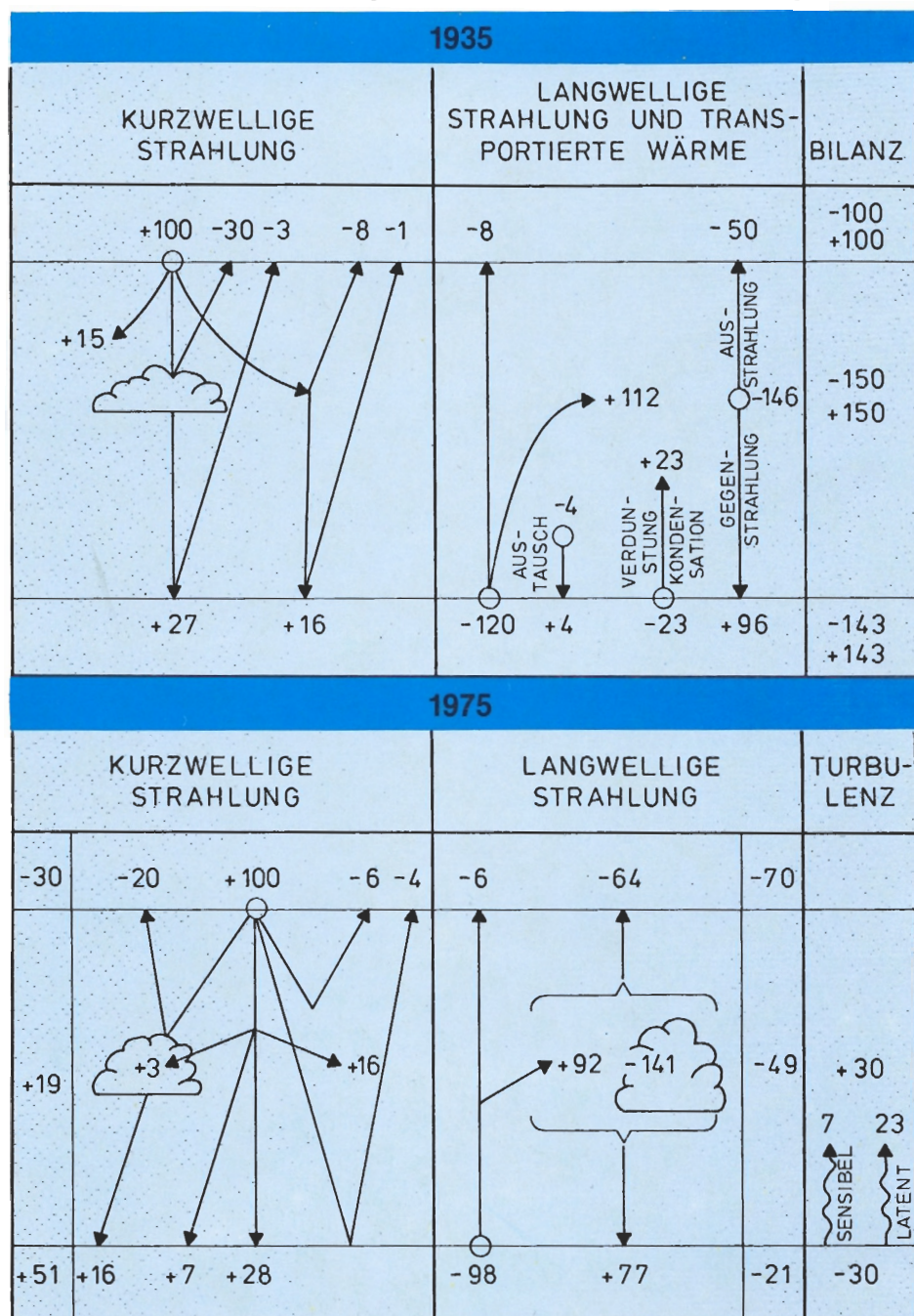


### Strahlungstransporte in der Atmosphäre



**Herausgeber**

Deutscher Wetterdienst

**Hauptschriftleiter**

Dipl.-Met. M. Schlegel

**Redaktionsausschuß**

Prof. Dr. A. Baumgartner (München)

Prof. Dr. F. Fiedler (Karlsruhe)

Prof. Dr. H.-W. Georgii (Frankfurt)

Prof. Dr. H. Hinzpeter (Hamburg)

Dr. H. Reiser (Offenbach)

Dr. R. Simonis (Neustadt a. d. Weinstr.)

Dr. S. Uhlig (Traben-Trarbach)

Prof. Dr. F. Wippermann (Darmstadt)

**Zum Titelbild:**

Energiebilanz des Systems Erde-Atmosphäre.

Oben: Abschätzungen im Jahre 1935.

Unten: Abschätzungen im Jahre 1975.

(Weitere Erläuterungen siehe Einleitung).

**promet** erscheint im Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes — Zentralamt — Frankfurter Straße 135, 6050 Offenbach am Main. Bezugspreis pro Jahrgang (4 Hefte) DM 36,—, Einzelheft DM 10,—.

Für den Inhalt der Arbeiten sind die Autoren verantwortlich. Alle Rechte bleiben vorbehalten.

Druck: Schön & Wetzels GmbH, Offenbacher Landstraße 368, 6000 Frankfurt (Main).

ISSN 0340-4552

# Meteorologische Fortbildung

15. Jahrgang, Heft 2/3, 1985

Thema des Heftes:

**Strahlungstransporte in der Atmosphäre**

(Fachliche Redaktion: H. Hinzpeter, Hamburg)

Beiträge:	Seite
Einleitung (H. HINZPETER)	1
1 S. BAKAN Grundlagen der Strahlungsübertragung	2
2 E. RASCHKE, B. ROCKEL und R. STUHLMANN Strahlungsgesetze	5
3 H. QUENZEL Allgemeines zur Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie	7
4 H. QUENZEL Streuung an Luftmolekülen und Aerosolpartikeln	7
5 P. WENDLING Streuung des Lichtes an Wassertropfen und Eiskristallen	10
6 H. FISCHER Absorption und Emission	16
7 K. T. KRIEBEL und P. KOEPKE Reflexion und Emission natürlicher Oberflächen	19
8 S. BAKAN Analytische Lösungen der Strahlungsübertragungsgleichung	25
9 W. ZDUNKOWSKI und G. KORB Numerische Methoden zur Lösung der Strahlungsübertragungsgleichung	26

# 8

S. BAKAN

## Analytische Lösungen der Strahlungsübertragungsgleichung

Wie schon im Beitrag 1 betont wurde, ist keine analytische Lösung für die allgemeine Strahlungsübertragungsgleichung bekannt. Allerdings existieren solche Lösungen für eine Reihe von Spezialfällen. Dabei ist im folgenden nicht von analytischen Lösungen die Rede, die nach Approximation der Strahldichte gewonnen werden, wie bei der Delta-Eddington-Näherung (JOSEPH et al. 1976) oder im Zweistromverfahren (Beitrag 9). Vielmehr geht es um die exakte Bestimmung der Strahldichteverteilung bei einem vorgegebenen Spezialfall der Strahlungsübertragungsgleichung. In diesem Sinne ist z. B. das Bouguer-Beersche Gesetz die analytische Lösung für verschwindenden Quellterm. Auch in einer streuungsfreien und horizontal homogenen Atmosphäre, in der die Strahlungsquelle durch die Planck-Funktion gegeben ist, läßt sich bei verschiedenen einfachen vertikalen Abhängigkeiten Gleichung (16) (Beitrag 1) exakt integrieren.

Besondere Schwierigkeiten bei der Lösung bereitet dagegen der Streuterm, der die SÜG zu einer Integro-Differentialgleichung macht. Obwohl verschiedene analytische Lösungstechniken entwickelt wurden (z. B. die Wiener-Hopf-Technik oder die Methode der singulären Eigenfunktionen; s. LENOBLE 1977) fanden im Bereich der solaren Strahlung in der Atmosphäre hauptsächlich CHANDRASEKHARS (1950) H- bzw. X- und Y-Funktionen weite Verbreitung. Die H-Funktionen erlauben die Berechnung der von einer als homogen und halbunendlich angenommenen Atmosphäre mit isotroper Streuung reflektierten Strahldichte. In Analogie dazu benutzt man bei endlich dicken Schichten die X- und Y-Funktionen zur Berechnung der an der Atmosphäre reflektierten und der durchtretenden Strahldichte.

Obwohl diese Lösungen zunächst nur für homogene Schichtung und isotrope Streufunktionen gelten, können auch für anisotrope Streuung Ergebnisse gefunden werden, wenn man sich die Transformationseigenschaften der Strahlungsübertra-

gungsgleichung zunutze macht (SOBOLEV 1975; McKELLAR u. BOX 1981). Für einigermaßen realistische, also endliche und geschichtete Atmosphären mit verschiedenen Absorbieren und asymmetrischer Streufunktion wird diese Methode allerdings außerordentlich aufwendig. Da es überdies nicht ohne weiteres möglich ist, Strahlungsflüsse und damit Erwärmungsraten im Schichtinneren zu erhalten, wird diese Methode heute so gut wie nicht mehr verwendet. Eine gewisse Bedeutung verbleibt ihr durch die Bereitstellung von exakten Resultaten für Spezialfälle als Test für die im folgenden beschriebenen numerischen Methoden.

### Literatur

- CHANDRASEKHAR, S.: Radiative transfer. Oxford: Clarendon Press 1950.
- JOSEPH, K. J.; WISCOMBE, W. J.; WEINMAN, J. A.: The delta-Eddington approximation for radiative transfer. *J. Atmos. Sci.* 33 (1976) S. 2452—2459.
- LENOBLE, J. (Ed.): Standard procedures to compute atmospheric radiative transfer in a scattering atmosphere. Boulder Col.: NCAR 1977.
- McKELLAR, B. H. J.; BOX, M. A.: The scaling group of the radiative transfer equation. *J. Atmos. Sci.* 38 (1981) S. 1063—1068.
- SOBOLEV, N. V.: Light scattering in planetary atmospheres. New York: Pergamon Press 1975.