

DIE EISZEIT IN SIBIRIEN

E. Thiel

Mit 5 Karten

Inhaltsübersicht

1. Die Vereisung Sibiriens
 2. Die Diluvialgeschichte der sibirischen Pflanzenwelt und die Vereisung
 3. Die Fauna Sibiriens und die Eiszeit
 4. Eisboden, Bodeneis und die Eiszeit
 5. Die klimatischen Verhältnisse in der Eiszeit
- Teil 4 und 5 folgen später.

1. Die Vereisung Sibiriens

Fußend auf älteren Arbeiten, hat die quartäre Forschung in der Sowjetunion in den letzten Jahrzehnten sich sehr intensiv gestaltet. Große Verdienste hat sich hierbei die Quartärgeologische Kommission der Akademie der Wissenschaften der UdSSR erworben, in der einzelne Mitglieder, wie *G. F. Mirtschink*, *S. A. Jakowlew* u. a., zu Weltruf gelangt sind. Nun hat die Natur den russischen Wissenschaftlern auch ein weiträumiges Arbeitsfeld geschaffen, zu ausgedehnt, als daß es in der kurzen Zeit der quartärgeologischen Forschung hätte bewältigt werden können. Der Hauptteil des europäischen Gebietes ist verhältnismäßig gut erforscht, doch der sibirische steht noch weit zurück. Hier sind nur Einzelgebiete einer genaueren Untersuchung unterzogen worden. Immerhin lassen sich aus diesen doch die allgemeinen Umrisse der Vereisung klar erkennen und die vielen Einzelergebnisse zu einem übersichtlichen Bild zusammenfassen.

In der Periode der größten Vereisung reichte die Gesamtausdehnung der geschlossenen Eisdecke vom Südwesten Irlands bis zum Ostende der Taimyr-Halbinsel. Bei einer Ausdehnung von W nach O über nahezu 6000 km bedeckte das Eis eine Gesamtfläche von 9,5 Mill. qkm. Die Gletschermassen flossen aus Eisströmen zusammen, die von verschiedenen Nährgebieten gespeist wurden. Unter den letzteren ist das skandinavische das bekannteste. Ostwärts desselben sind dann noch als Nährzentren zu nennen: Nowaja Semlja, der Nordural, die Taimyr-Halbinsel und das Plateau von Norilsk. Wenn auch die Eismassen in der Zeit der größten Vereisung eine geschlossene Einheit bildeten, so soll, um der Klarheit willen, hier eine Zweiteilung vorgenommen werden, und zwar in eine westliche und eine östliche. Zur ersteren gehört das ganze, gewaltige Gebiet der skandinavischen Vereisung, die als die europäische bezeichnet werden soll, im Gegen-

satz zur östlichen, die von den übrigen Zentren ausging und hier als die sibirische zusammengefaßt wird. Diese Aufgliederung ergibt die beste Möglichkeit für einen Vergleich, da beide Vereisungsgebiete sich in wesentlichen Zügen voneinander unterscheiden, wie später gezeigt werden wird. Die Quartärgeologen der Sowjetunion sprechen hierbei in feiner Unterscheidung vom europäischen Eisschild und der sibirischen Eisbedeckung. Der Grund für diese verschiedene Bezeichnung liegt darin, daß die skandinavische Eismasse eine erhabene, schildförmige Oberfläche hatte, von großer Mächtigkeit war und die Unebenheiten des subglazialen Reliefs überdeckte, während die sibirische Vereisung weniger mächtig war und das subglaziale Relief in seiner Oberfläche widerspiegelte, dieses somit erkennbar hervortreten ließ.

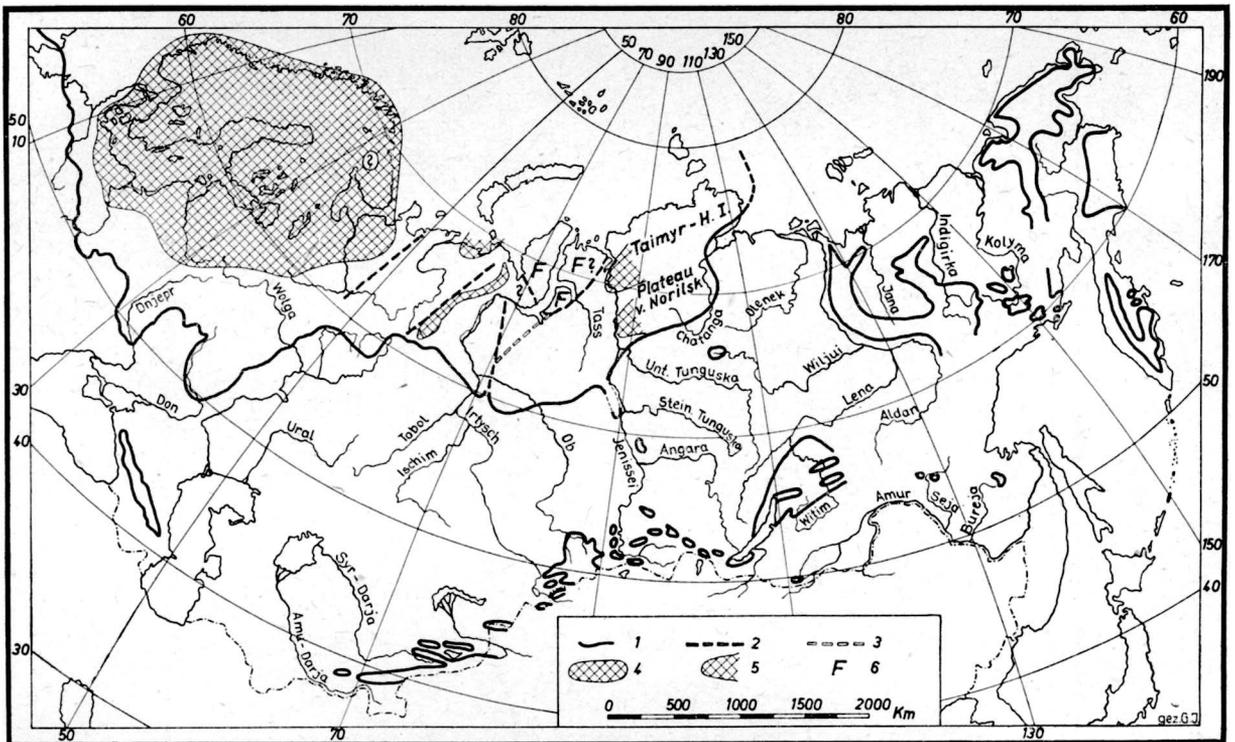
Innerhalb des europäischen Teiles der Sowjetunion ist die Grenze der Maximalvereisung größtenteils festgestellt. Nur im Gebiet der Wjatka und Kama haben neuere Forschungen einige Änderungen ergeben. Klarheit herrscht im allgemeinen auch über die Ausdehnung der jüngsten Vereisung, die jedoch im Raume ostwärts des Weißen Meeres noch nicht zu allgemeiner Zufriedenheit erkannt werden konnte. Über die Grenzen der übrigen Vereisungsperioden gehen jedoch die Meinungen noch mehr oder weniger auseinander. *H. Spreitzer* (1) hat die verschiedenen Ansichten wohl zuletzt am besten dargestellt. Da seine Angaben aber auf Unterlagen aus der Zeit vor 1935 beruhen, so soll eine Kartenskizze nach *Gerassimow* und *Markow* (2), die heute als die führenden Quartärgeologen der Sowjetunion anzusehen sind, diesem Aufsatz beigefügt werden, die jüngeren Datums ist und vor allem die Grenzen der größten und jüngsten Vereisung zeigt. Über die Grenze der größten Vereisung ergibt sich zwischen *S. A. Jakowlew*, dessen Ansicht *Spreitzer* wiedergibt, und *Gerassimow* nur eine Differenz im Raum der Wjatka und Kama, wo die Grenze nach N zurückverlegt werden muß (Karte 1).

Die sibirische Vereisung in der Periode der Maximalvergletscherung.

Die Maximalvereisung, die gewöhnlich mit der norddeutschen Saale und der alpinen Reißvergletscherung synchronisiert wird, erreichte mit der Dnjepr-Zunge bei der Einmündung des

Warsanowjewaja (7) der Ural ostwärts des Ilytsch keine geschlossene Eisbedeckung getragen hat, sondern daß hier in Abhängigkeit vom Relief überwiegend lokale Gletscher vom norwegischen Typ entwickelt waren. Ein zeitlicher Unterschied im Auftreten der Gletscher ist nicht anzunehmen, da das Vordringen der Gletscher von Nowaja Semlja und vom Ural mehr oder weniger gleichzeitig erfolgte. Unzweifelhaft steht jedoch nach den Forschungsergebnissen von Warsanowjewaja fest, daß die Vereisung dieser Gebiete zur vor-

Wytschegda dem Einfall der sibirischen Vereisung (Nowaja Semlja) vorausging und daß darauf erst das Vordringen des europäischen Eisschildes erfolgte. Neuere Forschungen in dem Gebiete der Wytschegda und Petschora sind von Jankowskij und Bojzow unternommen. Die Ergebnisse sind jedoch bisher noch nicht veröffentlicht. In jedem Falle aber steht fest, daß die Gletscher von Nowaja Semlja einmal über den Timan vorgedrungen und den Raum der Wytschegda bis nach Kotlas hin beherrscht haben.



Karte 2: Die Vereisung Sibiriens

(z. T. nach Gerassimow u. Markow)

1 Grenze der Maximalvereisung, 2 Grenzen zwischen den einzelnen Vereisungsgebieten, 3 Mögliche NW-Grenze der Taimyr-Norilsk-Gletscher, wodurch zwischen diesen und den Ural-Gletschern eine von N einschneidende Bucht verblieb, 4 Ausdehnung der letzten Vereisung, 5 Letzte Vereisung, die nur teilweise bekannt ist, 6 Flächen, die von der Vereisung frei geblieben sind.

letzten Periode zu rechnen ist. In der Richtung nach SW haben die Gletscher von Nowaja Semlja den Timan überschritten und sind in das Flußgebiet der Wytschegda eingerückt, wobei sie bis nach Kotlas vordrangen, also bis in die Gegend, wo sich heute Wytschegda und Suchona zur Nördlichen Dwina vereinigen. Hier im Raum der Wytschegda hat man zwei Moränen festgestellt, die durch Ablagerungen mit Meeresfauna getrennt werden. Die untere enthält Geschiebe von Nowaja Semlja, die obere skandinavisches (8). Andererseits wird behauptet, daß die Ablagerungen der borealen Meeressedimente an der

Nach S drangen die gleichen Gletscher bis in das Oberlaufgebiet der Wjatka und Kama vor. Im Ural erreichte die mehr oder weniger geschlossene Eisbedeckung im Quellgebiet der Kolwa etwa $61\frac{1}{2}^{\circ}$ n. Br. Südlich davon gab es nur noch einzelne Gletscher ohne größeren Zusammenhang (Karte 2).

Im Raume zwischen Ural und Irtytsch wurde als die Südgrenze der Maximalvereisung bisher immer der 60. Breitengrad angegeben. Doch ist inzwischen festgestellt worden, daß in den Oberlaufgebieten der Tawda (am Flusse Loswa) und der Tura keine glazialen Bildungen zu finden

sind (9). Erst südlich der Wasserscheide zwischen den Flüssen Konda und Ssoswa treten fluvioglaziale Ablagerungen auf (10). Damit wird also die Grenze der Maximalvereisung hier weiter im Norden zu suchen sein und etwa dem $61\frac{1}{2}^{\circ}$ n. Br. entsprechen. Den Irtytsch überquert die Grenze nördlich der Einmündung des kleinen Flusses Demjanka, dessen Einzugsbereich noch frei von Moränenbildungen ist (11), während sich nördlich davon dicht vor der Einmündung des Irtytsch in den Ob die berühmten Moränen von Samarowo ausbreiten. Ostwärts des Irtytsch wendet sich die Grenze der sibirischen Maximalvereisung über den 60. Breitengrad nach S. Hier liegt im Gebiet der linken Ob-Nebenflüsse Ssalym und Bolschoj Jugan der südlichste Punkt der westsibirischen Vereisung. Die Untersuchungen der Geschiebe in den Moränen von Samarowo haben ergeben, daß diese einwandfrei zur Ural-Vereisung gehören. Doch die nicht weniger bekannten Moränen von Surgut, etwa 250 km ostwärts von Samarowo auf dem rechten Ufer des Ob gelegen, enthalten schon sibirischen Trapp und anderes Gestein, das vom Norilsker Plateau und von der Taimyr-Halbinsel stammt (12, 13). So müssen die Gletscherströme des Ural und die aus dem Nordosten (Norilsker Plateau und Taimyr-Halbinsel) irgendwo zwischen Samarowo und Surgut aufeinandergestoßen sein, wenn nicht die gut ausgebildeten Endmoränen von Samarowo sogar selbst die äußerste Randlage der Ural-Gletscher darstellen. Ohne Zweifel bestand eine geschlossene Eisdecke in Breitenrichtung quer durch die Westsibirische Tiefebene. Das bezeugen die ausgedehnten Ablagerungen des südlich des Gletscherrandes aufgestauten Schmelzwassers. *Urwanzew* (14) nimmt als Scheidelinie zwischen den beiden Gletscherströmen weiter im Norden etwa den Tass-Meridian an. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, daß die Gletscher nur im Süden sich zu einer geschlossenen Decke vereinigten, während mehr nach Norden vom Ob die Eismassen überhaupt nicht zusammenflossen, daß sich hier eine Lücke fand. *Dementjew* (15) hält eine von Norden zwischen die Gletschermassen hineinragende Bucht sogar als sicher. Im allgemeinen werden die Ural-Gletscher den nach N fließenden Unterlauf des Ob wohl erreicht, doch kaum in bedeutendem Maße überschritten haben. Hieraus ergibt sich die auffallende Erscheinung einer überaus einseitigen Ausbildung der Ural-Vergletscherung, die nach W gerade noch oder kaum den Gebirgsfuß überschritt, während sie nach O in die Westsibirische Tiefebene sich über mehr als 500 km (Richtung nach Samarowo) erstreckte. Die größere Stärke der Gletscher von Nowaja Semlja, die eine Entwicklung der Ural-Gletscher nach W behinderte, und der Steilabfall

des Uralgebirges nach O zur Westsibirischen Tiefebene mögen zu dieser einseitigen Ausbildung beigetragen haben, doch müssen hier noch weitere Faktoren mitgewirkt haben, über die man sich noch im unklaren ist.

Von ihrem südlichsten Punkt im Flußgebiet des Bolschoj Jugan inmitten der Westsibirischen Tiefebene wendet sich die Grenze der Maximalvereisung nach NO und überschreitet den Ob unterhalb der Einmündung des rechten Nebenflusses Wach, auf dessen nördlicher Seite in einer Entfernung von 30—40 km, z. B. am Sabun und anderen Zuflüssen, Moränen liegen (2). Doch zahlreiche Forscher, insbesondere *Dementjew* (16) und *Gromow* (13), verlegen die Grenze südlicher auf die Wasserscheide zwischen Wach und Tym. Im Hauptlauf des letzteren fehlen Moränen, doch finden sie sich am Oberlauf ein. Östlich davon, im Einzugsbereich des Ssym, der schon zum Jenissej fließt, gibt es hinwiederum keine Moränen (17). In jedem Fall ist hier ein Zurückweichen der Grenze nach N festzustellen. Am Jenissej selbst muß eine Gletscherzunge hinwiederum weiter nach S vorgestoßen sein, wo man unter $61\frac{1}{2}^{\circ}$ n. Br. Gestein festgestellt hat, das von Norden stammt, wenn man nicht ein Rückfließen des Jenissej nach S und Transport des Gesteins mit Hilfe schwimmenden Eises annehmen will. Etwa 125 km nördlich der Einmündung der Steinigen Tunguska überschreitet die Grenze der Maximalvereisung den Jenissej und verläuft von dort in fast genau nordöstlicher Richtung zum Mittellauf der Chatanga.

Die beiden Zentren der östlichen Vereisung lagen auf dem Norilsker Plateau und dem Byrranga-Rücken der Taimyr-Halbinsel. Die Eismassen füllten aber auch die Nordsibirische Senke zwischen beiden aus (14), so daß man das ganze Nährzentrum als eine Einheit ansehen kann. Nach N erstreckte sich die geschlossene Eisdecke über die Tscheljuskin-Halbinsel (18) und umfaßte auch die Nordland-Inseln (Sewernaja Semlja) (19). Während so die Ausbreitung der Gletscher nach N und nach SW (Surgut) über Hunderte von Kilometern ging, war sie merkwürdigerweise nach O außerordentlich gering, denn die Eismassen erreichten hier nicht einmal die Niederungen der Chatanga und die Chatanga-Bucht. Nur der in meridionaler Richtung fließende Mittellauf der Chatanga wurde von den Gletschern erreicht und überschritten, wo man am mittleren Teil des Nebenflusses Popigaja auf Moränen gestoßen ist (20). Östlich davon sind entlang der Chatanga nur fluvioglaziale Bildungen verbreitet.

In N des Gesamttraumes der sibirischen Vereisung findet sich in der Eisbedeckung des Festlandes eine ausgedehnte Lücke. Schon ältere For-

schungen besagen, daß die Jamal-Halbinsel frei von Vergletscherungsspuren sei, was durch eine kritische Überprüfung (11) seither bestätigt wurde. Das gleiche betrifft aber auch den Norden der Westsibirischen Tiefebene. Auf der Namenlosen Halbinsel, zwischen Ob- und Tass-Busen gelegen, gibt es keine glazialen Ablagerungen. Wo solche als Gletscherbildungen beschrieben worden sind, haben sie sich als anderer Herkunft erwiesen (21). Die Gydan-Halbinsel ist im Hauptteil noch sehr wenig untersucht, doch lassen alle vorliegenden Beschreibungen den Schluß zu, daß auch sie keine Eisdecke getragen hat (22). Am Unterlauf des Jenissej entblößten sich jedoch in zahlreichen Aufschlüssen Geschiebe, die als Moränen angesehen werden (22). So ist das Gebiet des gegenwärtigen Laufes des Jenissej unterhalb des 61^{1/2} Breitengrades von Eiszungen oder Eismassen bedeckt gewesen, die sich von der Taimyr-Halbinsel bzw. dem Norilsker Plateau nach SW bewegten. Der Nordwestrand dieser Eisdecke mag etwa von der Jenissej-Mündung, über die er nach NW hinausragte, nach SW zur Ob-Mündung verlaufen sein.

Die Gesamtfläche der sibirischen Eisbedeckung (Nowaja Semlja, Ural, Taimyr-Halbinsel, Norilsker Plateau) in ihrer Maximalausdehnung wird von *Gerassimow* (2) auf 4 Mill. qkm geschätzt. Davon lag der Hauptteil mit etwa 75 %, also rund 3 Mill. qkm, ostwärts des Urals. Für die Ausdehnung der Ural-Vergletscherung selbst hat *Aleschkow* (23) 800 000 qkm errechnet.

Die letzte sibirische Vereisung

Während im Raum der europäischen Vereisung die Ergebnisse der Forschung zu der feststehenden Tatsache von vier Eiszeitperioden geführt haben, ist es im Gebiet der sibirischen Vereisung bisher nur gelungen, den Nachweis für zwei Vereisungsperioden zu bringen, und zwar für die maximale und die letzte Eiszeit. Eine wesentliche Rolle, die zu dieser Erkenntnis führte, kommt hierbei der sogenannten borealen Transgression zu.

Sie wurde zuerst von *Tschernyschew* entdeckt, der sie für postglazial hielt. Doch haben spätere genaue Forschungen, besonders im Gebiet der Nördlichen Dwina gezeigt, daß ihre Ablagerungen zwischen einer älteren und jüngeren Moräne liegen, so daß man sie in das letzte Interglazial verlegte. Ursprünglich nahm man eine flächenhaft außerordentlich weite Überflutung an, die vom Onegasee bis zum Ural gereicht haben soll. Doch haben neuere Forschungen nachgewiesen, daß die Ausdehnung des borealen Meeres sich auf die Küstenebenen beschränkte und ein weiteres Eindringen in das Land nur in den breiten Ästuaren und entlang den Flußtälern erfolgte. Ausmaß und

Form dieser Buchten im europäischen Norden haben eine merkwürdige Ähnlichkeit mit dem gegenwärtigen Ob-Busen (siehe Karte 2). Das Vordringen des borealen Meeres trägt darum nach der heutigen Ansicht sowjetrussischer Wissenschaftler mehr den Charakter einer Ingression. Unzweifelhaft haben Krustenbewegungen bei dieser Überflutung eine Rolle gespielt. Bei Archangelsk hat sich die Sohle der Quartärablagerungen bis zu 71 m unter das heutige Meeresniveau gesenkt (nach *Fillipowitsch*, zitiert von *Gerassimow* 2/S. 137). Auf dem Rücken des Pai-Choë liegen boreale Sedimente bis zu einer Meereshöhe von 220 m (27). Daneben wird aber auch von zahlreichen Forschern eine durch das Abschmelzen der Gletscher verursachte eustatische Erhöhung des Meeresniveaus angenommen.

Im Gebiete der sibirischen Vereisung hat das boreale Meer ostwärts des Timan den ganzen Küstenstreifen bedeckt. Boreale Ablagerungen finden sich auf älteren Moränen sowohl in der Bolschesemelskaja als auch in der Malosemelskaja Tundra. An der unteren Petschora werden sie von jüngeren Moränen überlagert. Auch in der nordöstlichen Ecke der Bolschesemelskaja Tundra sind boreale Meeresablagerungen zwischen zwei Moränen festgestellt (28), und zwar in den Einzugsgebieten der Flüsse Korotaichi und Mori-ju. Am Mittellauf der Petschora unterhalb der Schtschugor-Mündung werden beide Moränen durch fluvioglaziale Ablagerungen geschieden (29). So hat der äußerste Nordosten des europäischen Teiles der Sowjetunion zwei Eiszeiten erlebt. Eine Begrenzung ist jedoch kaum möglich. Als Herkunftsland dieser Gletscher wird Nowaja Semlja angenommen. Doch ist der Nachweis hierfür schwer zu führen, da die jungen Moränen zum großen Teil aus verlagerten borealen Ablagerungen bestehen und so ein eigenartiges Geschiebe darstellen, in dem auch Meeresfauna auftritt. Die sowjetrussischen Forscher haben dieser besonderen Art der eiszeitlichen Bildungen den Namen „Meeresmoränen“ gegeben, denen *Kulik* eine besondere Arbeit gewidmet hat (24). Moränen gleicher Art, die von *Urwanzew* beschrieben worden sind, finden sich auch im O der Taimyr-Halbinsel (14).

Die Vereisung des Ural war in der letzten Eiszeit unbedeutend und beschränkte sich im wesentlichen auf das Gebirge selbst. Nur nach O drangen die Gletscher über den Gebirgsfluß hinaus und bildeten hier bis zu einer Entfernung von 30 km eine Art Vorgebirgsvereisung. *Fedorow* (25) hat einzelne dieser äußersten Endmoränen der letzten Vereisung beschrieben.

Auch in den Norden der Westsibirischen Tiefebene drang nach dem Rückzug der Gletscher der Maximalvereisung das boreale Meer. Doch ist

auch hier seine Ausdehnung nicht so groß gewesen, als man früher annahm. Wohl bedeckte es die ganze Jamal-Halbinsel, ebenso die Namenlose Halbinsel und Teile der Gydan-Halbinsel, doch zu beiden Seiten des Ob erreichte die Überflutung nur den 67. Breitengrad (30). Am Jenissej sind die südlichsten borealen Ablagerungen bei dem Orte Malyje Ludy, etwa auf $67\frac{1}{2}^{\circ}$ nördl. Br. gelegen, gefunden worden. Hier sind diese, wenn man den alten Beschreibungen von Lopatin (22) folgen will, teilweise von jungen Moränen überdeckt. Auf der Taimyr-Halbinsel sind sowohl im O als auch im N bis zum Kap Tscheljuskin hinauf zwei Moränen festgestellt worden, die durch Meeresablagerungen getrennt sind. Auch vom Norilsker Plateau liegen Nachrichten über zwei übereinander lagernde Moränen vor (2). So ist es nicht zweifelhaft, daß die letzte Vereisung in beiden Räumen ein Zentrum gefunden hat, jedoch in weit geringerem Ausmaß als bei der Maximalvereisung. Vom Byrranga-Rücken der Taimyr-Halbinsel stiegen die Gletscher 50—100 km, mit einzelnen Zungen auch 150 km in die Umgebung hinab. Die Länge der Gletscher vom Norilsker Plateau war noch geringer und betrug höchstens 50—80 km (14). Nach W erreichten die Gletscher kaum den Jenissej oder überschritten ihn nur in sehr geringem Ausmaß. Die große Weite der Westsibirischen Tiefenebene blieb frei von jeder Vereisung.

Der noch ungenügende Stand der Erforschung der Gebiete der westsibirischen Vereisung lassen eine genauere Begrenzung der letzten Vereisung nicht zu. Doch genügen vorstehende Angaben zu einem allgemeinen Vergleich zwischen der europäischen und der sibirischen Vereisung.

Die Gesamtfläche des europäischen Eisschildes während der letzten Vereisung erreichte nach A. Penck (26) 3,3 Mill. qkm, d. h. sie betrug rd. 60 % der Fläche der Maximalvereisung. Weit größer ist der Unterschied im Raume der sibirischen Vereisung. Über die Gletscherausbreitung von Nowaja Semlja läßt sich nichts sagen, da hierfür Unterlagen fehlen. Die Ural-Vergletscherung, für die, wie schon angeführt wurde, Aleschkow (23) eine Gesamtausdehnung in der Zeit der Maximalausdehnung von 800 000 qkm errechnet hat, zerfiel in der letzten Vereisung in zahlreiche Lokalvereisungen, die zusammengefaßt höchstens ein Zehntel der Maximalausdehnung ausmachen. Noch schärfer erscheint der Gegensatz bei der von der Taimyr-Halbinsel ausgehenden Vereisung. Während der Periode der Maximalvereisung erreichten die Gletschermassen eine Erstreckung von rund 1500 km (Byrranga-Surgut), in der letzten Eiszeit hatten sie, und auch nur in der Form von Zungen, im allgemeinen eine Länge von 100 bis höchstens 150 km.

Die Mächtigkeit der Eisdecke

Innerhalb der europäischen Vereisung deckte sich der Kulminationspunkt der Eismassen nicht mit der Wasserscheide der skandinavischen Gebirge. Die Eisscheide lag etwa 150 km weiter östlich, fast über dem Westufer des Bottnischen Meerbusens. Der gewaltige Eisschild überdeckte sowohl Skandinavien als auch die Halbinsel Kola, und erst im späteren Stadium des Rückzuges löste er sich in zwei Zentren auf: Skandinavien und Kola.

Die Lage des zentralen Teiles des europäischen Eisschildes war also nicht direkt abhängig vom Relief und zeichnete sich im Hauptstadium der Entfaltung durch ein einziges Zentrum aus. Im Gegensatz hierzu ist die sibirische Vereisung durch eine Mehrzahl von Vereisungszentren (Nowaja Semlja, Nordural, Taimyr-Halbinsel, Norilsker Plateau) und durch die unmittelbare Abhängigkeit der letzteren vom Relief charakterisiert, denn alle diese lagen auf bestimmten Erhebungen, von denen sie ihre Gletschermassen in die niedriger gelegenen Gebiete entsandten.

Die Oberfläche des zentralen Teiles des europäischen Eisschildes muß nach bisheriger Anschauung in einer absoluten Höhe von mindestens 2000 m gelegen haben. Neuere Forschungen schätzen sie sogar auf 3000—3500 m (Tanner, Antevs). In dieser Beziehung stand die sibirische Vereisung der europäischen weit nach. Die Oberfläche der Eisbedeckung im nördlichen Ural lag in einer absoluten Höhe von nur 1000—1100 m (Berg Raj-Is 1353 m im polaren Ural). Der Berg Narodnaja (1885 m) und verschiedene andere Berge des Nordural sind nie vom Eis bedeckt gewesen und haben stets als Nunataker aus dem Eis herausgeschaut. Aleschkow (23) hat dieses besonders an dem 1648 m hohen Berg Sablja gezeigt. Die Mächtigkeit der Ural-Eisdecke erreichte im Gegensatz zur europäischen Vereisung von mindestens 2000 m nur eine solche von 600 bis 800 m. Die Mächtigkeit der Eisdecke auf der Taimyr-Halbinsel und dem Norilsker Plateau ist für die Maximalvereisung nicht anzugeben. In der letzten Vereisung betrug sie nach Urwanzew (14) für den Byrranga-Rücken 400—500 m und für das Norilsker Plateau 350—400 m.

Mittel- und Ostsibirien während der Eiszeit.

Die Frage des Ausmaßes und der Art der Vereisung in Mittel- und Ostsibirien zu beantworten, ist weit schwieriger und komplizierter als in den bisher behandelten Gebieten. Die Spuren sind sehr verschiedenartig, und es ist nicht immer möglich, die Züge der Vereisung allein nach der Akkumulations- und Erosionsarbeit des Eises festzustellen. Es muß mit in Betracht gezogen wer-

den, daß vielfach hier noch Erscheinungen hinzutreten oder zusammenfallen, die im Gebiet der europäischen Vereisung gewöhnlich nicht vorhanden sind, wie fossiles Eis, Eisboden, Aufeisbildungen usw., die das ganze Bild wesentlich komplizieren und die Lösung erschweren. Hieraus erklärt sich auch oft der Widerstreit der Meinungen. Erst das Studium aller dieser Merkmale in ihrem Zusammenhang und in ihren Auswirkungen kann die wahren Züge der eigentümlichen Vereisung Mittel- und Ostsibiriens ergeben.

Die Ansichten über den Charakter der Vereisung Mittel- und Ostsibiriens sind nicht immer die gleichen gewesen. Um die Jahrhundertwende herrschte die Meinung (*Wojeikow*, *Tscherskij*) vor, daß Sibirien infolge seines kontinentalen Klimas keine bedeutende Vereisung erlebt haben kann. Dem widersprachen Forscher wie *W. A. Obrutschew* u. *N. N. Urwanzew* (31), die den Gedanken einer geschlossenen Eisbedeckung Sibiriens in Form einer ausgedehnten Inlandsvereisung vertreten. Durch seine Veröffentlichungen in deutscher Sprache sind die Ansichten *Obrutschews* wohl am meisten in Deutschland bekannt geworden. Die Mehrzahl der Forscher aber, darunter bekannte Namen wie *Grigorjew*, *Edelstein*, *Saks* u. a., blieben dabei, eine geschlossene Vereisung Mittel- und Ostsibiriens abzulehnen, und führten den Nachweis, daß die Verhältnisse der Vereisung hier einen ganz anderen Charakter haben, so daß sie mit der quartären Vereisung in Europa und Westsibirien gar nicht verglichen werden können.

Fast alle Gebirge Nordost-Sibiriens tragen klare Zeichen einer alten Vereisung, ebenso eine Reihe von Gebirgen um und ostwärts des Baikalsees. Zahlreiche Forscher haben in den Gebirgsgebenden unwiderlegbare Beweise einer alten Vereisung festgestellt. Anders sind die Verhältnisse auf den Plateaus und in den Niederungen. Sie zeichnen sich zumeist durch das Fehlen aller Spuren einer ehemaligen Vereisung aus. So ergibt sich im allgemeinen ein Gegensatz zwischen den Gebirgen und den horizontalen Flächen der Plateaus und Niederungen.

Die weite Mittelsibirische Plattform mit ihren typischen tafelbergartigen Erhebungen, den mit überreichem Eluvialschutt bedeckten Denudationsstufen der Abhänge und den besonders im W tief eingeschnittenen, von zahlreichen Terrassen begleiteten Tälern hat manchmal zu der Annahme einer alten Vereisung verleitet. Abgesehen vom NW (Sibirische Vereisung mit ihren östlichsten Moränen auf der Ostseite der Chatanga) sind Spuren einer alten Vereisung im ganzen weiten Raum der Mittelsibirischen Plattform äußerst selten, ja fehlen im größten Teil überhaupt. Das Unterlaufgebiet der Unteren Tunguska ist nach

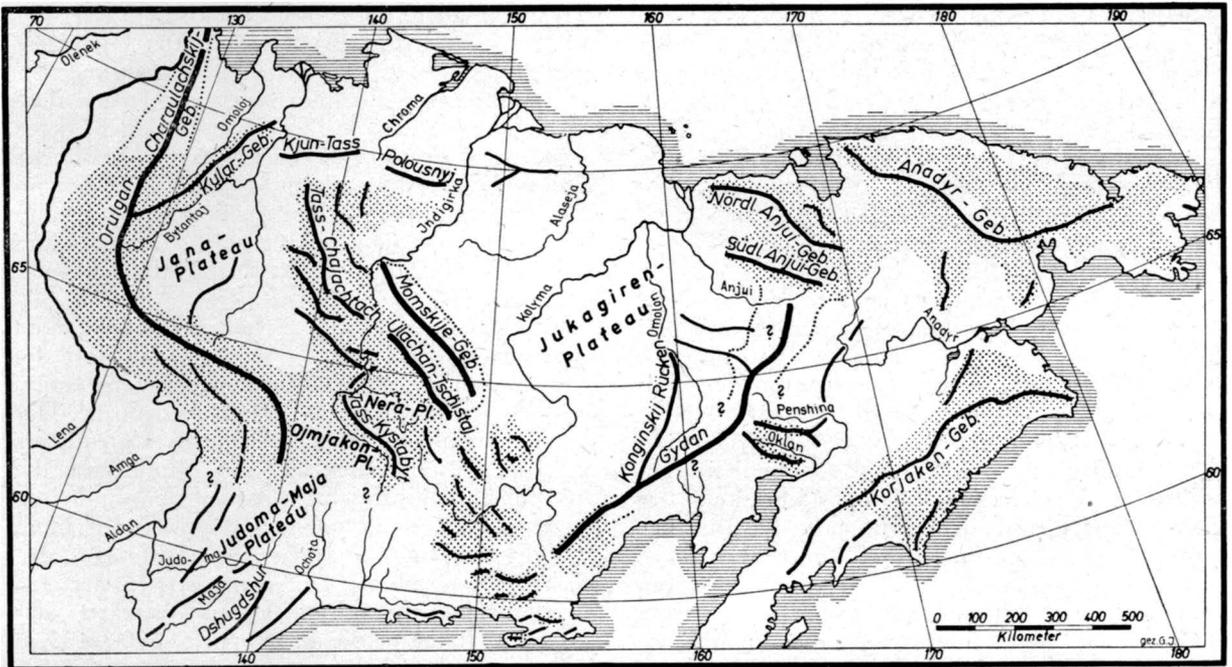
den Forschungsergebnissen von *Kuschew* (32) frei von Vereisungsspuren. Ostwärts der Chatanga, in den Flußgebieten des Anabar und Olenek und bis zur Lena hin, ist *Sotschawa*, der das ganze Gebiet 1933 von O nach W durchzog, nicht ein einziges Mal auf glaziale Erscheinungen gestoßen (33). Baron *Toll* behauptete, 1894 an der Mündung des Anabar etwa unter dem 73. Breitengrad Moränen gefunden zu haben. Doch sogar diese in dem weiten Gebiet vereinzelt feststellung wird von *Tolmatschew* (34) bestritten. Selbst die äußersten Randgebirge des Mittelsibirischen Plateaus im Nordwesten, das Prontschischschewa Gebirge (Chrebet Prontschischschewa, 270 m hoch, zwischen Anabar und Olenek-Mündung) und das Tschekanowskij Gebirge (Chrebet Tschekanowskogo, 500 m hoch, zwischen Olenek-Unterlauf und Lena), offenbaren keinerlei Anzeichen einer ehemaligen Vereisung.

Im östlichen, niedrig gelegenen Teil Mittelsibiriens, im Becken des Wiljuj, haben weder *Grigorjew* (35) noch *Blagowidow* (36) irgendwelche Merkmale einer ehemaligen Vereisung feststellen können. Den Südosten, zwischen Lena und Wiljuj, hat *Bobin* (37) durchforscht (Lenauf beim Dorfe Muchtuja, das Flußgebiet der Njuja, das Mittellaufgebiet des Wiljuj und das seines linken Nebenflusses Ygyatta) und auch dieses Gebiet frei von Vereisungsspuren gefunden. Nur im zentralen Teil der Mittelsibirischen Plattform hat *Ditmar* (38) im Oberlaufgebiet des Wiljuj bei dem See Sjuranda (auf manchen russischen Karten auch als Osero Sjurjungil bezeichnet), dem das kleine Flüßchen Sjanj zum Wiljuj entfließt, hügelige Moränen entdeckt. Der See selbst ist durch Moränenstau entstanden. *Ditmar* schließt hieraus auf eine ausgedehnte Vereisung des ganzen Gebietes, was jedoch nicht recht glaubhaft erscheint, da er selbst in der gleichen Arbeit später erklärt, daß sich einzelne Gletscher in die Flußtäler des Sjanj und Wiljuj hinabgelassen haben. Der von *Ditmar* genannte See liegt in einer Höhe von 800 m, und die Möglichkeit, daß hier einst Gletscher vorhanden waren, kann nach den Angaben *Ditmars* niemand bestreiten, jedoch werden es lokale Bildungen gewesen sein. Das gleiche betrifft auch die von *Moltschanow* (39) im Jenissej-Bergland, also am Südwestrand des Mittelsibirischen Plateaus, festgestellten Moränen mit dem Stausee Nerik. *Gerassimow* bezweifelt im übrigen die Ergebnisse *Moltschanows* (2/22). Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Mittelsibirische Plattform keine geschlossene Eisdecke, höchstens örtliche Vergletscherungen von geringer Mächtigkeit getragen hat. Die oft angeführten karartigen Wannen auf den Oberflächen der tafelartigen Erhebungen sind als Nachweis einer ausgedehnten Deckenvereisung

nicht zu werten, da derartige Oberflächenformen sich auch als Folge des Ewigen Eisbodens bilden. Ebenso sind auf dem Aldan-Plateau keine Spuren einer ehemaligen Vereisung entdeckt worden (40).

Der Nordosten Sibiriens besitzt mit seinen langen Gebirgsrücken, ausgedehnten Hochflächen und weiten eingelagerten Ebenen ein sehr abwechslungsreiches Relief. Dementsprechend zeigt auch das eiszeitliche Landschaftsbild eine sehr unterschiedliche Gestaltung, für die allerdings wegen der noch sehr ungenauen Untersuchung

heit. Es besitzt untrügbare Zeichen einer ausgedehnten Talvereisung (43). Die Gletscher stiegen aus den Tälern nach W hinaus, wo sie sich zu einer Vorlandvereisung zusammenschlossen und fast die Linie der heutigen Lena erreichten. Nach O drangen sie bis zum Bytantaj vor, einem linken Nebenfluß der Jana (20). Das auf der linken Seite des Bytantaj vom Orulgan nach Nordosten zur unteren Jana abstrebende Kular-Gebirge hat nach Saks (20) ebenfalls der Vereisung unterlegen. Das eigentliche Werchojansker Gebirge, das im Quellgebiet des Bytantaj be-



Karte 3: Die Vereisung in Nordost-Sibirien

Die punktierten Flächen geben einen Überblick über die vereisten Gebiete. Da es sich zum größten Teil um eine Vergletscherung alpinen Types handelt, erscheinen die Flächen unverhältnismäßig groß. Über die von Punktlinien umrandeten Gebirge herrscht noch Unklarheit.

nur von Einzelgebieten genauere Angaben gemacht werden können. Im übrigen muß man sich mit einem allgemeinen, übersichtlichen Bild zufrieden geben (Karte 3).

Der Werchojansker Gebirgsbogen beginnt im äußersten Norden mit den 1200—1300 m hohen Charaulachskij Bergen (Charaulachskije Gory), die mit ihren Ausläufern bis in das Lena-Delta vorstoßen. Ob diese Berge eine Vereisung erlebt haben oder nicht, ist noch nicht allgemeingültig geklärt. Einige Forscher, wie Parchomenko (41) und Saks (20), bejahen diese Frage, andere, wie Romanow (42) und Wollossowitsch verneinen sie, obgleich die Berge auch heute noch Gletscher tragen. Über das südlich anschließende Orulgan-Gebirge (bis 2000 m hoch) herrscht schon Klar-

heit, trägt im W Höhen bis zu 2000 m und steigt nach SO bis zu 2500 m an. Es hat eine ähnliche Vereisung erlebt wie das Orulgan-Gebirge. Auch hier überwog die Talvergletscherung, doch war sie mächtiger und ausgedehnter als im letzteren. Die Gletscher traten nach SW und S hinaus und schoben sich als geschlossene Vorlandvereisung bis zur Lena und zum Aldan hin. Ihr äußerster Rand entfernte sich bis zu 200 km vom Gebirgsfuß und stieg bis zu einer absoluten Höhe von 200 m hinab (40,44). Zur Zeit ihrer größten Ausdehnung erreichten sie den Ochotsker Trakt am Übergang über den Aldan. Spuren einer alten Vereisung sind nach Saks (20) auch im Dshugdshur gefunden worden, der sich entlang der Küste des Ochotskischen Meeres erstreckt. Doch liegen hier-

über keine genauen Angaben über Ausdehnung und Art der Vereisung vor.

Die Ausdehnung der Werchojansker Gletscher nach Norden ist noch zu ungleichmäßig untersucht, als daß endgültige Schlüsse gezogen werden können. Auf der Jana-Hochfläche (Janskoje Ploskogorje) hat *Chmysnikow* (45) keine Moränen gefunden. Besser bekannt ist der südöstliche Teil, das Oberlaufgebiet der Indigirka. Hier liegen zwischen dem Werchojansker Gebirge und den Ketten des Tscherskij Gebirges zwei Hochflächen, das Ojmjakon-Plateau (Quellgebiet der Indigirka) im Süden und das Nera-Plateau (Nerskoje Plateau, entwässert von der Nera zur Indigirka) im Norden, die beide durch das Gebirge Tass-Kystabyt voneinander getrennt werden. Das Tscherskij-Gebirge, das abgesehen von Kamtschatka die höchsten Erhebungen Nordost-Sibiriens besitzt (Berg Tschan 3114 m), trug eine mächtige Eisdecke, die nach *S. W. Obrutschew* (44) den Charakter einer Inlandvereisung hatte. Die Gletschermassen überfluteten das Nera-Plateau (abs. Höhe 1000—1200 m), das Gebirge Tass-Kystabyt, das außerdem durch eigene Gletscherbildung zur Erhöhung der Gesamtmasse des Eises beitrug, und das Ojmjakon-Plateau (abs. Höhe 1500 m). Hier trafen sie sich mit den vom Werchojansker Gebirge nach N abfließenden Gletschern. Das ganze Gebiet zwischen den beiden Hauptgebirgszügen besaß somit eine geschlossene Eisbedeckung. Die Mächtigkeit der Gletschermasse auf dem Ojmjakon-Plateau betrug nach *S. W. Obrutschew* 400 m (44).

Eigenartigerweise hat sich die doch recht bedeutende Vergletscherung des Tscherskij-Gebirges nach N nur gering entwickelt; die dorthin abströmenden Eismassen erreichten nicht einmal das parallel verlaufende Momskije Gebirge (durch das Flußtal der Moma vom Tscherskij-Gebirge getrennt). Das letztere, das mit seinen höchsten Erhebungen mehr als 2000 m aufragt, soll nach der Meinung einiger Forscher nicht mehr vereist gewesen sein, was wiederum von anderen bestritten wird. So bleibt die Frage nach der Vereisung des Momskije-Gebirges noch unbeantwortet. Das Tscherskij-Gebirge trägt auch heute noch Gletscher, deren Ausdehnung jedoch bis jetzt noch nicht festgestellt werden konnte. Weiter nördlich zwischen Jana und Indigirka ist die Vereisung des Gebirges Tass Chajachtach noch bekannt, von dem Gletscher bis zur Indigirka (etwa 68° n. Br.) vordrangen. Der äußerste Norden jedoch — das Gebirge Polousnyj — soll nach den neuesten Nachrichten trotz seiner Höhe bis zu 1200 m nicht mehr vereist gewesen sein (20).

Im Oberlaufgebiet der Kolyma zeigen die dortigen Gebirgszüge zahlreiche und deutliche glaziale Spuren (Geb. Garmytschan, Arga Tass

u. a.), die jedoch nie unter 500 m Meereshöhe liegen, so daß man für diese Gebiete nur eine mehr örtliche Vereisung annimmt. Auch das sich im N anschließende Kolyma-Plateau besaß nur einzelne lokale Vereisungszentren, die nur eine geringe Ausdehnung hatten. Nähere Angaben über diese Gegenden liegen nicht vor.

Zwischen dem oberen Einzugsgebiet der Kolyma und der Küste des Ochotskischen Meeres und auch im südlichen Teil des Gydan-Gebirges (oft auch als Kolyma-Gebirge benannt) war die Vergletscherung wiederum größer und erreichte hier die geschlossenen Formen einer Eisdecke. Das betraf vor allem die zum Ochotskischen Meer geneigten Hänge, die von ausgedehnten Gletschermassen überlagert waren, die zur Zeit ihrer größten Ausbreitung den norwegischen Typus darstellten. Von den Höhen des Gydan-Rückens (2000 m) stießen die Gletscher bis zur Küste des Ochotskischen Meeres hinab (44,20). Für den im Inneren des Landes gelegenen nördlichen Gydan wird volle Vereisung angenommen, die sich dann weiterhin bis zur Tschuktschen-Halbinsel fortsetzte.

Im Gegensatz zu den verhältnismäßig starken Vereisungen der Gebirge waren die innerhalb des Werchojansker und Gydan-Gebirgsbogens eingelagerten Ebenen frei von jeder Eisbedeckung. Das betrifft sowohl die höher gelegenen Plateaus als auch die Küstenebenen und das Hinterland, die aus morphologisch sehr verschiedenen Einheiten bestehen: die Niederung des Omoloj, der Jana, Indigirka und Kolyma, das Alaseja-Plateau (abs. Höhe 200—700 m) auf der Ostseite der Indigirka, das Jukagiren-Plateau ostwärts der Kolyma (Jukagirskoje Ploskogorje, 300—400 m hoch mit örtl. Erhebungen von 1000—1200 m). Innerhalb dieser Gebiete haben ältere (*Wollossowitsch*) als auch neuere Forschungen, wie die von *S. W. Obrutschew* (44) und *Wakar* (46), keinerlei Vereisungsspuren entdeckt. Nur *Wollossowitsch* fand im Flußtal des Omolon, eines rechten Nebenflusses der Kolyma, Sande, die er als fluvioglazial deutete, und Geschiebe, das aber auch durch Flußeis hierher transportiert sein kann. Die geringen Funde lassen diese Möglichkeit durchaus zu.

Das Gebiet zwischen der unteren Kolyma und der Tschuktschen-Halbinsel wird nach bisheriger Kenntnis als voll vereist angesehen. Der Nachweis hierfür liegt in den zahlreichen Berichten vor. Doch ist man sich über den Charakter der Vereisung nicht im klaren. *S. W. Obrutschew* (47) ist der Meinung, daß die Eisdecke nicht überall geschlossen war. Hauptträger der Vereisung waren im W das nördliche Anjuj-Gebirge, im Hauptteil das Anadyr-Gebirge und im O die Rücken der Tschuktschen-Halbinsel. Die Grenzen

des gesamten Vereisungsgebietes sind noch nicht im einzelnen festgelegt. Doch liegen zahlreiche Berichte vor, daß die Gletscher sich örtlich bis zur Küste erstreckten, so z. B. an der Tschaubucht im N und beim Kap Tschaplin und in der Bucht Prowidenija im O. Nach S in der Richtung zur Anadyr-Senke überschritten sie nur in geringem Maß den Fuß der Berge. Vom nördlichen Anjuj-Gebirge setzte sich die Vereisungszone nach S zum Gydan-Gebirge fort, jedoch fehlen Angaben über eine Begrenzung in dieser Richtung. Wie Saks (20) mitteilt, sind neuere Forschungen im Raume dieses Glazialgebietes und auch auf der Tschuktschen-Halbinsel durchgeführt, aber noch nicht veröffentlicht.

Fast ebenso ausgedehnt und geschlossen wie im N war die Vereisung der Korjaken-Halbinsel. Die Eismassen nahmen ihren Ausgang von dem 1300—2200 m hohen Korjaken-Gebirge und strömten von hier in breiter Front dem Meere zu, wobei sie nicht nur die sanft nach SO geneigte Abdachung überdeckten, sondern mit Teilen sogar die Küstenlinie erreichten. Im Gegensatz zu dieser Richtung war der Eisabfluß nach NW zu den Niederungen des Anadyr und der Penschina gering.

Abgesehen von dem äußersten Nord- und Südrand, ist die Anadyr-Niederung selbst frei von allen Spuren einer Vereisung, wie Polewoj (48), Soszawa (49) und S. W. Obrutschew (47) festgestellt haben. Auch im westlichen Hinterland zwischen dem Oberlauf des Anadyr und der Penschina sind glaziale Spuren sehr selten. Sie zeigen sich hier nur örtlich in den Gebirgrücken, und zwar erst ab einer Höhe von mehr als 1000 m. Auch das Übergangsgebiet von der Anadyr-Niederung zur Penschina-Bucht hat keine Vereisung erlebt. Doch haben die nördlich der letzteren gelegenen Gebirge (Kamennyj und Itschigemskij Geb.) Gletscher beherbergt, wie glaziale Ablagerungen am Oklan, einem rechten Nebenfluß der Penschina, es beweisen. Einzelne Gletscher sind sogar bis zur Penschina selbst vorgedrungen und haben Geschiebe bis in die Nähe ihrer Mündung vorgetragen.

Auf Kamtschatka sind die hohen Vulkankegel (Kljutschewskaja Sopka 4775 m, Sopka Tolbatschin 3682, Korjazkaja Sopka 3457 m u. a.) auch heute noch von Gletschern bedeckt, die bis zu einer Höhe von 1200 m hinabreichen. Zahlreiche Beweise einer alten Vereisung sind besonders an der Südost-Küste bekanntgeworden. In der Awatschinskaja-Bucht bei der Stadt Petropawlowsk ist ein ausgebildetes Trogtal eines mehr als 50 km langen Gletschers festgestellt worden, der fast die Küste des Meeres erreichte. Am Fuße des Vulkans Kamenj liegen Moränen

in einer Meereshöhe von 200—250 m (51). Nach Ansicht verschiedener Forscher handelt es sich hier um eine Vorlandvereisung, die stellenweise bis zur Küste vordrang (52). Im Gegensatz hierzu war die Vereisung an der Westküste nicht so ausgedehnt und mächtig. Die Gletscher drangen nur wenig über den Gebirgsfuß in die flache Küstenebene vor. Während sie auf der Ostseite, wie schon gesagt wurde, fast die Küstenlinie erreichten, näherten sie sich der Westküste auf dem gleichen Breitengrad von Petropawlowsk nur bis auf 70—80 km (52). Weiter im N, im Flußgebiet der Bjelaja, liegen alte Moränen in einer Meereshöhe von 630—687 m, alles Zeichen dafür, daß die Vereisung im W geringer als im O war. Die Vergletscherung Kamtschatkas ging sowohl vom Ost- als auch vom Westgebirge aus. Im S, wo beide Gebirgszüge aufeinandertreffen, schlossen sich auch die Eismassen zusammen. Das Kamtschatka-Tal selbst war dagegen nicht vereist, obgleich es auf drei Seiten von vergletscherten Gebirgen umgeben war. Im Inneren des langgestreckten und nur bis 80 km breiten Tales finden sich nur Fluß- und Seeablagerungen, und erst an den Rändern treten fluvioglaziale Bildungen und dann auch Moränen auf (53). So spiegelt die Vereisung Kamtschatkas etwa die heutigen Niederschlagsverhältnisse wider. Während der Eiszeit lag die Schneegrenze auf etwa 700 m, heute liegt sie in einer Höhe von 1500—1800 m.

Überblickt man das Gesamtbild der Vereisung Nordost-Sibiriens, so muß zunächst eingeräumt werden, daß die Unerforschtheit weiter Gebiete noch keine genauere Darstellung zuläßt. So können kommende Forschungen wohl noch manche neuen Ergebnisse bringen, aber an dem schon jetzt erkannten Charakter der Vereisung werden sie kaum etwas ändern. Die Vereisung beschränkte sich auf die Gebirge und höchsten Teile des Landes, weite Ebenen dazwischen blieben frei. Manchmal traten einzelne Gletscherzungen in die Umgebung hinaus, manchmal bildeten sie eine Vorlandvergletscherung. Einzelne intermontane Becken wurden von den Eismassen voll überdeckt. Mit der Annäherung an die Küste nahm die Vereisung zu (Tschuktschen- und Korjaken-Halbinsel, Kamtschatka). Hier lag die eiszeitliche Schneegrenze mit 700 m (Kamtschatka) am tiefsten, während sie nach dem Inneren des Landes anstieg.

Auf die Vereisung in den südlichen Teilen Mittel- und Ostsibiriens soll nur kurz eingegangen werden, wobei es weniger darauf ankommt, Details zu geben als den Charakter der Vereisung zu bestimmen.

Wie auf dem Dshugdshur, so sind Spuren einer alten Vereisung auch im Stanowoj-Rücken (bis

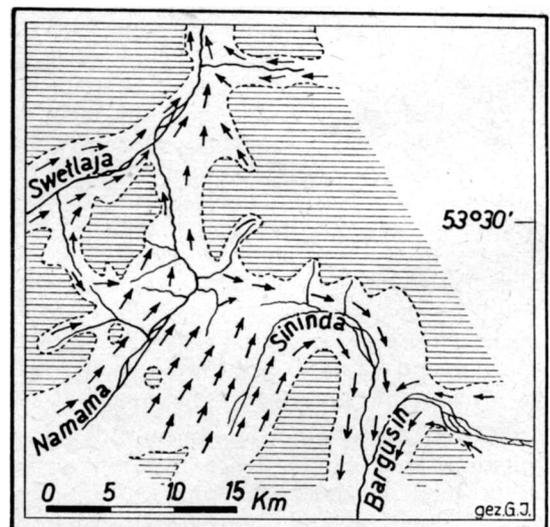
2482 m hoch), dann im Tukuringra-Gebirge in den Höhen zu beiden Seiten des Seja-Durchbruches und im Jam-Alin (2215 m hoch) im Quellgebiet der Bureja festgestellt worden. Doch kann es sich hier höchstens um einzelne fleckenhafte Gletscherbildungen handeln.

Eine größere Bedeutung kommt den Baikalischen Gebirgen zu. Hier stellte schon *Krapotkin* in den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts die Vereisung fest. *Tscherskij* fand zahlreiche Merkmale und schloß auf eine ausgedehnte alte Vereisung. *W. Obrutschew* kam im Zusammenhang mit der Vergletscherung dieser Gebirge zu der Meinung von der großen, geschlossenen Eisbedeckung Sibiriens. So spielen diese Gebirge in der Geschichte der Ansichten über die Vereisung Sibiriens eine große Rolle und waren darum auch seither das Ziel zahlreicher Forschungsreisen.

In erster Linie handelt es sich hier dabei um die Berglandschaften im NO des Baikalsees, die an seinem Nordostende beginnen und sich über den Witim bis zur Olekma erstrecken (Nordbaikal. Bergland, Patom-Plateau). Nach den Arbeiten zahlreicher Forscher (*Krapotkin*, *W. Obrutschew*, *A. Gerassimow* u. a.) steht die Tatsache einer ausgedehnten Vereisung dieser Gebiete unzweifelhaft fest, nur über die Art derselben gehen die Meinungen auseinander und klären sich erst allmählich. *W. Obrutschew* stellte zuerst die Behauptung von einer Inlandvereisung auf (54) und führte als Beweise hierfür hauptsächlich folgende Merkmale an: gerundete Berghänge, Rundhöcker, Kare, Karseen, Trogtäler, herausgearbeitete Terrassen, Oser usw. und auch erratische Blöcke, die auf den Wasserscheiden vorkommen. *Meister* (55) wies jedoch später nach, daß die „erratischen Blöcke“ auf den Wasserscheiden örtlicher Herkunft sind, und aus dem gleichen unterlagernden Gestein bestehen, das sonst durch Ablagerungen überdeckt ist. Die abgerundeten Hänge können in diesen Gegenden des Ewigen Eisbodens auch durch Bodenfließen entstanden sein. Wörtlich erklärt *Meister*: „An der Waga sah ich lehmige Massen von großer Mächtigkeit, welche in ihrer Bewegung jahrhundertalte Bäume mit sich rissen, als ob dort ein Orkan vorübergezogen war; auch eingebettete Stücke des benachbarten Grundgesteins wurden mitgetragen — mit einem Wort: es war ein rezenter Lehmgletscher“ (55/22—23). Auf Grund dieser und anderer Feststellungen änderte *W. Obrutschew* seine Meinung und nahm eine Verringerung der Vereisung von einer Inlandeisdecke im Norden (Witim-Olekma-Bergland) zum alpinen Typ im Süden an (56/70). Das Zentrum der Vereisung im Norden war nach ihm das Patom-Plateau. Das Tal des Witim sollte bis

zur Lena hin unter einer Eisdecke gelegen haben. Neuere Forschungen haben jedoch ergeben, daß das Tal des Witim ein Trogtal darstellt, und zwar bis zum Dorfe Woronzowka, so daß also in seinem Tal einst ein Talgletscher hinabfloß, der nicht einmal so mächtig war, daß er die Lena erreichte. Auch in anderen Gebieten, sowohl im Raume des Witim als auch jenseits der Wasserscheide zur Olekma treten Formen der Talvereisung zahlreich auf (57). Auch die von *W. Obrutschew* angeführten Merkmale für eine Inlandvereisung, wie Kare, Trogtäler usw., sprechen eher für eine alpine Vereisung als für seine Theorie.

Ostwärts des Baikalsees hat *Eskola* (58) im Wasserscheidengebiet zwischen Witim, Oberer Angara und Bargusin Untersuchungen durchgeführt, die den gleichen Charakter einer alpinen Vereisung auch für diese Gegenden ergaben. Die Täler der meisten Flüsse (Bargusin, Swetlaja, Sininda, Namama, Oktokitan usw.) waren mit den Eismassen großer Talgletscher angefüllt, die eine Mächtigkeit von 400—500 m hatten. Die höheren Erhebungen ragten über das Eisniveau der Täler hinaus, trugen jedoch auch selbst kleine Gletscher, die zu den Talgletschern hinabstießen. Das Bargusin-Gebirge, dessen überraschende Ähnlichkeit mit den Alpen von allen Forschern hervorgehoben wird, kann für diese Gebiete als das beste Beispiel angesehen werden (Karte 4).



Karte 4: Die Vereisung in Transbaikalien
(nach Eskola).

Die Skizze zeigt das Wasserscheidengebiet zwischen Bargusin und Namama, die über die Swetlaja zum Flußgebiet der oberen Angara gehört. Die weißen Flächen stellen die Gletscher mit ihren verschiedenen Fließrichtungen dar. Die Skizze kann als typisch für das Vereisungsgebiet Transbaikaliens angesehen werden.

Merkwürdigerweise war das Tal der Oberen Angara, das sich zwischen vergletscherten Gebirgen (Ob. Angara-Gebirge im N, Bargusin-Gebirge im S) weithin nach O erstreckt, einer Vereisung nicht ausgesetzt (59).

Das Baikäl-Gebirge (bis 2100 m) und das Primorskij-Gebirge (bis 1500 m) auf der Nordwestseite des Baikalsees trugen nur kleine Tal- und Kargletscher. Ein größerer Gletscher ist nur im Tal der Kirenga festgestellt worden. Er floß nach N ab und hatte eine Länge von etwa 20 km (60).

Am Süden des Baikalsees erreichten die Gletscher im Tal der Sljudjanka und Pochabicha in der Form von Talgletschern das Niveau des Baikalsees. Hier hat man auf einer Fläche von 60 qkm mehr als 25 Gletscher gezählt, die aber alle nur unbedeutend waren und höchstens eine Länge von 10 km hatten. Die Landschaft ist reich an Karen, die in sehr unterschiedlichen Höhen liegen, und zwar zwischen 50 m und 600 m über dem heutigen Niveau des Baikalsees (454 m ü. d. M.) (61). So muß die eiszeitliche Schneegrenze, verglichen mit dem benachbarten Sajan (ca. 2000 m) und dem nordöstlichen Baikalien (minstens 1200 m), hier sehr niedrig gelegen haben. Eine Erklärung für diese auffallende Erscheinung kann einmal darin gesehen werden, daß der Baikalsee selbst einen Einfluß auf das Klima der umliegenden Gegenden auch schon in der Eiszeit ausgeübt hat, wobei sich dieser Einfluß hier im Südteil besonders bemerkbar gemacht hat. Der dem Baikalsee zugekehrte Abhang des Chamar-Daban ist auch heute das niederschlagsreichste Gebiet Transbaikaliens. Dazu kommt aber noch, daß der südliche Baikalsee ein Gebiet junger Senkung ist, die noch in der Gegenwart anhält, so daß die Gletscherspuren als nachträglich disloziert anzusehen sind.

Allgemein kann also nach dem heutigen Stand der Forschung gesagt werden, daß die Vereisung der Baikäl-Gebirge, so ausgedehnt und mächtig sie auch örtlich war, einen alpinen Charakter getragen hat.

Zusammenfassung

Die vorstehend gegebene übersichtliche Darstellung der Vereisung Sibiriens ermöglichte es, einige allgemeinen Schlußfolgerungen über den Charakter und die Grundzüge der Vereisung im Norden des eurasiatischen Kontinents zu ziehen:

1. Die Fläche der europäischen Vereisung (5500 qkm) übertraf die der sibirischen Vereisung (4000 qkm) bedeutend. Mittelsibirien war im allgemeinen eisfrei. In Ostsibirien herrschte Gebirgsvereisung vor mit zunehmender Flächenbedeckung nach der Küste des Pazifischen Ozeans hin.

2. Die europäische Vereisung stellte einen Eisschild dar mit einem einzigen Nährzentrum. Die sibirische Vereisung besaß mehrere Zentren und bildete eine vom Relief abhängige Eisdecke. In Ostsibirien überwog der alpine Typus, der sich an der Küste teilweise zum norwegischen wandelte.

3. Die Südgrenze der europäischen Vereisung lag um 11 Grad südlicher als die Grenze der sibirischen Vereisung.

4. Die Mächtigkeit des europäischen Eisschildes betrug mehr als 2000 m, die der Ural-Eisdecke bis 800 m und die der Taimyr-Vereisung (letzte Eiszeit) höchstens 500 m.

Hieraus ergibt sich für den Gesamttraum des eurasiatischen Nordens, daß die Intensität der Vereisung von W nach O abnahm, um erst wieder im äußersten Randgebiet des Ostens mit der Annäherung an den Pazifischen Ozean zuzunehmen.

Von wesentlicher Bedeutung ist ferner, daß ostwärts der geschlossenen sibirischen Eisdecke große Teile Mittel- und Ostsibiriens frei von jeder Vereisung verblieben.

Literatur

1. Spreitzer, H., Eiszeitstudien in Rußland. Geogr. Ges. Hannover, Jahrb. 1934 u. 1935.
2. Gerasimow, I. P. u. Markow, K. K., Lednikowy period na territorii SSSR, (Die Eiszeitperiode im Gebiete der UdSSR) Moskau-Leningrad 1939.
3. Ramsay, W., Über die Verbreitung von Nephelinsyenitgeschoben und die Ausbreitung des nordeuropäischen Inlandeises im nördlichen Rußland. Fennia, 33, 1913.
4. Karakasch, K. I., O faune is walunow Bolschesemelskoj Tundry (Über die Fauna in den Geschieben der Bolschesemelskaja Tundra). Trudy d. Sib. Ges. der Naturwissenschaften, Bd. 35, 1907.
4. Grigorjew, A. A., Geomorfologija Kol'skogo p.-owa po nowejšim issledowanijam (Geomorphologie der Kola-H.I. nach neuen Forschungen). Vorträge der Sowj. Deleg. auf d. Intern. Geogr. Kongreß in Warschau 1934.
5. Tschernow, A. A., Geologitscheskoje strojenije bass. Kos'ju w Petschorskom kraje po issledowanijam 1925 g. (Geolog. Bau des Kosju-Beckens im Petschora-Gebiet n. d. Forschungen von 1925). Iswestija d. Geolog. Komitees, 46, 8, 1927.
7. Warsanowjewa, W. A., O sledach oledeneniya na Sewernom Urale (Auf den Spuren der Vereisung im Nordural). Trudy d. Komm. z. Studium d. Quartärperiode III, 1934.
8. Semljakow, B. F. u. Epschtejn, S. W., Obsor issledowanij po tschetwert. otloshenijam SSSR s 1932 po 1935 gg. (Übersicht über die Erforschung der quartären Ablagerungen in d. UdSSR 1932—1935). Material zur Quartärperiode der UdSSR, Moskau 1936.
9. Epschtejn, S. W., Marschrutnyje geologo-geomorfolog. nabljudeniya na sklonje Sew. Urala (Geolog.-geomorph. Marschroutenbeobachtungen auf d. Abhang d. Nordural). Iswestija d. Geogr. Ges. 66, 2, 1934.

10. *Petrow, B. F.*, Nanossy i potschwy bass. Kondy (Ab-lagerungen und Böden des Konda-Beckens). Isw. d. Geogr. Ges. 66, 5, 1934.
11. *Edelschtejn, J. S.*, Geomorfologitscheskij otscherk Sapadnosibirskoj Nisnemenosti (Geomorph. Abriß d. Westsib. Tiefebene). Trudy d. Inst. f. phys. Geographie 20, 1936.
12. *Edelschtejn, J. S.*, K woprossu ob oledenienii sewera Sapadnosibirskoj rawniny (Zur Frage der Vereisung des Nordens d. Westsib. Ebene). Priroda, 6, 1931.
13. *Gromow, W. I.*, Materialy k isutscheniju otloshenij w bass. srednego tetschenija r. Obi (Material z. Studium d. Quartärablagerungen im Mittelbecken d. Ob). Trudy d. Komm. z. Studium der Quartärperiode, III, 1934.
14. *Urwanzew, N. N.*, Tschetwert. oledenienije Taimyra (Die quartäre Vereisung der Taimyr-H. I.). Bull. der Komm. z. Stud. d. Quartärperiode, 3, 1931.
15. *Dementjew, W. A.*, Geomorfolog. otscherk doliny reki Nasyma i priliegajuschesj tschasti doliny r. Obi (Geomorph. Abriß des Nasym-Tales und d. benachbarten Ob-Tales). Iswest. d. Geogr. Ges. 68, 4, 1936.
16. *Dementjew, N. N.*, Relief bassejna r. Wach i ego istorija w tschetwert. wremja (Das Relief d. Wach-Beckens u. seine Geschichte in der Quartärzeit). Isw. d. Geogr. Ges. 66, 1, 1934.
17. *Keller, B.*, Marschrutnoje geolog. issledowanije r. Sym (Geolog. Marschroutenforschungen d. Fl. Sym). Isw. d. Geogr. Ges. 5, 1936.
18. *Aller, G. D.*, Postpliozenowije otloshenija p.-owa Tscheljuskina (Postpliozäne Ablag. auf d. Tscheljuskin-H. I.). Isw. d. Geogr. Ges. 66, 3, 1936.
19. *Urwanzew, N. N.*, Sewernaja Semlja. Kratkij otscherk issledowanija. (Sew. Semlja. Kurzer Abriß der Erforschung). Arkt. Institut, 1933.
20. *Saks, W. N.*, O tschetwert. oledenienii sewera Sibiri (Über die Quartärvereisung Nordsibiriens). Arktika, IV, 1936.
21. *Goworuchin, W. S.*, Otscherk rastitel'nosti letnych pastbischtsch sewernogo olenja w tundre Obko-Tasowskogo p.-owa (Abriß d. Pflanzenwuchses d. sommerl. Rentierweiden in d. Tundra der Ob-Tass-H. I.). Semlewedienije 35, 1, 1933.
22. *Lopatyn, I. A.*, Dnewnik Turuchanskij ekspedizii 1866 g. (Tagebuch der Turuchansker Exped. 1866). Sapiski d. Geogr. Ges. 1897.
23. *Aleschkow, A. P.*, Gora Sablja i ego ledniki (Der Berg Sablja u. seine Gletscher). Sammelwerk „Ural“, Moskau 1935.
24. *Kulik, N. A.*, Sewernyj morskij postpliozen (Das nördl. Meerespostpliozän). Geolog. Westnik 1927.
25. *Fedorow, E. S.*, Sametka o nachoshdenii melowych i walunnych otloshenij w Priuralskoj tschasti Sew. Sibiri (Bemerkungen über die Herkunft der Kreide- u. Geschiebeablagerungen in den dem Ural nahen Teilen Nordsibiriens). Isw. d. Geolog. Komm. 6, 1887.
26. *Pende, A.*, Glaziale Krustenbewegungen. Sitzungsber. d. Preuß. Akademie d. Wissenschaften 1925.
27. *Dementjew, W. A.*, K istorii reljefa sapadnych sklonow Paj-choja w tschetwert. wremja (Zur Geschichte des Reliefs der Westabhänge des Pai-Choe in d. Quartärzeit). Isw. d. Geogr. Ges. 6, 1935.
28. *Tschernow, G. A.*, Geologitscheskije issledowanija w rajone Pjamdy (Geolog. Forschungen im Gebiet d. Pjamda). Trudy d. Polar-Kommission 26, 1936.
29. *Dobroljubowa, T.*, Geolog. issledowanija po r. Petschori (Geolog. Forschungen an d. Petschora). Isw. d. Geogr. Ges. 1931.
30. *Suslow, S. P.*, Fisitscheskaja geografija SSSR (Phys. Geographie der UdSSR). Bd. II, Moskau 1947.
31. *Urwanzew, N. N.*, DREWNEJE OLEDENENIJE NA SEWERA SSSR (Alte Vereisungen im N. d. UdSSR). 1. Bd., Moskau 1935.
32. *Kuschew, S. L.*, Geomorfologija nishnego tetschenija p. N. Tunguski (Geomorphologie des Unterlaufes d. Unt. Tunguska). Trudy d. Geomorph. Institutes, 11, 1934.
33. *Sotschawa, W. A.*, Tundry bass. r. Anabary (Die Tundren d. Anabar-Beckens). Isw. d. Geogr. Ges., 55, 4, 1933.
34. *Tolmatschew, I. P.*, Objasnitelnaja sapiska k geogr. i geol. karte rajona Chatangskoj ekspedizii 1905 g. (Erklär. Beschreibg. zur geogr. u. geolog. Karte d. Chatanga-Expedition 1905). Iswestija d. Geogr. Ges. 1915.
35. *Grigorjew, A. A.*, Morfologija sew. wost. tschasti Wiljujskogo okr. (Morphologie d. NO-Teiles d. Wiljuj-Beckens). Mat. d. Komm. zum Studium Jakutiens, Moskau 1930.
36. *Blagowidow, N. L.*, Tschetwertitschnyje otloshenija, klimat i potschwy bass. Tjung (Quartärablagerungen, Klima u. Böden d. Tjung-Beckens). Trudy des Sowj. zur Erforschung d. natürl. Hilfsquellen d. UdSSR, (SOPS), Serie Jakutien, 1935.
37. *Bobin, E. S.*, Geolog. issled. 1927 g. w bass. srednego tetschenija reki Wiljuja (Geolog. Forsch. im Becken d. mittl. Wiljuj). GGRU 49, 2, 1930.
38. *Ditmar, W. G.*, Geolog. issledowanija w werchow'jach r. Wiljuja (Geolog. Forsch. am ob. Wiljuj). Isw. d. Geogr. Ges. 66, 1, 1934.
39. *Moltschanow, I. A.*, Sledy drevnego oledenienija w Jenisejskom kraje (Spuren alter Vereisung im Jenissej-Geb.) Isw. d. westsib. Abt. d. Geolog. Kom. 5, 1926.
40. *Grigorjew, A. A.*, Geologija, relief i potschwy sew.-sap. tschasti Lensko-Aldanskogo plato i Werchojanskogo chrehta po dannym eksped. 1925 g. (Geologie, Relief u. Böden d. NW-Teiles des Lena-Aldan-Plateaus u. d. Werchojansker Geb. nach d. Angaben d. Exp. 1925). Mat. d. Komm. z. Stud. Jakutiens 4, 1926.
41. *Parchomenko, S. G.*, Nekotoryje dannyje o prirode Nishnelenskogo kraja (Einige Angaben üb. d. Natur d. Gebietes d. unt. Lena) Trudy d. Komm. zur Erforschung Jakutiens 1928.
42. *Romanow, A. A.*, Is geomorfolog. nabludenij w Charaulachskom chrehte (Geomorph. Beobachtgn. im Charaulachskij Geb.). Trudy d. Arkt. Inst. XIII, 1934.
43. *Iwanow, A. P.*, Nowyje dannyje o geolog. strojenii i polesnych iskopajemych Orulganskogo chrehta (Neue Angaben üb. d. geolog. Bau u. Bodenschätze im Orulgan-Geb.). Problemy Arkt. 4, 1938.
44. *Obrutschew, S. W.*, Kolymsko-Indigirskij kraj (Das Kolyma-Indigirka-Gebiet). Trudy SOPS, Serie Jakutien 1, 1931.
45. *Chmysnikow, P. K.*, Geomorfolog. otscherk Lenskojanskogo kraja (Geomorpholog. Abriß d. Lena-Jana-Gebietes). Trudy SOPS, Serie Jakutien 1, 1932.
46. *Wakar, W. A.*, Geolog. issledowanija w bass. r. Berezowki (Geolog. Forsch. im Berezowka-Becken). Isw. d. Geogr. Ges. 65, 1931.
47. *Obrutschew, S. W.*, DREWNEJE OLEDENENIJE I TSCHEWERT. ISTORIJA Tschukotskogo okruga (Alte Vereisungen und Quartärgeschichte d. Tschuktschen-Kreises). Isw. d. Ak. d. Wiss. 1939.
48. *Polewoj, P. I.*, Anadyrskij kraj (Das Anadyr-Gebiet). Trudy d. Geol. Kom. 1915.
49. *Soszawa, V.*, Das Anadyrgebiet. Ztschr. d. Ges. f. Erdk. Bln. 1930.
50. *Sotschawa, W. B.*, Po tundram bass. Penshinskoj guby (Durch die Tundren des Beckens d. Penshina-Bucht). Isw. d. Geogr. Ges. 1932.

51. *Konradi, S. A. u. Kelj, N. G.*, Geolog. otdel Kamtschatskoj eksped. 1908—1911 (Geolog. Abt. d. Kamtschatka-Exped. 1908—1911). Isw. d. Geogr. Ges. 1925.
52. *Komarow, W. L.*, Putischestwije po Kamtschatke (Reisen in Kamtschatka). Kamtschatka-Exped.-Berichte, Petersburg 1912.
53. *Kuschew, S. L.*, Geomorfolog., otscherk sew. tchasti zentr. Kamtsch. depressii i doliny srednogo tetschenija r. Kamtschatki (Geomorph. Abriß d. N.-Teiles der Kamtschatka-Depression u. d. Täler am Mittellauf d. Kamtschatka-Flusses). Doklady d. Ak. d. Wiss. Moskau 1938.
54. *Obrutschew, W. A.*, Bassejn r. Bodaibo (Das Bodaibo-Becken). Geolog. Forsch. in d. goldf. Geb. Sibiriens, 2, 1903.
55. *Mejster, A. K.*, Wostotschnaja okraina Lenskogo soloton. rajona (Das östl. Randgebiet der Lena-Goldfelder). Geolog. Forsch. in d. goldf. Geb. Sibiriens, 10, 1914.
56. *Obrutschew, W. A.*, Prsnaki lednikogo perioda w Sew. i Zentraln. Asii (Merkmale der Eiszeit in Nord- u. Zentralasien). Bull. d. Komm. z. Stud. d. Quartärperiode, 3, 1931.
57. *Pawlowskij, E. W.*, K geomorfologii doliny werdnego tetschenija r. Leny i nishn. tetschenija r. Witima (Zur Geomorphologie d. ob. Laufes d. Lena u. d. Witim-Untertl.). Geolog. Westnik 1929.
58. *Eskola, P.*, Beobachtungen über die Glazialbildungen in der Gegend der Wasserscheide zwischen dem Bargusin und der Ob. Angara in Transbaikalien. Comptes rendu d. 1. Soc. Geol. d. Finl., 1, 1929.
59. *Dumitraschko, N. W.*, Geomorfologija Pribajkalja (Geomorphologie Pri-Baikaliens). Probl. Burj.-Mong. ASSR. 1935.
60. *Pawlowskij, E. W.*, Tschertw. oledenenije Sew.-sap. Pribajkalja (Quartärablagerungen in NW-Pribaikalien). Bull. d. Mosk. Ges. f. Naturforschung, 1935.
61. *Pilipenko, P. P.*, O diljuwialnom oledenenii Jushnogo Pribajkalja (Über die diluviale Vereisung d. südl. Pribaikaliens). Trudy d. Komm. z. Stud. d. Quartärperiode, 2, 1932.

2. Die Diluvialgeschichte der sibirischen Pflanzenwelt und die Vereisung

Wesentliche und unwiderlegbare Nachweise vom Fehlen einer geschlossenen Eisbedeckung in Sibirien haben auch die Botaniker erbracht. Unter den russischen Forschern ist hier an erster Stelle *A. I. Tolmatschew* zu nennen (1, 2), dann vor allem noch der Schwede *E. Hultén*, der durch seine botanischen Forschungen im Bereiche des Bering-Meeres bekannt geworden ist und dessen zusammenfassende Darstellung der Geschichte der arktischen und borealen Pflanzenwelt während der Eiszeit wohl einzigartig dasteht (3).

Tolmatschew gehört zu den Forschern, die sich von Anfang an gegen die Theorie *W. Obrutschews* von der geschlossenen, großen Vereisung Sibiriens wandten. Fußend auf seinen pflanzengeographischen Forschungsergebnissen, führte er den Nachweis, daß in der Zeit der quartären Vereisung bedeutende Teile Nordsibiriens frei vom Eise geblieben sind.

Die Besonderheit der Verbreitung der arktischen Pflanzen besteht darin, daß sie zirkumpolar oder hufeisenförmig ist. Bei der hufeisenförmigen Verbreitung liegt der Schwerpunkt oder das Zentralgebiet in den meisten Fällen im Nordosten Sibiriens und in der benachbarten amerikanischen Arktis. Die Unterbrechung der Verbreitungszone erfolgt in diesem Fall in der Regel im atlantischen Raum. Das arktische Gebiet zu beiden Seiten der Beringstraße und die atlantische Arktis, die beide etwa den gleichen natürlichen Bedingungen unterliegen, sind also heute mit einer verschiedenen Flora ausgestattet. Weil nun die gegenwärtigen klimatischen Bedingungen verhältnismäßig gleich sind, so kann der Grund für die Verschiedenartigkeit der Flora nicht in der Gegenwart liegen, sondern muß in der Vergangenheit zu suchen sein.

Bei der Betrachtung der Flora der eurasiatischen Arktis — die amerikanische interessiert uns hier weniger — stellt *Tolmatschew* als eine Grundtatsache einen Wechsel im Bestande der Flora in der Richtung von O nach W fest. Je mehr man sich dem westlichen Ende der eurasiatischen Arktis nähert, um so mehr macht sich eine Verarmung der spezifisch arktischen Vertreter bemerkbar. In der östlichen Arktis zeigt sich dieser Reichtum vor allem in den zahlreichen Arten der Leguminosae und Graminae. Zum Unterschied von der ostsibirischen Arktis ist die Flora des europäischen Teiles arm an arktischen Arten. Dafür ist hier der Anteil arktisch-alpiner Spezies, die aus den Alpen nach dem Norden gewandert sind, reicher. Ihnen beigemischt sind arktisch-altaische Arten. So zeichnet sich der europäische Norden als das Gebiet einer rezenten arktischen Flora aus, wobei spezifisch arktische Pflanzen entlang der Küste von Nordost-Sibirien nach W vordringen, wo schon eine Ansiedlung von aus SO und S stammenden arktisch-montanen Arten sich vollzogen hat. Skandinavien, also das Zentrum der europäischen Vereisung, erweist sich als das am spätesten besiedelte Gebiet.

Die Areale der Verbreitung der zahlreichen, spezifisch arktischen Arten in ihrer vollkommensten Entwicklung fallen, wie *Tolmatschew* weiterhin zeigt, mit den Teilen der asiatischen Arktis zusammen (und ebenso der amerikanischen), die nicht mit Eis bedeckt waren. Er weist dies an einer Reihe von Verbreitungskarten (*Ranunculus sabinii*, *Draba macrocarpa*, *Pedicularis capitata* u. a.) nach. Diese Flora kann man, wie er sagt, als altarktisch und ihr Verbreitungsgebiet als Altarktis bezeichnen. Die Vertreter dieser Pflanzen stellen die kontinuierliche Nachfolgeschaft der präglazialen Flora dar. Diese Entwicklung wurde in Nordost-Sibirien im Gegensatz zum eurasiati-

schen Westen nicht durch eine geschlossene Eisbedeckung unterbrochen, ja, sie wurde durch das Vorhandensein von Gebirgszügen noch erleichtert, da durch diese sich die verschiedensten physisch-geographischen Bedingungen ergaben, welche es den Pflanzen ermöglichten, die sich ändernden natürlichen Verhältnisse der Quartärzeit zu überleben.

Hultén folgt ähnlichen Gedankengängen. Er geht von der Voraussetzung aus, daß die arktische und boreale Pflanzenwelt den größten Teil ihres heutigen Ausbreitungsgebietes bereits besetzt hatte, bevor die Maximalvereisung einsetzte. Durch diese oder sich aus ihr ergebenden harten klimatischen Bedingungen wurde das ursprüngliche Verbreitungsgebiet eingeengt und in einzelne, voneinander isolierte Teilgebiete aufgespalten, in denen sich die Pflanzen erhalten konnten, während sie in den übrigen Räumen untergingen. In einigen dieser isolierten Rückzugsgebiete — *Hultén* nennt sie „progressive areas“ — waren die Bedingungen so hart, daß verschiedene Arten zugrunde gingen und so im allgemeinen Zuge der Verbreitung Lücken hinterließen. In anderen Fällen wurden Pflanzen in solchen Räumen so in ihrer Lebenskraft und Lebensart beeinflusst und umgeformt, daß sie ihre Ausbreitungskapazität verloren und heute nur mehr an den Stellen zu finden sind, wo sie die Vereisung leben ließ. Einige Gruppen der arktischen Pflanzen aber blieben in diesen Landschaften in ihrer Kraft erhalten und begannen nach der Eiszeit mit der Besserung des Klimas von diesen Rückzugsräumen aus eine progressive Ausbreitung in der Richtung ihres optimalen Standortes.

Auf Grund der Verbreitung solcher Gruppen mit zahlreichen Arten stellt *Hultén* eine Reihe von Rückzugsgebieten fest, von denen jedoch nur die sibirischen hier kurz behandelt werden sollen, und zwar auch nur insoweit, als sie der arktischen Pflanzenwelt angehören, da diese in erster Linie und zumeist direkt von der Vereisung betroffen wurde.

Besonders instruktiv wirkt die Untersuchung von zwei Gruppen arktischer Pflanzen, deren Verbreitungsgebiet und -zentrum in „Nord-Beringia“ gelegen ist. In der einen mit arktisch-eurasiatischem Areal faßt *Hultén* 55 Spezies zusammen. Seine Tafel 10 zeigt ihre zahlenmäßige und räumliche Verteilung. Daraus ergibt sich, daß die Anadyr-Niederung, das Kolyma-Becken und wahrscheinlich auch das Tal der Jana und Indigirka als „progressive areas“ anzusehen sind, die von einer Eisbedeckung freigeblichen sein müssen, jedoch waren sie zweifellos durch schwere Gebirgsvereisung voneinander isoliert, wobei *Hultén* als Beweis auf die endemischen Formen verweist.

Auch im Lena-Tal treten solche auf, ohne daß sich hieraus auf die Begrenzung der Vereisung irgendwelche genauen Schlüsse ziehen lassen. Im Nordwesten Sibiriens muß eine Eisbedeckung schon vor der Maximalvereisung aufgetreten sein, die die Pflanzen dieser Gruppe, die über das Lena-Tal bis zum Jenissej verbreitet waren, vernichtet oder fast ausgerottet hat. Sehr interessant und von wissenschaftlicher Bedeutung ist die Schlußfolgerung, zu der *Hultén* für den äußersten Nordwesten kommt. Aus botanischen Gründen, so behauptet er, ist es sehr wahrscheinlich, daß ein Zufluchtsgebiet der Pflanzen in dem Gebiet der Jenissej-Mündung oder etwas westlich davon existiert hat, vielleicht auf dem jetzt untergetauchten Schelf, weil viele Pflanzen in ihrer Verbreitungszone westlich der Lena eine Lücke aufweisen und erst wieder am unteren Jenissej erscheinen¹⁾. Damit wäre ein neues Argument für das Fehlen einer Vereisung im äußersten Norden der Westsibirischen Tiefebene (Jamal-, Gydan- und Namenlose Halbinsel) gefunden.

Die zweite Gruppe — Arten zirkumpolar-arktischer Verbreitung mit dem Zentrum „Nord-Beringia“ — sind Pflanzen, die in ihrem Charakter der vorbehandelten Gruppe entsprechen, nur daß sie von ihrem Refugium aus sowohl nach Asien als auch nach Amerika ausstrahlten, somit also als bilateral zu bezeichnen sind. Aus *Hulténs* Tafel 13 ist ersichtlich, daß in der Verbreitung zwischen Asien und Amerika sich eine gewisse Differenz ergibt, d. h. daß in Eurasien die radikale Vernichtung durch die Vereisung größer gewesen ist als in Amerika. Zahlreiche Pflanzen dieser Gruppe weisen Lücken auf. Und es gibt noch viele Pflanzen gleicher Art, die augenscheinlich dieser Gruppe zugehören, aber in sie nicht miteinbezogen wurden, mit Lücken von außergewöhnlicher Weite. *Hultén* führt zahlreiche Beispiele an, so daß wohl kaum ein Zweifel bestehen kann, daß diese Pflanzen eine ehemals zirkumpolare Verbreitung besaßen, und zwar zur Zeit des großen Interglazials. Die Maximalvereisung hat ihr Verbreitungsgebiet so reduziert, daß ihnen nur das eigentümliche und fragmentarische Areal von heute geblieben ist, das merkwürdige Parallelen zur Vereisung zeigt.

Als großes Rückzugsgebiet erscheint hier das Gebiet im Norden des Bering-Meeress, das noch mehr hervortritt, wenn noch andere Pflanzengruppen zur Betrachtung mit herangezogen wer-

¹⁾ Eine Lücke in ihrer Verbreitung weisen hier folgende Pflanzen auf: *Oxytropis leucantha*, *Dianthus repens*, *Calamagrostis Holmii*, *Astragalus Arcticus*, *Salix xerophila*, *Phippsia concinna*. Alle diese Pflanzen sind weder von Tolmatschew noch von anderen Forschern auf der Taimyr-Halbinsel gefunden worden.

den, wie z. B. die arktisch-pazifische Gruppe. *Hultén* bezeichnet dieses Gebiet als den größten Zufluchtsraum der arktischen Pflanzenwelt während der Eiszeit überhaupt. Er gibt dem ganzen Gebiet den Namen „Beringia“. Auf Grund der Gleichheit der Pflanzen und der Art ihrer Verteilung um und auf beiden Seiten des Bering-Meeres kommt er zu dem Schluß, daß eine Landverbindung hier zwischen beiden Kontinenten in der Eiszeit bestanden haben muß, ohne die „Beringia“ seine Rolle als „progressive area“ nicht hätte spielen können.

Antevs und *Daly* (4) haben das eustatische Sinken des Wasserspiegels für die Zeit der Maximalvereisung auf 90—100 m berechnet. Nach den Tiefenverhältnissen im Raum der Bering-Straße würde ein Absinken des Meeresniveaus um 50 m bei den heutigen Verhältnissen eine Landbrücke von 300 km Breite, eine Senkung um 100 m eine solche von 1200 km Breite entstehen lassen. *Hultén* behauptet auf Grund seiner pflanzengeographischen Untersuchungen, daß eine Verbindung in einer Breite von etwa 1200 km bestanden haben muß.

Bei Vorhandensein einer derartigen Landbrücke müßten die klimatischen Verhältnisse in „Beringia“ wesentlich anders sein, als sie es heute sind. Das warme Wasser des Pazifik umspülte die Südküste Beringias. Der mildernde Einfluß desselben drang nach N und machte sich zumindest in den tiefer gelegenen Gebieten im Süden der Tschuktschen-Halbinsel und Alaskas geltend. Das Bering-Meer und das Ochotskische Meer sind ja erst nach dem Einbruch des kalten Wassers aus dem Eismeer durch die Bering-Straße zu den Eiskellern Ostsibiriens der Gegenwart geworden. Nur durch die Existenz einer Landbrücke und den sich hieraus ergebenden Folgen läßt sich erklären, daß gerade hier in „Beringia“ sich das größte Pflanzenrefugium herausgebildet hat, und zwar besonders für arktische Arten von mehr oder weniger ozeanischem Charakter, die sich hier halten konnten, dagegen in der Kontinentalität des Landinnern zugrunde gingen. Nur so ist es erklärlich, daß in den Niederungen des Anadyr und der Penshina, umgeben von vereisten Gebirgen, Relikte einer tertiären Flora bis zur Gegenwart erhalten blieben, und zwar sogar Holzarten, wie die *Chosenia macropolis* und *Betula Cajandri* (*Sotschawa* 5).

Wenn man bedenkt, daß bei der Bildung und Erhaltung der Landverbindung zwischen beiden Kontinenten auch noch isostatische Kräfte mitgewirkt haben können, so ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß diese Landbrücke auch noch eine gewisse Zeit in das Postglazial hinein bestanden haben kann. Von dem marinen Quartär an der Bering-Straße, das man als Sedi-

mente einer Meerestransgression deutet, sagt *Tolmatschew* (6, 7), daß die Fauna sehr eigentümlich ist und daß die Sedimente vielleicht einem inneren Becken angehören. Im Anadyr-Becken war die marine Transgression eine sehr späte und besteht nach *Polewoj* (8) ausschließlich aus rezenten Formen von vorzüglicher Erhaltung und ist offenbar sehr jung. Beide Feststellungen — und viel mehr diesbezügliche Angaben liegen aus diesen Gebieten nicht vor — weisen auf ein späteres Auftreten des Meeres hin. Mit der Anerkennung eines Fortbestandes der Landbrücke in eine Zeit des Postglazials hinein, käme man auch in der Frage der Einwanderung des Menschen von Asien nach Amerika zu einer annehmbaren Lösung, wenn der exakte Nachweis auch der Zukunft vorbehalten bleiben muß.

Die Auffassung *Hulténs* von den isolierten Rückzugsgebieten gewisser Pflanzengruppen, die sich in den Grundgedanken mit den Vorstellungen *Tolmatschews* deckt, kann wohl kaum abgelehnt werden. Wesentlich dabei ist, daß er auf Grund seiner pflanzengeographischen Forschungen auf die gleichen eisfrei gebliebenen Gebiete kommt wie die neuere quartärgeologische Forschung. Aus diesem Grunde wendet er sich auch direkt gegen *W. A. Obrutschew* und den Gedanken einer geschlossenen Vereisung ganz Nordsibiriens.

Literatur

1. *Tolmatschew, A. I.*: O proischoshdenii tundrogo landschafta (Über die Herkunft der Tundra-Landschaft). Priroda 1927.
2. *Tolmatschew, A. I.*: Flora zentral'noj tschasti Wostotschnogo Taimyra (Die Flora der Zentralteile der östl. Taimyr-H. I.). Trudy d. Polar-Komm. 8, 1932.
3. *Hultén, E.*: Outline of the history of the arctic and boreal biota during the quarternary period. Stockholm 1937.
4. *Daly, R. A.*: Pleistocene changes of level. Amerik. Journ. Sc. Ser. 5, Bd. 10, 1925.
5. *Sotschawa, W. B.*: Po tundram Penshinskoj guby (Durch die Tundren an der Penshina-Bucht). Isw. Geogr. Ges. 4—5, 1932.
6. *Obrutschew, W. A.*: Geologie von Sibirien. Berlin 1926.
7. *Tolmatschew, J. P.*: Längs der Tschuktschenküste des Eismeres (russ.). St. Petersburg 1911, zitiert v. *Obrutschew* (Lit. Nr. 6).
8. *Polewoj, P. I.*: Anadyrskij Kraj (Das Anadyr-Gebiet). Trudy d. Geolog. Komm. 1915.

3. Die Fauna Sibiriens und die Eiszeit

Eine auffallende Erscheinung Nordost-Sibiriens ist der außerordentliche Reichtum an fossilen Resten postpliozäner Fauna. Die zahlreichen Funde von Mammutresten, insbesondere von Mammutzähnen, sind seit langem bekannt und haben sogar ein berufsmäßiges Gewerbe von Elfenbeinsammlern hervorgerufen. Das Auftauchen von Mammut- und Rhinocerosleichen mit

Haut und Haar in den abstürzenden Steilhängen der Flüsse und der Küste veranlaßte sogar die Entsendung wissenschaftlicher Expeditionen in die so abgelegenen Gegenden. Nach einer Berechnung von *Sensinow* (1) sind in dem engbegrenzten Raum der Neusibirischen Inseln und dem gegenüberliegenden Festland im Gebiete der Jana, Indigirka und Kolyma, also allgemein gesehen innerhalb des Werchojansker Gebirgsbogens bis zum Jahre 1915 die Stoßzähne von mindestens 50 000 Mammuts gefunden worden. Wohl ist man auch im übrigen Sibirien auf Mammutreste gestoßen, u. a. auf der Taimyr-Halbinsel, in der Nähe der Jenissej-Mündung, am Wiljui und bei Irkutsk. Doch diese stellen nur spärliche Einzelfunde dar, die über ein weites Land zerstreut sind. Demgegenüber ist der Überreichtum in den vorgenannten Gebieten eine äußerst merkwürdige Tatsache, die ein Rätsel der Natur in sich birgt, mit dem sich zahlreiche russische Wissenschaftler befaßt haben.

So meint *Middendorf*, daß diese tierischen Überreste durch das Wasser der Flüsse angeschwemmt worden seien. *Tscherskij* (2) wendet sich dagegen, da keinerlei Kratzer und Schürfzeichen festzustellen sind und auch das Vorhandensein von Haut- und Fleischfetzen dagegen spricht. Außerdem sind die Flüsse, an deren Mündungen die reichsten Funde gemacht werden — Jana, Indigirka — verhältnismäßig kurz und kommen nur aus dem Werchojansker Gebirgsbogen. *Tscherskij* erklärt die Erscheinung als eine Folge des Klimawechsels zu Beginn des Quartärs. Mit der allmählichen Abkühlung begann damals die Flora nach Süden abzuwandern und mit ihr auch ein Teil der Fauna. Was zurückblieb, mußte zugrunde gehen. Die fossilen Reste mußten sich dann jedoch gleichmäßig verteilen. *Tscherskij* erklärt nun den Reichtum im Norden gegenüber dem Fehlen im Süden damit, daß die tierischen Überreste im Norden durch Eis und Kälte konserviert wurden, während sie im Süden durch die Einwirkung des wärmeren Klimas zerfielen. Doch dagegen kann eingewandt werden, daß auch im Süden bis über Transbaikalien hinweg der ewige Eisboden vorhanden ist, also auch hier eine Konservierung möglich gewesen wäre.

Tanfiljew (3) gibt nun hierzu eine, wenn auch nur hypothetische, so doch sehr interessante Erklärung. Er sieht den Hauptgrund in der ungleichen Hebung Sibiriens während der nachpliozänen Zeit mit einem Maximum im Baikargebiet, während die Nordküste sich am wenigsten über den Meeresspiegel hob. Durch die ungleiche Hebung mußte sich das Klima im Innern rauher und kontinentaler gestalten, während es im Norden, in Meeresnähe, zunächst gleich blieb oder sich

zumindest langsamer änderte. Auch heute noch ist das Klima an der Tundraküste milder als im Inland (z. B. Werchojansk). Eine Folge war das Abwandern von Flora und Fauna nach N in klimatisch günstiger gestimmte Verhältnisse, wo sie sich reicher und vielgestaltiger entwickeln konnten als im rauher werdenden Kontinent. Doch letztlich trat auch hier eine Änderung ein. Die Neusibirischen Inseln wurden — wahrscheinlich durch einen Einbruch — vom Festland getrennt, so daß Nahrungsmangel für die Tiere entstand. Die Klimaverschlechterung führte zur Abwanderung der Flora, so daß nur eine magere Tundravegetation verblieb, die für die Ernährung der Großtiere nicht mehr ausreichte. Ein Abziehen der Tiere nach S aus dem Raum der Inseln und dem Gebiet der Jana, Indigirka war schwierig, da die hohen und schwer zu überschreitenden Ketten des Werchojansker Gebirgsbogens einen Abschluß bildeten und sich außerdem zu vereisen begannen oder bereits vereist waren. Derartige Schwierigkeiten bestanden in den übrigen Teilen Nordsibiriens, wie z. B. für die Taimyr-Halbinsel nicht, so daß dort nur vereinzelt Mammutfunde gemacht werden konnten. Doch ist auch gegen die Theorie *Tanfiljews*, so bestechend sie erscheint, manches einzuwenden. So harrt das Mammut-Problem Nordost-Sibiriens noch weiterhin der endgültigen Lösung.

Schon *Tscherskij* (1) vermerkt den erstaunlichen Umstand, daß trotz der überreichen Ansammlung von Resten fossiler Fauna, sich im Nordosten Sibiriens nicht Vertreter der Fauna finden, welche Europa in der ersten Hälfte der Quartärperiode bevölkerten. Trotzdem die Zahl der gefundenen Mammutzähne in die Tausende geht, gehören sie doch alle einer und derselben Art an, nämlich dem *Mammuthus primigenius* (Blumenbach), ohne daß andere Arten auftraten, wie *Palaeocoxodon recki* (Dietrich) (früher *Elephas antiquus*) und *Archidiscodon meridionalis* (Nesti) (früher *El. meridionalis*), die man auch im Süden und Südosten des europäischen Rußland gefunden hat. Das bestätigt auch *Gromow*, der sich mit den Säugetieren der Quartärperiode besonders intensiv befaßt hat (4), und kommt zu dem Schluß eines verhältnismäßig hohen Alters der Fauna. Ihr Erscheinen ist in das Ende der tertiären Epoche zu legen. Wenn diese Fauna auch im Gebiet ihrer Heimat den Standort wechselte und die Grenzen der Ausbreitung sich entsprechend den natürlichen Bedingungen verschoben, so gilt ihre ununterbrochene Existenz von der tertiären Zeit über die Quartärperiode hinaus, ja bis ins Postglazial, als das Mammut und seine Begleiter ausstarben, als sicher. *Tugarinow* (5) sagt in seiner Geschichte der Fauna Sibiriens, daß gerade ein

Teil der arktischen Arten beweise, daß ihre Verfahren in den gleichen Gebieten lebten wie heute. Besonders viele solcher Elemente finden sich in Nordost-Sibirien, und der Reichtum alter Elemente gerade in diesen Gebieten zeigt, daß diese Landschaften keinen scharfen nachtertiären Klimawechsel erlitten haben (6). Alle bisherigen Erkenntnisse weisen hier auf den langsamen Gang der Entwicklung der Fauna hin, die sich nur als das Resultat eines relativ stabilen Klimas und aus dem Fehlen einer gewaltsamen Unterbrechung durch eine geschlossene Eisbedeckung erklären läßt. Zu den gleichen Schlußfolgerungen gelangt auch *Martynow* (7) und betont, daß die Ebenen vom Eis unbedeckt geblieben sind. Damit wird der Standpunkt *Tscherskijs* auch von neueren Forschern gerechtfertigt, der schon vor mehr als 60 Jahren behauptete, daß die Fauna Sibiriens sich nur in ihren charakteristischen Arten erhalten konnte, weil eine geschlossene Eiskecke, oder auch nur eine allgemein bedeutende Vereisung im Verlauf der Quartärperiode fehlte. Dieser Standpunkt der Paläozoologie gilt auch heute noch.

Ognew (8) geht bei seinen Untersuchungen über die Säugetierfauna Nordost-Sibiriens noch weiter. Nach ihm besaß dieses Gebiet in der pleistozänen Epoche eine reiche und gewaltige Fauna, ein Zentrum der Ausbreitung vieler Formen. Von hieraus drang das Rentier nach Europa vor und der Moschusochse nach Amerika, und ebenso zerstreuten sich viele andere Tiere nach Osten, Süden und Westen in den Kontinent. Zu diesen Schlußfolgerungen kommt *Ognew* vor allem aus dem Grunde der Vielfalt der fossilen Fauna des sogenannten „Mammut-Komplexes“. Und es ist eine merkwürdige Eigenart dieses Komplexes, daß er Tiere in sich schließt, die gegenwärtig nach ihrer Verbreitung sehr weit auseinanderliegende Gebiete bewohnen. Man vergegenwärtige sich das natürliche Zusammentreffen in einem Gebiet von Moschusochse und Saiga-Antilope, Polarfuchs—Tiger, Elch—Pferd. Dabei ist dieses Zusammentreffen kein Zufall, sondern ist durch die Bedingungen der Lagerung und fast den gleichen Artbestand der Funde auch in anderen Teilen Sibiriens bestätigt. Die Mehrzahl der Tiere, soweit sie gegenwärtig noch existieren, gehören heute als Charaktertiere ganz verschiedenen Landschaften an. Von diesen sind nach *Tugarinow* (9) in dem sogenannten Mammut-Komplex als die wichtigsten gefunden worden:

Bewohner arktischer Breiten:

Polarfuchs (*Alopex lagopus* L.)

Moschusochse (*Ovibus moschatus* Zimmermann 1780)

Nördliche Tiere, Auftreten größtenteils mit Wald verbunden:

Nordischer Vielfraß (*Gulo gulo* L.)

Schneehase (*Lepus timidus* L.)

Elch (*Alces alces* L.)

Rentier (*Rangifer tarandus* L.)

Maralhirsch (*Cervus elephas maral* Ogilby 1840)

Südliche Tiere, vorwiegend in offenem Gelände lebend:

Saiga-Antilope (*Saiga tatarica* L.)

Pferd (*Equus spec.*)

Murmeltier (*Marmota spec.*)

Bison (*Bison priscus* Bojan.)

Tiger (*Panther tigris* L.)

Es fällt schwer, auf den ersten Blick eine Verbindung dieser „fossilen“ Tiere zu erkennen, eine Begründung für die Kombination dieser Tiere in einer Gesellschaft zu finden, angesichts der verschiedensten klimatischen Bedingungen, mit denen ihre heutige Existenz verknüpft ist. Und doch gibt es einen verbindenden Zug, der allen gemeinsam ist oder zumindestens für die Mehrheit zutrifft: Es ist die Kontinentalität des Klimas.

Unwillkürlich erscheinen als Analogie vor unserem Blick die hohen scharf-kontinentalen Gebirge Hochasiens, insbesondere die Grenzgebirge zwischen Sibirien und der Mongolei, wie z. B. Tannu-Tuwa, wo in den Vegetationsregionen sich Steppe, Wald, Bergtundra und kahler Fels berühren und ein ähnliches Gemisch der Fauna zu finden ist, von der Antilope über den Elch bis zum Ren und Murmeltier, um nur einige typische Vertreter zu nennen. So haben wir auch hier eine Gruppierung der Fauna auf engem Raum vor uns, wie sie sonst einzeln nur in weit entfernten Landschaften anzutreffen ist. Darum ist es auch nicht verwunderlich, daß manche Forscher in diesen Gebieten, wie Tannu-Tuwa, die Urheimat vieler Tierformen ansehen.

Die vorstehenden Ausführungen können zu dem Schluß berechtigen, daß in der Zeit der Mammut-Epoche Klimabedingungen herrschten, die wir als kontinental bezeichnen müssen. Sie beherrschten aber auch den äußersten Norden, was gegenwärtig nicht der Fall ist, so daß zu jener fernen Zeit eine Ausweitung des Kontinentalklimas als wahrscheinlich und damit eine Verschärfung im allgemeinen vermutet werden kann. Geologisch-morphologische Untersuchungen im Gebiet des Lena-Aldan-Plateaus (*A. A. Grigorjew*) und auch in Nordost-Sibirien (in den Gegenden der fossilen Eisvorkommen (*Jermolajew* u. a.) haben ergeben, daß in der gleichen Epoche Auswehungen und Staubablagerungen recht bedeutend waren. Fossiles Eis ist nicht selten von Staubschichten überlagert. Da das Auftreten des Mammut-Komplexes mit diesen Schichten eng verbunden ist, so gewinnt die vorher ausgesprochene Vermutung eines streng kontinentalen Klimas an Sicherheit.

Die Funde von Pflanzenresten, die gleichzeitig mit den Mammutkadavern gemacht wurden, ermöglichen es, die Umwelt der damaligen Fauna

und ihre Bedingungen zu rekonstruieren. Zwischen den Zähnen eines Nashorns, eines Zeitgenossen des Mammuts, dessen Körper man am oberen Wiljui entdeckte, wurden Holzfasern von Nadelbäumen und selbst Nadeln gefunden. Bei einem Mammutkörper, den man in der Nähe von Irkutsk auffand, wurden zwischen den Zähnen Holzstückchen von Tannen festgestellt. Im Magen des Mammuts, das bei dem Dorfe Indigirka am gleichnamigen Fluß ausgegraben wurde, fanden sich junge Triebe von Tannen, Kiefern und Tannenzapfen (10). Das Mammut von der Beresowka, eines rechten Nebenflusses am Unterlauf der Kolyma, gehört zu den vollkommensten und am besten erhaltenen Funden. Es wurde von einer Expedition ausgegraben und gab den Anlaß zu einer ganzen Reihe von Spezialarbeiten. Sein Mageninhalt wurde von dem bekannten Botaniker *Sukatschew* (11) untersucht. Er fand nur die Reste einer Wiesenflora: verschiedene Grasarten, insbesondere Riedgräser, so daß man, wie *Sukatschew* selbst sagt, meinen könnte, das Mammut weidete auf einer Wiese (11). Von neun Pflanzen, die genauer bestimmt werden konnten, gehörte eine zu einer mehr südlichen Art, die gegenwärtig im Aldan-Gebiet verbreitet ist, und eine zweite wurde als Steppenpflanze identifiziert. Aus diesen Feststellungen ergibt sich, daß Baumwuchs in der Umwelt des Mammuts keine fremde Erscheinung war. Einen Mammutkörper, den man in der Niederung am unteren Jenissei (70° n. Br.) gefunden hat, lag sogar in einer Schicht gemeinsam mit Holzresten eingebettet (12). Das Mammut lebte somit in verschiedenen Landschaften (verschiedenen „Fazies“), sowohl in der Waldzone als auch in der Waldtundra und Tundra. Wenn die fossilen Reste in klaren stratigraphischen Schichten gefunden worden wären, so würden sie eine größere stratigraphische Bedeutung haben. Doch das ist bisher leider nirgends der Fall. Fest steht nur, daß sie in Schichten auftreten, die auf fossilem Eis liegen. Das Klima zur Zeit der Mammut-Epoche glich etwa dem heutigen, doch war es gegensätzlicher, kontinentaler. Die Annahme, daß die Waldgrenze in der Mammut-Zeit nördlicher lag als die gegenwärtige, ist durchaus berechtigt. *Gekker* (13), *Tolmatschew* (14) und andere Wissenschaftler äußern die gleiche Ansicht. So könnte man allgemein eine gewisse Verschärfung der Kontinentalität des Klimas, verglichen mit der Gegenwart, das Auftreten von Steppenpflanzen im Norden und eine nördlichere Verbreitung des Waldes annehmen. Das sind aber auch alle Schlußfolgerungen, die man aus dem Auftreten des Mammut-Komplexes ziehen kann.

Die zoogeographische Gliederung Sibiriens weist Grenzen auf, die mit den Breitengraden etwa parallel verlaufen. Doch das ist eine Einteilung der Gegenwart, die die Geschichte und das Alter der Fauna nicht berücksichtigt. *Suschkin* (15), der sich mit diesen Fragen sehr intensiv befaßt hat, weist nach, daß eine weit ältere Grenze einen meridionalen Verlauf hat und Sibirien etwa am Jenissei in einen Ost- und Westteil gliedert. Ostwärts desselben existieren viele alte Formen, von denen zahlreiche ausgedehnte Verbindungen nach Ostasien besitzen, teilweise auch nach dem Süden und zur Paläarktis. Die Fauna Westsibiriens dagegen zeigt ein mehr europäisches Bild, sowohl im positiven als auch im negativen Sinne. Trotz des großen Verbreitungsraumes sind eigene Züge hier nur sehr schwach ausgeprägt. Westsibirien steht sowohl in der Menge der Formen als auch in der Zahl der ihr eigentümlichen Fauna weit hinter dem Osten zurück. Von der letzteren existieren überhaupt nur sehr wenige. Wenn wir in den Gebieten ostwärts des Jenissei eine Fauna haben, die sowohl nach der Menge als auch nach dem Charakter Zeichen eines relativ hohen Alters tragen, so besitzt die Fauna Westsibiriens weniger eigene Züge und ist durch einen großen Anteil junger Formen ausgezeichnet.

Nun umfassen die Gebiete ostwärts des Jenissei Landesteile, die zu dem ältesten Festland gehören, das seit urdenklichen Zeiten als eine Einheit existierte. Wenn nun die alten Faunenelemente in Mittel- und Ostsibirien sich bis zur Gegenwart erhalten konnten, so muß ihnen eine ungestörte Existenz und Weiterentwicklung zugestanden werden. Eine allgemeine Eisbedeckung hätte die Erhaltung unmöglich gemacht.

Die Vereisung in Europa und Westsibirien überkleidete weite Gebiete geschlossen mit einer Eisdecke. Alles was in diesen Territorien lebte, stand vor dem Dilemma des Unterganges oder der Emigration. Nach der Vereisung erfolgte eine neue Besiedlung der Gebiete. Aber der durch die Eisbedeckung erzwungene Wechsel verwischte die Spuren der früheren Verbreitung und nahm der Fauna Europas und Westsibiriens ihr eigenes, persönliches Gesicht.

Die postpliozäne Geschichte der Fauna der Gebiete ostwärts des Jenissei ist weniger dramatisch. Eine Änderung der klimatischen Verhältnisse trat auch hier ein und ergab ungünstige Bedingungen für viele Elemente der alten Fauna. Doch infolge des Fehlens einer geschlossenen Eisbedeckung blieb die Möglichkeit erhalten, über den Weg der Angleichung und Anpassung am Ort zu bleiben. Die Höhendifferenzen des in weiten Teilen gebirgigen Landes erlaubten darüber hinaus auch ein örtliches Ausweichen in günstigere

Standorte, wie sie andererseits aber als Hindernis auch eine Emigration verwehrten oder erschwerten. *Martynow* (7) weist dieses Ausweichen bei verschiedenen Formen der Grichoptera nach. So blieb dank aller dieser Umstände Mittel- und Ostsibirien trotz der Klimaänderung mit der gleichen Fauna angefüllt, und die alten Züge und das alte Bild der Verbreitung blieben erhalten.

Als Illustration zu dem vorstehend gegebenen allgemeinen Bild sei noch kurz auf die Verbreitung einiger Säuger Nordost-Sibiriens eingegangen. Die Säugetierfauna innerhalb des Werchojansker Gebirgsbogens hat gegenüber dem übrigen Sibirien eine außerordentliche Ähnlichkeit mit der der Tschuktschen-Halbinsel und Nordamerikas, was auf einen gewissen Abschluß gegen den übrigen Kontinent und auf eine Landverbindung nach Amerika hindeutet. So hat man im Kolyma-Gebiet fünf Arten aus der Gattung der Spitzmäuse (*Sorex*) festgestellt, von denen nur zwei innerhalb des Werchojansker Gebirgsbogens und sonst nirgends in Sibirien vorkommen, während die übrigen auch entlang der Nordküste über die Lena bis zur Chatanga verbreitet sind. Ein ähnliches Bild der Verbreitung zeigen auch Vertreter der Gattungen *Microtus*, *Stenocranus*, *Evotomys*, *Myopus* und *Lemmus* (9), die unwillkürlich eine Analogie mit den nichtvereisten Gebieten Nordostsibiriens erkennen läßt. Von Interesse ist auch das Auftreten der Zieselmaus (russ. *Ssusslik*) *Citellus buxtoni*, die sonst nur den Steppen und Halbwüsten eigentümlich ist. Sie ist, abgesehen von den Gebirgen, auch in den Niederungen der Jana, Indigirka und Kolyma verbreitet, wo sie in der reinen Tundra bis zum Meere vorkommt. Sie hat sich den nördlichen Existenzbedingungen vollkommen angepaßt. 3—3½ Monate nur ist sie bei vollem Leben, während sie 8—9 Monate in einer Art Winterschlaf verbringt, und zwar im Eisboden bei einer Temperatur von 20—30 ° Kälte (9). Eine Zeit geologischen Ausmaßes muß notwendig gewesen sein, um diesen Steppennager an diese biologischen Bedingungen zu gewöhnen. Ein ähnliches Leben führt das Murmeltier (russ. *Ssurok*) *Marmota bungei*, das schon im Mammut-Komplex fossil auftritt (9) und heute sowohl innerhalb des Werchojansker Gebirgsbogens als auch an der Lena-Mündung verbreitet ist.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß aus dem Alter, der Geschichte und dem Bild der heutigen Fauna Sibiriens auf eine in den einzelnen Gebieten verschiedenartige Vereisung geschlossen werden kann. Mittel- und Ostsibirien haben auf keinen Fall eine geschlossene Eisbedeckung erlebt. So gering auch die Bedeutung der

Fauna als Klimafaktor angesehen wird, so weisen die fossile Fauna und die mit ihnen zusammenhängenden Merkmale doch deutlich auf ein Klima hin, das sich vom gegenwärtigen im wesentlichen nur durch eine schärfer betonte Kontinentalität unterschied.

Literatur

1. *Sensinow, W. M.*: Dobytscha mamontowoj kosti na Nowosibirskich ostrowach (Die Gewinnung v. Mammutknochen auf d. Neusibirischen Inseln). *Priroda* 1915.
2. *Tscherskij, I. D.*: Opissanije kollekcii posletretitschnych mlekopitajuschtschich shiwotnych, sobrannyh Nowosibirskoj eksped. 1885/86 g. (Beschreibung der Kollektion von Säugetieren, gesammelt v. d. Neusibirischen Exped. 1885/86). Anlage z. Sap. d. Ak. d. Wiss. 1891.
3. *Tanfiljew, G. I.*: Geografija Rossii, Ukrainy usw. (Geographie Rußlands, d. Ukraine usw.). Band Sibirien, Odessa 1926.
4. *Gromow, W. I.*: Itogi isutschenija tschetwert. mlekopitajuschtschich i tscheloweka na territorii SSSR (Ergebnis d. Erforsch. d. quartären Säugetiere u. d. Menschen in d. Gebiet d. UdSSR). *Mat. z. Quartärperiode*, Moskau 1936.
5. *Tugarinow, A. J.*: Opyt istorii fauny Ewrasii (Versuch einer Geschichte d. Fauna Eurasiens). *Trudy d. II. Int. Konf. d. Quartärforschung*, V, 1934.
6. *Tugarinow, A. J.*: Relikty ornitofauny Sojusa i ich werojatnaja istorija (Relikte der Ornithofauna u. ihre wahrscheinl. Geschichte). In „*Problemy reliktow wo flore SSSR*“, *Bot. Inst. Ak. d. Wiss.* 1938.
7. *Martynow, A. W.*: Sametka o faune rutschenikow (Grichoptera) Anadyrskogo i Tschukotskogo krajew (Merkmale d. Fauna d. Grichoptera im Anadyr- u. Tschuktschen-Gebiet). *Arctica* 4, 1936.
8. *Ognew, S. I.*: Mlekopitajuschtschije Sewero-wostotschnoj Sibiri (Die Säugetiere Nordostsibiriens). *Wladiwostok* 1926.
9. *Tugarinow, A. J.*: Obschtschij obsor fauny Jakutii (Allg. Überblick d. Fauna Jakutiens). *Sammelwerk „Jakutien“*, Moskau 1927.
10. *Baer, K. E.*: Neue Auffindung eines vollständigen Mammut mit der Haut und den Weichteilen im Eisboden Sibiriens in der Nähe der Bucht des Tas. *Bull. d. Ak. d. Wiss. St. Petersburg* 1866.
11. *Sukatschew, W. N.*: Issledowanija rastitel'nych ostatkow is pischtschi mamonta, najdenogo na r. Beresowke (Untersuchung d. Pflanzenreste aus d. Nahrung des an d. Beresowka gefundenen Mammut). *Wiss. Ergeb. d. Exped. z. Beresowka*, Ak. d. Wiss. 1901/04.
12. *Schmidt, F.*: Wissenschaftl. Resultate d. zur Aufsuchung eines angekündigten Mammutcadavers v. d. Kais. Acad. d. Wiss. an den unteren Jenissei ausgesandten Expedition. *Mém. d. Ak. d. Wiss. St. Petersburg* 1872.
13. *Gekker, R. F.*: Geolog. otscherk Jakutskoj respublike (Geolog. Abriß der Jakutenrepublik). *Sammelw. „Jakutien“*, Moskau 1927.
14. *Tolmatschew, A. I.*: Rastitel'nostj epochi mamonta w arktitscheskoj Sibiri (Die Pflanzenwelt z. Z. d. Mammut-Epoche im arkt. Sibirien). *Tageb. d. allruss. bot. Kongr.* 1928.
15. *Suschkina, P. P.*: Soologitscheskije oblasti Srednej Sibiri i blishajschich tschastej Nagornoj Asii i opyt istorii sowremennoj fauny palearktitscheskoj Asii (Die zoologischen Provinzen Mittelsibiriens und der benachbarten Teile Hochasiens und Versuch einer Geschichte der heutigen Fauna im paläarktischen Asien). *Bull. d. Moskauer Naturf. Ges. Abt. Biologie*, 1925.