

PHYSIOGEOGRAPHIE

MIKROKLIMATISCHE FALLSTUDIEN ZUR MORPHODYNAMIK DES MEDITERRANEN SOMMERS

Helmut RIEDL, Salzburg

Mit 8 Textabbildungen

INHALT

| | |
|--|----|
| Vorbemerkung | 21 |
| 1. Kliffküste bei Gythion | 21 |
| 2. Doline in der Höhenlandschaft des Parnaß | 25 |
| 3. Gipfelpyramide des Prophet Ilias (Taygetos) | 31 |
| Zusammenfassung | 35 |
| Literatur | 35 |
| Summary, Résumé | 35 |

In der physischen Geographie wird in den letzten Jahrzehnten versucht, morphodynamische Vorgänge möglichst genau zu erfassen. In den meisten Untersuchungsfällen werden durch subtile Formenanalyse bzw. über die Hilfsmethode bodengeographischer Befunde Schlüsse im Hinblick auf die formenbildenden Prozesse gezogen. Gering ist die Zahl jener Arbeiten, in denen die mikroklimatischen Rahmenbedingungen [1] von Abtragungsprozessen durch Messung herausgearbeitet werden. So mögen die vorliegenden Beispielfälle diesbezügliche Anhaltspunkte, insbesondere für die Phase des witterungsstabilen südmediterranen Sommers, der jedoch im morphodynamischen Sinn recht differenziert entgegen tritt, bieten.

Der Kommission für hochalpine Forschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (em. o. Univ.-Prof. Dr. Ferdinand STEINHAUSER) bin ich für die teilweise Subventionierung der Arbeiten zu großem Dank verpflichtet. Die Temperaturmessungen wurden mit einem Temperaturfühler (Thermotast) durchgeführt, während die Messungen der relativen Luftfeuchtigkeit mit dem Humidity Meter HM 11 getätigt wurden. Globalstrahlung und kurzweilige Rückstrahlung wurden mit einem Sternpyranometer — Weston Galvanometer gemessen. Obwohl keine ganzen Tagesabläufe gemessen werden konnten, kommt der Typus des Temperaturganges verschiedener Medien vor allem im Vergleichsverfahren gut zum Ausdruck.

1. KLIFFKÜSTE BEI GYTHION ($\varphi = 36^\circ 47'$, $\lambda = 22^\circ 34'$)

Aus Abb. 1 und 2 ist zu ersehen, daß am 31. 8. 1976 das Strahlungsmaximum um 12 Uhr mit dem Temperaturmaximum 28°C im Schatten koinzidiert. Entgegen der Strahlung steigt die Lufttemperatur von 7—8 Uhr von $21\text{—}25^\circ$ an, während der Strahlungsgewinn minimal ist. Dem Strahlungszuwachs von $0,25\text{ cal./cm}^2/\text{min}$. bis $0,84\text{ cal./cm}^2/\text{min}$. entspricht im gleichen Zeitraum von 8—9 Uhr überhaupt keine

Temperaturzunahme der Luft. Innerhalb der Strahlungsabflachung von 9—11 Uhr im Ausmaße von 0,84—0,96 cal. nimmt auch die Lufttemperatur um 1° zu.

Dem letzten entscheidenden Strahlungsgewinn von 11—12 Uhr entspricht im Schatten eine Temperaturerhöhung von 2° bis zum Maximum von 28° . Ähnlich dem konkaven spätmittäglichen Strahlungsverlauf zeigt auch die Temperaturkurve somit konkave Tendenz, während im gesamten die Konvexität der Strahlungs-

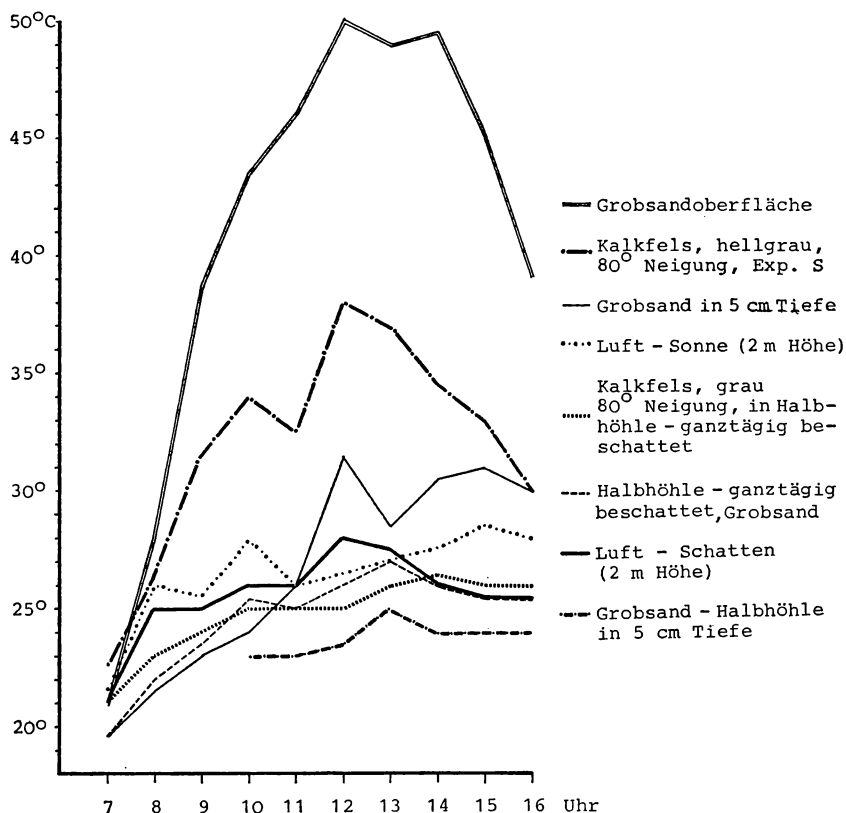


Abb. 1: Temperaturgänge verschiedener Substrate am 31. 8. 1976 an der Kliffküste des Kasteliaspornes bei Gythion im Meeresspiegelniveau (Peloponnes) in osteuropäischer Zeit

kurve des frühen Nachmittags die Strahlungssituation dieser Tageszeit gegenüber dem Vormittag betont, womit auch die angehobenen Lufttemperaturen von 12—16 Uhr mit konvexem Kurvenverlauf im Einklang stehen. Es zeigt sich, daß der Faktor der Maritimität für die nachmittägliche Begünstigung der Lufttemperatur nicht in Frage kommt, da ab Mittag im Lee der Mani-Halbinsel Föhnwirkung mit Linsenwolkenbildung eintrat, wodurch die vormittägliche atmosphärische Trübung herabgesetzt wurde und das Strahlungsausmaß leicht angehoben werden konnte. Somit kann man nur von einer maritimen Ähnlichkeit des Verhaltens der Lufttemperatur spre-

chen. Kausal stehen jedoch die orographischen Bedingungen, die besondere Konfiguration des südlichen Peloponnes mit Stau an den Westflanken der Halbinselspore und Föhnwirkung an den Ostflanken dahinter. Im Gegensatz dazu wird der Vormittag größtenteils durch die nun auch kausal dominante Maritimität einer abgeflachten Temperaturentwicklung gegenüber einem raschen Strahlungsanstieg gekennzeichnet. Im großen Gegensatz zum Verlauf der Lufttemperaturkurve stehen die Temperaturverhältnisse des sählig lagernden, grauen Kalk- und Dolomitgrobsandes im Bereiche einer schmalen Abrasionsplattform und des Fußes der südexponierten Kliffwände im Tripolitzakalk. Die Ausgangspunkte der Temperaturkurven um 7 Uhr

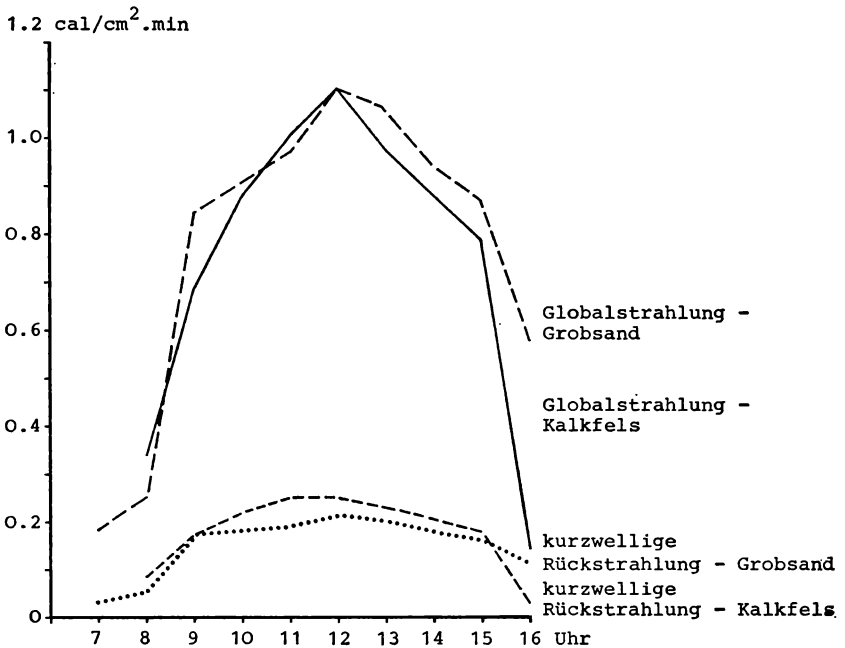


Abb. 2: Globalstrahlung und kurzwellige Rückstrahlung an der Kliffküste bei Gythion am 31. 8. 1976

liegen etwas unter der Lufttemperatur eng gebündelt bei 21—22,5° nebeneinander. Die Erwärmung des Grobsandes spiegelt unmittelbar den Verlauf der Strahlungskurve wider, d. h., daß dieses Medium linear auf das Ausmaß und den Gang der Einstrahlung anspricht. Dies gilt auch für die Koizidenz des Tagesmaximums von 50° um 12 Uhr und 49,5° um 14 Uhr. In der Strahlungskurve (Abb. 2) lassen sich nur teilweise genetische Aspekte dafür finden. Die Kurve der kurzwelligen Rückstrahlung zeigt ein Abflachen der Werte zwischen 9—12 Uhr, das bilanzmäßig dem ersten Maximum zugute kommt. Für die Bildung des sekundären Maximums dürften das Abheben überhitzter bodennaher Luftpakete sowie der föhnbedingte, konvexe Strahlungskurvenverlauf des frühen Nachmittags von Bedeutung sein, eine Wirkung, die im Verlauf der Lufttemperatur nur abgeschwächt entgegentritt.

Der Kalkfels zeigt eine wesentlich geringere Erwärmung. Beträgt die Differenz des Tagesmaximums der Grobsandoberfläche und Lufttemperatur 22° , so die des Tagesmaximums von Lufttemperatur und hellgrauem Kalkfels nur mehr 10° . Auch hier ist die doppelte Maximumbildung auffallend. Das sekundäre Maximum ist mit 34° um 10 Uhr gegenüber dem primären Maximum von 38° um 12 Uhr im Gegensatz zum Grobsand nicht in den Nachmittag, sondern in den Vormittag verschoben. Dieses sekundäre Maximum um 10 Uhr deckt sich gut mit einer Abflachung der kurzwelligen Rückstrahlung um die gleiche Zeit, wobei die Strahlung über dem Fels um diese Zeit gegenüber der Strahlung der Grobsandfläche höhere Werte erlangt als von 9—10 Uhr. Nach 12 Uhr sind Strahlung und Rückstrahlung am Felsen geringer als über der Grobsandfläche. Die geringere Leitfähigkeit des Kalkfelsens gegenüber dem Grobsand bewirkt das völlige Auslöschen des föhnbedingten nachmittägigen Strahlungsgewinnes, denn die Temperaturen sinken rasch von 38° auf 30° um 17 Uhr. Die Strahlung erreicht durch seitliche Beschattung eines Felspfeilers zu diesem Zeitpunkt bereits den Nullwert. Die Grobsandtemperaturen in 5 cm Tiefe schließen sich bereits in ihrem Verhalten den von der Strahlung zur Gänze abgeschirmten Medien einer Küstenhalbhöhle enger an als den bereits erörterten Gegebenheiten. Nachts und vormittags bis 11 Uhr liegen die Grobsandtemperaturen in 5 cm Tiefe bereits um $1\text{--}3^{\circ}$ unter der Lufttemperatur. Ähnlich wie bei den Grobsand-Oberflächentemperaturen wird das Maximum um 12 Uhr mit $31,5^{\circ}$ erreicht. Die Differenz zwischen Grobsand-Oberflächentemperatur und der Temperatur in 5 cm Tiefe beträgt zur Zeit des Maximums bereits $18,5^{\circ}$. Wie an der Oberfläche des Grobsandes wird auch in 5 cm Tiefe ein nachmittägliches sekundäres Maximum um 15 Uhr erreicht, wobei die Temperatur nur $\frac{1}{2}^{\circ}$ unter dem primären Maximum liegt und gegenüber den Verhältnissen an der Grobsandoberfläche auch um 1 Stunde gegen den Nachmittag hin verzögert erscheint.

Betrachtet man die ganztägig unbestrahlte Grobsandfläche an der Sohle einer Karsthalbhöhle im Meeresniveau, die in unmittelbarem Anschluß an die bereits erwähnten Meßstellen liegt, so tritt nur mehr eine Maximerwärmung um 13 Uhr ein, wobei eine Verzögerung gegenüber dem an der Oberfläche festgestellten primären Maximum um 1 Stunde stattfindet. Dieses Maximum liegt bereits, wie der größte Teil der Kurve, unterhalb der Lufttemperatur. Nur von 14—16 Uhr findet eine Angleichung beider Kurven statt. Ähnliches gilt für die Temperaturverhältnisse der Evakuationsgrenzflächen der Halbhöhle. Immerhin liegen wenigstens am Nachmittag die Werte $\frac{1}{2}^{\circ}$ über der Lufttemperatur, wobei Isothermie mit einer Amplitude von 5° in der Zeit von 7—16 Uhr bereits auffällig in Erscheinung tritt. Diese wird mit nur mehr 2° Schwankung in 5 cm Tiefe des Grobsandes in der Halbhöhle dominant und steht einer Tagesamplitude von 29° der der Strahlung ausgesetzten Grobsandoberfläche gegenüber.

Das Beispiel der Kliffküste bei Gythion zeigt im Hinblick auf die Bedeutung der morphodynamischen Rahmenbedingungen des mediterranen Sommers, daß mit Isolationswirkungen nur auf wenig geneigten Feinmaterial- bzw. Bodenbändern zu rechnen ist. Hier werden in bester Absorbierung der Globalstrahlung die höchsten Temperaturen und größten Tagesamplituden erreicht. Bereits in 5 cm Tiefe jedoch wird diese Isolationswirkung auf ca. $\frac{1}{3}$ der Temperaturschwankung an der Bodenoberfläche gemindert. Senkrecht nach Süden exponierte hellgraue Felspartien, wie sie oft die Kliffs der Steilküsten zusammensetzen, verfügen über nur mehr halb so hohe sommerliche Tagesamplituden wie Sandplattformen oder Bodenbänder.

Die in Kliffküsten immer wieder eingeschalteten, durch Abrasion geschaffenen

oder durch marine Erosion aufgebrochene Karsthöhlen weisen in ihrer Halbhöhlen-gestaltung in sämtlichen Medien der Konvakuationen und der Evakuationen weitgehend isotherme Verhältnisse auf, wobei die Wirkung der sommerlichen Isolation völlig vernachlässigt werden kann. In ihrer Isothermie dürften den ganzen Sommer hindurch alle Medien Temperaturen von über 20° aufweisen. Daraus wird klar, daß im Meeresspiegelniveau bzw. im Bereich des Spritzwassers bei derart warm-isothermen Verhältnissen in den Halbhöhlen des südmediterranen Sommers rezent energische Korrosionswirkungen entfaltet werden können, die denen der feuchten Tropen in keiner Weise nachstehen dürften. Diesen warm-isothermen, möglichen Korrosionsstandorten stehen die besonders der Einstrahlung unterliegenden, von Feinmaterial bedeckten Plattformen, Gesimse, Sporne und Bankungsterrassen gegenüber. Die Austrocknung erreicht hier im Rahmen der enormen Überhitzung (Ende August immerhin noch 50° C) ihr Maximum und demgemäß auch die Gefährdung durch soil erosion. So grenzen im südmediterranen Sommer an Kliffküsten niederer Meereshöhe Landschaftszellen mit warmen Tagesisothermen, klein-klimatischen Rahmenbedingungen scharf an Bereiche an, die sich in ihrem extrem heißen und exzessiven Bodenklima von tropisch - subtropischen Wüsten kaum unterscheiden. Zwischen beiden klein-klimatischen Zellen vermittelt in ihrem Temperaturverhalten die lotrechte Kliffwand.

2. DOLINE IN DER HÖHLENLANDSCHAFT DES PARNASS ($\varphi = 38^{\circ} 32'$, $\lambda = 22^{\circ} 37'$)

Die Messungen im Parnaßgebiet wurden am 4. 9. 1976 an der Westabdachung des Gerontovrachos vorgenommen. Die Sattelzone zwischen Schutzhütte und neu angelegter Schleppliftbasisstation wird im NNW-SSE verlaufenden Streichen der weichen cenomanen Kalke von einer langen Korrosionsdolinenreihe untertieft. Die Dolinenquerprofile werden in ENE-Exposition von steileren, 80° geneigten Begrenzungswändchen beherrscht, an denen die Schichtköpfe der hellen Kalke austreichen. Hingegen weisen die WSW-Expositionen der oft trichterförmig verengten Schüssel-dolinen flachere Neigungen von ca. 60° auf, die größtenteils im Schichtfallen angelegt sind. Das mikromorphologische Bild der beiden Expositionen ist demnach verschiedenartig. Blockförmige bis scharfkantige Schuttabsonderungen nehmen die ENE exponierten Schichtkopfseiten der Dolinen ein, während Rinnenkarren die Schichtflächen der WSW exponierten Dolinenhänge charakterisieren. Die gegenständliche Meßreihe (Abb. 3, 4, 5) wurde zum Teil am Grunde einer 40 m tiefen Doline vorgenommen, die am, durch allochthone terra rossa ausgekleideten, ca. 100 m² großen Dolinenboden seitlich von einem verstürzten Schacht angeschnitten wird, ferner wurden Messungen aus Vergleichsgründen an der in 1875 m Seehöhe liegenden Oberkante der Doline getätigt, die von jungen Rendsinen geprägt wird. Im Niveau dieser Dolinengasse stellt sich an der Ostflanke der Gerontovrachos die markante Baumgrenze bei 1880—1900 m Höhe ein. Sie wird zumeist von Apollotannen (*abies cephalonica*) gebildet, die allesamt asymmetrische Wuchsformen mit Ausladen der Äste in westliche Expositionen und Verkümmern im östlichen Sektor erkennen lassen. Hiefür ist die Wirkung von aus dem nordöstlichen Sektor wehenden Bergabwinden verantwortlich zu machen. Es fällt auf, daß die Bäume in diesem Grenzsaum auf den windexponierten Riedeln und Stegen zwischen den Dolinen stets ihre Standorte haben. In den Dolinen hingegen treten ab und zu Baumleichen entgegen. Die Messungen am 4. 9. 1976 wurden bei schwachem SW-Wind getätigt, der am Nachmittag auffrischte. Waren am Vormittag des 4. 9. cumulus humilis-Wolken und darüber einige Linsenwolken sichtbar, die sich besonders im NW des Parnaß-

gebietes einstellten, so waren um 16 Uhr mehrere große, tiefere Linsenwolken als vormittags ausgebildet; sie standen mit einer ausgeprägten Föhnlage an der Zyklonvorderseite im Einklang. Die Strahlungskurve zeigt eindeutig, daß den ganzen Vormittag hindurch bis 13 Uhr der Dolinengrund (Abb. 5) gegenüber der um 40 m

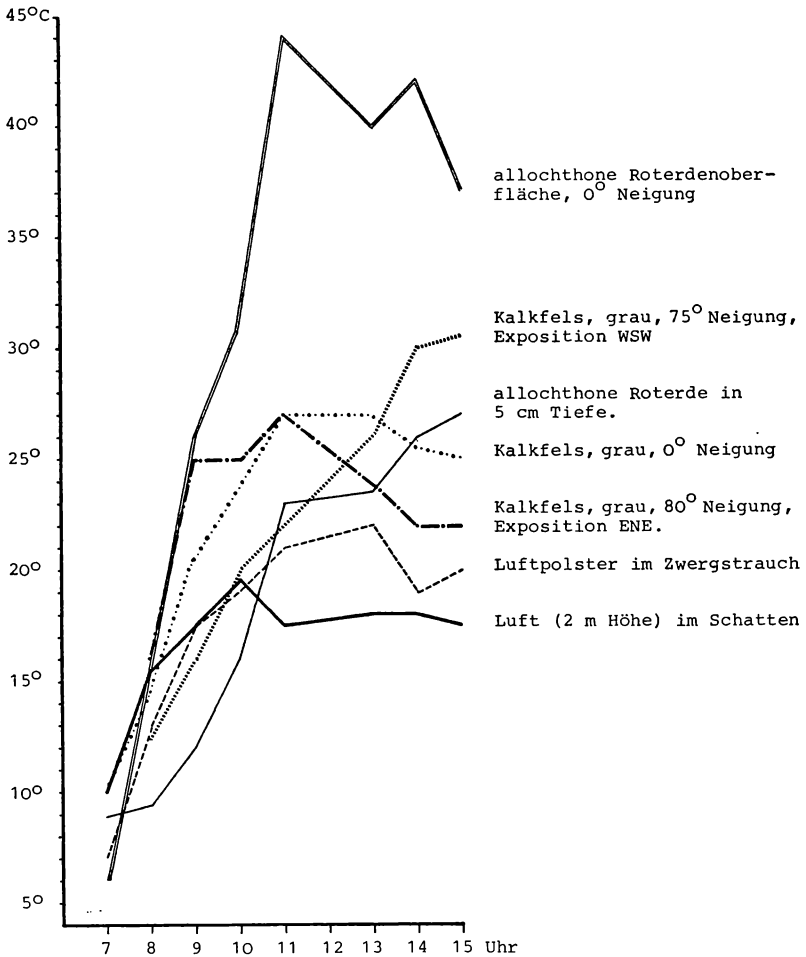


Abb. 3: Temperaturgänge einiger Medien am Dolinengrund (1835 m Höhe), Westabdachung des Gerontovrachos (Parnaß) während Föhnwirkung am 4. 9. 1976 in osteuropäischer Zeit

höheren Kante aufgrund der multiplen Strahlungskomponenten ausgesprochen strahlungsbegünstigt in Erscheinung tritt. In der Doline tritt bereits um 10 Uhr das Maximum der Globalstrahlung mit $1,15 \text{ cal./cm}^2/\text{min}$. ein, während das Maximum der Strahlung an der Kante erst um 12 Uhr mit nur $1,0 \text{ cal.}$ erreicht wird. Im Gegensatz zum Dolinengrund, in dem das Strahlungsausmaß nach einem rapiden Anstieg bis 10 Uhr hernach langsam abfällt, behält die Strahlungskurve an der Dolinenoberkante

von 11—15 Uhr ein auffallend hohes Niveau, das durch 4 Stunden hindurch im Bereiche 0,95—1,0 cal. liegt, womit in dieser mittäglich-nachmittäglichen „Plateaubildung“ der Strahlungskurve außerhalb der Dolinen an diesem Tag ein anderer Strahlungsklimatypus zum Ausdruck kommt als beispielsweise in dem teilweise

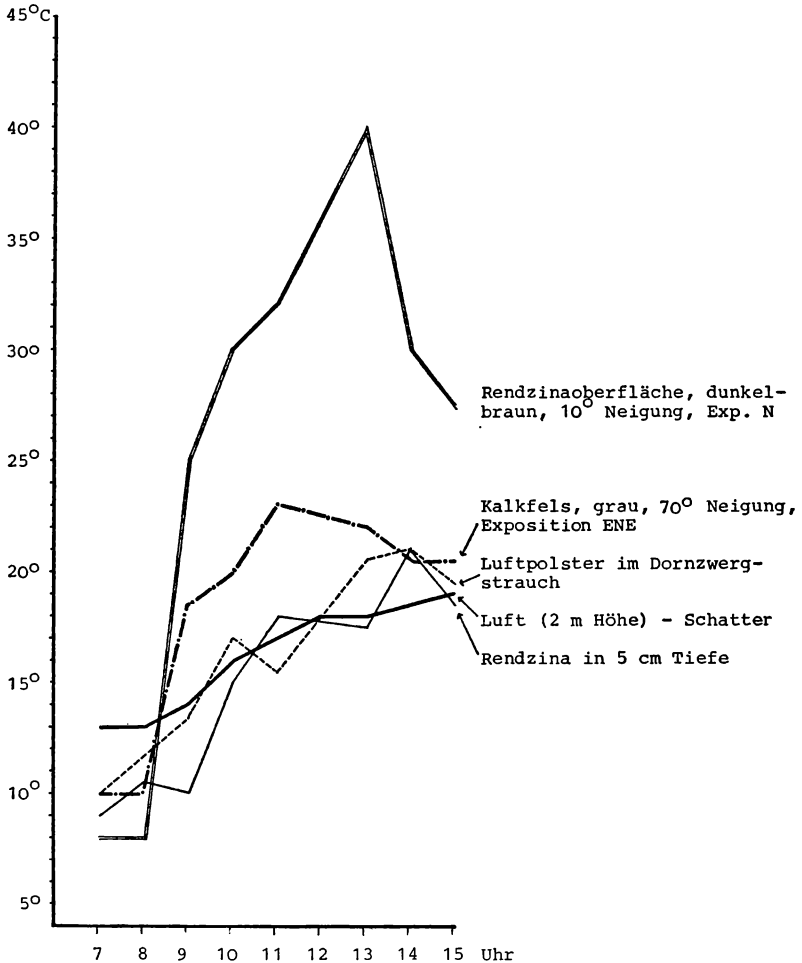


Abb. 4: Temperaturgänge einiger Medien an der Dolinenoberkante (1875 m Höhe); Westabdachung des Gerontovrachos (Parnaß) während Föhnwirkung am 4. 9. 1976 in osteuropäischer Zeit

maritim beeinflussten Gythion mit seiner recht symmetrischen Spitzenbildung der Kurve zu Mittag. Zu den Strahlungsverhältnissen des partiell maritimen Gythion bietet jedoch die Dolinenkurve einige Ähnlichkeit. Die Beharrlichkeit des großen Strahlungsausmaßes am Nachmittag offenbart sich gut in den Lufttemperaturverhältnissen an der Dolinenoberkante, wobei um 15 Uhr (19°) vermutlich noch immer nicht das Tagesmaximum erreicht war. Im Gegensatz dazu zeigt die Lufttemperatur

am Dolinenboden (Abb. 3), daß von 7—7.30 Uhr noch ein Rest der nächtlichen Temperaturinversion vergegenständlicht ist. Die Lufttemperatur am Dolinenboden beträgt um 7 Uhr 10° gegenüber der Lufttemperatur an der Dolinenkante 13° (Abb. 4). Pro 100 m würde sich demnach ein nächtlicher Temperaturinversionsgradient von $-7,5^{\circ}$ C einstellen. Ab 7.30 Uhr wird die Temperaturinversion in der Doline beseitigt und der Dolinengrund weist entsprechend der Summenwirkung der multiplen Strahlung auch eine deutliche Lufttemperaturbegünstigung auf, die bis 13 Uhr anhält. Erst dann sinkt die Lufttemperatur auf Grund der Abnahme der multiplen Strahlung in der Doline unter das Maß der Dolinenkante, wobei bereits

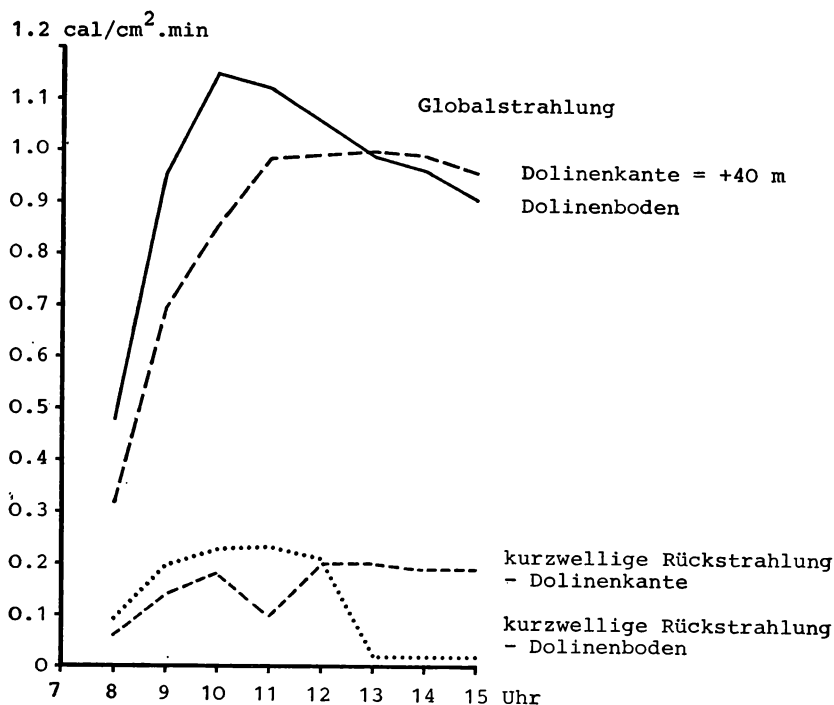


Abb. 5: Globalstrahlung und kurzwellige Rückstrahlung am Dolinenboden und an der Dolinenoberkante (Parnaß) am 4. 9. 1976

um 15 Uhr ein Temperaturinversionsgradient von $-0,6^{\circ}/100$ m zustande kommt. Während der Phase der vormittäglichen Strahlungs- und Temperaturbegünstigung in der Doline ergibt sich jedoch ein Temperaturgradient von $+8,8^{\circ}/100$ m, woraus die enorme Überhitzung aller Medien in der Doline gegenüber außerhalb resultiert. Verglichen mit den um ca. 1830 m tieferen Meßstellen in der Lakonischen Bucht bei Gythion erreicht auf Grund dieser mikroklimatischen Gegebenheiten die Erhitzung der terra rossa am Dolinengrund 44° C, womit die Erwärmung des Bodens nur um 6° tiefer liegt als im Bereich des Meeresspiegelniveaus bei Gythion. Das Maximum der Bodenerwärmung in der Doline tritt gegenüber dem Strahlungsmaximum um 10 Uhr um 1 Stunde verspätet entgegen. Die Bodentemperaturen in der Doline sinken bis 13 Uhr um 4° ab, erreichen jedoch um 14 Uhr ein sekundäres

Maximum von 42°C , wonach sie sehr rasch am Nachmittag abzusinken beginnen. Die auffallende Bildung dieses Doppelmaximums, das ja zentral in der Mitte des Dolinenbodens gemessen wurde, ist differential analytisch auf die verschiedenartige Strahlung und Reflexion der Dolinenhänge und auf deren alternierende Einflußnahme auf das Schlüsselzentrum zurückzuführen. Differenzierte Strahlungsmessungen und Messungen der kurzwelligen Rückstrahlung an den ENE exponierten und WSW ausladenden Dolinenflanken zeigen, daß an den Maximalwerten der Bodentemperaturen im Zentrum der Doline stärker die Strahlungskomponenten der WSW Exposition beteiligt sind, während in der Bodentemperaturdepression um 13 Uhr die abnehmende Strahlungsintensität der ENE Exposition integriert wird. In allen Temperaturwerten vor- und nachmittäglich benachteiligt erscheint die dunkelbraunschwarze Oberfläche einer Rendzina an der Dolinenoberkante. Obwohl das einfache Temperaturmaxima 40° erreicht, liegen ab 10 Uhr vormittags und nachmittags die Temperaturwerte der Bodenoberfläche $6\text{--}12^{\circ}$ unter denen der terra rossa des Dolinengrundes.

Vergleicht man die Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe am Dolinengrund mit denen in gleicher Tiefe des Bodens an der Dolinenoberkante, so erweist es sich, daß im ersteren Fall das Maximum der Erwärmung um mehr als 4 Stunden verzögert wird gegenüber dem Oberflächentemperaturmaximum. Es liegt um 17° tiefer als an der Bodenoberfläche. Ferner spiegelt der seit 11 Uhr geknickte Temperaturverlauf den raschen Anstieg der Globalstrahlung an den ENE Auslagen und das nachmittägliche hochwertige Verharren gut wieder. Die Temperaturentwicklung in 5 cm Tiefe der Rendzina an der Dolinenoberkante zeigt eine Verspätung des Maximums der Erwärmung gegenüber der Bodenoberfläche von nur 1 Stunde; das Maximum wird um 14 Uhr erreicht, wobei es um 10° tiefer als an der Bodenoberfläche liegt, d. h. die Tagesamplitude in 5 cm Tiefe ist nur mehr halb so groß wie an der Bodenoberfläche, während sie aufgrund der thermischen Begünstigung in der Doline in 5 cm Bodentiefe mehr als halb so groß erscheint als dort an der Bodenoberfläche.

Auch die Felstemperaturen erscheinen gegenüber der Dolinenoberkante deutlich angehoben, wenngleich sie in ihrer maximalen Erwärmung bedeutend unter den Temperaturmaxima der Böden liegen. So erreicht eine horizontale graue Kalkfelsfläche am Dolinengrund nur mehr 27° gegenüber 44° an der Bodenoberfläche. Der Maximalwert wird ähnlich der Bodenoberfläche bereits um 11 Uhr in enger Abhängigkeit zum Strahlungsgipfel in der Doline erreicht, wird aber bis 13 Uhr beibehalten, obwohl die Strahlungskurve bereits seit 3 Stunden im ständigen Sinken begriffen ist. Den gleichen Maximalwert der Erwärmung erreicht ENE exponierter grauer Kalkfels am Dolinenboden, der viel rascher abkühlt als der horizontale Fels. Gegenüber dieser Exposition begünstigt erscheint in seiner Felswärme die WSW-Exposition der Dolinenflanke, wobei das Maximum der Felstemperatur um 15 Uhr noch nicht erreicht war. Um 15 Uhr lag dort die Temperatur um $8,5^{\circ}$ höher als am Fels der ENE-Exposition. Gegenüber den Strahlungsverhältnissen tritt die thermische Begünstigung der WSW Exposition um 1 Stunde in den Nachmittag versetzt in Erscheinung. Ab 12.30 Uhr erwärmt sich somit die nach dem West-Sektor exponierte Felsbegrenzung der Doline stärker als die in den Ost-Sektor gekehrte Flanke, die bereits merklich abkühlt und den größten Wärmegewinn am Vormittag erzielt. Vergleicht man die ENE Auslage in der Doline mit der gleichen Exposition an der Dolinenkante, so besteht symmetrischer Kurvenverlauf zwischen beiden. Den ganzen Tag hindurch jedoch liegen die Felstemperaturen in dieser Exposition in der Doline

höher als an der Oberkante, wobei die vormittägliche Begünstigung in der Doline $1,5-6,5^\circ$ beträgt. Gegenüber der Dolinenoberkanten-Rendzinenoberflächentemperatur erreicht der ENE exponierte Fels an der Dolinenkante sein Maximum bereits um 11 Uhr, also um 2 Stunden früher als der Boden. Schließlich erweist es sich, daß sich auch der Luftpolster in einem Dornzweigstrauch am Dolinengrund ab dem Zeitpunkt des Aufhebens der nächtlich-morgendlichen Temperaturinversion bis um 13.30 Uhr (Maximum 13 Uhr = 22°) um $4-5^\circ$ wärmer verhält als ein Zwergstrauchluftpolster an der Dolinenoberkante. Gegenüber der Dolinenluft in 2 m Höhe wird das Temperaturmaximum der bodennahen Biosphärenluftschicht um 3 Stunden verzögert. Trotzdem erreicht der Zwergstrauchluftpolster am Dolinengrund eine Stunde früher sein Maximum als an der Dolinenoberkante, wo das Maximum erst um 14 Uhr erreicht wird.

Es kann somit festgestellt werden, daß im südmediterranen Sommer bei Stauwirkung im SW und Föhnwirkung in Mittelgriechenland aufgrund des vormittäglichen Strahlungsüberschusses in allseits geschlossenen Hohlformen mit heller Gesteinsbegrenzung es zu einem Anheben nicht nur der Lufttemperatur in den Hohlformen, sondern aller Medien gegenüber den Medien der Oberkanten solcher Hohlformen kommt. Gegenüber dem Gang der Strahlung und Lufttemperatur in der Doline erreichen die meisten Medien den Höhepunkt der Erhitzung um eine Stunde verspätet. In tieferen Bodenschichten herrschen jedoch Verzögerungen von mehr als 5 Stunden. Gegenüber der Strahlung außerhalb der Hohlformen erreicht die Lufttemperatur dort in 2 m Höhe das Maximum mit einer Verspätung von mehr als 3 Stunden, alle Medien außerhalb der Hohlformen erreichen ihr Erwärmungsmaximum jedoch um 2-4 Stunden verfrüht gegenüber der Lufttemperatur, d. h. daß in beiden Fällen die Strahlungsverhältnisse für die Erwärmung von Fels und Boden die entscheidende Bedeutung aufweisen und die Lufttemperaturinversion nur eine sehr sekundäre Rolle spielt. Der in allen Medien nachweisbare vormittägliche Wärmeschock in den Hohlformen der südmediterranen Massenerhebungen steht den nachmittäglichen Wärmeschocks großer Massenerhebungen im alpinen Bereich gegenüber, wie sie H. TOLLNER [2] so schön herausgearbeitet hat. Diese nachmittäglichen Wärmeschocks der humiden Mittelbreiten lassen sich in unserem Fall mit dem Verhalten der Medien außerhalb der Hohlformen vergleichen. Für die Biosphäre von Bedeutung bei derartigen mikroklimatischen Verhältnissen ist die Tatsache, daß im Zuge der nächtlichen Ausstrahlung und Temperaturinversionsherausbildung wohl die Bodenoberflächentemperatur in einem Ausmaß von fast 40° bis auf 6° in den Dolinen absinkt, aber aufgrund der Langzeitwirkung des strahlungsgebundenen vormittäglichen Wärmeschocks die Bodentemperatur in nur 5 cm Tiefe in der Nacht und am Morgen um 3° höher liegt als an der Bodenoberfläche.

Diese Tatsachen sollten bei Aufforstungsversuchen an der Wald- und Baumgrenze berücksichtigt werden. Morphodynamisch erweist es sich, daß in der Höhe der Baumgrenze der aus hellgrauen Kalken aufgebauten Gebirgsbereiche in Karsthohlformen bei Vorliegen festen Felses wenig Unterschiede im Insolationsverhalten bestehen. In- und außerhalb der Karsthohlformen beträgt die Tagesamplitude der Erwärmung des anstehenden Felses nur $10-20^\circ$. Sogar die westlichen Expositionen in den Hohlformen bieten nur Amplituden von 18° . Um die Hälfte bis zu $\frac{2}{3}$ höher ($30-40^\circ$) bewegen sich hingegen die Tagesamplituden der Bodenoberfläche, wobei die Böden in den Dolinen exzessivere Temperaturgänge und ein höheres Tagesmaximum als außerhalb erreichen. Dies bedeutet, daß die durch häufige Polygonstrukturen markierte Austrocknung in den Dolinenböden stärker als außerhalb voll-

zogen wird, obwohl die austrocknende Windwirkung des mediterranen Sommers in den Dolinen nur sehr abgeschwächt sich auswirkt.

Mit der enormen Überhitzung der Böden in den Hohlformen hängen steinartige Verhärtungen der terra rossa, Strukturverlust und leichte Verschlammbarkeit zusammen. Daran hat die Insolation im Rahmen großer Tagesamplituden jedenfalls weit mehr Anteil als außerhalb der Hohlformen. Schließlich sei darauf hingewiesen, daß das hohe Maß an vormittäglicher multipler Strahlung in den Dolinen sich auch bei den Feldarbeiten bioklimatisch auswirkt, da das Gefühl des Unbehagens mit dem Maße des Eintauchens in die „Strahlungskessel“ merkbar wächst, ein Umstand, der bei der touristischen Erschließung der südmediterranen Hochgebirge nicht unberücksichtigt bleiben dürfte.

3. GIPFELPYRAMIDE DES PROPHET ILIAS (TAYGETOS) ($\varphi = 36^\circ 57'$, $\lambda = 20^\circ 21'$)

Von allen Beispielen zeigt der Prophet Ilias (Abb. 6, 7, 8), der Gipfel des Taygetosgebirges (2.407 m), die größten Strahlungsmengen. Das Maximum der Globalstrahlung (Abb. 8) wird um 12 Uhr mit 1,33 cal./cm²/min. erreicht. Bis 14 Uhr herrscht Absinken der Strahlung. Ab 14 Uhr aber steigt die Globalstrahlung infolge Sinkens der diffusen Obergrenze der sommerlichen atmosphärischen Trübung, die vorher bis über das Gipfelniveau des Taygetos reichte, wieder an. Dem erneuten nachmittäglichen Strahlungsgewinn steht ein simultanes Ansteigen der kurzwelligen Rückstrahlung gegenüber. Die Gegensätze im thermischen Verhalten der verschiedenen Substrate sind hier im Bereiche der Gipfelpyramide nach Expositionen differenziert am größten. Der Gang der Lufttemperatur in 2 m Höhe steigt von 10,5° um 9 Uhr bis zum Zeitpunkt des Strahlungsmaximums auf 15° an, verflacht dann bis 13 Uhr und steigt bis 14 Uhr auf 17° an; gegenüber dem Gang der Lufttemperatur zeigt der Gang der relativen Luftfeuchtigkeit (Abb. 7) ein eigenartiges Verhalten. Hiezu muß festgestellt werden, daß die relative Luftfeuchtigkeit in allen differierenden Expositionen stets nahe den Medienoberflächen gemessen wurde. Nur die in 2 m Höhe festgestellten Werte dürfen zur Temperaturkurve in Beziehung gesetzt werden. Das inverse Verhalten des Ganges der relativen Feuchte zur Temperatur tritt gegenüber dem Gang der Lufttemperatur um 2 Stunden verfrüht ein. Das Minimum der relativen Feuchte wird mit 25% um 12 Uhr erreicht, womit ein inverser Verlauf eher zur Strahlung und nicht zur Lufttemperatur eingegangen wird. Die in verschiedenen Expositionen gemessenen relativen Luftfeuchtigkeitswerte in der bodennahen Luftschicht zeigen stets inverses Verhalten zum thermischen Gang (Abb. 6) der dazugehörigen Medien und nicht zur Lufttemperatur. Am tiefsten liegen die Feuchtigkeitswerte über gelbem Grus in SW-Exposition. Hier werden auch die höchsten Oberflächentemperaturen mit 43° um 12 Uhr in unmittelbarer Reaktion auf das hohe Strahlungsmaximum erreicht. Die Bodentemperaturen liegen nur um 7° tiefer als das Maximum der Grobsanderhitzung bei Gythion, obwohl wir hier eine ca. 2.400 m höhere Lage vor uns haben. Auffallend rasch spricht in 2 cm Tiefe in südwestlicher Exposition die Bodentemperatur im Zeitraum 14—15 Uhr auf den erneuten Strahlungsgewinn an, obwohl bereits zwischen dieser Tiefe und der Grusoberfläche eine Temperaturdifferenz von 15° zustande kommt. Entsprechend der thermisch an zweiter Stelle begünstigten dunkelgelben Grusoberfläche in Westexposition mit Maximalwert der Erhitzung bei 33,5% zeigt die relative Luftfeuchtigkeit über diesem Medium musterhaftes inverses Verhalten, wobei in dieser Exposition das Maximum der Erwärmung gegenüber dem Strahlungsmaximum um 1 Stunde in den Nachmittag verschoben erscheint. Auch hier ergibt sich an der Ober-

fläche ein zum nachmittäglichen Strahlungsschock symmetrisches Bodentemperaturverhalten, das aber vom Gang der relativen Luftfeuchtigkeit nicht mehr berücksichtigt wird.

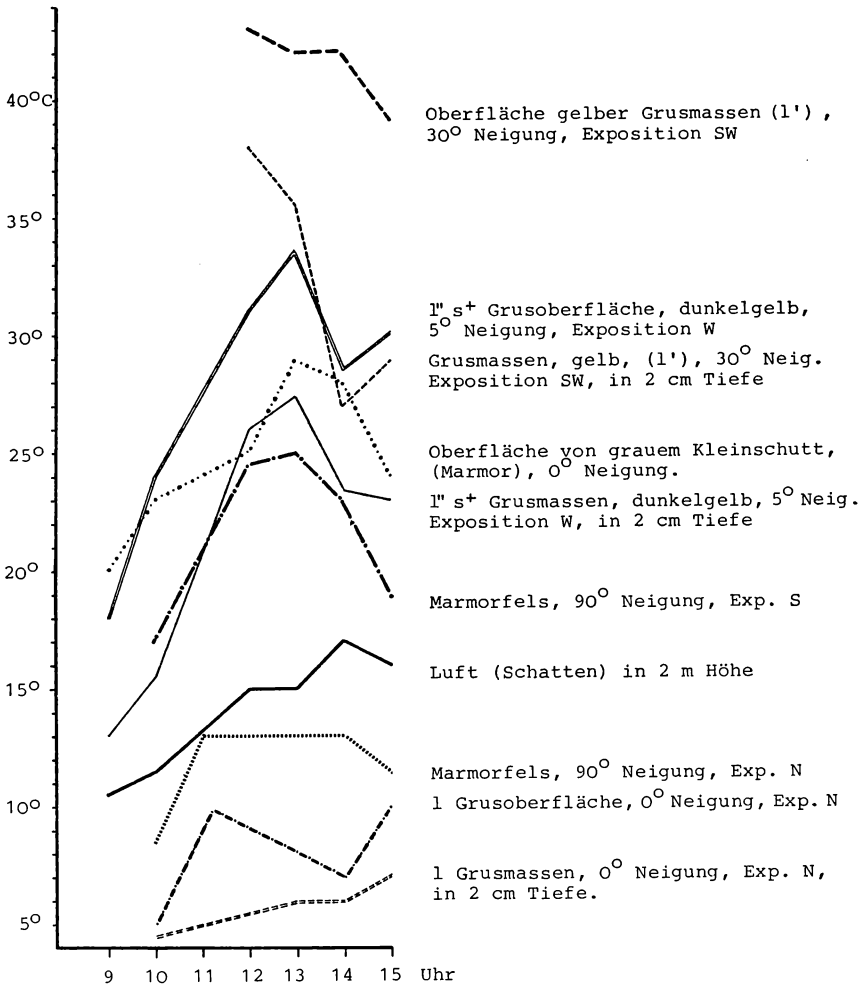


Abb. 6: Temperatur einiger Medien in verschiedener Exposition am Prophitis Ilias in 2407 m Höhe (Taygetos) — Peloponnes am 29. 8. 1976 in osteuropäischer Zeit

Im Vergleich zu den Grusmassen mit lockerem Gefüge erreicht der dunkelgraue Marmorfels in Südexposition nur mehr ein Maximum der Erwärmung von 25°, wobei sich die bereits bekannte Mittelstellung im Kurvenbild zwischen extremen Bodentemperaturen und Lufttemperatur ergibt. Unter den Werten der Lufttemperatur liegen

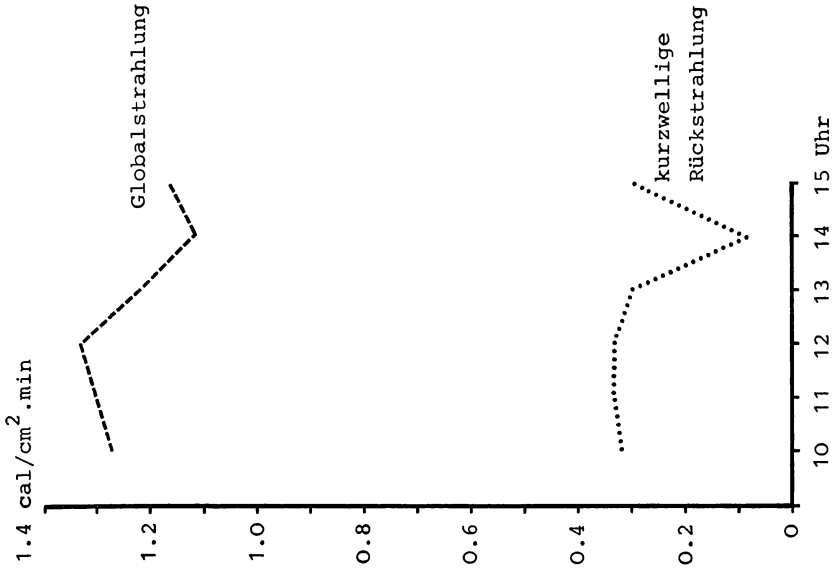


Abb. 8: Globalstrahlung und kurzwellige Rückstrahlung am 29. 8. 1976 am Prophitis Ilias in 2407 m Höhe — Taygetos

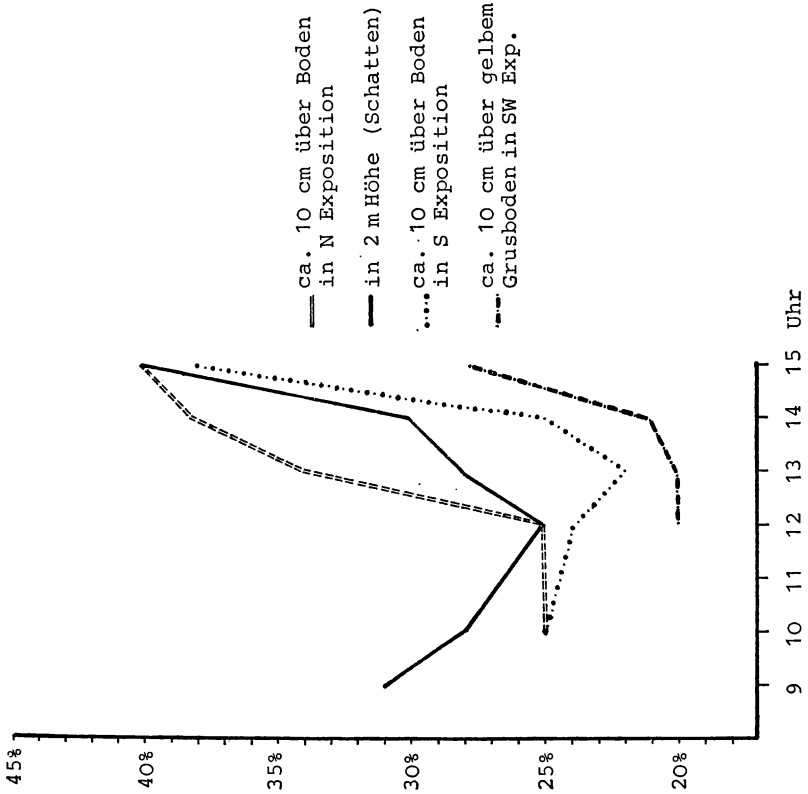


Abb. 7: Relative Luftfeuchtigkeit einiger Medien in verschiedenen Expositionen am Prophitis Ilias in 2407 m Höhe (Taygetos) — Peloponnes am 29. 8. 1976 in osteuropäischer Zeit

die Fels- und Bodentemperaturen der Nordexposition. Demnach nimmt in dieser Exposition der Gang der relativen Luftfeuchtigkeit die höchste Rangposition innerhalb der systematischen Staffelung der bodennahen Feuchtigkeitskurven ein. Immerhin ergibt sich gegenüber dem Feuchtigkeitsminimum der SW Exposition in Nordexposition eine durchschnittlich 5% höhere Feuchtigkeit und um 15 Uhr eine um 12% höhere relative Luftfeuchtigkeit. 90° geneigter grauer Marmor in Nordexposition erreicht gegenüber der Südexposition bereits um 11 Uhr die Maximaltemperatur von 13° und behält diese konstant bis 14 Uhr bei, um dann wieder abzusinken. Ähnlich erreicht in dieser Exposition die Temperatur der Grusoberfläche um 11 Uhr den 1. Maximalwert von 10°, um entsprechend dem sekundären Strahlungsmaximum zwischen 14 und 15 Uhr wieder anzusteigen. In 2 cm Tiefe des Gruses stellt sich in Nordexposition Isothermie mit starker Verzögerung des Temperaturmaximums, das um 15 Uhr vermutlich noch nicht erreicht war, ein. Die Kurve dieser Tiefe bewegt sich zwischen 4,5—6° C. Zur gleichen Tiefe in SW Exposition besteht demnach ein Unterschied von 20—30° und zum isothermen Verhalten des Bodens bei Gythion im Meeresspiegelniveau besteht eine Differenz beider Isothermen von 18—19°.

Somit unterscheiden sich die beiden Landschaftszellen in ± 0 m und 2.407 m Höhe grundsätzlich nur im Rangwert der Isothermien. Aufgrund des höheren absoluten Strahlungsausmaßes in der Gipfelregion des Taygetos ergeben sich — verglichen mit Gythion — keine grundsätzlichen Verschiedenartigkeiten der am Taygetos freilich etwas geringeren Maximalwertbildungen der Medien, wengleich die morgendlichen Ansätze der in S—W Exposition gekehrten Medien am Taygetos, wie durch Interpolation abgeschätzt werden kann, bei nur 8—10° liegen dürften. In Gythion liegen diese Ansätze mehr als doppelt so hoch; trotzdem ergibt sich bei diesen Expositionen keine grundlegende Verschiedenartigkeit im Ausmaße der Tagesamplituden der Erwärmung der Medien. Ähnlich Gythion pendeln unterhalb der Temperaturkurve alle Medien auf isothermes Verhalten ein. Bei Gythion handelt es sich um Medien in strahlungslosen Halbhöhlen, im Falle der Taygetos-Gipfelregion um ausgesprochen einstrahlungsarme Nordexpositionen. So stehen im südmediterranen Sommer den warm-isothermen Verhältnissen in den Konkavitäten der Kliffküste die kühl-isothermen Verhältnisse der Hochgebirgs-Nordexpositionen gegenüber.

Für die sommerliche Morphodynamik im südmediterranen Hochgebirge ist von Belang, daß extrem bodentrockene und extrem überhitzte, unter nachmittäglichen Wärmeschocks stehende S—W exponierte Feinmaterialmassen den wenig über 0° C liegenden bodenfeuchteren Lehm und lehmigen Grusnestern inmitten größeren Blockmaterials an N-Expositionen gegenüberstehen. Herrscht isolationsbedingtes Absanden und Abgrusen zusammen mit gravitativen Vorgängen an den W—S-Flanken bzw. Rinnenspülung, die besonders durch Strukturverluste des Feinmaterials begünstigt wird, so kann an N—E-Expositionen in den gut verkarstungsfähigen Marmoren durch ständig kühl-feuchte Grenzflächeneffekte des Feinmaterials auch im südmediterranen Hochgebirgssommer korrosive Wirkung entfaltet werden, wie auch physiognomisch durch das korrosive Zurückwittern von Felsstufen zum Ausdruck kommt, bei denen Hornsteinknauern als wenig lösliches, positives Mikrorelief das Ausmaß der rezenten Korrosion abschätzen lassen. Abschließend möchte ich meinem Sohn, stud. med. H. RIEDL, für seine Mitarbeit bei den Hochgebirgsmessungen danken.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Strahlungsmessungen an der Kliffküste bei Gythion zeigen, daß im Hinblick auf die morphodynamischen Rahmenbedingungen des mediterranen Sommers, nur auf wenig geeigneten Feinmaterial- bzw. Bodenschichten, mit Insolationswirkungen zu rechnen ist. Durch die große Absorbierung der Globalstrahlung werden hier die höchsten Temperaturen und größten Tagesamplituden gemessen. Die Insolationswirkung wird bereits in wenigen cm Tiefe auf ca. $\frac{1}{3}$ der Temperaturschwankung an der Bodenoberfläche gemindert. Die senkrechten nach S exponierten Kliffpartien zeigen nur mehr halb so große Tagesamplituden wie Sandplattformen oder Bodenbänder. Karsthöhlen und Karsthalbhöhlen im Kliffbereich weisen in sämtlichen Medien weitgehend isotherme Verhältnisse auf (über 20° C während des gesamten Sommers). Im Spritzwasserbereich wird durch diese warmen Temperaturen ein hohes Ausmaß an Korrosion erzielt. Neben diesen warm-feuchten Bereichen finden sich aber auch Standorte mit extremer Austrocknung, die sich vom Bodenklima tropisch-subtropischer Wüsten kaum unterscheiden.

2. Das Beispiel der Messungen in allseits geschlossenen Hohlformen am Parnaß zeigt, daß sämtliche Medientemperaturen in den Hohlformen im Gegensatz zur Oberkante solcher Hohlformen ansteigen. Dem Gang von Strahlung und Lufttemperatur hinken die Temperaturen anderer Medien mit Verzögerungen von ca. 1 Stunde nach. In tieferen Bodenschichten herrschen Verzögerungen von oft mehr als 5 Stunden. Bedeutend für die Biosphäre solcher Hohlformen ist die Tatsache, daß aufgrund der nächtlichen Ausstrahlung eine nicht unbedeutende Temperaturinversion zustande kommt. Die im Vergleich zur Kante stärkere Erwärmung der Bodenoberflächen in den Dolinen bewirkt eine markante Austrocknung in den Dolinenböden, wobei es zu steinartigen Verhärtungen der terra rossa, Strukturverlust und leichter Verschlämbarkeit kommt.

3. Am Prophitis Ilias (Taygetos) stellen sich die absolut höchsten Strahlungswerte ein. Entsprechend der Exposition stehen im südgriechischen Hochgebirge extrem heiße und trockene Feinmaterialmassen auf Südhängen und wenig über 0° liegender bodenfeuchter Lehm und Lehmgrus in Nordhangauslage gegenüber. Derartig isotherme, kühl-feuchte Grenzflächeneffekte des Feinmaterials entfalten auch im Sommerhalbjahr eine ständige korrosive Wirkung, die auch das Zurückverwittern von Felsstufen bedingt.

LITERATUR

[1] STOCKER, E.: Klimamorphologische Untersuchungen auf der Mani Halbinsel mit besonderer Berücksichtigung der Formengruppe Glatthang — Pediment — Karstrandebene. Beiträge zur Landeskunde von Griechenland; Arbeiten aus dem Geographischen Institut der Universität Salzburg. Bd. 6. Salzburg, 1976. S. 91—229.

[2] TOLLNER, H.: Der Einfluß großer Massenerhebungen der Lufttemperatur und die Ursache der Hebung der Vegetationsgrenzen in den inneren Ostalpen. Arch. Meteor. Geophys. Bioklimat. B 1, 1949. S. 277—372.

Summary

Microclimatic Case Studies Concerning the Morphodynamics of the Mediterranean Summer

1. The survey of radiations at the cliffed coast near Gythion shows that as to the morphodynamic environments of the Mediterranean summer, we can expect insolation effects only on slightly dipping fine-grained sediments and soil layers. Due to intensive absorption of the global radiation the highest temperatures and the greatest

daily amplitudes are measured there. At a depth of a few cm already the effect of insolation is diminished to a third of the variation in surface temperature of the soil. The vertical sections of the cliff exposed towards S do not show even half of the daily amplitudes as can be observed with sand platforms or soil stripes. Within the cliff area karst caves and karst semicaves show with mediums generally isothermic conditions (more than 20° C during the whole summer). In the spray area a high proportion of corrosion is attained due to these warm temperatures. But besides these warm — most areas we also find extremely dried up locations, which differ only very slightly from the soil climate of tropical to subtropical deserts.

2. The example of surveys in enclosed depressions on the Parnass shows that all medium temperatures from the bottom of the depressions rise in sharp contrast to the upper edge of such depressions. As to the course of radiation and air temperature the temperatures of other mediums show delays of about 1 hour. In lower soil beds delays of more than 5 hours prevail. Important for the biosphere of such depressions is the fact that due to the nightly radiation a considerable inversion of temperature occurs. The higher warming of the soil surface in the dolinas compared with the upper edge causes a marked drying up in the dolina soils at which stone like indurations of the terra rossa, loss of structure and slight elutriation develops.

3. On Profitis Ilias (Taygetos) the absolutely highest radiation values occur. According to the exposition in the southern Greek high mts. extremely hot and dry masses of fine grained detritus upon the southern slopes contrast moist loam and loamy grus of N exposed slopes with a temperature which is rising only very little above 0° C. Such isotherm, cool-moist interfacial effects of the fine material produce in the summer season a perpetual corrosive effect which causes back weathering of rock escarpments.

R é s u m é

Etudes microclimato-morphodynamiques de l'été méditerranéen

1° Des mesures de radiation, faites à la côte à falaises de Gythion en vue des conditions morphodynamiques durant la saison d'été méditerranéen, prouvent que ce ne sont que des couches peu inclinées soit de sols ou bien de matériaux à grain fin qui montrent des effets d'insolation: une absorption très forte de la radiation globale y provoque les températures les plus élevées et l'amplitude thermique la plus vaste par jour. Mais en quelques peu de cm de profondeur déjà, l'effet de l'insolation se réduit à un tiers seul de l'amplitude thermique „superficielle“. Les valeurs des amplitudes thermiques mesurées aux falaises face au sud ne sont moitié moins grandes que celles mesurées aux plates-formes sablonneuses ou dans les couches superficielles de sols. Les cavités karstiques dans les falaises montrent des conditions isothermiques (plus de 20° C urant tout l'été). Les hautes températures et l'effet des eaux déferlantes provoquent une corrosion assez forte. Mais à côté de cette zone littorale chaude et humide, il y a aussi des sites extrêmement sèches dont le microclimat ne se distingue guère de celui des déserts tropicaux ou subtropicaux.

2° Des mesures exemplaires prises dans des dépressions fermées au massif du Parnasse démontrent clairement que toutes les températures haussent du bord vers l'intérieur. L'allure des températures mesurées aux surfaces suit l'allure de la radiation globale et celle de la température de l'air avec un retard d'une heure à peu près. Dans les couches de sols plus profondes, on peut constater un retard de 5 heures et de plus. Une forte radiation réfléchie durant la nuit provoque des

inversions de température — un fait qui est d'une grande importance pour la biosphère. Par le surchauffement des fonds de dolines, les sols de terra rossa y sont desséchés et encroûtés, compromis par la perte de leur structure ou par l'éluviation.

3° Les valeurs de radiation les plus élevées peuvent être constatées dans la haute montagne de la Grèce (Prophitis Ilias, Taygetos). Tout conformément à l'exposition, les versants d'adret sont extrêmement chauds, secs et couverts de matériaux à grain fin, tandis que les versants d'ubac, couverts d'argiles ou de grèzes humides, n'atteignent guère plus de 0° C. De telles surfaces de séparation isothermiques, c'est-à-dire froides et humides durant la toute la saison d'été, produisent un effet corrosif constant et provoquent aussi une altération des rochers en forme de gradins.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [120](#)

Autor(en)/Author(s): Riedl Helmut

Artikel/Article: [MIKROKLIMATISCHE FALLSTUDIEN ZUR MORPHODYNAMIK DES MEDITERRANEN SOMMERS 21-37](#)