

DIE GELÄNDEKLIMATISCHE BEDEUTUNG DES BERGSCHATTENS UND DER EXPOSITION FÜR DAS GEFÜGE DER NATUR- UND KULTURLANDSCHAFT*)

Mit 6 Abbildungen, 2 Bildern und 1 Karte (Beilage IV)

HANS BÖHM

Summary: The relief climatic importance of mountain shadow and aspect in the structure of the physical and cultural landscape.

Taking as a starting point the studies of K. PEUCKER (1897), F. HUTTENLOCHER (1923), A. GARNETT (1935, 1937) and others, the paper attempts to evaluate the importance of mountain shadow for the differentiation of the cultural landscape within high mountains. In addition to the factors latitude, altitude, aspect and degree of slope, which normally determine the total amount of potential insolation per unit area, there is in high mountains the mountain shadow which is particularly extensive in west-east running valleys.

Adapting A. GARNETT's method, a shadow map of an Alpine valley (Paznaun valley, Tirol) on a scale of 1 : 50,000 was constructed by graphical means. It shows for this south-west north-east running valley the number of days of the year when valley flanks or parts thereof lie in mountain shadow at 12 noon. In order to ascertain the diurnal and annual course of increase and decrease of the shadow, measurements of duration of insolation and shadow conditions were carried out with F. TONNE's horizonoscope at over a hundred spots simultaneously with agricultural mapping. For each of these a shadow diagram (skioisopleth-diagram) was constructed and the diagrams arranged into nine types according to the following criteria:

- 1) Duration of time in the shadow during the day
- 2) Duration of shadow conditions on mornings and afternoons respectively and the relationship of these two to each other.

Taking as example the Paznaun valley and by evaluating existing literature on this topic, the following general regular consequences of mountain shadow were found:

In low altitudes where there is little difference between air and ground temperature the influence of mountain shadow is small.

In higher altitudes where the difference between air and ground temperature is more pronounced mountain shadow plays an important role in the structure of the cultural landscape though this declines again above the climatic limit of arable cultivation.

In a very general way one may state that the degree of contrast between adret and ubac increases with increasing altitude.

1. Berücksichtigung des Bergschattens und der Exposition bei der Anlage der Siedlungen und Ackerfluren

Die Kürze der Vegetationszeit im Gebirge nötigt den Menschen, bei der Bestellung seiner Felder ganz besonders auf den Gang der Sonne und die Dauer der Bestrahlung Rücksicht zu neh-

men. Daher ist die Verteilung von Sonne und Schatten schon seit alters her von der Gebirgsbevölkerung beobachtet und bei der Anlage von Kulturflächen und Siedlungen berücksichtigt worden. Davon zeugen viele Orts- und Flurnamen nicht nur in den Alpen.

Sommer- und Winterseite liegen im Hochtal von Blasiwald (Schwarzwald) einander gegenüber. Hier nennt man die südexponierte Talseite auch Sommerhalde. Ähnlichen Benennungen begegnet man im Rheinischen Schiefergebirge (s. H. DITTMAYER, 1963, S. 363). Im Inntal, Salzach- und Saalachtal spricht man von Sonnenberg und Schattenberg. Im Pustertal, unweit von Lienz, heißt der dicht bewaldete N-exponierte Hang Schwarzboden. Im Paznauntal wird die Schattseite Nederseite genannt, die zugehörigen Ortsnamen sind Neder, Nederle, Näderle oder In der Neder. Sehr charakteristisch sind auch die Bezeichnungen im französischen Sprachbereich. Während sich die wissenschaftliche Literatur der Begriffe "l'adret" (Sonnseite) und "l'ubac" (Schattseite) bedient, erscheint in Verbindung mit Ortsnamen "l'endroit" und "l'enverse" (vgl. M. VESSEREAU, 1921, S. 321), das bewohnbare und das unbewohnbare bzw. feindliche Land. Im oberen Tal der Arc z. B. liegt der Ort Lanslevillard, dessen schattseitiger Teil l'Enverse und dessen sonnseitiger l'Adroit heißt. Auf ähnliche Verhältnisse treffen wir im italienischen Sprachgebiet. Hier werden den Ortsnamen "l'indritto" oder "adritto" (Sonnseite) und "l'inverso" oder "opaco" (Schattseite) beigelegt. In vielen Tälern haben nur die sonnseitig gelegenen großen Dörfer eigene Namen, die schattseitigen tragen die gleichen Namen mit dem vorangestellten "l'envers" oder "l'inverso".

Es ist verständlich, daß die ersten Ansiedler in den Alpentälern die sonnseitigen Hänge bevorzugten¹⁾. So finden wir noch heute in vielen Teilen des Gebirges auf den Sonnseiten keltische, slawische und rätomanische Orts- und Flurnamen, während die Schattseiten junge deutsche Namen tragen. In einigen Tälern Südtirols bewohnen die Italiener die warmen Berglehnen der Sonnseite und die erst im 12. Jh. angesiedelten Deutschen die kärglichen Böden der Schattseite.

Der unterschiedliche Besiedlungsgang der beiden Talseiten in vielen Alpentälern bedingt auch eine gegensätzliche Verteilung der Siedlungsarten: auf der Schattseite Einzelhofsiedlung mit kleineren Weilern, auf der Sonnseite größere Weiler und Dörfer. In seiner Studie über die Siedlungsarten

*) Der Akademie der Wissenschaften und der Literatur (Mainz) danke ich für die finanzielle Unterstützung der Geländestudien.

¹⁾ Bezeichnend ist das heute in Tirol noch übliche Verfahren bei der Anlage von Neualmen (vgl. O. GUGGENBIHLER, 1956, S. 117).

in den Hochalpen hat LÖWL (1888) im Bereich des Ötztales auf der Sonnseite 3046 Bewohner und auf der Schattseite nur 250 gezählt (vgl. S. 417). Bei der Untersuchung der Bevölkerungsverteilung in 32 Alpentälern stellt VESSEREAU (1921) fest, daß im Durchschnitt ca. 85 % der Einwohner auf der Sonnseite wohnen.

II. Bergsonne und Bergschatten in der wissenschaftlichen Literatur

Die Bedeutung des Bergschattens für das solare Klima eines Ortes erfaßte als erster K. PEUCKER (1897) in einer größeren Studie. Er beschreibt eine graphische Methode zur Ermittlung der Dauer der Beschattung.

Der Horizont des Beobachtungsortes wird in einer flächentreuen Zylinderprojektion abgebildet, in der die Sonnenbahnen für charakteristische Tage des Jahres eingetragen sind. Die Zeiten, in denen der Ort im Bergschatten liegt, ergeben sich aus den Schnittpunkten der Sonnenbahnen mit der Horizontlinie. Um nicht nur die Minderung der Besonnungsdauer, sondern auch den Strahlungsverlust zu erfassen, teilte PEUCKER die Sonnenbahnen in Abschnitte gleicher Strahlungsintensität ein.

Seine Untersuchungen fanden in der Folgezeit wohl deshalb nur wenig Beachtung, weil er nur Einzelbeispiele ausgeführt hat und nicht die Beschattungsverhältnisse eines ganzen Tales nach seiner Methode untersucht und kartographisch fixiert hat. PEUCKER führte den Begriff der „Bergsonne“ in die wissenschaftliche Literatur ein, worunter er die Veränderung der „Energie der Sonnenstrahlung auf den Berghängen je nach der geographischen Breite, dem Grade des Böschungswinkels und dem Stellungswinkel (Auslage)“ versteht (PEUCKER 1897, S. 246, Anm. 2). In Hinblick auf eine spätere Veröffentlichung unterließ er es, die Interferenz von Bergsonne und Bergschatten zu untersuchen. Erst die Beobachtung und Erklärung des Zusammenspiels beider Faktoren ermöglicht die volle Würdigung der geländeklimatischen Bedeutung des Bergschattens für die Differenzierung der Natur- und Kulturlandschaft der Gebirge. Dieser Frage ging F. HUTTENLOCHER (1923) nach. Aber auch diese weitschauende Arbeit entbehrt einer kartographischen Darstellung der Ausdehnung des Bergschattens. Diese Lücke füllt die Arbeit von A. GARNETT (1935, 1937).

Von den Gesichtspunkten der Géographie Humaine her haben sich mehrere französische Autoren mit der Frage des Bergschattens beschäftigt. Hier seien folgende Darstellungen genannt: J. BRUNHES und P. GIROUDIN über das Val d'Anniviers (1906), J. LEVAINVILLE über das Vallée de Barcelonnette (1907), M. VESSEREAU «L'adret et l'ubac dans les Alpes Occidentales» (1921), sowie R. PEATTIE «La question de l'adret et de

l'ubac» (1930). Alle Verfasser kommen zu wertvollen Ergebnissen, die die deutschsprachige Literatur sehr gut ergänzen. Der Aufsatz von LEVAINVILLE enthält die erste Karte des durch den Bergschatten bedingten unterschiedlichen Sonnenaufgangs in einem alpinen Tal. Die Karte ist leider zu stark generalisiert und weist zu wenig Beobachtungspunkte auf, so daß die Bedeutung des Bergschattens für die Differenzierung innerhalb der Kulturlandschaft nur sehr grob abgeschätzt werden kann.

Eine theoretische Ableitung erfuhren die jährlichen Besonnungsverhältnisse enger Straßen und Reihenzpflanzungen durch W. KAEMPFERT (1949 und 1951). Die Ergebnisse lassen sich in analoger Form auf Gebirgstäler mit großer Horizonteinengung übertragen. An Ort und Stelle wurde der Bergschatten wohl zuerst in Verbindung mit anderen geländeklimatischen Messungen bei Obergurgl zum Studium des Klimas im Bereich der oberen Waldgrenze genau erfaßt (Mariabrunn, H. 59, 1961).

III. Einfluß der Breitenlage, Beschattung, Exposition und Hangneigung auf die Strahlungsintensität im Hochgebirge

Die Strahlungsmenge, die ein beliebiger Ort der Erdoberfläche erhält, ist von drei Faktoren abhängig, die ihrerseits wieder eine Summe mehrerer Faktoren darstellen. Zunächst ist es die mögliche Sonnenscheindauer, die je nach Breitenlage, Jahreszeit und Horizontabschirmung wechselt. Dieser Einfluß auf die täglichen Strahlungssummen soll an Abb. 1 erläutert werden. Die geringsten jahreszeitlichen Schwankungen treten am Äquator auf, bedingt durch die während des ganzen Jahres gleiche mögliche Sonnenscheindauer. Mit zunehmender geographischer Breite wachsen die Jahresschwankungen ganz beträchtlich und erreichen am Pol ihr Maximum, weil die Sonne hier im Sommer 24 Stunden ihre Wärme an die Erdoberfläche abgibt, im Winter aber nicht über dem Horizont erscheint. Zwischen diesen beiden Extremen muß eine Zone liegen, in der die im Sommer polwärts zunehmende Sonnenscheindauer und die äquatorwärts zunehmende Sonnenhöhe so miteinander interferieren, daß es zu einem maximalen Strahlungsgenuß kommt. Diese Zone maximaler Globalstrahlung liegt im Jahresmittel zwischen 15° und 25° nördlicher bzw. südlicher Breite²⁾. Im Sommerhalbjahr verschiebt sie sich über den Wendekreis hinaus bis in ca. 35° Breite. Die Bedeutung dieser Erscheinung für die Natur der subtropischen Hochgebirge beschrieb zuerst C. TROLL

²⁾ Nach neueren Untersuchungen von E. FLACH (laut freundl. briefl. Mitteilung vom 18. 3. 65).

(1941) an Hand vergleichender ökologischer und pflanzengeographischer Beobachtungen. Die Zone maximaler sommerlicher Strahlungsintensität liegt nach seinen Beobachtungen zwischen dem 30. und 35. Breitenkreis (1941, S. 76). In dieser geographischen Breite treffen wir auch auf die größten vegetations- und bodenkundlichen Gegensätze zwischen Sonn- und Schattseite, wie C. TROLL mehrfach auf Grund vergleichender Studien hervorgehoben hat (1941, 1942, 1962).

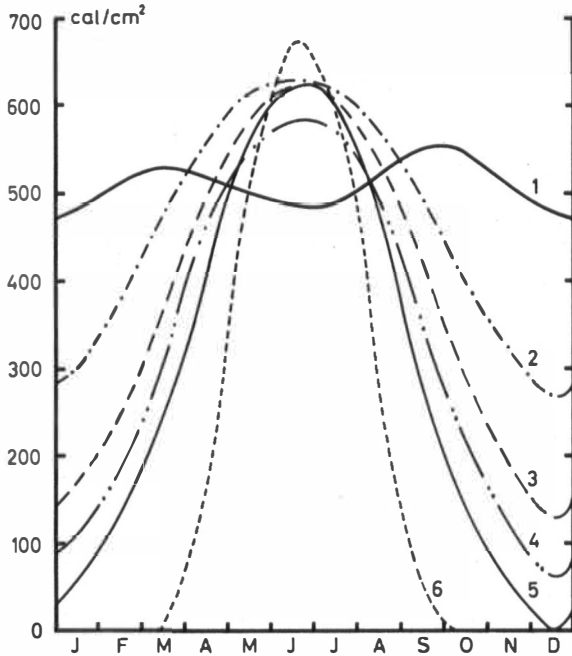


Abb. 1: Tagessummen der Bestrahlung einer waagerechten Fläche für verschiedene geographische Breiten: 1 = 0°, 2 = 30°, 3 = 45°, 5 = 60°, 6 = 90° (nach Meßwerten von G. PERL, 1935).

Abb. 1 läßt auch gleich den zweiten Hauptfaktor erkennen, von dem die Strahlungsmengen abhängig sind: die Durchlässigkeit der Atmosphäre, d. h. vor allem den Grad und die Art der Bewölkung. Es fällt auf, daß der Strahlungsgenuß in 50° Breite im Sommerhalbjahr geringer ist als in 45° und 60° Breite. Die in dieser Breite lagernden Tiefdruckzellen mit ihrem hohen Bewölkungsgrad bewirken eine erhebliche Minderung der Strahlung. Besonders wichtig für das Klima der Hochgebirge ist die Zunahme der Strahlungsintensität mit der Höhe, die aus der geringeren Mächtigkeit der Atmosphäre und der verminderten Trübung der Luft resultiert.

Der dritte Faktor, der die Strahlungsintensität sehr stark beeinflussen kann, ist die Reflexion. Sie darf vor allem im Hochgebirge nicht unterschätzt werden, wie die Messungen in Obergurgl gezeigt haben. Bei geschlossener Schneedecke kann sie so

groß sein, daß der Schattenhang höhere Strahlungsmengen erhält als der Sonnenhang. Die von einer Wolkendecke reflektierte Strahlung kann für kurze Zeit die Globalstrahlung so erhöhen, daß sich Werte ergeben, die über der Solarkonstanten liegen (*Mariabrunn*, H. 59, 1961, S. 91).

Für unsere Betrachtungen sind noch die Meßergebnisse von Obergurgl über den Einfluß der Horizontabschirmung auf die Sonnenstrahlungsintensität zu erwähnen. Zur Zeit des Sonnentiefstandes mindert der Bergschatten die mögliche Sonnenscheindauer um rund 70–80% und im Sommer um rund 35%. Dadurch ergibt sich ein Strahlungsverlust von 10% im Juni und 60% im Dezember, im Jahresmittel beträgt er 28%. Der Strahlungsverlust durch die Beschattung kann so groß sein, daß die Zunahme der Globalstrahlung mit der Höhe ganz ausgeglichen wird.

Die Zunahme der Globalstrahlung mit der Höhe bewirkt, daß das Maximum der Expositionswirkung in den Hochgebirgen der subtropischen Breiten besonders deutlich ausgeprägt ist. Zur Klärung dieses Phänomens führt C. TROLL (1941, S. 78 ff.) das Verhältnis von direkter Sonnenstrahlung und diffuser Himmelsstrahlung an³⁾. Die direkte Strahlung bestimmt weitgehend den Strahlungshaushalt der Sonnenseiten, die diffuse denjenigen der Schattseiten. Da mit der Höhe die erstere zunimmt, der Wert der letzteren aber vermindert wird, muß der Gegensatz der Expositionen mit der Höhe deutlicher werden. Berücksichtigt man nun noch den Einfluß des Bergschattens im Bereich der Zone maximaler Strahlungsintensität, so kommt man zu dem Ergebnis, daß sich der extreme Gegensatz von besonnten und beschatteten Hängen in tief eingeschnittenen Hochgebirgstälern weiter nach N (bzw. auf der Südhalbkugel nach S) verfolgen lassen muß als in den Mittelgebirgen dieser geographischen Breite. Weiter im N erscheint die Sonne unter einem kleineren Winkel am Horizont. Das bewirkt einen größeren Sonnenstrahlungsverlust, so daß im Extrem der Strahlungshaushalt der Schattseite fast nur noch durch die diffuse Himmelsstrahlung bestimmt wird. Demgegenüber wird aber in gleicher Breite die Strahlungsintensität auf der Sonnenseite nur unwesentlich durch den niedrigeren Sonnenstand beeinträchtigt. Das heißt, der Bergschatten bewirkt, daß sich das Maximum der Exposition Unterschiede in den Hochgebirgen weiter gegen den Pol ausdehnen kann (35°–45° Breite).

Je größer die Horizonteinengung ist, um so größer wird der Anteil der Himmelsstrahlung an der Globalstrahlung vor allem in den Herbst-

³⁾ Nach freundl. briefl. Mitteilung von E. FLACH (18. 3. 65) liegt das Hauptminimum der Himmelsstrahlung in 25°–30° Breite.

Winter- und Frühjahrsmonaten. „Dies besagt, daß während der Vegetationsperiode beschattete Geländestellen in der Höhe an wolkenlosen Tagen besonders strahlungsarm sind“ (Mariabrunn, H. 59, 1961, S. 84).

Exposition und Hangneigung sind weitere modifizierende Faktoren des Strahlungsklimas im Hochgebirge. Sie kommen nur dann zur Geltung, wenn der Himmel wolkenlos oder nur teilweise bedeckt ist. Bei diffuser Strahlung werden alle Hänge gleichmäßig bestrahlt. Expositionsgesetze treten dann nicht auf. Erst die direkte Sonnenstrahlung vermag, den einen Hang mehr, den anderen weniger zu begünstigen, je nachdem, um wieviel der Einfallswinkel der Strahlen von der Senkrechten abweicht.

Es ist bekannt, daß 10° und 20° geneigte S-, SW- und SE-exponierte Hänge während des ganzen Jahres größere Strahlungsmengen erhalten als die Ebene. Alle anderen Expositionen und Hangneigungen erhalten gleiche oder geringere Strahlungsmengen, wobei die Regel gilt: je steiler der Hang und je mehr er nach N exponiert ist, um so größer wird das Strahlungsdefizit gegenüber der Ebene. In der Tages- und Jahressumme ist ein Hang mit südlicher Exposition vor allen anderen in bezug auf die Strahlung begünstigt. Anders bei der Betrachtung des Tagesganges. Von Sonnenaufgang bis kurz nach 9 Uhr sind im Januar und Juni (vgl. Abb. 2a und 2b) 25° geneigte Hänge in E-

Exposition gegenüber den S-exponierten im Vorteil. In den Nachmittagsstunden sind die W-Hänge am stärksten bestrahlt. Für etwa zwei Morgen- und Abendstunden des Juni ist sogar der Strahlungsgenuß der N-Hänge größer als der der S-Hänge (vgl. Abb. 2b). Der Bergbauer hat diese Werte nie gemessen. Aber seine eigene Erfahrung und die seiner Vorfahren haben ihn gelehrt, bei der Anlage der Felder und deren Bestellung die Gesetzmäßigkeiten der Natur auszunutzen (vgl. hierzu die Luftbildauswertung Unterpaznaun S. 145 ff. und O. GUGGENBICHLER, 1956, S. 117).

IV. Bergsonne und Bergschatten – Die Beschattung und das Strahlungsklima verschieden ausgerichteter Täler und Hänge

In welchem Maße ein Tal beschattet wird, ist einmal abhängig von der Talrichtung, zum anderen von der Neigung der Hänge und der Weite des Tales. Die Talrichtung bzw. die Exposition eines Hanges legt die tageszeitlichen Unterschiede der Beschattung fest; die Hangneigung bzw. die Höhe des umgebenden Gebirges bestimmt die jahreszeitliche Verteilung des Schattens (vgl. für das Paznaun Erläuterungsblatt zu Beilage IV).

In der Breitenlage der Alpen (ca. 47° N) erreicht die Sonne im Winter unter einem Winkel von $19,5^\circ$ und im Sommer unter einem Winkel von $66,5^\circ$ ihren mittäglichen Höchststand (vgl.

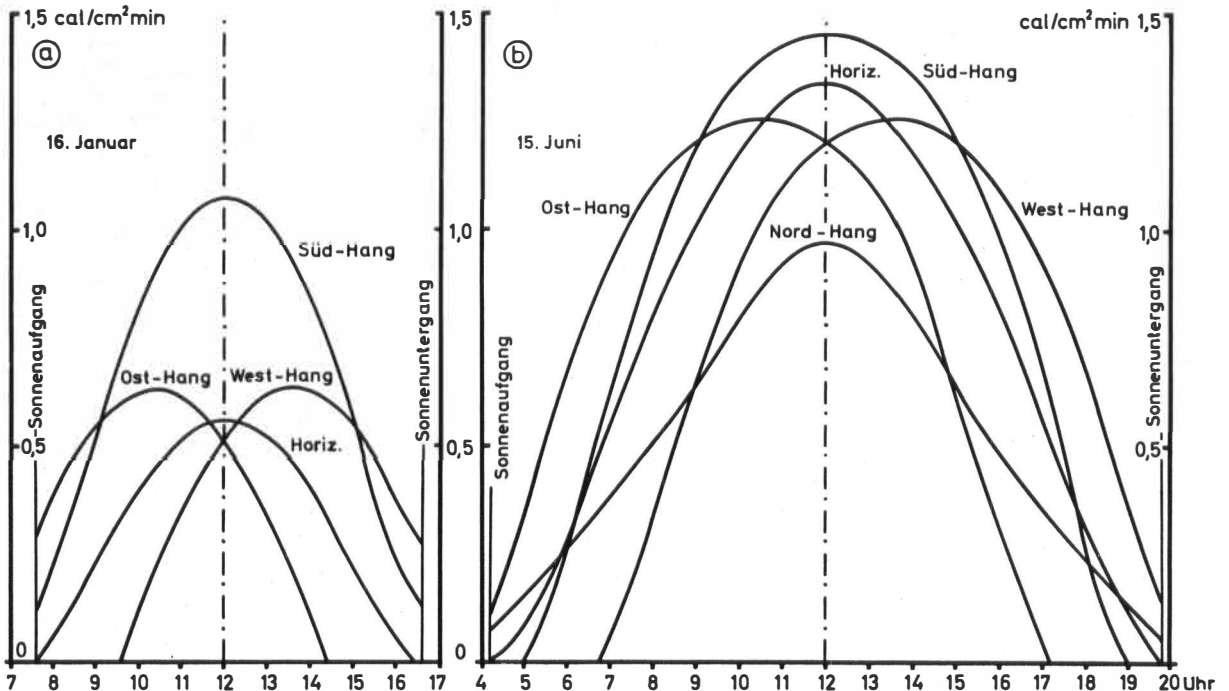


Abb. 2: Tagesdiagramme der Sonnenstrahlung auf Horizontalflächen sowie Süd-, Ost-, West- und Nordhängen mit 25° Neigung am 16. I. (a) und 15. VI. (b) für $46^\circ 30'$ nördl. Breite und 1600 m. ü. N. N. (nach E. HOECK, 1952)

Bild 1). Ist ein Hang gerade $19,5^\circ$ nach N geneigt, so wird er am Mittag der Wintersonnenwende gerade noch von den Sonnenstrahlen berührt. Ist die Hangneigung größer, dann wird diese N-exponierte Fläche in den Mittagsstunden des Winters beschattet. Flachere Hänge in N-Exposition werden mittags während des ganzen Jahres von den Sonnenstrahlen erreicht (Mittagshöhe der Sonne = $90^\circ - \varphi + \delta$, δ = Deklination, φ = geographische Breite). Der Schatten einer Talseite kann so groß sein, daß er auf die andere Seite hinübergreift und diese mitbeschattet. Dies kann bewirken, daß im Winter keine Begünstigung des Sonnenhanges feststellbar ist.

Das Gesagte sei an zwei schematischen Profilen erläutert (Abb. 3a und 3b). Die Talhänge in Abb. 3a sind 34° geneigt, die Sonnenstrahlen fallen von links unter einem Winkel von 20° (21. 12. mittags) ein. Bei diesem Sonnenstand werden die unteren Teile der Sonnenseite und der ganze Schattenhang nicht von den Sonnenstrahlen erreicht. Ist der sonenseitige Hang flacher, das Tal also asymmetrisch, bedeckt der Bergschatten eine größere Fläche. Schaltet sich zwischen beide Gehänge ein breiterer Talboden (Abb. 3b), dann wird die Sonnenseite nur in sehr tief eingeschnittenen Tälern in den Mittagsstunden beschattet. Mit zunehmender Sonnenhöhe wandert der Schatten zum Talboden, bis dann am 25. Februar (Sonnenhöhe 34°) das ganze Talprofil besonnt wird.

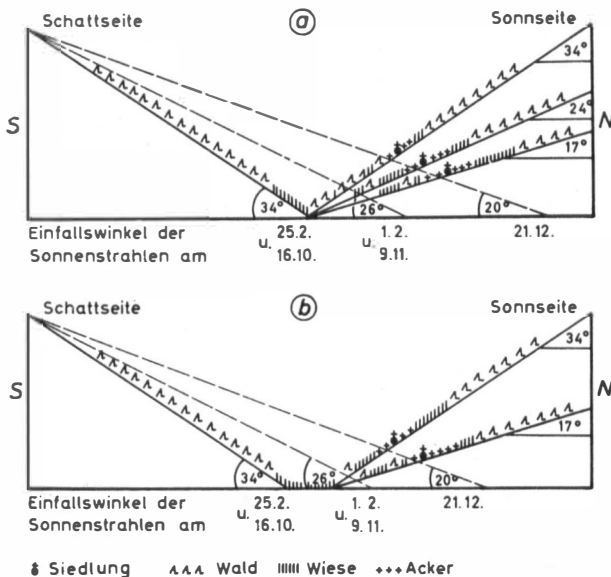


Abb. 3: Einfallen der Sonnenstrahlen zur Mittagszeit während des Winters (für 47° n. Br.) bei verschiedenen Hangneigungen.
a) Ohne Talboden, b) mit Talboden.

Die in der Abb. 3 schematisch eingetragenen Kulturzeichen geben das Bild wieder, das wir als eine Folge des Zusammenwirkens von Bergsonne und Bergschatten in vielen Alpentälern antreffen

können⁴⁾. Die Siedlungen mit den hausnahen Gärten und den Feldern liegen oberhalb der Linie des winterlichen Mittagsschattens. Die maximale Jahressumme der Sonnenstrahlung erfährt hier kaum eine Einbuße, allenfalls in den frühen Morgen- und späten Abendstunden. Durch die höhere Lage über dem Talboden genießen die Äcker gleichzeitig die Vorteile der warmen Hangzone. Nächtlche Inversionen, höherer Strahlungsgenuß und dadurch bedingt höhere Bodentemperaturen bewirken ein schnelleres Abtrocknen dieser Hangflächen im Frühjahr und damit einen früheren Vegetationsbeginn. Die Austrocknungsgefahr ist jedoch an diesen Stellen sehr groß. Eine Grünlandnutzung wäre hier in trockenen Jahren unergiebig, da die Wiesen verbrennen würden. Im Paznauntal liegen deshalb neben den kleinparzellierten Ackerflächen dieser Hangzone auf der Sonnenseite fast ausschließlich Wiesen mit Bewässerung. Zum Talboden hin nehmen die Sonnenenergiemengen wegen der größeren Beschattung ab und die Frostgefahr durch die Ansammlung der Kaltluft zu. Zudem ist der Hangfuß durch das Sickerwasser ausreichender mit Wasser versorgt. Die ökologischen Verhältnisse begünstigen hier die Grünlandwirtschaft oder bei steileren Hängen den Wald. Am Schattenhang nimmt die Ertragsfähigkeit mit zunehmendem Neigungswinkel ab, da die Beschattung in gleichem Maße zunimmt und sich die Strahlungsmenge erheblich verringert (vgl. Bild 2). Die Folgen sind: höhere Boden- und Luftfeuchtigkeit, geringere Bodentemperaturen und eine längere Schneebedeckung als auf der Sonnenseite. Der einzige Vorteil dieser Talseite stellt sich erst in sehr trockenen Sommern heraus, wenn die Wiesen hier ihre Frische behalten, während sie auf der gegenüberliegenden Talseite zu verdorren drohen.

Hat der beschattete Hang keinen einheitlichen Neigungswinkel, sondern setzt er sich aus konvexen und konkaven Teilen zusammen, dann wird er nicht von einem Tag an überall besonnt, sondern wird an den konvexen Hangpartien noch länger beschattet. An konkaven Formen wandert der Schatten mit zunehmender Sonnenhöhe hangaufwärts, an konvexen hangabwärts.

Betrachten wir nun die unterschiedliche Ausrichtung des Tales und damit den tageszeitlichen Gang der Beschattung. In Abb. 4 sind für die wichtigsten Talrichtungen in 47° Breite bei unterschiedlicher Horizontabschirmung die Sonnenauf- und -untergangszeiten in Diagrammen festgehalten. Die Linien des wirklichen Sonnenauf- und Sonnenunterganges begrenzen Flächen, deren Form je nach der Talrichtung unabhängig von der

⁴⁾ Vgl hierzu Luftbildauswertung Unterpaznaun S. 145 ff.

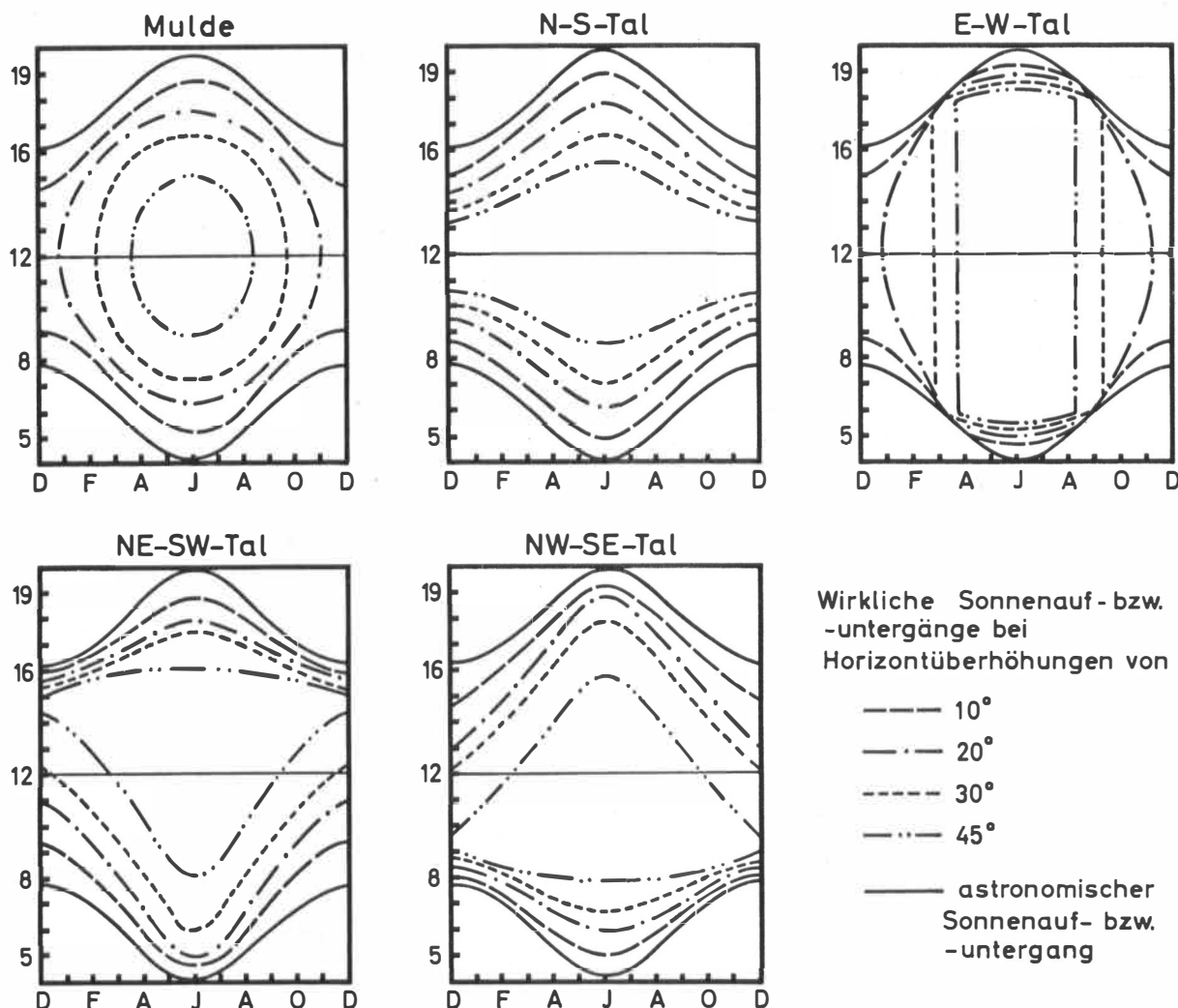


Abb. 4: Skio-Isoplethen-Diagramme
Dauer der Besonnung und Beschattung in Tälern verschiedener Laufrichtung bei unterschiedlicher Horizontüberhöhung für 47° n. Br. (nach Werten von SAUBERER-DIRMHORN, 1958)

Horizontabschirmung annähernd gleichbleibt. Veränderlich sind nur die Flächenausmaße, die die Dauer der Besonnung in Tagesstunden angeben. Die unterste und oberste Kurve eines jeden Diagramms stellt den astronomischen Sonnenauf- bzw. Sonnenuntergang dar. Die Differenz zwischen astronomisch möglichem und wirklichem Sonnenauf- bzw. Sonnenuntergang ist die Dauer der Beschattung. Diese Diagramme sollen Skio-Isoplethen-Diagramme genannt werden⁵⁾.

In einem West-Ost gerichteten Tal ist der Gegensatz zwischen Sonn- und Schattseite am besten ausgeprägt. Bei einer Horizontabschirmung von 20° liegt der Talboden von Anfang Dezember bis Anfang Januar ganz im Schatten der umgebenden Berge; bei 30° Abschirmung sogar von

Oktober bis März (vgl. Abb. 4). Je höher man den Sonnenhang hinaufgeht, um so geringer wird die durchschnittliche Horizontabschirmung und um so größer der mögliche Strahlungsgenuß. Am Schattengang wechselt die durchschnittliche Abschirmung sehr viel stärker je nach der Geländegestalt, sie wird aber im Mittel eher größer als kleiner. Die geringfügige Beschattung am Vormittag und Nachmittag während der Sommermonate erklärt sich aus dem Sonnenauf- und -untergang im Nordosten bzw. Nordwesten.

Anders sind die Erscheinungen in einem Nord-Süd verlaufenden Tal. Die beiden Hänge erhalten die gleichen Strahlungsmengen nur mit dem Unterschied, daß der West-exponierte morgens stärker beschienen wird. Aber auch hier ergeben sich Unterschiede in der Strahlungssumme, die jedoch nicht mehr auf Grund der Beschattung zu erklären sind. So lassen sich in manchen Nord-Süd-Tälern der Alpen geringfügige Begünstigungen der West-exponierten Hänge beobachten. Dies liegt daran, daß durch die Sonnenenergie morgens zuerst der nächtliche Tau auf den West-exponierten Hängen verdunsten muß, ehe sie den Boden erwärmen kann. Dadurch gehen Energiemengen verloren, die der West-

⁵⁾ nach einem Vorschlag von Herrn Prof. Dr. C. TROLL.

exponierten Seite erhalten bleiben, da der Tau hier im Laufe des Vormittags durch die Talwärme verdunstet. Ein Zeichen der großen Verdunstung am Morgen sind die Wolkenbildungen wenige Stunden nach Sonnenaufgang an den E-exponierten Hängen. In feuchteren Tälern sind die Unterschiede nicht so deutlich ausgeprägt, da hier die Luftfeuchtigkeit einen großen Teil der Wärme bindet und nachts durch die geringere Ausstrahlung in diesen Tälern die Bodentemperaturen nicht so stark absinken wie in trockeneren Tälern.

Nordwest-Südost bzw. Nordost-Südwest verlaufende Täler nehmen eine vermittelnde Stellung zwischen den beiden eben geschilderten Extremen ein. Ein NW-SE-Tal erhält am Talboden vorwiegend in den Nachmittagsstunden Sonne. In den Wintermonaten geht in tief eingeschnittenen Tälern ein großer Teil der Abendsonne verloren. Das verschafft der SW-exponierten Talseite einen Vorteil. Morgens liegt sie länger im Schatten. Der Tau kann langsam verdunsten. Dann setzt die Besonnung ein und erwärmt den Boden auch dann noch, wenn die gegenüberliegende Talseite schon lange beschattet wird. Auf der benachteiligten NE-exponierten Seite muß ein Teil der morgens zugestrahlten Wärme zur Verdunstung des Taus verwendet werden. Erst dann kann die Sonnenenergie ganz den Boden erwärmen. Aber nach Mittag – in den Wintermonaten schon früher – setzt auf dieser Seite die Beschattung ein (vgl. Bild 2). Bei den NE-SW-Tälern ist die Verteilung von Sonne und Schatten genau umgekehrt, die Auswirkungen sind ähnlich.

V. Die Beschattungskarte des Paznaunales (Beilage IV)

Es wurde schon gezeigt, wie die Verteilung des Bergschattens abhängig ist von der Höhe der Gebirge, dem Neigungswinkel der Hänge und der Weite des Tales. A. GARNETT (1935 und 1937) hat in ihrer Untersuchung den Gang der Beschattung während eines Tages für verschiedene Alpentäler kartographisch festgehalten und den Einfluß auf die Kultur- und Naturlandschaft untersucht. Daraus geht hervor, daß die Dauer und Ausdehnung des Mittagsschattens ein guter Parameter ist. Deshalb habe ich in Anlehnung an die Methode A. GARNETT'S eine Beschattungskarte des Paznaunales im Maßstab 1 : 50 000 entworfen und darin festgehalten, welche Ausdehnung der Mittags-

schatten zur Zeit der Wintersonnenwende und an den Tagen davor und danach hat. Die Karte zeigt die Dauer des Mittagsschattens in Tagen – von unter 20 bis über 165 Tage.

Die Linien gleicher Beschattungsdauer wurden auf folgende Art ermittelt: Im Abstand von 0,5 cm wurden ca. 170 N-S-Profile im Maßstab 1 : 50 000 durch das Tal gelegt. Über jedes einzelne Profil wurde eine Schar paralleler Linien gelegt, die mit der Horizontalen den Winkel der Mittagssonnenhöhe bilden (vgl. Abb. 5). Sie stellen die von Süden einfallenden Sonnenstrahlen dar. Alle Teile des Profils sind besonnt, auf die die Parallelen auftreffen, ohne vorher die Profillinie geschnitten zu haben. Hangteile, die hinter einem Punkt liegen, an dem eine der Parallelen das Profil tangential berührt, sind beschattet. Diese Profileile wurden anschließend wieder in die Kartenebene zurückprojiziert. Verbindet man in der Karte die für alle 0,5 cm ermittelten beschatteten Profileile durch Linien, dann erhält man für den betreffenden Mittagssonnenstand die vom Bergschatten eingenommenen Flächen. Bei sämtlichen Profilen wurde dieses Verfahren für je 1° Deklination zwischen $-23,5^\circ$ (22. 12.) und -7° (3. 3. bzw. 11. 10.) durchgeführt. Da die Grenzlinien des Bergschattens für die einzelnen Deklinationen z. T. so nahe beieinanderlagen, daß sie sich berührten oder gar überdeckten, wurden immer mehrere aufeinanderfolgende Tage zu Gruppen zusammengefaßt. Die Intervalle sind nicht gleich gewählt, da der Schatten im Winter langsamer, im Frühjahr und Herbst schneller den Hang hinauf- bzw. herabwandert. Eine Beschattungsdauer von weniger als 20 Tagen bedeutet demnach: vom Zeitpunkt der Wintersonnenwende bis zu 10 Tagen zurückgerechnet ergibt den Zeitpunkt des Beginns der mittäglichen Beschattung, und bis zu 10 Tagen vorgerechnet ergibt den letzten Tag, an dem der betreffende Hang mittags noch beschattet wird.

Wie zu erwarten, schmiegen sich die beschatteten Flächen eng an die Kämme und die Trogkanten der N-exponierten Hänge (vgl. Kartenbeilage). Die N-S gerichteten Seitentäler werden zur Mittagszeit nur selten beschattet, ebenso die S-exponierten Hänge. Im Obertal werden die Mündungen der von S kommenden Seitentäler ganzjährig beschienen. Im Unterpaznaun hingegen sind sie z. T. sehr lange beschattet, da die Seitentäler des Unterpaznaun alle sehr hoch über dem Boden des Haupttales hängen. Im Bereich der Talsohle greift der Schatten von der N-exponierten Seite für kürzere oder längere Zeit auf die Sonnseite hinüber. Am weitesten reicht der Schatten des Mittagkopfes auf die S-exponierte Seite hinüber. Es ist wohl kein Zufall, daß nur am Rande dieses Schattens einige Höfe liegen. Mit Ausnahme dieser Stelle, an der die Sonnseite über die obere Siedlungsgrenze hinaus im Schatten liegt, reicht der Mittagsschatten nur etwa 50–100 m auf die andere Talseite hinauf. Im Durchschnitt ist dieser Hangstreifen 60 Tage des Jahres ohne Sonne, also etwa vom 22. November bis zum 23. Januar⁶⁾. Der Talboden wird im Mittel 80 bis

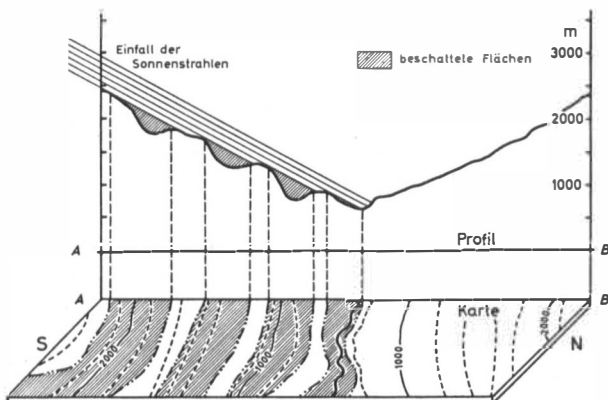


Abb. 5: Ermittlung der Flächen gleicher Beschattungsdauer

⁶⁾ Als Extremwerte für die Jachenau gibt O. GUGGENBICHLER (1956, S. 116) eine Beschattung vom 25. 11. bis 25. 2. an.

100 Tage beschattet, d. h. maximal von Anfang November bis Mitte Februar. Da das Unterpaznaun nach N umbiegt und die Höhe der umgebenden Gebirgskämme abnimmt, liegt hier der Talboden nur sehr kurz im Mittagsschatten, die Sonnenseite wird von ihm fast gar nicht berührt. Nachteilig wirkt sich hier jedoch die Beschattung in den Vor- und Nachmittagsstunden aus. Lange Beschattungszeiten von über 155 Tagen treten nur selten auf. Wir treffen sie immer dort an, wo der Hintergrund der Täler durch sehr steile Karwände abgeschirmt wird. Im Bereich des Talweges treten sie nur dann auf, wenn sich unterhalb der Trogschulter sehr große Hangneigungen befinden – z. B. Felsabbrüche – d. h. wenn eine konvexe Hangform plötzlich in eine konkave übergeht.

Der rasche Wechsel von konvexen und konkaven Hangformen ist auch dafür verantwortlich, daß die Linien gleicher Beschattungsdauer nicht überall in regelmäßiger Abfolge erscheinen, sondern daß Flächen von sehr unterschiedlicher Wertigkeit aneinandergrenzen. Theoretisch muß für jede morphographische Einheit ein eigenes Isolinien-Bild gefordert werden. Teilweise sind die Formen jedoch so klein, daß eine korrekte Darstellung im Maßstab 1 : 50 000 kartographisch nicht möglich ist. Daher fallen Beschattungslinien unterschiedlicher Wertigkeit an einigen Stellen zusammen.

VI. Skio-Isoplethen-Diagramme des Paznauntales (Diagramme zur Darstellung der jahres- und tageszeitlichen Beschattungsdauer)

Um den Tages- und Jahresgang der Besonnung bzw. der Beschattung festzuhalten, wurden im Zusammenhang mit Agrarkartierungen im Sommer 1963 etwa 100 Messungen der Besonnungs- bzw. Beschattungsdauer durchgeführt. Als Meßgerät diente das Horizontoskop von F. TONNE.

Es hat den Vorteil, daß man auf ihm recht genau und übersichtlich die Zeiten des Sonnenauf- und -untergangs für jeden Monat ablesen kann. Dem Gerät sind nur Sonnenstandsdiagramme für den 49., 51. und 53. Breitenkreis beigegeben. Das Paznauntal liegt in 47° Breite. Bei den Messungen wurde das Diagrammpapier für den 49. Breitenkreis verwendet. Der am Ort festgestellte Fehler beträgt etwa ± 10 Minuten und liegt somit im Bereich der Meßgenauigkeit des Gerätes.

Auf dem Sonnenstandsdiagramm sind die Sonnenbahnen jeweils für den 20. Tag eines Monats eingezeichnet. Die über dieses Papier gelegte gewölbte Scheibe aus durchsichtigem Kunststoff spiegelt die Horizontlinie auf das Sonnenstandsdiagramm, auf dem sich die Zeiten des Sonnenauf- bzw. -untergangs aus den Schnittpunkten der Horizontlinie mit den Sonnenbahnen ergeben. Die auf diese Weise festgestellten wirklichen Sonnenauf- und -untergangszeiten wurden später in Koordinatensysteme eingetragen, auf deren Abszissen die Monate und auf deren Ordinaten die Tagesstunden aufgetragen sind. Trägt man noch die astronomisch

möglichen Sonnenauf- und -untergangszeiten ein, so gibt die zwischen den vier oder auch zwei Isoplethen gelegene Fläche in den Skio-Isoplethen-Diagrammen die Dauer der Beschattung während eines Jahres an.

In die Beschattungskarte wurden alle Meßstellen eingetragen. Durch eine Zahl wurde gekennzeichnet, welche Beschattungsverhältnisse an dem betreffenden Ort anzutreffen sind. Ein Beispiel für jeden Beschattungstyp enthält die Legende der Beschattungskarte.

Die Ordnung und Zusammenfassung der einzelnen Skio-Isoplethen-Diagramme zu Typen (siehe Erläuterungsblatt zu Beilage IV) wurde nach folgenden Gesichtspunkten vorgenommen:

1. Unterscheidung nach der Anzahl der Monate mit gantztägiger Beschattung. Daraus ergeben sich die Typen I–IV, deren weitere Gliederung durch die maximal mögliche Besonnung am Vormittag, Mittag oder Nachmittag in den restlichen Monaten gegeben war.
2. Unterscheidung der ganzjährig zu irgendeiner Tageszeit besonnten Plätze nach der Zahl der Monate, in denen der Nachmittagsschatten den Vormittagsschatten übertrifft, wobei sich die Untergliederung durch den jahreszeitlichen Wechsel des Mehr oder Weniger der Beschattung am Vormittag oder Nachmittag ergab. Daraus sind die Typen V–IX abgeleitet⁷⁾.

Vergleicht man die im Gelände genau bestimmte Dauer des winterlichen Mittagsschattens mit den graphisch bestimmten Werten, so ergibt sich einerseits eine gute Übereinstimmung, andererseits aber auch eine erhebliche Differenz. Dies war zu erwarten. Die Genauigkeit der topographischen Karte 1 : 50 000 kann nicht so groß sein, daß aus ihr jede kleine Geländeform entnommen werden kann, die die Beschattungsverhältnisse beeinflußt.

Als Beispiel seien die Schwemmkegel, die die Seitenflüsse von S in das Haupttal vorgebaut haben, genannt (vgl. Bild 2). Ihre starke Zerschneidung bewirkt auf kleinstem Raum sehr gegensätzliche Expositions- und Höhenunterschiede, so daß die Beschattungsverhältnisse sehr rasch wechseln. Vollformen, die bei der Generalisierung der topographischen Karte nicht berücksichtigt sind, können über die auf graphischem Wege gefundene Fläche hinausragen, Hohlformen unter diese hinunterreichen. Der untere Schwemmkegel des Istanzbaches, auf dem einige Höfe von See liegen, müßte nach der Beschattungskarte durchschnittlich 60 Tage des Jahres mittags beschattet sein. Nach den Messungen trifft dies auch für die unteren Teile zu, nicht jedoch für den fast N-exponierten Abfall zum Seeboden von See, der an dieser Stelle drei Monate beschattet wird. Eine Beschattungskarte im Maßstab 1 : 50 000, in der die mittags beschatteten Flächen für jeden Tag des Jahres dargestellt wären, würde eine Genauigkeit vortäuschen, die der angewandten Methode nicht zukommt.

⁷⁾ Zur Abhängigkeit der Beschattungstypen von Talhang, Exposition und Talrichtung vgl. Erläuterungsblatt zu Beilage IV.

Bei allen Messungen wurde für jeden Monat der durch den Bergschatten bedingte Besonnungsverlust in Prozenten der astronomisch möglichen Besonnungsdauer ausgerechnet. Da für jeden Meßpunkt Exposition und Hangneigung im Gelände bestimmt wurden, war es möglich, mittels der bei SAUBERER-DIRMHORN (1958) abgedruckten Tabellen die monatlichen und jährlichen Sonnenstrahlungssummen für wolkenloses Wetter unter Berücksichtigung des Bergschattens zu berechnen. Die Zusammenfassung der Ergebnisse wurde in einem Diagramm versucht (vgl. Beilage IV), wobei eine Reduzierung der Werte auf eine mittlere Höhe von 1300 m und eine mittlere Horizontabschirmung von ca. 30° vorgenommen werden mußte. Das Diagramm erlaubt für jeden Ort des Paznaunales zwischen 1000 m und 1600 m ein ungefähres Abschätzen der Summe der möglichen Sonnenstrahlungsintensität während eines Jahres je nach Exposition und Hangneigung. Es ähnelt sehr dem von RÜHMANN (1961) nach den Berechnungen MORGENS für Trier entworfenen Diagramm. Die höheren Summen für das Paznaunale ergeben sich aus der größeren absoluten Höhenlage und dem längeren Zeitraum (1 Jahr gegenüber dem Sommerhalbjahr für Trier).

VII. Die Differenzierung der Kulturlandschaft durch Bergschatten und Exposition⁹⁾

Es ergibt sich nun die Frage: wie beeinflusst der Bergschatten das räumliche Gefüge der Kulturlandschaft, oder ist es vielmehr nur die Exposition, die eine Differenzierung hervorruft und ist der Bergschatten nur sekundär von Bedeutung? Alle bisherigen Untersuchungen, von denen oben einige genannt wurden, haben gezeigt, daß sich diese Frage nur dann beantworten läßt, wenn man Beschattung und Exposition in ihrem Zusammenreffen betrachtet.

In 27 von 32 etwa W-E gerichteten Alpentälern, die VESSEREAU (1921) untersuchte, leben 85 % der Bevölkerung auf der Sonnenseite, in 7 weiteren 90 % und in den restlichen 4 Tälern sogar 100 %. Die 11 Täler mit dem sehr geringen Bevölkerungsanteil auf der Schattseite sind durch große Enge und eine sehr hohe Lage gekennzeichnet (z. B. Queyras: Aigue Blanche, Aigue Agnelle). Es ist die Regel, daß sich der Gegensatz zwischen Sonn- und Schattseite verliert, wenn sich ein Tal weitet und sich seine absolute Höhenlage verringert. Als Beispiel nennt VESSEREAU das Rhône-tal, wo im Haut Conches 85 % der Bergbevölkerung auf der Sonnenseite leben, im Bas Conches 67,8 % und im Valais nur noch 65 %. Ähnliche Verhält-

nisse treffen wir auch im Paznaun an. Von den 3131 Einwohnern, die 1910 im Tal gezählt wurden, lebten 63,5 % auf der Sonnenseite und 36,5 % auf der Schattseite. Berücksichtigt man, daß von den Bewohnern der Schattseite allein 65 % auf das Dorf Ischgl entfallen, das auf dem großen Schwemmkegel des von S einmündenden Fimberbaches liegt, dann verringert sich der Anteil derjenigen, die die steilen schattseitigen Hänge bewohnen, auf 12,8 % der Gesamtbevölkerung. Eine weitere Beobachtung VESSEREAUS wird dadurch im Paznaun bestätigt. Die schattseitigen Siedlungen befinden sich sehr häufig auf großen Schwemmkegeln, deren Oberfläche nicht in den Bereich des Bergschattens fällt oder die zumindest weniger beschattet werden als die Hänge der Umgebung. Klammert man solche Siedlungen aus der Berechnung des Bevölkerungsanteils von Sonn- und Schattseite aus, dann zeigt sich deutlich, wie wenig Menschen auf den schattseitigen Hängen leben.

Mit den Feststellungen über die Verteilung der Bevölkerung auf Sonn- und Schattseite ist indirekt auch schon etwas über die räumliche Anordnung der Nutzflächen ausgesagt. Denn: „Abgesehen von der Rücksichtnahme auf die topographische Lage, sucht der wirtschaftende Mensch möglichst vielseitige Nutzflächen um seinen Wohnplatz zu vereinigen . . .“ (C. TROLL 1950, S. 177). Für das Hochgebirge heißt das: die Siedlungen werden nach Möglichkeit dort angelegt, wo die Mehrzahl der lebensnotwendigen Feldfrüchte ausreift. Anfangs wurde schon auf die Untersuchungen in Obergurgl u. a. hingewiesen, die gezeigt haben, daß die Strahlungssummen durch den Bergschatten erheblich gemindert werden. Beschattete Hänge haben deshalb niedrigere Bodentemperaturen als besonnte. Sie können so gering sein, daß anspruchsvolle Getreidearten auf ihnen nicht mehr gedeihen. Am deutlichsten wird dieser Zusammenhang, wenn die normalerweise begünstigte Sonnenseite durch längere Beschattung gegenüber der Schattseite benachteiligt wird.

A. GARNETT (1937) führt hierfür ein Beispiel aus dem Defereggental bei St. Leonhard an. Auf dem schattseitigen Schwemmkegel von St. Leonhard wird jedes Jahr mit Erfolg bis 1400 m hinauf Weizen angebaut. Weiter unterhalb im Tal bei Görtschach in 1250 m auf der Sonnenseite kann dagegen der Weizen nicht gedeihen, da dieser Hang zu lange beschattet wird. Von einer ähnlichen Wirkung des Bergschattens berichtet PROHASKA (1928) aus dem mittleren Gailtal. Auf den Hängen der Schattseite kann hier früher geerntet werden als auf denen der Sonnenseite, da die Sonnenscheindauer auf der S-exponierten Seite täglich durch den Bergschatten um 5–6 Stunden verkürzt wird.

Da die Strahlungsintensität im Hochgebirge weitgehend die Bodentemperatur bestimmt und daher die Differenz zwischen Lufttemperatur und

⁹⁾ vgl. zum folgenden Luftbildauswertung Unterpaznaun S. 145 ff.

Bodentemperatur mit zunehmender Meereshöhe wächst (MAURER 1916), läßt sich der Einfluß des Bergschattens etwa folgendermaßen beschreiben: In niedrigen Lagen, in denen die Differenz zwischen Luft- und Bodentemperatur nicht sehr groß ist, ist der Einfluß des Bergschattens gering. Die Bodentemperaturen sind zwar etwas herabgesetzt, aber immer noch ausreichend, um auch anspruchsvolleren Kulturpflanzen, wie z. B. Weizen, günstige Lebensbedingungen zu gewährleisten. Nur sehr wärme- und lichtbedürftige Gewächse werden solche Standorte meiden. In höheren Lagen, in denen die Differenz zwischen Boden- und Lufttemperatur größer ist, ist der Einfluß des Bergschattens von großer Bedeutung. Die Lufttemperaturen sind hier so niedrig, daß sie den ökologischen Ansprüchen vieler Kulturpflanzen nicht mehr entsprechen, wenn sie nicht durch relativ höhere Bodentemperaturen ergänzt werden. Nimmt hier der Bergschatten einen Teil der direkten Sonnenstrahlen weg, dann erlauben die niedrigen Bodentemperaturen nur noch den Anbau von sehr anspruchslosen Kulturpflanzen oder machen ihn gar ganz unmöglich. Steigen wir im Gebirge noch weiter hinauf, dann verliert der Bergschatten wieder an Bedeutung in bezug auf das Gedeihen der Kul-



Bild 1: Habigen und Neder im Paznaun (Aufn. August 1962, etwa 12 Uhr).

Die langen Schatten der Bäume und Häuser zeigen, unter welchem kleinem Winkel die Sonnenstrahlen selbst im Sommer zur Mittagszeit auf den steilen Hängen der Schattseite einfallen.



Bild 2: Paznaun, Blick von Versahl talaufwärts in Richtung Ischgl (Aufn. August 1962, etwa 17 Uhr).

Die rechts hinter den Bergen stehende Abendsonne bescheint noch die Hänge der Schattseite (links), während die Sonnseite und der Talboden bereits im Bergschatten liegen. Nicht einmal Ischgl etwa 30 m über dem Talboden auf dem Schwemmkegel im Mittelgrund wird ganz von der Sonne beschiene. Der niedrige Sonnenstand bewirkt die langen Schatten der Bäume auf der (im Bild) linken Talseite und die Beschattung der N- und NE-exponierten Hangteile. Diese Stellen erhalten die geringste direkte Sonnenstrahlung während eines Tages.

turpflanzen. Die klimatischen Verhältnisse werden dann mit zunehmender Höhe so ungünstig, daß selbst auf den sonnigsten und wärmsten Hängen Getreide und Kartoffeln nicht mehr angebaut werden können.

Dieser Einfluß des Bergschattens läßt sich auch am Beispiel des Paznaunales zeigen. Wie sich ergeben hat, ist der winterliche Mittagsschatten bei der Betrachtung eines größeren Raumes ein guter Parameter. Kleinräumige Differenzierungen, etwa auf einem Schwemmkegel oder an einem Hang, lassen sich nur mit Hilfe von Messungen des jährlichen Beschattungsganges erklären (vgl. Bild 1 und 2).

Mit Ausnahme der schattseitigen Hänge des Untertales, die nach W bzw. nach SW exponiert sind, befinden sich Getreide- und Kartoffeläcker nur auf der Sonnseite des Paznaun. Die Obergrenze des Ackerbaus wird im Obertal an der Talenge von Velzur in 1500 m hinter Mathon erreicht. Darüber hinaus werden nur noch in wenigen kleinen Gärten Kartoffeln angebaut. Diese Höhengrenze kann durch eine Vergrünlandung in den letzten Jahrzehnten kaum herabgedrückt worden sein, denn in der Chronik des Tales aus dem Jahre 1837 heißt es schon von der höher gelegenen Talweitung um Galtür: „In Galtür wächst wegen seiner Höhenlage und der kalten Winde nur an ganz besonders günstigen und sonnigen Halden ein wenig Gerste und Erdäpfel, die aber nicht jedes Jahr zur Reife gelangen.“ (Chronik 1837, S. 9.) Wintergetreide kann nur im Untertal – Grenze an der Totermannbachschlucht in 1240 m – angebaut werden, im Obertal reicht die Vegetationszeit nicht aus, um es ausreifen zu lassen. An den sonnseitigen Hängen des Unterpaznaun, die sehr hohe Strahlungsmengen erhalten, steigt der Wintergetreideanbau bis auf 1500 m an. An dem genau nach S exponierten Hang

von Langesthei wird in dieser Höhe sogar mit Erfolg Weizen angebaut. Die Bergmähder oberhalb der Waldgrenze, die für die Sonnseite so charakteristisch sind, fehlen auf der Schattseite fast ganz. 70% des Waldes bestockt die Hänge der Schattseite und nur 30% bedeckt die Sonnseite.

Abb. 6 zeigt ein schematisches Profil der Nutzungsregionen auf der Schattseite des Paznaunales. Die obere Grenze der Waldregion ist durch die Almwirtschaft herabgedrückt. Sie steigt von 1900 m am Taleingang taleinwärts bis auf 2100 m, um sich dann gegen den Talboden abzusenken, den sie bei Galtür in ca. 1700 m erreicht. Läßt man den Wald in der Mündungsschlucht und an einigen Steilhängen des Untertaes außer Betracht, dann fällt die Untergrenze der Waldregion von 1500 m sehr bald auf 1100 m ab. Zwischen dieser Grenze und dem Talboden liegt in Form eines spitzen Winkels die Acker-Wiesen-Region. Bei See biegt das Tal aus der SW-NE-Richtung nach N um. Diese Umbiegung und die Auflösung des Hanges in mehrere parallele Rippen bieten für den Ackerbau günstige Hanglagen mit südwestlicher bis südlicher Exposition. In der Feldflur zeigt sich diese Begünstigung recht deutlich an dem hohen Mohn- und Wintergetreideanteil. Diese Hangzone beginnt zwischen 1100 m und 1300 m am Taleingang und endet oberhalb von See in ca. 1100 m. Mit der Zunahme des winterlichen Mittagsschattens von 0 auf 80 Tage und der Abnahme südlicher und südwestlicher Exposition keilt diese Hangzone taleinwärts aus. Für diese warme Hangzone sind die Beschattungstypen VIII und IX charakteristisch, d. h., es ist kein Monat ohne Sonne, und der Bergschatten mindert die mögliche Sonnenscheindauer fast ausschließlich in den Vormittagsstunden.

Am Rand dieser begünstigten Hangzone und in den übrigen Teilen der Acker-Wiesen-Region treten am häufigsten die Beschattungstypen III und IV auf (siehe Erläuterungsblatt zu Beilage IV). Die lange Beschattung von 1-3 Monaten im Jahr und die z. T. sehr lange Beschattung während des Vormittags bewirken eine so große Minderung der Strahlungsmenge, daß hier der Anbau von Wintergetreide und Mohn ganz hinter dem Anbau von Kartoffeln zurücktritt. Die Grenze der geschlossenen Acker-Wiesen-Region liegt bei Labebne in 1100 m. Der Getreidenabau hat hier wegen der langen Beschattung von mehr als 120 Tagen seine klimatische Grenze auf der Schattseite erreicht. Die Bodentemperaturen sind durch den großen Strahlungsverlust (30-50%) so niedrig, daß sie den ökologischen Ansprüchen der Kulturpflanzen nicht mehr genügen.

Taleinwärts reicht der Wald fast überall bis zur Talsohle. Nur hier und da wird er durch Wiesenflächen unterbrochen, die auf den Schuttkegeln liegen. Bis hinauf nach Ischgl sind für diesen Teil der Schattseite die Beschattungstypen I und II charakteristisch. Bei Ischgl öffnet sich das Paznaun an der Einmündung des Fimbertales nach S. Für das Dorf selbst sind der Beschattungskarte sehr hohe Werte (bis zu 120 Tage) für die Dauer des

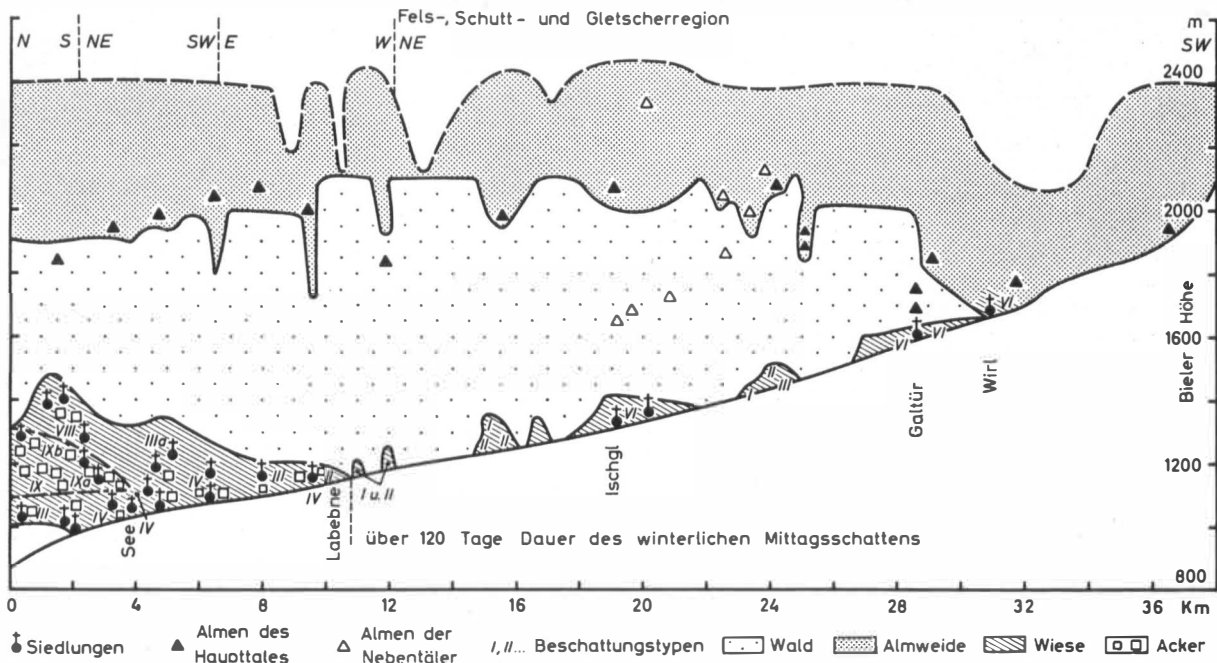


Abb. 6: Die Nutzungsregionen der Schattseite des Paznaunales (Schematisches Profil).

winterlichen Mittagsschattens zu entnehmen. Da der Ort auf einem großen Schwemmkegel liegt, dürften diese Werte zu hoch sein. Die schattseitigen Hänge in der Umgebung von Ischgl verlieren aber so viel Sonnenenergie durch den Bergschatten, daß sich hier der Getreideanbau nicht lohnt. Man findet daher auf dem Schwemmkegel und dem Talboden von Ischgl fast nur ein- und zweimähdige Wiesen. Die steilen Talhänge, die mit Sicherheit sehr lange beschattet werden, sind mit Fichtenwald bestanden, in dem mit zunehmender Höhe die Lärche häufiger wird. Die Feldflur von Ischgl liegt jenseits des Talbaches auf der Sonnseite. Für die Wahl des Siedlungsplatzes war hier die günstige topographische Lage und weniger die Dauer der Besonnung entscheidend. Weiter talauf befindet sich das Dorf Galtür in gleicher topographischer Lage. Das Haupttal ist hier durch das einmündende Jamtal bereits so weit nach S geöffnet, daß die Siedlung im Winter während der Mittagsstunden nicht mehr im Schatten liegt. Die Beschattung ist hier im Hintergrund des Tales für die Lage der Siedlung und die Anordnung der Nutzflächen nicht mehr so entscheidend, da die Bergbauern dieser Gemeinde aus klimatischen Gründen schon immer eine reine Viehwirtschaft betrieben haben.

Literatur:

- AULITZKY, H.: Die Bodentemperaturverhältnisse an einer zentralalpiner Hanglage beiderseits der Waldgrenze. Teil II und Teil III, in: Arch. f. Met., Geoph. u. Bioklimatol., Serie B, Wien 1962, S. 301–376.
- BÖHM, H.: Das Paznauntal. Die Bodennutzung eines alpinen Tales auf geländeklimatischer, agrarökologischer und sozialgeographischer Grundlage. Diss. Bonn 1965.
- BYLUND, E. und SUNDBORG, A.: Lokalklimatische Einflüsse auf die Platzwahl der Siedlungen, in: Ymer, Stockholm 1, 1952, S. 1–30.
- CANTLON, J.: Vegetation and Microclimates on North and South Slopes of Cushtunk Mountain, New Jersey, in: Ecological Monographs, Durham 1953, S. 241–270.
- DIRMHIRN, I.: Untersuchungen der Himmelsstrahlung in den Ostalpen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Höhenabhängigkeit, in: Arch. f. Met., Geoph. u. Bioklimatol., Serie B 2, Wien 1951, S. 301–346.
- DITTMAYER, H.: Rheinische Flurnamen. Bonn 1963, S. 363.
- FRENZEL, B. und FISCHER, H.: Beobachtungen zur Phänologie eines Alpentales, in: Arch. f. Met., Geoph. u. Bioklimatol., Serie B 8, Wien 1957, S. 231–256.
- FUKUI, E.: Climatic Superiority of the Middle Latitudes, in: Proceedings of IGU Regional Conference in Japan 1957. Tokyo 1959. S. 112–117.
- GARNETT, A.: Insolation, Topography, and Settlement in the Alps, in: Geographical Revue 25, 1935, S. 601–617.
- GARNETT, A.: Insolation and Relief – Their Bearing on the Human Geography of the Alpine Regions. London 1937.
- GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1961.
- GESSLER, R.: Die Stärke der unmittelbaren Sonnenbestrahlung der Erde in ihrer Abhängigkeit von der Auslage unter verschiedenen Breiten und zu verschiedenen Jahreszeiten. Abh. d. Preuß. Met. Inst. 8, Nr. 1, 1925.
- GUGGENBICHLER, O.: Die Jachenau, in: Mitteil. d. Geograph. Gesellsch. München 1956, S. 103–163.
- HEIGEL, K.: Exposition und Höhenlage in ihrer Wirkung auf die Pflanzenentwicklung, in: Met. Rundschau, 8, 1955, S. 146–148.
- HELD, J. R.: Temperatur und relative Feuchtigkeit auf Sonn- und Schattenseite in einem Alpenlängstal, in: Met. Zeitschr., 1941, S. 398–404.
- HOECK, E.: Der Einfluß der Strahlung und der Temperatur auf den Schmelzprozeß der Schneedecke. Bern 1952.
- HOFFMANN, H.: Der Einfluß von Beschattung und Schnitthäufigkeit auf die Entwicklung eines Luzernebestandes. Dissertation Bonn (Landw.) 1958.
- HUTTENLOCHER, FR.: Sonnen- und Schattenlage. Ihr Klima und ihr Einfluß in den Alpen sowie im Schwaben- und Frankenland. Erdgesch. u. landesk. Abh. aus Schwaben und Franken H. 7, Oehringen 1923.
- INNEREBNER, F.: Über den Einfluß der Exposition auf die Temperaturverhältnisse im Gebirge, in: Met. Zeitschr. 50, 1933, S. 337–346.
- KAEMPFFERT, W.: Sonnenstrahlung auf Ebene, Wand und Hang. Reichsamt für Wetterdienst. Wissensch. Abhandl. Bd. IX, Berlin 1942.
- KAEMPFFERT, W.: Die solare Hangbestrahlung, in: Wiss. Arb. d. Dtsch. Met. Dienstes im Franz. Besatzungsgeb., Trier 1947.
- KAEMPFFERT, W.: Zur Frage der Besonnung enger Straßen, in: Met. Rundschau 2, 1949.
- KAEMPFFERT, W.: Ein Phasendiagramm der Besonnung, in: Met. Rundschau, 1951, S. 141–144.
- KAEMPFFERT, W. und MORGEN, A.: Die Besonnung, in: Zeitschr. f. Met. 1952, S. 138–146.
- KERNER VON MARILAUN, F.: Die Änderung der Bodentemperatur mit der Exposition, in: Sitzungsber. d. Königl. Akad. der Wissensch. Wien, math. naturw. Klasse, 1891, S. 1–26.
- KERNER VON MARILAUN, F.: Über Wanderungen der maximalen Bodentemperatur, in: Zeitschr. d. öster. Ges. f. Met. 1871, S. 65 ff.
- LANDSBERG, H. E.: Die Verteilung der Sonnen- und Himmelsstrahlung auf der Erde, in: LANDSBERG, LIPPMANN, PAFFEN, u. TROLL, Weltkarten zur Klimakunde Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1963.
- LAUSCHER, F.: Beziehungen zwischen der Sonnenscheindauer und Sonnenstrahlungssumme für alle Zonen der Erde, in: Met. Zeitschr. 51, 1934, S. 437–449.
- LEVAINVILLE, J.: La Vallée de Barcelonnette – Notes de Géographie Humaine, in: Ann. d. Géogr., 1907, S. 223–244.
- LÖWL, F.: Siedlungsarten in den Hochalpen, in: Forsch. z. dtsh. Landes- und Volkskunde Bd. 2/6, Stuttgart 1888.
- LOUIS, H.: Der Bestrahlungsgang als Fundamentalausscheidung der geographischen Klimaunterscheidung, in: Geogr. Forsch., Festschr. z. 60. Geb. von H. Kinzl, Innsbruck 1958, Schlern-Schriften 190, S. 155–164.
- MACHAČEK, F.: Zur Klimatologie der Sonnblickgruppe, Jahresber. d. Sonnblickvereins 1899, S. 1–34.
- MAURER, J.: Bodentemperatur und Sonnenstrahlung in den Schweizer Alpen, in: Met. Zeitschr. Bd. 33, 1916, S. 193–199.
- Mariabrunn, Mitteilungen der forstlichen Bundesversuchsanstalt H. 59, Wien 1961. Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe zum Zwecke der Hochlagenaufzucht Teil I.
- PEATTIÉ, R.: La Question de l'adret et de l'ubac, in: Revue de Géogr. Alpine XVIII, 1930.
- PERL, G.: Zur Kenntnis der wahren Sonnenstrahlung in verschiedenen geographischen Breiten, in: Met. Zeitschr. 1935, S. 85–89.
- PERL, G.: Die Komponenten der Intensität der Sonnenstrahlung in verschiedenen geographischen Breiten, in: Met. Zeitschr. 1936, S. 467–472.

- PEUCKER, K.: Der Bergschatten – die Einschränkung solar-klimatischer Faktoren durch ein Bergprofil und ihre graphische Ermittlung, in: Verhandl. d. 12. Dtsch. Geographentages Jena 1897, Berlin 1897, S. 225–252.
- PROHASKA, K.: Sonnenbestrahlungsverhältnisse in Ost-West verlaufenden Tälern, in: Met. Zeitschr. 1928, S. 69.
- ROLLER, M.: Charakteristische Besonnungstypen der Ostalpenländer, in: Wetter und Leben 9, 1957, S. 96–99.
- RÜHMANN, H.: Über den Einfluß des Neigungswinkels auf die Flächen- und Ertragsverhältnisse, in: Technik u. Landwirtschaft, H. 4, 1961, S. 84–88.
- SAUBERER, F. und DIRMHORN, I.: Das Strahlungsklima, in: Klimatographie von Österreich, Österreichische Akademie der Wissenschaften. Denkschriften der Gesamtakademie, Bd. 3,1, Wien 1958, S. 13–102.
- SCHIEDLER, A.: Die Bestrahlung geneigter Flächen durch die Sonne, in: Jahrb. Zentralanst. f. Met. u. Geodyn. Wien N.F. 87, 1950, S. 52–64.
- SCHUBERT, J.: Die Sonnenstrahlung im mittleren Norddeutschland nach den Messungen in Potsdam, in: Met. Zeitschr. 1928, S. 1–16.
- SHANKS, R. E. und NORRIS, F.: Microclimatic variation in a small valley in eastern Tennessee, in: Ecology 31, 1950, S. 532–539.
- TONNE, F.: Besser Bauen. Mit Besonnungs- und Tageslichtplanung. Schorndorf 1954.
- TROLL, C.: Studien zur vergleichenden Geographie der Hochgebirge der Erde. Bericht d. 23. Hauptvers. d. Ges. d. Freunde u. Förderer d. Univ. Bonn, in: Bonner Mitteil. H. 21, 1941.
- TROLL, C.: Büßerschnee in den Hochgebirgen der Erde, in: Peterm. Mitteil. Erg. H. 240, Gotha 1942.
- TROLL, C.: Die geographische Landschaft und ihre Erforschung, in: Studium Generale, 1950, Berlin, Göttingen, Heidelberg, S. 163–181.
- TROLL, C.: Die dreidimensionale Landschaftsgliederung der Erde, in: Hermann-v.-Wissmann-Festschrift. Hrsg. v. A. Leidlmair. Tübingen 1962, S. 54–80.
- TURNER, H.: Über das Licht- und Strahlungsklima einer Hanglage der Otztaler Alpen, in: Arch. f. Met., Geoph. u. Bioklimatol., Serie B 8, 1958, S. 273–325.
- VESSEREAU, M.: L'adret et l'ubac dans les Alpes Occidentales, in: Ann. d. Géographie 1921, S. 321–333.
- ZANGERL, J. CHR.: Chronik des Paznauntales. Handschrift aus dem Pfarrarchiv in Ischgl (mit einzelnen Nachträgen), Ischgl 1837.

DIE SCILLY-INSELN

Mit 5 Abbildungen und 6 Bildern

EVA LEUZE

Summary: The Isles of Scilly

The Isles of Scilly experience a maritime climate, similar to that in parts of Chile and New Zealand, with a low annual range of temperature.

Due to this flowers can be grown and harvested in winter, when they sell at a high price in the big cities of England.

To protect the delicate daffodils from Atlantic gales, high evergreen windbreaks are grown around the fields – mainly of plants from the southern hemisphere, such as *Pittosporum*, *Euonymus*, *Veronica*, and *Escallonia*. The effect of the climate, especially the wind, on the vegetation of the islands is dealt with.

Over 90% of the population used to be engaged in the flower trade as their only means of living. During recent years the tourist industry has become more and more important, claiming labour that is needed on the flower farms.

Young people leave their homes to have their secondary education in boarding schools on the mainland. This means that most of them will never return to their homes, having trained for professions for which there are no opportunities in the islands.

Shortage of labour and bad flower seasons will encourage many farmers to take in visitors during the summer, to the detriment of the flower industry. Communications have altered greatly. Tourism has invaded the shores of these islands; it might have the effect of superseding the still flourishing 80 year old flower trade – a new change in the ever changing economy of the islands. This is characteristic of all marginal areas, where life is hard and people have to adapt themselves to circumstances in order to find the best way of gaining a living.

Die Scilly-Inseln liegen 45 km SW Land's End, der Südwestspitze Englands, im Atlantik (49° 55'N, 6°20'W). Es ist eine Gruppe von fünf be-

wohnten Inseln, mehr als hundert Felseilanden und zahllosen Klippen (Abb. 1). Geologisch liegen die Inseln im Bereich des Armorikanischen Massivs; sie bestehen ganz aus Granit und stehen in genetischem Zusammenhang mit den vier Granitmassiven der Halbinsel von Devon und Cornwall, deren größtes und höchstgelegenes Dartmoor ist.

Natur der Inseln

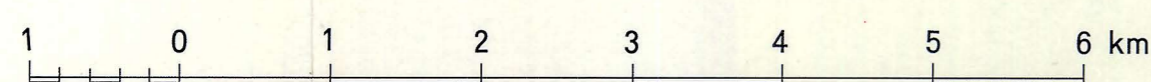
Das Relief der größeren Inseln ist flachwellig mit sanften Kuppen und marinen Terrassen. Der höchste Punkt, 50 m, liegt auf St. Mary's. Sanftgeschwungene, vielfach sandige Buchten, ein genetischer hoher Granitsockel oder Kliffs mit phantastischen Felsformen, die durch die Struktur des Granits bedingt sind, bilden die Küste. Dünen gibt es im Süden und Osten der Insel Tresco. Die gesamte Fläche der Inseln beträgt nur 16,4 km². St. Mary's hat daran einen Anteil von etwa 6 km². Die anderen bewohnten Inseln sind der Größe nach Tresco, St. Martin's, Bryher und St. Agnes mit Gugh. Samson ist die größte der heute unbewohnten Inseln.

Die kleineren Inseln sind sehr vielgestaltig. Manche sind flache Granitbuckel und ragen nur wenige Meter über den Meeresspiegel. Andere sehen aus wie große Geröllhaufen. Gelegentlich sind sie durch Sandbänke miteinander verbunden, die bei Ebbe trockenliegen. Einige Felseilande sind hohe, unzugängliche Klippen. Dazu gehört Scilly Rock im Nordwesten, der dem Archipel seinen

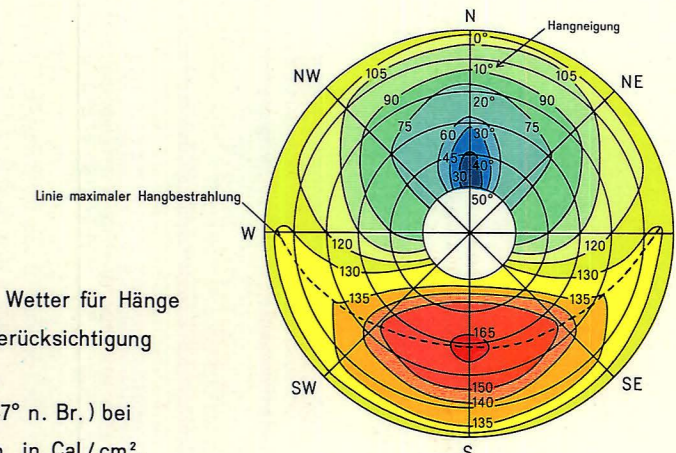
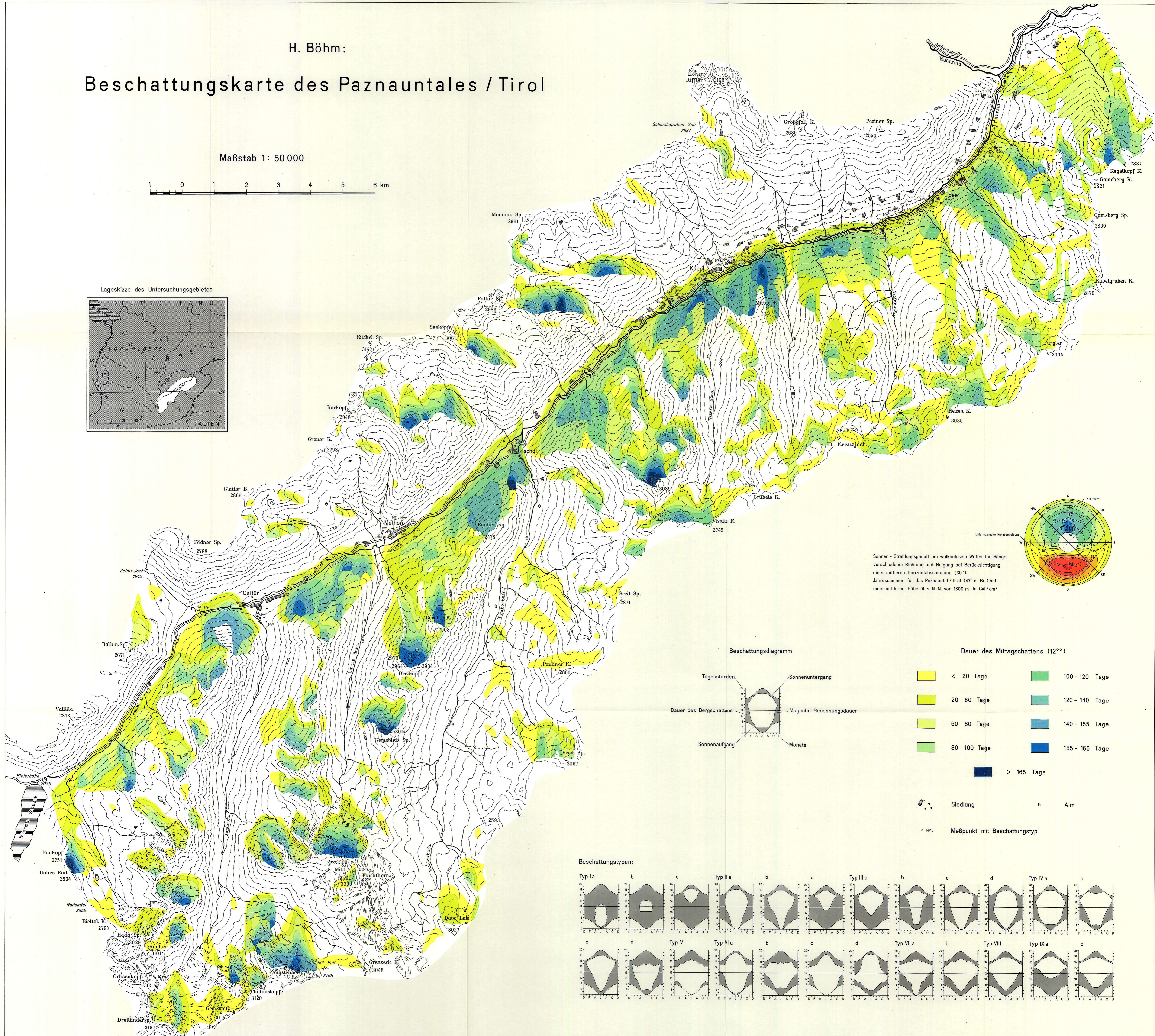
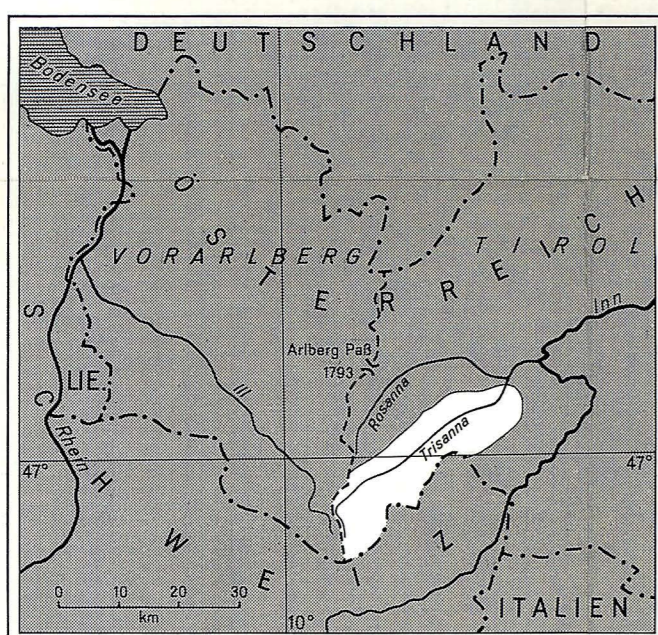
H. Böhm:

Beschattungskarte des Paznaunales / Tirol

Maßstab 1: 50 000

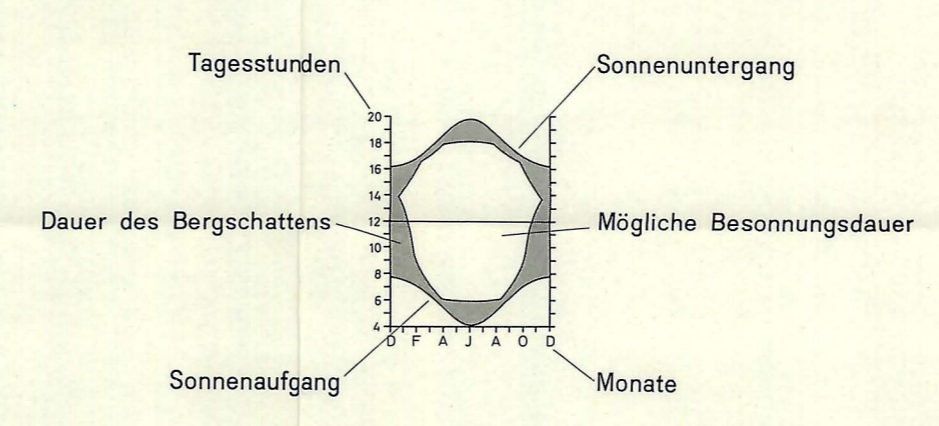


Lageskizze des Untersuchungsgebietes



Sonnen-Strahlungsgewiß bei wolkenlosem Wetter für Hänge verschiedener Richtung und Neigung bei Berücksichtigung einer mittleren Horizontabschirmung (30°).
Jahressummen für das Paznauntal / Tirol (47° n. Br.) bei einer mittleren Höhe über N. N. von 1300 m in Cal/cm².

Beschattungsdiagramm

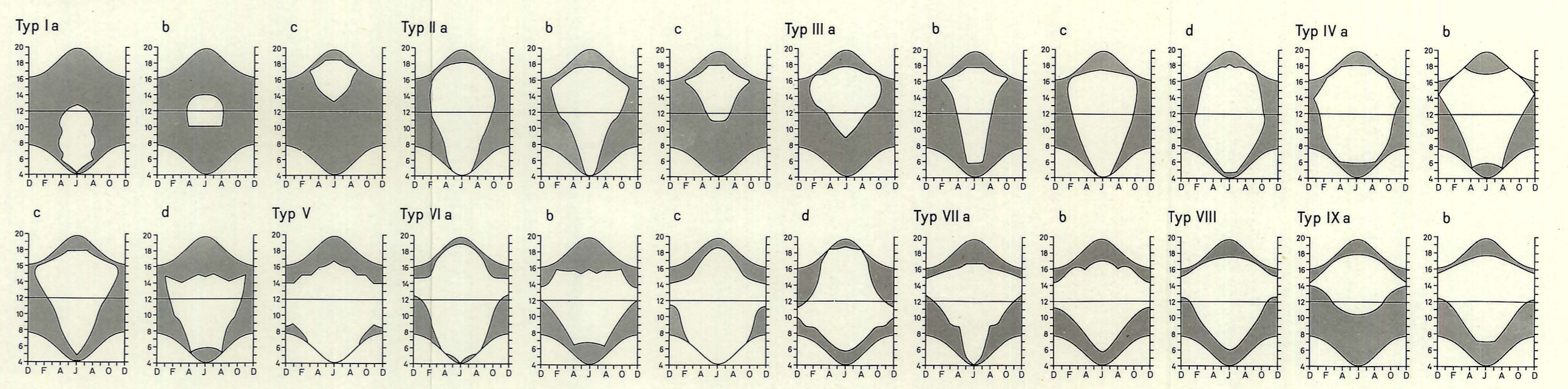


Dauer des Mittagsschattens (12°)

	< 20 Tage		100 - 120 Tage
	20 - 60 Tage		120 - 140 Tage
	60 - 80 Tage		140 - 155 Tage
	80 - 100 Tage		155 - 165 Tage
	> 165 Tage		

Siedlung Alm
 Meßpunkt mit Beschattungstyp

Beschattungstypen:



DIE BESCHATTUNGSTYPEN DES
PAZNAUNTALES

Erläuterungen zu den Diagrammen der Beschattungskarte
des Paznauntales

Typ I

5–7 Monate des Jahres ohne Sonne
Die in den übrigen Monaten mögliche Besonnung

- a) fast nur vormittags – nachmittags fast ohne Sonne
- b) gleichmäßig vormittags und nachmittags – aber in beiden Tageshälften große Beschattung
- c) nur nachmittags Sonne – vormittags ständig Schatten

Typ II

3–5 Monate des Jahres ohne Sonne
Die in den übrigen Monaten mögliche Besonnung

- a) etwa gleichmäßig vormittags und nachmittags
- b) überwiegend nachmittags – vormittags nur im Hochsommer lange Besonnung
- c) überwiegend nachmittags – vormittags fast keine Besonnung

Typ III

1–3 Monate des Jahres ohne Sonne
Die in den übrigen Monaten mögliche Besonnung

- a) vorwiegend nachmittags
- b) etwa gleichmäßig vormittags und nachmittags – mit einem Minimum der Beschattung im Frühjahr und im Herbst am späten Nachmittag
- c) etwa gleichmäßig vormittags und nachmittags – mit einem Minimum der Beschattung im Frühjahr und im Herbst am Mittag und frühen Nachmittag
- d) etwa gleichmäßig vormittags und nachmittags – mit einem Minimum der Beschattung im Frühjahr und im Herbst am späten Vormittag

Typ IV

0–1 Monat des Jahres ohne Sonne
Die in den übrigen Monaten mögliche Besonnung

- a) etwa gleichmäßig vormittags und nachmittags – mit einem Minimum der Beschattung im Herbst bis Frühjahr, und zwar am Mittag bis frühen Nachmittag
- b) vormittags von April bis August mehr Sonne als nachmittags, im Frühjahr und im Herbst nachmittags mehr Sonne als vormittags – mit einem Minimum der Beschattung am frühen Nachmittag
- c) vormittags von Mai bis Juli mehr Sonne als nachmittags, in den übrigen Monaten lange Beschattung am Vormittag – mit einem Minimum der Beschattung am späten Nachmittag
- d) überwiegend vormittags, nur im Winter nachmittags – mit einem Minimum der Beschattung am frühen Nachmittag

Typ V

Kein Monat ohne Sonne
Beschattung nachmittags immer größer als vormittags

Typ VI

Kein Monat ohne Sonne
Beschattung nachmittags größer als vormittags in mehr als 5 Monaten

- a) vom Herbst bis zum Frühjahr Beschattung vom Vormittag bis zum frühen Nachmittag – im Sommer Beschattung nachmittags erheblich größer als vormittags
- b) vom Herbst bis zum Frühjahr Beschattung vom Vormittag bis Mittag – im Sommer Beschattung nachmittags größer als vormittags
- c) vom Herbst bis zum Frühjahr Beschattung vormittags etwas größer als nachmittags – im Sommer Beschattung nachmittags erheblich größer als vormittags
- d) vom Herbst bis zum Frühjahr Beschattung nachmittags größer als vormittags – im Sommer Beschattung vormittags größer als nachmittags

Typ VII

Kein Monat ohne Sonne
Beschattung nachmittags größer als vormittags in 2–5 Monaten

- a) im Sommer Beschattung nachmittags erheblich größer als vormittags – vom Herbst bis zum Frühjahr vormittags ganz beschattet, im Winter Sonne erst am frühen Nachmittag
- b) im Sommer Beschattung nachmittags erheblich größer als vormittags – vom Herbst bis zum Frühjahr Beschattung vormittags größer als nachmittags, im Winter vormittags höchstens bis zum Mittag beschattet

Typ VIII

Kein Monat ohne Sonne
Beschattung nachmittags höchstens in 2 Sommermonaten größer als vormittags

Typ IX

Kein Monat ohne Sonne
Beschattung vormittags ständig größer als nachmittags

- a) vormittags während des ganzen Jahres sehr lange Beschattung
- b) Beschattung im Sommer vormittags und nachmittags etwa gleichmäßig

Abhängigkeit der Beschattungstypen von Talhang, Exposition und Talrichtung

Typ	Talhang	Exposition	Talrichtung
I a	Schattseite	Nord	W-E
b	Schattseite	Nord	SW-NE
c	Schattseite	Nord	SW-NE
II a	Schattseite oder Talboden	fast eben	SW-NE
b	Schattseite oder Sonnseite	eben	SSW-NNE
c	Schattseite	S	SW-NE
		N	SSW-NNE
III a	Schattseite	N	SSW-NNE
b	Schattseite	fast eben → NW) SSW-NNE
	Sonnseite	eben → E	
c	Schattseite	eben bis NW	SW-NE
d	Sonnseite	SE	SSW-NNE
	Schattseite	W	SW-NE
IV a	Schattseite	E	SW-NE
	Sonnseite	eben	SW-NE
b	Schattseite	eben	SSW-NNE
	Sonnseite	SE	SW-NE
c	Schattseite	W) SSW-NNE
	Sonnseite	eben → S	
d	Schattseite	NW	SSW-NNE
	Sonnseite	S	SSW-NNE
V	Sonnseite	E	S-N
VI a	Schattseite	Talboden	SSW-NNE
b	Sonnseite	S	SW-NE
	Sonnseite	S	SW-NE
c	Sonnseite	S	SW-NE
	Sonnseite	E	S-N
d	Schattseite	NW	W-E
Typ	Talhang	Exposition	Talrichtung
VII a	Sonnseite	eben → SE	SW-NE
b	Schattseite	eben	SSW-NNE
	Sonnseite	S	SW-NE
VIII	Schattseite	W	S-N
	Sonnseite	SE	SW-NE
IX a	Schattseite	W	SSW-NNE
	Sonnseite	SE	SW-NE
b	Schattseite	SW	SSW-NNE