sezona sjeverne hemisfere rasla, onda je zimska sezona južne opadala.

Utjecaj varijacija veličine ε perturbira, prema tome, alternativan značaj promjenâ veličina q na sjevernoj i južnoj hemisferi. O tome nas potpuno uvjerava grafična predstava veličina q, pa za visoke geografičke širine otpada i druga zamjerka činjena astronomskim teorijama ledenih doba. Taj rezultat postigao je i Spitaler u svojoj naprijed spomenutoj radnji.

Današnji nagib ekliptike od 23°27·5′ razlikuje se malo od njegove srednje vrijednosti 23°17·5′, pa zato je dan danas, i ako je dužina zimske sezone južne hemisfere dostigla jedan od svojih sporednih maksimuma, vrijednost q_h' za geografičke širine, koje pripadaju spomenutoj južnoj polarnoj kaloti, daleko od svojega minimuma. I u stvari je današnji srednji zimski dan 60° južne hemisfere hladniji samo za 4·1% od današnjega srednjeg zimskog dana 60° sjeverne hemisfere, dok je njegova toplotna množina bila godine 94.000. prije god. 1850. po Hr. za 10% manja od toplotne množine današnjega zimskog dana 60.° sjeverne hemisfere. Ta postotna razlika može, kao što ću odmah pokazati, narasti i do 14·8%. Današnje termičko stanje polarne kalote južne hemisfere udaljeno je, prema tome, veoma od njena ekstremnoga stanja, pa zato gubi i treća zamjerka, činjena astronomskim teorijama, svoj značaj.

Uz maksimalni ekscentricitet i minimalni nagib ekliptike, a pri dužinama perihela od 90° odnosno 270°, bio bi srednji zimski dan 60.° južne širine za 14·8% hladniji, odnosno za 14·7% topliji od današnjega srednjeg dana 60.° sjeverne širine. Totalna amplituda srednjega zimskoga dana 60.° geografičke širine (sjeverne ili južne) čini dakle punih 29·5% njegove sadašnje vrijednosti na sjevernoj hemisferi.

Utjecaj tako velikih promjena toplotnih množina, što ih prima zemlja od sunca, mora se pokazati i u klimatskoj slici naše zemlje. U kakovu se obliku taj utjecaj pokazuje i jesu li ledena doba njegova posljedica, to je pitanje, kojega se riješenju ima tek pristupiti.

Централна библиотека С. А. Н. Београд

10.

O pitanju astronomskih teorija ledenih doba. — Über die Frage der astronomischen Theorien der Eiszeiten.

Izvadak iz rasprave, priopćene u „Radu", knj. 204. (1914.), str. 141. Auszug aus der im „Rad" Bd. 204 (1914), S. 141, veröffentlichten Abhandlung.

Napisao Dr. M. Milanković. — Von Dr. M. Milanković.[1]

Die Wärmemengen, welche einer Flächeneinheit der Erdoberfläche von der Sonne zugeführt werden, hängen von den folgenden Größen ab: von der Solarkonstante I_0, der Jahreslänge T, der großen Halbachse a und der Exzentrizität e der Erdbahn, von der Schiefe der Ekliptik ε und von der geographischen Breite φ des betreffenden Punktes an der Erdoberfläche.

Die säkularen Schwankungen der Solarkonstante I_0 sind unbedeutend, und man kann dieselbe ebenso wie die Größen a und T als konstant ansehen. Daher lassen sich die Wärmemengen W_e und W_h, welche eine bestimmte Einheit der Erdoberfläche im Laufe des Sommer- beziehungsweise Winterhalbjahres empfängt, folgendermaßen ausdrücken:

$$(1)\quad \begin{cases} W_e = W_e(\varphi, e, \varepsilon) \\ W_h = W_h(\varphi, e, \varepsilon). \end{cases}$$

Aus der Form dieser Funktionen leitete der Verfasser Dr. M. Milanković in seiner Arbeit „Über die Verteilung der Sonnenstrahlung auf der Erdoberfläche"[2] das Resultat ab, daß ein Ort südlicher geographischer Breite während seines Sommer- beziehungsweise Winterhalbjahres dieselbe Wärmemenge empfängt, wie ein Ort derselben geographischen Breite an der nördlichen Halbkugel während seines Sommer- beziehungsweise Winterhalbjahres. Die Längen dieser Jahreshälften hängen von der Exzentrizität e der Erdbahn, sowie von der Anomalie ν_0 der

[1] Den vorliegenden Auszug verfaßte Herr Univ.-Prof. Dr. V. Varićak.

[2] Sitzungsberichte der k. serbischen Akademie, Bd. XC (1913).

Sonne im Frühlingspunkt, beziehungsweise von der Länge des Perihels Π ab. Bezeichnet man die Länge des Sommer- und Winterhalbjahres an der nördlichen Halbkugel mit T_e und T_h, und an der südlichen Halbkugel mit gleichen aber gestrichenen Buchstaben, so wird

$$(2)\quad \begin{cases} T_e = T_h' = T_e\,(e,\ \Pi) \\ T_h = T_e' = T_h\,(e,\ \Pi). \end{cases}$$

Dem mittleren Sommertage beziehungsweise dem mittleren Wintertage an der nördlichen Halbkugel entsprechen demnach folgende Wärmemengen:

$$(3)\quad \begin{cases} q_e = \dfrac{W_e\,(\varphi,\ e,\ \varepsilon)}{T_e\,(e,\ \Pi)} \\ q_h = \dfrac{W_h\,(\varphi,\ e,\ \varepsilon)}{T_h\,(e,\ \Pi)}. \end{cases}$$

An der südlichen Halbkugel sind die betreffenden Wärmemengen durch die Ausdrücke gegeben:

$$(4)\quad \begin{cases} q_e' = \dfrac{W_e\,(\varphi,\ e,\ \varepsilon)}{T_h\,(e,\ \Pi)} \\ q_h' = \dfrac{W_h\,(\varphi,\ e,\ \varepsilon)}{T_e\,(e,\ \Pi)}. \end{cases}$$

Die ungleiche Dauer der Jahreszeiten zieht die Ungleichheit der Größen q_e und q_e', sowie der Größen q_h und q_h' nach sich.

Wegen der säkularen Schwankungen der Größen e, ε und Π sind auch die Größen q säkularen Änderungen unterworfen. Diese Schwankungen in der Verteilung der Sonnenstrahlung auf der Erdoberfläche wurden von einigen Forschern als Ursachen der Eiszeiten angesehen.

Das Phänomen der säkularen Variationen der Wärmemengen q läßt sich mathematisch genau beschreiben, und es ist darüber nicht weiter zu streiten. Die Sache wird jedoch kontrovers, sobald man sich die Frage vorlegt, wie jene Variationen der Wärmemengen q sich im klimatischen Bilde unserer Erde offenbart haben.

ЦЕНТРАЛНА БИБЛИОТЕКА С. А. Н. *БЕОГРАД

Vom Wunsche getrieben, je eher auf diese Frage eine Antwort zu geben, nahmen die Begründer verschiedener astronomischer Eiszeitentheorien nicht genügend Rücksicht auf alle jene Elemente, welche bei der Variation der Größen q von Belang sind; sie beschränkten sich auf die Untersuchung des Einflusses der Änderungen meist eines, höchstens zweier Elemente.

Erst in neueren Zeit fing man an, diesem Teile des Problems eine größere Sorgfalt zu widmen. Im Jahre 1896 veröffentlichte Hargreaves eine elegante Untersuchung über die Abhängigkeit der Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche von den astronomischen Elementen. Im J. 1901 erschien eine Arbeit Chariers, die sich mit den säkularen Schwankungen der Größen T_e und T_h beschäftigt. In den Sitzungsberichten der k. k. Akademie in Wien erschienen in den Jahren 1905 und 1907 zwei Arbeiten von Hopfner, in denen ein Versuch gemacht wurde, die astronomische Seite des Problems einer weitgehenden Untersuchung zu unterwerfen; leider sind die Resultate durch einige rechnerische Versehen entwertet.

In der vorherzitierten Arbeit unternahm Dr. Milanković ein so gut als möglich vollständiges Bild über die säkularen Schwankungen der Wärmemengen q zu geben, um dadurch eine solide Basis für weitere Untersuchungen in dieser Richtung zu gewinnen, und auf diese Weise zu ergründen, wie jene Schwankungen in klimatischen Verhältnissen unserer Erde sich geäußert haben. Nachdem Dr. Milanković auch diesen Teil seiner Untersuchungen beendete, teilt er hier seine diesbezüglichen qualitativen Resultate mit, um diese mit den astronomischen Theorien der Eiszeiten zu vergleichen.

In der Theorie der Störungen werden die Variationen der Größen e, ε und Π als Funktionen der Zeit dargestellt. Stockwell[1] zog die gegenseitigen Störungen der acht Planeten in Betracht und entwickelte die Formeln für die säkularen Schwankungen jener Größen e, ε und Π, während Pilgrim die Werte dieser Funktionen für den Zeitintervall von 10.100 Jahrtausenden vor Chr. bis 500 Jahrtausende nach Chr. berechnete und tabellarisch zusammenstellte. Man kann daher, von den Gleichungen für W_e, W_h, T_e und T_h ausgehend, welche Dr. Milanković

[1] Smithsonian Contributions, Vol. XVIII, Washington 1873.

[2] Jahreshefte des Vereins für vaterl. Naturkunde in Württemberg, Bd. 60.

in seiner erwähnten Abhandlung abgeleitet hat, jene Größen als Funktionen der Zeit darstellen. Man erhält daraus das folgende Resultat.

Die Längen des Sommer- bezw. Winterhalbjahres können um ihren Mittelwert (welcher der Hälfte des tropischen Jahres gleich ist) um 8·6% in positivem sowie in negativem Sinne, im ganzen also um 17·2%, variieren. Diese Variationen der Größen T_e und T_h liegen der ersten Kategorie astronomischer Theorien der Eiszeiten (von Adhémar, Croll, Wallace, Ball) zu Grunde.

Bei diesen Theorien kommen die Variationen der Zähler in den Ausdrücken (3) und (4), welche durch die Variation des astronomischen Elementes ε hervorgerufen werden, nicht in Betracht, und zwar aus folgendem Grunde. Croll und Ball, welche jenen Theorien die mathematische Begründung gaben, berücksichtigen in ihren Berechnungen nicht die Wärmemengen, welche einem gewissen Parallelkreise zugeführt werden, sondern sie operieren, einer größeren Einfachheit wegen, mit den Wärmemengen W_e und W_h, welche der ganzen nördlichen oder südlichen Halbkugel während ihres Sommer- bzw. Winterhalbjahres zugeführt werden. Sie rechnen also mit den Wärmemengen, welche durch die Ausdrücke

$$(5)\quad \left|\begin{aligned} \mathfrak{W}_e &= r^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} W_e(\varphi, e, \varepsilon) \cos\varphi \, d\varphi \\ \mathfrak{W}_h &= r^2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} W_h(\varphi, e, \varepsilon) \cos\varphi \, d\varphi, \end{aligned}\right.$$

dargestellt sind. Hier bedeutet r den Radius der Erdkugel. Diese Wärmemengen variieren zusammen mit den Größen e und ε, ihre Änderungen sind jedoch so winzig (W_e schwankt um seinen Mittelwert um 1·1%, und W_h um 1·8%), daß dieselben gegenüber den Variationen der Größen T_e und T_h gar nicht in Betracht kommen.

Ekholm und Spitaler untersuchten in ihren Arbeiten[1], welche die zweite Kategorie astronomischer Theorien der Eiszeiten bilden, den Einfluß, den die Variation der Schiefe der Ekliptik auf die Verteilung der Wärmemengen, welche die Erde von der Sonne empfängt, ausübt; sie versuchten auch die durch jene Variation verursachten Temperaturänderungen zu berechnen. Ekholm untersuchte aber nur diesen Einfluß, ohne die Variationen der Größen T_e und T_h und deren Einfluß auf die mittleren Saisonwärmen in Betracht zu ziehen. Spitaler versuchte zwar auch diese Variationen in Rechnung zu ziehen, seine Berechnungen basieren aber leider auf falschen Resultaten Hopfners.

Die erste Kategorie astronomischer Theorien der Eiszeiten operiert hauptsächlich mit den Variationen der Nenner, und die zweite mit den Variationen der Zähler in den Ausdrücken (3) und (4).

Nach dem Standpunkte der ersten Kategorie jener Theorien hängen die Änderungen der mittleren Wärmemengen

$$(6)\qquad Q_e = \frac{\mathfrak{W}_e}{T_e} \text{ und } Q_h = \frac{\mathfrak{W}_h}{T_h},$$

beziehungsweise

$$(7)\qquad Q_e' = \frac{\mathfrak{W}_e}{T_h} \text{ und } Q_h' = \frac{\mathfrak{W}_h}{T_e},$$

welche während eines Sommer- beziehungsweise Wintertages der nördlichen bzw. der südlichen Halbkugel zugeführt werden, hauptsächlich von den Variationen der Größen T_e und T_h ab.

Nach dem Vorhergehenden hängen die Größen T_e und T_h nur von e und Π ab. Infolge der Änderung der Größe Π, welche in etwa 21.000 Jahren auf 360° heranwächst, würden jene Größen mit derselben Periode um ihre Mittelwerte oszillieren. Die Größe e oszilliert zwischen den Grenzen $e = 0$ und $e = 0{\cdot}0677$ mit der mittleren Periode von beiläufig 92.000 Jahren, daher würden auch jene Größen mit dieser längeren Periode um ihre Mittelwerte oszillieren. Die gleichzeitige Änderung der Größen Π und

[1] Erschienen im Quart. Journ. R. Met. Soc. XXVII (1901) und in Gerlands Beiträgen zur Geophysik, VIII (1907).

e bewirkt aber, daß T_e und T_h Oszillationen mit den anfänglichen Perioden von 21.000 Jahren ausführen, welche dann mit wachsendem e immer länger werden, bis dieselben zugleich mit e ihren Maximalwert erreichten haben. Die beiden Oszillationen überlagern sich also. Dieser doppelte oszillatorische Charakter der Größen T_e und T_h zeigt sich klar in einer graphischen Darstellung dieser Größen, wie sie Charlier gegeben hat. Erreicht die Größe T_e ihr Maximum, so hat man auf der nördlichen Halbkugel einen langen Sommer und einen kurzen Winter, auf der südlichen dagegen einen langen Winter und einen kurzen Sommer. Da nun die Größen W_e und W_h sich nicht merklich ändern, so wird nach den Formeln (6) und (7) der mittlere Wintertag auf der nördlichen Halbkugel warm, auf der südlichen dagegen kalt sein.

Durch diese Variationen des mittleren Wintertages erklären die erwähnten Theorien das Zustandekommen der Eiszeiten. Dagegen hat man Folgendes geltend gemacht:

1. Nach jenen Theorien würden die Eiszeiten in verhältnismäßig kurzen, genug regelmäßigen Intervallen periodisch wiederkehren; dem widerspricht aber die geologische Erfahrung.

2. Im Gegensatz zur geologischen Erfahrung würden die Eiszeiten auf der nördlichen und der südlichen Halbkugel abwechselnd in Erscheinung treten; die gleichzeitige Vereisung beider Halbkugeln wäre unmöglich.

3. Da die Länge des Winters an der südlichen Halbkugel ihr Maximum erreicht hat, hätte man nach jenen Theorien den Eintritt der Eiszeit auf der südlichen Halbkugel jetzt zu erwarten; tatsächlich zeigt jedoch die südliche Halbkugel einen wärmeren Winter als die nördliche.

Diese Einwürfe haben die Grundlagen der angeführten Theorien erschüttert. Daher kam in neuerer Zeit eine dritte Kategorie astronomischer Theorien der Eiszeiten zustande (G. H. Darwin, Schiaparelli), bei welcher die Änderungen des Elementes φ in Rechnung gezogen wird. Da aber die Lagenänderung der Rotationsachse im Geoid eine unbestrittene mechanische Erklärung bis jetzt noch nicht gefunden hat, ist eine größere Variation des Elementes φ (im Gegensatze zu den Variationen der Elemente e, Π und ε) allenfalls noch hypothetisch.

Das ganze Phänomen der Variation jener Wärmemengen, welche der Erde während der einzelnen Jahreszeiten zugeführt werden.

ändert sich aber gänzlich, wenn man die säkularen Schwankungen jener Wärmemengen, welche einem gewissen Punkte der Erdoberfläche und nicht der ganzen Halbkugel zugeführt werden, ins Auge faßt, d. h. wenn man die Variationen der durch die Gleichungen (3) und (4) definierten Größen q, nicht aber die Variationen der durch (6) und (7) definierten Größen Q einer Untersuchung unterwirft. Bei der Variation jener Größen kommt auch die Variation des Elementes ε zur Geltung, und dies gibt der betrachteten Erscheinung einen neuen Charakter.

Nach Stockwells Berechnungen variiert die Schiefe der Ekliptik zwischen den Grenzen von 21° 58′ 36″ und 40° 35′ 58″, also um 2° 37′ 22″. Infolge der Schwankung der Schiefe der Ekliptik werden jene Wärmemengen, welche der nördlichen oder der südlichen Halbkugel während ihres Winter- oder Sommerhalbjahres zugeführt werden, nicht merklich geändert; die Verteilung dieser Wärmemengen an beiden Halbkugeln wird aber dadurch eine andere.

Wird die Schiefe der Ekliptik vergrößert, so vermindern sich die Wärmemengen, welche im Laufe eines Jahres den Orten zwischen den geographischen Breiten $\varphi = 0$ und $\varphi = 43° 20'$ zugeführt werden; für die Orte von der geographischen Breite $\varphi = 43° 20'$ bis $\varphi = 90°$ werden dagegen jene Wärmemengen vergrößert. Bei der totalen Variation von 2° 37′ 22″ der Schiefe der Ekliptik berechnen sich nach Hargreaves die Variationen der jährlichen Wärmemengen in Prozenten folgendermaßen:

$\varphi =$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Die Variation in %:	−0·9	−0·9	−0·8	−0·6	−0·2	+0·5	+2·0	+6·5	+9·6	+10·6

Die Schwankung der Schiefe der Ekliptik übt aber einen noch wichtigeren Einfluß aus, den Hargreaves nicht untersucht hat. Nebst der erwähnten Änderung längs des Meridians wird im Laufe des Jahres an jedem Orte jenes Meridians auch die Verteilung der Wärmemengen geändert. Die Vergrößerung der Schiefe der Ekliptik vermindert die winterlichen Wärmemengen eines jeden Ortes längs des Meridians, vergrößert dagegen die sommerlichen Wärmemengen der Orte zwischen $\varphi = 11° 23'$ und $\varphi = 90°$. Die Änderung der Schiefe der Ekliptik vergrößert also den Gegensatz zwischen dem Sommer und Winter.

Nach den Berechnungen des Verfassers Dr. Milanković ruft die totale Variation der Schiefe der Ekliptik folgende prozentuelle Änderungen der Größen W_e und W_h hervor:

	$\varphi =$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Prozentuelle Änderung	W_e	−0·9	−0·1	+0·7	+1·5	+2·5	+3·7	+5·3	+8·3	+10·1	+10·6
	W_h	−0·9	−1·8	−2·8	−4·0	−5·7	−8·2	−12·5	−12·1	−11·2	0

Für hohe geographische Breiten sind diese Änderungen ganz beträchtlich. Aus der obigen Tabelle ersieht man, daß die Wärmemenge, welche einem Orte unter 60° geographischer Breite während seines Winters zugeführt wird, durch die totale Variation der Schiefe der Ekliptik um volle 12·5% geändert wird. Unter dieser Breite sind demnach die Änderungen des Gegensatzes zwischen dem Winter und dem Sommer fast ebenso groß, als die maximalen Änderungen jenes Gegensatzes, hervorgerufen durch die Änderung der Dauer der Jahreszeiten.

Die Variation der Exzentrizität e beeinflußt nur unbedeutend die Größen W_e und W_h, und ist daher nicht in Betracht zu nehmen.

Beachtet man demnach die Variationen aller veränderlicher astronomischer Elemente e, Π und ε, so erhält man das folgende Resultat: Infolge der Variationen der ersten zwei Elemente wird die Dauer des Sommer- beziehungsweise Winterhalbjahres geändert; es ändern sich also die Neuner T_e und T_h in den Ausdrücken (3) und (4), während durch die Variation des Elementes ε in jenen Ausdrücken die Zähler geändert werden. Bis zu 50° geographischer Breite ist diese Änderung in den Zählern nicht beträchtlich, so daß das Phänomen der Variation der mittleren Saisonwärmemengen zwischen dem fünfzigsten nördlichen und demselben südlichen Parallelkreise hauptsächlich durch die Änderung der Dauer der Jahreszeiten beeinflußt wird. Für diese Zone behalten die Rechnungen Crolls und Balls, die bei der Aufstellung ihrer Theorie ausgeführt wurden, ihre Gültigkeit. Für die höheren Breiten jedoch, d. h. für die Polarkalotten oberhalb 50°, insbesondere für den 60. Grad geographischer Breite, muß man auch auf die Variation des astronomischen Elementes ε Rücksicht nehmen.

In diesen Breiten sind die mittleren Sommer- beziehungsweise Winterwärmemengen Funktionen der Variablen e, Π und ε, welche alle drei die Variationen jener Wärmemengen in demselben Sinne beeinflußen. Infolge der Variation des ersten Elementes würden die Größen q_e und q_h um ihre Mittelwerte mit der Periode von 92 Tausend Jahren oszillieren; infolge der Variation des zweiten beziehungsweise dritten Elementes würde jene Periode 21 bzw. 40 Tausend Jahre betragen. Alle diese drei Oszillationen verschiedener Perioden und ungleicher Phasen vollführen die Größen q gleichzeitig, und dadurch wird der regelmäßige oszillatorische Charakter gestört, welchen dieselben unter kleineren geographischen Breiten aufweisen. Die den Polarkalotten entsprechenden Größen q oszillieren sehr unregelmäßig. So z. B. vollführt die dem 60. Grade nördlicher Breite entsprechende Größe q_h im Zeitintervalle von 72.000 bis 25.000 Jahren vor dem Jahre 1850 nach Chr. eine einzige Oszillation, während sie infolge Änderung der Dauer der Jahreszeiten volle zwei Oszillationen vollführt haben würde. Beachtet man also die Variation der Saisonwärmemengen in den geographischen Breiten oberhalb des 50. Grades, und zieht man geziemend auch die Variationen der Schiefe der Ekliptik in Betracht, so verliert der erste Vorwurf, den man gegen astronomische Theorien der Eiszeiten erhoben hat, seine Geltung.

Infolge der Änderung der Schiefe der Ekliptik erleiden auch die Größen q_e und q_e', bzw. q_h und q_h' in demselben Sinne eine Änderung. Die Vergrößerung der Schiefe der Ekliptik vermindert nämlich gleichzeitig die gleichnamigen Saisonwärmemengen auf der nördlichen und südlichen Halbkugel, während die Änderungen der Größe Π jene Wärmemengen im entgegengesetzten Sinne beeinflußt haben.

Die Variation der Größe ε stört demnach das regelmäßige Alternieren der Änderungen der Größen q auf der nördlichen und südlichen Halbkugel. Die graphische Darstellung der Größen q liefert den vollen Beweis dafür. Für höhere Breiten entfällt also auch der zweite Vorwurf, den man gegen astronomische Theorien der Eiszeiten erhoben hat. Dieses Resultat erreichte Spitaler in seiner erwähnten Abhandlung.

Die jetzige Schiefe der Ekliptik von 23° 27·5′ unterscheidet sich wenig von ihrem Mittelwert, welcher 23° 17·5′ beträgt, daher ist heutzutage die Größe q_h' für die der erwähnten südlichen

Polarkalotte zugehörigen Breiten fern von ihrem Maximum, obwohl jetzt die Länge der Wintersaison an der südlichen Halbkugel ein Nebenmaximum erreicht hat. In der Tat ist der mittlere Wintertag auf dem 60. Grad der südlichen Halbkugel nur um 4·1% kälter, als der mittlere Wintertag unter dem 60. Grad der nördlichen Halbkugel, während 94 Jahrtausende vor dem Jahre 1850 nach Chr. seine Wärmemenge um 10% kleiner war, als die Wärmemenge des heutigen Wintertages auf dem 60. Grad der nördlichen Halbkugel. Dieser Unterschied kann auf 14·8% anwachsen. Der thermische Zustand der Polarkalotte an der südlichen Halbkugel ist demnach fern von seinem Extrem, und so verliert auch der dritte Vorwurf, den man gegen die genannten astronomischen Theorien erhoben hat, seine Bedeutung.

Bei der maximalen Exzentrizität und der minimalen Schiefe der Ekliptik, sowie bei den Längen des Perihels von 90 bzw. 270 Grad, wäre der mittlere Wintertag unter dem 60. Grad der südlichen Breite um 14·8% kälter bzw. um 14·7% wärmer als der heutige mittlere Tag unter dem 60. Grad der nördlichen Breite. Die totale Amplitude des mittleren Wintertages unter dem 60. Grad der nördlichen Breite macht volle 29·5% seines jetzigen Wertes an der nördlichen Halbkugel aus.

Der Einfluß so bedeutender Schwankungen der Wärmemengen, welche der Erde von der Sonne zugeführt werden, muß auch auf das klimatische Bild unserer Erde eine Wirkung ausüben. In welcher Form sich aber ihr Einfluß offenbart, und ob sie die Eiszeiten im Gefolge hat, das ist eine Frage, deren Lösung man erst in Angriff nehmen muß.

ЦЕНТРАЛНА БИБЛИОТЕКА С. А. Н. БЕОГРАД