

## DIE GEOGRAPHISCHE ANORDNUNG DER MIKROKLIMATE AUF DEM HOSSZUBÉRC BERG IM BÜKKGEBIRGE (UNGARN)

Von: R. WAGNER

Klimatologisches Institut der Universität Szeged.

Es ist die Sonnenstrahlung, die in der Atmosphäre sich abspielende, energetische Vorgänge in Bewegung setzt. Die Umwandlung der kurzwelligigen Strahlungen zu langwelligeren ereignet sich an der Erdoberfläche, das Klima entsteht also an dieser Fläche. Die Flächen, die die an die Erde angelangenden Strahlungen aufnehmen d. h. die Gesteine, die Bodenarten, die Wasserflächen, die Vegetation, Stoffe pflanzlichen und tierischen Ursprungs, durch den Menschen ausgeführte Anlagen, respektive durch diese produzierte Räume sind gewöhnlich nicht homogen, sondern sind Komplex-Einheiten der verschiedenen Materien. *Diese Flächen, die die Sonnenstrahlung aufnehmen und gewöhnlich aus verschiedenen Materien bestehen (Boden, Pflanze, Wasser usw.), aber in einer Komplex-Einheit sich befinden, sind die Wirkungsflächen der atmosphärischen Vorgänge, die Substrate.* Wir dürfen die Substrate nicht als mathematische Flächen betrachten, sondern in ihrer materiellen Wirklichkeit; in den Substraten spielen sich physikalische, chemische, biologische Vorgänge ab je nach der Natur ihrer Materien — auch abhängig von den atmosphärischen Verhältnissen infolge des Strahlungseinflusses. Diese Vorgänge wirken auf die Atmosphäre.

Die ganze Erde selbst als aufnehmende Fläche, wird zum Substrat der Sonnenstrahlung, dadurch wird sie die Ursache der in der Atmosphäre sich abspielenden Vorgänge.

Die strahlende Energie, welche aus der Sonne auf die Erde kommt, ist infolge der physischen Vorgänge der Sonne nicht immer von identischer Grösse. Die Wechsel der physikalischen Vorgänge der Sonne zeigen nicht so beträchtliche Unterschiede in ihrer Grössenordnung, wie die, welche die Wechsel der Tage und Nächte, oder die systematischen Wechsel des Einfallswinkels der Sonnenstrahlung verursachen.

Die Strahlung der Sonne, die Gestalt der Erde, die Drehung der Erde um ihre Achse und ihr Umlauf um die Sonne sichern zusammen, dass es eine *Zonalität* gibt auf der Erde in ihrer Beleuchtung, in der Dauer der Beleuchtung, in der Höhe der Sonne über dem Horizont, in der Morgen-, respektive Abendweite der Sonne, wie auch in der Anordnung der physikalischen Vorgänge der Atmosphäre. Der Mond kann diese Zonalität nur in kleinem Masse modifizieren.

In den geologischen Zeiten fehlte nicht die Zonalität, wir können aber einen Unterschied nur im Vergleich zum jetzigen Bilde in ihrer Lage und in ihrer Austiefung finden.

Die astronomischen Faktoren der Zonalität bestimmen also die Entwicklung der grossen, globalen, physikalischen Vorgänge der Atmosphäre entscheidend. Dadurch, dass die Materie der Erdoberfläche heterogen und die Anordnung der Kontinente und Ozeane ungleich ist und nicht nach den Zonen der geographischen Breiten geschieht, werden die sich in der Atmosphäre abspielenden globalen Vorgänge gestört.

Die infolge des verschiedenen Ganges der Erwärmung und Abkühlung der Ozeane und Kontinente entstandenen atmosphärischen Zirkulationen verändern das Klima in verschiedenem Masse und schaffen in Grossräumen Makroklima-Landschaften.

Die Ozeane und Kontinente sind wegen des Unterschiedes ihres Aggregatzustandes, verschiedene Substrate in Bezug auf die Sonnenstrahlung auch bei identischer Lage verschiedene Wirkungsflächen.

In grösseren Räumen, auf den Kontinenten entsteht das Substrat natürlich als eine komplexe Einheit der verschiedenen Gesteine, Bodenarten, Pflanzen usw. infolge ihrer Anordnung an der Erdoberfläche. Wir erkennen eine Komplexität bei den Gewässern der Kontinente und bei den Ozeanen.

Das Substrat können wir in globaler Betrachtung für eine ununterbrochene Komplexeinheit ansehen, die aber aus verschiedensten Teilen zusammengestellt ist. Die Wirkung der Substrate mit verschiedenen physikalischen Gegebenheiten wird in der Atmosphäre integriert und bildet das Makroklima in der Einheit der Substrate der Erdoberfläche.

Das *Mikroklima* entsteht über dem Substrat, in jener Luftschicht, innerhalb derer die atmosphärischen Vorgänge unter der unmittelbaren Wirkung des Substrates stehen. Infolge der eigentümlichen Wirkungen der verschiedenen Substrate entstehen verschiedene Mikrokimate.

In der Gesamtwirkung der Mikrokimate mit ähnlichem Gepräge entsteht das *Lokalklima*, daraus das *Mezoklima*, aus dem Zusammenhäufen der Mezokimate bildet sich das *Makroklima*, die Gesamtheit all dieser ergibt das *Klima der Atmosphäre*. Das Grössere enthält also das Kleinere.

Die Mikrokimate schaffen die Eigenart des Lokalklimas, die Lokalkimate das Gepräge des Mezoklimas usw. und wir müssen den Schluss ziehen, dass das *Klima unteilbar und bloss von dem Standpunkte der Systematik einteilbar sei. Die nur von dem Standpunkte der Systematik getrennten Kimate bedingen einander notwendigerweise; das eine kann ohne das andere nicht bestehen.*

In den Klimagebieten, die auf Grund der Einteilung des Klimas voneinander getrennt wurden, kann schon ein anderer Rhythmus, eventuell eine andere Periode der Zustandswechsel der Atmosphäre und eine andere Abhängigkeit von dem Milieu vorkommen. Dementsprechend wird das Charakteristikum der Vorgänge ein anderes, aber das einzelne Klimagebiet bleibt auch weiterhin ein Teil des Luftmeeres, es nimmt auch weiter Teil an seinem Zustandswechsel und ist zugleich dessen hervorrufender Faktor. Ohne die Erkenntnis der Vorgänge der Zustandswechsel in der Atmosphäre, kann man auch das

Klima der Landschaft nicht erkennen, aber man kann auf Grund der Charakteristika und des Gepräges irgendwelcher Landschaften über ihr Klima sprechen.

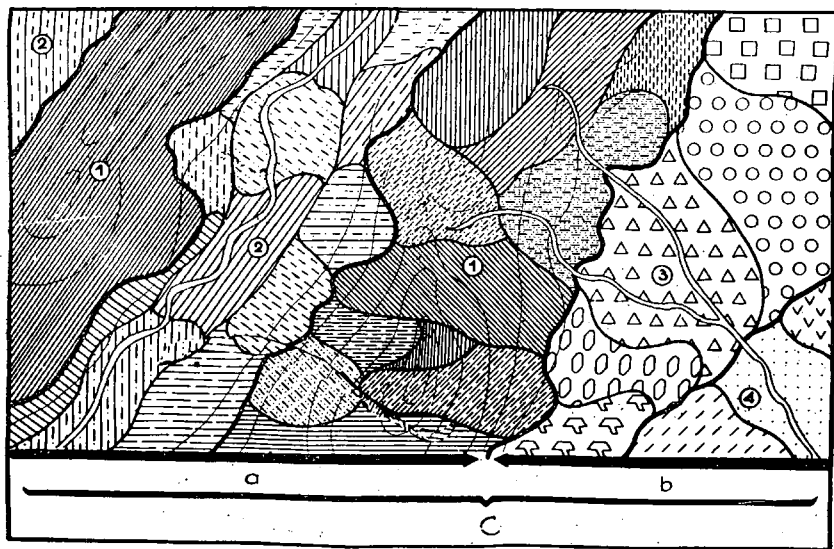


Abbildung 1. Die geographische Anordnung der Klimate auf einem idealen Gebiete. Mikroklimata = Mit verschiedenen Zeichen geschilderte Flächen. Lokalklimate = Mit dicken Linien begrenzte Flächen: 1 = Bergklima, 2 = Talklima, 3 = Klima der Bergfüsse, 4 = Klima der Ebenen. Mezoklimate: a = Mezoklimate der Berge, b = Mezoklimate der Tiefländer. Makroklima: C = Kontinentales Klima.

Die Ausführung der Aufgaben der Mikroklimatologie erschwert der Umstand, dass die Erforschungen in der Zone der Klimaentstehung ausgeführt werden. Es bedeutet weitere Aufgaben, dass die nicht luftartigen Materien in der Entwicklung der Mikroklimas eine grössere Wichtigkeit erhalten.

Für die Methodik ist nicht indifferent, dass der Mikroklimaraum vom Standpunkte der Grössenordnung sich verhältnismässig zwischen viel grösseren Extremen bewegt, als der Makroklimaraum. Die Grösse der Mikroklimasräume ist sehr verschieden. Eigenes Mikroklima besetzt der Wald, der einzelne Baum des Waldes, das Loch im Baume, bloss eine Seite des Baumes, das Blatt der Pflanzen, das Weizenfeld, die Weide, abgesondert der Maulwurfshügel auf der Weide, oder sogar der gegen den Wind blickende Hang und im Windschatten liegende Hang der Sandwelle usw.

Es ist unzweifelhaft, dass es innerhalb der grösseren Mikroklimata solche kleineren Ranges gibt, welche die Teile und zugleich Erschaffer der grösseren Mikroklimata sind, aber zu gleicher Zeit bekommen sie Einflüsse von diesen. Das Mikroklima des Waldes formen der Boden, das dürre Laub, der Unterwuchs, die Baumstämme, die Zweige, das Laubwerk, das Blatt usw., aber zur selben Zeit haben auch diese Faktoren ihr eigenes Mikroklima, deren Gesamtheit — als Endergebnis — das Mikroklima des Waldes erschafft. Die Veränderung

des Mikroklimas dieser Faktoren involviert die Veränderung des Mikroklimas des Waldes. Die Veränderungen des Mikroklimas des Waldes ändern das Mikroklima eines grösseren Mikroklimaraumes.

Die Untersuchung eines Loches im Baume kann von dem Standpunkte der Zoologie wichtig sein, die Erforschung des Mikroklimas des Baumstammes und des Blattwerkes beansprucht die Botanik, die Kenntnis des Mikroklimas des dünnen Laubes und des Bodens erwartet die Bodenkunde ausser der Zoologie und Botanik, usw. Auch das Klima eines kleineren Teiles von einem grösseren Mikroklimaraume kann wichtig sein. Diese sind aber nur Teile eines Mikroklimaraumes welcher in seiner Wirkung ein Teilfaktor eines Lokalen Klimas ist. Nicht die Wirkung einer *einzig* Pflanze sondern die Wirkung der unzählbaren vereinigten Pflanzen gestaltet das Mikroklima einer Wiese.

Die Faktoren der geographischen Anordnung der Mikroklimata sind:

1. *das Substrat*,
2. *die Strahlung* (Sonnenstrahlung, Himmelsstrahlung, inbegriffen die Dauer der Tage und Nächte, Sonnenhöhe, Morgen-, respektive Abendweite, Dämmerung),
3. *die orographischen und morphologischen Verhältnisse*, einschliesslich die Lage nach der Weltgegend und Höhe,
4. *der physikalische Zustand der Atmosphäre*.

In einem Gebiete, wo die Strahlungsverhältnisse und die orographischen und morphologischen, sowie die Wetterverhältnisse identisch sind, ergeben die Verschiedenheiten der Substrate die voneinander abweichenden Mikroklimata.

Die natürlichen Substrate entstanden unter den Einflüssen der Strahlung und der morphologischen, orographischen und Wetterverhältnisse, diese Faktoren bestimmen die physikalische und chemische Verwitterung der Gesteine, die Entstehung des Bodens, die Siedelung der Pflanzen- und Tierwelt, die Rolle des Wassers. In der Ausbildung der kulturellen Substrate spielt auch die menschliche Tätigkeit eine Rolle, ohne die Gesetze der Natur zu verändern. Woraus sich ergibt, dass die Komplexeinheiten der Substrate die Gebiete, die unter identischen Strahlungsverhältnissen stehen, identische orographische und morphologische und Wetterverhältnisse haben, in verschiedene Mikroklimaräume gliedern. Diese sind die grossen Einheiten der Mikroklimata.

Weiter unten erstatte ich einen aus verschiedenen Standpunkten zusammengestellten Bericht über die Ergebnisse der mikroklimatischen Forschungen, die auf dem »Hohen Bükk« Karstplateau, auf der höchsten Hochebene Ungarns durchgeführt wurden.

Wir haben Messungen der Lufttemperatur und teilweise der Bodentemperatur mit Hilfe von elektrischen Widerstandthermometern durchgeführt, ferner benützten wir elektrische Anemometer, Assmannsche Psychrometer, Quecksilberbodenthermometer, Evaporimeter nach Piche, Minimumthermometer zur Feststellung der Radiation, Hellmannsche Ombrometer, Campbell-Stokessche Sonnenscheinautographen, Selenzellenlichtmesser.

Mit Hilfe der elektrischen Instrumente beobachteten wir regelmässig zu je 15 Minuten, mit den anderen Instrumenten stündlich. Die Zwischenzeiten der

Ablesungen der elektrischen Instrumente wurden zeitweise auf 2 bis 5 Minuten abgekürzt. Während aller Zeitabschnitte der Messungen dauerten die Beobachtungen bei Tag und Nacht an.

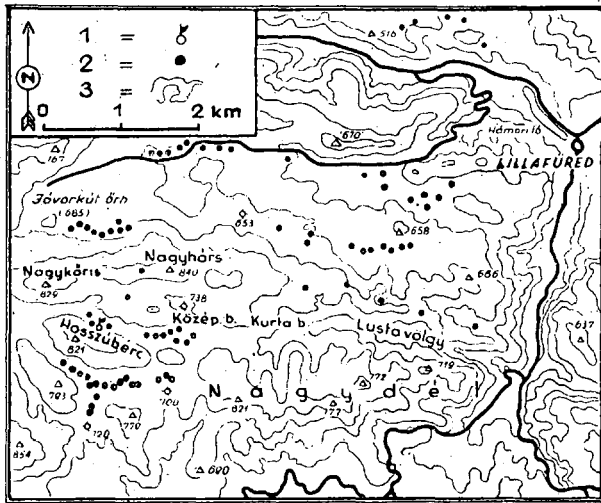


Abbildung 2. Der östliche Teil des Bükk-Karstplateaus 1 = Die Zentrale der Forschungen, 2 = Doline, 3 = Schichtenlinie.

Die Thermometer zur Messung der Lufttemperatur wurden über dem Boden in einer Höhe von 5 und über der Vegetation 5 und 150 cm hoch aufgestellt.

Zwei Makroklima-Beobachtungsstellen haben wir errichtet. Dieser Umstand bietet die Möglichkeit, dass wir mit Hilfe der Angaben der zu dem Netze des

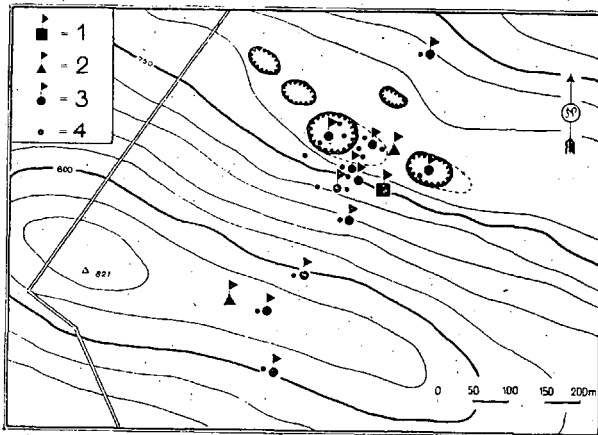


Abbildung 3. Beobachtungsnetz. 1 = Zentrale, 2 = Errichtete Makroklima-Beobachtungsstation, 3 = Mikroklima-Beobachtungsstation, 4 = Thermometer zur Messung der Radiation.

Ungarischen Meteorologischen Institutes gehörenden Beobachtungsstellen nach den Witterungsverhältnissen unsere Beobachtungen werten können. Die Zahl der mikroklimatischen Beobachtungsstellen variierte zwischen 7—11.

Hier gibt es keine Möglichkeit über das Ergebnis unserer Forschungen auch nur ein beiläufiges Bild anzugeben. Die Forschungen, die verschiedene Zielsetzungen hatten und an verschiedenen Orten durchgeführt wurden, erregten sehr viele verschiedene Probleme. Die Probleme sind von verschiedenen Tiefen und in den meisten Fällen beansprucht ihre Lösung neuere Forschungen.

Es wird hauptsächlich in der Literatur der Klimatologie auf die Höhe der Mittagsskulation der Sonne verwiesen und wir finden Hinweise auch auf die Höhe der Sonne in den verschiedenen Zeitabschnitten des Tages. Die klimatologische Literatur beschäftigt sich sehr wenig mit der Morgen-, respektive Abendweite der Sonne am Horizont als eine Ursache des täglichen Temperaturganges. Als dessen Begründung wird gewöhnlich die Dauer des Tages erwähnt.

Es wäre langwierig mit dem prinzipiellen Teil dieser Frage sich zu beschäftigen, aber wir müssen es für natürlich halten, dass es bezüglich auf Mikroklimatologie nicht unwesentlich ist, wo die Sonne am Horizont zu dem Zeitpunkte ihres Aufganges und Niederganges sich befindet. Dies ist bedeutend hauptsächlich in nicht ebenen Gebieten, in erster Linie im Falle von Westen nach Osten ziehender Berge.

Der *Hosszúbérc*, wo unsere *Bükker* mikroklimatischen Forschungen durchgeführt wurden, ist ein in West-Ost Richtung ziehender Berg im allgemeinen mit einem Böschungswinkel von 18 bis 20 Grad. Der *Hosszúbérc* wird in Süden von der *Kecskeláb*-Wiese, in Norden von der *Hosszúmező*-Wiese begrenzt. Die errichteten Beobachtungsstellen überbrückten in N—S Richtung den *Hosszúbérc*, sie begannen im Norden auf der durch Dolinen zerstückelten *Hosszúmező*-Wiese und reichten bis zum oberen zwei drittel Teil des Süd Abhanges des *Hosszúbérc*.

Die Auswahl des Forschungsgebietes geschah auf Grund von am Terrain gemeinschaftlich mit *Bálint Zólyomi* (Korrespondent-Mitglied der Ungarischen Akademie) durchgeführter Besichtigung. Dieses Gebiet wurde das Arbeitsfeld jener komplexen Forschungen, die *Bálint Zólyomi* organisiert hat.

Schon die Mannigfaltigkeit der pflanzlichen Assoziationen selbst verkündete die Verschiedenheit der mikroklimatischen Verhältnisse. Das *Nardetum* nimmt den grössten Teil des *Hosszúmező* Tales (Messungs-Stelle No 2) ein. Am Fusse des Berges ist eine Bergwiese (Stelle No 9), die am Waldrande in eine moosige Varietät derselben übergeht. Den unteren Teil des Nordabhanges des *Hosszúbérc* Berges (Die Stellen No 10 und 4) bedeckt Buchenwald mit *Asperulen*, am oberen Teile (Stelle No 5) finden wir Buchenwald mit *Mercurialen*. Es gibt keinen Buchenwald auf der Bergspitze, sondern eine Assoziation von Linden und Eschen (Stelle No 6), am Südabhang massen wir in einem Buchenwald mit *Melicaen* (Stelle No 7).

Der Umstand, dass ein Teil des Forschungsgebietes mit Wald bedeckt ist und die Waldung den bedeutend grösseren Teil bildet, gibt neuere Probleme für die Forschung.

Der in der West-Ost Richtung ziehende *Hosszúbérc* Berg sichert uns die Möglichkeit, die aus der Lage stammenden mikroklimatischen Eigentümlich-

keiten zu unserem Untersuchungsobjekt zu wählen. Dies ist umsomehr eine wichtige Aufgabe, weil die in West-Ost Richtung ziehenden Bergkämme für das *Bükkplateau* bezeichnend sind. Diese Untersuchungen werden aber durch die Anwesenheit des Waldes erschwert, eigentlich richtiger ausgedrückt: wir

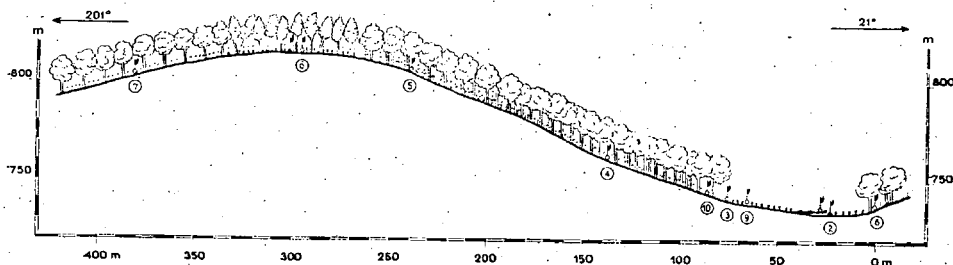


Abbildung 4. Das Profil des erforschten Gebietes in der Richtung 21°–201°. Die Höhenangaben wurden ohne Verzerrung dargestellt und beziehen sich auf Meeresspiegel. Die Bezeichnung der Beobachtungsstationen ist dieselbe, wie bei der Abbildung 3. Die Ziffern, die in Kreisen eingeschrieben wurden, bezeichnen die Ordnungsnummer der Mikroklimastationen. Vegetation im Bereiche der Beobachtungsstationen: 2 = Nardetum, 3 und 9 = Festucetum ovinae, 4 und 10 = Fagetum silvaticae-Asperula, 5 = Fagetum silvaticae-Mercurialis-Aegopodium, 6 = Tilio Fraxinetum, 7 = Fagetum silvaticae-Melica uniflora, 8 = Fagetum silvaticae-Carex pilosa.

sind für Beobachtungen in dem Niveau und oberhalb des Niveaus des geschlossenen Kronendaches des Laubwerkes nicht ausgerüstet; wir können nur den bodennahen Luftraum des Waldes zum Untersuchungsobjekt wählen.

Mit Rücksicht darauf, dass die auf das Substrat gelangende Sonnenstrahlung in dem Verursachen der mikroklimatischen Vorgänge eine bedeutende Rolle spielt und dass uns keine Instrumente zur Messung der Srahlung zur Verfügung standen, verwendeten wir bei unseren Untersuchungen ein, bei den makroklimatischen Forschungen benütztes Instrument, den Cambel-Stokesschen Sonnenscheinautographen.

Solche Instrumente wurden an den mikroklimatischen Vermessungsstellen No 2, 3, 4, 6, 7 aufgestellt und ausserdem in dem Waldrande des Südhanges des *Nagyhárs* Berges, der die nördliche Grenze der *Hosszúmező*-Wiese bildet (Messstelle No 8).

Diese Untersuchungen haben übrigens schon die am 25. Mai im Jahre 1953. ausgeführte Beobachtung rechtfertigt, dass nämlich der Nordabhang des *Hosszúbérc* Berges beim Sonnenaufgange die Sonneneinstrahlung zuerst erhält, und im Verhältnisse des hier liegenden Waldrandes (Messstelle 3) die in dem Nardetum aufgestellte Beobachtungsstation (No 2) 20 Minuten später Sonnenstrahlung empfängt. Diese Situation hängt natürlich damit zusammen, dass die Morgenweite der Sonne zu dieser Zeit 30° gegen Norden ist. Von Mitte Mai bis zur Sonnenwende im Sommer bedeutet die Morgenweite der Sonne keinen grösseren Unterschied (28°–36° gegen Norden), sie verändert sich aber im Laufe des ganzen Jahres zwischen 36° gegen Norden und 36° gegen Süden.

Man kann die Differenz der aus der Morgenweite der Sonne stammenden Sonnenscheindauer an Tagesanbruchdaten der Stationen No 2 und 3 ersehen.

Tafel 1.

*Die gesamte Sonnenscheindauer in Stunden.*

Auf Grund der im Jahre 1954 zwischen 19.—29. Mai durchgeführten Beobachtungen.

Stunde	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
No 2	1.0	4.7	6.3	7.5	6.4	6.2
No 3	1.4	5.2	6.3	7.2	5.3	0.7

Nach den Beobachtungen vom 1.—22. Juli.

Stunde	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
No 2	0.6	7.3	10.6	10.6	8.0	8.2
No 3	1.4	8.4	10.6	10.6	5.8	1.2

Diese Tabellen beweisen, dass der Waldrand in der frühen Morgenzeit einigermaßen mehr Sonnenscheindauer genießt als das Tal. Die um 8 Uhr beginnende Abnahme der Sonnenscheindauer an der Station 3 ist natürlich das Ergebnis der beschattenden Wirkung des Waldes.

Wenn wir in dem Prozent der Sonnenstrahlung, die an das Nardetum gelangt ist, die Werte der anderen Stationen ausdrücken, erhalten wir die folgenden interessanten Angaben.

Station	No 2	3	4	6	7	8
Mai	100%	45.1%	3.3%	36.4%	28.3%	38.0%
Juli	100%	45.6	1.0	7.4	22.6	21.9

Mit Rücksicht darauf, dass die Messstationen 4, 6, 7, 8 im Walde errichtet wurden, erhalten wir keine Daten vollständigen Wertes, sie zeigen aber jene Differenzen ganz gut, welche auf den Einfluss der Belaubung des Waldes eintrafen. Ausser der Messstelle am Waldrande sank die auf die Oberfläche angelegte Sonnenstrahlung, auf jeder Messstelle im Vergleich zu den Verhältnissen des Monats Mai. Denn im Mai 1954 erfolgte noch nicht das Schliessen der Belaubung.

Die eingetretene Abnahme der Sonnenscheindauer an der Messstation 6 ist sehr charakteristisch. Der Waldbestand von Linden und Eschen war bezüglich der Belaubung im Mai am meisten zurückgeblieben, dagegen verhindert die später erfolgte Belaubung das Anlangen der unmittelbaren Strahlung auf die Oberfläche bedeutend.

Dieser Unterschied zeigt sich noch prägnanter, wenn die Beobachtungswerte der Sonnenscheindauer vom 23. Mai und 22. Juli verglichen werden. Am 23. Mai standen 11,6 Stunden (Messstelle 2) den 5,2. Stunden (Messstelle 6) gegenüber, am 22. Juli ist das Verhältnis 13,6 Stunden (Messstelle 2) zu 0,7 Stunden (Messstelle 6).

Man kann aus den zusammengestellten summierenden Tafeln über die Sonnenscheindauer feststellen, dass die nördlichen Waldabhänge der in West-Ost Richtung ziehenden Bergzüge eine unmittelbare Sonnenstrahlung von längerer Dauer als die südliche, mit Wald bedeckten Abhänge genießen, im Falle einer positiven Deklination der Sonne, wenn nämlich der Wert der Morgen- und



Abendweite nördlich ist. Die Beobachtungswerte der an dem südlichen Abhange aufgestellten beiden Messstellen beweisen, dass dieser südliche Hang in der Früh nur später als der nördliche und zwar nach 7 respektive nach 9 Uhr unmittelbare Sonnenstrahlung genießt und hier die Dauer der unmittelbaren Sonnenstrahlung im Laufe des ganzen Tages kürzer ist.

Infolge des Umstandes, dass die Instrumente im Walde aufgestellt wurden, sind nur die erhaltenen Beobachtungswerte von den Messstellen des Nordabhanges bezüglich der Lage ganz sicher; zugleich wird bestätigt, dass die Sonnenscheindauerautographen bei den mikroklimatischen Untersuchungen gut verwendbar sind.

Die von uns durchgeführten Beobachtungen bestätigen, dass diese Untersuchungen erwünscht sind

1. zur Feststellung, wann und wie lange das Substrat unmittelbare Sonnenstrahlung genießt,
2. zur Feststellung der Schattenverhältnisse des Mikroklimaraumes. Da diese Beobachtungen,
3. besonders verwendbar sind in den verschiedenen, biologischen Perioden der Vegetation, um den Einfluss der Beschattung zu bewerten.

Der gegenwärtig benützte Sonnenscheindauerautograph nach Cambel-Stokes ist wegen seines grossen Umfanges nicht geeignet, in jedem Pflanzenbestande damit Untersuchungen durchzuführen. Es wäre erwünscht, empfindlichere Sonnenscheindauerautographen zu konstruieren, die einen kleinen Umfang haben.

Weitergehend können wir uns mit der Feststellung der Dauer der Strahlung der Sonne nicht begnügen, es wäre münchenswert auch ihre Intensität bzw. Qualität zu kennen, wir können aber auch mindestens von der quantitativen Kenntnis der zerstreuten Strahlung nicht absehen.

Zur annähernden Feststellung derselben haben wir bei unseren mikroklimatischen Forschungen auch Albedo-Messungen eingeführt.

Die Erwärmung der Oberfläche hängt natürlich nicht nur von der Tageslänge ab, sondern auch von der Höhe der Sonne. Der nördliche Abhang des *Hosszübérc*-Berges richtet sich 21 Grad nach Osten, also die Richtung des Abhanges ist 21°. Der Abhangswinkel ist 10—13° am Waldrande, aber wir finden auch steilere Teile, wie jener an dem mit Wald bedeckten Abhange (17—25°).

Selbst der maximale Abhangswinkel auf dem Berge ermöglicht nicht, dass der Nordabhang während der Vegetationszeit in den Selbstschatten des Berges geraten könne. Dies kommt aber im Winter vor und vom 23. September bis zum 21. März erhält der nördliche Abhang die Sonnenstrahlung maximal unter 15°—30° Winkel bei der Mittagkulmination der Sonne. Auch die Wirkung des partiellen Schattens, den der blattlose Wald wirft, vermindert die Möglichkeit der Erwärmung des Substrats. Es ist also vollkommen verständlich, dass die *Schneedecke von dem nördlichen Waldrande zuallerletzt verschwindet*. Das haben wir bei unserer am 18. April im Jahre 1953 auch unter der Teilnahme von *Bálint Zólyomi*, *Pál Jakuts*, *Zoltán Baráth* — Mitglieder der Forschungskommission — gehaltenen Terrainbesichtigung erfahren, als wir *am Waldrande* zusammenhängende Schneeflecke in einer Grösse von 10 Quadratmeter beobachteten. An jenen Stellen, wo der Schnee schon verschwunden war, bemerkten wir die Wirkung des Schneedruckes.

Infolge der schnellen Zunahme der Morgen- und Abendweite (4° gegen Süden am 15. März, 14° gegen Norden, am 15. April, 28,5° gegen Norden am 15. Mai, 36° gegen Norden am 15. Juni) verbessert sich die Situation der nördlichen Abhänge entsprechend.

Mit Rücksicht darauf, dass die Sonne bei ihrem Aufgange nach Norden abschwengt, kommen die Sonnenstrahlen auf den Abhängen in einem grösseren Winkel an als auf den horizontalen Gebieten.

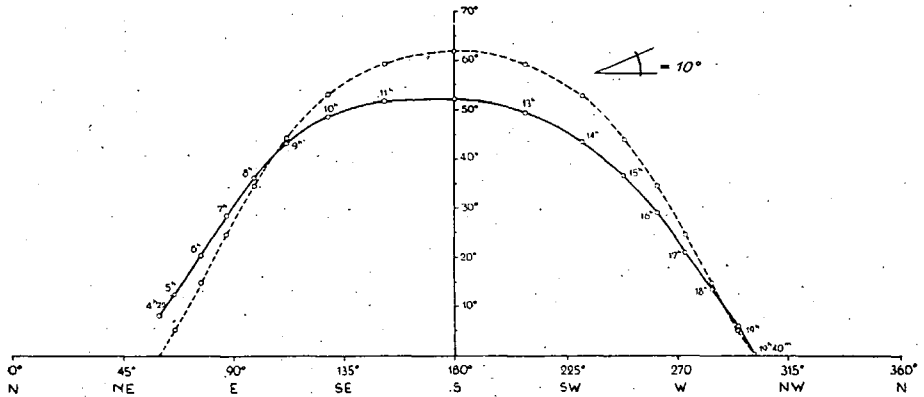


Abbildung 5. Der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen auf ebene Fläche und auf einem Abhang von 10° in der Weltrichtung von 21°, im Falle einer Deklination von 20° und unter 47 Grad nördlicher Breite. Die Werte der Sonnenhöhen sind auf der vertikalen, die der Weltrichtungen auf der wagerechten Koordinate zu finden. Die ununterbrochene Linie ist die Kurve der auf den Abhang angelangten Strahlen, die unterbrochene der auf die horizontale Fläche angelangten Strahlen.

Wenn wir die Hangrichtung und Hangwinkel des *Hosszúberc*-Berges ausrechnen und den Einfallswinkel der im Laufe des Tages ankommenden Sonnenstrahlen berücksichtigen, erhalten wir für einen Hang von 10° am 20. Mai die folgenden Ergebnisse:

Hang	4h 15m	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h
10°	8°	13°	21°	28°	37°	43°	48°	52°	52.5°	49°	43°
0°	0°	5.5°	15°	24.5°	34°	44°	53°	59°	62.5°	59°	53°
Δ	+8°	+7.5°	+6°	+3.5°	+3°	-1°	-5°	-7°	-10°	-10°	-10°

Hang	15h	16h	17h	18h	19h	19h 40m
10°	37°	29°	21°	13°	5°	0°
0°	44°	34°	24°	15°	6°	0°
Δ	-7°	-5°	-3°	-2°	-1°	0°

Daraus sehen wir sofort, dass die Bildung der mikroklimatischen Verhältnisse an dem *Hosszúberc*-Berge und auf der Wiese *Hosszúmezó* sofort bedeutende Verschiedenheiten bloss auf Grunde die Exposition verspricht.

Bei Tagesanbruch ist die Veränderung des Einfallswinkels an dem nördlichen Abhänge des *Hosszúberc*-Berges sehr schnell und wir dürfen nicht ausser acht lassen, dass die Sonnenstrahlen auf den Hang mit einem Winkel von etwa  $13^\circ$  in letztem Drittel des Monats Mai ankommen, nachdem der beschattende Einfluss des *Középbérc*-Berges bei dem Anfange des Sonnenscheins in Rechnung

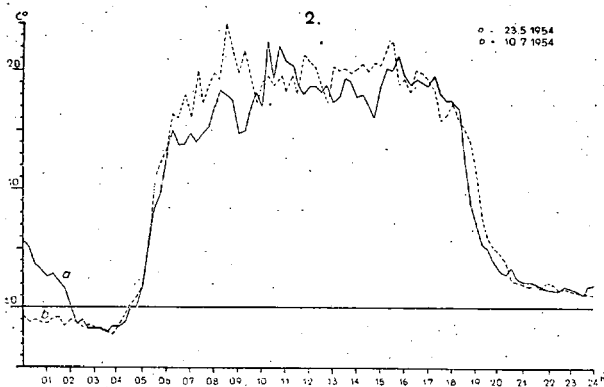


Abbildung 6. Der tägliche Gang der Lufttemperatur über dem Boden in einer Höhe von 5 cm an der Beobachtungsstation No 2.

genommen wurde. Dies ist der Grund dessen, dass das Nardetum die Sonnenstrahlung später bekommt, ebendeswegen ist der Einfallswinkel der Sonnenstrahlung auch dort nicht  $0^\circ$ , sondern  $7^\circ$ .

Bei heiterem Wetter also dürfen wir mit einer heftigen Erwärmung sowohl in Nardetum (Messstelle 2) als auf der Bergwiese (Messstelle 9) und am Waldrande rechnen. In diesem Zeitabschnitte muss die grösste Erwärmung am Waldrande auch wegen des Böschungswinkels und wegen des schon am frühen Morgen beginnenden Sonnenscheines erfolgen.

Die Situation ist ganz anders auf dem mit Wald bedeckten Nordabhänge, auf dem Gipfel, ebenso auf dem Südabhänge. Der Südabhang befindet sich bei Sonnenaufgang noch im Schatten, während wegen der späteren unmittelbaren Sonnenstrahlung, dann wegen der Zunahme der Sonnenhöhe die günstige Wirkung am Südabhang von 9 Uhr ab zur Geltung kommt. Das Mikroklima all dieser hängt notwendigerweise auch von dem Zustande des Waldes ab.

Die günstige Lage des Waldrandes dauert im ganzen nur bis 9 Uhr, da er durch die Bäume des Waldrandes beschattet wird und der Einfallswinkel der Sonnenstrahlung im Verhältnisse zum wagerechten Gebiete schon früher kleiner wird. Die Temperaturwerte nehmen also ab und nur nach 16 Uhr steigt die Temperatur dauernd, wenn der Waldrand wieder unmittelbare Sonnenstrahlung geniesst. Dieser Umstand hat das Ergebnis, dass der tägliche Temperaturgang in der Nähe des Bodens doppeltes Maximum zeigt. Die Sonnenstrahlung gelangt auf den Waldrand wegen des Beschattens durch die Berge zuletzt aus einer Winkelhöhe von  $5-7^\circ$ , es erfolgt also eine rasche Abkühlung.

Der Abkühlungsvorgang geschieht in erhöhtem Masse in Nardetum, gegen welches — mit Ausnahme der westlichen Weltrichtung (Doline) — das Gelände von allen Seiten sich senkt. Das Mass der Abkühlung am Waldrande wird durch die langsam abkühlende Luftmasse des Waldes verringert.

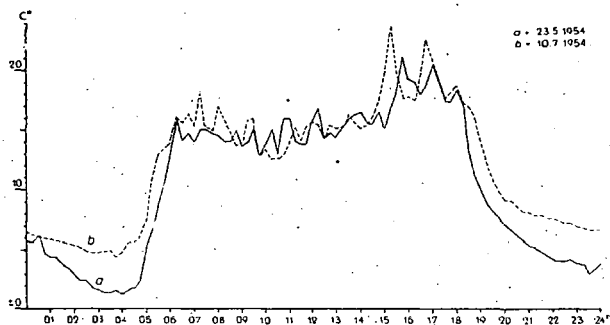


Abbildung 7. Der tägliche Gang der Lufttemperatur über dem Boden in einer Höhe von 5 cm an der Beobachtungsstation No 3.

An dem unteren Teile des nördlichen Abhanges des *Hosszübérc-Berges*, in dem Buchenwald mit *Asperulen* (Messstelle 4) kann man auch die aus der Lage stammende Eigentümlichkeit beobachten. Das Beschatten beeinflusst den täglichen Temperaturgang natürlich, aber am heiteren Morgen ist die Temperaturzunahme eine rasche.

Tafel 3.

Die Wirkung des Beschattens auf die Lufttemperatur

Beobachtungen an der Messstelle 4. im Jahre 1954.

Wann	Zeit	Wert C°	Zeit	Wert C°	Differenz zwischen 2 Beobachtungen C°
	der Beobachtung		der Beobachtung		
23. Mai	4h 30m	4.8°	6h 45m	11.0°	+6.2
22. Juli	4h 30m	9.9°	6h 45m	13.5°	+3.6
10. Juli	4h 30m	7.8°	6h 45m	10.6°	+2.8
23. Mai	18h	13.2°	20h	10.0°	-3.2
22. Juli	18h	16.4°	20h	13.7°	-2.7
10. Juli	18h	13.4°	20h	11.0°	2.4

Obwohl diese Beobachtungswerte für die Temperaturgänge charakteristisch sind, ist es unzweifelhaft, dass es zwischen den Werten der Monate Mai und Juli bedeutende Unterschiede gibt (6,2 3,6, 2,8); (3,2, 2,7, 2,4). Man kann diesen Umstand unzweifelhaft mit der Entfaltung der-Belaubung in Verbindung setzen. Denn im Mai hat sich das Schliessen der Belaubung nicht beendet und so gelangte sowohl mehr unmittelbare Sonnenstrahlung als auch Himmelstrah-

lung in den bodennahen Luftraum des Waldes, wie wir es auch aus den Angaben der Sonnenscheindauerautographen sehen können (3,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—1,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub>).

Der Einfluss des Masses der Belaubung auf den täglichen Temperaturgang zeigt besonders grosse Verschiedenheiten an dem mit Linden und Eschen bedeckten Gipfel des *Hosszüberc*-Berges (Messstelle 6). Der Baumbestand dieses Waldteiles war nur im Anfangsstadium der Belaubung und trotzdem, dass der Bestand spärlich ist, mässigte er das Mikroklima des Raumes nach dem

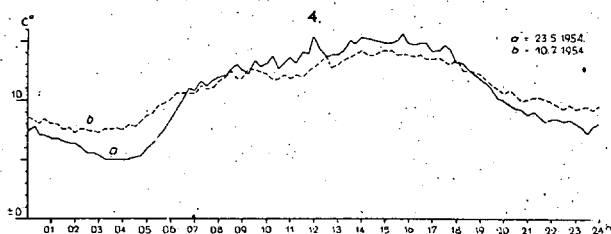


Abbildung 8. Der tägliche Gang der Lufttemperatur über dem Boden in einer Höhe von 5 cm an der Beobachtungsstation No 4.

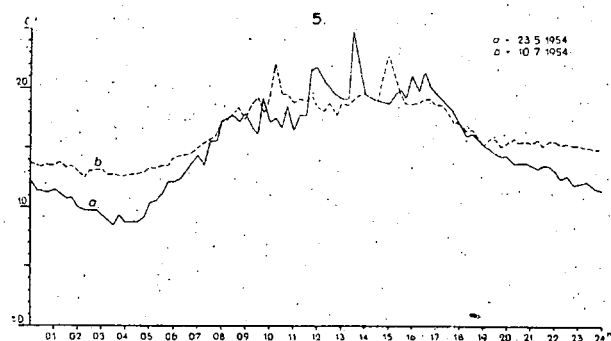


Abbildung 9. Der tägliche Gang der Lufttemperatur über dem Boden in einer Höhe von 5 cm an der Beobachtungsstation No 5.

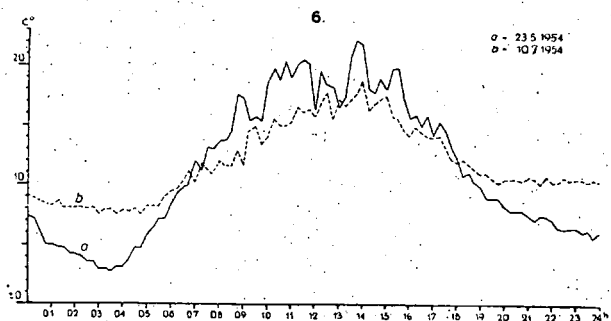


Abbildung 10. Der tägliche Gang der Lufttemperatur über dem Boden in einer Höhe von 5 cm an der Beobachtungsstation No 6.

Schliessen des Laubwerkes. Die Extremwerte der Temperatur des Monats Mai sind bedeutend grösser, als die von Juli.

Weder im Mai noch im Juli beobachten wir in der Nähe des Gipfels, im Buchenwalde mit Mercurialen (Messstelle 5) auf dem Nordabhange den für den nördlichen charakteristische morgendliche rasche Temperaturanstieg noch prägnant. Man kann ihre Ursache darin finden, dass die Belaubungskrone des Buchenwaldes, der am nördlichen Abhange aber tiefer liegt, auch noch im Mai ein grösseres Beschatten sichert, als an den unteren Teilen des Abhanges. Die Erwärmung hat also einen langsameren Gang und ist, da der Temperaturgang eine gemässigte Welle bildet, dem Temperaturgange der Messstelle an dem Berggipfel ähnlich. Im allgemeinen hat die Temperaturkurve eine Amplitude von 8—10° C. Im Monate Mai ist die Höhe der Welle 10—12° C im ganzen. Darin offenbart sich das Zurückbleiben der Belaubung im ganzen, aber auch in diesem kleinen Unterschiede hat die an dem Gipfel auftretende grosse Veränderung eine Rolle.

Der Buchenwald mit Melicaen am Südabhange (Messstelle 7) ist ein leider nicht ganz intakter Waldbestand. Die höchste Strecke der Temperaturkurve übersetzt sich auf den Nachmittag, der Gang der Erwärmung ist gleichmässiger, die Abkühlung ist rascher, in dem man die Lage des Südabhanges gegen Sonnenlicht (201°), sowie den Einfallswinkel der angelangenen Sonnenstrahlen in Betracht nehmen kann. Im allgemeinen sind die Temperaturdifferenzen vor dem Belaubungsabschluss grösser an heiteren Tagen (13—15° C), im Juli erfolgt eine Temperaturdifferenz von 10° C im allgemeinen.

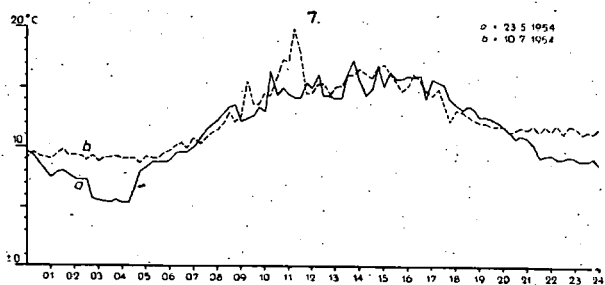


Abbildung 11. Der tägliche Gang der Lufttemperatur über dem Boden in einer Höhe von 5 cm an der Beobachtungsstation No 7.

Nach dieser sehr kurzen und in ihrem Wesen sich nur mit der Temperatur beschäftigenden Charakterisierung dürfen wir feststellen, dass die Mikroklimata der erforschten Räume sich voneinander unterscheiden. Das eine solche Verschiedenheit besteht, haben bestimmte, verschiedene Pflanzenassoziationen schon vor dem Beginne der Forschungen zu ahnen gestattet. Es handelt sich natürlich nicht nur um Temperaturdifferenzen, sondern man findet Verschiedenheiten in der Sonnenscheindauer, in den Strahlungsverhältnissen, in der Feuchtigkeit der Luft und auch in anderen meteorologischen Elementen.

Die Beobachtungen in Bückgebrige haben wir im Jahre 1953 vom 20. bis 28. Mai, vom 2. bis 15. Juli, vom 12. bis 30. August, sowie im Jahre 1954 zwischen dem 24. Juni und 25. Juli durchgeführt.

Leider konnten wir die Forschungen im Herbst und im Winter nicht fortsetzen. Unsere Forschungen im Frühling und im Sommer haben ermöglicht, dass wir unter verschiedenen Witterungslagen die mikroklimatischen Wirkungen der in diesen Zeitabschnitten eintretenden Substratveränderungen beobachten, feststellen konnten. Unsere Untersuchungen wurden auch auf zwei Dolinen erweitert. Obwohl unser Beobachtungsstationennetz nur zur Feststellung des mikroklimatischen Querschnittes von Tal und Berg geeignet ist, haben wir auch Minimumthermometer zur Feststellung der Radiation ausserhalb des erwähnten Querschnittes aufgestellt, und ausser dem von Zeit zu Zeit auch anderswo einige Mikroklimastationen errichtet. Diese Beobachtungsergebnisse haben die durch das permanente Beobachtungsnetz erhaltenen Feststellungen unterstützt.

Ich habe versucht die mikroklimatologische Kartenskizze des untersuchten Gebietes zu verfertigen. Mit Rücksicht darauf, dass in diesem Raum die Witterung als identisch betrachtet werden kann, musste man bei der Kartierung die Identität des Substrates, der Strahlung, der orographischen und morphologischen Verhältnisse in Betracht ziehen, um die mikroklimatischen Einheiten von einander abtrennen zu können. *Innerhalb dieser Einheiten darf man bei der Identität der gegebenen Witterung mit identischen mikroklimatischen Vorgängen rechnen.*

Wir können hier vier *erstrangige* selbständige *Mikroklimaräume* unterscheiden, wo das Substrat einheitlich ist, wo die Sonnenstrahlungsverhältnisse identisch sind, wo die orographische und morphologische Situation vom Standpunkte der Mikroklimatologie einen identischen Charakter hat.

Die erstrangigen Mikroklimata sind folgende:

- A) Der offene Raum des Tales.
- B) Der Buchenwald des Nordabhanges.
- C) Der Gipfel bedeckt mit Linden und Eschen.
- D) Der Buchenwald des Südabhanges.

Die Untersuchung des Buchenwaldes des Südabhanges, der auf der Karte mit E berechnete wurde, erfolgte noch nicht befriedigend.

*Die erstrangigen Mikroklimata stehen in Wechselwirkungen miteinander und in ihren Berührungszonen bilden sich neuere Mikroklimata.* Diese spiegeln nicht nur die Eigentümlichkeiten ihrer Substrate, ihrer Strahlungslage, ihrer orographischen und morphologischen Lage wieder, sondern auch die physikalischen Vorgänge der Wechselwirkungen der erstrangigen Mikroklimata.

Nach der Kartenskizze bildete sich *a* Vermischungsmikroklima in der Grenzzone von A und B usw, *b* zwischen B und C, *d* zwischen C und D und *e* zwischen A und E. Die mit Buchstaben durchgeführte Bezeichnung steht im Verhältnis zu jenem erstrangigen Mikroklima, welches auf das Vermischungsklima einen grösseren Einfluss übt. Dieser Umstand wird auf der Skizze in der Proportion der Zeichen des erstrangigen Mikroklimas dargestellt.

Ein neueres, eigentümliches Mikroklima zweiten Ranges bildet sich in charakteristischster Weise in unserem Gebiete an dem Waldrande gegen das Tal aus den Berührungszonen der erstrangigen Mikroklimata. Die Luftmassen des Buchenbestandes am Nordabhange berühren sich hier mit den Luftmassen des

Tales. In dieser Mischungszone entfaltet sich ein neues Substrat, in der Form der Mooszone, die den nördlichen Waldrand berührt. Dies ist die Wiese mit *Festuca ovina*, eine Pflanzenassoziaton von Moostypen und von den Pflanzentypen des Waldrandes. Diese Pflanzenassoziaton würde mit der Vorwärts- oder Rückwärtsziehung des Waldrandes aufhören, beziehungsweise sich an dem neuerem Waldrande von neuem bilden.

Die Luftmasse des Tales erwärmt sich an heiteren Tagen heftig, kühlt sich aber in der Nacht bedeutend ab. Ihre relative Feuchtigkeit erreicht tiefere Werte bei Tag und hohe Werte aber bei Nacht. An heiteren Abenden und in heiteren

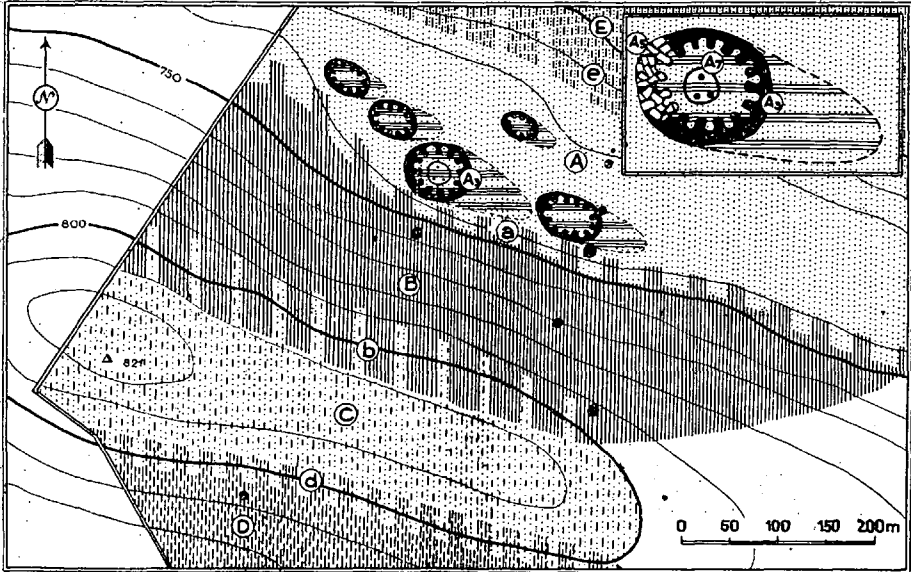


Abbildung 12. Mikrokimate auf dem Hosszúbecs Berge. Kartenskizze.

Erklärung im Texte

Nächten kommt immer Taubildung vor. Die Luftmasse des Waldes erwärmt sich weniger in dem Zeitabschnitte der Einstrahlung, dagegen kühlt sie sich in der Nacht mässig ab. Die relative Feuchtigkeit kommt in heiteren Nächten in aussergewöhnlichen Fällen 100 Prozent nahe, auch in diesem Falle nicht andauernd. Dagegen ist der Dampfdruck auch wegen der Milde der Luft bei Nacht hoch.

Mit Ausnahme der ausgleichenden Periode der Erwärmung (5<sup>h</sup>—5<sup>h</sup>30<sup>m</sup>) und Abkühlung berühren sich zwei Luftmassen, die entgegengesetzte Eigenschaften haben, am Waldrande bildet sich also eine mikroklimatische Front.

Unbedingt entsteht die Frage, was für eine Wechselwirkung besteht zwischen dem C Mikroklima des mit Linden und Eschen bedeckten Gipfels und den Luftmassen der Buchenwälder des Südabhanges (D) und des Nordabhanges (B)? Eine flüchtige Untersuchung macht es wahrscheinlich, dass die vorhandenen Wechselwirkungen die Ausbreitung des Mikroklimas des Gipfels begünstigen und dadurch die Gebiete der sogenannten *Bükker Kappe*, die für Waldwirt-



schaft hier wertlos ist, sich vergrössern. Dieses Problem kann man nur durch ganz gründliche Auswertung und wahrscheinlich nur mit Hilfe neuerlicher Forschungen lösen.

Das Klima der Doline ( $A_2$ ) bildet einen Teil des Klimas des  $A$ -Mikroklimaraumes. Es steht unter voller Wirkung desselben, aber es hat wegen seiner Temperaturextremen, Luftfeuchtigkeitverhältnisse, seiner charakteristischen, in der Nähe des Bodens entstehenden Nebelvorgänge ein besonderes Charakteristikum. Das ist nach seinem Wesen ein Klima dritten Ranges.

Die westliche felsige Wand der Doline vertritt ein eigentümliches Substrat, sowie morphologische Beschaffenheit und Lage gegen Sonnenlicht innerhalb des  $A$ -Raumes. In ihrem Mikroklima herrschen die hohen Lufttemperaturwerte vor. Es steht unter dem Einflusse des  $A$ -Mikroklimas und innerhalb dieses unter  $A_3$ . Sein Zeichen auf der Karte:  $A_5$ .

Der Wassersaugboden der Doline wird durch eine Brennesselmasse während des Zeitabschnittes der Entfaltung der Vegetation beschattet. Dementsprechend zeigt sein Mikroklima geringere Temperaturextreme und ist ständig dunstig. Sein Zeichen auf der Karte:  $A_7$ .

Es gibt Mikrokimate dritten Ranges natürlich auch innerhalb der anderen erstrangigen Mikroklimaräume, innerhalb deren Mikrokimate der noch niederen Ordnungen. Zur Aufklärung dieser wären weitere Detailuntersuchungen notwendig.

Trotzdem ich nicht in der Lage bin, die detaillierten Ergebnisse unserer mikroklimatischen Forschungen, die wir auf diesem Gebiete vollendeten, vorzulegen, kann vielleicht diese Abhandlung zur Methode, wie man grössere mikroklimatische Räume schematisch kartiert, eine gewisse Hilfe leisten.

### Zusammenfassung

Die Faktoren der geographischen Anordnung der Mikrokimate sind: 1. das Substrat, 2. die Strahlung, 3. die orographischen und morphologischen Verhältnisse, 4. der physikalische Zustand der Atmosphäre.

In einem Gebiete, wo die Strahlungsverhältnisse und die orographischen und morphologischen, sowie die Wetterverhältnisse identisch sind, ergeben die Verschiedenheiten der Substrate die von einander abweichenden Mikrokimate.

Der *Hosszübérc*, wo unsere Bükker mikroklimatischen Forschungen durchgeführt wurden, ist ein in West-Ost Richtung ziehender Berg im allgemeinen mit einem Böschungswinkel von 18 bis 20 Grad. Wir können hier vier erstrangige selbständige Mikroklimaräume unterscheiden, wo das Substrat einheitlich ist, wo die Sonnenstrahlungsverhältnisse identisch sind, wo die orographische und morphologische Situation vom Standpunkte der Mikroklimatologie einen identischen Charakter hat. Die erstrangigen Mikrokimate sind in Wechselwirkungen miteinander und in ihren Berührungszonen bilden sich neuere Mikrokimate.