©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

Die Erfassung ökologischer Parameter im Bereich des Tappenkars

Von Paul Heiselmayer

Gerade in der heutigen Zeit wird über den Wert der Landschaft unseres Alpengebietes häufig diskutiert. Diese Landschaft wird seit ihrer Besiedelung durch den Menschen von diesem selbst in steigendem Maße verändert. Aber erst in unserem Jahrhundert weisen viele „Umwelterhalter" auf diese Eingriffe in die Ökosysteme, denen letzten Endes auch der Mensch unterworfen ist, hin.

Durch die Möglichkeit, Kausalitäten innerhalb eines Ökosystems zu erfassen, können die Folgen allzu heftigen Eingriffes in die Landschaft gezielt aufgezeigt werden. Das Forschungsprogramm am Tappenkar in den Radstädter Tauern dient der Erfassung einiger wichtiger ökologischer Faktoren und ihrer Auswirkung auf Vegetation und Landschaft.

Begriffsbestimmung

Unter Ökologie versteht man die Wechselwirkung und Wechselbeziehung verschiedener Lebewesen mit ihrer Umwelt. Jede Pflanze zeigt ein spezifisches ökologisches (= autökologisches) Verhalten und muß sich innerhalb der Pflanzengemeinschaft gegen die Konkurrenz der anderen Individuen durchsetzen. Eine Pflanzengemeinschaft zeigt gegenüber der isolierten Pflanze ein etwas verändertes (= synökologisches) Verhalten, das jedoch innerhalb der Variationsbreite ihrer Einzelelemente liegt.

Zur Gesamterfassung ist sowohl eine Analyse der Bestandesstruktur als auch der einzelnen Umweltfaktoren notwendig. Die Erfassung dieser synökologisch wirksamen Faktoren erfolgt nicht experimentell, sondern durch Messung im Gelände und anschließender Auswertung. Als Basis der Untersuchungen dient aber die Vegetation: sie ist Ausdruck der verschiedenen ökologischen Parameter. Daher müssen alle Messungen der Umweltfaktoren mit den einzelnen Vegetationstypen korreliert werden.

Ein Ökosystem wird geprägt durch voneinander unabhängige Faktoren, die nicht beeinflußt werden können *(Gigon)*[1]) *(Abb. 1)*.

* *Klima:* das Großklima entspricht unseren mitteleuropäischen Wetterlagen.
* *Relief:* es wird durch Täler, Berge, Kuppen und Senken geprägt.

---

1) *Gigon, A.*, 1975: Über das Wirken der Standortsfaktoren, kausale und korrelative Beziehungen in jungen und reifen Stadien der Sukzession. — Mitt. eidgen. Anst. f. d. forstl. Versuchsw. 51: 25—35.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

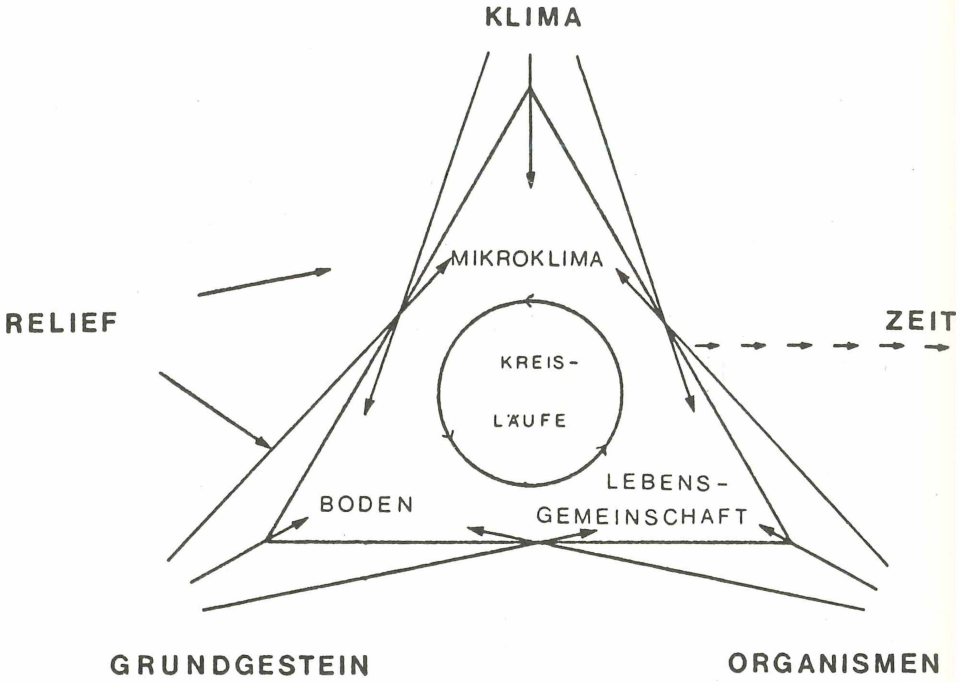

Abb. 1 Die 5 unabhängigen, ökosystembildenden Faktoren wirken auf 3 voneinander abhängigen Subsysteme, die durch Kreisläufe miteinander verbunden sind (verändert nach Gigon)

* *Grundgestein:* es ist durch die tektonischen und geologischen Verhältnisse gegeben.
* *Organismen:* sie sind natürliche Entwicklungsstufen von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen, die sich im Laufe der Zeit durch Evolution entwickelt haben und sich gegenseitig konkurrieren.
* *Zeit:* sie ist ein wichtiger Faktor bei Neubesiedlungen, Sukzessionen und Artneubildungen im Laufe der Erdgeschichte.

Bodenbildungen, Mikroklimabildungen und Biozönosebildungen setzen ein und rufen untereinander starke Wechselwirkungen hervor.

Im ausgereiften Ökosystem sind Boden, Mikroklima und Lebensgemeinschaft nicht selbständige, voneinander unabhängige Faktoren, sondern bedingen einander gegenseitig und können daher nicht allein existieren. In ihrer Gemeinsamkeit stellen sie das eigentliche Ökosystem mit seinen Kreisläufen dar.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

Nach *Ellenberg*[2]) ist das Ökosystem ein „Wirkungsgefüge von Lebewesen und deren anorganischer Umwelt, das zwar offen, aber bis zu einem gewissen Grad zur Selbstregulation befähigt ist".

Die Schwerpunkte der Untersuchung am Tappenkar umfassen: Lebensgemeinschaft der Pflanzen, Mikroklima und Kleinrelief.

Landschaft (Abb. 2)

Das Gebiet des Tappenkars ist für derartige Untersuchungen gut geeignet. Neben einer sehr reizvollen Umgebung bietet die Schutzhütte des Österreichischen Alpenvereins mit einem kleinen Labor einen idealen Stützpunkt.

Die geographische Stellung im Grenzgebiet der Zwischenalpen zu den Inneralpen ermöglicht Untersuchungen unter mäßig kontinental getöntem Klima.

Verschiedene Gesteine, bedingt durch das Zusammentreffen zweier tektonischer Einheiten, des penninischen Tauernfensters und des unterostalpinen Tauernfensterrahmens, lassen das Studium edaphisch verschiedener Typen vom sauren Silikat bis zum basischen Kalk und Dolomit zu.

Reichlich vorhandener Kalkphyllit, dessen Vegetation noch ungenügend erforscht ist, zeigt wie die erstgenannten mannigfaltige Biotope. Ein Teil des Hochtales ist von einem See bedeckt, dessen Becken in der Eiszeit ausgeschürft worden ist. Seine südliche Verlandungszone trägt verschiedenste Lebensgemeinschaften mit all ihren Sukzessionsstadien (= Abfolge verschiedener Vegetationseinheiten von der Erstbesiedelung bis zur reifen Gesellschaft). Der Einfluß des Menschen besteht im wesentlichen in der Almwirtschaft, die schon seit langem als eine der größten des Pongaus gilt. Im Augenblick befinden sich während des Sommers 150 Stück Rinder und ca. 40 Rösser auf dieser Gemeinschaftsalm.

Analyse der Pflanzenbestände

Grundlage für alle ökologischen Untersuchungen ist die Darstellung der vegetationskundlichen Verhältnisse und ihre kartographische Dokumentation. Zu diesem Zwecke werden die einzelnen Pflanzengesellschaften nach der Schätzmethode von *Braun-Blanquet*[3]) aufgenommen.

In einheitlichen Beständen werden nicht zu kleine Probeflächen abgegrenzt und in diesen die einzelnen Arten bezüglich ihres prozentuellen Deckungswertes (Dominanz) und ihrer Individuenzahl (Abundanz) vollständig erfaßt. Um die spätere statistische Verarbeitung zu

---

2) *Ellenberg, H.*, 1973: Ziele und Stand der Ökosystemforschung. — In Ökosystemforschung, 1—31, Springer.

3) *Braun-Blanquet, J.*, 1964: Pflanzensoziologie. — 3. Aufl. 865 pp, Springer.

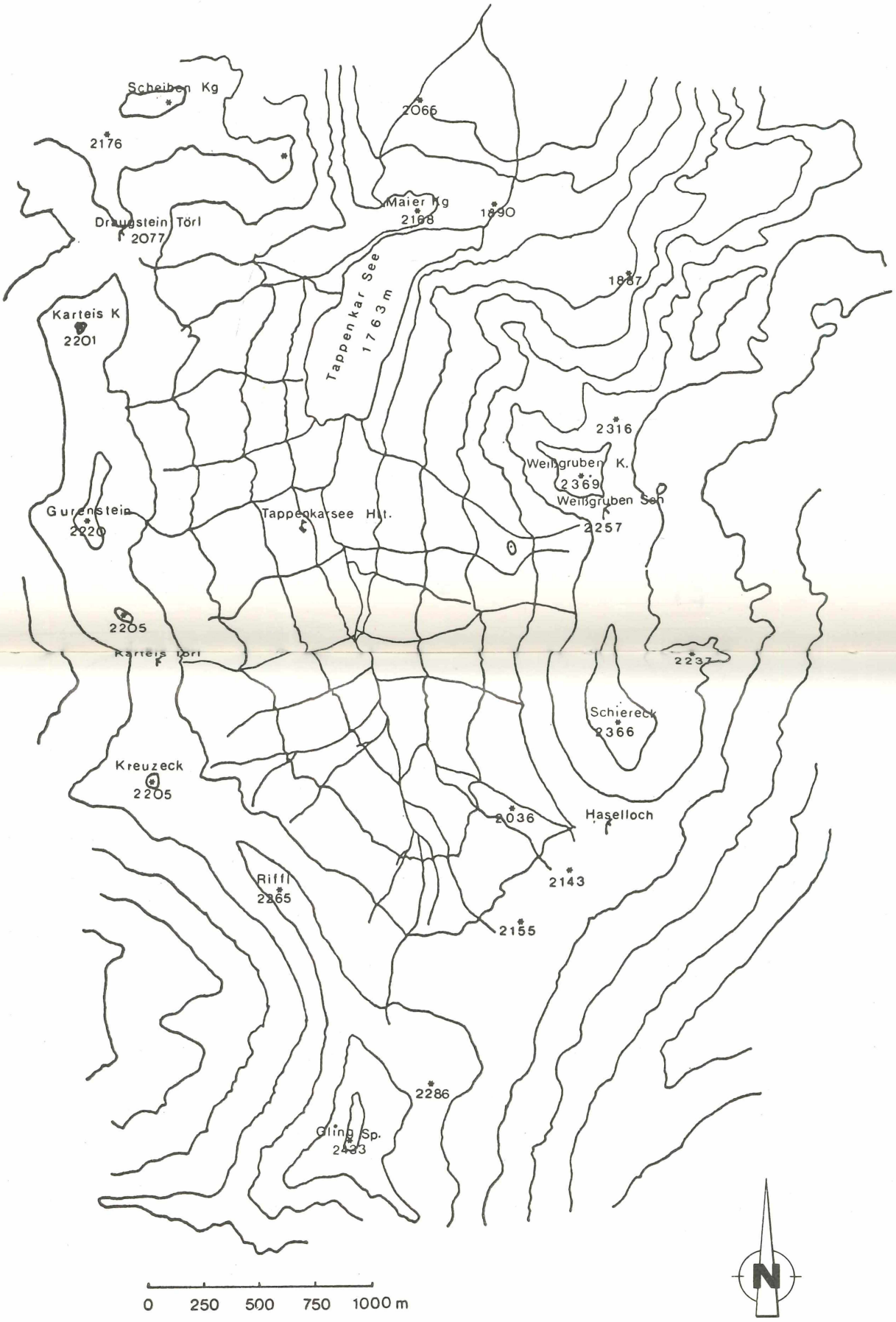

Abb. 2 Kartenskizze vom Untersuchungsgebiet in den Radstädter Tauern

©Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

erleichtern, drückt man die Ergebnisse der Schätzung mit Hilfe eines sechsstelligen Nummerncodes aus:

+ spärlich vorhanden mit geringem Deckungswert.
1 reichlich, aber mit geringem Deckungswert oder spärlich mit großem Deckungswert.
2 sehr zahlreich, oder zumindest 1/10 bis 1/4 der Aufnahmefläche deckend.
3 1/4 bis 1/2 der Aufnahmefläche deckend, Individuenzahl beliebig.
4 1/2 bis 3/4 der Aufnahmefläche deckend, Individuenzahl beliebig.
5 3/4 bis die ganze Aufnahmefläche deckend, Individuenzahl beliebig.

Die Pflanzen stellt man mit ihren geschätzten Werten zu einer Liste zusammen. Die Auswertung erfolgt, indem die einzelnen Listen zu einer einzigen Tabelle zusammengefaßt werden, in der sich nach sorgfältiger Durcharbeitung und Verschiebung charakteristische Gruppierungen bilden. Die einzelnen so erarbeiteten Pflanzengesellschaften werden anschließend in der Karte gekennzeichnet. Bei Aufnahme des gesamten Untersuchungsgebietes kann die aktuelle Vegetation in die Karte gezeichnet werden, die die Grundlage für weitere ökologische Messungen darstellt.

Mikroklima und Relief

Da das Mikroklima vom Relief mitbestimmt wird, kann es nur im Zusammenhang mit diesem besprochen werden.

Strahlung

Der Motor für unsere Existenz ist die Sonne. Die Erde bezieht alle Energie aus ihr. Ein Teil der Sonnenstrahlung, darunter der für Organismen schädliche, wird von der Atmosphäre absorbiert. Der Rest, als Gesamt- oder Globalstrahlung bezeichnet, setzt sich zusammen aus der direkten Sonnenstrahlung und der durch Wolken und Relief diffus zerstreuten Himmelsstrahlung. Die Wellenlänge reicht vom kurzwelligen UV bis in das langwellige IR bei 3 μ. Die Globalstrahlung wird am Boden teilweise reflektiert (Rückstrahlung oder Albedo), zum überwiegenden Teil aber absorbiert. Dieser liefert die für die Lebensvorgänge notwendige Energie.

Auch die Pflanzen leben vom Energiegewinn durch die Strahlung. Verschiedene Faktoren, bedingt durch das Relief, modifizieren den Energiegenuß der einzelnen Vegetationsstandorte.

Die Höhenlage hat einen ersten Einfluß auf den Strahlungsgenuß. So konnte *Steinhauser*[4]) nachweisen, daß die Trübung der Atmo-

---

4) *Steinhauser, F.*, 1951: Über die Abhängigkeit der Sonnen- und Himmelsstrahlung von der Höhe in den Ostalpen. — Ann. d. Meteor. 4: 109—114.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

sphäre mit der Höhe abnimmt. Im Winter sind die Extreme besonders deutlich. In den unteren Bereichen bis 1000 m wurde ein Trübungsfaktor (nach *Linke)* von 11,0 errechnet, zwischen 1500 m und 2000 m betrug er nur noch 4,7 und zwischen 2000 m und 3000 m sank er auf 2,2 ab. Im Sommer betragen die Werte im Tal zwischen 200 m und 1000 m 11,1, zwischen 1500 m und 2000 m 7,6 und zwischen 2000 m und 3000 m 5,7. Die Erhöhung der Trübung im Sommer hängt mit der höheren Luftfeuchtigkeit in dieser Jahreszeit zusammen.

Wesentlich auffallender aber ist die Abhängigkeit des Energiegenusses von der Exposition des Standortes. Südhänge können wesentlich mehr Sonnenenergie aufnehmen als Nordhänge. *Kämpfert* und *Morgen*[5]) berechneten die möglichen Einstrahlungssummen der verschiedenen Höhenlagen und zeigten, daß ein Südhang von 40° Neigung fast viermal soviel Strahlungsenergie erhält wie ein ebenso stark geneigter Nordhang. Bei 20° Neigung erhält der Südhang noch um $^2/_3$ mehr als der Nordhang. Die Hangneigung (Inklination) ist demnach der zweite wesentliche Faktor für die Größe der Einstrahlung.

Turner[6]) konnte am Stillberg im Dischmatal (Graubünden) Reliefabhängigkeit im Gelände überprüfen und die Änderung im Tagesgang feststellen. Bei nicht direkt besonnten Hängen und steileren Neigungen tritt die Himmelsstrahlung immer deutlicher in Erscheinung und trägt wesentlich zum Energiehaushalt bei.

Die Erfassung der Globalstrahlung erfolgt durch ein Sternpyranometer. Dabei wird der thermische Effekt der Strahlung ausgenützt. Das Meßgerät besteht aus abwechselnd schwarzen und weißen Blättchen, die sternförmig angeordnet sind. Die weißen Blättchen reflektieren die Strahlung und bleiben kalt, die schwarzen absorbieren sie und werden warm. Die Temperaturdifferenz wird gemessen und in Wärmeeinheiten umgerechnet.

Für geobotanische Untersuchungen genügt meist die Erfassung des Strahlungsgenusses während der Vegetationszeit. Der Besonnungsmesser nach *Morgen-Leiss*[7]) erlaubt, die summierte Wärmemenge auf einen Blick abzulesen. Das Gerät besitzt einen Neigungsmesser, an dem an einer Kurvenschar die jeder Inklination entsprechende eingestrahlte Energiesumme abgelesen werden kann. Über Kimme und Korn kann jeder Hang genau angepeilt werden. Im Untersuchungsgebiet wurden damit alle Hänge vermessen und die Ergebnisse in eine

---

5) *Kämpfert, W. u. A. Morgen,* 1952: Die Besonnung: Diagramme der solaren Bestrahlung verschiedener Lagen. — Zeitschr. f. Meteorologie 6: 138—146.

6) *Turner, H.,* 1966: Die globale Hangbestrahlung als Standortsfaktor bei Aufforstungen in der subalpinen Stufe. — Mitt. schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen 41: 110—168 (1 Karte).

7) *Leiss, C.:* Der Besonnungsmesser Morgen-Leiss. — Druckschrift Nr. 61, Carl Leiss, Berlin.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

Karte eingetragen *(Abb. 3)*. Zur besseren Übersicht wurden die Strahlungsergebnisse in mehrere Klassen zusammengefaßt: rote Farbtöne kennzeichnen die wärmsten, violette die kältesten Hänge.

Horizontüberhöhung

In stark bewegtem Gelände erfährt der Strahlungsgenuß des Bodens eine weitere Einengung, da sich die umgebenden Berge über den siderischen Horizont erheben und die „Bergschattenwirkung" hervorrufen. Die Sonnenscheindauer wird stark verkürzt und der Strahlungsgenuß des Standortes dadurch vermindert. Auch ein sonst günstiger Südhang kann durch solche Beschattung stark an Attraktivität einbüßen. Der Sonnenaufgang wird verzögert, der -untergang verfrüht. Im Extremfall erhält so ein Südhang im Winter überhaupt keine Sonneneinstrahlung.

Die Einengung des Horizontes läßt sich mit Hilfe eines Theodolithen oder mit Kompaß und Neigungsmesser bestimmen. Wesentlich einfacher und rascher geht es aber mit dem Horizontoskop von *Tonne*[8]). Es handelt sich dabei um eine durchsichtige, auf einer ebenen Fläche aufsitzende Kunststoffkuppel, unter der sich ein Kompaß und eine Libelle befinden. Die Kuppel ist so stark gewölbt, daß sie wie ein Fischaugenobjektiv wirkt und den ganzen Horizont auf sich abbildet. Eine darunterliegende Kurvenschar des Sonnenbogens ermöglicht die Bestimmung des Sonnenauf- und -unterganges. Mit diesem Gerät wird das gesamte Gebiet eingemessen. Zur kartographischen Darstellung werden Besonnungsdauerklassen als Ausdruck der potentiellen Besonnung eines Standortes erstellt.

Albedo

Die Messung der Strahlungsreflexion (Albedo) in Pflanzenbeständen vermittelt einen grundsätzlichen Einblick in die Energiehaushalte der Vegetation. Die kurzwellige Strahlung (bis 3 μ) wird dabei an den verschiedenen Oberflächen teils absorbiert, teils reflektiert. Die Menge der absorbierten Strahlung steht für weitere energetische Umsetzungen zur Verfügung. Da es sehr schwierig ist, die absorbierte Energie direkt zu messen, wird sie indirekt durch den Reflexionsverlust der eingehenden Strahlung ermittelt. Die kurzwellige Reflexion umfaßt auch den Teil des sichtbaren Lichtes, der als visuelle Albedo getrennt registriert werden kann. Bei Vegetationsbeständen zeigt sich die Reflexion diffus und nicht spiegelnd, wie es von Wasseroberflächen bekannt ist. Grundsätzliche Arbeiten darüber wurden von *Dirmhirn*[9]) und *Saube-*

---

8) *Tonne, F.*, 1954: Besser Bauen mit Besonnungs- und Tageslicht-Planung. — Hofmann, Schorndorf, 1. Text 41 pp, 2. Abbildungen und Kurven 16 pp.

9) *Dirmhirn, I.*, 1964: Das Strahlungsfeld im Lebensraum. — Akad. Verlag Frankfurt a. Main 426 pp.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

rer[10]) durchgeführt. Die stärksten Reflexionen besitzen weiße Oberflächen wie Schnee, heller trockener Sand oder Flußschotter, die geringsten Dunkelkörper wie Nadelwälder oder feuchter dunkler Boden, doch verändern sich all die Reflexionseigenschaften bei Befeuchtung durch Niederschläge.

Die Messung erfolgt wieder mit dem Sternpyranometer, das an dem zu messenden Bestand einmal gegen diesen selbst, anschließend gegen die eintreffende Strahlung gehalten wird, der Anteil der Reflexion wird dabei in Prozent ausgedrückt. Die visuelle Albedomessung wird in ähnlicher Weise mit dem Luxmeter durchgeführt. Bei beiden Geräten besteht die Möglichkeit, durch genau definierte Filter (Fa. Schott) die spektrale Verteilung der Albedo zu bestimmen.

Oberflächentemperaturen

Die an der Pflanzen- oder Bodenoberfläche absorbierte Strahlung wird zu einem Teil in Wärmeenergie umgesetzt, wobei die eigentlichen Energieumsetzungsorte die Oberflächen der Pflanzenteile und des Bodens sind. Bei Tage, unter der Einstrahlung, erwärmen sich diese Flächen stärker als die darüberliegende Luftschicht, in der Nacht erfolgt aber eine intensivere und tiefere Abkühlung durch langwellige Ausstrahlung; diese Wärmemengen werden an die Luft und in den Boden weitergeleitet. Die Absorptionsflächen sind also einer sehr starken Temperaturschwankung unterworfen und erreichen daher im Vergleich mit ihrer Umgebung viel häufiger Temperaturen unter 0° C (Bodenfrost).

In der Vegetationszeit ist die sommerliche Erwärmung der Bodenoberfläche sichtbarer Ausdruck bestimmter Bestrahlungssummen. Strahlungsmäßig günstige Standorte erwärmen sich rascher und stärker, wodurch sämtliche chemischen und biologischen Reaktionen beschleunigt werden.

Relief und Vegetationsdecke verändern den Wärmehaushalt an der Bodenoberfläche, sowohl tagsüber bei Einstrahlung als auch nachts bei Ausstrahlung.

Das Relief bedingt drei thermisch unterschiedliche Standorte:

Kuppenlagen besitzen günstige Einstrahlungsmöglichkeiten, da sie nach allen Seiten offen sind, strahlen aber während der Nacht ebenso intensiv nach allen Seiten aus und wirken als Kaltluftproduzenten. Doch kann diese kalte Luft zum Teil den Hang hinunterfließen.

Hanglagen sind thermisch begünstigt (besonders bei Südexposition) und zeigen einen ausgeglichenen Temperaturverlauf, da sie tagsüber weniger erwärmt werden, nachts auch weniger abkühlen als Kuppen und Mulden.

---

10) *Sauberer, F.*, 1937: Zur Kenntnis der Strahlungsverhältnisse in Pflanzenbeständen. — Bioklimatische Beiblätter der Meteorol. Zeitschr. 4: 145—155.

©Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

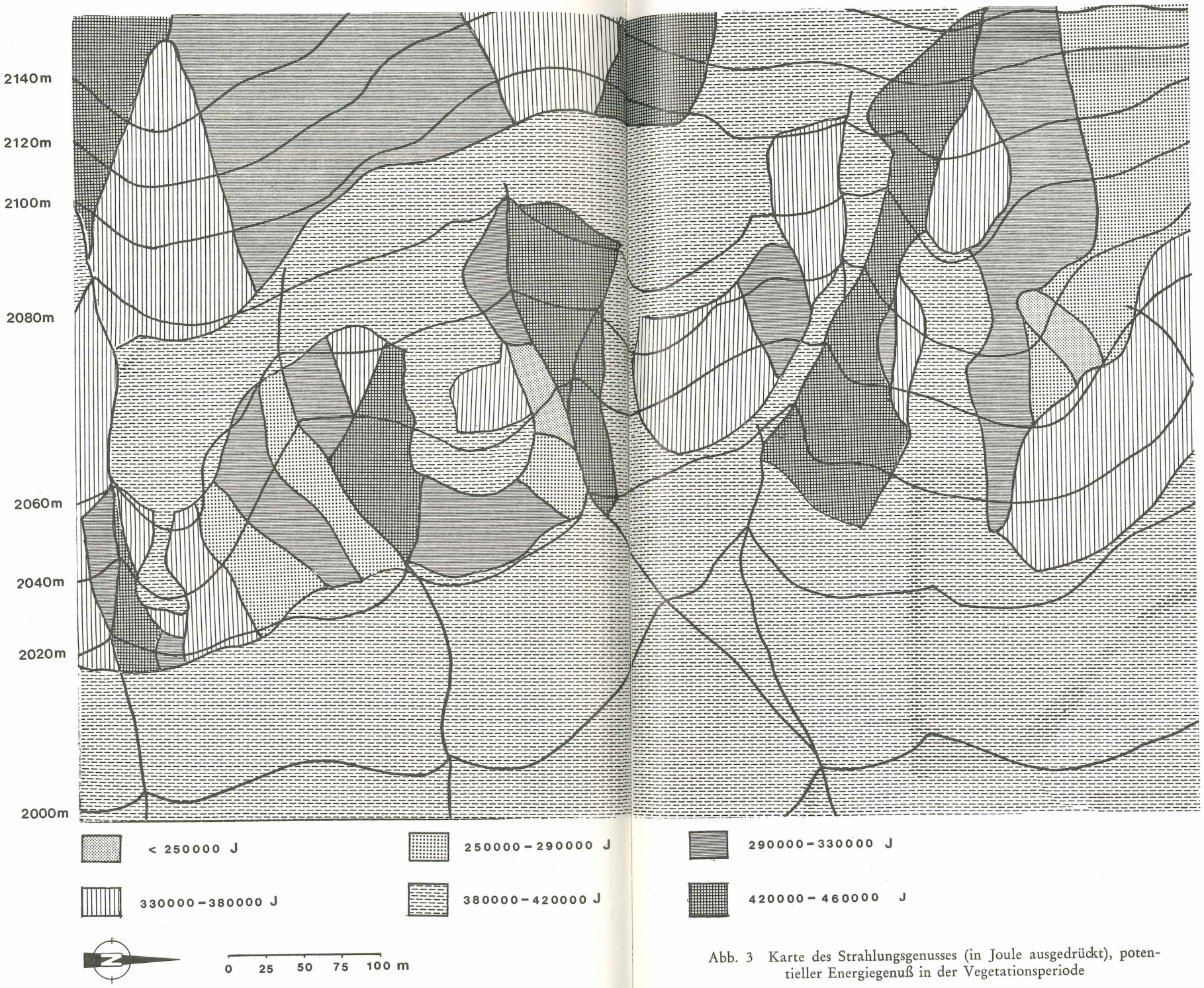

Abb. 3 Karte des Strahlungsgenusses (in Joule ausgedrückt), potentieller Energiegenuß in der Vegetationsperiode

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

Tallagen zeigen zwar am Tage meist die höchsten Temperaturen, in der Nacht jedoch sammelt sich Kaltluft am Muldengrund und bildet eine Inversionsschicht.

Die Pflanzendecke ist in windgeschützten Muldenlagen am üppigsten ausgebildet und vermag daher sehr stark zu transpirieren *(Turner)*[11]). Durch die Transpiration und Evaporation wird Verdunstungswärme gebunden, die der umgebenden Luft entzogen wird und sie abkühlt. An windexponierten Kuppenlagen ist zwar — bedingt durch geringere pflanzliche Oberflächen — die Transpiration nicht so hoch, doch trägt der Wind durch Advektion (horizontales Heranbringen von Luftmolekülen) zum Wärmeaustausch bei.

Mit zunehmender Dichte der Vegetation wird die Strahlungsumsetzfläche vom Boden in den Bereich der dichtesten Pflanzenmassenentfaltung verlegt. Die obersten Bodenschichten erhalten daher hier weniger Wärme als bei fehlender Bedeckung. Zwergsträucher bieten in ihrem Bestand der darunterliegenden Pflanzendecke Schutz vor zu starker Ein- und Ausstrahlung und damit Schutz vor zu großen Temperaturextremen.

Turner u. a.[11]) kartierten im Dischmatal (Davos) ein begrenztes Areal in Hanglage und konnten die einzelnen auftretenden Pflanzengesellschaften thermisch recht gut charakterisieren. Besonders überraschend war der fehlende winterliche Bodenfrost in einer Lawinenrunse, die mit Reitgrasrasen bedeckt ist. Diese Erscheinung (trotz —20° C Lufttemperatur!) ist bemerkenswert, doch könnte die Erklärung dafür in der besonderen Grobblöckigkeit des Substrates liegen. Die Schneehöhe erreichte maximal 2 m.

Die Temperaturkartierung wird nach der Zuckerinversionsmethode nach *Pallmann* u. a.[12]) durchgeführt. Dabei wird eine wäßrige Rohrzuckerlösung während der Vegetationszeit im Gelände exponiert. Diese Lösung hat die Eigenschaft, den polarisierten Lichtstrahl um einen Winkelbetrag zu drehen. Bei Erwärmung tritt Hydrolyse der rechtsdrehenden Glucose ein, und die Lösung geht über in ein gleiches Gemisch von rechtsdrehender Glucose und linksdrehendem Invertzucker. Die Winkeldrehung ist proportional der Temperatur und wird zur Temperaturberechnung herangezogen. Der erhaltene Temperaturwert ist ein Mittelwert der Expositionszeit. Im Untersuchungsgebiet wird das Mittel der gesamten Vegetationszeit bestimmt.

---

11) *Turner, H., P. Rochat u. A. Streule,* 1975: Thermische Charakteristik von Hauptstandortstypen im Bereich der oberen Waldgrenze (Stillberg, Dischmatal bei Davos). — Mitt. eidg. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen 51: 95—119.

12) *Pallmann, H., E. Eichenberger u. A. Hasler,* 1940: Eine neue Methode der Temperaturmessung bei ökologischen oder bodenkundlichen Untersuchungen. — Ber. Schweiz. Bot. Ges. 50: 337—362.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

Niederschlag

Neben der von der Sonne kommenden Energie benötigt die Pflanze Wasser im Kreislauf der CO_2-Assimilation zum Aufbau der Phytomasse. Dieses Wasser fällt als Niederschlag auf Substrat und Vegetation. In unseren gemäßigten Breiten fällt so viel davon, daß ein großer Teil wieder abfließen kann.

In subalpinen und alpinen Höhenlagen ist der jährliche Gesamtniederschlag um ein Viertel bis ein Drittel höher als in Tallagen. Naturgemäß fällt er dabei — bedingt durch die geringere Jahresmitteltemperatur — größtenteils als Schnee.

Für die ökologische Wirkung des Niederschlages bildet die Waldgrenze eine entscheidende Linie. Wälder schützen Boden und Bodenpflanzen vor zu starkem Regen und Schnee (weil ein Teil davon in den Baumkronen hängenbleibt, dort verdunstet oder langsam den Stamm herabläuft) und auch vor Wind, der in den Waldbestand kaum eindringen kann. Oberhalb der Waldgrenze aber sind Boden und Vegetation dem „Wetter" unmittelbar ausgesetzt. Das Relief beeinflußt direkt Verteilung und Stärke der Niederschläge und der erodierenden Wasserläufe.

Im besonderen zeigen sich sehr große Unterschiede zwischen Luv- und Leeseite. *Prutzer*[13]) konnte in Obergurgl eine Meßserie mit Kleinniederschlagsmessern durchführen. Diese Kleinregenmesser mit 10 cm Durchmesser werden dabei hangparallel in den Boden eingegraben. Der Auffangtrichter leitet das Regenwasser über einen Schlauch in eine Flasche. Er hat einen breiten Rand, um Abflußwasser abzuleiten. Ein darübergelegtes Netz simuliert die Zerstäuberwirkung des Bodens. Diese Geräte wurden an den Hängen und Kuppen eines Hügels aufgestellt, so daß ein geschlossenes Meßprofil entstehen konnte. Ein genormter Regenmesser (Ombrograph) wurde als Vergleichsbasis mitverwendet. Die erhaltenen Ergebnisse sind dabei sehr eindrucksvoll:

An der Luvseite konnte gegenüber der Vergleichsstation ein Überschuß bis 17% gemessen werden. An der Kante zur Kuppe fällt der wenigste Niederschlag (31% geringer als Vergleichsstation). In der übrigen Kuppenfläche wurden nur 7% weniger gemessen. Die Leeseite des Hügels enthält um 7% mehr Niederschlag als der Ombrograph. Dieser Luv-Lee-Effekt wird auch im Winter durch die Schneeverteilung verdeutlicht. Sommerliche und winterliche Niederschläge zeigen in ihrer Geländeverteilung erstaunliche Übereinstimmungen. Am Tappenkar sollen solche Regenmesser nicht nur an einem einzigen Ort, sondern über das ganze Gelände verstreut aufgestellt werden und gleichfalls auf einen Vergleichsombrographen bezogen werden.

---

13) *Prutzer, E.*, 1967: Die Niederschlagsverhältnisse an der Waldgrenze. — in: Ökologie der alpinen Waldgrenze, Mitt. d. forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 75: 173—205.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

Neben Regen und Schnee tragen Nebel und Tau viel zur Aufrechterhaltung des Wasserhaushaltes bei, doch stößt deren flächenmäßige Erfassung auf große Schwierigkeiten und muß daher vernachlässigt werden.

Schnee

In den gemäßigten Polarbreiten und in den Gebirgen wird die Vegetation häufig dem Schnee als festem Niederschlag ausgesetzt. Der Einfluß des Schnees auf das gesamte Ökosystem ist oberhalb der Waldgrenze von größter Bedeutung. Die Ausbildung der Schneedecke kann der Pflanzengemeinschaft sowohl zum Schaden als auch zum Nutzen gereichen.

So ermöglicht die Schneedecke durch Kälte- und Austrocknungsschutz auch zarteren Pflanzen die Überdauerung. Durch diese Schutzschicht wird gleichzeitig die Bodentemperatur hochgehalten, so daß es nicht zum Eindringen des Bodenfrostes kommt. Die Temperaturen an der Bodenoberfläche unter 30 cm Schnee reichen bis —5,8° C, unter einem Meter Schnee wird —1° C nicht mehr erreicht. Je höher die Schneedecke, desto besser wird der darunterliegende Boden und die Vegetation vor Kälte geschützt. Die Feuchte der Schneedecke verhindert meist auch ein Austrocknen der Überdauerungsorgane und sorgt bei der Schneeschmelze für eine ausgiebige Wasserversorgung, die Austrieb und Keimung fördert. Gleichzeitig verhindert die gleichmäßige Temperatur unter der Schneedecke zu frühes Austreiben und somit die Gefährdung der Pflanze durch Spätfröste.

Eine fehlende Schneedecke führt zu starker Austrocknung von Pflanze und Substrat. Da der Frost tief in den Boden dringt und das Wasser darin gefrieren läßt, können Pflanzen, die auch in dieser Jahreszeit assimilieren müssen, kein Wasser daraus entnehmen und müssen eintrocknen (Frosttrocknis).

Die mechanische Beanspruchung der Pflanzen durch herbeigewehte Schneekristalle ist eher gering *(Turner)*[14]).

Pflanzenteile, die über die Schneedecke herausragen, werden durch Kälte ebenfalls in ihrem Wachstum gehemmt. Knapp über der Schneeoberfläche stellt sich die kälteste Temperatur ein. Von *Michaelis*[15]) wurde dort eine um neun Grad tiefere Temperatur als 1½ m über dem Boden gemessen. Die Gefährdung solcher herausragender Teile ist vor allem in schneearmen Wintern sehr groß, da die geringe Isolierschicht des Schnees Frostschäden der oberirdischen Pflanzenteile herbeiführt und den Boden tiefer gefrieren läßt. Im Frühjahr, wenn

---

14) *Turner, H.*, 1968: Über „Schneeschliff" in den Alpen. — Wetter und Leben 20: 192—200.

15) *Michaelis, G. u. P.*, 1934: Ökologische Untersuchungen an der alpinen Baumgrenze, III: Über die winterlichen Temperaturen der pflanzlichen Organe, insbesondere der Fichte. — Beih. Bot. Cbl. 52B; 333—377.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

die Kälteresistenz der Pflanzen stark absinkt, schädigen Spätfröste diese Triebe in besonderem Maße.

Die Andauer der Schneedecke eines Standortes ist für die Ausbildung der Vegetation vor größter Bedeutung. Zu lange Schneebedekkung bewirkt besonders an Nadelbäumen der Waldgrenze und im Latschengestrüpp Pilzbefall der jüngeren Triebe durch den Schneeschimmel *(Herpotrichia nigra)*, der sein schwarzbraunes Hyphengeflecht in Nadeln und Zweige versenkt und sie zerstört. Als Folge der Belastung durch zu schweren feuchten Schnee treten Schneebrüche auch an kräftigen Ästen auf.

Pflanzen auch im Winter aperer Standorte können bei günstigen Temperaturen das ganze Jahr über assimilieren. Solche Standorte — Windecken und Windkanten genannt — werden daher gerne von immergrünen Zwergsträuchern besiedelt, z. B. von der Gemsheide *(Loiseleuria procumbens)*.

Je länger eine Schneedecke ausgebildet ist, desto kürzer ist die Vegetationszeit an diesem Standort und desto weniger Arten können konkurrenzkräftig bleiben. Extrem lange Schneebedeckung des Bodens bedingen Muldenlagen, wodurch auch ihr Name „Schneetälchen" oder „Schneeböden" entstand. Die Dauer ihrer Schneebedeckung wird nicht nur durch geringere Einstrahlung, sondern auch durch den in der Mulde wesentlich stärker vom Wind abgelagerten Schnee bestimmt. Die Erfassung der Schneefleckenverteilung setzt eine genaue Kenntnis des Auf- und Abbaues der Schneedecke voraus *(Kronfuß)*[16]). Der Einschneivorgang setzt plötzlich ein und wird nach unten durch die Schneefallgrenze bestimmt. Diese befindet sich je nach Temperatur in verschiedenen Höhenlagen. Je später in der Jahreszeit, desto tiefer reicht die Schneegrenze und bedeckt auch untere Zonen. Der Einschneivorgang vollzieht sich also regional ohne Rücksicht auf das Kleinrelief. Die Ausaperung hingegen wird durch die Morphologie des Geländes bestimmt. Ausaperungslinien oder Isichionen spiegeln den Reliefcharakter wider und zeigen charakteristische Züge, die sich jedes Jahr wiederholen. Sie kennzeichnen die Schneefleckenlandschaft. Kuppen, Grate und Wölbungen sind aper, während Rinnen und Mulden noch lange von Schnee erfüllt sind. Die Dauer des Bestehens dieser Schneeflecken besitzt einen großen Einfluß auf die Ausbildung der Vegetation, da die Vegetationszeit durch sie begrenzt wird. Die Andauer der Schneeflecken verlängert sich mit steigender Meereshöhe: sie nimmt je 100 m Höhenanstieg um ca. 10 Tage zu *(Conrad)*[17]),

16) *Kronfuß, H.*, 1967: Schneelage und Ausaperung an der Waldgrenze. — in: Ökologie der alpinen Waldgrenze, Mitt. d. forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 75: 209—241.

17) *Conrad, V.*, 1934: Die Schneedeckenzeit, ihr Anfangs- und Enddatum in den Ostalpen. — Gerl. Beitr. Geoph. 43: 225.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

so daß in 1500 m Höhe 170 Tage zu erwarten sind, in 2000 m Höhe 216 Tage. Mit zunehmender Höhenlage steigt gleichzeitig der Anteil des festen Niederschlages am Gesamtniederschlag.

Die vorteilhafteste Methode zur Feststellung der Dauer der Schneebedeckung in einem vom Relief stark beeinflußten Gelände ist das photogrammetrische Verfahren. Die durch 6—7 Befliegungen gewonnenen photographischen Daten werden zu Karten der Ausaperungszustände umgezeichnet. Die Termine der Flüge sollen so gewählt werden, daß der erste Flug Ende März, der letzte Anfang Juli erfolgt. Der Abstand der dazwischenliegenden Flüge variiert meist, da die Großwetterlage den Zeitpunkt eines Fluges mitbestimmt. Diese Methode wurde von *Friedel*[18]) mit Erfolg in Obergurgl angewandt.

Klimaprofil

Seit dem Sommer 1977 wurde im Untersuchungsgebiet ein sommerliches Temperaturprofil über den gesamten Talquerschnitt registriert. Da die Temperaturen mit der Höhe abnehmen, muß eine Koinzidenz zwischen Temperaturmittel und den verschiedenen Höhenstufen der Vegetation existieren. Ausschlaggebend sind dafür die Temperaturwerte während der Vegetationszeit, d. h. vom Ende der Schneeschmelze (Mitte Juni) bis zu den ersten länger andauernden Frösten (Ende September bis Anfang Oktober). Für die Messungen wurden zehn Wetterhütten direkt am Boden aufgestellt, so daß die Registriergeräte (Thermoskript der Fa. Görz) in 10 cm Höhe zu liegen kamen. Von der Aufstellung von Normwetterhütten wurde Abstand genommen, da die Temperaturverhältnisse auf die Pflanzendecke in Bodennähe bezogen werden sollten. Um aber einen Vergleich mit den klimatologischen Temperaturmeßserien zu ermöglichen, wurde neben eine solche Kleinstation eine Normalwetterhütte in Hanglage errichtet, die gleichzeitig als zentrale Klimastation mit Strahlungs-, Wind-, Niederschlags- und Verdunstungsmesser ausgestattet war. Die Kleinstationen erstreckten sich von der Talsohle in 1770 m Höhe bis in den Bereich der Grate bei ca. 2220 m. Um einen repräsentativen Durchschnittswert zu erhalten, werden diese Messungen mehrere Sommer wiederholt werden. Eine Registrierung während des Winters ist nicht möglich, da die Hänge sehr lawinengefährdet sind und die Wetterhütten durch den Schneedruck zerstört werden.

Nach Abschluß der Querprofilmessung ist eine Längsprofilmessung geplant.

---

18) *Friedel, H.*, 1961: Schneedeckenandauer und Vegetationsverteilung im Gelände. — in: Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe zum Zwecke der Hochlagenaufforstung Teil I. — Mitt. d. forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn 59: 317—369.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

Phänologische Karte

Pflanzenphänologie beinhaltet die Registrierung der Entwicklungszustände einer Pflanze während des Jahreszyklus. Ökologisch begünstigte Standorte lassen Pflanzen früher austreiben als ökologisch benachteiligte. Die Kartierung der phänologischen Zustände erfolgt nach der Methode *Ellenbergs*[19]), um die geländebedingten Unterschiede in Wuchsklimakarten umsetzen zu können. Die dabei erhaltenen Karten sind der Ausdruck des thermischen Zustandes eines Standortes. Zur Kartierung werden festgelegte Arten als Testpflanzen herangezogen und ihre phänologischen Spektren aufgezeigt (siehe auch *Heiselmayer*[20]).

Luftbildauswertung

Neben der Geländebegehung ist das Luftbild eine wichtige Interpretationshilfe. Luftbilder werden vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen im Zuge der Bearbeitung der Österreichkarte herausgegeben und stehen zur Auswertung zur Verfügung.

Durch die Möglichkeit stereographischer Betrachtung lassen sich Geländeformen eindeutig ansprechen und ihre Position auf der Karte verifizieren. Da die Vegetation auch im Schwarzweißbild unterschiedliche Strukturen und Grauwerte aufweist, läßt sich eine provisorische Vegetationskarte herstellen, vorausgesetzt, die verschiedenen grauen Strukturwerte wurden mit den Pflanzengesellschaften im Gelände verglichen und diesen eindeutig zugeordnet. Der Vorteil ist zweierlei:

Eine vorkartierte Fläche läßt sich bei anschließender Geländebegehung leichter, rationeller und genauer erfassen, da die Luftbilder senkrecht aufgenommen sind. Da die Bildflüge außerdem schon einige Jahre früher gemacht worden sind, lassen sich bei der Auswertung auch gleich Veränderungen und Entwicklungen in der Vegetation erkennen.

Neben diesen amtlichen Luftbildern in Schwarzweiß wäre eine mehrfache Befliegung und Aufnahme des Gebietes in Farbe ein großer Vorteil, doch scheitert deren Ausführung meist an den enormen Kosten.

Fernerkundung

Ähnliches gilt auch für andere Fernerkundungssysteme. Fernerkundung ist die Beobachtung und Registrierung von Vorgängen und Zu-

---

19) *Ellenberg, H.*, 1954: Naturgemäße Anbauplanung, Melioration und Landschaftspflege. — Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie, Bd. 3: 109 pp, Ulmer Stuttgart.

20) *Heiselmayer, P.*, 1978: Vorarbeiten für eine Wärmestufenkarte von Salzburg. — Flor. Mitt. aus Salzburg 5: 33—36.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

ständen an der Erdoberfläche von Flugzeugen und Satelliten aus (ASSA-Studie)[21]). Das vorgenannte Luftbild stellt nur einen Teil der Möglichkeiten dar. Luftbilder registrieren den sichtbaren Bereich der an der Erdoberfläche reflektierten Gesamtstrahlung und zeichnen diese auf einer photoempfindlichen Schicht auf. Durch Verwendung von infrarot-empfindlichen Filmen kann die Wiedergabe des Spektrums bis fast 1 μ erweitert werden. Dabei wird ein sehr großer Betrag der Strahlung ausgenützt. Darstellbar ist die Menge des Blattgrüns in der Vegetation (z. B.: lebendes Blattgrün reflektiert langwelliges Licht sehr stark und färbt das Negativ dunkel, Nadeln und nadelähnliche Blätter dagegen absorbieren das langwellige Licht und färben das Positiv dunkel). Die gesamte Palette der Zusammenhänge ist aber noch nicht bekannt.

Am Tappenkar wird versucht, vom Flugzeug und vom Boden aus mit IR-empfindlichen Filmen (auch Farbfilmen) diese Zusammenhänge aufzudecken.

Größere Wellenlängen bis 14 μ können nicht durch photoempfindliche Schichten erfaßt, sondern nur mehr durch elektronische Abtastgeräte (Scanner) registriert und anschließend auf Videobändern gespeichert werden. Gerade diese Methode gibt die genauesten Aufschlüsse über die verschiedenen thermischen Zustände der Erde, ist aber sehr kostenintensiv und kann daher am Tappenkar erst in ferner Zukunft eingesetzt werden.

Synökologische Zusammenfassung

Die nun erhaltenen Kartengrundlagen stellen jeweils einen ökologisch wirksamen Faktor innerhalb des Ökosystems dar. Bei Übereinanderprojektion dieser Grundlagen erscheinen Zusammenhänge zwischen Klima, Relief und Vegetation, die bestimmte Zusammenhänge erkennen lassen. Nach *Friedel*[22]) lassen sich vier Grundstandortstypen unterscheiden:

* *Frosttrocknis-Flächen:* windexponiert, geringe Schneebedeckung, starke Verdunstung, Kuppenlagen, relativ trocken.
* *Hitzetrocknis-Flächen:* sonnseitige Hänge mit mittlerer Schneebedeckung, hohe Einstrahlung und hohe Bodenoberflächentemperaturen, starke Verdunstung.
* *Langschnee-Hänge:* leeseitige Hänge und Muldenlagen mit langer Schneebedeckung, geringem Windeinfluß und geringer Verdunstung.

---

21) *ASSA 1977:* Fernerkundung in Österreich. — Österreichische Gesellsch. für Sonnenenergie und Weltraumfragen, ASSA FA-7: 112 pp.

22) *Friedel, H.,* 1965: Kleinklima-Kartographie. — in: Beiträge zur subalpinen Waldforschung, Mitt. der forstlichen Bundesversuchsanst. Mariabrunn, 66:13—32.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

* *Langnaß-Hänge:* schattseitige Mulden und Hänge mit langer Bodennässe, keine Überhitzung, mittlere Schneebedeckung.

An solchen Standorten, wo keinerlei Beziehungen zwischen den bisher genannten Parametern erkannt werden können, müssen andere Faktoren (insbesondere edaphische) wirksam werden, die in einem weiteren Programm erfaßt werden sollen.

Literaturverzeichnis

ASSA 1977: Fernerkundung in Österreich. — Österreichische Gesellschaft für Sonnenenergie und Weltraumfragen, ASSA FA-7: 112 pp.

Braun-Blanquet, J., 1964: Pflanzensoziologie. — 3. Aufl. 865 pp, Springer.

Conrad, V., 1934: Die Schneedeckenzeit, ihr Anfangs- und Enddatum in den Ostalpen. — Gerl. Beitr. Geoph. 43: 225.

Dirmhirn, I., 1964: Das Strahlungsfeld im Lebensraum. — Akad. Verlag Frankfurt a. Main 426 pp.

Ellenberg, H., 1954: Naturgemäße Anbauplanung, Melioration und Landschaftspflege. — Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie, Bd. 3: 109 pp, Ulmer Stuttgart.

Ellenberg, H., 1973: Ziele und Stand der Ökosystemforschung. — in: Ökosystemforschung, 1—31, Springer.

Friedel, H., 1961: Schneedeckenandauer und Vegetationsverteilung im Gelände. — in: Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe zum Zwecke der Hochlagenaufforstung Teil I. — Mitt. d. forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn 59: 317—369.

Friedel, H., 1965: Kleinklima-Kartographie. — in: Beiträge zur subalpinen Waldforschung, Mitt. der forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn, 66: 13—32.

Gigon, A., 1975: Über das Wirken der Standortsfaktoren; kausale und korrelative Beziehungen in jungen und reifen Stadien der Sukzession. — Mitt. eidgen. Anst. f. d. forstl. Versuchsw. 51: 25—35.

Heiselmayer, P., 1978: Vorarbeiten für eine Wärmestufenkarte von Salzburg. — Flor. Mitt. aus Salzburg 5: 33—36.

Kämpfert, W. u. A. Morgen, 1952: Die Besonnung: Diagramme der solaren Bestrahlung verschiedener Lagen. — Zeitschr. f. Meteorologie 6: 138—146.

Kronfuß, H., 1967: Schneelage und Ausaperung an der Waldgrenze. — in: Ökologie der alpinen Waldgrenze, Mitt. d. forstl. Bundesversuchsanst. Wien 75: 209—241.

Leiss, C.: Der Besonnungsmesser Morgen-Leiss. — Druckschrift Nr. 61, Carl Leiss, Berlin.

Michaelis, G. u. P., 1934: Ökologische Untersuchungen an der alpinen Baumgrenze, III: Über die winterlichen Temperaturen der pflanzlichen Organe, insbesondere der Fichte. — Beih. Bot. Cbl. 52 B: 333—377.

Pallmann, H., E. Eichenberger u. A. Hasler, 1940: Eine neue Methode der Temperaturmessung bei ökologischen oder bodenkundlichen Untersuchungen. — Ber. Schweiz. Bot. Ges. 50: 337—362.

Prutzer, E., 1967: Die Niederschlagsverhältnisse an der Waldgrenze. — in: Ökologie der alpinen Waldgrenze, Mitt. d. forstl. Bundesversuchsanst. Wien 75: 173—205.

©Gesellschaft fÜr Salzburger Landeskunde, www.zobodat.at

Sauberer, F., 1937: Zur Kenntnis der Strahlungsverhältnisse in Pflanzenbeständen. — Bioklimatische Beiblätter der Meteorol. Zeitschr. 4: 145—155.

Steinhauser, F., 1951: Über die Abhängigkeit der Sonnen- und Himmelsstrahlung von der Höhe in den Ostalpen. — Ann. d. Meteor. 4: 109—114.

Tonne, F., 1954: Besser Bauen mit Besonnungs- und Tageslicht-Planung. — Hofmann, Schorndorf, 1. Text 41 pp, 2. Abbildungen und Kurven 16 pp.

Turner, H., 1966: die globale Hangbestrahlung als Standortsfaktor bei Aufforstungen in der subalpinen Stufe. — Mitt. schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen 41: 110—168 (1 Karte).

Turner, H., 1968: Über „Schneeschliff" in den Alpen. — Wetter und Leben 20: 192—200.

Turner, H., P. Rochat u. A. Streule, 1975: Thermische Charakteristik von Hauptstandortstypen im Bereich der oberen Waldgrenze (Stillberg, Dischmatal bei Davos). — Mitt. eidg. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen 51: 95—119.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitt(h)eilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: 118

Autor(en)/Author(s): Heiselmayer Paul

Artikel/Article: Der Erfassung ökologischer Parameter im Bereich des Tappenkars. 345-364