

graphie als soziale Wissenschaft, kurz Sozialgeographie genannt. Mit der französischen Schule erhält Utrecht den Begriff der »genre de vie« aufrecht ebenso wie sie die dynamische, die funktionelle und die regionale Methode benutzt, welche auch Brunhes seinem Werke zugrunde gelegt hat. Eine wesentliche Korrektur der Konzeption Brunhes ist die Erweiterung der Beziehung Natur-Mensch zu der Beziehung Natur-Gemeinschaft, wodurch das Kenntnisobjekt in seiner Dynamik der von der Wissenschaft geforderten

Objektivierung der Erscheinungen zugänglich geworden ist¹⁸⁾.

Wiewohl die praktische Anwendung der genannten Grundsätze noch Spielraum übrig läßt — z. B. das Problem der Stellung der landschaftlichen Faktoren in den regionalen Monographien —, glaubt die Utrechter Schule ihren vorläufigen Weg bestimmt gefunden zu haben.

¹⁸⁾ R. H. A. Cools, De geographische gedachte bij Jean Brunhes. Utrecht. 1942.

DAS ALTER DER SCHWARZERDE UND DER STEPPEN MITTEL- UND OSTEUROPAS

H. Wilhelmy

Mit 4 Abbildungen

Inhaltsübersicht

- I. Problemstellung.
- II. Bildung und Dynamik der Schwarzerde.
- III. Gibt es eine Progradierung zu echtem Tschernosiom?
- IV. Die Besiedlung der Schwarzerdegebiete im Neolithikum.
- V. Die Steppe: ein eiszeitliches Relikt?
- VI. Verbreitung von Wald und Steppe während der Würmeiszeit.
- VII. Das Klima der Steppengebiete in der Würmeiszeit, im Spätglazial und in der Nacheiszeit.
- VIII. Die spät- und postglaziale Entwicklung der mittel- und osteuropäischen Steppengebiete.
- IX. Potentielles Wald- und Steppenland.

I. Problemstellung

Der Tschernosiom ist ein humusreicher Boden, dessen organische Substanz zum großen Teil aus widerstandsfähigen, stickstoffreichen, mit mineralischen Bestandteilen eng verknüpften Huminsäuren besteht¹⁾. Der Humusgehalt des fetten Tschernosioms erreicht in der ukrainischen Waldsteppe bis 16 % und geht in der südrussischen Pflanzengras-Trockensteppe allmählich auf 4 % zurück. Auch die degradierten Schwarzerden der nördlichen Waldsteppe haben nur einen Humusgehalt von 4—6 %. Diese Werte liegen aber immer noch über denen, die bei den deutschen Schwarzerden angetroffen werden (2—3 %). Im Unterschied zu den anmoorigen Böden humider Klimate ist die Humusanreicherung der echten

Steppenschwarzerde im semiariden und ariden Klima nicht auf Wasserüberschuß, sondern auf eine periodische Unterbrechung des bakteriellen Abbauprozesses infolge sommerlicher Trockenheit und winterlicher Kältestarre zurückzuführen.

W. Laatsch hat sich gelegentlich seiner bodenkundlichen Untersuchungen in Mitteldeutschland eingehend mit den klimatischen Voraussetzungen der Schwarzerdebildung befaßt²⁾ und die Niederschlags- und Temperaturverhältnisse im thüringisch-sächsischen Tschernosiomgebiet mit denen Ungarns und Südrußlands verglichen. Er kommt zu der Feststellung, daß die chemischen und bakteriellen Bodenprozesse im Zentrum der russischen Steppe für die Dauer von fünf Winter- und drei Sommermonaten praktisch ruhen. In der ungarischen Tiefebene erstreckt sich diese Ruhepause auf zwei Winter- und drei Sommermonate, während die Abbauprozesse in der Umgebung von Halle nur noch in einem Winter- und in drei Sommermonaten wesentliche Verzögerungen erleiden. Bei gleicher Länge der sommerlichen Ruhepause in allen drei Gebieten reduziert sich die winterliche in ost-westlicher Richtung um volle vier Monate, ein deutlicher Hinweis auf die in gleicher Richtung abnehmende Kontinentalität des Klimas. Aus dieser Tatsache geht hervor, daß die mitteldeutschen Böden weiter vom klimatischen Optimum der Schwarzerdebildung entfernt sind als die ungarischen und südrussischen. Dabei steht die Pußta klimatisch Mitteleuropa näher als Südrußland.

Betrachten wir das heutige Klima Mitteldeutschlands in allen seinen Faktoren, so läßt sich nicht leugnen, daß es durchaus die Tendenz

¹⁾ W. Laatsch, 1938, S. 160.

²⁾ W. Laatsch, 1934, S. 70 ff.

besitzt, die Schwarzerdeböden langsam zu zerstören, aber es wäre völlig unzutreffend, daraus zu folgern, daß das mitteldeutsche Trockengebiet nichts oder wenig mit „einer Steppenlandschaft zu tun habe und daß der hier vorliegende dunkelfarbige Boden höchstens ein stark verändertes Relikt aus einer kontinentaleren Klimaperiode darstelle. Für das innerhalb der 500-mm-Isohyete liegende Gebiet³⁾ läßt sich bodenkundlich einwandfrei nachweisen, daß seine größten Flächen im Postglazial *k e i n e n* Wald getragen haben, daß die Typenentwicklung, vom Rohboden⁴⁾ ausgehend, über einen unentwickelten Zustand hinweg der echten Schwarzerde (Tschernosiom) zustrebte, daß dieser Typus wahrscheinlich am Ende der Bronzezeit am vollsten durchentwickelt vorlag, und zwar in einer Varietät, die von dem russischen zentralen Tschernosiom nur durch einen geringeren Humusgehalt zu unterscheiden war“⁵⁾.

Das bisher Gesagte läßt sich in drei Thesen zusammenfassen:

1. Die Schwarzerde bildet sich in ariden oder semiariden Klimaten, in denen eine längere winterliche und sommerliche Ruhepause den bakteriellen Abbau der organischen Substanzen verzögert.
2. Die ursprüngliche Vegetationsform in derartigen Klimaten ist die Steppe. Die Schwarzerde ist der Klimaxboden der Steppe: ohne Steppenvegetation keine Schwarzerde.
3. Das Auftreten von Schwarzerde in Klimazonen, die *k e i n e* optimalen Bedingungen für die Existenz einer Steppenvegetation bieten, weist darauf hin, daß die Schwarzerde ein Vorzeitboden ist, der unter den gegenwärtigen klimatischen Bedingungen allmählich degradiert.

Die Richtigkeit dieser Auffassung wird im folgenden zu prüfen sein. Darüber hinaus soll gezeigt werden, daß die *e c h t e* Schwarzerde in jedem Falle nur als ein Steppenboden erklärbar ist und nirgends aus ehemaligen Waldböden hervorgegangen sein kann. Mit Hilfe bodenkundlicher, vorgeschichtlicher, paläoklimatologischer, paläobiologischer und geomorphologischer Argumente soll der Nachweis geführt werden, daß die mitteldeutschen Schwarzerdegebiete seit dem Ende des Spätglazials, die osteuropäischen seit der Würmeiszeit und zum Teil bereits seit der ausgehenden Rißvereisung waldfreie Graslandschaften sind, in denen Gehölze — von ihrem

sporadischen Auftreten, das zum Bilde jeder Steppe gehört, abgesehen — auf Auen und Hänge der Täler beschränkt blieben. Ein überaus anregender mündlicher und brieflicher Gedankenaustausch mit den Herren Kollegen *Firbas*-Göttingen, *Hančar*-Wien, *Laatsch*-Kiel, *Machov*-Regensburg (früher Kiew), *Poser*-Braunschweig und *Walter*-Stuttgart/Hohenheim trug wesentlich zur Klärung der hier behandelten Fragen bei. Allen genannten Herren schulde ich für ihre freundlichen Mitteilungen aufrichtigen Dank.

II. Bildung und Dynamik der Schwarzerde

Die moderne Bodenkunde unterscheidet stickstoffarme und stickstoffreiche Humusstoffe⁶⁾. Die stickstoffarmen Humusstoffe entstehen vor allem aus dem Lignin, dem Gerüststoff, der in die Zellwände der lebenden Pflanzen eingelagert ist und zur Verholzung des Gewebes führt. Das Lignin, das dem Abbau größeren Widerstand entgegengesetzt als die Kohlehydrate, wird durch Mikroorganismen allmählich aus dem Zellverbände herauspräpariert und am Boden bzw. in den oberflächennahen Schichten angereichert. Wenn dies bei normaler Luft-, d. h. Sauerstoffzufuhr vonstatten geht, bauen Pilze das Lignin bald völlig ab. Nur bei einer gedrosselten Sauerstoffaufnahme kommt es zur Humusbildung und der dazu weiter erforderlichen Ammoniak- bzw. Aminaufnahme. Ammoniak und Amine sind Eiweißspaltprodukte. Gleichzeitig mit der langsamen Aufnahme von Sauerstoff reißt das Lignin Ammoniak aus seiner Umgebung an sich und bindet es so fest, daß man es weder durch Basen austauschen noch durch schwache Oxydationsmittel herauspalten kann. Durch Sauerstoff- und Ammoniakaufnahme formt sich aus dem Lignin der Humusstoff⁷⁾.

Die Tatsache, daß ohne die Anwesenheit von Ammoniak eine Humusbildung nicht möglich ist, läßt erkennen, welche Bedeutung der *B o d e n t i e r w e l t* im Ablauf dieses Prozesses zukommt. Regenwürmer wühlen die an der Erdoberfläche angesammelten vegetativen Massen in den Mineralboden ein und beschleunigen so die mikrobielle Zersetzung. Milben, Springschwänze, Asseln, Tausendfüßler und Insektenlarven zerkleinern die Pflanzenreste durch ihre Beiß- und Kau-tätigkeit. Durch ihre Verdauungsfermente und die Arbeit ihrer Darmbakterien bauen sie einen Teil der Kohlehydrate ab und legen damit die in ihrer Nahrung enthaltenen Lignintteile frei. Im Kot sind diese dann mit abgestoßenen Darm-

³⁾ Die Dörfer Poptitz im Saalekreis und Oberröblingen zwischen Halle und Eisleben gehören mit 430 mm Jahresniederschlag zu den trockensten Orten der mitteldeutschen Steppe und Deutschlands überhaupt.

⁴⁾ Löß.

⁵⁾ *W. Laatsch*, 1934, S. 72.

⁶⁾ Vgl. dazu die neuesten Untersuchungen von *W. Laatsch*, 1948, S. 3 ff. und 1949, S. 12 ff.

⁷⁾ *W. Laatsch*, 1948, S. 4.

hautzellen und Darmbakterien, d. h. mit konzentrierten Eiweißstoffen, eng verbunden. Nach der Ausscheidung sterben die Darmbakterien ab, und infolge der Zersetzung der Eiweißstoffe bildet sich Ammoniak. So sind im Kot der Tiere beste Voraussetzungen für eine lebhaft Humusbildung gegeben. Daß tatsächlich die Kotklümpchen der Bodentiere höhere Humusgehalte aufweisen als der umgebende Boden, wurde chemisch nachgewiesen⁸⁾.

Bodentiere, wie Regenwürmer, Engerlinge und Asseln, schicken darüber hinaus beständig große Mengen mineralischer Bestandteile durch ihren Darm, wodurch organische und mineralische Kolloide aufs innigste miteinander vermischt und durchknetet werden. Dies bewirkt eine intensive Ton-Humus-Kopplung, d. h. eine sofortige Stabilisierung der gebildeten Humusstoffe. Ohne eine solche schnelle Kopplung an mineralische Kolloide würde der frisch gebildete Humus dem Abbau durch Mikroorganismen zum Opfer fallen oder durch Sickerwasser in den Untergrund gespült werden. Die im Kot noch vorhandenen unverdauten Kohlehydrate bieten sich, vorzüglich aufgeschlossen, dem Angriff der Mikroorganismen dar. Humusbildende Strahlenpilze finden einen ausgezeichneten Nährboden, da die von ihnen bevorzugte organische Stickstoffquelle in Form von Eiweißspaltprodukten reichlich fließt. So sind auch die Voraussetzungen für eine Humusbildung auf Kohlehydratbasis besonders günstig. Im Unterschied zu den aus Lignin durch das Zusammenwirken von Sauerstoff und Ammoniak gebildeten stickstoffarmen Humusstoffen sind die unmittelbar aus den Stoffwechsel- und Zersetzungsprodukten der Mikroorganismen entstehenden Humusstoffe besonders stickstoffreich.

Alle neueren Beobachtungen lassen erkennen, daß die Humusbildung im Boden in erster Linie im Tierkot abläuft. Die Tiere schaffen erst das geeignete Milieu für die Humusbildung, und ihre Bedeutung für den Humusaufbau kann daher nicht hoch genug eingeschätzt werden. Auch nach ihrem Tode tragen sie noch wesentlich zur Humusanreicherung bei. Ihre Leichen stellen ein beachtliches Eiweißkonzentrat dar, aus dem nicht nur die verrottenden, ligninhaltigen Pflanzenreste der näheren Umgebung laufend Ammoniak- und Aminverbindungen aufnehmen können, sondern aus denen durch Selbstzersetzung vor allem die extrem stickstoffreichen Humusstoffe entstehen; „denn Humusbildung bedeutet ja Stickstoffkonzentrierung und Stickstoffkonservierung bei möglichst alkalischer Reaktion. Die Stick-

stoffkonzentrierung hat die Natur dem Tier überlassen. In seinem Kot und bei der Verrottung seiner Leiche überträgt das Tier sein organisches Stickstoffkonzentrat auf die stickstoffarme, zur Humifizierung bereite Pflanzenmasse“⁹⁾. Böden, die ausreichend durchlüftet sind, die immer wieder große Pflanzenmassen hervorbringen, die neutral oder schwach alkalisch reagieren, weisen optimale Verhältnisse für die Bildung stickstoffreicher Humusstoffe auf. Alle diese Bedingungen werden in der Steppenschwarzerde in hervorragender Weise erfüllt.

Neben der Humusanreicherung verdankt die Schwarzerde den Bodentieren ihr charakteristisches Schwammgefüge. Wir hörten schon, daß im Darm der Regenwürmer der neu gebildete Humus an Mineralstoffe gekoppelt wird. Winzige Tonteilchen umhüllen sich dort mit einer dünnen Humushaut. Überschüssige Humusmengen werden durch Eisen- und Aluminiumhydroxyd gebunden, die als Krusten an den feinkörnigen Mineralpartikeln haften. Durch weitere Aufnahme von Kiesel- und Phosphorsäure entstehen widerstandsfähige Kittsubstanzen, die in den Bodenkrümeln Gewölbe, Brücken und Pfeiler der mannigfach geformten Bodenhohlräume absteifen¹⁰⁾. Darüber hinaus sorgt die Wühlarbeit der Bodentiere selbst für die Erhaltung der hochporösen Struktur der Schwarzerde. Besonders die Wühlgänge der Regenwürmer, der wichtigsten Krümelhersteller der Schwarzerde, bilden in der jungfräulichen Steppe ein ungemein dichtes, von den Wurzeln der Gräser und Kräuter in ihrem Tiefenwachstum benutztes Kanalsystem. Diese in unendlicher Zahl vorhandenen Wurm- und Wurzelröhren, die feinen Kapillaren und Klüfte, bewirken eine ausreichende Durchlüftung des Bodens und begünstigen die humusbildende Tätigkeit der Bakterien in hohem Maße.

Betrachten wir demgegenüber einmal die Struktur eines echten Waldbodens. Das Klima der bodennahen Luftschicht im Walde unterscheidet sich von dem der offenen Steppe durch einen ausgeglicheneren Temperaturgang und höhere Luftfeuchtigkeit. Die beständige Durchfeuchtung des Oberbodens bewirkt einen gleichmäßigeren Ablauf der Zersetzungsprozesse, als dies im Grasland der Fall ist. Alljährlich empfängt der Boden eine Streudecke aus Laub, Nadeln und anderen Vegetationsresten. Ist diese Waldstreu reich an Basen und der Untergrund sehr kalkhaltig, so werden die Vegetationsreste intensiv von Bakterien zersetzt, und der entstehende Humus ist

⁸⁾ W. Laatsch, 1948, S. 20.

¹⁰⁾ W. Laatsch, 1949, S. 15.

⁹⁾ W. Laatsch, 1948, S. 19.

basengesättigt. Der Boden besitzt dann ein ähnliches Schwammgefüge wie die Schwarzerde. Ist die vegetative Masse oder der Untergrund jedoch basenarm, so entsteht leicht eine scharf abgesetzte Decke von Rohhumus, an dessen weiterer Zersetzung vor allem Pilze beteiligt sind. Dieser Rohhumus gibt infolge seines Basenmangels große Mengen von Humussäure in Lösung, die durch ihre Schutzkolloidwirkung eine intensive Tonzerstörung verursachen¹¹⁾, während im Gegensatz dazu die neutrale bis schwach alkalische Reaktion der Steppenschwarzerde die Lehmbildung aus primären silikatischen Mineralien hemmt. Die Basenarmut vieler Waldböden führt zur chemischen Aufspaltung der im Rohhumus enthaltenen pflanzlichen Membranstoffe in niedermolekulare Säuren, die bei jeder Reaktion hochbeweglich sind und deshalb aus der Rohhumusdecke in den darunter gelegenen Mineralboden eingewaschen werden. Diese stark sauren Spaltprodukte gehören zur Gruppe der Fulvosäuren, d. h. zu den wasserlöslichen Humussäuren, die von der modernen Humusforschung als wichtigste Urheber der Podsolierung angesehen werden¹²⁾.

Wenn die heutigen Waldsteppen- und Steppengebiete Südrußlands einstmals von Wäldern bedeckt gewesen wären, wie das *Leimbach* in seinem jüngst erschienenen Aufsatz annimmt¹³⁾, dann hätten diese Wälder auf Löß gestanden, wogegen nach Überwindung der Theorie von der absoluten Waldfeindlichkeit des Lößes grundsätzlich keine Einwendungen zu erheben sind. Der Löß ist bekanntlich sehr kalkreich; daraus müßte man folgern, daß auf ihm ein basengesättigter Humus, also kein saurer Rohhumus und mithin auch kein Podsolhorizont entstehen kann. Tatsächlich sind aber die Böden der nördlich an die jetzige Waldsteppe anschließenden Waldzone weitgehend podsoliert, und zwar nicht nur die diluvialen Sand- und Lehmsandböden, sondern in gleicher Weise wurde der dort noch inselartig auftretende Löß zu grauen und dunkelgrauen Podsolböden umgewandelt¹⁴⁾. Der Grund dafür ist nicht schwer zu finden. Im humiden Klima des Waldlandes erfolgt bei ständiger Durchfeuchtung des Erdreichs eine starke Auslaugung des Bodens, aber, so sollte man meinen, in der südlichen, niederschlagsärmeren Zone müßte bei dem Kalkreichtum des Bodens trotz angenommener ehemaliger Waldbedeckung eine Podsolierung unterblieben sein. Dennoch zeigt die Untersuchung der Böden unter einem vor 250 Jahren von Zar Pe-

ter I. bei Taganrog angepflanzten Eichenwald, daß selbst in der südlichen Trockensteppe künstlich geschaffene Waldböden podsolieren¹⁵⁾. Die Entkalkung des Lößes scheint, sobald Baumbestände den Bodenwasserhaushalt ändern und beim Abbau der Waldstreu große Säuremengen produziert werden, schnell fortzuschreiten. Es entsteht ein basenarmer, lehmiger Oberboden, auf dem es nunmehr zur Rohhumusbildung, zur Beseitigung des lockeren Schwammgefüges und zu einer stärkeren mechanischen Durchschlammung kommt. Die oberen 3 m des Waldbodenprofils unter der Mariupoler Versuchspflanzung beschreibt *G. Machow* (1930, S. 106) wie folgt:

- 0 — 1,10 m Lehmiger Tschernosiom mit 80 cm mächtigem Humushorizont, darunter Löß (0,80—1,10 Meter) mit Gängen von Bodentieren.
- 1,10 — 2,80 m Brauner, lehmiger Lößboden mit Karbonathorizont in 1,10 bis 1,50 m Tiefe.

Derartige verlehmtete oder podsolierte Schwarzerden gibt es in der freien Steppe nicht. *Machow* betont ausdrücklich, daß die Sorptionskapazität der Mineralfraktion der südrussischen Schwarzerde gänzlich unbedeutend ist¹⁶⁾. Er meint damit, daß sie sich kaum von der geringen Sorptionskapazität des Ausgangsmaterials, des rohen Lößes, unterscheidet. Erst in der Zone der niederschlagsreicheren Waldsteppe, im Bereich des degradierten Tschernosioms, vergrößert sich auch die Sorptionskapazität der Mineralfraktion infolge der Bildung von Tonmineralien. Ein derartiger Verlehmungsprozeß ist jedoch, wie gesagt, in der Schwarzerde der freien Steppe nicht zu beobachten.

Hätte die ganze Steppe einst Wälder getragen, dann wäre dort ein Bodenprofil entstanden, das ungefähr dem Profil solcher Lößböden entsprechen müßte, für die eine frühere Waldbedeckung mit Sicherheit nachgewiesen ist. *W. Laatsch* (1938, S. 203) hat solche Profile aus Mitteldeutschland beschrieben. Sie werden dadurch charakterisiert, daß die Huminsäuren in den an Ca- und Mg-Ionen verarmten oberen Horizonten als kolloidale Lösung (Sol) mit dem Sickerwasser in den Unterboden verfrachtet werden. Im Lößlehm bilden Wurzelröhren und Spaltrisse bevorzugte Einschlammungskanäle. Da nun im Unterboden der Ca- und Mg-Ionengehalt größer ist als im Ober-

¹¹⁾ *K. Schmalfuß*, 1947, S. 94.

¹²⁾ *W. Laatsch*, 1938, S. 73.

¹³⁾ *W. Leimbach*, 1948, S. 238 ff.

¹⁴⁾ Vgl. *G. Machow*, Bodenkarte der Ukraine, Kiew 1942.

¹⁵⁾ *G. Machow*, 1930, S. 167 und *H. Wilhelmy*, 1943 (a), S. 175 f.

¹⁶⁾ *G. Machow*, briefl. Mitteilung vom 15. 8. 49.

boden, gehen die Huminsäuren in den Gelzustand über und schlagen sich als eine weiche, schokoladenartige Schicht an den Wänden der Sickerkanäle nieder. In abgetrocknetem Zustand bilden sie rotbraune matte oder lackartig glänzende Überzüge. Da der Löß vielfach von regelmäßigen Kluftsystemen durchzogen ist, durch die polyederartige Einzelkörper abgesondert werden, läßt sich in ehemals bewaldeten Lößgebieten die Anordnung der Klüfte sehr gut an den rotbraunen Lackfüllungen erkennen. Im Inneren haben die von den dunkel verfärbten Bruchflächen umgebenen Lößpolyeder ihre ursprüngliche gelbbraune Farbe bewahrt.

Derartige Lacküberzüge sind zwar auch im Löß der Ukraine beobachtet worden, jedoch erst in Tiefen von 14,5—18,2 m¹⁷⁾. Da in höheren Niveaus (7,6—8,9 m und 2,8—3,75 m) alte verschüttete Tschernosiomhorizonte auftreten, geben sich die tieferen Huminsäureanreicherungs-horizonte als zu einem sehr alten Löß gehörig zu erkennen, der in einem vor-rißeiszeitlichen Interglazial eine Walddecke trug, wie dies *Gritschuk* (1946, S. 261) auch pollenanalytisch nachgewiesen hat. Diese interglaziale Bewaldung Südrußlands ist nicht zu bezweifeln und steht hier nicht zur Diskussion. Es soll nur gezeigt werden, daß die gegen Ende der Rißvereisung entstandene subarktische Steppe sich in ihren Resten bis heute erhalten hat, denn im riß- und würmeiszeitlichen Löß Rußlands sind nirgends derartige infolge der Huminsäuredurchschlammung entstandene Lacküberzüge festgestellt worden¹⁸⁾. Wenn das Gebiet zu irgendeinem Zeitpunkt im Spät- oder Postglazial von Wald bedeckt gewesen wäre, müßten sie vorhanden sein. Das Wurzelwerk der Bäume müßte bis tief in den Löß hineingereicht und neben der natürlichen Durchlüftung die Bildung der Lackfüllungen bewirkt haben. Durch eine etwaige spätere Schwarzerdebildung können diese dunklen Abscheidungen nicht völlig vernichtet worden sein, denn die Schwarzerde reicht auch in der Zone ihrer größten Mächtigkeit nur bis 1,10 m unter die Oberfläche, also bei weitem nicht so tief wie Baumwurzeln und Klüfte hinab. So liefert der bodenkundliche Befund keine Anhaltspunkte dafür, daß die südrussische Schwarzerde aus ehemaligen Waldböden hervorgegangen, oder, wie *Leimbach* sagt: „progradiert“ ist.

¹⁷⁾ *G. Machow*, 1930, S. 108.

¹⁸⁾ *G. Machow* schrieb mir am 15. 8. 49 auf meine diesbezügliche Anfrage: „Im Löß unter der Steppenschwarzerde gibt es nie an den Wänden der Bodenspalten den kolloidalen Überzug, der für die Waldböden so charakteristisch ist, und der auf das Ausspülen von peptisierten Kolloiden in den unteren Horizonten hinweist.“

III. Gibt es eine Progradierung zu echtem Tschernosiom?

Unter „Progradierung“ versteht *Leimbach* (1948, S. 243) die Rückbildung eines im Laufe seiner Entwicklung verschlechterten, d. h. degradierten Bodens zu seiner „besseren“ Ausgangsform, in unserem Falle also die Regenerierung eines degradierten Tschernosioms oder podsoligen Waldsteppenbodens zu echtem Tschernosiom. Der Ausdruck „Progradierung“ wird von den deutschen Bodenkundlern nicht benutzt. In der russischen Literatur hingegen spielt er bereits seit Anfang unseres Jahrhunderts eine Rolle, seit Beginn der sich über viele Jahrzehnte erstreckenden Kontroverse zwischen *Krylov* und *Korshinskij*, in der schließlich *Krylov* unterlag. *Krylov* vertrat die Ansicht, daß die Progradierung von podsolierten Wald- und Steppenböden nach erfolgter Entwaldung zu Schwarzerde möglich sei — *Korshinskij* und alle übrigen russischen Forscher außer *Grosset* bestritten diese Möglichkeit. *Krylov* behauptete, daß der Großteil der Steppe einst bewaldet gewesen sei; *Korshinskij* und seine Schule — auch der russische Geograph *L. S. Berg* schloß sich an — sehen in den podsolierten Waldsteppenböden ursprüngliche Steppenböden, die durch den vorstoßenden Wald degradiert worden sind. Mit anderen Worten: *Krylov*, dessen Thesen *Leimbach* vertritt und dem er seinen Aufsatz gewidmet hat, nimmt eine ursprünglich größere Ausdehnung der bewaldeten Areale an, die sich zu Gunsten der offenen Steppe verkleinert haben sollen, während *Korshinskij* und seine Anhänger an eine ursprünglich größere Ausdehnung der Steppe glauben, gegen die sich seit Beginn des Atlantikums (ca. 5500 v. Chr.) von N her Wald und Waldsteppe weiter vorgeschoben haben. Die gleiche Ansicht vertrat ich in meiner Arbeit über das „Wald-, Waldsteppen- und Steppenproblem in Südrußland“¹⁹⁾, mit der sich *Leimbach*, fußend auf den *Krylovschen* Hypothesen, auseinandersetzt.

Nachdem wir festgestellt haben, daß die Schwarzerde ihrem ganzen Charakter nach ein echter Steppenboden ist, dessen Bildung nur unter ganz bestimmten klimatischen Voraussetzungen vonstatten gehen kann, und daß das Bodenprofil des südrussischen Tschernosioms keine Anzeichen einer Bewaldung seit dem Ende der Würmeiszeit erkennen läßt, müssen wir grundsätzlich die Frage klären, ob die von *Krylov* und *Leimbach* behauptete Progradierung ehemaliger Waldböden zu echtem Tschernosiom kolloidchemisch überhaupt möglich ist. *Leimbach* (1948, S. 244) bezieht sich in seiner Verteidigung dieser

¹⁹⁾ *H. Wilhelmy*, 1943, S. 161 ff.

Annahme auf *Laatsch*, der in seiner „Dynamik der deutschen Acker- und Waldböden“²⁰⁾ zeigen konnte, „daß sich nördlich von Halle a. d. S. auf jungen, kalkreichen Lößabschlämmassen lokale, dem äußeren Anschein nach echte Schwarzerde-Humusformen gebildet haben, wo ehemaliger Acker in gras- und krautbewachsenes Odland (Grabenschutzstreifen) verwandelt wurde. Die Umprägung der braunen Ackerkrumen-Humusform im Schwarzerdegebiet²¹⁾ zu grauschwarzen Bildungen von typischem Schwarzerdecharakter ist dem Verfasser überall aufgefallen, wo die wilde Gras- und Krautvegetation der Ackerraine schwach kalkhaltige Lößschwarzerden mit verbrauchter Ackerkrume zu einer Regeneration veranlaßt hat“. *Laatsch* sagt nichts über die Progradation von Waldböden zu Schwarzerde, sondern spricht nur von einer *Regeneration* ehemaliger Schwarzerde, die durch die Bewirtschaftung im heute humideren Klima in ihrer vom Pfluge erfaßten Krumenschicht durch Humusumformung verbraunt ist. Gegen die Annahme, daß eine solche verbrauchte Schwarzerde wieder Farbe und Struktur einer echten Schwarzerde annimmt, wenn sie von einer wilden Gras- und Krautvegetation bedeckt wird, ist freilich nichts einzuwenden. „Aber wenn ein Ackerboden vorgelegen hat“, teilt mir *Laatsch* am 15. VI. 49 brieflich mit „dessen Unterboden durch Verwitterung und damit verbundener Eisenoxydausscheidung verbraunt ist, kann eine Umformung zu echter Schwarzerde nicht mehr stattfinden, denn zum Wesen der echten Schwarzerde gehört, daß die Verwitterung und Verlehmung im Unterboden noch nicht erfolgt ist. Eine einmal abgelaufene Verwitterung und Verlehmung unter einem angenommenen Waldboden kann auch in einer späteren Kultursteppe durch keinen Vorgang mehr rückgängig gemacht werden. Ist nun gar unter Wald eine Podsolierung eingetreten und hat damit eine Zerstörung von Tonmineralien und eine Verfrachtung der kolloidalen Zerfallsprodukte in den Unterboden stattgefunden, so ist diese Zerstörung und Verfrachtung erst recht etwas Bleibendes, das auch bei einer späteren Umformung des Bodens unter Kultursteppe immer nachweisbar bleibt“.

Der rohe unverwitterte Löß, das Ausgangsmaterial der Schwarzerde, besteht in Mitteldeutschland durchschnittlich aus 60 — 80 % Quarz, 10 — 15 % Kalk, ferner aus primären Silikaten, vor allem Feldspäten, Glimmern und

geringfügigen Mengen sekundärer Tonmineralien. Breitet sich auf Lößböden Wald aus, so treten infolge der erhöhten Durchfeuchtung wesentliche Veränderungen ein. In der nun beginnenden Bodenentwicklung bleibt nur der Quarz unverändert erhalten, während der Kalk allmählich ausgewaschen wird und die primären Silikate zu sekundären Tonmineralien umgeformt werden. Der Tongehalt des Bodens kann so von 5 % auf 10 bis 15 % ansteigen. Diesen Prozeß bezeichnen wir als *Verlehmung*. *Laatsch* hat unter Auswertung der Forschungen von *Ekblaw* und *Grim* die kolloidchemischen Vorgänge bei der Verlehmung von Lößböden und der Podsolierung von Schwarzerden im Staate Illinois eingehend dargestellt²²⁾. Aus diesen Untersuchungen geht klar hervor, daß eine einmal erfolgte Verlehmung durch keinen späteren Bodenbildungsprozeß rückgängig zu machen ist. Echte Löß-Schwarzerden lassen aber niemals irgendein Verlehmungsanzeichen erkennen²³⁾, können also nicht aus ehemaligen Waldböden hervorgegangen sein.

Allenfalls ist die Bildung schwarzerdeähnlicher Typen möglich. *K. Mothes* untersuchte z. B. am Plattensee in Ungarn ein Waldgebiet mit eingesprengten jungen Rodungsflächen. Unter dem Wald fand er das typische Waldbodenprofil, aber auf den Rodungsflächen stand „Schwarzerde“ an. Sie war durch eine außerordentlich rege Hamstertätigkeit entstanden. Die Hamster waren nach der Rodung eingewandert und hatten durch ihre Wühlarbeit in diesem dicht an der Grenze zwischen Wald- und Steppenklimate gelegenen Gebiet die Bildung einer Sekundär-Schwarzerde verursacht. Chemisch und röntgenographisch würde sich jedoch noch das alte Waldbodenprofil erkennen lassen²⁴⁾.

Immer vermag der Bodenkundler mit seinen heutigen Forschungsmitteln einen echten Tschernosiom von sekundär gebildeten ähnlichen Bodentypen zu unterscheiden. *Leimbach* (1948, S. 244) zitiert selbst drei Autoren, die sich klar in dieser Richtung aussprechen. So schreibt *I. V. Tjurin* schon 1933 in seinem „Bodenkunde-Lehrgang“ (S. 258): „Degradierete Tschernosiom-Böden und dunkelgraue antonige Waldböden können als Steppenböden derartige Ähnlichkeit mit ausgelaugten Tschernosiom-Böden erhalten, daß oft nur die chemische Analyse das Vorhandensein einer Auswaschungsschicht (Podsolhorizont) und Einwaschungsschicht nachweisen kann“. *Lavrenko* (1939, S. 511) meint, daß die Regradie-

²⁰⁾ *W. Laatsch*, 1. Aufl. 1938, S. 176; 2. Aufl. 1944, S. 197.

²¹⁾ Gemeint ist das mitteldeutsche Schwarzerdegebiet (vgl. Abb. 1).

²²⁾ *W. Laatsch*, 1938, S. 150, 180, 182.

²³⁾ Vgl. *W. Laatsch*, 1938, S. 152.

²⁴⁾ Nach einer frdl. Mitteilung von *W. Laatsch*.

rung (oder Progradierung) nicht alle Bodenmerkmale auslöschen kann, die durch Podsolierung angenommen wurden. Und schließlich schrieb *H. Walter* in einem Brief an *Leimbach*: „Eine Progradierung der Waldböden unter einer Grasnarbe ist zwar durchaus möglich, jedoch am Bodenprofil erkennbar“.

Wie *Leimbach* mit diesen Zitaten seine Waldhypothese für die südrussische Steppe begründen will, ist mir unverständlich. Alle drei Gewährsmänner sagen das gleiche wie *Laatsch*, daß nämlich ein „progradierter“ Waldboden immer als solcher erkennbar bleibt und nicht zu echtem Tschernosiom umgewandelt werden kann. Wenn das aber der Fall ist, dann gibt es keine „Progradierung“ in dem von *Leimbach* vertretenen Sinne, sondern allenfalls eine Regenerierung ehemaliger Schwarzerden oder eine Entwicklung brauner Waldböden in Richtung einer Humusanreicherung und Dunkelfärbung unter Beibehaltung der A-, B-, C-Horizonte, von denen sich die Schwarzerde durch ihre Gliederung in die beiden ineinander übergehenden A- und C-Horizonte grundsätzlich unterscheidet, wenn man nicht eine Vermischung des A- mit dem B-Horizont durch Bodenwühler annehmen will. Aber auch in diesem Falle wäre die frühere Verlehmung immer noch chemisch nachweisbar und bereits an der höheren Plastizität des Materials im Gelände zu erkennen.

Nachdem heute Morphologie, Chemismus und Verbreitung der Schwarzerde eingehend erforscht sind, kann ihre Bildung nach *W. Laatschs* Formulierung (1938, S. 168) „mit Sicherheit aus der Einwirkung eines bestimmten Steppenklimas und einer Steppenvegetation auf Ca- und Mg-reiche Ausgangsgesteine erklärt werden“. Im gleichen Sinne äußert sich *K. Schmalfuß* (1947, S. 103): „Die Ausbildung der Steppenschwarzerde ist von einem bestimmten semiariden bis semihumiden Klima abhängig, wie es besonders die russischen Steppengebiete charakterisiert“. Weitere Einzelheiten über den Bildungsprozeß mögen den bodenkundlichen Werken von *Laatsch* und *Schmalfuß* oder meinem hier zur Diskussion stehenden Aufsatz (1943 a) entnommen werden. Die modernen Erkenntnisse über Genese und Dynamik des Tschernosioms bestätigen jedenfalls unsere Auffassung, daß es sich bei der südrussischen Steppe um ein naturgegebenes, ursprünglich klimatisch bedingtes Grasland handelt: „Die Schwarzerde kann nicht in einem ehemaligen Waldland, sondern muß auf der Steppe entstanden sein. Daß heute in der nördlichen Waldsteppe große Flächen degradierten Tschernosioms auftreten, ist kein Gegenbeweis. Wir dürfen daraus

vielmehr umgekehrt den Schluß ziehen, daß auch diese ganze Zone einstmals von Grassteppe eingenommen war und daß erst später vom Waldland her der Baumwuchs allmählich weiter nach S vorgedrungen ist... Wir müssen daher die gegenwärtige Grenze zwischen Waldland und Waldsteppe als die historische Nordgrenze des einstmals offenen Graslandes der Postglazialzeit betrachten... Aus dieser ursprünglichen Lage, die durch das trocken-warme Klima der Borealezeit bestimmt wurde, ist die Grenze allmählich immer weiter nach S gewandert. Seit Beginn der kühleren subatlantischen Periode hat sich der Baumwuchs weiter in den Bereich der ehemals offenen Steppe vorgeschoben und deren Areal ständig verkleinert²⁵). Es liegt kein Grund für die Annahme vor, daß dieser Prozeß inzwischen abgeschlossen ist“²⁶). Ganz die gleiche Auffassung vertritt *Laatsch*, dessen Buch mir seinerzeit bei der Abfassung meines Aufsatzes in Rußland leider nicht zur Verfügung stand: „In der nacheiszeitlichen Periode hat Mittel- und Osteuropa eine Klimaänderung von trockeneren zu feuchteren Verhältnissen durchgemacht. Als Folge dieses Wandels drang der Wald in Rußland nach Süden ein Stück in die Schwarzerdesteppe vor und wandelte die eroberten schwarzen Böden in graubraune Waldböden um“. Und mit Blickwendung auf die deutschen Schwarzerdevorkommen fährt *Laatsch* fort: „Ohne die Tatsache, daß der heutigen verhältnismäßig maritimen Periode Mitteleuropas eine Zeit mit kontinentaleren Verhältnissen vorausgegangen ist, wäre die Verbreitung der Schwarzerde in Deutschland überhaupt unverständlich, denn wir finden heute noch mehr oder weniger veränderte Schwarzerden im nordwestlichen Harzvorlande und anderen Teilen des Reiches, die bedeutend höhere Niederschläge als das mitteldeutsche Trockengebiet erhalten“²⁷).

In einem 1946 von der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften veröffentlichten Sammelband „Probleme der Quartär-Paläogeographie“, der die 1941 auf der vom Geographischen Institut der Akademie veranstalteten Quartär-Konferenz gehaltenen Vorträge vereinigt, führte *I. P. Gerasimov* (1946, S. 223) aus, daß sich die Waldgrenze in der westlichen Ukraine im Verlaufe der Postglazialzeit um 450 km, in der östlichen Ukraine um 375 km und in Westsibirien um 300 km nach S vorgeschoben habe und daß so das eigentliche alte Steppenareal wesentlich verklei-

²⁵) Ich bin heute der Ansicht, daß dieser Waldvorstoß bereits zu Beginn des Atlantikums, also ca. 5 500 v. Chr. einsetzte, vgl. S. 20.

²⁶) *H. Wilhelmy*, 1943 (a), S. 171 f.

²⁷) *W. Laatsch*, 1938, S. 170.

nert worden sei. Dieselbe Feststellung von der besonders starken Südwanderung der Waldsteppengrenze in der Westukraine gegenüber dem östlichen Teil der Landschaft machte ich 1944, als ich mich mit den „Methoden der Verdunstungsmessung und der Bestimmung des Trockengrenzwertes am Beispiel der Südukraine“ beschäftigte. Damals sagte ich: „Im Gegensatz zu den beiden beschriebenen Hauptvegetationsgrenzen (Waldgrenze und Steppengrenze) ist die Grenze zwischen Waldsteppe und Wiesensteppe in der Ukraine nicht an eine Linie gleichen Feuchteüberschusses gebunden. Bei Kischinew stößt der Baumwuchs am weitesten gegen die Trockengrenze vor und erreicht fast die + 20-mm-Linie²⁸⁾.) Bei Kremenschug schneidet die Waldsteppengrenze die + 60-mm- und südlich Woronesch sogar die + 100-mm-Linie. Aus diesem diagonalen Verlauf der Waldsteppengrenze geht deutlich hervor, daß der Wald im Westen der Ukraine vom polessischen Kerngebiet aus bereits beträchtliche Teile der für Baumwuchs geeigneten Wiesensteppe in Besitz genommen hat, während in dem von der zentralen Waldzone weiter entfernten ostukrainischen Gebiet große Flächen potentiellen Waldlandes noch baumlose Grasfluren sind. So ist es also kein Zufall, daß die Wiesensteppenzone im Westen der südrussischen Ebene nur außerordentlich schmal, im Osten dagegen sehr breit entwickelt ist. Die Karte mit Linien gleicher Humidität und Aridität stellt somit ein wertvolles Hilfsmittel zur Überprüfung des Gleichgewichtszustandes zwischen Klima und Pflanzendecke dar. Sie liefert einen Beweis dafür, daß die gegenwärtige Waldsteppengrenze in der Ukraine nicht klimatisch begründet ist und daß sich vor allem im Osten des Landes der Baumwuchs noch wesentlich weiter nach Süden ausdehnen könnte²⁹⁾“.

Leimbach meint freilich, daß im östlichen Teil des potentiellen Waldsteppengebietes die Baumbestände bereits dem Kohlenbergbau zum Opfer gefallen seien³⁰⁾, während er für den Westteil der Ukraine die Existenz der Waldsteppe als einen nennenswerten Landschaftsgürtel überhaupt leugnet und dieses Gebiet als „südliche Laubwaldzone“ bezeichnet³¹⁾. Ich gebe zu, daß pflanzengeographische Kartierungen, besonders

²⁸⁾ Gemeint ist die Linie eines Feuchteüberschusses von 20 mm, berechnet nach der Formel $N_s = 17 t + 270$; vgl. *H. Wilhelmly*, 1944, S. 121.

²⁹⁾ *H. Wilhelmly*, 1944, S. 123; vgl. dazu dort die beiden Karten Taf. 8 und 9.

³⁰⁾ *W. Leimbach*, 1948, S. 249 f. Diese Feststellung trifft nur für das Donezplateau, nicht aber für das ganze potentielle Waldsteppengebiet der östlichen Ukraine zu.

³¹⁾ *W. Leimbach*, 1944, Abb. 2, S. 240.

in einer Übergangszone, wie sie die Waldsteppe darstellt, immer einen stark persönlichen Stempel tragen werden. Bei meinen zahlreichen Fahrten durch dieses Gebiet hatte ich auch oft den Eindruck, in einem Waldland zu sein. Aber nach Überfliegung des Geländes in den verschiedensten Richtungen schloß ich mit der bisherigen Auffassung der russischen und polnischen Pflanzengeographen an und bezeichne dieses Gebiet als „Waldsteppe“, wobei freilich zu beachten ist, daß Bestandsdichte und Artenreichtum der Wälder und Waldinseln nach Osten beständig abnehmen. Letztlich ist es aber in unterschiedlichen genetischen Vorstellungen begründet, daß *Leimbach* von einem westukrainischen „Waldland“ spricht, ich hingegen in dieser mosaikartig von Grasfluren und Waldinseln bedeckten Übergangslandschaft eine „Waldsteppe“ sehe. Für *Leimbach*, der an eine ursprünglich viel weitere Verbreitung des Waldes in Südrußland glaubt, ist die Westukraine ein vom Menschen gelichtetes und in weiterer Rodung begriffenes Waldland, für mich, der ich zu beweisen versuche, daß die Steppe einst noch wesentlich weiter nach N gereicht hat und der Wald seit dem Ende des Boreals seine Grenze gegen die offene Steppe in stetiger Wanderung nach S verlegt hat (und noch weiter in dieser Richtung verlegen würde, wenn der Mensch nicht hindernd eingriffe³²⁾), stellt die Westukraine ein vom Baumwuchs erobertes ehemaliges Steppengebiet, eben eine Übergangszone zur noch offenen Steppe — eine „Waldsteppe“ dar. Dabei will ich keineswegs leugnen, daß der Grad der Bewaldung schon einmal stärker gewesen ist als in der Gegenwart und daß größere Waldareale bereits wieder gerodet worden sind. Aber die Tatsache, daß es sich bei den in der Westukraine am weitesten verbreiteten Böden um degradierten Tschernosiom handelt, beweist, daß dieses Gebiet ursprünglich von Steppenpflanzen besiedelt war und daß Waldpflanzen dort erst nachträglich von N her eingedrungen sind. Dieser Deutung des bodenkundlichen Befundes pflichtende Botaniker, wie *Gams* (1943, S. 69 ff.) und *Firbas* (1949, S. 40), bei.

Schließlich noch ein letzter Beweis für den ursprünglichen Steppencharakter des Waldsteppengebietes: Unter den heute von Waldinseln besetzten Flächen degradierten Tschernosioms treten fossile Gänge von Bodenwühlern auf, also von Tieren, die ehemals in der Steppe, aber niemals in einem früher geschlossenen Waldland gelebt haben können³³⁾. Derartige fossile Bauten von Steppentieren unter dem Lebensni-

³²⁾ Dieselbe Ansicht vertritt auch *H. Gams* in einem gleichzeitig mit meiner Arbeit erschienenen Aufsatz (1943, S. 83).

³³⁾ *G. Malchov*, briefl. Mitteilung von 15. 8. 49.

veau der heutigen Fauna sind ziemlich gleichmäßig über das ganze waldfreie Schwarzerdegebiet verteilt. Im Bereich der Waldsteppe zeigen sie jedoch eine merkwürdige Häufung. Sie treten dort besonders im Gebiet der waldfrei gebliebenen Grasflächen auf, während sie unter den Waldinseln in etwas geringerer Zahl anzutreffen sind. G. Machow findet für diese Erscheinung eine einleuchtende Erklärung. Er sieht in den baumfreien Teilen der Waldsteppe das Rückzugsgebiet für ungeheure Massen von Bodenschwämmern, die infolge des atlantischen Waldvorstoßes aus ihren ursprünglichen Verbreitungsgebieten nach Süden abwandern mußten.

IV. Die Besiedlung der Schwarzerdegebiete im Neolithikum

Nachdem im Vorstehenden gezeigt wurde, daß der Tschernosiom nur als ein Steppenboden erklärbar ist und daß seine sekundäre Bildung — auf den Ausdruck „Progradierung“ sollte man lieber verzichten — aus einem Waldboden mit typischem A-B-C-Profil meist bereits morphologisch, zumindest aber kolloidchemisch einwandfrei nachweisbar ist, muß als nächster Schritt versucht werden, das Alter der Schwarzerde zu bestimmen, denn damit ist uns gleichzeitig eine Altersbestimmung der Steppe selbst gegeben. Die neueren Ergebnisse der Vorgeschichtsforschung bringen uns in dieser Richtung ein gutes Stück voran.

Wir beginnen mit einer Betrachtung der mitteleuropäischen Schwarzerdegebiete, werfen einen Blick auf die Verhältnisse in Südosteuropa und beschäftigen uns abschließend mit den südrussischen Grabungsergebnissen. Für den mitteleuropäischen Bereich hat kürzlich K. Schwarz eine wichtige Untersuchung über die Lagebeziehungen der Bandkeramiker-Siedlungen zu den Schwarzerdegebieten vorgelegt (1948, S. 1 ff.). Die Bodenfunde der linearbandkeramischen Kultur stellen nach unserem bisherigen Wissen die ältesten Überreste einer bäuerlichen Kultur in Mitteleuropa dar. Ohne vorangehende Entwicklungsstadien ist diese Kultur zu Beginn des Neolithikums voll ausgebildet vorhanden. Schwarz kommt zu folgender bedeutsamen Erkenntnis: Alle linearbandkeramischen Fundplätze liegen an den Rändern der Schwarzerdeflächen des Thüringer Beckens. Auf den Schwarzerdeflächen selbst konnten keine oder nur ganz vereinzelte Siedlungsreste festgestellt werden. Meist erstrecken sich die Funde auf degradierte Steppenböden oder Gesteinsböden des Muschelkalks und des Keupers. „Die Bereiche der degradierten Schwarzerden und die Ränder der eigentlichen Schwarzerde sind dicht besetzt, während die

weiten, ebenen Flächen des letzteren Bodentyps frei blieben“³⁴). Dort, wo Fundplätze gelegentlich innerhalb der zusammenhängenden Schwarzerdeflächen auftreten, „geschieht dies fast ausnahmslos im Gelände mit stark bewegtem Relief entlang mittlerer oder kleinerer Wasserläufe“. Die der Schwarzschen Arbeit beigefügte Karte (Abb. 1) bestätigt diese Feststellungen. Übrigens hat Schwarz ganz die gleichen Verhältnisse im mittelschlesischen Tschernosiomgebiet beobachtet.

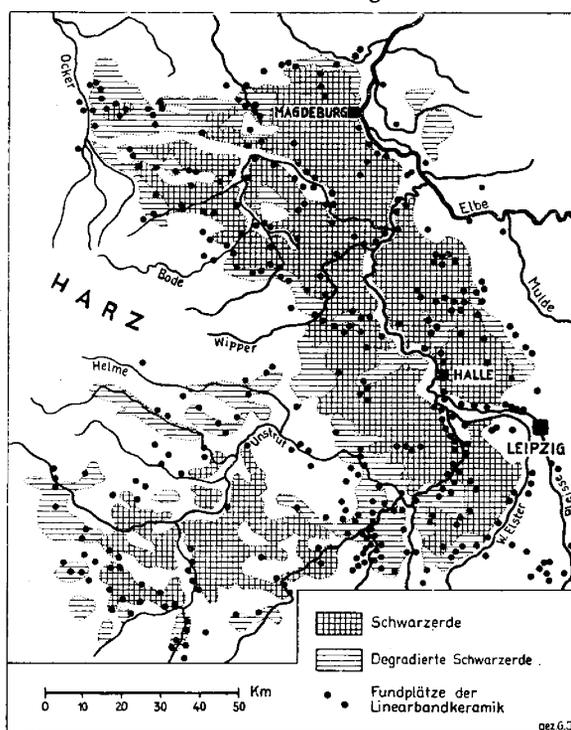


Abb. 1. Linearbandkeramische Bodenfunde in Mitteleuropa
(Nach K. Schwarz)

Es erhebt sich nun die Frage, warum das Schwarzerdegebiet von den Siedlern der linearbandkeramischen Kultur gemieden worden ist, ob es sich dort um bereits im Neolithikum vorhandene Steppengebiete handelt und ob die Schwarzerde selbst neolithischen oder gar vorneolithischen Alters ist. Bisher lagen zur Lösung dieses Problems nur wenig gesicherte Erkenntnisse vor. H. Stremme (1936, S. 60 f.) geht nicht näher auf Datierungsfragen ein, betont jedoch das hohe Alter der Schwarzerde und ihre Bindung an „alte ursprüngliche Grassteppen“. W. Laatsch (1938, S. 173) sieht, wie bereits ausgeführt, die besten Möglichkeiten für die Entstehung der Schwarzerde in einem kontinental bestimmten Klima während des Höhepunktes der postglazialen Wärmezeit, als die noch weiter als

³⁴) K. Schwarz, 1948, S. 8.

heute nach NW vorgeschobene Nordseeküste die Binnenlage Mitteldeutschlands verstärkte. *F. Firbas* meint unter Berücksichtigung der pollenanalytischen Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf das frühere Vorhandensein von Steppen in den mitteldeutschen Schwarzerdegebieten, daß entweder „an ein Überdauern eiszeitlicher Steppenreste oder eine neuerliche wärmezeitliche Zurückdrängung der Wälder gedacht werden könnte“³⁵⁾. Schließlich sei auf einen Datierungsversuch *O. Schlüters* verwiesen. Er stellte eine gute Übereinstimmung des Schwarzerdeareals mit den waldfreien Flächen frühgeschichtlicher Zeit

lungsruben enthält Schwarzerde aus der überlagernden Schwarzerdeschicht. *Schmalfuß* hat das Profil bodenkundlich untersucht und gab darüber folgendes Gutachten ab: „... Die gleichmäßig sehr hohen Humusgehalte in den tieferen Schichten des Profils der Fundstelle sind offenbar nur so zu deuten, daß ein ursprünglich vorhandener Boden mit hohem Humusgehalt (Schwarzerde) in die Grube eingeschüttet wurde und dort, infolge des hohen Kalkgehaltes und der verhinderten Auswaschung in der besonderen klimatischen Lage, seitdem ohne merkliche Veränderung erhalten geblieben ist“³⁷⁾.

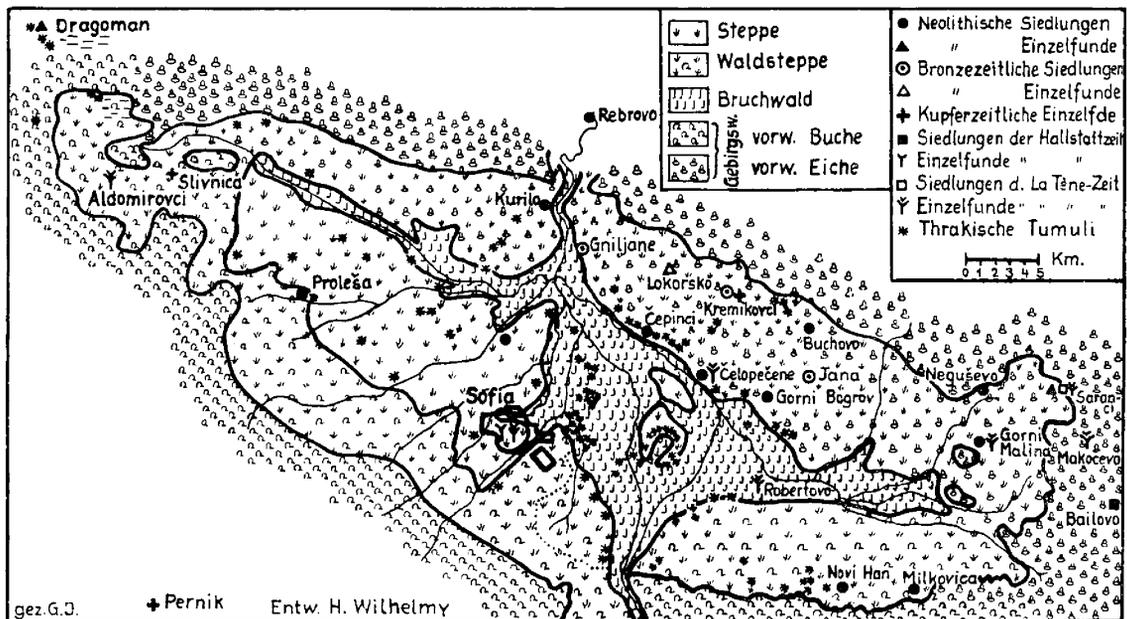


Abb. 2. Ursprüngliche Vegetation und prähistorische Besiedlung des Beckens von Sofia
(Aus H. Wilhelmy 1935, S. 25)

fest, äußert jedoch in Anbetracht des seit der frühen Eisenzeit herrschenden Klimas gegen eine zu frühe Datierung Bedenken und hält die Entstehung des Tschernosioms „unter Mitwirkung der dauernden Besiedlung und Benutzung im Anschluß an die neolithisch-bronzezeitliche Trockenperiode für möglich“³⁶⁾.

Keine der geäußerten Ansichten war bisher mit Sicherheit bewiesen. Erst *Schwarz* gelang eine exakte Altersbestimmung des mitteldeutschen Tschernosioms. 1948 wurden am Südhang des Lieseckenberges im Kreise Quedlinburg stichbandkeramische Siedlungsgruben freigelegt, die die Schwarzerdeschicht durchstoßen und mit ihrem Unterteil in den hellfarbigen Lössuntergrund hinabreichen. Die Füllmasse dieser Sied-

Damit ist das mindestens neolithische Alter der mitteldeutschen Schwarzerde, folglich auch das der mitteldeutschen Steppe bewiesen (Neolithikum rd. 3000—1800 v. Chr.). Diese offenen Steppengebiete wurden von den Trägern der bandkeramischen Kultur gemieden. Sie siedelten am Rande des offenen Graslandes, wo der echte Tschernosiom in den degradierten Tschernosiom übergeht. In dieser Zone existierte, wie aus der Degradierung ersichtlich ist, ein lichter Waldbestand, eine Waldsteppe. Völlig geschlossener Wald würde über die Degradierung hinaus ein echtes Waldbodenprofil mit eingeschaltetem Auswaschungshorizont (B-Horizont) verursacht haben. Ein solcher Waldboden wäre vermutlich überhaupt nicht mehr als ehemaliger Tscherno-

³⁵⁾ *F. Firbas*, 1939, S. 104.

³⁶⁾ *O. Schlüter* u. *E. Blume*, 1929, S. 147.

³⁷⁾ Gutachten vom 3. 8. 48 in *K. Schwarz*, 1948, S. 19 f.

sion erkennbar. Daneben waren im Neolithikum die in die Schwarzerdeflächen hineinführenden Täler besiedelt, in denen nach den pollenanalytischen Untersuchungen ein ehemaliger Baumbestand angenommen werden darf³⁸⁾. „Der Wald spielte im Siedlungswesen der frühen Jungsteinzeit eine ebenso große Rolle wie in jeder bäuerlichen Kultur. An den ganz begrenzten Stellen, wo er fehlte, waren die Voraussetzungen für eine Dauersiedlung recht ungünstig. Diese Gebiete beschränken sich auf die Schwarzerdevorkommen der damaligen Zeit; sie wurden nur dort zum Niederlassen benutzt, wo in unmittelbarer Nähe Wälder zur Verfügung standen“³⁹⁾.

kerterrasse, deren degradierte Schwarzerdeböden ringförmig das zentrale Tschernosiomgebiet umgeben. Für diese periphere Degradationszone ist eine lichte Waldsteppe als ursprüngliche Vegetationsform noch in der Türkenzeit durch Reiseberichte und Urkunden belegt⁴¹⁾. Nur zwei neolithische Siedlungen lagen im Schwarzerdegebiet, davon eine unmittelbar am Rande zur Waldsteppe, die andere in der Nähe eines von Auwäldern erfüllten Iskernebentales. Das eigentliche Schwarzerdegebiet war im Neolithikum genau so siedlungsleer wie es Schwarz jetzt für Mitteldeutschland nachgewiesen hat. In dem völligen Baumangel habe ich einen der Gründe

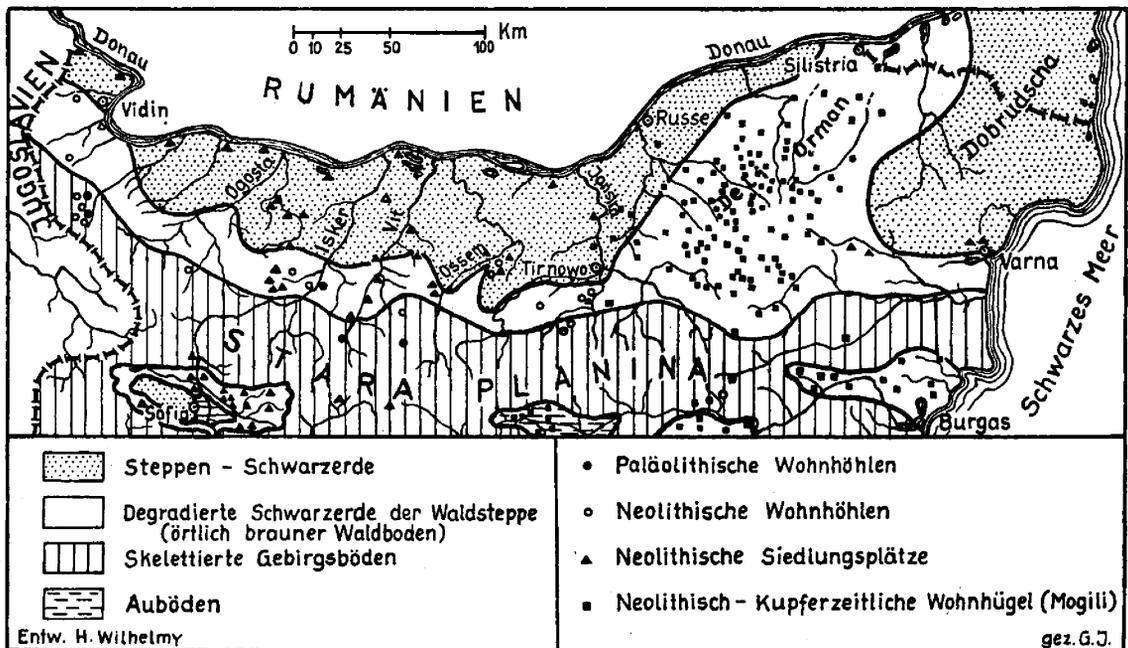


Abb. 3. Bodentypen und prähistorische Besiedlung Nordbulgariens
(Nach Angaben von G. Bontschev, S. N. Puschkarov u. V. Mikov)

Zu einem absolut gleichen Ergebnis kam ich gelegentlich meiner siedlungsgeographischen Untersuchungen in Hochbulgarien⁴⁰⁾. Ich konnte zeigen, daß das westliche Becken von Sofia von Schwarzerdeböden eingenommen wird, die ursprünglich eine Steppenvegetation bedeckte. Dafür ließen sich bodenkundliche, klimatologische, floristische und historische Beweise erbringen. Die geschichtlichen Belege reichen freilich nur bis in das 16. Jahrhundert zurück, aber sie werden vorzüglich ergänzt durch den prähistorischen Befund, der auf der nebenstehenden Karte dargestellt ist (Abb. 2). Von 14 neolithischen Siedlungsplätzen liegen 12 auf der höheren Bek-

gesehen, „der die Neolithiker von einer Niederlassung im eigentlichen Steppengebiet zurückhielt“⁴²⁾. Erst zu Beginn der älteren Eisenzeit setzt mit der Einwanderung der Thraker die Besiedlung der Schwarzerdeböden im westlichen Becken von Sofia ein.

Noch eindrucksvoller — weil es sich um ein viel größeres Gebiet handelt — tritt auf der nordbulgarischen Tafel die Siedlungsleere der sich zwischen den rechten Donau- nebenflüssen ausbreitenden Steppenplatts während des Neolithikums in Erscheinung. Durch Vereinigung der von V. Mikov⁴³⁾ entworfenen Karte der prähistorischen Fundplätze Bulgariens

³⁸⁾ K. Schwarz, 1948, S. 23.

³⁹⁾ K. Schwarz, 1948, S. 27.

⁴⁰⁾ H. Wilhelmy, 1935, S. 21 ff., 62 ff.

⁴¹⁾ H. Wilhelmy, 1935, S. 27.

⁴²⁾ H. Wilhelmy, 1935, S. 62 f.

⁴³⁾ V. Mikov, 1933, Kartenbeilage.

mit den Bodenkarten von *G. Bontschev* und *S. N. Puschkarov*⁴⁴⁾ entstand Abb. 3. Deutlich geht aus dieser Darstellung hervor, daß das ganze westliche und mittlere Schwarzerdegebiet im Neolithikum unbesiedelt war. Die jungsteinzeitlichen Siedlungsplätze konzentrieren sich auf den zentralen Teil der südlich anschließenden Zone des degradierten Tschernosioms und stoßen nur an den Rändern der bewaldeten Täler weiter in das nördliche Steppenland vor, um sich dann am Ufer der Donau zu einer lockeren, von W nach O verlaufenden Siedlungskette zusammenzuschließen.

Eine auffällige Häufung neolithisch-kupferzeitlicher Siedlungsplätze ist in Nordost-Bulgarien zu beobachten. Bei ihnen handelt es sich ausnahmslos um flache wurtartige Hügel von 2—15 m Höhe, deren Durchmesser zwischen 60 und 200 m schwankt. Diese Mogili, die sich schon durch ihre Form deutlich von den Tumuli, echten Grabhügeln, unterscheiden, bestehen vornehmlich aus Kulturschutt und stellen Wohnhügel dar, die nach *Mikovs* Datierung von 2500—1900 v. Chr. besiedelt waren. Sie treten auch in der Marica-Niederung auf, fehlen jedoch in Hochbulgarien und Nordbulgarien westlich der Jantra. Die Mogili nehmen in Nordost-Bulgarien den ganzen sich dort zu großer Breite entwickelnden Bereich der degradierten Schwarzerde ein. Es ist jenes Gebiet, das, wie das Bodenprofil unter den Mogili beweist, bereits im Neolithikum von Waldsteppe bedeckt war, an deren Stelle dann, bewirkt durch die schon seit dem Atlantikum eingeleitete Klimaverschlechterung, allmählich dichte Wälder getreten sind. Die Türken gaben diesem Waldgebiet, von dem große Teile bis heute erhalten sind, den Namen Deli-Orman. Auch *Guntschev*, der sich mit der Lößfrage in Bulgarien eingehend beschäftigt hat, ist der Auffassung, daß es sich im Deli-Orman um ein verhältnismäßig junges Waldgebiet handelt⁴⁵⁾. So bestätigt auch das nordbulgarische Beispiel das bisher Gesagte: Das Gebiet der unveränderten Schwarzerde, d. h. die eigentliche Steppenzone, war abseits der Flußläufe im Neolithikum siedlungsleer. Die Masse der Siedlungsreste dieser Epoche konzentriert sich auf die Bereiche des degradierten Tschernosioms, für die im Neolithikum die Waldsteppe als natürliche Vegetationsform angenommen werden muß.

In Rumänien begleitet Schwarzerde den Donaulauf südlich einer Linie, die etwa von Turnu Severin über Craiova nach Bukarest zieht,

dann nach N umbiegt und über Focşani und Barlad die Stadt Jaşi erreicht. Die tiefliegende, 10 bis 15 km breite Uferzone der Donau selbst wird von Alluvionen gebildet. An die bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts von Steppen eingenommene Schwarzerdezone schließt sich zum Karpatenrand hin ein breiter Gürtel degradiertes und podsolierter Böden der früheren Waldsteppe an⁴⁶⁾. Die prähistorische Erforschung Rumäniens steckt noch sehr in den Anfängen. Was bisher erkundet ist, läßt jedoch ebenfalls erkennen, daß das Steppenschwarzerdegebiet im Neolithikum siedlungsleer war und sich alle Funde aus dieser Zeit auf das Waldsteppengebiet beschränken⁴⁷⁾.

In der Ukraine wird das Neolithikum durch die Tripolje-Kultur repräsentiert. Sie reichte nach neuester Auffassung von 3000—1500 v. Chr.⁴⁸⁾. Die Tripolje-Leute waren Viehzüchter-Bauern. Als Haustiere hielten sie Rind, Schaf und Schwein. Das Pferd scheint in ihrer Wirtschaft noch keine Rolle gespielt zu haben, denn Pferdeknöchel fehlen in den Schichten der Tripolje-Kultur fast völlig. Angebaut wurden Weizen, Gerste und Hirse, wie Körnerfunde bezeugen⁴⁹⁾. Seit 1899 bei Tripolje am Dnjepr (südl. Kiew) die ersten Siedlungsplätze dieser östlichen Vertreter des großen Kulturkreises der Bandkeramik entdeckt wurden, haben unzählige weitere Funde unsere Kenntnis über Wesen und Verbreitung der Tripolje-Kultur wesentlich vervollständigt. Sie fehlt im offenen Steppenland und „zeigt in ihrer Hauptstreckung eine tatsächliche Beschränkung auf die Waldsteppe, und zwar auf die Plateaus des zertalten Flachlandes. Erst ab 1750 v. Chr. (d. h. gegen Ende der Tripolje-Kultur, *H. W.*) ist zugleich mit der zahlenmäßig nachweisbaren Steigerung der Schafzucht ein Übergreifen der Tripoljebesiedlung auf die Überschwemmungsterrassen der Flußtäler und auf die Steppenrayone erkennbar“⁵⁰⁾. Die Siedlungsplätze der Tripolje-Leute, zemljanken und ploščadki, liegen im Dnjepr-, Bug- und Dnjestrgebiet auf den stark zertalten Hochflächen, und zwar immer in der Schwarzerdeschicht und niemals unmittelbar auf dem Löß⁵¹⁾. Die gleiche Beobachtung wurde für die am Rande von Waldsteppe und Steppe, 12 km östlich Simferopol auf der Krim gelegenen mesolithischen Jägerlager gemacht. Die Kulturreste des Tardenoisien sind

⁴⁶⁾ Vgl. die von *P. Krische*, 1928, S. 69 ff. wiedergegebenen Bodenkarten, ferner *H. P. Kosack*, 1943, S. 327.

⁴⁷⁾ *H. Obermaier* u. *G. Wilke*, 1927/28, S. 165 ff.

⁴⁸⁾ *F. Hančar*, briefl. Mitteilung vom 22. 6. 49.

⁴⁹⁾ *F. Hančar*, 1942, S. 238.

⁵⁰⁾ *F. Hančar*, briefl. Mitteilung vom 22. 6. 49.

⁵¹⁾ *F. Hančar*, 1942, S. 238.

⁴⁴⁾ *G. Bontschev*, „Bodenkarte von Bulgarien“ in *P. Krische*, 1928, S. 78 u. *S. N. Puschkarov*, „Bodenkarte von Bulgarien 1 : 500 000“, Sofia 1930.

⁴⁵⁾ *G. Guntschev*, 1935, S. 71.

dort nur 50 cm tief in eine mächtige Schwarzerdeschicht eingebettet⁵²⁾.

Weiteren Aufschluß geben die *Kurgane*, jene Grabhügel, die man in großer Anzahl innerhalb des gesamten südrussischen Steppengebietes findet und die dem späten Neolithikum, der Kupfer-, Bronze- und Eisenzeit entstammen. Querschnitte durch derartige Kurgane, die in ihrer Form den Tumuli Bulgariens oder unseren Hünengräbern entsprechen, zeigen, daß vor ihrer Anlage oft die oberste Bodenschicht entfernt und die Beisetzung der Leichen in hölzernen Särgen oder Steinkästen unmittelbar auf der Lößoberfläche erfolgt ist. In solchen Fällen findet man unter den Kurganen keinen durchgehenden Schwarzerdehorizont. Aber es läßt sich ohne weiteres erkennen, daß die Grabhügel aus Schwarzerde aufgeschüttet sind, die man in der näheren Umgebung abgrub⁵³⁾. Es besteht also nicht nur der äußere Mantel der Kurgane aus typischem Tschernosiom, sondern jeweils der gesamte Hügel. Auch in Südrußland ist die Schwarzerde und damit die Existenz der Steppe mindestens seit dem späten Neolithikum nachweisbar.

Der älteste historische Bericht, dem brauchbare vegetationskundliche Angaben zu entnehmen sind, stammt von *Herodot*. Im 5. Jh. v. Chr. besuchte er das Land der Skythen am unteren Dnjepr und gibt eine anschauliche Schilderung der weiten Steppen, die sich vom linken Ufer des Stromes nach Osten erstrecken. Baumwuchs erwähnt er nur aus dem Gebiet des oberen Bug. Es ist jene Zone, in der die westukrainische Waldsteppe am weitesten nach Süden vorstößt.

Wenn es auch nicht Ziel dieser Untersuchung ist, siedlungsgeographischen Problemen nachzugehen und der prähistorische Befund hier nur benutzt wurde, um zusammen mit bodenkundlichen Argumenten das hohe Alter der mittel- und osteuropäischen Steppengebiete nachzuweisen, so seien mir doch einige Bemerkungen zu jener Frage gestattet, die nun schon seit Jahrzehnten Geographen, Historiker und Botaniker

in gleicher Weise beschäftigt: ob nämlich der Wald oder das offene Land der bevorzugte Siedlungsraum der Neolithiker gewesen ist. *K. Schwarz* (1948, S. 27) meint, daß sich auf Grund seiner Untersuchungen im mitteldeutschen Tschernosiomgebiet ein Bild herauschäle, welches das von der Steppenheidetheorie *Gradmanns* entworfene im Endergebnis nicht bestätigte. Diese Schlußfolgerung verblüfft den Leser, denn sie steht im Widerspruch zu *Schwarz'* eigenen Untersuchungen, eine Tatsache, auf die auch *O. Schlüter* in seiner Besprechung der sonst so gründlichen Arbeit hinweist. (Pet. Mitt., 1950, S. 102). Ich kann mich überhaupt des Eindrucks nicht erwehren, daß in der Diskussion um die Steppenheidetheorie Meinungsgegensätze konstruiert worden sind, die nur auf verschiedenartigen Vorstellungen der einzelnen Autoren von der Vegetationsform „Steppenheide“ beruhen und daß im Grunde genommen *Gradmann* und viele seiner Gegner genau das gleiche meinen. *Gradmann* hat niemals von einer neolithischen *Steppe* siedlung gesprochen, sondern in den Begriff der Steppenheide auch die Waldsteppe einbezogen, „d. h. einen Wald, der stellenweise von natürlichen Lichtungen unterbrochen wird, mit anderen Worten: eine parkartige Landschaft . . . Jeder Pflanzenwuchs, der sich in dem weiten Spielraum zwischen geschlossenem Urwald und echter Steppe bewegt, genügt den Bedingungen“⁵⁴⁾. Die Steppenheide mit ihren südlich-binnenländischen Leitpflanzen ist eine urwüchsige Pflanzengesellschaft, die zwischen Wald und Steppe steht⁵⁵⁾. *Gradmann* sagt ganz klar: „Namentlich die breiten Grenzgürtel zwischen Steppe und Wald mit ihren Schwarzerde-Böden und ihrem parkartigen Pflanzenwuchs waren bevorzugte Siedlungsräume, und erst zuletzt drangen die Siedlungen ins Innere der großen Waldgebiete vor“⁵⁶⁾. An der Richtigkeit dieser Auffassung ist nicht zu zweifeln. Die Gegensätzlichkeit der Meinungen beruht eben nur darauf, daß die einen die Waldsteppe vorwiegend unter der Perspektive der offenen Landschaft, der Steppe, sehen, die anderen bereits in ihr eine Form des Waldes erblicken — der gleiche Gegensatz, wie er bei der Einstufung der westukrainischen Waldsteppe zwischen *Leimbach* und mir zutage tritt (vgl. S. 12). Besondere Verwirrung hat der Versuch mancher Autoren angerichtet, siedlungsgeographische Erkenntnisse aus Süddeutschland auf Norddeutschland oder solche aus Norddeutschland unbesehen auf Süddeutschland übertragen zu wollen. Hier liegen im Zeitpunkt

⁵²⁾ *F. Hančar*, 1937, S. 138.

⁵³⁾ *G. Machov*, briefl. Mitteilung vom 15. 8. 49. Zu dieser Frage teilte mir der Prähistoriker *M. Miller*, früher Rostow a. Don, am 21. 10. 49 nach Abschluß dieser Arbeit noch ergänzend mit: „Die Kurgane treten im Steppengürtel erstmalig im späten Neolithikum auf. Unter den Aufschüttungen dieser ältesten Kurgane ist die Schwarzerdeschicht gewöhnlich nur halb so dick wie die Schicht des Tschernosioms in der offenen Steppe der Umgebung der Kurgane. Unter den skythischen Kurganen (6.—2. Jahrh. v. Chr.) ist dieser Unterschied nicht mehr so groß, aber doch immer noch bemerkbar. Unter den Kurganen der späteren Nomaden (7.—15. Jahrh. n. Chr.) ist ein Unterschied in den Schichtstärken kaum noch feststellbar.“

⁵⁴⁾ *R. Gradmann*, 1933, S. 114, ferner S. 104, 111 u. 115.

⁵⁵⁾ *R. Gradmann*, 1939, S. 653.

⁵⁶⁾ *R. Gradmann*, 1941, S. 11.

der Landnahme und in der Wahl des Siedlungslandes Unterschiede vor, die nur durch gründliche Spezialforschung, nicht aber durch Verallgemeinerung lokal gewonnener Erkenntnisse entschleiert werden können.

Eines bleibt freilich festzuhalten: die eigentliche Grassteppe ist in ihrer Siedlungsgunst von *Gradmann* überschätzt, der geschlossene Wald in seiner Bedeutung als neolithischer Ausbreitungsraum unterschätzt worden. *Wahle, Tüxen, Nietsch, Groß, Schott* u. a. konnten in zahlreichen Arbeiten⁵⁷⁾ nachweisen, daß der prähistorische Mensch durchaus in der Lage war, sein Kulturland durch Axt- und Brandrodung zu erweitern, während die freie Steppe, wie sich inzwischen aus den vorgeschichtlichen Untersuchungen ergab, tatsächlich unbesiedelt blieb. Ausgangspunkt der Siedlungsbewegungen war die lichte Waldsteppe. Dies als erster erkannt zu haben, ist *Gradmanns* unvergängliches Verdienst.

V. Die Steppe: ein eiszeitliches Relikt?

Ein mindestens neolithisches Alter kann nach dem Gesagten für die Steppen Mittel- und Osteuropas nicht zweifelhaft sein. Inmitten der dichten Eichenmischwälder, die im Neolithikum nahezu ganz Mitteleuropa bedeckten, muß sich im thüringisch-sächsischen Trockengebiet ein kleiner Steppenrest erhalten haben. Dieses Trockengebiet an der mittleren Elbe und unteren Saale, das weniger als 500 mm jährlichen Niederschlag empfängt und sich deutlich als ein Regenschattengebiet des Harzes erweist, ist mit 3845 qkm das größte Trockengebiet Deutschlands⁵⁸⁾. Es muß gegen Ende des Atlantikums und in der ersten Hälfte des Subboreals, d. h. während der ganzen Dauer des Neolithikums — eine andere Deutung läßt die Genese des Tschernosioms nicht zu — schon genau so vorhanden gewesen sein wie heutigentags. Der gleiche Nachweis läßt sich für die südrussische Steppe führen, jenes viel größere Trockengebiet, das sich im Regenschatten des Karpatenbogens weit nach Osten erstreckt und mit der ariden Zone Innerasiens verschmilzt. Im Neolithikum waren die mittel- und osteuropäischen Grasländer bereits vorhanden, aber kommen wir in der Altersbestimmung noch weiter zurück? Ist die Steppe ein eiszeitliches Relikt? Oder, wenn dies nicht der Fall sein sollte: in welchem Abschnitt des Postglazials trat an die Stelle der arktischen und subarktischen Tundra Wald bzw. Steppe?

Poser nimmt an, daß zur Allerödzeit (rd. 9800 bis 8800 v. Chr.), die eine merkliche Erwärmung brachte, die Bildung der Binnendünen beendet wurde⁵⁹⁾. Für das östliche Mitteleuropa ist um diese Zeit das Vordringen der Kiefer, für den westlichen Teil der Vorstoß der Birke und in beiden Gebieten das Auftreten von Waldtieren nachweisbar. Daß während der Allerödschwankung aber auch jene Räume Mittel- und Osteuropas vom Wald erobert wurden, die sich uns heute als die Verbreitungsgebiete der Schwarzerde darstellen, ist äußerst unwahrscheinlich. Wenn auch zahlreiche Pollenanalysen den allgemeinen Waldvorstoß seit Beginn der Vorwärmezeit (Präboreal, rd. 8100—6800 v. Chr.) erkennen lassen, so gibt es doch kein einziges Diagramm, das für die thüringisch-sächsischen Schwarzerdegebiete den schlüssigen Beweis einer ehemaligen allgemeinen Waldbedeckung erbringt. *F. Firbas*, der beste Kenner der Waldgeschichte Mitteleuropas, betont dies ausdrücklich und hält, wie schon einmal erwähnt, ein Überdauern eiszeitlicher Steppenreste für durchaus möglich⁶⁰⁾. „In Landschaften, die heute weniger als 500 mm Niederschlag erhalten, könnte zu Beginn der neolithischen Besiedlung eine gehölzarme, wiesensteppenähnliche Vegetation auch auf tiefgründigen, ebenen Böden, etwa auf Löß oder Geschiebemergel bestanden haben. Man wird mit ihrem Vorhandensein vorläufig besonders in den trockensten Teilen des Flachlandes, so im Elb-Saalegebiet mit der Magdeburger Börde, weiter in kleinen Bezirken Südmährens und Innerböhmens und vielleicht auch im Oberrheinischen Tiefland rechnen dürfen. Nachgewiesen sind aber solche ausgedehnteren waldarmen oder waldfreien Gebiete — vielleicht mit Ausnahme Kujawiens — bisher noch nicht⁶¹⁾. *Firbas* meint, daß die Existenz der neolithischen Steppe in Mitteldeutschland pollenanalytisch bisher noch nicht bewiesen ist — darin hat er zweifellos recht —, aber wo die Pollenanalyse versagt, kann die Bodenkunde helfen, und an den bodenkundlichen Argumenten, die hier in Verbindung mit vorgeschichtlichen Befunden beigebracht wurden, dürfen wir heute in der Urlandschaftsforschung nicht mehr vorübergehen.

In diesem Zusammenhang ist es notwendig, kurz auf die Möglichkeiten und Grenzen der Pollenanalyse für den Nachweis baumfreier oder baumarmer Pflanzenformationen hinzuweisen. Die allgemein bei Anwendung der pollenanalytischen Untersuchungsmethode auftretenden

⁵⁷⁾ Literaturzusammenstellung bei *C. Schott*, 1935 und *F. Firbas*, 1949.

⁵⁸⁾ *G. Hellmann*, 1928, S. 354.

⁵⁹⁾ *H. Poser*, 1948 (b), S. 271.

⁶⁰⁾ *F. Firbas*, 1939, S. 104.

⁶¹⁾ *F. Firbas*, 1949, S. 362.

den Fehlerquellen mögen dabei unberücksichtigt bleiben. *Firbas* hat sie in seiner „Waldgeschichte Mitteleuropas“ (1949, S. 16 ff.) eingehend erörtert. Wir wollen uns hier auf eine Betrachtung der besonderen Schwierigkeiten beschränken, denen die pollenanalytische Forschung in Steppengebieten begegnet (vgl. *F. Firbas* 1934, S. 141). Moore, die sich zur Gewinnung von Pollendiagrammen eignen, sind in Trockengebieten selten, ihr Pollengehalt ist infolge von Zersetzungserscheinungen oft nicht verlässlich, größere Mengen etwa angetroffener Waldbaumpollen können aus dem Baumkranz stammen, der vielleicht einst das betreffende Moor umgab, oder sie können aus waldreichen Landschaften der weiteren Umgebung eingeweht sein. Welche Entfernungen Eichenpollen zurücklegen, erkennt man z. B. daran, daß sie noch auf Helgoland so kräftig anfliegen, daß Eichen, wenn sie auf dieser 50 km vom Festland entfernten Insel stünden, regelmäßig von dort her bestäubt werden könnten. Über die Flughöhen der Pollen erhielt man durch Flugzeugbeobachtungen näheren Aufschluß. Da selbst in 2000 m Höhe der Blütenstaubgehalt der Luft noch überraschend hoch ist, muß man mit einer Verfrachtung der Pollen über viele Kilometer rechnen. Alle diese Umstände lassen erkennen, daß ein pollenanalytischer Nachweis der verhältnismäßig kleinen Steppenflächen Mitteleuropas, die nur einen Bruchteil der vom Wald bedeckten Landfläche einnehmen, schwierig, wenn nicht überhaupt unmöglich ist, es sei denn, daß es gelingt, den Pollen bezeichnender Steppenpflanzen zu erfassen⁶²). Im Augenblick können uns jedenfalls nur andere Forschungsmethoden weiterbringen.

Auch zur Lösung des Steppenproblems in Südrußland vermag die Pollenanalyse bisher nichts beizutragen, obwohl es sich dort um weit größere waldfreie Flächen handelt. *Leimbach* bemängelt zwar, daß ich in meiner älteren Arbeit die pollenanalytischen Untersuchungen russischer Botaniker nicht ausgewertet hätte, ist aber ebenso wenig wie ich imstande, Diagramme mitzuteilen, die für die Vegetationsentwicklung auf den flußfernen Steppenplatts repräsentativ sind⁶³). Hätte er die russischen Inter- und Postglazialdiagramme selbst einmal näher geprüft, so hätte ihm nicht entgehen können, daß von den Russen die Nichtbaumpollen, wie die der Gräser, Chenopodiaceen und Compositen bisher nicht gezählt wurden (erst *Gritschuck* hat damit begonnen) und daher aus den an sich in großer Zahl vorliegenden Diagrammen auch keine Rückschlüsse auf

die Schwankungen der Walddichte gezogen werden können⁶⁴). Hinzu kommt, daß es bis zum Jahre 1938 überhaupt nicht möglich war, *Artemisia*- und *Salix*-Pollen voneinander zu unterscheiden⁶⁵). Erst *G. Erdtman* gelang kurz vor Kriegsausbruch eine eindeutige Trennung. 1943, als ich meinen Aufsatz schrieb, standen mir erklärlicherweise noch keine russischen Pollenanalysen zur Verfügung, die die *Erdtmanschen* Erkenntnisse verwerteten.

Die großen Moore, die die russischen Botaniker bis zu diesem Zeitpunkt untersucht hatten, liegen in Tälern oder auf Flußterrassen. Die dort gewonnenen Diagramme erlauben daher zwar Rückschlüsse auf die Vegetationsentwicklung im Bereich der großen Täler oder im näheren Umkreis der Moore, nicht aber auf die der höher gelegenen Steppenplatts. Die Zwergmoore auf der unzertalten Steppe sind aber, da kein wirtschaftliches Interesse an ihnen besteht, bisher überhaupt noch nicht untersucht worden. Ihre Ergebnisse allein würden für unsere Fragestellung wertvoll sein, wenn freilich auch aus den oben dargelegten Gründen immer zu bedenken ist, daß diese kleinen Moore ein Pollenbild besitzen können (Baumkranz!), das keineswegs das allgemeine Vegetationsbild der betreffenden Gegend widerzuspiegeln braucht. Wenn in solchen Diagrammen Baumpollen und gleichzeitig solche von Steppenpflanzen auftreten, besagen die Baumpollen gar nichts, die Nichtbaumpollen aber alles⁶⁶).

Leimbach weist darauf hin, daß den abflußlosen *Tellersenken* mit ihren anmoorigen Böden für die Beantwortung des Steppenproblems besondere Aufmerksamkeit zu schenken sei. Ich habe den „Pods“ der südrussischen Steppe an anderer Stelle⁶⁷) eine spezielle Darstellung gewidmet, aber bei der Durcharbeitung einer umfangreichen russischen Literatur feststellen müssen, daß es kein einziges Pollendiagramm aus

⁶⁴) Vgl. den entsprechenden Hinweis bei *H. Gams*, 1943, S. 82.

⁶⁵) *F. Firbas*, 1948, S. 17.

⁶⁶) Die einzige mir bisher bekannt gewordene ergebnisreiche pollenanalytische Untersuchung im Grenzgebiet zwischen Wald und Steppe führte *Väinö Auer* im Feuerland durch. In diesem außerordentlich moorreichen subpolaren Steppenland war es durch drei im Torf aller Moore wiederkehrende Schichten vulkanischer Flugasche möglich, eine sichere relative Chronologie für die einzelnen Moorhorizonte zu gewinnen und mit Hilfe der Auszählung von *Nothofagus*-Pollens den gegen die Steppe gerichteten postglazialen Waldvorstoß durch „Iso-Hylochronen“, d. h. durch die für jede Eruptionsperiode zutreffende Waldgrenze, kartographisch darzustellen. Ein derartig glückliches Zusammentreffen aller für die Erforschung der postglazialen Vegetationsgeschichte bedeutsamen Faktoren wie im Feuerland ist bisher einmalig geblieben (vgl. *V. Auer*, 1933).

⁶⁷) *Pet. Geogr. Mitt.*, 1943, S. 129 ff.

⁶²) *F. Firbas*, 1949, S. 18, 22, 359 f.

⁶³) *W. Leimbach*, 1948, S. 245.

diesen Pods gibt, das zur Lösung des Steppenproblems beitragen könnte. Auch der schon genannte neueste Sammelband der Sowjetischen Akademie der Wissenschaften enthält keine für die offene Steppe repräsentativen Diagramme. So müssen wir versuchen, mit Hilfe anderer Argumente eine Antwort auf unsere Frage nach dem Alter der mittel- und osteuropäischen Steppen zu erhalten⁶⁸).

Da vor dem Neolithikum, im mittleren und späten Mesolithikum, mit anderen Worten im älteren Atlantikum (rd. 5500—4000 v. Chr.), vor allem aber im Boreal (rd. 6800—5500 v. Chr.) das Klima trockener und wahrscheinlich auch wärmer war als zur Zeit der Bandkeramiker, dürfte nichts gegen die Schlußfolgerung einzuwenden sein, daß die mitteldeutsche Steppe mindestens seit dem postglazialen Wärmemaximum, also seit rd. 6000 v. Chr., vorhanden war. Gestützt wird diese Auffassung durch die jüngst von *Firbas* (1948, S. 21) gerade für die vorneolithische Zeit nachgewiesene starke Verbreitung der *Artemisia* selbst in solchen Gebieten Deutschlands, die später von einer dichten Walddecke überzogen wurden.

In der frühen Wärmezeit, im Boreal, fand die Steppe als Pflanzenformation ihre optimalen Bildungsbedingungen. Wir müssen annehmen, daß die mitteleuropäischen Trockengebiete damals noch ausgedehnter waren als heute. Wahrscheinlich hat sich auch das zweitgrößte Trockengebiet Deutschlands, das brandenburgisch-pommersche an der unteren Oder (Pyritzer Weizacker), das gegenwärtig 3370 qkm umfaßt⁶⁹), noch ein Stück weiter nach Westen hin erstreckt und im Osten Verbindung mit den beträchtlich größeren Trockengebieten Polens gehabt⁷⁰). Erst mit der Litorinatrangression (5500 v. Chr.) und der dadurch bewirkten Ablösung des kontinentalen, ariden Steppenklimas durch ein niederschlagsreicheres, ozeanisches Klima begann der Vorstoß des Waldes vom Rande gegen das Innere der Steppengebiete und damit die Degradierung des Tschernosioms in den sich erweiternden Waldsteppengebieten. Aber was war vor der postglazialen Wärmezeit? Reicht die Steppe zeitlich noch weiter zurück?

In der Ukraine und auf der nördlichen Krim haben die Forschungen russischer Paläobiologen den Nachweis erbracht, daß die dortige Steppe als ein Relikt der Eiszeit aufzufassen ist. Abge-

sehen von der Auffindung verschütteter Tschernosiomhorizonte im Löß bei Mariupol in Tiefen von 2,80—3,75 m und 7,60—8,90 m durch *Machov* (1930, S. 106 f.) und zahlreichen gleichartigen Beobachtungen aus anderen Teilen der südrussischen Steppe, haben Funde alter Gänge von eiszeitlichen Bodennagern⁷¹), Skelette dieser Tiere im Löß und Kochenfunde in den eiszeitlichen Siedlungsstätten bestätigt, daß Südrußland

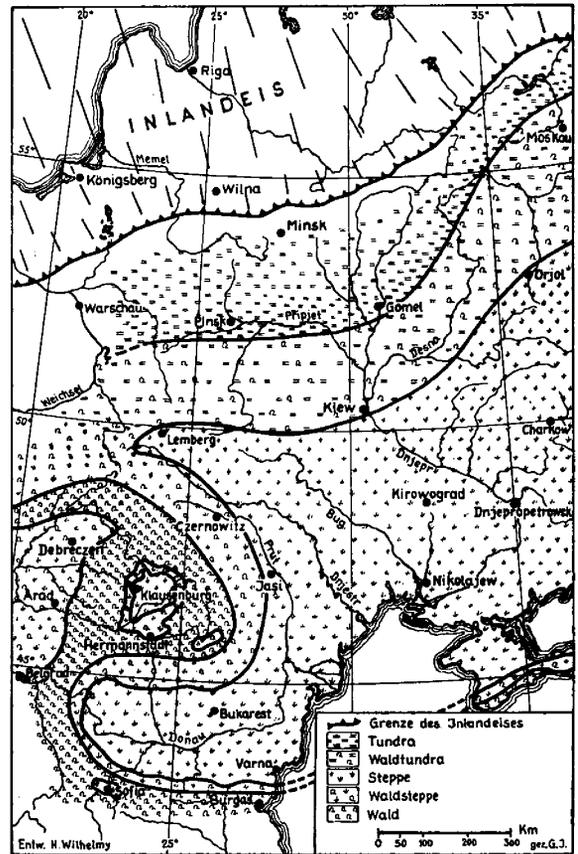


Abb. 4. Das Pflanzenkleid Osteuropas während der Würmeiszeit
(z. T. nach W. P. Gritschuk)

vom Nordrand des Jailagebirges auf der Krim bis zu einer von Lemberg über Kiew und Orjol im NO verlaufenden Linie während der Würmeiszeit von einer subarktischen Steppe eingenommen war (Abb. 4). W. P. Gritschuk (1946, S. 249 ff.) hat kürzlich gezeigt, daß diese wärm-

⁷¹) W. Leimbach (1948, S. 247) meint zwar: „Wenn *Wilhelmy* aus alten Gängen von Bodennagern, also „typischen Steppenbewohnern“ auf Steppenlandschaft schließt, so ist auch hier Vorsicht geboten, und es müßte zumindest geklärt werden, ob es z. B. nicht Maulwurfsgänge sind, also Spuren, eines Waldtieres“. *Leimbach* glaubte, daß die nach *H. Walter* zitierten „krotowiny“ (S. 248) Maulwurfshöhlen seien, ein Irrtum, den *Walter* bereits in einem Brief an *Leimbach* richtiggestellt hat. Damit entfällt der obige Einwand (Brief *Leimbachs* an den Verfasser vom 12. 4. 49).

⁶⁸) Die von *Tjuremow* in Mittelrußland durchgeführten Hochmooruntersuchungen, die *Leimbach* (1948, S. 246) heranzieht, erlauben keinerlei Rückschlüsse auf die Vegetationsentwicklung im südrussischen Steppengebiet.

⁶⁹) *G. Hellmann*, 1928, S. 353.

⁷⁰) *F. Firbas*, 1949, S. 290.

eiszeitliche Steppengrenze auf Grund pollenanalytischer und bodenkundlicher Untersuchungsergebnisse mit hinlänglicher Genauigkeit festgelegt werden kann.

An das offene Steppengebiet schloß sich nach Norden hin die Zone der Waldtundra und bis in die Nähe des Eisrandes die arktische Tundra an. Die eisrandnahen Ablagerungen selbst sind durch eine auffällige Pollenarmut gekennzeichnet⁷²⁾. Klute (1949, S. 88) weist mit Recht darauf hin, daß sich unmittelbar vor dem Eisrand keine Tundravegetation bilden konnte, da es in diesem Bereich durch Fallwinde zu kalt war und die sommerlichen Überschwemmungen mit Schlamm-massen auf den Sandern und in den Urstrom-tälern keine nennenswerte Vegetation aufkommen ließen.

Die Ergebnisse der Urgeschichtsforschung decken sich völlig mit der Auffassung der Paläobiologen. Im Sjurenen, dessen würmeiszeitliches Alter sicher erkannt ist⁷³⁾, wird die Krimfauna im nördlichen Vorland des Jailagebirges von Steppentieren beherrscht. Die Siedlungsstätten dieser Epoche, die das gesamte Jungpaläolithikum (westliches Aurignacien bis Magdalénien) in Südrußland repräsentieren⁷⁴⁾, sind gekennzeichnet durch Knochenreste von Saiga-Antilope, Wildpferd, Riesenhirsch, Steppenfuchs und zahlreichen Steppennagern, wie Hamster, Springmaus, Steppenhaselmaus und Steppenwanderratte. Hinzu gesellen sich typische Steppenformen der Vogelwelt, wie schwarze Lerche, Rebhuhn, Nacht- und Turmfalken. „Die angeführten Formen geben sich als südwärts gerückte, überlebende Restgruppe jener weit verbreiteten und artenreichen Tierwelt zu erkennen, die in der R i s s - W ü r m - Z w i s c h e n e i s z e i t die ausgedehnten Grasräume Osteuropas belebte und als Chosar-Fauna des Südostraumes bekannt ist“⁷⁵⁾. Gleichzeitig treten Tiere der arktischen Tundra auf (Ren, Eisfuchs und Schneehase), woraus sich ergibt, daß die würmeiszeitlichen Steppen Südrußlands subarktischen Charakter hatten und mindestens im Winter auch von der arktischen Tierwelt der Tundra aufgesucht wurden. „Offensichtlich besaß demnach im Jungpaläolithikum der Krim die freie Steppe und ihre Tierwelt die Vorherrschaft vor dem schütterten Wald, der nur in den windgeschützten Tälern für Edelhirsche,

Wildschwein, Hermelin und Biber Zuflucht bieten mochte“⁷⁶⁾. Bereits im Krim-Azilien, das unmittelbar an Sjuren I anschließt, sind keine Tundrenvertreter der Tier- und Pflanzenwelt mehr vorhanden. Dies deutet schon auf eine Klimabesserung gegen Ende der Eiszeit hin⁷⁷⁾.

Während für die nördliche Krim auf Grund der außerordentlich reichhaltigen jungpaläolithischen Funde und deren kritischer Auswertung durch Hančar (1937) der Nachweis der würmeiszeitlichen Steppe verhältnismäßig einfach ist, fehlt bislang eine zusammenfassende Darstellung über die jungpaläolithische Besiedlung der Ukraine, aus der ähnliche gut belegte Rückschlüsse zu ziehen sind. Zahlenmäßig mit der Krim vergleichbare Funde des Jungpaläolithikums sind in der Ukraine a priori nicht zu erwarten. Am Rande des Inlandeises waren die Lebensbedingungen zu ungünstig. Wir kennen nirgends in Europa Funde, die hart an dessen Saum gelegen sind⁷⁸⁾. Erst in 200—500 km Entfernung vom Eise lebten jene Horden der Aurignac-Kultur, die in Mähren, Niederösterreich und Süddeutschland das Mammut jagten⁷⁹⁾. Ihre Spuren sind besonders dort gut erhalten, wo sie der Löß bedeckte.

Das russische Schrifttum über die jungpaläolithischen Fundstätten im oberen Dnjestrgebiet um Kameneč-Podolsk, im Dnjeprbogen um Saporošje, am mittleren Dnjepr um Kiew und im oberen Dnjepr-Desnagebiet ist weit verstreut und mir leider nicht zugänglich. Aber aus der von Hančar entworfenen Karte (1937, S. 156) läßt sich bereits entnehmen, daß die Schwarzerdezone Südrußlands im Jungpaläolithikum genau so siedlungsleer war wie im Neolithikum. Eine der wenigen Fundstätten des Spät-Aurignacien liegt bei Kostjenki-Borchevo am Don im Bereich der heutigen Waldsteppe (Bez. Woronesch)⁸⁰⁾. Dort wurden neben Knochenresten von Mammut, Höhlenbär und Ren solche der Saiga-Antilope gefunden. Aus diesen Tatsachen darf man folgern, daß die für das Neolithikum nachgewiesene Steppe auch bereits im Jungpaläolithikum, also während der Würmeiszeit vorhanden war, zumal die epipaläolithischen (mesolithischen) Bodenfunde als Bindeglieder zwischen beiden Epochen die Existenz der Steppe und eine Beschränkung der Wälder auf die Flußniederungen und Schluchten im frühen Postglazial mit Sicherheit beweisen.

⁷²⁾ F. Firbas, 1949, S. 48.

⁷³⁾ F. Hančar, 1942 (b), S. 132.

⁷⁴⁾ Zur Chronologie des Paläolithikums vgl. A. Penck, 1936 (b), S. 1 ff. und 1939, S. 57 ff. Übrigens bezweifelt Penck (1939 S. 63), daß feineren Gliederungen, wie sie für das Moustérien, Aurignacien und Magdalénien in Mittel- und Westeuropa aufgestellt worden sind, mehr als eng begrenzte örtliche Bedeutung zukommt.

⁷⁵⁾ F. Hančar, 1942 (b), S. 132.

⁷⁶⁾ F. Hančar, 1942 (b), S. 132.

⁷⁷⁾ F. Hančar, 1942 (b), S. 133.

⁷⁸⁾ Ob die Fundleere im Altmoränengebiet auf periglaziale Abtragungsvorgänge während der letzten Vereisung zurückzuführen ist, wie Gripp (1939, S. 59 ff.) vermutet, wäre noch im einzelnen zu überprüfen.

⁷⁹⁾ A. Penck, 1936 (b), S. 13.

⁸⁰⁾ H. Obermaier, 1929, S. 33.

Die epipaläolithische Besiedlung des heutigen Südrußland mit der ausgeprägt kurzfristigen Benutzung der Flußdünen zeigt nicht nur an, daß dies die einzigen siedlungsgünstigen Stellen waren (trocken, besonnt, waldfrei, ohne Arbeitsleistung benutzbar), sondern daß die Lager auch an ernährungstechnisch günstigen Plätzen, d. h. in Wasser-, Wald- und Steppennähe zugleich aufgeschlagen wurden. Darauf weist z. B. der epipaläolithische Siedlungsplatz auf der Dnjeprinsel Igren gegenüber von Dnjepropetrowsk hin, wo der Mahlzeitenrückstand einerseits aus Muschelhaufen, Knochen von Wasservögeln und Resten von Fischen (Wasser!), andererseits aus Wildschweinknochen (Sumpfwald!) und schließlich aus Knochen von Murmeltieren und Zieselmaus sowie Landschildkrötenschalen (Steppe!) bestand⁸¹⁾. Die epipaläolithische Kulturschicht von Shuravka östl. Kiew barg ebenfalls Murmeltier und rote Zieselmaus. Für das Epipaläolithikum, d. h. für die frühe Postglazialzeit, ist also die Steppe in einer bis zum Breitengrad von Kiew reichenden Ausdehnung nachweisbar. *Hančar* bekennt sich auf Grund der prähistorischen Funde zu der Auffassung von *H. Gams* (1943, S. 82), daß die Steppenausbreitung in Osteuropa bereits seit der vorletzten Vereisung Platz gegriffen hat. Im Riss-Würm-Interglazial und während der Würm-Eiszeit war die südrussische Steppe schon voll entwickelt, und in diesem Zustand großer räumlicher Ausdehnung trat sie in die Spät- und Postglazialzeit ein. *I. P. Gerasimov* (1946, S. 218) vergleicht die früh-nacheiszeitliche Steppe Südrußlands mit den heutigen Steppen West-Sibiriens und Jakutiens.

Die Erkenntnisse der Prähistoriker und Paläobotaniker sind wir als Geographen in der Lage, durch den morphologischen Beweis zu erhärten. Neben den Tellersenkungen, den Pods, gehören tief in die Lößdecke einschneidende Schluchten, die sogenannten „Balki“ und „Owragi“ zum charakteristischen Formenschatz der südrussischen Steppe. *W. F. Schmidt* (1948, S. 213 ff.) hat ihnen eine sorgfältige Untersuchung gewidmet, die auch für unsere Fragestellung von Bedeutung ist. *Schmidt* konnte zeigen, daß wir in den Steppenschluchten klimatisch bedingte Formen vor uns haben, die durch den Wechsel der unterschiedlichen Zustandsbedingungen erzeugt werden, wie sie dem semiariden Steppenklima innewohnen. Diese „unterschiedlichen Zustandsbedingungen“ beruhen auf dem Wechsel von zeitlich eng begrenzten starken Regenfällen, Schneeschmelzen und lang an-

haltenden Perioden völliger Trockenheit und tief reichenden Bodenfrosten. „Nur so ist es möglich, daß sich Formen erhalten, die in ihrer Steilheit unter den uns geläufigen humiden Bedingungen sofort verfallen würden“⁸²⁾. Während es sich nun bei den Owragi um kahlwandige, tief eingesenkte und scharf begrenzte Kerbschluchten handelt, um Jetzzeitformen, deren rapides Wachstum man alljährlich zur Zeit der Schneeschmelze beobachten kann, haben die viel größeren Balki ein kastenförmiges Profil und bilden sich westlich der Wolga nicht mehr in der Gegenwart. Östlich der Wolga hingegen kommen sie, wenigstens andeutungsweise, auch als Jetzzeitformen vor. Verbreitung und Querprofil (ebenso Sohle und darauf absetzende relativ steile Hänge) lassen den Schluß auf Anlage in einem betont semiariden bis ariden Klima zu. Da sich heute in der Ukraine nur noch Owragi mit V-förmigen Hangprofilen bilden, müssen die Balki in einem früher trockeneren Klima entstanden sein. *Schmidt* sieht daher in ihnen mit gutem Recht Vorzeitformen, fossile Bestandteile einer fossilen Landschaft. Erst als im Atlantikum das Klima feuchter wurde — so lassen sich *Schmidts* Gedanken weiterführen —, waren die Voraussetzungen für die Bildung der Owragi mit ihrem andersartigen Formenschatz gegeben. Trotz der seit 7000 Jahren zu beobachtenden Feuchtezunahme blieb freilich der semiaride Klimacharakter der südrussischen Steppe erhalten, aber die leicht humide Tendenz bewirkte doch eine Verdichtung der Grasnarbe, eine Verringerung des Oberflächenabflusses bei gleichzeitiger Zunahme der Versickerung und damit eine Verstärkung des Grundwasseraustritts an den Steilufern der Flüsse, von denen aus rückschreitend die Zerschlungung der Steppenplatts in Form sich immer tiefer landeinwärts fressender Owragi vonstatten geht.

Die bis 30 km langen Balki folgen im Unterschied zu den Owragi den Tiefenlinien des Geländes. Gelegentlich findet man hohe Steilränder, die von Löß erfüllte, „plombierte“ Balkis quer durchschneiden. Daraus ergibt sich eine Mehrphasigkeit der Schluchtenbildung, die mindestens bis ins Riss-Würm-Interglazial zurückreichen muß, wenn man den Löß der Plomben als würmeiszeitlich betrachtet. Die letzte Zerschlungung setzte dann postwürm ein⁸³⁾. Da die Balkibildung untrennbar mit einem kontinentalen Klima, eben einem Steppenklima, verbunden ist, müs-

⁸²⁾ *W. F. Schmidt*, 1948, S. 214.

⁸³⁾ *W. F. Schmidt*, 1948, S. 225.

⁸¹⁾ *F. Hančar*, briefl. Mitteilung vom 22. 6. 49

sen die in ihrer Entstehung bis zur Eiszeit zurückreichenden Balki in einem Steppenland angelegt sein. Sie sind alles andere als Formen einer Waldlandschaft. Im ukrainischen Waldland bedecken sie nach meinen Beobachtungen weniger als 1% des gesamten Areals und sind völlig auf den südlichen Teil beschränkt, ein Hinweis darauf, daß dort der Wald ehemaliges Steppenland eroberte. R. Käubler (1949, S. 37), der die Steppenschluchten mit Tilken identifiziert, zieht zwar auf Grund seiner Studien im mittelsächsischen Lößgebiet den umgekehrten Schluß, daß nämlich wie dort das Auftreten derartiger Formen geschichtliche Rodungen im Wiesensteppengebiet erkennen lasse. Aber diese Übertragung seiner in Sachsen, außerhalb der Schwarzerdezone, in Gebieten von 600—800 mm Niederschlag, gewonnenen Erkenntnisse auf Südrußland erscheint mir sehr gewagt, zumal in der Waldzone jene tief eingeschnittenen Regenisse fehlen, aus denen wie in Sachsen nach der Rodung durch Bodenfluß die Tilken entstehen könnten. Überdies bilden sich, wie gesagt, die kastenförmigen Balki nach allen vorliegenden Beobachtungen nicht in der Gegenwart, und auch größenordnungsmäßig stellen sie etwas ganz anderes dar als die sächsischen Tilken.

Die Lößhorizonte der südrussischen Steppe sind reich an Knochenresten von Steppentieren und alten Gängen von Bodennagern, deren guter Erhaltungszustand einen wichtigen Rückschluß erlaubt. Überall, wo Tierleichen im Walde abgelagert werden, verfallen die Skelette im Laufe der Jahre, sofern sie sich nicht chemisch auflösen, der mechanischen Zerstörung durch die Wurzeln der Bäume. Im Löß der südrussischen Steppe sind aber selbst die feinsten Knochen der Nager unbeschädigt erhalten. Ebenso zeigen alte Gänge von Bodenwühlern (vgl. S. 20) nirgends Zerstörungen durch das Wurzelwerk etwaiger früherer Baumbestände⁸⁴). Allein dort, wo Schwarzerdeböden vom Wald erobert und allmählich degradiert wurden, lassen die alten Bodenwühlergänge durch Baumwurzeln verursachte Deformationen erkennen. So liefern nicht nur die im Vergleich zum Waldland unverhältnismäßig reichen Knochenfunde in der südrussischen Steppe, die ihre Parallele in zahlreichen anderen Grasländern der Erde haben, sondern vor allem auch der ausgezeichnete Erhaltungszustand der fossilen Bodenwühlergänge weitere wichtige Belege für die seit der Eiszeit angenommene Waldfreiheit unseres Gebietes.

VI. Verbreitung von Wald und Steppe während der Würmeiszeit

Auf Abb. 4 habe ich die würmeiszeitliche Tundra, die Waldtundra und die nördliche Steppengrenze in Rußland nach den Forschungsergebnissen Gritschuks dargestellt (1946, S. 265, Fig. 12). Die Zeichnung wurde von mir für das Pannonische Becken, Rumänien, Bulgarien und die Krim vervollständigt. Im Jailagebirge der Krim handelt es sich um ein altes selbständiges Waldgebiet, dessen Existenz seit dem Ende des Tertiärs nachweisbar ist. E. W. Wulff, der sich in zahlreichen Arbeiten mit der Florengeschichte der Krim beschäftigt hat⁸⁵), stellte fest, daß sich für vierhundertfünfunddreißig von siebenhundertvierundfünfzig bisher näher untersuchten Arten klar die Herkunftsgebiete ermitteln lassen. Gut 50% der bearbeiteten Pflanzen sind mittelmeerischen Ursprungs. Sie müssen auf der Krim die Eiszeit überdauert haben. Diese Tatsache läßt erkennen, daß das Jailagebirge während des Diluviums bereits eine gleiche Klimascheide dargestellt hat wie in der Gegenwart. Wenn südlich des Gebirges Mittelmeerpflanzen gedeihen konnten — obgleich sicherlich eine Ausmerzung der frostempfindlichen Arten erfolgt ist —, kann in der ebenen Nordkrim schwerlich um die gleiche Zeit eine Tundravegetation existiert haben, eine Schlußfolgerung, für die wir im folgenden noch den botanischen Beweis erbringen werden.

Die heutigen mittleren Wintertemperaturen der Südkrim liegen zwischen +1° und +4°, die absoluten Minima bei —11° bis —22°. In der Nordkrim haben wir mittlere Wintertemperaturen zwischen +1° und —2° und absolute Minima, die nicht unter —33° absinken. Das ergibt für die mittleren Wintertemperaturen zwischen beiden Gebieten einen Unterschied von maximal 6° und für die absoluten Minima einen solchen von 10—20° C. Im Diluvium werden die Differenzen nicht größer gewesen sein, denn es ist nicht anzunehmen, daß die Schutzwirkung der damals noch nicht so hoch herausgehobenen Jaila stärker war als heute. Auch die absoluten Extreme können in der Südkrim während der Eiszeit nicht wesentlich unter den jetzigen gelegen haben, sonst wäre die mediterrane Vegetation vernichtet worden. Daß diese wärmeliebende Flora nicht erst im Postglazial eingewandert ist, geht aus Holzkohlenfunden hervor, die in den Höhlen der Schichtstufenlandschaft um Simferopol und Bachtchissaraj gemacht worden sind. Berühmt geworden ist die 25 km östlich Simferopol gelegene Höhle Kiik-Koba mit zwei

⁸⁴) G. Machov, briefl. Mitteilung vom 15. 8. 49.

⁸⁵) Es sei besonders auf die zusammenfassende Darstellung in der Komarov-Festschrift verwiesen (1939, S. 199 ff.).

klar voneinander getrennten Kulturschichten, deren untere nach *Hančar* (1941, S. 213 ff.) dem frühesten Altpaläolithikum entstammt. „Auf Grund der aufgedeckten eiszeitlichen Steppentiere noch ohne Vertreter der Tundra, auf Grund einer Pflanzenwelt, in der übereinstimmender Weise nördliche Arten noch fehlen, und auf Grund der primitiven, vielfach atypischen Geräteformen . . . gliedert sich Kiik-Koba (untere Schicht) vom Krim-Moustérien ab und gibt sich als früh-altpaläolithisches Vor- und Primitiv-Moustérien zu erkennen. Folglich ist der zugehörige Kiik-Koba-Mensch gegenüber dem Neandertaler, dem Träger der Moustérien-Kultur, als älter zu betrachten, und seine Abweichungen von diesem sind als Belege einer vorneandertalen Entwicklungsstufe zu werten.“⁸⁶⁾ Die dem Jailagebirge im Norden vorgelagerte Stufenlandschaft stellt sich damit als ein diluviales Refugium der Menschheit dar.

Die aus den Holzkohlestückchen der Kiik-Koba-Schichten erschließbare Flora besteht zu über 90 % aus Wacholder (*Juniperus oxycedrus*), ferner treten einige Laubhölzer auf, unter denen Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*) mit Sicherheit, Ahorn (*Acer* sp., vielleicht *campestre*) und Weide (*Salix* sp.) mit großer Wahrscheinlichkeit ermittelt wurden⁸⁷⁾. Bei den aufgefundenen Wacholderresten handelt es sich um die gleiche Art, die noch heute in den Schwarzkiefernwäldern am Südfuß des Jailagebirges weit verbreitet als Unterholz auftritt. Im Riß-Würm-Interglazial, dem die Kiik-Koba-Kultur zuzuordnen ist, bedeckte *Juniperus*-Gesträuch als schütterer Buschwald oder Waldsteppe die Stufenlandschaft um Simferopol und Bachtchissaraj. Während der folgenden Würmvereisung ist dann dieses noch aus der Tertiärzeit stammende Element im Bereich der Stufenlandschaft fast völlig ausgestorben und konnte nur noch an einzelnen besonders geschützten warmen Südhängen die Eiszeit überdauern⁸⁸⁾. Das Hauptverbreitungsgebiet des Wacholders wurde fortan die Schwarzmeerseite des Jailagebirges. Auch die in der oberen Kiik-Koba-Schicht (Früh-Moustérien) aufgefundenen Tierreste bezeugen die Existenz von Waldsteppen und Steppen vorwürmeiszeitlichen Alters auf der mittleren und nördlichen Krim⁸⁹⁾. „Der einheitliche Charakter der Fauna und in völliger Übereinstimmung damit die erschließbaren geophysischen Bedingungen der Lagerplätze des Altpaläolithikers Kaukasiens und der Krim zeichnen

in groben Strichen auch die Pflanzenwelt seines Lebensraumes. Durchwegs mit bezeichnender Einheitlichkeit in der Grenzzone zwischen Wald und Steppe siedelnd, fand er wohl Faulbaum⁹⁰⁾ und Wacholder in seiner unmittelbaren Umgebung, wuchs wohl die Weide an den nahen Flußläufen, gab es leicht erreichbar alle jene Holzgewächse, deren einstige Verwendung im Lagerfeuer durch die verkohlten Reste in den Herdstellen bezeugt wird, ohne damit den ganzen Bestand der damaligen Flora darzutun. Zweifellos zog sich dichter Wald die Täler entlang und die Berghänge hinan, während die freie Grassteppe unfern im Norden ihren Anfang nahm“⁹¹⁾.

Das allgemeine Vegetationsbild blieb in der Würmeiszeit das gleiche, aber in der floristischen Zusammensetzung vollzog sich doch ein entscheidender Wechsel. An die Stelle des Wacholders traten Espe (*Populus tremula*), Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*) und Bäume nordischer Herkunft, vor allem Eberesche (*Sorbus aucuparia*) und Birke (*Betula verrucosa*). Die Untersuchung von 1352 Holzkohlestückchen aus dem Sjuren I (Aurignacien) ergab in 685 Fällen den Nachweis von Kreuzdorn, Eberesche und Birke⁹²⁾. Der Rest entfällt vorwiegend auf Espe (582). Wacholder tritt erst in den obersten Schichten wieder auf (76). Birke und Eberesche, deren Einwanderung aus dem Norden unzweifelhaft ist, folgten auf ihrem Wege nach Süden wahrscheinlich dem Dnjepr, dessen Mündung im Diluvium, als der nordwestliche Teil des Schwarzen Meeres noch Festland war, etwa auf der geographischen Breite von Eupatoria lag.

Birke und Eberesche gaben dem würmeiszeitlichen Vegetationsbild der Stufenlandschaft um Simferopol das Gepräge. Von dort sind sie erst in den wärmeren Perioden der Postglazialzeit durch Eiche und Ahorn verdrängt worden⁹³⁾, vermochten sich aber an einigen Stellen des nördlichen Jailagebirges in Höhen von 1000—1200 m bis heute zu erhalten. Sie geben sich damit deutlich als eiszeitliche Relikte zu erkennen⁹⁴⁾. Da die Birken-Ebereschenbestände während der Würmeiszeit in 100—200 m Meeres-

⁹⁰⁾ Muß heißen: Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*), d. Verf.

⁹¹⁾ *F. Hančar*, 1937, S. 165, vgl. auch dort S. 56.

⁹²⁾ *F. Hančar*, 1937, S. 112.

⁹³⁾ In den epipaläolithischen (mesolithischen) Fatma-Koba- und in den oberen Schan-Koba-Schichten der Südkrim (Tardenoisien) fehlt bereits die noch im Azilien vorhandene Birke unter den zur Feuerung benutzten Hölzern, während der nordische Vogelbeerbaum noch in ansehnlichen Mengen vertreten ist (*F. Hančar*, 1937, S. 123, 194). Die Eberesche starb viel langsamer aus als die Birke und kommt heute noch in der Jajla gelegentlich in etwas tieferen Lagen vor als die Birke.

⁹⁴⁾ *F. Hančar*, 1937, S. 113; *E. W. Wulf*, 1939, S. 216; *H. Walter*, 1943, S. 45.

⁸⁶⁾ *F. Hančar*, 1942 (a), S. 229 f.

⁸⁷⁾ *F. Hančar*, 1937, S. 47 ff., und *E. W. Wulf*, 1939, S. 215.

⁸⁸⁾ *F. Hančar*, 1937, S. 47 ff., und *E. W. Wulf*, 1939, S. 215.

⁸⁹⁾ *F. Hančar*, 1937, S. 48.

höhe auftraten, haben sie während der Spät- und Postglazialzeit eine vertikale Verschiebung ihres Verbreitungsbereiches um rund 1000 m erfahren. Wir können daher annehmen, daß die heutigen klimatischen Verhältnisse in der Kammregion des Jailagebirges etwa denen des Stufenlandes während der Würmeiszeit entsprachen. Das gilt in erster Linie für die sommerlichen Temperaturen, denn von ihrer Höhe hängt der Verlauf der äquatorialen Verbreitungsgrenze beider Baumarten nordischer Herkunft ab. Auf dem Ai Petri-Paß in 1180 m Seehöhe herrschen heute mittlere Sommertemperaturen (Juli/August) von $15,7^{\circ}$, in Simferopol (223 m) solche von $21,2^{\circ}$. Das ergibt eine Differenz von $5,5^{\circ}$ C. Gleiche Sommertemperaturen wie auf der Höhe der Jaila treten erst wieder in der Nähe des Polarkreises, in der nordrussischen Nadelwaldzone auf, in der sich nach Flächenbränden Birken und Espen als typische Vorhölzer der Fichte und Kiefer anzusiedeln pflegen. Birke und Eberesche bestimmen auch das Vegetationsbild der anschließenden Waldtundra⁹⁵). Nun ist freilich zu beachten, daß es sich bei den Birken- und Ebereschenstandorten auf der Jaila um Reliktstandorte handelt, die natürliche Verbreitungsgrenze wahrscheinlich heute über dem Niveau des Gebirges liegt. Daraus würde sich eine etwas größere Temperaturdifferenz als $5,5^{\circ}$ ergeben. Andererseits leuchtet ein, daß die würmeiszeitliche Senkung der Sommertemperaturen auf der Krim geringer gewesen sein muß als in Mitteleuropa, wo sich die abkühlende Wirkung der in größerer Nähe befindlichen Eismassen bemerkbar machte, während der östliche Sommer auch in der Würmeiszeit unter dem positiven Einfluß der größeren Kontinentalität gestanden hat. Aus diesen Tatsachen dürfen wir folgern, daß die Sommertemperaturen der würmeiszeitlichen Waldsteppe im Stufenland von Simferopol um etwa $6-7^{\circ}$ unter den gegenwärtigen lagen.

Das nur bis wenig über 1500 m aufragende Jailagebirge blieb während des ganzen Diluviums unvergletschert. So entfällt leider das Kriterium vergleichender Schneegrenzenuntersuchungen. Wir kennen daher nicht die würmeiszeitlichen Wintertemperaturen und können nicht überprüfen, ob die von *Penck* (1936 a, S. 226) ermittelte eiszeitliche Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur um 8° auch für die Krim zutrifft. Die gegenwärtigen Wintertemperaturen (Januar/Februar) auf der Hochfläche des Jailagebirges betragen $-3,7^{\circ}$, in Simferopol $-0,8^{\circ}$. Daraus errechnet sich eine Differenz von $2,9^{\circ}$. Das Grenzgebiet zwischen der nordrussischen Nadelwald-

zone und der Waldtundra hat dagegen Januartemperaturen von -14 bis -20° . Daß in der Würmeiszeit ähnlich tiefe Temperaturen auch im Stufenland von Simferopol geherrscht haben, ist, wie schon ausgeführt, äußerst unwahrscheinlich, da sonst die tertiäre Reliktflora auf der Südkrim, auch bei Berücksichtigung einer bedeutenden Schutzwirkung des Gebirges, die Eiszeit nicht überdauert haben könnte. Wir müssen daher für die mittlere Krim in der Würmeiszeit wesentlich höhere Wintertemperaturen ansetzen, als heute im Bereich des Polarkreises herrschen. Das erklärt auch die Existenz einer würmeiszeitlichen Waldsteppe auf der mittleren Krim im Gegensatz zum Nadelwald und der Waldtundra im heutigen Nordrußland.

Aus den sorgfältig untersuchten Holzkohlefunden der noch vorhandenen nordischen Reliktflora und unseren paläoklimatologischen Überlegungen dürfen wir schließen, daß die mittlere Krim während der Würmeiszeit von einer Waldsteppe eingenommen war, die nach Norden hin in offene subarktische Steppe, dann in Waldtundra und schließlich in hocheiszeitliche Tundra überging (Abb. 4). Entgegen der Auffassung *Pencks* (1936 a, S. 234) müssen wir mit *Poser* (1948 a, S. 53 ff.) die würmeiszeitliche Tundra Rußlands als ein Dauerfrostboden-Gebiet betrachten. Ob dies jedoch auch für die ganze Steppezonenzone zutrifft, erscheint mir sehr fraglich. Lehmkeile, Würge- und Taschenböden, wie sie *Kienow* an der Dnjeprmündung beobachtet haben will und die *Poser* zur Konstruktion seiner Karte benutzt, habe ich in der südrussischen Steppe nirgends gesehen. Ich glaube daher, daß die Dauerfrostbodengrenze doch wesentlich weiter im N verläuft als *Poser* auf Grund der *Kienowschen* Angaben annehmen mußte. Auch die für die Steppenkrim anzusetzenden verhältnismäßig milden Temperaturen sprechen gegen die Möglichkeit dauernder Bodengefrorennis im Süden der Ukraine.

Die würmeiszeitliche Steppe setzte sich bis in die Schwarzerdegebiete beiderseits der unteren Donau fort. Nordbulgarien, Oltenien, Muntenien und die Moldauebene unterlagen während der Würmeiszeit ähnlichen klimatischen Bedingungen wie die nördliche Krim und das südliche Rußland. Auch an der unteren Donau entstand die Schwarzerde auf hocheiszeitlichem Löß⁹⁶). Auf Grund der Tschernosiom-Genese sind diese Gebiete ebenfalls als alte Steppenländer zu betrachten. *Machow* sieht in ihnen sogar ein klimatisch besonders begünstigtes diluviales Erhaltungsgebiet mancher Steppenpflanzen, z. B. der Feder-

⁹⁵) H. Walter, 1942, S. 31, 44 f.

⁹⁶) G. Guntstchev, 1935, S. 16 ff.

gräser, die sich nach Abschluß der eiszeitlichen Steppenperiode von dort aus wieder nach NO ausbreiteten⁹⁷⁾.

Jenseits des Eisernen Tores hat sich die würmeiszeitliche Steppe im Ungarischen Tiefland nicht mehr als offene Grasflur größerer Flächenausdehnung fortgesetzt. A. Kerner (1863, 1875), der Begründer der Pflanzengeographie der Donauländer, Schimper u. a. hielten zwar die Waldlosigkeit des innersten Alfölds für klimabedingt und sahen in der Pußta Bugac zwischen Donau und Theiß (südwestl. Kecskemet) und in der größeren Pußta Hortobágy (westl. Debrecin) letzte Reste eines einstmals größeren natürlichen Steppengebietes. Aber die neueren Untersuchungen ungarischer Botaniker haben erwiesen, daß die Pußten erst in historischer Zeit entstanden sind und nicht mit den „glazialen und postglazialen Steppen“ der unteren Donauländer und Südrußlands verwechselt werden dürfen⁹⁸⁾. 90% der Alföldflora sind im Randgebirge, besonders im Ungarischen Mittelgebirge, beheimatet, und nur 10% sind pontischen Ursprungs. Daß die Steppenflora erst in historischer Zeit ins Land gekommen ist, wie R. v. Soó meint, darf allerdings bezweifelt werden. Das würmeiszeitliche Vegetationsbild des Alfölds war das einer Waldsteppe, und innerhalb einer solchen kann die Steppenflora nicht völlig gefehlt haben. Die Tatsache, daß die Waldsteppe pollenanalytisch nachgewiesen ist, berechtigt die ungarischen Pflanzengeographen nicht — darauf hat H. Gams (1938, S. 178) mit Nachdruck verwiesen — zu der Annahme, daß es im ungarischen Tiefland überhaupt keine natürlichen Steppen gegeben habe, mögen diese auch nur als kleine Inseln innerhalb der Waldsteppe, vor allem im Gebiet der Salz- und Sodaböden, aufgetreten sein. Die Entstehung der großen baumfreien Pußtaflächen wird erst auf die türkischen Eroberungszüge des 16. und 17. Jahrhunderts zurückgeführt⁹⁹⁾.

Die Vorstellung, daß das ungarische Tiefland während der Würmeiszeit von einer lichten Waldsteppe bedeckt war, ist pollenanalytisch, klimatologisch und bodenkundlich gut begründet. Im Pannonischen Becken haben die Waldkiefer (*Pinus silvestris*) und im Ungarischen Mittelgebirge die Fichte (*Picea excelsa*) die Eiszeit wahrscheinlich überdauert¹⁰⁰⁾. Ebenso stellte Siebenbürgen, abgesehen von einem kleinen zen-

tralen Steppengebiet, ein Rückzugsgebiet für Waldpflanzen dar (s. u.). Im Schutze des Karpatenbogens konnten sich im Pannonischen Becken und in Siebenbürgen wärmebedürftige Pflanzen in geschlossenerem Verbands erhalten, als dies auf der Ostseite des Gebirgswalles der Fall war. Hinzu kommt, daß der Löß im Donau-Theiß-Zwischenstromland weitgehend von Flug-sandfeldern und Wanderdünen bedeckt wird, deren eiszeitlicher Ursprung nachgewiesen ist¹⁰¹⁾. Infolge der kapillaren Saugkraft des Feinsandes hat sich der Grundwasserspiegel unter den Dünen gehoben, wodurch sie gegenüber dem Löß bevorzugte Ansatzpunkte für einen höheren Pflanzenwuchs wurden. Diese merkwürdige Erscheinung, daß gerade Dünen — wenn natürlich auch relativ dünn — durch ihre günstigere Bodenwasserführung schneller bewachsen als mancher nährstoffreichere Boden, wurde auch anderenorts beobachtet.

Zwischen der Steppe Nordbulgariens und dem Kamm der Stara Planina breitet sich eine Zone podsolierter Gebirgsböden aus, die zur Zeit der letzten Vereisung ebenfalls eine lichte Waldsteppe getragen haben. Genau wie auf der Krim liegen hier im Bereich des Vorbalkans die ältesten menschlichen Siedlungen (Abb. 3), die — ein Analogon zu Sjuren I — dem Aurignacien angehören¹⁰²⁾. Vom Vorbalkan stieß die Waldsteppe seit Beginn des Atlantikums (5500 v. Chr.) nach Norden auf die Steppentafel vor und bewirkte die Degradierung jenes Teils der Schwarzerde, der dann im Neolithikum besiedelt wurde. Im Deli-Orman Nordost-Bulgariens sieht Gunt-shev (1935, S. 71) ein Waldland, das erst in post-neolithischer Zeit aus ehemaliger Waldsteppe hervorgegangen ist.

In ähnlicher Weise säumte eine würmeiszeitliche Waldsteppe den Südfuß der Karpaten. Auch dort wurden seit der Klimaverschlechterung im Atlantikum die angrenzenden Teile des Schwarzerdegebietes von höherem Pflanzenwuchs erobert, so daß sich die Vegetationsentwicklung Nordbulgariens spiegelbildlich wiederholte. Reste der Waldsteppe auf degradiertem Tschernosiom blieben in der Walachei bis in das vorige Jahrhundert hinein erhalten¹⁰³⁾.

Als ein schmales Band umfaßt die degradierte Schwarzerde ringförmig das Hügelland der nördlichen Dobrudscha. Der ehemalige Steppenboden erlitt durch mehrere Waldvorstöße und nachfolgende Rodungen von Köhlern und Hirten Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung,

⁹⁷⁾ G. Machov, briefl. Mitteilung vom 7. 6. 49.

⁹⁸⁾ Eingehende Erörterungen des Pußtaproblems mit vollständigem Literaturnachweis gibt R. Rungaldier, 1928, S. 401 ff. und 1943, S. 49 ff.; vgl. ferner O. Stocker, 1929, S. 189 ff.

⁹⁹⁾ R. Rungaldier, 1943, S. 53.

¹⁰⁰⁾ F. Firbas, 1949, S. 128, 225.

¹⁰¹⁾ R. Rungaldier, 1928, S. 409.

¹⁰²⁾ H. Wilhelmy, 1935, S. 62.

¹⁰³⁾ H. P. Kosack, 1943, S. 327.

in der Krümelung und im Wasserhaushalt¹⁰⁴). *Kündig-Steiner* (1946, S. 232) hält es ebenso wie wir für möglich, „auf Grund der Degradation die Verbreitung der heute total gerodeten Vorsteppe (Waldsteppe) näher zu bestimmen“. Die freie Trockenrasensteppe hingegen hat niemals Baumwuchs getragen und gehört wie die offene Steppe Nordbulgariens und der Walachei zu den ursprünglich vom siedelnden Menschen gemiedenen Gebieten, die noch vor 100 Jahren unberührte Weideländereien bildeten, während die Waldsteppeninsel der Norddobrudscha „vom Menschen ununterbrochen und intensiv beansprucht“ wurde. Dort lag das ursprüngliche Bevölkerungsschwergewicht der Landschaft¹⁰⁵).

Werfen wir noch einmal einen Blick zurück auf die Krim! Dort ist der Vorstoß des Waldes in ehemaliges Steppengebiet seit dem Tardenoisien, also seit der dort jüngsten Stufe des Mesolithikums, nachweisbar. Das Mesolithikum umfaßt nach unserer bisherigen Kenntnis etwa den Zeitraum von 7600—3000 v. Chr. Während im Azilien, im frühen Mesolithikum, noch ausgesprochene Steppentiere, wie Wildpferd, Wildesel und Saiga-Antilope das Jagdwild des Menschen darstellten, weisen die Tardenoisien-Lager der Krim Reste von Wildschweinen¹⁰⁶), Edelhirsch, Reh, Luchs, Wildkatze, Steinmarder, Fuchs und anderen Waldtieren auf. Aber wichtiger als die Jagd ist um diese Zeit bereits die Sammelwirtschaft (Nüsse, Wildobst, Honig, Schnecken usw.)¹⁰⁷). Diese Tatsachen sprechen auch hier eindeutig für die Ausbreitung höheren Pflanzenwuchses, besonders der Eiche (Wildschwein!) im Bereich ehemaligen Steppenlandes seit Beginn des Atlantikums. Alle angeführten Beispiele lassen den gleichen Zeitpunkt für den Vorstoß der Waldsteppe in die peripheren Teile der Schwarzzerdezone erkennen.

In Abb. 4 habe ich weiterhin die würmeiszeitliche Waldgrenze eingetragen, wie sie sich auf Grund des prähistorischen und paläobotanischen Beweismaterials ergibt. Vom Jailagebirge zieht sie nach SW und setzt sich im Kamm der Stara Planina fort. Die Stara Planina stellte während der Würmeiszeit eine ähnliche Klimascheide dar wie die Jaila. Während die Nordflanke des

Gebirges von den kalten NO-Winden der russischen Steppe überstrichen wurde, konnte sich an den geschützten Südhängen die tertiäre Flora erhalten. Die Existenz wärmebedürftiger Gehölze während der Würmeiszeit ist in den ostserbischen Gebirgen nachgewiesen, so daß die Balkanhalbinsel mit Sicherheit südlich der polaren Waldgrenze gelegen hat¹⁰⁸). Nur die höchsten Berge Südosteuropas reichen heute bis dicht an die klimatische Schneegrenze heran. Die Depression der eiszeitlichen Schneegrenze betrug nach den Untersuchungen von *H. Louis* (1933, S. 43) 800 bis 1000 m. Über 1000 m ragte kein einziges der balkanischen Gebirge über die Schneegrenze empor. Daraus geht hervor, daß das Areal der vegetationslosen, schneebedeckten Berggipfel und auch die unterhalb der Schneegrenze folgende Zone einer alpinen und subarktischen Gebirgsvegetation nicht groß gewesen sein kann. Möglicherweise haben die Wälder bis an die Schneefelder und kleinen Gletscher herangereicht, wie dies gegenwärtig beim Malaspinagletscher in Alaska der Fall ist und auch durch Holzfunde in den Moränen diluvialer Gletscher der Südalpen kundgetan wird¹⁰⁹).

Die Fortsetzung der Waldgrenze in der Streichrichtung der Stara Planina nach W bzw. N läßt sich bei der geringen Zahl paläobiologischer Belege vorerst nur andeutungsweise erkennen. Spuren würmeiszeitlicher subarktischer Birken- und Kiefernwälder wurden im westlichen Siebenbürgen in 290—360 m Höhe und am Südhang der Transsylvanischen Alpen entdeckt¹¹⁰). Hier stehen wir bereits vor der Frage, ob diese Fundplätze der würmeiszeitlichen Waldsteppe oder dem Waldland zuzurechnen sind. *Firbas* ließ 1939 (S. 87, Fig. 6) die Südgrenze der waldlosen Glazialflora entlang der Save zur nördlichen Adria und nach Oberitalien verlaufen, *Poser* bezieht in seinen neueren Arbeiten (1947/48) das ganze innerkarpatische Gebiet in das würmeiszeitliche Waldland ein. Ich folge dieser durch den Nachweis wärmebedürftiger Gewächse im nördlichen Siebenbürgen begründeten Auffassung, scheidet jedoch in Übereinstimmung mit *Treitz* innerhalb des rumänischen Waldlandes östlich Klausenburg ein altes natürliches Steppengebiet aus¹¹¹). Nach Westen geht das siebenbürgische Waldland in die Waldsteppen des Pannonschen Beckens über (vgl. S. 37). Damit ist es — bei aller Problematik, die unserem Versuch noch

¹⁰⁴) *W. Kündig-Steiner*, 1946, S. 183, 200.

¹⁰⁵) *W. Kündig-Steiner*, 1946, S. 250, 260, 262.

¹⁰⁶) In meiner früheren Arbeit (1943, S. 175) führte ich das gegenwärtige Fehlen von Wildschwein, Eichhörnchen, Siebenschläfer und Wildkatze in den Wäldern der Jaila als einen Beweis für die alte räumliche Trennung von der mittel- und nordrussischen Waldzone an. Dieses Kriterium entfällt, da die genannten Tiere dort nicht von Natur fehlen, sondern bereits von den prähistorischen Jägern ausgerottet wurden.

¹⁰⁷) *F. Hančar*, 1937, S. 195, 200.

¹⁰⁸) *F. Firbas*, 1939, S. 85 und Fig. 6; *H. Poser*, 1947 (a), Fig. 1 und 1948 (a), Abb. 1.

¹⁰⁹) *A. Penck*, 1936 (a), S. 235.

¹¹⁰) *F. Firbas*, 1939, S. 85.

¹¹¹) *P. Treitz*, „Klimazonale Bodenkarte Ungarns“, in: *P. Krišče*, 1928, S. 63.

anhaltet — gelungen, für den bisher recht undurchsichtigen Ostraum die polare Waldgrenze der Würmeiszeit vom Jailagebirge auf der Krim über die Stara Planina und den Karpatenbogen bis in das nördliche Ungarn zu verfolgen und so den Anschluß an die bisher vorliegenden Darstellungen für Mittel- und Westeuropa zu gewinnen.

VII. Das Klima der Steppengebiete in der Würmeiszeit, im Spätglazial und in der Nacheiszeit

Die hier entwickelten Vorstellungen über den Verlauf der polaren Waldgrenze und die Ausdehnung der würmeiszeitlichen Steppe im Süden Rußlands und an der unteren Donau finden ihre Bestätigung in den scharfsinnigen, methodisch neuartigen Untersuchungen *Posers* über die Boden- und Klimaverhältnisse während der Würmeiszeit, auf die ich mich in Nachstehendem, ergänzt durch briefliche Mitteilungen, stütze.

Während der Würmeiszeit haben wir über der Eisdecke Fennoskandiens ein Gebiet hohen Luftdrucks anzunehmen, das wahrscheinlich durch eine Hochdruckbrücke mit dem kleineren Alpen-Hoch verbunden war. Tiefer Druck lag im Sommer — die sommerlichen Verhältnisse interessieren uns allein für unsere Fragestellung — über den Wärmegebieten Nordwest-Deutschlands und der ungarischen Tiefebene. Nach allem, was wir wissen, waren das Mittelmeer und in dessen nordöstlicher Fortsetzung das Schwarze und Kaspische Meer Hauptzugstraßen der Depressionen. Es ist anzunehmen, daß die Gebirge der Krim gerade noch von den nach O wandernden Depressionen berührt wurden und für Waldwuchs ausreichende Niederschlagsmengen erhielten. Weiter nach Norden, zur südrussischen Ebene hin, nahmen die Niederschläge schnell ab. Dieses Gebiet, das im Vergleich zur Krim durch einen kontinentaleren Temperaturgang charakterisiert war, wurde nicht mehr von den Depressionen erreicht: die Mittelmeerdepressionen zogen damals wie heute als Vc-Depressionen nach O ab, die Vb-Tiefs hingegen wanderten um die Alpen herum nach NO auf das Inlandeis, und nur selten kann eine Depression aus anderer Richtung Südrußland berührt haben. Unser Gebiet lag in bezug auf die damaligen Zugstraßen der Zyklonen mit ziemlicher Sicherheit in einem toten Winkel, wird also bei relativ hohen Sommertemperaturen und entsprechend starker Verdunstung nur geringe Niederschläge empfangen haben. Diese paläoklimatologischen Überlegungen *Posers*, mit denen sich übrigens *Klutes* Vorstellungen absolut

decken¹¹²⁾, sprechen ebenso wie die bereits oben angeführten Argumente für die Existenz einer würmeiszeitlichen Steppe in Südrußland. Das Tief über Ungarn begünstigte dort die Entwicklung der Waldsteppe.

Der Phase des Eisrückgangs, d. h. dem Spätglazial, in dem sich der Rand des Inlandeises allmählich bis zum Salpausselkä zurückzog, gingen wesentliche klimatische Änderungen voraus. Über das bisher wenig bekannte Klima dieser letzten Phase der Eiszeit, in der eine allgemeine Erwärmung die Eisschmelze und den Rückzug des Eisrandes verursachte, hat *Poser* (1948 b, S. 269 ff.) ebenfalls eine ausführliche Untersuchung angestellt, deren Ergebnisse für unser Problem wichtig sind. Als Grundlage seiner Klimabestimmungen benutzt er die Binnendünen, deren Bildung in der Allerödzeit (rd. 9800—8800 v. Chr.) ihr Ende gefunden zu haben scheint. Zur Rekonstruktion der einstigen dünenbildenden Winde kommen mehrere Merkmale in Betracht, von denen die Richtung der Parabelachsen der Dünen das wichtigste Kriterium ist, denn die Richtung der Parabelachsen ist identisch mit der Richtung der Winde, die die Parabeldünen aufgeschüttet haben. *Poser* wies nun nach, daß zur Zeit der Bildung der Binnendünen über Frankreich, Belgien, Holland und Nordwest-Deutschland vorwiegend Winde aus südwestlicher Richtung geweht haben müssen. Über Nordwestdeutschland wurden Winde aus westlicher Richtung, über Mittelpolen solche aus WNW, über Südpolen aus NW und über Ungarn aus NW bis N festgestellt. Daraus ergibt sich im ganzen gesehen für das Spätglazial eine antizyklonale Luftströmung. *Poser* hat auf dieser Grundlage eine Rekonstruktion der Luftdruckverteilung versucht, und zwar nimmt er einen Hochdruckausläufer an, der vom Azorenhoch über Südwesteuropa hinweg bis Mitteleuropa reichte und über Süddeutschland, den Alpen, Oberitalien und dem westlichen Ungarn einen Teilkern besaß¹¹³⁾. Eine derartige konstante mittlere Drucklage kann nur im Sommerhalbjahr bestanden haben. Unter dem Einfluß dieses Hochs erlebte Mitteleuropa eine Zufuhr warmer subtropischer Luftmassen, die landeinwärts immer mehr abtrockneten, da im Bereich des Hochs Strahlungswetter die Regel gewesen sein dürfte. Das Sommerklima im Bereich dieses Hochs war also warm und trocken. An die Stelle der Tundra trat in Mitteleuropa die Steppe. Das entspricht den seit vielen Jahrzehnten vertretenen Ansichten der Botaniker¹¹⁴⁾ über eine

¹¹²⁾ *F. Klute*, 1949, S. 121.

¹¹³⁾ *H. Poser*, 1948 (b), S. 308, Fig. 5.

¹¹⁴⁾ Z. B. von *A. Engler*, 1879; vgl. auch Handwörterbuch d. Naturwiss. IV/1025.

glaziale, spätglaziale oder frühpostglaziale Steppenzeit und findet neuerdings auch in pollenanalytischen Untersuchungen eine gewisse Stütze. Nach einer jüngst gemachten Feststellung von *Firbas* (1948, S. 17 ff.) steigen im Spätglazial vor und zu Beginn der Wiederbewaldung unter den Nichtbaumpollen jene von *Artemisia* zu einem Maximum an. Wenn wir demnach im Spätglazial mit dem Vorhandensein „ausgedehnter, von *Artemisia* beherrschter Pflanzengesellschaften“ rechnen müssen¹¹⁵), dann muß diese „Steppen-“ oder „Pioniervegetation“, wie sie *Erdtman* vorsichtiger nennt, in Ablösung der zeitlich vorhergehenden Tundravegetation irgendwoher gekommen sein. Als Herkunftsgebiete kommen nur Südrußland oder die unteren Donauländer in Frage. „War Südrußland in der Zeit des Eishochstandes schon trocken, dann wird es im Spätglazial, einer Zeit außerordentlich betonter äolischer Vorgänge in West- und Mitteleuropa, noch trockener gewesen sein. Nehme ich östlich vom sommerlichen Hoch über Mitteleuropa auch ein sommerlich kontinentales Tief über Mittelrußland an, so schließt das nicht aus, daß Rußland ebenfalls im ganzen trocken und Südrußland betont trocken war. Das sommerlich ausgedehnte, bis nach Mitteleuropa hineinreichende Azorenhoch hat wahrscheinlich auch eine sehr erhebliche Einschränkung der Depressions-tätigkeit im Mittelmeer- und Schwarzmeergebiet bewirkt und damit größere Trockenheit zur Folge gehabt, als sie in der Klimaphase zuvor schon herrschte“¹¹⁶).

Für das Klima im jüngeren Postglazial haben Schichtdickenbestimmungen, die *W. B. Schostakowitsch* (1936, S. 177) für die jährlichen Bodenablagerungen des Saki-Sees auf der Steppenkrim durchgeführt hat, interessante Aufschlüsse ergeben. *Schostakowitsch* kam zu dem Ergebnis, daß auf der nördlichen Krim seit mindestens 5000 Jahren — d. h. etwa seit der Tripolje-Zeit — keine nennenswerten Veränderungen in den Niederschlagsmengen eingetreten sind. Die Jahresmengen lagen nach seinen Berechnungen fast ständig zwischen 400 und 500 mm. So entwickeln *Poser* und *Schostakowitsch* auch für das Spätglazial und die Nacheiszeit klimatische Vorstellungen, die sich völlig mit meinen vegetationsgeschichtlichen Ansichten decken.

VIII. Die spät- und postglaziale Entwicklung der mittel- und osteuropäischen Steppengebiete

Wir wissen, daß sich während der Allerödzeit, die als eine etwas wärmere Periode das subarktische Klima der älteren Tundrenzeit ablöste,

Birkenwälder bis Dänemark-Südschweden und Kiefernwälder bis Holstein, Ostpreußen und in die baltischen Länder ausbreiteten¹¹⁷). Einem kurzen Rückschlag, der in der jüngeren Tundrenzeit (rd. 8800—8100 v. Chr.) wieder zu einer Zurückdrängung und Lichtung der Bestände führte, folgte dann in der Vorwärmezeit, im Präboreal (rd. 8100—6800 v. Chr.), die erneute Ausbreitung des Birken-Kiefernwaldes. Gilt nun diese Vegetationsentwicklung auch für die mittel- und osteuropäischen Steppengebiete?

Auf der Krim, in Nordbulgarien und der Walachei ist, wie wir hörten, die Steppe als eiszeitliches Relikt nicht zweifelhaft. Die heutigen Steppen sind dort, ohne das Zwischenstadium einer Bewaldung durchzumachen, unmittelbar aus der subarktischen Steppe hervorgegangen. Das gleiche habe ich für die Ukraine nachzuweisen versucht. Aber wie verlief die Entwicklung in Mitteldeutschland?

Während der Würmeiszeit breitete sich zwischen Alpen und Inlandeis ein offenbar völlig oder doch nahezu völlig waldfreies Land aus. Eine den heutigen Tundren und alpinen Pflanzengesellschaften vergleichbare Vegetation aus Zwergbirken und Kriechweiden, Kräutern und Gräsern, durchsetzt von Sümpfen und Mooren, beherrschte das Landschaftsbild¹¹⁸). Große würmeiszeitliche Steppengebiete wie in Südrußland und an der unteren Donau gab es allem Anschein nach in Mitteleuropa nicht, wenn auch die glaziale Fauna und die heutige Pflanzenverbreitung zu der Annahme zwingen, „daß auch ein kaltkontinentales Steppenelement während der Eiszeiten weit nach Mitteleuropa vordringen konnte“¹¹⁹). Bis nach Galizien hinein ist der sichere Nachweis durch Funde von *Blysmus rufus* und *Crambe aspera* gelungen, aber dort, wo man die eiszeitliche Steppe am ehesten zu erwarten hätte, in den Lößgebieten, „fehlt uns hierfür fast noch jeder eindeutige Beleg“¹²⁰).

Etwas klarer sehen wir bereits für das Spätglazial und die beginnende Nacheiszeit. Die von *Firbas* und seinen Schülern in den Vogesen, am Bodensee und Federsee nachgewiesene Zunahme der *Artemisia*-Pollen unter den Nichtbaumpollen, ihr Rückgang während der Allerödswankung und ihr Wiederanschwellen in der sogenannten jüngeren Tundrenzeit bis auf 40 % der Nichtbaumpollen weisen auf eine stärkere Ausbreitung steppenhafter, Trockenheit lieben-

¹¹⁷) *F. Firbas*, 1939, S. 87; 1948, S. 19.

¹¹⁸) *F. Firbas*, 1939; S. 85; 1949, S. 347.

¹¹⁹) *F. Firbas*, 1939; S. 85.

¹²⁰) *F. Firbas*, 1939; S. 85.

¹¹⁵) *F. Firbas*, 1949, S. 297.

¹¹⁶) *H. Poser*, briefl. Mitteilung vom 9. 6. 49.

der Florenelemente hin¹²¹). „Die spätglazialen *Artemisia*-Werte lassen sich jedenfalls nur durch einen hohen Anteil wenigstens periodisch trockener Böden erklären, deren Vegetation die Bezeichnung „steppenartig“ verdient haben mag. Aber auch später, während der Nacheiszeit, dürfen wir die Vorkommen von *Artemisia* als Ausdruck einer offenen, gehölzarmen Vegetation werten, da *A. vulgaris* zwar noch in lichte Ufergebüsche und Weidengehölze, aber nicht in dichteren Waldesschatten einzudringen vermag und die übrigen Arten den Wald noch mehr meiden“¹²²).

Daß in der Allerödzeit der allgemeine Waldvorstoß auch die mitteldeutschen Lößgebiete erfaßt hat, ist pollenanalytisch nicht zu beweisen. Einem derartigen Nachweis stehen dort die bereits früher geschilderten methodischen Schwierigkeiten entgegen (vgl. S. 19). Ich nehme jedoch an, daß im mitteldeutschen Lößgebiet die Steppenpflanzen aus rein edaphischen Gründen unter den Klimabedingungen der Allerödzeit bessere Existenzmöglichkeiten hatten als etwa Kiefern- oder Birken-Kiefernwälder. Das soll keine Rückkehr zur alten These von der „absoluten“ Waldfeindlichkeit des Lößes sein — unter den heutigen klimatischen Verhältnissen und unter denen des Subboreal und Subatlantikum kann man den Löß sicherlich nicht als waldfeindlich bezeichnen —, aber für die Allerödzeit, in der über Skandinavien noch große Eismassen lagen und die polare Waldgrenze wahrscheinlich noch durch Nordjütland und Südschweden verlief¹²³), hat diese Annahme viel für sich. In Südrußland kann man jedenfalls beobachten, daß die Kiefern- und Eichen-Kiefernwälder auf Sandböden viel weiter nach Süden vorgedrungen sind als auf den Lößplateaus. Dort erweist sich bei gleichartigen klimatischen Verhältnissen der Löß als der beträchtlich ungünstigere Standort für höheren Pflanzenwuchs. Den bewaldeten Sandflächen stehen die waldfrei gebliebenen, von Steppengräsern besetzten Lößebenen gegenüber. *Schimper*s Satz (1898, S. 189), daß in klimatischen Grenzgebieten edaphische Einflüsse den Vegetationscharakter bestimmen, hat noch immer Gültigkeit.

Es scheint, daß im mitteldeutschen Lößgebiet eine zweimalige Steppenbildung erfolgt ist: eine erste in der von *Poser* erkannten „spätglazialen Dünenzeit“, die sich an die ältere Tundrenzeit anschließt und mit der Allerödsschwankung endet (vgl. S. 42). Die Bildung der Binnendünen und

der Absatz des jüngsten Lößes setzen ein verhältnismäßig trockenes, sommerwarmes, kontinentales Klima voraus. Die Tundrenvegetation der älteren Dryaszeit wurde durch eine Steppenvegetation abgelöst. Für diese Deutung spricht das von *Firbas* erkannte Anschwellen der *Artemisia* pollen im Abschnitt vor Beginn der Allerödsschwankung. Der Klimawechsel, der Baumgewächse in der Allerödphase weit nach N vordringen ließ und der die Periode der spätglazialen Lößbildung beendete¹²⁴), hat jedoch aus edaphischen Gründen im mitteldeutschen Trockengebiet nicht zur Bewaldung geführt. Die Lößgebiete um Halle-Magdeburg behielten auch während der Allerödzeit ihren steppenhaften Charakter bei. Der Klimarückschlag, der der Allerödphase folgt, führte wahrscheinlich nicht zu einer neuerlichen Ausbreitung der Tundra — die Bezeichnung „jüngere Tundrenzeit“ ist daher wenig glücklich —, sondern zu einer Wiederkehr eines ähnlich trocken-warmen Klimas, wie es in der spätglazialen Dünenzeit geherrscht hat. Vegetationsgeschichtlich bedeutet dies den endgültigen Sieg der Steppe in Mitteldeutschland. Von den allerödzeitlichen Reliktgebieten breitete sich nun die Steppenflora weiter aus. Jedenfalls beweist das zweite Pollenmaximum von *Artemisia* in der „jüngeren Tundrenzeit“, daß dieser Abschnitt keine Tundren-, sondern eine Steppenzeit gewesen ist¹²⁵). Diese Auffassung deckt sich mit der von *Firbas* (1949, S. 312) ausgesprochenen Ansicht, daß wir in jenen Trockengebieten, die heute unter 500 mm Niederschlag erhalten, d. h. in Teilen des ostdeutschen und polnischen Flachlandes, im thüringischen und sächsischen Regenschattengebiet des Harzes, vielleicht auch im Mainzer Becken und in den trockensten Teilen Innerböhmens bis ins Präboreal mit ausgedehnteren Steppengebieten rechnen dürfen. Die spätglaziale Dünenzeit ist somit als die eigentliche Periode der Steppenbildung in Mitteleuropa zu betrachten. Nach einer Einengung des Steppenareals während der Allerödsschwankung folgte dann in der „jüngeren Tundrenzeit“ die erneute Bildung weiter offener Graslandschaften.

Bereits vor der spätglazialen Dünenzeit ist die Existenz größerer Steppenflächen in Mitteldeutschland nicht anzunehmen. Die kaltkontinentalen Steppenelemente im Vegetationsbild der älteren Dryaszeit lassen allenfalls den Rückschluß auf ein sporadisches oder lokales Auftreten innerhalb der subarktischen Tundra zu. Auch der

¹²¹) *F. Firbas*, 1948; S. 17 ff.; 1949, S. 297, 308; *H. Poser*, 1948 (b), S. 309.

¹²²) *F. Firbas*, 1948, S. 21.

¹²³) *F. Firbas*, 1949, S. 287.

¹²⁴) Über die letzte Phase der Lößbildung und die nördliche Lößgrenze in Mitteleuropa wird *H. Poser* demnächst eine spezielle Untersuchung veröffentlichen.

¹²⁵) *H. Groß*, 1943, S. 28 ff.; *F. Firbas*, 1949; S. 308 u. 349.

von R. Käubler (1938, S. 73 ff. und 1949, S. 19 ff.) geführte Nachweis einer früheren Waldbedeckung des mittelsächsischen Lößgebietes spricht nicht gegen die seit der Vor-Allerödzeit angenommene Existenz offenen Graslandes im Raume zwischen Halle und Magdeburg. Das mittelsächsische Lößgebiet um Grimma, Mügeln, Lommatzsch, Döbeln, Meißen liegt außerhalb der Schwarzerdezone (vgl. S. 23), für die allein wir den ursprünglichen Steppencharakter nachzuweisen versuchen. Bei Jahresniederschlägen von 600—800 mm steht in Mittelsachsen ein in den oberen Schichten stark ausgelaugter, kräftig verlehmt Löß an, den die Bodenkundler schon immer als ehemaligen „Waldboden“ angesehen haben. Wenn J. Leopoldt (1934, S. 72/73) und W. Radig (1937, S. 61, 67, 73) dieses mittelsächsische Lößgebiet auf ihren Karten als eine uralte waldfreie Landschaft dargestellt haben, so sind sie uns für diese Auffassung den Beweis schuldig geblieben. Käubler hat jedenfalls durch seine sorgfältigen Forschungen gezeigt, daß Mittelsachsen noch vor 200 Jahren vorwiegend von Wäldern bedeckt war. Weiter kommt er allerdings mit seinen historischen und morphologischen Untersuchungsmethoden nicht zurück. Beweise für eine noch frühere Waldfreiheit oder Bewaldung des Gebietes wurden bisher nicht erbracht.

Die heutigen Schwarzerdegebiete Mittel- und Osteuropas sind nur die Überreste eines Verbreitungsareals, das ursprünglich viel größer gewesen sein muß. Von den Rändern her drang seit Beginn des Atlantikums die Waldsteppe und dieser folgend der geschlossene Wald gegen das alte Steppenland vor. In den peripheren Gebieten wurde die Schwarzerde degradiert oder sogar völlig im Sinne eines Waldbodenprofils umgewandelt. Es ist auch nicht zweifelhaft, daß, seitdem der Ackerbau auf die im Neolithikum noch unbesiedelten freien Steppenflächen übergriff, die Schwarzerde im Bereich tieferer Taleinschnitte der Abtragung zum Opfer gefallen ist. Aber kann man daraus schließen, daß überall, auch auf den ebenen Steppenplatts, die alte, nach der bisherigen Beweisführung vorneolithische Schwarzerdedecke durch Flächenspülung beseitigt worden ist und der jetzt anstehende Tschernosiom vielleicht eine viel jüngere Bildung darstellt? Waren die Schwarzerdegebiete etwa doch einmal bewaldet? Ist das alte Waldbodenprofil abgetragen worden und hat sich dann später auf dem frischen Löß das heutige Schwarzerdeprofil entwickelt? Muß die Bildung der Schwarzerde erst als eine Folge der Kultivierung ehemals vom Menschen gerodeter Waldflächen, die „Verstep-

ping“ nur als das Ergebnis eines anthropogenen Eingriffs in die natürlichen Vegetationsverhältnisse betrachtet werden? Auf eine solche Deutung will doch schließlich *Leimbach* hinaus!

Ich glaube hinlänglich gezeigt zu haben, daß eine derartige Auslegung des bodenkundlichen, vorgeschichtlichen, paläobotanischen und paläoklimatologischen Befundes nicht möglich ist. Warum sollen gerade die heutigen Schwarzerdegebiete im Neolithikum siedlungsleer gewesen sein, wenn sie etwa ebenso wie die tschernosiomfreien Areale mit Wald bedeckt gewesen wären? Für die nachgewiesene Siedlungsleere gibt es keine andere Erklärung als die, daß im Neolithikum schon eine waldfreie, siedlungsungünstige Schwarzerde-Graslandschaft vorhanden war. Feldbau und Viehzucht (Eichelmast!) zwangen eben die Menschen, in der Waldsteppe zu siedeln und ihr Kulturland gegen den geschlossenen Wald hin durch Rodung zu erweitern. Woher soll die in den Siedlungsgruben der Bandkeramiker vorgefundene Schwarzerdefüllung, woher das Baumaterial der südrussischen Kurgane stammen, wenn nicht aus einer schon in prähistorischer Zeit vorhandenen Schwarzerdeschicht, die den Löß bedeckte?

Die Schwarzerde ist in Mitteldeutschland auf den ebenen Flächen einheitlich 60—80 cm mächtig, geht bei geringer Neigung auf 40 bis 60 cm zurück und keilt bei stärkerem Gefälle gegen die Talhänge aus¹²⁶). An den Talflanken selbst findet man häufig verschüttete Tschernosiomfetzen. Die einheitliche Mächtigkeit der Schwarzerde auf den völlig ebenen Steppenflächen spricht dafür, daß es sich um die Originalmächtigkeit der Schwarzerde handelt. Erst bei Beträgen unter 60 cm ist die Wirkung des Bodenabtrags zu erkennen. Für die großen Steppenplatts in Südrußland gilt im Prinzip das gleiche. Solange eine natürliche Grasnarbe die Schwarzerde bedeckte, war die flächenhafte Abtragung auf den unzertal-ten Ebenheiten bedeutungslos. Aber auch seit der Umwandlung der Steppe in Ackerland, einem Prozeß, der in Südrußland und der Walahei erst zu Beginn des vorigen Jahrhunderts einsetzte und noch heute nicht überall beendet ist, kann, wie aus den nur um wenige Dezimeter schwankenden Schichtdicken hervorgeht, der Bodenverlust nicht allzu groß gewesen sein. Der gelbe Lehm steht z. B. unter der Beckenfüllung der südrussischen Pods nicht in wesentlich größerer Tiefe an als der Löß unter dem Tschernosiom der Plateaus¹²⁷). Das alte Schwarzerde-

¹²⁶) W. Laatsch, mündl. Mitteilung.

¹²⁷) H. Wilhelmy, 1943 (b), S. 140.

areal Mittel- und Osteuropas ist also nicht in erster Linie infolge flächenhaften Abtrags, sondern durch die von den Rändern gegen das Zentrum fortschreitende Degradation im Gefolge des postborealen Waldvorstoßes verkleinert worden.

IX. Potentielles Wald- und Steppenland

Das postglaziale Wärmemaximum und damit das Optimum der Steppenbildung liegt nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnis etwa 8000 Jahre zurück, das Ende der Würmeiszeit rund 20 000 Jahre. Etwa 5500 v. Chr. begann die Nordsee in ihre heutigen südlichen Bereiche einzudringen (Litorina-Transgression). Dieser große Meeresvorstoß und die Öffnung des Kanals für den Golfstrom bewirkten eine Zunahme der Niederschläge in Mitteleuropa und eine Minderung der Amplitude zwischen Sommer- und Wintertemperaturen. Mitteleuropa erfuhr eine klimatische Lageverschiebung, die etwa der Längendifferenz zwischen Berlin und Moskau entspricht. Infolge dieser Klimaänderung wurde Deutschland von dichten Wäldern überzogen, in denen nach der Eiche allmählich die Buche die Vorherrschaft gewann. Auch in dem zuvor sehr kontinentalen Klima Südrußlands machten sich maritime Einflüsse geltend. In dieser Minderung der Kontinentalität ist die Ursache für das Vordringen des Waldes in das Schwarzerdegebiet der Steppe zu erblicken.

Die Böden der heutigen Waldsteppe und der nördlichen Gras- und Krautsteppe Südrußlands befinden sich daher nicht mehr im klimatischen Optimum der Schwarzerdebildung. Diese Gebiete sind im Verlauf der letzten 7¹/₂ Jahrtausende zu potentiell Waldland geworden. Trotzdem ist dort die Gras- und Krautvegetation in ihren natürlichen Wachstumsbedingungen noch immer dem Baumwuchs überlegen — ganz einfach, weil die Steppe schon seit der Eiszeit vorhanden war und der dichtverfilzte Pflanzenteppich auch nach erfolgter Klimaänderung eine natürliche Ansäuerung und Entwicklung von Baumschößlingen außerordentlich erschwerte. „Die Gräser brauchen nur wenige Monate bis zur Samenbildung und erleiden durch exzessive Trockenperioden in einzelnen Jahren kaum eine Einbuße in ihrer Vermehrung. Bäume dagegen benötigen viele Jahre, bis sie ein fortpflanzungsfähiges Alter erreichen und laufen während dieser langen Entwicklungsdauer alljährlich Gefahr, bereits vorzeitig am Wassermangel zugrunde zu gehen... Die Steppenpflanzen nutzen die Bodenfeuchtigkeit so restlos aus, daß ein Baumkeimling keine Aussicht hat, durchzukommen und schnell verdorrt. Aus diesen

Gründen liegt die natürliche Grenze zwischen Waldsteppe und offenem Grasland nicht dort, wo die klimatischen Mindestbedingungen für den Baumwuchs erfüllt sind, sondern wesentlich weiter nördlich im humiden Bereich, wo die Lebensmöglichkeiten für Waldbäume bereits so gut sind, daß sie sich gegenüber den Steppengräsern durchzusetzen vermögen“¹²⁸⁾.

Die gegenwärtige Grenze zwischen Wald und Waldsteppe ist nahezu identisch mit der nördlichen Grenze der geschlossenen Lößdecke. Diese Tatsache ist auffällig und läßt die Frage entstehen, ob etwa der Löß selbst ein entscheidendes Hindernis für die natürliche Waldausbreitung bildet. Es wurde bereits darauf hingewiesen (S. 30), daß der Wald auf den Sanderflächen, mit denen sich der Löß im nördlichen Grenzbereich verzahnt, besonders weit nach Süden vorgestoßen ist und daß der Löß gegenüber dem Sandboden zweifellos einen ungünstigeren Standort für höheren Pflanzenwuchs darstellt. Ist dies nun allein auf die besondere Struktur des Lößes (große Wasserdurchlässigkeit) oder auf dessen höheren Salzgehalt zurückzuführen?

Die Salzvorkommen im Löß (CaCO₃, CaSO₄, z. T. auch NaCl) erklärt *Machov* aus den besonderen klimatischen Bedingungen, unter denen sich der Löß gebildet hat. Da im Dauerfrostboden keine Auslaugung erfolgt, reichern sich im arktischen Klima bei der Verwitterung der Gesteine lösliche Salze an. Der Gletscherföhn verweht sie zusammen mit den übrigen Verwitterungsprodukten und schlägt den Staub im Vorfeld des Inlandeises als Löß nieder. Das trocken-kalte subarktische Klima verhinderte eine Bewaldung derartiger verbrackter Böden. Erst die zunehmende Erwärmung und ein merkliches Feuchterwerden des Klimas führten zur Entsalzung und damit zum Vorstoß der Birken-Espen-Wälder Polesiens nach Süden¹²⁹⁾. Die ursprüngliche Waldlosigkeit der Lößböden scheint also nach dieser Deutung *Machovs* nicht zuletzt auf dem hohen Salzgehalt beruht zu haben. Damit erklärt sich zwar die Waldfeindlichkeit des Lößes zu Beginn der Interglaziale, im Spätglazial und in der frühen Nacheiszeit, aber für die Zeit nach dem Atlantikum, in der bei wachsenden Niederschlagsmengen die Entsalzung der oberflächennahen Bodenschichten einsetzte, entfällt dieses Argument. Für die gegenwärtige Waldlosigkeit der nördlichen Gras- und Krautsteppe kann man nicht mehr den Salzgehalt des Bodens verantwortlich machen, wie es z. B. *G. I. Tanfiliew*

¹²⁸⁾ H. Wilhelmy, 1943 (a), S. 184.

¹²⁹⁾ G. Machov, briefl. Mitteilung vom 7. 6. 49.

(1901, S. 62 ff.) tat, freilich nicht ohne auf den Widerspruch *Taliew's* (1901, S. 33 ff.) und anderer Forscher zu stoßen. Wirkliche Salzböden gibt es heute nur im äußersten Süden der ukrainischen Pfriemengrassteppe. Dort allein kann der hohe Salzgehalt als eine der Ursachen für das Fehlen eines höheren natürlichen Pflanzenwuchses gelten. Aber die Salzanreicherungen in den kastanienbraunen Steppenböden des Südens sind weniger eiszeitlichen als rezenten Ursprungs und beruhen auf der Aridität des in der Gegenwart dort herrschenden Klimas.

Die ganze Pfriemengrassteppe, die sich südlich der Trockengrenze¹³⁰⁾ ausbreitet, befindet sich heute noch im klimatischen Optimum der Steppenbildung. Daß dort trotzdem bis an die Ufer des Schwarzen und Asowschen Meeres Baumwuchs möglich ist, beweisen die zahlreichen Aufforstungsversuche, über die ich ausführlich berichtet habe¹³¹⁾. Sie wären jedoch mit Sicherheit gescheitert, wenn man die Schößlinge einfach in hohes Steppengras verpflanzt, die Narbe nicht zuvor umgebrochen und die Anpflanzungen nicht laufend vor der Unterdrückung durch die schnell wieder aufkommenden *Stipa*- und *Artemisia*-arten bewahrt hätte. Unter den verschiedensten Lebensbedingungen durchgeführte Anpflanzungsversuche haben dies erwiesen. Aber selbst dort, wo alle Maßnahmen zur Unterdrückung der natürlichen Steppenvegetation ergriffen wurden, war das Ergebnis derartiger Aufforstungen ohne die Anwendung künstlicher Bewässerung immer nur kümmerlicher Wuchs. Normale, gesunde Wälder, denen allein die atmosphärischen Niederschläge zur Verfügung stehen, gibt es in der südlichen Trockensteppe nicht.

Zu den ökologischen Hemmnissen, die sich einer natürlichen Bewaldung alter Steppengebiete seit Beginn des Atlantikums entgegenstellten, kam der Mensch. Ein Ring von Bandkeramiker-siedlungen umgab das mitteldeutsche Schwarzzerdegebiet, die Tripolje-Leute saßen in der Waldsteppe der Ukraine, andere Völker des Neolithikums in den Waldsteppen Nordbulgariens und der Walachei. In allen Fällen handelt es sich um die gleiche Erscheinung: um die Besitzergreifung der Waldsteppengebiete während der jüngeren Steinzeit, um die Ausbreitung von Feldbau und Weidewirtschaft in diesen Gebieten mit allen ihren Begleiterscheinungen (Axt- und Brandrodung, Schneitelwirtschaft, Anlegung von Grasbränden usw.) und um die dadurch verursachte Unterbrechung des weiteren natürlichen Waldvorstoßes

in die Bereiche der mittel- und osteuropäischen Steppen, die — abgesehen von viel kleineren Kerngebieten mit Jahresniederschlägen unter 450 mm — klimatisch heute nicht mehr als potentielle Grasländer anzusprechen sind.

Literatur

Auer, V., Verschiebungen der Wald- und Steppengebiete Feuerlands in postglazialer Zeit. „Acta Geographica“, 5, Nr. 2, Helsinki, 1933.

Engler, A., Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt, insbesondere der Florengebiete seit der Tertiärperiode. Lpzg., 1879.

Firbas, F., Über die Bestimmung der Walddichte und der Vegetation waldloser Gebiete mit Hilfe der Pollenanalyse. „Planta“, XXII, 1934, S. 109—145.

—, Vegetationsentwicklung und Klimawandel in der mitteleuropäischen Spät- und Nacheiszeit. Die Naturwissenschaften, Bln. 1939, S. 81—89, 104—108.

—, Über das Verhalten von *Artemisia* in einigen Pollendiagrammen. Biol. Zentralbl. 67, Lpzg. 1948, S. 17—22.

—, Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas, Bd. I, Allgemeine Waldgeschichte, Jena 1949.

Gams, H., Wald, Steppe und Besiedlung. Mitt. Geogr. Ges. Mchn. 1938, S. 175—179.

—, Die Wälder Südrußlands und ihre Geschichte. Forstarchiv 1943, S. 69—85.

Gerasimov, I. P., Alte Böden und Eluvialerscheinungen in ihrer Bedeutung für die Paläogeographie des Quartärs. Sowj. Akad. d. Wiss., Abh. d. Geogr. Instituts, Bd. XXVII., „Probleme der Quartär-Paläogeographie“, Moskau-Leningrad 1946, S. 207—224 (russ.).

Gradmann, R., Die Steppenheide. Naturwiss. Monatsschr. „Aus der Heimat“, Stgt. 1933, S. 97—123.

—, Mein Beitrag zur Urlandschaftsforschung. Z. f. Erdkde., 1939, S. 650—657.

—, Schlagwort und Hyperbel. Naturwiss. Monatsschr. „Aus der Heimat“, Stgt. 1941, S. 8—16.

Gripp, K., Der Oberflächenabtrag im Alt-Diluvium und seine Bedeutung für das Vorkommen paläolithischer Funde. Offa, 4, II, Neumünster 1939, S. 59—82.

Gritschuk, W. P., Über die Vegetationsgeschichte des europäischen Teils der USSR im Quartär. Sowj. Akad. d. Wiss., Abh. d. Geograph. Instituts, Bd. XXVII., „Probleme der Quartär-Paläogeographie“, Moskau-Leningrad 1946, S. 249—266 (russ.).

Groß, H., Der ostpreußische Lebensraum in der ausklingenden Eiszeit. „Der Forschungskreis“, II, Königsberg 1943, S. 28—63.

Guntschev, G., Der Löß in Nordbulgarien. Mitt. Bulg. Geogr. Ges., III, Sofia 1935, S. 16—80 (bulg. mit dtsh. Zsfm.).

Hančar, F., Urgeschichte Kaukasiens. „Bücher zur Ur- und Frühgeschichte“, Bd. VI, Wien-Leipzig 1937.

—, Neandertaler und andere altsteinzeitliche Menschenreste aus russischen Gebieten. Mitt. Anthropol. Ges. Wien LXXI, Wien 1941, S. 213—218.

—, Die Vor- und Frühgeschichte des Schwarzmeerraumes als Forschungsproblem. Leipziger Vierteljahresschr. f. Südosteuropa VI, 1942 (a), S. 225—252.

—, Probleme der jüngeren Altsteinzeit Osteuropas. Quartär IV, 1942 (b), S. 125—186.

Hellmann, G., Die Trockengebiete Europas und deren Ursachen. Z. Ges. f. Erdkunde Bln. 1928, S. 353—358.

Kerner, A., Das Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck 1863.

—, Die Vegetationsverhältnisse des mittleren und östlichen Ungarns und angrenzenden Siebenbürgens. Innsbruck 1875.

¹³⁰⁾ Vgl. dazu Taf. 8 und 9 in *H. Wilhelmy*, 1944.

¹³¹⁾ *H. Wilhelmy*, 1943 (a), S. 175 ff.

- Käubler, R.*, Junggeschichtliche Veränderungen des Landschaftsbildes im mittelsächsischen Lößgebiet. Wiss. Veröff. d. dtsh. Museums f. Länderkunde zu Lpz. N. F. 5, 1938, S. 72—97.
- , Zur Frage der früheren Bewaldung des mittelsächsischen Altsiedelraumes. Beihefte f. Erdkunde, Jg. 1949, H. 2, S. 19—37.
- Klute, F.*, Rekonstruktion des Klimas der letzten Eiszeit in Mitteleuropa auf Grund morphologischer und pflanzengeographischer Tatsachen. Geogr. Rundschau 1949, S. 81—89, 121—126.
- Kosack, H. P.*, Rumänien und seine Wirtschaft. Z. f. Erdkunde 1943, S. 323—338.
- Krische, P.*, Bodenkarten und andere kartographische Darstellungen der Faktoren der landwirtschaftlichen Produktion verschiedener Länder. Bln. 1928.
- Kündig-Steiner, W.*, Nord-Dobrudscha. Beiträge zur Frage der Beziehungen zwischen Natur und menschlicher Tätigkeit in einer Region der pontischen Waldsteppen und Küstengewässer während des 19. und 20. Jahrhunderts. „Istanbuler Schriften“, Nr. 15, Zürich 1946.
- Laatsch, W.*, Die Bodentypen um Halle (Saale) und ihre postdiluviale Entwicklung. Jahrb. d. Halleschen Verbandes f. d. Erforschung der mitteldeutschen Bodenschätze, N. F. XIII, Halle 1934, S. 57—112.
- , Dynamik der deutschen Acker- und Waldböden. Dresden-Lpz. 1938, 2. Aufl. 1944 (Zitate nach der 1. Aufl.).
- , Untersuchungen über die Bildung und Anreicherung von Humusstoffen. „Beiträge zur Agrarwissenschaft“, 1948, H. 3, S. 3—23.
- , Gesetzmäßige Vorgänge beim Aufbau fruchtbarer Böden. Schriftenreihe d. Landwirtschaft. Fakultät d. Univ. Kiel. H. 1, 1949, S. 12—20.
- Lawrenko, E. M.*, Die Waldfreiheit der Steppe als historisch-geographisches Problem. Komarov-Festschrift der Sowj. Akad. d. Wiss., Moskau-Leningrad 1939, S. 486—515 (russ.).
- Leimbach, W.*, Zur Waldsteppenfrage in der Sowjetunion. „Erdkunde“, II, 1948, S. 238—256.
- Leipoldt, J.*, Boden und Urlandschaft in Sachsen. In: „Grundriß der Vorgeschichte Sachsens“, Lpz. 1934. (Karte auf S. 72/73).
- Louis, H.*, Die eiszeitliche Schneegrenze auf der Balkanhalbinsel. „Ischirkoff-Festschrift“, Mitt. d. Bulg. Geogr. Ges., Bd. I, Sofia 1933, S. 27—48.
- Machov, G.*, Bodenuntersuchungen in den Waldversuchspflanzungen bei Mariupul und Wladimirowka und in der übrigen Südukraine im Zusammenhang mit dem Problem des Feldschutzes in der offenen Steppe. Mitt. aus dem Forstl. Versuchswesen der Ukraine, H. 14, Charkow 1930, S. 79—167 (ukr. mit engl. Zsmf.).
- Mikow, V.*, Prähistorische Siedlungsplätze in Bulgarien. Izd. arch. muz., Nr. 30, Sofia 1933 (bulg.) mit Karte 1 : 1 000 000.
- Obermaier, H.*, Südrußland, Paläolithikum. Reallëxikon d. Vorgesch., hrsg. v. M. Ebert, Bd. XIII, Bln. 1929, S. 32—34.
- , u. *Wilke, G.*, Rumänien. Reallexikon d. Vorgesch., hrsg. v. M. Ebert, Bd. XI, Bln. 1927/28, S. 165—168.
- Penck, A.*, Europa zur letzten Eiszeit. Krebs-Festschrift „Länderkundliche Forschung“, Stgt. 1936 (a), S. 222—237.
- , Völkerbewegungen in Deutschland in paläolithischer Zeit. Sonderausgabe d. Sitzber. d. Preuß. Akad. d. Wiss., phys. math. Kl. XIV, Bln. 1936 (b), S. 1—14.
- , Paläolithische und geologische Chronologie. Z. d. dtsh. Geol. Ges. 1939, S. 57—64.
- Poser, H.*, Dauerfrostboden und Temperaturverhältnisse während der Würmeiszeit im nicht vereisten Mittel- und Westeuropa. Die Naturwissenschaften 1947 (a), S. 10—18.
- , Auftautiefen und Frostzerrung im Boden Mitteleuropas während der Würm-Eiszeit. Die Naturwissenschaften 1947 (b), S. 232—238, 262—267.
- , Boden- und Klimaverhältnisse in Mittel- und Westeuropa während der Würmeiszeit. „Erdkunde“, II, 1948 (a), S. 53—68.
- , Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa. Die Naturwissenschaften 1948 (b), S. 269—276, 307—312.
- Radig, W.*, Sachsens Gaue als Burgwall-Landschaften. In: „Von Land und Kultur“, hrsg. v. E. Emmerich, Lpz. 1937.
- Rungaldier, R.*, Die Puŝta Hortobágy und die Frage der Puŝtenbildung in Ungarn. Geogr. Zeitschr. 1928, S. 401—411.
- , Natur- und Kulturlandschaft zwischen Donau und Theiß. Abh. Geogr. Ges. Wien XIV, H. 4, Wien 1943.
- Schimper, A. F. W.*, Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898.
- Schlüter, O. u. Blume, E.*, Beiträge zur Landeskunde Mitteldeutschlands, Braunschweig 1929.
- Schmalzfuß, K.*, Pflanzenernährung und Bodenkunde. Lpz. 1947.
- Schmidt, W. F.*, Die Steppenschluchten Südrußlands. „Erdkunde“, II, 1948, S. 213—229.
- Schostakowitsch, W. B.*, Geschichtete Bodenablagerungen der Seen als Klima-Annalen. Met. Zeitschr. 1936, S. 176—182.
- Schott, C.*, Urlandschaft und Rodung. Z. Ges. f. Erdkunde Bln. 1935, S. 81—101.
- , Die vorgeschichtliche Kulturlandschaft. Z. f. Erdkunde 1939, S. 641—650.
- Schwarz, K.*, Lagen die Siedlungen der linearbandkeramischen Kultur Mitteldeutschlands in waldfreien oder in bewaldeten Landschaften? „Strena praehistorica“, Martin Jahn-Festschrift, Halle 1948, Sep. Abdr. S. 1—28.
- Stocker, O.*, Ungarische Steppenprobleme. Die Naturwissenschaften 1929, S. 189—196, 208—213.
- Stremme, H.*, Die Böden des Deutschen Reiches und der Freien Stadt Danzig. Pet. Mitt. Erg. Heft Nr. 226, Gotha 1936.
- Taliew, W. I.*, Übersicht über die laufende botanische Literatur. Zeitschr. „Estestwosnanie i Geografia“, Bd. VI, Moskau 1901, S. 33—48 (russ.).
- Tanfiliew, G. I.*, Zur Frage der Waldfreiheit der Steppe. Zeitschr. „Estestwosnanie i Geografia“, Bd. VI, Moskau 1901, S. 62—71 (russ.).
- Walter, H.*, Die Vegetation des Europäischen Rußlands. „Deutsche Forscherarbeit in Kolonie und Ausland“, hrsg. v. K. Meyer, H. 9, Bln. 1942.
- , Die Krim. Klima, Vegetation und landwirtschaftliche Erschließung. Bln. 1943.
- Wilhelmy, H.*, Hochbulgarien I. Die ländlichen Siedlungen und die bäuerliche Wirtschaft. Schr. d. Geogr. Inst. d. Univ. Kiel, Bd. IV, Kiel 1935.
- , Das Wald-, Waldsteppen- und Steppenproblem in Südrußland. Geogr. Zeitschrift. 1943 (a), S. 161—188.
- , Die „Pods“ der südrussischen Steppe. Ein Beitrag zur Geographie der abflußlosen Hohlformen. Pet. Geogr. Mitt. 1943 (b), S. 129—141.
- , Methoden der Verdunstungsmessung und der Bestimmung des Trockengrenzwertes am Beispiel der Südukraine. Pet. Geogr. Mitt. 1944, S. 113—123.
- Wulf, E. W.*, Materialien zur Geschichte der Flora der Krim. Komarov-Festschrift d. Sowj. Akad. d. Wiss., Moskau-Leningrad 1939, S. 199—218 (uss.).