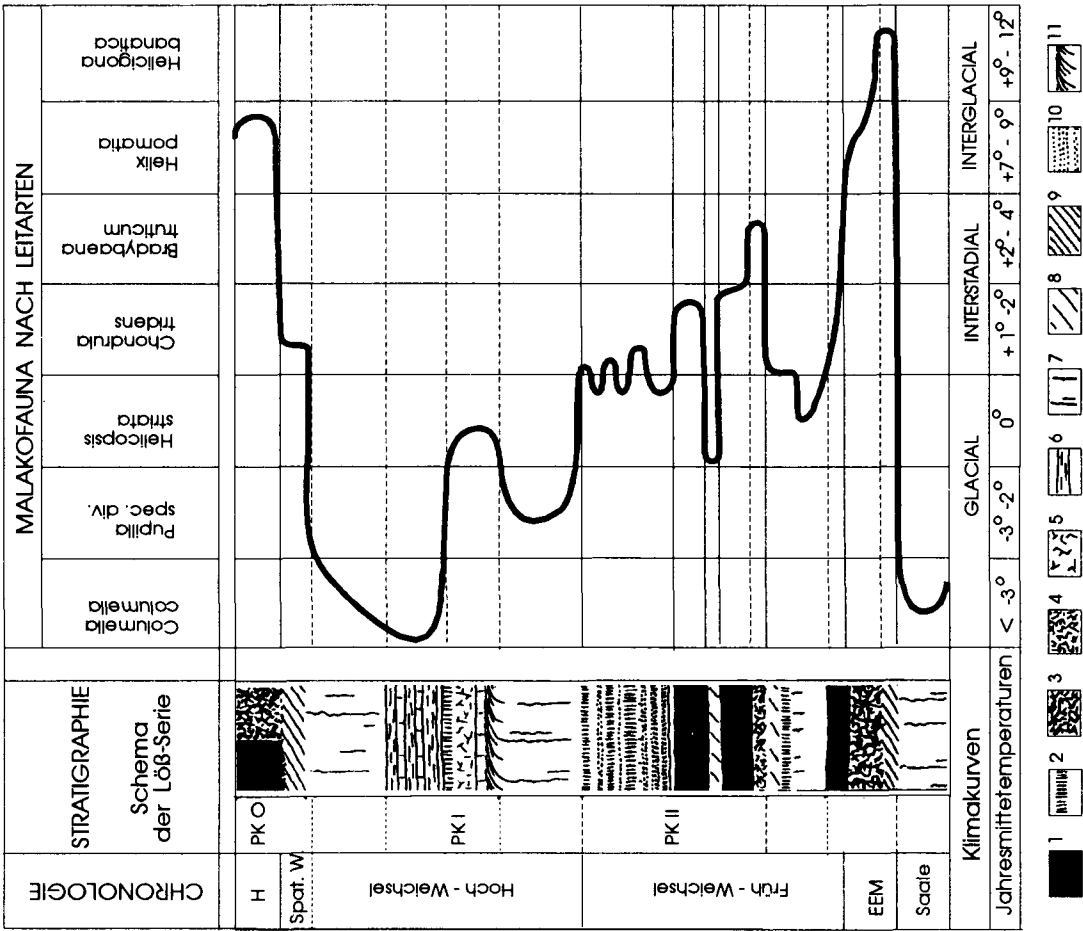


Abb. 5. Kurve der Veränderungen der Molluskenfauna (nach Leitarten für Mollusken-Vergesellschaftungen) vom Ende des Mittelpleistozäns bis zur Gegenwart (ca. 150 000 Jahre). Ein Beispiel für die Korrelation der Faunenentwicklung mit der paläogeographischen Entwicklung (nach Ložek 1973a).  
1 - Schwarzerde, 2 - schwach entwickelte Schwarzerde, 3 - Parabraunerde, 4 - Braunerde, 5 - schlecht entkalkter brauner Boden, 6 - initialer Pseudogley, 7 - Löß, 8 - lößartige Hangabschwemmung, 9 - Schwemmassen, 10 - Lehmbröckelsande, 11 Solifluktuationsbildungen.  
H - Holozän, PK - Pedokomplex (Bodenkomplex), Eem - letztes Interglazial.

sie vertretenen Faunenvergesellschaftungen ist somit geeignet, die Schwankungen der Jahresmitteltemperatur im Verlauf der Kaltzeit in einer approximativen Temperaturkurve widerzuspiegeln (Ložek 1973a, 184). Das Verfahren kann als Modell dafür dienen, auch den Gang der Jahresmitteltemperatur für weiter zurückliegende Abschnitte des Eiszeitalters zu kennzeichnen (Ložek 1973b, 4).

Das zeitliche Auflösungsvermögen dieser Bemühungen wird durch die stratigraphische Gliederung der Aufschlüsse mit ihrem Faunenwandel bestimmt und ist in dieser Konsequenz bisher nur im Bezug auf Molluskenfaunen praktiziert worden. Hinweise gibt es jedoch auf eine vergleichbare Abfolge von Faunenvergesellschaftungen auch bei Kleinsäugetern. Ihre genaue Ausarbeitung ist gegenwärtig noch Zukunftsaufgabe, die jedoch bereits vorliegende Beobachtungen nutzen und zugleich die an Hand von fossilen Molluskenfaunen erstellten Kurven überprüfbar machen kann. Dabei ist vorteilhaft, daß Hartteile von Mol-

lusken wie von Wirbeltieren vielfach in karbonathaltigen Sedimentfolgen, z.B. im Löß und in Höhlen, erhalten sind, in denen die Pollenanalyse kaum auf auswertbares Material trifft. Mit ihren zahlreichen Hinweisen auf kontinentale Klimaverhältnisse mit Offenlandbedingungen zeigen jedenfalls schon die bisherigen Ergebnisse klimageschichtlicher Arbeiten, daß bereits frühere Schriften, wie die von Poser (1951), wesentliche Merkmale des letztkaltzeitlichen Klimas in Mitteleuropa zutreffend erfaßt und begründet haben.

Darüber hinaus erweist sich jedoch die Einbeziehung paläontologischer Betrachtungen als geeignet, sowohl die Kenntnis letztkaltzeitlicher Klima- und Umweltbedingungen bis hin zur numerischen Kennzeichnung von Einzelangaben, etwa zur Temperatur, zu kennzeichnen, zu näheren Angaben über saisonale Werteschwankungen zu gelangen und schließlich sogar die Veränderlichkeit von Mittelwerten über längere Zeiträume, z.B. mehrere Jahrtausende, hinweg zu erfassen.

## Literatur

- BOBRINSKIJ, N.A., KUZNECOV, B.A. & KUZJAKIN, A.P., 1965: *Opredelitel' mlekopitajuschich SSSR*. Moskva.
- BRUNNACKER, K., JÄGER, K.-D., HENNIG, C.J., PREUSS, J. & GRÜN, R., 1983: Radiometrische Untersuchungen zur Datierung mitteleuropäischer Travertinvorkommen. *Ethnograph.-Archäol. Z.* 24, 217-266.
- BÜDEL, J., 1951: Die Klimazonen des Eiszeitalters. *Eiszeitalter u. Gegenwart* 1, 16-26.
- FRENZEL, B., 1967: *Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters*. Braunschweig.
- GERASIMOV, I.P., 1969: Degradation of the last European ice sheet. In: H.E. Wright, jr. (ed.), *Quaternary geology and climate*, 72-78. Washington.
- GRÍČUK, V.P., 1965: Paleogeografija severnoj Evropy v pozdnim plejstocene. In: I.P. Gerasimov (ed.), *Poslednyj evropejskij lednikovyj pokrov*, 166-175 (Summary 198-202). Moskva.
- HAASE, G., LIEBEROTH, I. & RUSKE, R., 1970: Sedimente und Paläoböden im Lößgebiet. In: *Periglazial -Löß - Paläolithikum im Jungpleistozän der Deutschen Demokratischen Republik*, 99-212. Gotha, Leipzig.
- HEINRICH, W.-D. & JÄGER, K.-D., 1978: Zusammenfassende stratigraphische und palökologische Interpretation des Fossilvorkommens in der untersuchten jungpleistozänen Deckschichtenfolge über dem interglazialen Travertin von Burgtonna in Thüringen. *Quartärpaläontologie* 3, 269-285.
- HEINRICH, W.-D. & JÁNOSSY, D., 1978: Fossile Säugetierreste aus einer jungpleistozänen Deckschichtenfolge über dem interglazialen Travertin von Burgtonna in Thüringen. *Quartärpaläontologie* 3, 231-254.
- JÄGER, K.-D., 1991: Äolische Erscheinungen im Jungquartär Mittel- und Nordeuropas - Bericht und Anmerkungen zu einem internationalen Symposium in Polen, Mai 1990. *Petermanns Geograph. Mitt.* 135 (1), 62-64.
- JÄGER, K.-D. & HEINRICH, W.-D., 1978: Die stratigraphische Gliederung eines fossilführenden jungpleistozänen Deckschichtenprofils über dem Interglazialtravertin von Burgtonna in Thüringen. *Quartärpaläontologie* 3, 187-202.



- JÄGER, K.-D. & HEINRICH, W.-D., 1981: Correlations between loess stratigraphy and vertebrate palaeontology in the Weichselian of Thuringia and their palaeoecological implications. In: *Quaternary glaciations in the Northern Hemisphere* (Internat. Geol. Correlation Programme, Project 73/1/24), 128-145. Prague.
- KAHLKE, H.-D., 1978: Zusammenfassender Überblick zur stratigraphischen Stellung der Travertine von Burgtonna in Thüringen. *Quartärpaläontologie* 3, 171-174.
- KAISER, E. & NAUMANN, E., 1905: *Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen, Lieferung 128, Blatt Langensalza*. Berlin.
- KAISER, K., 1969: The climate of Europe during the Quaternary Ice Age. In: H.E. Wright, jr. (ed.), *Quaternary geology and climate*, 10-37, Washington.
- KUKLA, J., 1961: Quaternary sedimentation cycle. In: *Czwartorzęd Europy środkowej i wschodniej* (Instytut Geologiczny, Prace XXXIV), część I, 145-154, Warszawa.
- KUKLA, J., 1969: Die zyklische Entwicklung und die absolute Datierung von Löß-Serien. In: J. Demek & J. Kukla (Hrsg.), *Periglazialzone, Löß und Paläolithikum der Tschechoslowakei*, 75-95. Brno.
- KUKLA, J., LOŽEK, V. & ŠIBRAVA, V., 1961: Outline of the stratigraphy of the Czechoslovak Quaternary. In: *Czwartorzęd Europy środkowej i wschodniej* (Instytut Geologiczny, Prace XXXIV), część I, 155-170. Warszawa.
- LOŽEK, V., 1964: *Quartärmollusken der Tschechoslowakei*. Praha (Rozprawy ústředního ústavu geologického 31).
- LOŽEK, V., 1969: Paläontologische Charakteristik der Löß-Serien. In: J. Demek & J. Kukla (Hrsg.), *Periglazialzone, Löß und Paläolithikum der Tschechoslowakei*, 43-59. Brno.
- LOŽEK, V., 1973a: Relikty a výsadky. *Živa* (Praha) 21,5, 180-184.
- LOŽEK, V., 1973b: Čeká nás doba ledová? *Vesmír* (Praha) 52,1, 1-7.
- LOŽEK, V., 1973c: *Příroda ve čtvrtohorách*. Praha.
- MANIA, D., 1978: Zur Molluskenfauna aus der jungpleistozänen Deckschichtenfolge über dem Travertin von Burgtonna in Thüringen. *Quartärpaläontologie* 3, 203-205.
- POSER, H., 1951: Die nördliche Lößgrenze in Mitteleuropa und das spätglaziale Klima. *Eiszeitalter und Gegenwart* 1, 27-55.
- RAU, D., 1962: Rezente und fossile Lößböden im Thüringer Becken und dessen Randgebieten. In: *Das Pleistozän im sächsisch-thüringischen Raum (Exkursionsführer)*, 145-163. Berlin.
- STUBBE, M. & CHOTOLCHU, N.C., 1968: Zur Säugetierfauna der Mongolei - Ergebnisse der Mongolisch-Deutschen Biologischen Expeditionen seit 1962, Nr. 30. *Mitt. Zool. Mus. Berlin* 44, 2, 5-121.
- UNGER, K.P. & RAU, D., 1959: Pleistozän des Thüringer Beckens. In: *Thüringer Becken (Exkursionsführer)*, 79-82. Weimar.
- UNGER, K.P. & RAU, D., 1961: Gliederung und Altersstellung der Lößablagerungen im Thüringer Becken und dessen Randgebiet. In: *Czwartorzęd Europy środkowej i wschodniej* (Instytut Geologiczny, Prace XXXIV), część I, 227-235. Warszawa.
- WALTHER, H. & LIETH, H., 1964ff.: *Klimadiagramm-Weltatlas*. Jena. 3 Lief.
- ZÖLLER, L., 1994: *Würm- und Rißlöß-Stratigraphie und Thermolumineszenz-Datierungen in Süddeutschland und angrenzenden Gebieten*. Habilitationsschrift, Fak. Geowiss. Univ. Heidelberg. (unveröffentlicht).