

burtenbeschränkung, die dessen Zukunft arg bedroht. Professor Hagel verbreitet sich über die Bräuche und die Sprache der Schwaben, ein aus erratbaren Gründen Ungenannter über deren Schule.

Eine Karte der deutschen Siedlungen und 43 Bilder von Häusern und Trachten zieren das nach Geist und Stoff schätzenswerte Werk.

## Der Massenaustausch in freier Luft und verwandte Erscheinungen.

Wilhelm Schmidt hat seit Jahren wiederholt grundlegende Arbeiten über den Massenaustausch in freier Luft veröffentlicht und es jüngst unternommen, dieses im Ausbau befindliche Wissensgebiet einem größeren Leserkreis geschlossen darzustellen und leichter verständlich zu machen.<sup>1)</sup>

Es handelt sich darum, in welchem Maße die in der Natur stets herrschende *Vermischung* von bewegten Luftteilen und ebenso von Wasserteilen den Gehalt der Luft und des Wassers an Wärme, Kohlensäure, staubförmigen oder gröberen Beimengungen und kleinen Lebewesen verändert. In der Luft kommen ferner noch die Änderungen in der Verteilung von Wasserdampf und Ionen, im Wasser jene der Verteilung von Salzen und Gasen in Betracht. Schließlich wird noch der Gehalt an mechanischer Bewegungsgröße unter dem Einfluß der durchmischenden Bewegungen verfolgt.

Da in der Natur größere Luft- oder Wassermengen sich nur unter Wirbelbildung fortbewegen, wird diese als die Hauptursache der Vermischung verschiedener Teile dargelegt, und es wird nachgewiesen, daß hiefür die Konvektion durch Dichteunterschiede erst an zweiter Stelle in Betracht kommt. Beide zusammen behandelt Schmidt als den *Massenaustausch*. Die Durchbewegung wirbelnder Massen von Luft und Wasser hat natürlich nur dann merkbare Folgen für deren Eigenschaften und Beimengungen, wenn diese durch andere Kräfte eine ungleiche Verteilung erfahren haben. Einflüsse, welche z. B. die Wärme in der Luft oder den Salzreichtum des Meereswassers ungleich verteilen, sind stets vorhanden; Schmidt untersucht nun, wie weit diesen Kräften die Vermischung mit der Folge des Austausches entgegenwirkt, indem sie eine mehr gleichmäßige Verteilung der genannten Erscheinungen fördert. Das von ihm verfaßte Werk umfaßt alle oben erwähnten Beimengungen und physikalischen Eigenschaften, so daß der Inhalt der 112 Seiten ungewöhnlich vielseitig und reich ist.

Das Buch behandelt also die *scheinbare Wärmeleitung*,

<sup>1)</sup> W. Schmidt: *Der Massenaustausch in freier Luft und verwandte Erscheinungen*. Probleme der kosmischen Physik, VII., Hamburg 1925. 118 S.

scheinbare Diffusionen und scheinbare Reibungsvorgänge. Alle diese Austauschfolgen transportieren oft mehrere tausendmal soviel Massen und Energien als die echte Wärmeleitung, echte Diffusion usw.

Der allgemeineren Verständlichkeit, welche der Verfasser angestrebt hat, ist es dienlich, daß bei den Grundformeln I und II von der Infinitesimalrechnung kein Gebrauch zu machen war und daß in den wenigen Fällen, wo sie zur strengen Begründung oder Fassung einer Lehre nicht zu umgehen war, die Ergebnisse in Tabellen oder in einer schönen Zeichnung vorgeführt werden; dadurch ist das Verständnis des Ganges der betreffenden Überlegung ausreichend gesichert. Hingegen werden gewisse physikalische Kenntnisse vorausgesetzt, welche nötigenfalls ein Nichtphysiker mit dem Lehrbuch der Meteorologie von Hann noch auffrischen kann. Auch sonst ist natürlich viel gewandte Rechenarbeit in dem Buch enthalten. Wo einmal mit komplexen Exponenten potenziert wird, bietet gleich wieder eine Zeichnung die eventuell nötige Hilfe. Bei angenäherten Resultaten ist nach Sitte der Techniker ein: rd. (= „rund“) vorgesetzt, was in keinem Falle als algebraischer Ausdruck zu lesen ist. Vielleicht darf man sagen, daß die Ableitung der Grundformel II auf S. 12 und 13 eine etwas ausführlichere Erläuterung für weitere Kreise verträge, ebenso die Bedeutung der Buchstaben  $l$  und  $\rho$  in der Gleichung auf S. 90, die aber durch die zugehörige schöne Figur im ganzen klar genug ausgewertet ist. Manche Bemerkungen des Textes zielen auf mögliche Einwände, wie sie vielleicht Fachleuten der kosmischen Physik zugetraut werden können, aber von einem Geographen nicht zu erwarten sind, dem daher die Erfassung des tieferen Sinnes solcher Stellen nicht zugemutet werden kann. Vielleicht könnte dem in einer Neuauflage die Absonderung solcher Stellen in kleinerem Druck gerecht werden. Natürlich hat es der Verfasser nicht leicht, insofern ihm andererseits der Vorhalt droht, er habe Dinge zu breit erklärt, die dem physikalischen Leser so wohl bekannt sind, daß ihn solche Breite stört.

Jeder Klimatologe und Hydrograph, der selbständig arbeiten will, muß sich mit dem Inhalte dieses Buches vertraut machen, sonst bleibt er den Anforderungen seines Faches nicht gewachsen. Überhaupt kann kein Geograph an den Lehren des Massenaustausches vorübergehen, zu deren Verständnis ihm nirgends eine so ausgezeichnete Hilfe geboten wird.

Um die Aufgabe zu bewältigen, die sehr luftigen und fließenden Wirkungen des Massenaustausches zu berechnen, hat Schmidt den Begriff der Austauschgröße eingeführt. Diese ist ein Koeffizient; mit ihm muß man den Unterschied an Wärmemenge, Staub usw. in Luft und Wasser auf 1 cm senkrechten Abstand multiplizieren, damit man den Zufluß an Energien oder Beimengungen erhält, der während einer Sekunde in einer bestimmten Höhe oder Tiefe durch die Fläche eines Quadratcentimeters hinauf oder hinab gelangt. Dieser Zufluß ergibt sich aus der Differenz der nach oben und der zu gleicher

Zeit nach unten gewirbelten Teilchen. Der Austauschkoeffizient hängt also nicht vom Stoff ab, wie der Wärmeleitkoeffizient und jener der Ausdehnung durch Wärme, sondern von der Lebhaftigkeit der Durchmischung der ungleich ausgestatteten Massen. Für ihn ist vor allem der Bewegungszustand der Luft oder des Wassers maßgebend.

Einige Beispiele nach Schmidts Buch sollen beleuchten, wie es mit der Feststellung des Austausches und des Koeffizienten hiefür steht.

Das Temperaturgefälle mit der Höhe oder Tiefe kann man leicht messen, ebenso läßt sich in besonderen Fällen die Summe der Wärmeenergie bestimmen, die in einer Sekunde durch  $1\text{ cm}^2$  in bestimmter Höhenlage wandert. Aus diesen beiden Werten kann man den Austauschkoeffizienten für jeden so untersuchten Fall genau und für ähnliche Verhältnisse der Luft und des Wassers der Größenordnung nach bestimmen. Es ist der Quotient

$$A = \frac{\text{gemessener Kaloriendurchfluß in } 1\text{ cm}^2}{\text{Temperaturgefälle} \times \text{spez. Wärmekoeffizient der Luft auf } 1\text{ cm Höhenunterschied.}}$$

Ebenso ist die direkte Bestimmung dieses Koeffizienten in bezug auf die Scheinreibung durch Windbeobachtungen möglich; ihr ist der wichtige IV. Abschnitt gewidmet. Daraus lassen sich wieder Größenordnungen des A für Luftmassen ableiten, die anderwärts in ungefähr entsprechender Bewegung gefunden wurden, ohne daß genaue Messungen vorliegen.

Der Wind trägt mit seinen Wirbeln u. a. so feinen Staub empor, daß man dessen Sinkgeschwindigkeit vernachlässigen darf. Dieser Staub bildet dann die Kondensationskerne für den Wasserdampf bei der Wolkenbildung. Man muß nun die Unterschiede der Mengen dieses Staubes in  $1\text{ g}$  Luft, bezogen auf  $1\text{ cm}$  Höhenunterschied, mit dem Austauschkoeffizienten multiplizieren, um zu erfahren, wie viel Staubkerne in verschiedenen Höhen als reiner Zuwachs durch jeden Quadratzentimeter aufwärts wandern. Da man bisher nur die Mengenabnahme der Kondensationskerne mit der Höhe weiß, nicht aber die in einer Sekunde durch  $1\text{ cm}^2$  emporwandernden Summen von Stäubchen, so muß man erst ein Urteil über den Bewegungszustand der Luft gewinnen, bevor man durch Analogie, etwa aus Windbeobachtungen anderer, einen Koeffizienten als „bekannt“ heranziehen kann, der es erlaubt, die gesuchte Summe der aufsteigenden Stäubchen vorsichtig und der Größenordnung nach zu berechnen.

Die Austauschgröße für den Wassergehalt der Luft konnte bisher einigermaßen befriedigend nur als recht grobes Jahresmittel für die ganze Erde berechnet werden. Wohl kann man die Dampfdruckabnahme bis zur gewöhnlichen Wolkenhöhe schon messen. Die Summe der dahin in der Zeiteinheit gelangenden Mengen Wasserdampfes ließ sich nur aus der noch etwas elastischen mittleren Niederschlagshöhe für die Erde berechnen. So ergibt sich auf diesem Wege ein errechneter Austauschkoeffizient, der als Mittel immerhin die richtige Größenordnung hat.

$$A = \frac{\text{mittlere Niederschlagssumme in der Zeiteinheit auf 1 cm}^2}{\text{Dampfdruckgefälle auf 1 cm Höhenunterschied.}}$$

Die Veränderlichkeit des Austauschkoefficienten und seine manchmal notgedrungen indirekte Ermittlung liefert, wie gesagt, in einigen Fällen nur Größenordnungen oder nur Mittelwerte seiner Größe oder der mit ihm berechneten bewegten Summen. Daher bleibt noch manche Arbeit in dem neuen Wissensgebiete zu tun. — Schließlich kann man mit dem *A u s d e h n u n g s* koeffizienten der Wärme die Verlängerung eines Körpers auch nur dann berechnen, wenn man den Stoff kennt, aus dem er besteht, und die ursprüngliche Länge des Körpers. Einmal muß diese Verlängerung an Musterkörpern aus bekannten Stoffen gemessen worden sein.

Aber nicht nur mit den genau berechenbaren Austauschgrößen — gerade auch mit den bloßen Größenordnungen des Koeffizienten und seiner Produkte versteht der Verfasser derart findig umzugehen, daß er jetzt schon geographisch wichtige Ergebnisse damit gewinnen konnte. So beweist er ausführlicher als in einem früheren Aufsatz, daß in mittleren und hohen Breiten durch den Austausch die Luft im ganzen Wärme an die Erde abgibt, daß also die verbreitete Vorstellung, die Erde heize ihre Lufthülle, überhaupt nur für die Tropen gilt, während bei uns, von den Mittagstunden warmer Jahreszeiten abgesehen, die Erde meist erheblich kälter ist als die angrenzenden Luftschichten.

Bemerkenswert ist auch der von Schmidt nachgewiesene Anteil der reinen Sonnenstrahlung an der Tageswelle der Lufttemperatur in Paris. Im Mittel beträgt dort zur Herbstzeit die Amplitude von 6 Uhr morgens bis nachmittags in 1'8 m Höhe über dem Boden (Parc St. Maur) 3°. Die von der Luft absorbierte Strahlung allein hat eine Amplitude von 1'23°, während von der Erde aus durch Austausch eine Temperaturwelle von 1'84° in der Luft auftreten würde. Da beide Wellen nicht gleichzeitig kulminieren, bleibt die Gesamtamplitude von 3° ein wenig hinter der Summe jener einzelnen Ausschläge zurück. Dieses Ergebnis gehört einer Betrachtung mit vorzüglich bestimmbareren Austauschkoefficienten an, welche sich in sehr fesselnder und zeichnerisch hervorragender Darstellung auf die Verspätung des Tagesmaximums von unten bis zur Spitze des Eiffelturms stützt.

Damit ist eine vollständige Würdigung des Werkes von W. Schmidt bei weitem nicht erschöpft, das z. B. noch die Ausbreitung von Blütenstaub, Samen, Flugfrüchten u. a. verfolgt. Besonders fehlt mir der Raum, die Austauscherscheinungen im Wasser zu besprechen, welche der Titel nur andeutet. Selbst wichtige Einsichten in das Erosionsvermögen der Flüsse sind dort niedergelegt. Daß ein Schlagwörterverzeichnis den Schluß macht und auch eine Übersicht aller im Text errechneten Austauschkoefficienten geboten wird, ist sehr zu begrüßen und verdient Nachahmung.

*Otto Lehmann.*

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: [69](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [Der Massenaustausch in freier Luft und verwandte Erscheinungen. 316-319](#)