

- KNAUER, J.: Erl. zur geol. Karte v. Bayern 1:100 000, Teilblatt Starnberg und Landsberg, 1929 und 1931.
- Derselbe: Die Ablagerungen der älteren Würmeiszeit im süddt. und norddt. Vereisungsgebiet. — München 1935.
- Derselbe: Widerlegung der Einwendungen K. Trolls gegen die Vorrückungsphase der Würmeiszeit. — Mitt. Geogr. Ges. München, 1937.
- MÜHLBERG, F.: Der Boden von Aarau. — Festschrift Kantonschule Aarau 1896.
- PENCK, A. und BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. — Leipzig 1901/09.
- SCHAEFER, I.: Die diluviale Erosion und Akkumulation — Erkenntnisse aus Untersuchungen über die Talbildung im Alpenvorland. — Forsch. zur deutschen Landeskunde 49/1950.
- SCHINDEWOLF, O. H.: Grundlagen und Methoden der paläontologischen Chronologie. — Berlin 1944.
- SOERGEL, W.: Die Ursachen der diluvialen Aufschotterung und Erosion. — Berlin 1921.
- Derselbe: Das diluviale System. — Fortschr. Geol. und Paläont. 39/1939.
- TROLL, C.: Die Eiszeitenfolge im nördl. Alpenvorland. — Mitt. Geogr. Ges. München 1931.
- Derselbe: Die sog. Vorrückungsphase der Würmeiszeit und der Eiszerfall bei ihrem Rückgange. — Mitt. Geogr. Ges. München 1936.
- WOLDSTEDT, P.: Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Diluviums. — Stuttgart 1929.

## Die Eisbilanzkurve und die Gliederung der Eiszeit

Vortragsauszug von W. W u n d t, Freiburg i. Br.

Die Eisbilanzkurve ist eine Fortbildung der Strahlungskurve (MILANKOVITCH) und der Vereisungskurve (SOERGEL). Während die Vereisungskurve im wesentlichen ein empirisches Gebilde darstellt, das sich auf der Lage der Endmoränen in Norddeutschland aufbaut, kehrt die Eisbilanzkurve zur Rechnung zurück, wobei sie sich auf die Strahlungskurve stützt. In manchen Ländern ist es üblich, die Niederschläge vom 1. Tage des Jahres an laufend zu summieren, um festzustellen, ob man hinter der normalen Summe zurückbleibt oder sie überschreitet; ebenso kann man für Jahrzehnte und viel längere Perioden verfahren. Bei gleichbleibendem Klima müßte die Summe gleichmäßig wie eine Gerade ansteigen. Bleibt die tatsächliche Summe unter dieser Geraden, so kennzeichnet sie eine Reihe von Trockenjahren, ebenso eine Serie von Naßjahren, wenn sie sich über die Gerade erhebt. Genau so kann man mit der Strahlungskurve verfahren, die bekanntlich für die letzten 600 000 Jahre berechnet vorliegt. Nimmt man an — was genähert zutrifft — daß die Strahlung zu Beginn und am Ende dieses Zeitraums gleich war, so kann man auch hier eine Wellenlinie berechnen, die hinter dem gleichmäßigen Anstieg teils zurückbleibt, teils ihn übertrifft. Diese Linie ist geeignet, die Verspätungseffekte, die bei klimatischen Erscheinungen auftreten, auch rechnerisch zum Ausdruck zu bringen; denn die Lage des einzelnen Punktes hängt nicht nur von der augenblicklichen Strahlung, sondern zugleich auch von allen vorausgehenden ab. Dabei werden kleinere Strahlungsanstiege, die in größere Perioden des Abmangels eingebettet sind, überbrückt werden (Interstadiale!), während sonst schwächere Hebungen zusammen einen starken Anstieg abgeben können (Interglaziale!).

Man könnte annehmen, daß auf diese Weise die bekannten empirischen Einteilungen der Eiszeit, z. B. die PENCK'sche Gliederung, besser zum Ausdruck kämen als bei der Strahlungskurve selbst; denn letztere enthält ja über ein

Dutzend Vorstöße und es liegt nahe, daß sich diese durch die Summierung abschleifen und nur wenige starke davon übrig bleiben. Aber diese Erwartung erfüllt sich zunächst nicht. Die Wellenlinie erhebt sich in der ersten Hälfte und in der Mitte sehr lange über den normalen Anstieg — dies könnte dem großen Interglazial entsprechen — aber in der zweiten Hälfte sinkt sie unter diesen herab und läßt eine Scheidung zwischen Riß- und Würmkomplex kaum erkennen; ferner tritt das Altdiluvium (Günz-Mindelkomplex) zu schwach in Erscheinung. — Aber das Bild ändert sich, wenn wir uns überlegen, daß wir ja hierdurch der Natur die Fähigkeit zuschreiben, dauernd gleichmäßig zu summieren. Dies trifft für die Eiszeiten im allgemeinen zu, nicht aber für die zwischenliegenden Warmzeiten. Große Eis- und Schneeflächen haben die oft beschriebene Tendenz zur Vergrößerung und Selbststeigerung, die mit der verstärkten Reflexion zusammenhängt und eine Summierung nach der negativen Seite zur Folge hat. Aber in den übrigen Zeiten und auch sonst in den nicht vereisten Teilen der Erde besteht nur eine schwache Möglichkeit der Speicherung in Form von Meerwärme und sie bleibt, physikalisch betrachtet, weit hinter der ‚Kältespeicherung‘ der Eiszeiten zurück. MILANKOVITCH hat eine Reihe von Zeitpunkten berechnet, für die wegen starker Wärmezufuhr eine völlige Enteisung der Erde anzunehmen ist. Greift man von diesen wieder die am meisten begünstigten heraus oder faßt sie als höchste Punkte der Summenlinie ins Auge, dann darf man annehmen, daß hier die vorausgehende Summation der Klimateffekte vorübergehend zum Stillstand gekommen ist, d. h. daß sie bei der nächsten Strahlungssenkung neu begonnen und weitergeführt werden muß, bis ein neuer besonders starker Strahlungsanstieg auch diese Summationsperiode beendet.

Führt man die Rechnung mit 600 000 v. Chr. (nach einer langen Periode erhöhter Strahlung) beginnend durch, so stößt man erst um 490 000 und dann wieder um 360 000 auf starke Hebungen der Summe, die in mehrmaliger Wiederholung die Zeit bis 230 000 einnehmen. Um 130 000 folgt dann nochmals ein starker Anstieg der Summe, worauf sie von dort aus neu gebildet für die Jetztzeit nur eine mäßige Höhe erreicht. Wir kommen damit von selbst auf die PENCK'sche Einteilung zurück: zwei alte Eiszeiten und zwei neue, voneinander geschieden durch das große Interglazial und in die beiden Komplexe je ein kürzeres Interglazial eingebettet. Die zweiten Vorstöße innerhalb der Einzelzeit (z. B. Mindel II und Riß II) erscheinen in der neuen Kurve, die ich ‚Eisbilanzkurve‘ nenne, stärker ausgebildet als die ersten; daß die Jetztzeit keine volle Warmzeit darstellt, stimmt mit der Erfahrung überein. Allerdings müssen wir, um zu diesen Ergebnissen zu gelangen, gewisse Annahmen über die Entwicklung und den Wiederabbau des Reflexionsvermögens machen, die nicht rein rechnerisch, sondern teilweise empirisch sind, aber doch das Schwergewicht bei der Rechnung lassen.

Daß die Eiszeiten im großen gesehen — z. B. im Gegensatz zum Tertiär — durch Reliefänderungen (Häufung von Festland um die Pole, Absperrung der Warmwasserheizung vom Äquator her) bestimmt sind, wird durch die Aufstellung der Eisbilanzkurve nicht geändert. Erst wenn von dieser Seite die Voraussetzungen erfüllt sind, können die Erdbahnelemente in Form der Strahlungskurve merklich in Erscheinung treten und die Wirkungen sich in der Eisbilanzkurve summieren.

Im zweiten Teil des Vortrags zeigte der Vortragende an einem großen Diagramm, wie sich die fossilen Befunde aus allen Teilen der Erde in die Gliederung nach der Eisbilanzkurve einreihen.

In der Diskussion ergriffen die Herren Louis-Köln, Schwarzbach-Köln und Weidenbach-Stuttgart das Wort.