

- MUNIZAGA V., G.: Notas para un estudio comparativo de la trama urbana Santiago de Chile. In: *Rivista Paraguaya de Sociología* 15, 1978, S. 191-251.
- PAVEZ W., A.: Lo que está pasando con el desarrollo urbano de Santiago. In: *El Mercurio*, 11. 7. 1981.
- Presidencia de la República y Intendencia de la Región Metropolitana*: Plan regional de desarrollo 1982-1989. Santiago 1981.
- RODRIGUEZ, A.: Santiago, viejos y nuevos temas. SUR: Documento de Trabajo 41. Santiago 1985.
- SABATINI, F.: El alza de los precios del suelo urbano en la América Latina y su relación con el precio de la vivienda. In: *Revista Interamericana de Planificación* 15, 1981, S. 90-106.
- : Precio del suelo y tendencias globales de la economía: El caso de Santiago, 1980-1981. In: *Relación campo-ciudad: La tierra, recurso estratégico para el desarrollo y la transformación social*. México, D. F. 1983, S. 221-244.
- TRIVELLI, P.: Elementos teóricos para el análisis de una nueva política de desarrollo urbano: Santiago de Chile. In: *Revista Interamericana de Planificación* 15, 1981, S. 44-69.
- : Accesibilidad al suelo urbano y la vivienda por parte de los sectores de menores ingresos en América Latina. In: *Revista Eure* 9, 1982, S. 7-32.
- WILHELMY, H.: *Südamerika im Spiegel seiner Städte*. Hamburg 1952.
- WILHELMY, H. u. BORS DORF, A.: *Die Städte Südamerikas. Teil 1. Wesen und Wandel. Urbanisierung der Erde 3/1*. Berlin/Stuttgart 1984.

## BERICHTE

### EINFACHE ENERGIEUMSATZSTUDIEN AN VERSCHIEDENEN OBERFLÄCHEN UND MATERIALSCHICHTEN DER GEOSPHERE

Mit 5 Abbildungen

JULIUS WERNER

*Summary:* Simple studies of the energy exchange between different surfaces and layers of material of the geosphere

This paper attempts to show the possibility of simulating temporal developments of temperature in soil structures near the surface and in layers of asphalt during the course of geoscientific field studies by the application of simple instrumental and mathematical methods. All the necessary input parameters can be measured comparatively easily, "in situ". In so far as the specific heat and density of the layers of material studied are known, this will produce satisfactory conformity between temperatures thus measured and those median temperatures of the layers calculated on the basis of hourly energy balances. The application of this method seems promising for objects of climatological significance in open country and in cities, e.g. to forecast micro-climatological effects of anthropogenic activities.

#### 1. Problemstellung

Seit langem werden auch von Geographen oberflächen-nahe klimatologische Messungen z. B. an Böden, Asphaltdecken und Gewässern durchgeführt. Meist bildet dabei die unterschiedliche zeitliche Temperaturentwicklung in der untersten Luftschicht den Schwerpunkt des Interesses. Sofern derartige Zeitreihen simultan an verschiedenen Stand-

orten bzw. Objekten gewonnen werden, lassen sich daraus Einblicke in die spezifische Energetik derartiger Materialschichten und die daraus resultierende kleinräumige Klimadifferenzierung ableiten. Zwar finden sich u. a. auch in geländeklimatologischen Lehrbüchern Beispieldarstellungen und Interpretationen derartiger Meßreihen; physikalisch-deterministische Beschreibungen aller strahlungs- und stoffgebundenen Energieumsätze im Grenzflächenbereich anhand hinreichend einfacher formaler Ansätze sind jedoch nur selten anzutreffen.

Inzwischen stehen zumindest für horizontale Flächen der Geosphäre recht handliche, praktisch erprobte, halbempirische Bestimmungsgleichungen für die vertikalen Energieströme bereit, die auch schon der Studierende zu durchschauen und mit dem Taschenrechner zu beherrschen vermag. Dabei sollte es möglich sein, alle erforderlichen Eingangsparameter mit vergleichsweise elementarem Instrumentarium in situ zu messen und das zeitliche Temperaturregime der Objekte wie der angrenzenden Luftschicht als Ergebnis des Zusammenwirkens aller Energieflüsse zu erkennen und zu modellieren. Es muß jedoch die „Volumwärme“ als Produkt aus Dichte und spezifischer Wärme der untersuchten Medien bekannt sein sowie die Möglichkeit bestehen, alle Energiet Terme mit hinreichend hoher zeitlicher Auflösung einzeln zu quantifizieren.

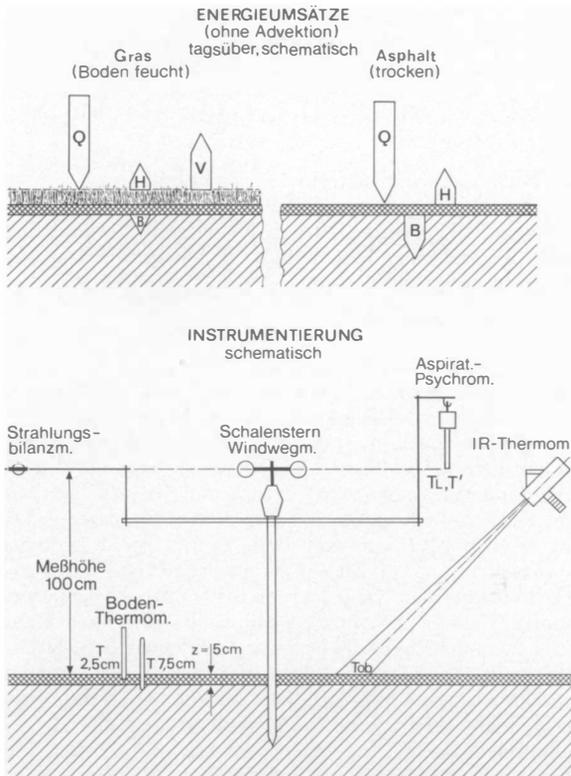


Abb. 1: Vertikale Energieflüsse an verschiedenen Grenzflächen der Geosphäre mit entsprechender meßtechnischer Minimalausrüstung (Erläuterung vgl. Text)

Vertical energy fluxes at different boundary layers of the geosphere with the corresponding minimum instrumental equipment

Die etwa auf Stundenwertbasis zu bestimmenden Energiebilanzen gestatten die Berechnung zeitlicher Temperaturänderungen; deren Vergleich mit den simultan gemessenen Temperaturen ermöglicht eine Beurteilung der praktischen Brauchbarkeit derartiger methodischer Ansätze. Ausblicke auf andere Objekte wie etwa städtische Baukörper mit vorwiegend senkrechten Grenzflächen verschiedener Exposition und materieller Beschaffenheit bieten sich an.

## 2. Energieumsätze und Meßtechnik

Im folgenden wird dargestellt, wie die Energiebilanz einer 5 cm dicken grasbewachsenen feuchten Bodenschicht und einer gleich dicken trockenen Asphalttschicht während eines Frühsommertages (18. Mai 1984) simultan erfaßt werden kann. Dazu sind die Gesamt-Strahlungsbilanz  $Q$ , der Vertikalstrom fühlbarer Wärme  $H$ , der Bodenwärmestrom  $B$  in 5 cm Tiefe sowie die Verdunstung  $V$  als latenter Wärmefluß zu bestimmen (entfällt beim Asphalt). Die Abb. 1 zeigt oben das relative Größenverhältnis dieser vertikalen Energieströme zueinander (ohne den Advektionseinfluß) an den beiden Untersuchungsobjekten tagsüber; die notwendige Instrumentierung ist im unteren Teil schematisch dargestellt.

Sofern ein Strahlungsbilanzmesser eingesetzt werden soll, eignet sich z. B. gut das kleine Gerät vom Typ 8110 der Fa. Schenk, Wien für derartige Kurzzeitmessungen. Lehrreicher erscheint dagegen die getrennte Bestimmung von kurz- und langwelliger Strahlungsbilanz. Dazu kann etwa mit einem Solarimeter des Typs CM 5 der Fa. Kipp & Zonen, Delft/Kronberg im Abstand von einigen Minuten zunächst die einfallende Globalstrahlung gemessen – und dann durch Drehen des Gerätes um  $180^\circ$  von den Oberflächen reflektierte kurzwellige Einstrahlungsanteile bestimmt werden. Die langwellige Strahlungsbilanz läßt sich als Differenz aus atmosphärischer Gegenstrahlung (Ångström-Formel) und Ausstrahlung der Oberflächen (Stefan-Boltzmann-Formel) näherungsweise berechnen (siehe Abschnitt 3.). Die dazu notwendige Oberflächentemperatur  $T_{Ob}$  kann – bei bekannter Emissivität  $\epsilon$  – mit dem in Abb. 1 ebenfalls schematisch angedeuteten Infrarot-Thermometer erfaßt werden; hier bewährt sich z. B. das Radiometer vom Typ KT 24 der Fa. Heimann, Wiesbaden gut.

Auch zur Quantifizierung der Vertikalströme fühlbarer und latenter Wärme muß  $T_{Ob}$  bekannt sein. Mit dem Aspirations-Psychrometer nach Aßmann und einem mechanischen Schalenstern-Windwegmesser können die übrigen für die Bestimmungsgleichungen von  $H$  und  $V$  benötigten Meßgrößen gewonnen werden. Mindestens zwei Bodenthermometer vervollständigen die Meßanordnung. Die Temperatur in ca. 2,5 cm Tiefe wird einerseits benötigt, um die zu berechnende zeitliche Temperaturentwicklung der als homotherm betrachteten 5-cm-Schichten zu kontrollieren; andererseits dient diese Größe in Verbindung mit der 7,5-cm-Temperatur dazu, den Bodenwärmestrom in rd. 5 cm Tiefe zu bestimmen. Falls gewünscht und vorhanden, können hier z. B. auch elektrische Temperatursonden zur Simultanmessung in verschiedenen Bodentiefen Verwendung finden, wie sie etwa von BRAUERS u. PASENAU (1984) entwickelt und beschrieben wurden.

Als Meßintervall für die Parameter haben sich 10-Minuten-Abstände bewährt; lediglich bei rasch und stark wechselnder Bewölkung müssen die Werte in kürzeren Abständen gewonnen werden. Das Rechnen mit Stundenwerten, die durch arithmetische Mittelung der Einzelmessungen gebildet wurden, reicht in der Regel zur Erzielung befriedigender Ergebnisse aus; beim Windwegmesser genügen Ablesungen zu Anfang bzw. Ende jeder Stunde.

## 3. Bestimmungsgleichungen

Die stündliche Temperaturänderung  $\Delta T$  einer Materialschicht (z. B. Asphalt, bewachsener Boden, Wasser, usw.) kann beschrieben werden als

$$\Delta T = \frac{\Delta W}{c \cdot \rho \cdot z} \quad [\text{K} \cdot \text{h}^{-1}]$$

mit:

$c$  = spezifische Wärme der Schicht [ $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]  
(Asphalt  $\approx 1,6$ ; feuchter sandiger Boden  $\approx 1,8$ ;  
Wasser  $\approx 4,2$ )

$\rho$  = Dichte der Schicht [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]  
(Asphalt  $\approx 2,3$ ; feuchter sandiger Boden  $\approx 1,5$ ;  
Wasser  $\approx 1,0$ )

$z$  = Schichtdicke [cm] (hier 5,0)

Für den stündlichen Gesamt-Energieumsatz  $\Delta W$  der Schicht gilt:

$$\Delta W = (1 - \alpha) \cdot (I + D) + \epsilon \cdot (G - A) + H + V + B \quad [J \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}]$$

mit:

$\alpha$  = Oberflächen-Albedo für Globalstrahlung (I + D) (dimensionslos), wobei I = direkte Sonnenstrahlung und D = diffuse Himmelstrahlung

$\epsilon$  = Absorptionskoeffizient für atmosphärische Gegenstrahlung G sowie Emissionskoeffizient für Ausstrahlung A von Oberflächen (dimensionslos);  $\epsilon$  kann hier mit  $\approx 0,94$  als konstant betrachtet werden.

Für G bewährt sich lediglich die vereinfachte Ångström-Formel mit folgenden auf 1 m Meßhöhe bezogenen empirischen Konstanten:

$$G \approx 2,08 \cdot 10^{-8} \cdot (0,83 - 0,25 \cdot 10^{-0,08} \cdot e_L) \cdot T_L^4 \quad [J \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}]$$

mit:

$e_L$  = Wasserdampfdruck der Luft [hPa] (aus  $T_L$  und  $T'$  des Aspirations-Psychrometers mit Sprung'scher Formel oder Tabelle zu bestimmen)

$T_L$  = Lufttemperatur [K<sub>abs</sub>]

Die langwellige Ausstrahlung der Oberflächen kann (bei bekanntem  $\epsilon$ ) mit der Stefan-Boltzmann-Formel vergleichsweise sicher berechnet werden:

$$A \approx 2,08 \cdot 10^{-8} \cdot T_{Ob}^4 \quad [J \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}]$$

mit:

$T_{Ob}$  [K<sub>abs</sub>], mittels IR-Radiometer zu messen.

Für den Vertikalstrom fühlbarer Wärme H steht ein an horizontalen Grenzflächen empirisch gut gesicherter formaler Ansatz zur Verfügung (WERNER 1982):

$$H \approx -2,12 \cdot u^{0,65} \cdot (T_{Ob} - T_L) \quad [J \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}]$$

mit:

u = Windgeschwindigkeit [m · s<sup>-1</sup>] (Meßhöhe 1 m).

In Analogie hierzu kann für V auf eine Bestimmungsgleichung zurückgegriffen werden, die zwar die Verdunstung freier Wasserflächen beschreibt, sich aber auf feuchte Wiesen ebenfalls mit befriedigendem Erfolg anwenden läßt:

$$V \approx -3,12 \cdot u^{0,65} \cdot (E_{T_{Ob}} - e_L) \quad [J \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}]$$

mit:

$E_{T_{Ob}}$  = Sättigungsdampfdruck zu  $T_{Ob}$  [hPa], mit Magnus-Formel oder Tabelle aus  $T_{Ob}$  zu bestimmen.

Daß diese einfachen Formeln zur Quantifizierung der Vertikalströme fühlbarer und latenter Wärme nur Näherungen liefern können, wird bereits dadurch deutlich, daß in ihnen die oberflächenspezifischen Parameter des vertikalen Windprofils (Rauhigkeitshöhe  $z_0$  und „Verdrängungsschichtdicke“ d, vgl. dazu z. B. DOBESCH (1976)) nicht explizit vorkommen. Da jedoch diese Parameter bei Wasser, Asphalt, Gras und Schnee gegenüber der gewählten Meßhöhe 1 m um mehrere Zehnerpotenzen kleinere Beträge aufweisen, ist der modifizierende Einfluß dieser Größen auf die Energietransporte vergleichsweise gering. Auch das oberflächennahe vertikale Lufttemperaturprofil müßte eigentlich in derartigen Gleichungen berücksichtigt werden. Die Praxis zeigt jedoch, daß nur im ausgeprägt stabilen Schichtungsfall nennenswerte systematische Fehler in Form von zu großen berechneten Werten für H und V auftreten.

Der betragsmäßig meist recht kleine vertikale Bodenwärmestrom läßt sich ermitteln durch:

$$B \approx -\lambda \cdot \frac{\delta T}{\delta z} \quad [J \cdot cm^{-2} \cdot h^{-1}]$$

mit:

$\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit der Schicht [J · cm<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>]

$\frac{\delta T}{\delta z}$  (Asphalt  $\approx 40$ ; Boden  $\approx 20$ ; unbewegtes Wasser  $\approx 15$ ) = mittlerer vertikaler Temperaturgradient im Bereich der Schicht-Untergrenze [K · cm<sup>-1</sup>], als Differenzenquotient mit den Bodenthermometern zu bestimmen.

Mit formalen Ansätzen der hier beschriebenen Art werden seit langem anthropogene Temperaturänderungen von Oberflächengewässern (etwa durch Zufuhr von Abfallwärme) rechnerisch simuliert. Die Verfahren sind z. B. von der *Länderarbeitsgemeinschaft Wasser* (1977) oder WERNER (1977) ausführlich beschrieben worden. Zur energiegeographischen Darstellung des Temperaturregimes oberflächennaher Grenzschichten und fester Körper der Geosphäre wurden solche Zeitreihen-Simulations- und Extrapolationsmethoden – etwa im stadt- bzw. geländeklimatologischen Kontext – bisher jedoch kaum angewendet.

Ein vergleichsweise schwieriges Problem bei derartigen Objektstudien stellt die Erfassung der bisher bewußt nicht erwähnten lateralen Zu- oder Abfuhr fühlbarer Wärme dar. Damit ist die Frage aufgeworfen, wie z. B. im oberflächennahen Lufttemperaturregime autochthone und allochthone Züge voneinander getrennt werden können. Für kleinflächige Wald-Ökosysteme, deren aktuelle Evapotranspiration aus der Wärmehaushaltsgleichung bestimmt werden soll, wurde von WERNER (1985) eine Antwort versucht. Wie

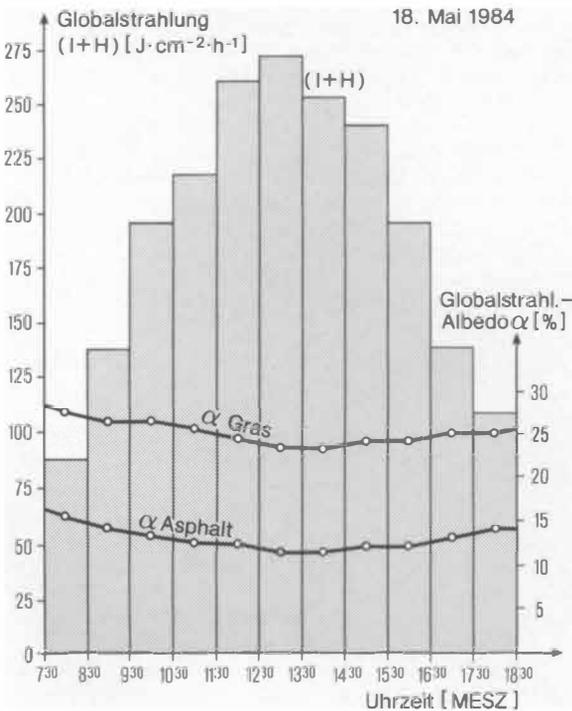


Abb. 2: Stundenmittel von Globalstrahlung und Albedo der Versuchsfächen

Hourly mean values of global radiation and albedo of the test areas

das Advektionsproblem etwa bei städtischen Baukörpern befriedigend gelöst werden kann, ist z. Zt. noch nicht abzu-sehen.

4. Ergebnisse

Für den 18. Mai 1984 wurden in Abb. 2 die Globalstrahlungs-Stundenmittel (I + D) und die zugehörigen oberflächenspezifischen Albedowerte  $\alpha$  dargestellt. Einerseits erkennt man die gegenüber Gras nur etwa halb so große Asphalt-Albedo; andererseits treten an beiden Objekten die von der Sonnenhöhe abhängigen Tagesgänge von  $\alpha$  deutlich hervor. Bei der effektiven Ausstrahlung – siehe Abb. 3 – weist der Asphalt, bedingt durch seine tagsüber höhere Oberflächentemperatur, durchweg größere Beträge auf als das Gras. Noch deutlichere Unterschiede ergeben sich bei dem im unteren Teil von Abb. 3 aufgetragenen Bodenwärmestrom. Infolge der höheren Wärmeleitfähigkeit und des stärkeren vertikalen Temperaturgradienten in ca. 5 cm Tiefe sind bei der Asphalt-schicht die Stundenmittel von B insbesondere nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang um ein Mehrfaches größer als im feuchten sandigen Lehm unter Gras. Auch nachts, wenn B ein positives Vorzeichen besitzt, d. h. zur Oberfläche hin gerichtet ist, weist der Bodenwärmestrom bei etwa denselben Relationen zwischen den Objekten die gleiche Größenordnung auf.

Abb. 4 zeigt für den 18. Mai 1984 die Stundenmittel der berechneten stoffgebundenen Energieumsätze bei in den Mit-tagsstunden schwach labiler vertikaler Lufttemperatur-schichtung. Man erkennt, daß die Verdunstung V als hoch-effektiver endothermer Vorgang der Temperaturerhöhung eines transpirierenden Pflanzenkleides und seines Substrats (wie auch jedes Oberflächengewässers) entgegenwirkt. Das Fehlen dieses Abkühlungsmechanismus bei trockenem

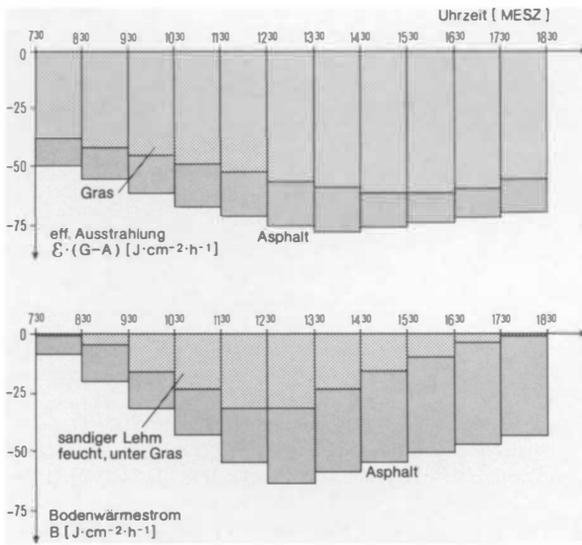


Abb. 3: Langwellige Strahlungsbilanz und Bodenwärmestrom der beiden Objekte im Verlauf des 18. Mai 1984

The long-wave radiation balance and the heat flux in the soils of the two objects during the course of May 18, 1984

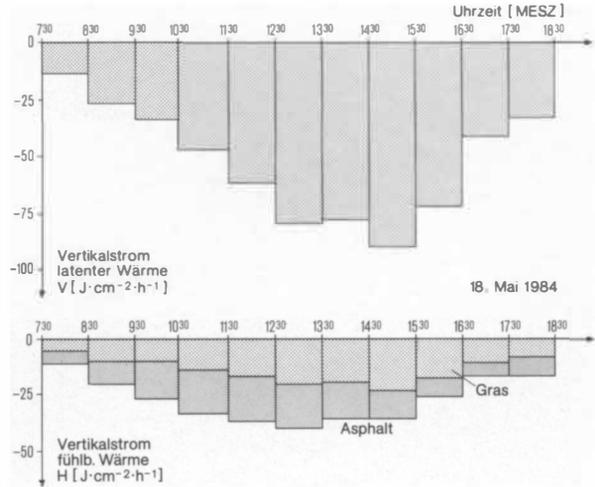


Abb. 4: Die Stundenwerte von Verdunstung V und Thermo-konvektion H der beiden Versuchsf lächen

The hourly values of evaporation V and thermo-convection H of the two test areas

Asphalt, Fels, usw. sowie städtischen Baukörpern bewirkt, daß tagsüber die Energieabgabe über A, H und B im Sinne von Regelkreisen wächst; die damit verbundenen höheren Gleichgewichtstemperaturen lassen es z. B. durchaus plausibel erscheinen, daß in Abb. 4 der Asphalt während der Mit-tagsstunden durch Thermokonvektion fast doppelt so viel Energie in Form fühlbarer Wärme H abgibt wie die Gras-decke.

Am Asphalt oder an einem Flachdach kann im Rahmen derartiger Praktika leicht rechnerisch modelliert und mes-send überprüft werden, welchen Effekt etwa eine Flächen-beregnung auf die Energetik und damit auf das Temperaturregime derartiger Objekte zeigt. Gerade in diesem Falle führen die Bestimmungsgleichungen für die Vertikalströme latenter und fühlbarer Wärme in der Regel auf Anhieb zu be-friedigenden Ergebnissen.

In Abb. 5 sind die gemessenen und berechneten Temperaturgänge der beiden 5-cm-Schichten dargestellt. Als Start-temperaturen wurden die um 7.30 Uhr in 2,5 cm Tiefe ge-messenen Werte benutzt; die aus der stündlichen Energie-bilanz bestimmten  $\Delta T$ -Beträge ergeben die berechneten Schichtmitteltemperaturen am Ende der jeweiligen Stunde. Wie man sieht, dürfen die Übereinstimmungen zwischen gemessenen und berechneten Temperatur-Zeitreihen in diesem Fall als durchaus befriedigend (da frei von größeren systematischen Abweichungen) bewertet werden. Die im Vergleich mit dem Asphalt wesentlich geringere Boden-temperatur-Amplitude in 2,5 cm Tiefe unter Gras fällt so-gleich auf; auch liegt das Tagesmittel hier gegenüber der Asphalt-schicht wesentlich niedriger. Erkennbar ist ferner, daß die Temperatur-Maxima der beiden Schichten um ca. eine Stunde gegeneinander verschoben sind. Gerade letztere Erscheinung veranschaulicht die recht unterschiedliche Energetik der beiden Objekte in bezug auf Globalstrahlungs-Albedo, Bodenwärmestrom und die stoffgebundenen Trans-fergrößen.

Die Hauptursachen für erhebliche Differenzen zwischen Temperaturmessungen und -berechnungen liegen gewöhn-

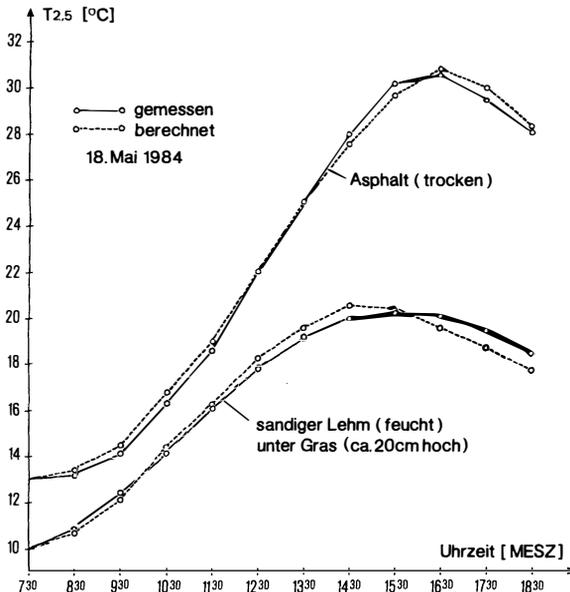


Abb. 5: Gemessene und berechnete Bodentemperatur-Zeitreihen in 2,5 cm Tiefe ( $T_{2,5}$ ) am 18. Mai 1984

Measured and calculated time series of soil temperatures at a depth of 2.5 cm ( $T_{2,5}$ ), May 18, 1984

lich in der groben Mittelwertbildung der Eingangsparameter sowie in der Homothermie-Prämisse. Hinzu kommen mögliche Fehlannahmen von mittlerer spezifischer Wärme und Dichte der untersuchten Schichten; während z. B. die „Volumwärmern“ von Luft, Wasser und Asphalt als vergleichsweise konstant angesehen werden dürfen, unterliegen diese Stoffgrößen bei Böden starken räumlichen wie (durch Feuchteänderungen bedingten) zeitlichen Schwankungen. Es empfiehlt sich deshalb dringend, in derartige halbempirische Feldstudien Untersuchungen von  $c$  und  $\rho$  des jeweiligen Substrats mit einzubeziehen, um vermeidbaren Fehlschlägen vorzubeugen. Gerade insofern dürfen die beiden Objekte und damit das hier vorgeführte Fallbeispiel als ausreichend erprobt und abgesichert gelten.

## 5. Ausblick

Mikroklimatologisch kann die Geosphäre als ein Mosaik aus verschiedenen strukturierten Flächen und Körpern betrachtet werden, wobei sich die angetroffene Objektvielfalt nach Größe, Form und Materie durchaus auf einige häufig vorkommende Grundtypen zurückführen läßt. Die Messung und modellhafte Beschreibung der Energetik solcher Grundtypen, welche vorwiegend über die oberflächennahe Luftschicht miteinander in Wechselwirkung stehen und das Mikroklima prägen, erscheint gegenwärtig zwar möglich, steckt aber methodisch noch in den Kinderschuhen. Im stadtklimatologischen Zusammenhang hat WEISCHET (1979, 1982) von „Strukturtypen“ gesprochen, die als Grundelemente des städtischen Baukörpers das Klima prägen und zunächst der experimentell-modellhaften Untersuchung ihres spezifischen Energietransfers bedürfen. Als Fernziel

sieht WEISCHET „die Chance, gesicherte Abhängigkeiten zwischen Baukörperstruktur und Klimagegestaltung aufzudecken und auf dieser Basis konkrete Aussagen beispielsweise derart zu machen, in welcher Weise ein Baukörper bestimmter Struktur das Freilandklima modifiziert oder welche Veränderungen im Planungskonzept gemacht werden müssen, um bestimmte Klimateigenschaften zu vermeiden oder zu begünstigen“.

Auf dem langen aber interessanten Weg zu diesem Ziel dürfte es hilfreich sein, zunächst die Energetik von Objekten mit dominant horizontalen Grenzflächen zu studieren und zu modellieren, um dann auch auf Körper mit vorwiegend senkrechten Außengrenzen überzugehen. Wie erste Untersuchungen an einem  $0,6 \text{ m}^2$ -Vertikal-Solarabsorber gezeigt haben, erscheint es durchaus möglich, auch an vertikalen Grenzflächen den Energietransfer durch einfache Gleichungen der oben beschriebenen Art zu erfassen.

Insbesondere durch das leidige, oft aber überschätzte Advektionsproblem sollte sich niemand vom Betreiben derartiger Objektstudien abschrecken lassen. Bei einfachen mikroklimatologischen Messungen der hier beschriebenen Art scheint sich nämlich folgende Faustregel zu bewähren: Die Verweildauer der Luft [s] über der Fläche, für welche die Untersuchungen repräsentativ sein sollen, muß mindestens das Zehnfache der Meßhöhe [m] betragen, damit die laterale Energieadvektion vernachlässigbar wird. Demnach sind z. B. für 1 m Meßhöhe als Verweildauer der Luft mindestens 10 s erforderlich. Bei einer Windgeschwindigkeit von  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  in 1 m Höhe bedarf es also einer luvseitigen Objektausdehnung von mindestens 20 m. Wenn stets darauf geachtet wird, daß in ebenem Gelände diese Mindestanforderung zur Vernachlässigbarkeit der lateralen Zufuhr fühlbarer Wärme erfüllt ist, dürfte zumindest bei geringer Luftbewegung die Advektion kaum als Störfaktor hervortreten.

Einfache Energieumsatzmessungen des hier vorgeführten Typs scheinen ein geeignetes Mittel darzustellen, um insbesondere zu räumlichen Analogieschlüssen benutzte Modelle und ihre Bestimmungsgleichungen zu validieren. Eingebettet in ein z. Zt. 9 Aufgaben umfassendes Semesterprogramm (WERNER 1984) werden derartige elementare Feldversuche zur angewandten Grenzflächenklimatologie wegen ihrer Anschaulichkeit und des erkennbaren Praxisbezugs von entsprechend qualifizierten Studierenden der Geowissenschaften in Münster seit Jahren gern durchgeführt.

## Literatur

- BRAUERS, T. u. PASENAU, H.: Ein neues Konzept zur synchronen Messung von Bodentemperaturen in verschiedenen Tiefen. In: Wetter und Leben, Heft 3, 1984, S. 159–169.
- DOBESCH, H.: Der Rauheitsparameter und die Dicke der Verdängungsschicht über verschiedenen natürlichen Unterlagen. In: Arch. Met. Geophys. Bioklimat., Serie A, Heft 25, 1976, S. 125–130.
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) [Hrsg.]: Grundlagen für die Beurteilung der Wärmebelastungen von Gewässern. Mainz, 2. Aufl. 1977.
- WEISCHET, W.: Problematisches über die städtische Wärmeinsel und die Notwendigkeit einer Baukörperklimatologie. In: Siedlungsgeographische Studien. Berlin 1979, S. 407–423.

- : Notwendigkeit und Vorzüge einer Baukörperklimatologie. Thermalluftbilder für die Stadt- u. Landesplanung. In: Veröff. d. Akad. für Raumforsch. u. Landesplan., Beiträge Bd. 62. Hannover 1982, S. 23-38.
- WERNER, J.: Kraftwerksabwärme in der Hydrosphäre. Physiogeogr. Untersuch. zur Benutz. von Oberflächengewässern der BR Deutschland bei der Erzeugung elektr. Energie. Westf. Geogr. Studien Bd. 34. Münster 1977.
- : Brauchbare Energieumsatzformeln für den Grenzbereich Gewässer/Fläche/Luft. In: Wasserwirtschaft 72, 1982, Heft 1, S. 18-22.
- : Messen und Rechnen in der Angewandten Klimatologie. Studienblätter 3, hrsg. v. d. Arbeitsgemeinschaft. Angew. Geographie Münster e. V. Münster 1984.
- : Die Erprobung einer vereinfachten energetischen Verdunstungs-Bestimmungsmethode an den Waldbeständen der Großlysimeteranlage St. Arnold bei Rheine 1981/82. Schriftenreihe d. Landesamt f. Wasser u. Abfall NRW, Heft 40. Düsseldorf 1985.

## BUCHBESPRECHUNGEN

HAGGETT, PETER: Geographie. Eine moderne Synthese. Nach der dritten revidierten Originalausgabe aus dem Englischen übertragen und mit Adaptionen versehen von RUDI HARTMANN, ULRIKE MEYER-NEUMANN, MONIKA PREYSSINGER, HEINRICH STÖCKL und mit einer Einleitung von ROBERT GEIPEL. 768 S., zahlr. Karten, Abbildungen, Photos und Tabellen. UTB Große Reihe. Harper & Row, New York 1983, DM 68,-

PETER HAGGETTS im angloamerikanischen Sprachraum so überaus erfolgreiche Einführung in die Geographie liegt nunmehr in einer deutschen Fassung vor. Nach einem Prolog mit der schon klassisch gewordenen Darstellung der geographischen Forschungsperspektiven am Beispiel des Strandlebens folgen fünf Hauptteile, von der Analyse der physischen Rahmenbedingungen und der Auseinandersetzung des Menschen mit seiner Umwelt über das Aufzeigen der regionalen Vielfalt kultureller Muster bis hin zu räumlichen Ordnungsprinzipien verschiedenen Maßstabs und der Diskussion politisch-geographischer Fragen sowie von Planungsproblemen. In einem Epilog werden geographische Fragestellungen nochmals differenziert und vertieft behandelt und die Zukunft der Disziplin erörtert. Der im Titel des Buches erhobene Anspruch, eine *Synthese* der Geographie zu bieten, wird vollauf eingelöst: HAGGETT wird zu Unrecht verschiedentlich als positivistischer Standortanalytiker mit verengter Sichtweise dargestellt; ganz im Gegenteil zeichnet sich sein Buch durch eine große Offenheit sowohl in inhaltlicher wie methodischer Hinsicht aus.

HAGGETT bezieht einerseits neueste Erkenntnisse in sein Buch ein, vernachlässigt darüber aber keineswegs die großen Forschungsleistungen früherer Generationen, so daß sich dem Leser ein eindrucksvolles Bild der Entwicklung der Disziplin bietet.

Immer wieder faszinierend ist die didaktisch hervorragende Aufbereitung des Stoffes: sorgfältig ausgewählte Karten, Diagramme und sonstige Materialien führen zu einem guten Verständnis auch anspruchsvoller und komplexer Sachverhalte. Zum Teil im Druckbild abgesetzt, werden zudem wichtige Begriffe und Analyseverfahren (z. B. Fachbegriffe der industriellen Standortlehre, Hauptkomponentenanalyse, Monte-Carlo-Simulation) definiert und erläutert. Eine Zusammenfassung am Ende jedes der 25 Kapitel, vertiefende Fragen und Diskussionsanregungen sowie weiterführende Literaturangaben festigen den Eindruck, daß das Werk dem besten Standard angelsächsischer „Textbooks“ entspricht.

Die deutsche Fassung beschränkt sich nicht nur auf eine bloße Übersetzung – so verdienstvoll auch dies schon gewesen wäre – sondern ergänzt viele sehr stark auf die Bedürfnisse amerikanischer

oder englischer Studenten zugeschnittene Beispiele durch Fallstudien aus Mitteleuropa. So wird etwa die Bevölkerungsentwicklung in der Bundesrepublik ebenso behandelt wie Probleme der Verstädterung in Deutschland und Österreich oder Fragen der Raumordnung. Im Teil 3 hätte sich Rez. auch einen Beitrag zur deutschen Kulturlandschaftsforschung gewünscht.

Das Übersetzerteam hat gute Arbeit geleistet, wobei die Aufgabe sicher durch die luzide Formulierung des englischen Originals erleichtert wurde. In einigen (erfreulicherweise seltenen) Fällen hätte eine kritischere Haltung gegenüber der englischen Vorlage verhindert, daß Fehler z.T. durch alle Auflagen bis in die deutsche Ausgabe mitgeschleppt wurden. Einige Beispiele: die Angabe, daß auf der Erde jährlich  $10^7$  Mio. t. Nahrungsmittel produziert werden (S. 203) ist ebensowenig korrekt wie die Erläuterung zur logistischen Kurve (S. 398) und die Berechnung der multiplikativen Effekte von „Basic-Arbeitsplätzen“ (S. 422), auch die Abb. auf S. 534 entspricht nicht dem Ansatz von Thüniens.

Diese Fehler, ebenso wie die Vertauschung der Legenden bei den Abb. auf S. 674, lassen sich jedoch leicht in einer Neuauflage korrigieren, der Gesamteindruck eines überaus materialreichen, klar geschriebenen und überzeugend gegliederten Lehrbuches der Geographie wird hierdurch nicht beeinträchtigt.

HAGGETTS „Geographie – eine moderne Synthese“ erscheint daher als Textgrundlage für Einführungsseminare in das Studium der Geographie sehr gut geeignet und könnte auch in seiner deutschen Version zu einem „Klassiker“ – nicht nur für Geographie-Studenten – werden.

GÜNTER THIEME

MANNSFELD, KARL: Landschaftsanalyse und Ableitung von Naturraumpotentialen. 109 S., 22 Tab., 6 Abb., 9 Karten. Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Band 55, Heft 3. Akademie-Verlag, Berlin 1983

Die vorliegende Studie von MANNSFELD führt die zahlreichen interessanten landschaftsökologischen Arbeiten von NEEF und seinen Schülern fort. Sie legt das Gewicht verstärkt auf eine „angewandte Landschaftsökologie“. Diese bedarf einer Konkretisierung in folgenden Teilschritten: 1. Erkundung und Kartierung von Struktur und Dynamik des Naturraumes, 2. Einbeziehung der Flächennutzung (= Landschaftsanalyse), 3. „Potentialeigenschaften“ des Naturraumes für die „gesellschaftlichen Anforderungen“, 4. Kennzeichnung der natürlichen „Ressourcenstrukturen“ (= Land-