

# Zur Wertung des Hochgebirges

Von Sieghard M o r a w e t z.

Die Frage „was versteht man unter Hochgebirge“ kann recht verschieden beantwortet werden. Eine knappe Definition dieses so häufig gebrauchten Ausdruckes sucht man vergebens. Von den in der Landschaft wesentlichen Erscheinungen ausgehend, läßt sich nach geomorphologisch-orographischen, klimatischen, pflanzengeographischen oder auch siedlungs-wirtschaftsgeographischen Gesichtspunkten eine Betrachtung anbahnen, die dann bei beachtlichen Höhenunterschieden zu Stockwerkgliederungen und gürtelförmigen Anordnungen der Erscheinungen führt, deren gemeinsame oder unterschiedliche Züge wieder zu weiteren Vergleichen anregen. T r o l l (1941) bemühte sich, vor allem das Wesen der Hochgebirgsnatur in den verschiedenen Breiten der Erde zu erfassen und er betont die klimatische Gegensätzlichkeit der Hochgebirge, von der so stark die Verschiedenheit der Böden, des Pflanzenkleides, der Fauna und auch der Siedlungs- und Wirtschaftsformen bestimmt wird. Er zeigt sehr eindringlich, wie verschieden der Wärmegang in den tropischen Hochgebirgen im Vergleich zu dem jahreszeitlichen in den gemäßigten und hohen Breiten verläuft. In den Hochlagen der Tropen gibt es tägliche Temperaturschwankungen von 40–50 Grad, während sie in den Alpen in ähnlicher Höhe kaum ein Drittel davon erreichen. In den Subtropen um 30 Grad Breite ist dagegen die Strahlung am stärksten und erlangt auf der Südhalbkugel zur Zeit des Südsommers bei gleichzeitiger Sonnennähe die allerhöchsten Werte, die die der Nordhalbkugel um 5–7% übertreffen. In den subtropischen Breitenlagen kommt den Expositionsverhältnissen ab und zu noch größere Bedeutung als in den höheren Breiten zu und extreme Steppe und üppigen Wald findet man je nach Sonnen- oder Schattenlage auf engem Raum nebeneinander. Unter dem Äquator schwinden dagegen die Gegensätze zwischen Nord- und Südseite infolge des einmal nördlichen, dann wieder südlichen Sonnenstandes und an die Stelle des N-S-Gegensatzes tritt ein solcher zwischen Ost- und Westseite, wo die Ostseite die strahlungsbegünstigte ist. Dort wird in den Morgen- und Vormittagstunden die Sonneneinstrahlung durch Wolken noch wenig gehindert, während auf der Westseite, wohin die Sonne erst nachmittags gelangt, oft eine Wolkendecke die Einstrahlung schwächt. In der Hochzone der Tropen konnte T r o l l (1944) im subnivalen Klimabereich eine optimale Ausbildung von Strukturböden feststellen, die infolge der thermischen Tageszeiten zustande kamen, Strukturböden, die an Regelmäßigkeit die der polaren Region noch

übertreffen, aber viel kleiner bleiben. Hier lassen sich klimatische Verwandtschaften zwischen dem tropischen Hochgebirge und der kühl-ozeanischen Subantarktis feststellen.

Es sei daran erinnert, was für vielseitige Beziehungen sich aus der Landschaftsgürtel- und Landschaftstypeneinteilung *Passarges* auch für die Gebirge ergeben und wie sehr *Passarge* Klima und Vegetation in den Vordergrund stellt. Der Klimaeinfluß ist es, der immer wieder so stark die Formen bestimmt und er drückt dem Gebirge seinen maßgeblichen Stempel auf. So finden sich, wie *Machatschek* ausführt, in ariden Klimagebieten häufig trotz großer relativer Höhen nur Mittelgebirgsformen, während man in höheren Breiten und im humiden Bereich echte Hochgebirgsformen schon bei verhältnismäßig geringen Höhenunterschieden vor sich hat. *Penck* betonte in seiner Morphologie der Erdoberfläche, wie sehr die Hochgebirge mit der Höhe, also mit dem Klima, ihren landschaftlichen Charakter wechseln. *Penck* spricht da von Wald-, Matten- oder Alpen-, Schutt-, Fels- und Eisgebirge, zum Teil recht klimatischen Bezeichnungen. *Krebs* erinnerte in seinem letzten großen Werk, wie in Hochgebirgen in mittlerer Breite Anklänge an die polare Region zu finden sind, wie ein klimabedingter Formenschatz in Nivationsmulden und auf anderen flächenhaft bearbeiteten Hängen entsteht und dort plumpe Formen vorherrschen, denen benachbart zugeschärfte gegenüberstehen und man beachtliche Gegensätze auf kleinem Raum antrifft. *Krebs* unterstreicht die Tatsache, daß Formen, die in den Tropen erst in 4000–5000 m Höhe sich einstellen, auf den Lofoten vom Meeresspiegel an sich finden. Er hält den so oft gebrauchten Ausdruck Hochgebirge aber für wenig glücklich und zeigt, daß die Höhe allein über den Gebirgstypus gar nichts auszusagen braucht. In der analytischen Geomorphologie, in der die Vorgänge und Formen behandelt werden, kommt der Ausdruck Hochgebirge kaum vor und auch in der systematischen Geomorphologie geht *Mauß* am Ende seines Werkes von den Zentralerhebungsgebirgen aus, schreitet bis zu den Landstufengebirgen fort und erwähnt nur, daß diese sowohl als Mittel- wie Hochgebirge ausgebildet sein können.

Auf alle Fälle müssen verschiedene Gegebenheiten zusammenwirken, damit der Hochgebirgseindruck zustande kommt, wie beachtliche Höhenunterschiede, steile Hangneigungen, also eine erhebliche Reliefenergie, und es muß ein glazialer Formenschatz vorhanden sein. Vor allem im Gebirge der gemäßigten Zone, wo die Vegetation hoch hinauf reicht, sind geschlossene Auftragungen über der Waldgrenze nötig. Der Grat der Nacktheit ist hier viel mehr als in der Trocken- oder Polarzone eine Funktion des steilen Reliefs. Sie hängt aber auch stark vom Gestein und der Art der Verwitterung ab. So erzeugt eine im Gebirge häufige Frostverwitterung besonders grobblockiges Material, das sich vegetationsfeindlich verhält. Außer dem Grobmaterial meidet der Pflanzenwuchs aber auch zu bewegliches Feinmaterial, das man auf vielen griesigen Halden findet. Dolomit und feinblät-

terige Schiefer liefern reichlich solches Material; dazu kommt, daß schräg gelagerter Feinschutt ein so beachtliches Ableitungsvermögen hat, daß auch sehr feuchte Gebirge an solchen Stellen zu den petrographischen Trockengebieten gehören. Es soll darum nicht nur nach dem Grad der Steilheit, sondern auch nach der Nacktheit eine Sturung des Hochgebirges für Teile der Ostalpen versucht werden.

Man erinnere sich, wie erheblich der Unterschied des Fels- und Schuttanteils zwischen den Nördlichen und Südlichen Kalkalpen und den Schieferalpen in ähnlicher Höhe ist. Man denke an die Grate, Wände und Schutthalden im Wilden Kaiser, den Leoganger Steinbergen oder im Gesäuse, alles Gruppen mit Höhen zwischen 2000 bis 2400 m und dann an die Kitzbüheler Alpen oder den südöstlichen Teil der Niederen Tauern oder die Gurktaler Alpen, wo ebenfalls zahlreiche Gipfel zwischen 2000–2400 m Höhe zu treffen sind, aber diesmal milde Schneiden, ja Rücken, Kuppen und bescheidene Karlinge mit hoch hinauf begrüneten Hängen und stark bewachsenen Schutthalden bestimmend sind. In den Plateaustöcken der Nördlichen Kalkalpen trifft man in 2200–2400 m Höhe schon sehr viel nackten Fels und Schutt, während das Schlernplateau in 2300 bis 2500 m eine weitgehend geschlossene und staunend glatte Rasendecke besitzt, die sich mit einem geländegängigen Wagen befahren ließe. Gerade solch glatte Plateauflächen oder andere noch gut erhaltene alte Landoberflächen, sei es die Raxlandschaft oder ein wenig zerlegtes Firnfeldniveau dämpfen, ja unterbinden den Hochgebirgscharakter, besonders dann, wenn ein Blick in die Taleinschnitte und über die Plateauränder in die Tiefe durch Talnebel verwehrt ist. Man sieht dann wirklich nichts, was Hochgebirgseindruck macht.

Allein durch feinere Unterschiede des Baumaterials und seine Lagerung können benachbarte gleich hohe Gruppen doch sehr unterschiedlich wirken. Man denke an den durch das Val Lasties und Mesdi gekerbten, aus gebankten Kalken bestehenden Sellastock mit seinen Plateauformen zwischen 2800–2950 m, der plumpen Boekuppe (3152 m) und den durch Bänder reichgegliederten Wandgürtel und andererseits an die westlich des Sellajoches liegende Langkofelgruppe (3178 m), wo es im Riffkalk nur Grate, Türme, Kanten und Wände gibt. In den westlichen Julischen Alpen ziehen im Kalk zwischen 1700–2100 m bereits Grate, scharfe Schneiden, Scharten und Runden so wie große nackte Schutthalden den Blick auf sich, während in gleicher Höhe in den Schieferserien der westlich benachbarten Karnischen Bergwelt zwischen den Tagliamentoquelltlälern noch recht weiche, begrünte Formen auftreten.

Für den Hochgebirgseindruck ist die Talanordnung, ob fiederförmige oder stockförmige Gliederung, ob Symmetrie oder Asymmetrie der Talflanken herrscht, nicht gleichgültig. Durch Asymmetrie der Täler kann so etwas wie ein einseitiger Hochgebirgseindruck auf der Steilseite zustande kommen. Eine zentripetale Entwässerung und stockförmige Gliederung wird mehr zentrale dominierende Erhebungen aufweisen, als man sie bei fiederförmigen Gliederungen findet,

wo öfters die höchsten Gipfel in den Seitenkämmen liegen. Wichtigkeit für das Landschaftsbild besitzt der Stockwerkbau. Ein zu regelmäßiger Stockwerkbau mit allseitig breiten, gut erhaltenen Talböden und erst wenigen Einrissen, die ohne Unterbrechung von den höchsten zu den tiefsten Niveaus ziehen, wirkt vor allem bei mäßig hohen Stockwerken mindernd auf den Hochgebirgseindruck ein.

Hat man die Schneegrenze erreicht, wandelt sich die Landschaft durch die Verfirnung aller nicht zu steilen Hänge schlagartig. Nun fehlt der Pflanzenwuchs vollständig, aber auch im steilen Schutt- und Felsgelände erreicht die Ödheit und Leerheit ein sehr hohes Maß und wird dort zum Höchstmaß, wo Firn und Gletschereis gerade erst wegschmolzen. Was hier den so betonten Hochgebirgscharakter hervorruft, sind nicht so sehr steile Neigungen oder gar sehr beachtliche Reliefenergien — solche braucht es bei hochgelegenen lokalen Erosionsbasen überhaupt nicht mehr zu geben —, sondern ein entsprechender Zusammenklang von Firn, Eis, Fels und Schutt. Wo diese Fels-, Schutt- und Firnzone nur als oberstes, krönendes Glied über reichem Kulturland, Wäldern und Almen auftritt, wird sie selbst ohne auffallende Reliefformen trotzdem von beachtlicher Wirkung sein.

Durch die Talabstände und Höhendifferenz Talsohle — Kamm ist die Hangneigung bestimmt, wenn man reines Schneidenstadium annimmt. Allerdings darf man es sich bei einer genetischen Betrachtung, hier kommt es allerdings auf die formal orometrische an, nicht zu leicht machen. Sicher wurden viele Talabstände seit früher Zeit vererbt, aber es sind auch Fälle denkbar, wo zuerst ein dichteres Talnetz, besonders an kleinen Tälchen, vorhanden war und es erst im Laufe der weiteren Entwicklung zu einem Talausfall kam. Talzunahme entsteht bei einem ringförmig wachsenden Areal des Hebungsgebietes, wo sich neue Täler zwischen die ersten, im Zentrum wurzelnden, einschieben müssen. Nun fällt auf, daß Neigungen zwischen 20–35° innerhalb der Alpen sowohl bei verhältnismäßig geringen Reliefenergien, als bei hohen um 2000 m, und bei den höchsten westalpinen Beträgen um 3000 m regelmäßig auftreten. Immer wieder stößt man zum Beispiel in den Niederen Tauern auf Hangneigungen um 30°, die von den Talsohlen zwischen 800–1500 m auf Höhen von 1800–2500 m hinaufführen; ebenso in den Hohen Tauern, wo dagegen bereits Höhenunterschiede von 2000 und mehr Metern bestehen (Ferleitner-, Kaprunertal-, Wiesbachhorn). In den Walliser Alpen, so von der Matternvisp zum Weißhorn oder Dom hat man an dreitausend und etwas über dreitausend Höhenmeter zu überwinden und damit die höchsten Reliefenergiebeträge der Alpen erreicht; die Neigungen liegen ebenfalls um 30°. Neigungen von weit über 30° oder gar 40° sind bei Höhenunterschieden von vielen hundert oder gar 1000–2000 m nicht mehr allgemein und kommen im Bereich der Talflanken, sieht man von petrographisch besonders widerständigen Gesteinsserien ab, nur an Stellen vor, wo Nebenkämme und Kanten plötzlich herabziehen oder auffällige Prallstellen sich ent-

wickelten. Sie fehlen bei Höhenunterschieden von 2000–3000 m in den Alpen ganz. Selbst im Industal, einer Gegend höchster Reliefenergie, sind sie nicht häufig. So beträgt im Bereich der Rakhiotbrücke die Durchschnittsneigung zwischen 1100–4000 m Höhe knapp 30° und an der Südostflanke des Nanga Parbat vom Rupatal (3000 bis 3700 m) zu den Kämmen (6000–8000 m) sind es meist auch um 30°. Man sieht, ein wesentliches Überschreiten der westalpinen Neigungen bei Höhenunterschieden von 3000 Metern und etwas mehr tritt auch dort nicht ein.

Neigungen, die über 45° ausmachen, sehen in voller Draufsicht bereits sehr steil aus und der Alpinist spricht schon von Wänden, wenn es sich um Fels handelt. Die bekannten ostalpinen Wände haben Neigungen um 60° und bloß wenige ganz steile um 70° bei Höhenunterschieden von noch nicht 1000 Metern. Im Vergleich zu den vielen Quadratkilometern an Hangflächen machen die Areale der wirklichen Wandpartien selbst in Hochgebirgsgruppen nur einen recht geringen Prozentsatz aus.

Name	Beginn der Wand m	Kamm- höhe m	Wand- höhe m	Neigung
Dachstein Südwand	2300	2993	693	70° 30'
Laliderer (Karwendel)	1800	2615	815	69
Laurin (Rosengarten)	2300	2800	500	66
Langkofel (Ostwand)	2400	3081	681	65
Kleine Halt (Wilder Kaiser)	1500	2118	618	64
Totenkirchl	1600	2193	593	64
Marmolata Südwand	2500	3259	759	62
Planspitze Nordwand (Gesäuse)	1520	2120	600	56
Watzmann Ostwand	1100	2713	1613	54
Matterhorn Nordflanke	2500	4500	2000	43
Monte Rosa Ostflanke	2340	4638	2298	36
Nanga Parbat Südostflanke	3600	8125	4525	40

Wie schnell sich die Neigungen mit dem Abstand von Wand und Kamm ändern, belegen folgende Zahlen bekannter Bergsichten: Lauterbrunnental – Jungfrau 4.4 km 35°; Ferleiten – Wiesbachhorn 3.7 km 31.5°; Chamonixtal – Mont Blanc 7.0 km 28°; Zermatt – Matterhorn 8.2 km 19.5°; Zermatt – Monte Rosa 13 km 13°; Zeller See – Kitzsteinhorn 16.2 km 8.5°; Pasterze SW-Seite – Großglockner 1.7 km 37°; Franz-Josef-Haus – Großglockner 4.8 km 16°; Heiligenblut – Großglockner 11.9 km 12°; Rakhiotbrücke Industal – Nanga Parbat 28 km 14°; 3000 m hoher Kamm aus 50 km Entfernung 3.5°.

Daß in den verschiedensten Gebirgsgruppen recht ähnliche Hangneigungen auftreten, hat über den Bauplan und das Gestein hinausgehend sicher allgemeine Gründe, die in den Erosionsvorgängen zu suchen sind. Mit eine Ursache des so häufigen Auftretens von Hangneigungen von 25–35° mag in der Haldenentwicklung liegen. Halden bedeuten einen Schutz für den Untergrund, die unmittelbare Niveauexposition ist dort nicht vorhanden, Frost und Sonneneinstrahlung vermögen den festen Fels nicht ohne weiteres zu erreichen. Nun halten sich in Gebieten mit beachtlichen Erosionsvorgängen nur recht großblockige und aus scharfkantigem Schutt

bestehende Halden bis zu den steilen Neigungen frei geschütteter Böschungen, während viele Halden schon bei geringeren Neigungen auffallend beweglich werden, so daß Werte gegen  $35^\circ$  Neigung auf Großhalden schon selten sind. Man hat hier bei vorhandenem Felsgerüst das Grenzgebiet zwischen schuttbedecktem und schutfreiem Gelände erreicht. Ein Wesenszug der hohen Gebirge ist ja das Abwechseln von schutfreien und schuttbedeckten Gebieten und oft stoßen diese Zonen mit deutlichem Knick zusammen. Für die Hangentwicklung ist es nicht bedeutungslos, ob Niveauexposition herrscht oder Schuttmantelschutz besteht.

Sind einerseits die steilen Hangneigungen nur streckenweise vorhanden — Neigungen von  $35^\circ$  bei Reliefenergien von 1000 bis 3000 m stellen einen Grenzwert dar —, so trifft man andererseits mäßige Neigungen unter  $15^\circ$  auch nur mehr in Teilen der Talflanken. Bei einer Neigung von  $35^\circ$  und 1000 m Reliefenergie beträgt der Talabstand 2800 m, bei 2000 m steigt er auf 5700 m an und bei 3000 m Höhendifferenz macht er 8600 m aus. Ist die Neigung nur  $15^\circ$ , macht aber der Höhenunterschied 3000 m aus, so muß der Talabstand schon auf 22 Kilometer zunehmen. So große Abstände der Seitentäler kommen in den Alpen nicht mehr vor und Talabstände von 15–16 Kilometern, die noch eine Reliefenergie von 3000 m bei  $20^\circ$  oder eine solche von 2000 m bei  $15^\circ$  Neigung ermöglichen, sind im alpinen Raum schon selten. Meist bewegen sich die Talabstände zwischen wenigen bis knapp einem Dutzend Kilometern. Nicht unwichtig ist es, sich zu erinnern, daß bei Zunahme der Neigung von rund  $20^\circ$  auf  $36^\circ$  die Basis halb so breit wird. Läßt man jedoch die Basis gleich, so kann man durch diese Verteilung Raum für Böden und Tälchen gewinnen (bei einer Kammhöhe von 1000 m lassen sich 1.4 km, bei 2000 m 2.8 und bei 3000 m 4.2 km einlegen). Man kennt ja jene Talflanken, die in ihrem untersten Teil steil dem Talboden entsteigen, dann flacher werden und gegen den Kamm wieder an Neigung zunehmen. Wo kurze, fast horizontal verlaufende Seitenfirse vom Kamm gegen das Tal abzweigen, wird dann von dort in fast ungeknickter Steilkante der Talboden erreicht, während man daneben über Stufen und Böden den Talboden gewinnt. Mißt man über die Böden und über den Seitenfirst bis zum Kamm, ergibt sich die gleiche Durchschnittsneigung. Dieser Wechsel von steileren und weniger steilen Partien setzt sich in immer verkleinertem Ausmaß in die Seiten- und Subseitenkämme mit wiederkehrenden ganz ähnlichen Hangneigungen fort. Ja es kann so etwas wie eine Monotonie der Hänge und Kämme entstehen. Da die Hangneigungen oft sehr ähnlich, ja gleich sind, ist bei der Einstufung verhältnismäßig viel Gewicht auf den Fels- und Schuttanteil zu legen. Dort, wo 50% des Areals der Fels- und Schuttanteil 10–25% ausmacht mit II und wo er unter 10% sinkt mit III bezeichnet werden.

Blickt man von Gemona im nördlichsten Teil der Obervenezianischen Ebene gegen das Gebirge, steigen östlich des Tagliamento

Mt. Chiampon (1709 m) und dahinter Mt. Plauris (1959 m) ohne Vorberge auf, während westlich Mt. Corno (1478 m), Mt. Facit (1617 m) und Simeone (1506 m), letzterer so recht im Winkel des Tagliamento knies, unvermittelt sich erheben. Schon nördlich des Tagliamento ragt der Mt. Amariana (1906 m) auf. Er bewacht bei Stazione della Carnia das Tal, wo sich die Torrenten von Fella und Tagliamento zu einem zwei Kilometer breiten Schotterbett vereinen. Diese Berghöhen entsprechen manchen Kämmen des Ostalpenrandes, auch die Talsohlen unterscheiden sich wenig von denen der Drau im Marburg-Pettauer Feld, aber die Berghänge sind steiler (für 1000 bis 1500 m Höhenunterschied  $24^{\circ}$ – $32^{\circ}$  gegen  $16^{\circ}$ – $17^{\circ}$  bei 800–900 m) und glatter, und die Zeugen eines Stockwerkbaues fehlen an vielen Hängen ganz oder bleiben auf ein Minimum beschränkt. Die Höhen sind Kämmе, Schneiden und schon Grate, wenn es sich nicht, wie beim Simeone und Amariana, um Einzelgipfel handelt. So weist der Plauris–Musi-Zug (15 km lang, mittlere Kammhöhe 1700 m) auf einer Strecke von neun Kilometern sehr scharfe Schneiden auf und die Fels-Schuttregion nimmt 39% (über 30 km<sup>2</sup>) ein. Verbunden damit ist eine naturbedingte Kahlheit weiter Hangpartien, die der Mensch durch Beseitigung des Waldes noch erhöhte. Die Grenze Ebene–Gebirge ist eine recht scharfe und einzig die großen Schutt-Schwemmkegel stellen eine gewisse Vermittlung zwischen der Ebene und den Bergflanken her. So steigt der Schwemmkegel von Gemona auf vier Kilometer von 200 auf 540 m (Neigung  $4^{\circ}$ – $5^{\circ}$ ) an. Hier hat man trotz bescheidenen absoluten Höhen, die nirgends die klimatische Waldgrenze überschreiten, bereits ein sehr hohes Maß an Schneiden, Fels und Schutt erreicht, wie es im Kristallin nicht einmal 500 bis 1000 m höher überall vorhanden ist. Auch die relative Höhe weist mit Werten von 1500–1700 m Beträge auf, die in den 1000 m höheren Niederen Tauern nirgends und in den Hohen Tauern auch nicht mehr in allen Tälern vorkommen.

Greift man höhere Teile der Julischen Alpen, zum Beispiel die Montasch-Wischberggruppe (Montasch 2752 m) heraus, so wächst die Reliefenergie von 1500 auf 2200 m an und der Wand-, Fels- und Schuttgürtel macht 50% (37 km<sup>2</sup>) aus. Bei einer Entfernung Fellatal–Seebachtal von 20 km Luftlinie beanspruchen die Hauptgrate allein 26 km und die Neigung ins Tal hinab hält sich selbst bei 1500 bis 1800 m Höhenunterschied um  $30^{\circ}$ . Längere richtige Kämmе kommen überhaupt nicht vor.

Sehr ähnliche Verhältnisse trifft man in den Karnischen Alpen im Abschnitt zwischen Plöcken- (1362 m) und Wolayer-Paß (1987 m) mit Kellerwand (2760 m) und Coglians (2772 m), wo die Fels- und Schuttzone überwiegt, und der Weg auf der Höhe fast nur über Grate führt und die Neigungen bis ins Tal zwischen  $24^{\circ}$ – $45^{\circ}$  liegen. Etwas weiter östlich, wo Kalke und Schiefer stärker abwechseln, schalten sich Kämmе und Rücken ein. Im Gebiet zwischen Rattendorfer Alm und Gartnerkofel (2195 m) machen die scharfen Kämmе bis Grate bloß die Hälfte aus und die Wände, Felsrippen und Schutt-

partien bedecken nicht mehr als 6–7 km<sup>2</sup>, was einem Zehntel des Areal gleichkommt. Etwas südlich der Kellerwand, von der Forcella di Moreret an bis zur Linie Comeglians–Paluzza, in der Crostisgruppe, bietet sich ein anderes, nämlich weiches Landschaftsbild mit Neigungen dar, die auf der Südseite nur etwas über 20° hinaus gehen. Die Erhebungen erreichen 2000–2251 m, aber jeder Grat fehlt in den hier auftretenden Karbonschiefern und metamorphen Eruptiven. Es gibt nur Rücken und Käme und anstatt Wänden stellt sich längs schmaler Streifen, wo die Schichtköpfe anstehen, schrofiges Gelände mit 30° Neigung ein. Das nackte Schutt- und Felsareal geht auf 4 bis 5% zurück. Ein wesentlich anderes Aussehen bietet die westlich benachbarte Cimone-Hinterkärlspitz-Gruppe (2417–2487 m) südlich Sappada (Bladen), wo zackige Grate überwiegen und die Hangneigung für 800–1000 Höhenmeter auf 35°–45° ansteigt und gegen 40% des Areal vom Fels beansprucht wird. Im Mt. Rinaldo (2471 m) unmittelbar vor dem Hauptkamm, erreicht der Felsanteil sogar 45%, und von Gratturm geht es zu Gratturm.

Zum Vergleich noch einige andere Gebiete. Der zentrale Stock der Dolomiten, die Sella (Boespitze 3152 m), die durch die vier Pässe Grödnerjoch, Campolungo, Pordoi- und Sellajoch von den umliegenden Gruppen getrennt wird, weist mehr als die Hälfte Fels- und Schuttgelände auf, während die auf breiterem Sockel auflagernde und weniger massive Langkofelgruppe (Grohmannspitze 3111 m, Langkofel 3178 m) sich mit 25% Felsareal begnügt, obwohl die Einzelberge imposanter sind als die höchsten Erhebungen auf dem Sella-plateau. Von ähnlicher Größenordnung wie in der Langkofelgruppe ist der Grat-, Wand- und Schuttanteil in den Loferer Steinbergen (22%). Im Wilden Kaiser beläuft sich das schwer betretbare Felsgebiet auf 8–10 km<sup>2</sup> bei einer Gesamtfläche von 90 km<sup>2</sup>. Im Gesäuse beanspruchen die Wände, Grate und nackten Steilhänge eine Basisfläche von rund 20 km<sup>2</sup> bei 140 km<sup>2</sup> der Gesamtgruppe, das sind knapp 14%. Dem Beschauer bieten sich die Wände aber viel eindrucksvoller dar als es dem geringen Basisanteil entspricht. So ergibt ein Wandgürtel von 800 m Höhe, wie er dort hinzieht, bei einer Neigung von 60° eine Wandflucht von 2500 m. Vom Sparafeld (2245 m) über den Admonter Reichenstein (2247 m) in das Johnsbachtal und hinauf zum Ödstein (2355 m) und weiter zum Hochtor (2365 m) ziehen fast nur schärfste Grate und zur Überkletterung der in Luftlinie nur acht Kilometer langen Strecke braucht man zwei Tage. Das Verhältnis der Grate : Schneiden beträgt im Gesäuse, beschränkt auf die Hauptfirstlinie, 12 : 22 km. Es überwiegen da noch lange nicht die Grate wie im Wilden Kaiser, wo man nur wenige Kammstücke findet.

Recht bescheiden präsentieren sich trotz ähnlicher Höhen wie im Wilden Kaiser und im Gesäuse die Kitzbüheler Schieferalpen. Zwischen Zell am See und Brechhornkamm westlich vom Paß Thurn findet man innerhalb 800 km<sup>2</sup> kaum 10 km<sup>2</sup> Fels- und Schuttpartien. Der Pinzgauer Spazierweg weist zwischen der Schmittenhöhe und

dem Schellerberg ob Paß Thurn bei 24 km Kammlänge und Höhen bis 2366 m meist Almrücken und bescheidene Kämme auf. Allein um den Gaisstein (2366 m), dem höchsten Berg, dominiert auf 1–2 km<sup>2</sup> die Fels- und Schuttentwicklung. Die Durchschnittsneigungen zum Salzachtal liegen um 14°. Ähnlich milde Formen kennzeichnen die Gurktaler Alpen trotz Höhen von 2000–2400 m. Auf der Wasserscheide zwischen Mur- und Draugebiet schreitet man vom Katschberg bis zur Turracher Höhe auf einer Strecke von 45 km nur 5–6 km über schärfere Schneiden, zackige Grate fehlen ganz, dagegen ermöglichen breite Rücken (Blutige Alm, Gmeinnock 2187 m, Geipahöhe 2154 m) eine Beweidung bis ganz hinauf. Weiter im Osten, östlich vom Neumarktersattel, bietet der Zirbitzkogel (2397 m, Kammlänge bis zum Klippitztörl 29 km) nur auf 3.5 km Länge Schneiden, die allein durch die Verteilung der ostseitigen Kare zustande kamen.

In den höchsten Teilen der Niederen Tauern überwiegen dort, wo widerstandsfähige Gneise und härtere Schiefer anstehen, Schneiden und steile Kämme; es gibt richtige Grate. Vom Kieseck (2678 m) über die Wildstelle (2746 m) zum Pleschnitzinken (2111 m) klettert man bei zehn Kilometer langer Kammentwicklung acht Kilometer über scharfe Schneiden und Grate. Andere Kämme wieder, wie der vom Giglachsee über den Kammspitz (2402 m) zur Hochwurzen (1852 m) knapp über dem Ennstal bei Schladming, haben meist Rückenform (Verhältnis Rücken : Schneiden 9 : 2.5 km). Im Ostteil der Niederen Tauern schrumpft selbst in den höchsten Teilen das schwer betretbare Areal auf wenige Quadratkilometer zusammen. Der Kamm vom Gr. Schober (1895 m) ob Wald über das Geierhaupt (2418 m) zum Hochreichart (2416 m) und Seckauer Zinken (2398 m) bis Maria-Schnee (1861 m) mißt 26 km; davon sind 3–4 km Grate, 10 km Schneiden, sonst hat man Blockgipfel und Rücken unter den Füßen. Die regelrechte Felsregion macht nirgends über 10% aus. Von ähnlicher Art, aber doch hochgebirgiger, sind die dem Tauernhauptkamm im Süden vorgelagerten Gruppen. So weist das Defreggengebirge zwischen Defreggen- und Drautal mit höchsten Bergen von 2950 m zwar auch nur um 10% Fels- und Schuttgelände auf, aber der 45 km lange Kamm vom Stallersattel (2052 m) bis zum Hochstein ob Lienz setzt sich schon zum überwiegenden Teil aus scharfen Kämmen und Graten zusammen, wo nur acht Kilometer auf sanftere Verschneidungen entfallen. Die Reliefenergie steigt nahe der Isel auf fast 2000 m an und viele Hangneigungen halten sich über 1500 Höhenmetern um 30°.

In der Venediger-Glocknergruppe steigert sich das Hochgebirge auf Grund der bis tausend Meter größeren Höhen eindrucksvoll. Nackter Fels und GrobSchutt überzieht immer weitere Hangpartien und die Vergletscherung wird für den Landschaftseindruck der zentralen Teile maßgeblich. Auf der vom Alpenverein 1938 herausgegebenen Venedigerkarte beträgt das Gletscherareal (über 130 km<sup>2</sup>) ein gutes Viertel des Kartenblattes; auf Eis, Fels und Schutt zusammen entfällt mehr als die Hälfte. Im Hauptkamm von der Birnlucke

(2669 m) bis zum Felber Tauern (2481 m) entfallen auf Grate 10 km, die gleiche Länge auf Firnschneiden und bloß 9 km auf Kämme. Bequem begehbare Rücken sind eine Ausnahme. Wo in der Hochzone das Relief nicht besonders steil ist, ummantelt es dafür Firn und Eis. Im zentralen Teil der Glocknergruppe (Umgrenzung: Kalser Tauern 2513 m – Stiegenlahner – Kaprunertörl 2639 m – Moserboden – Wielingerscharte 3265 m – Ferleital – Untere Pfandlscharte 2663 m – Pfandlschartenbach – Möll – Leitertal – Bergertörl 2642 m – Ködnitztal – Dorfertal – Kalser Tauern) macht die Vergletscherung 61% aus. Firnschneiden und Grate bestimmen die Berggestalten. Die verhältnismäßig milden Formen des obersten Pasterzenbodens schwächen infolge ihrer Verfirnung den Hochgebirgsindruck nicht ab, sondern ergänzen ihn nach der Seite der Firnmulden und Firnkuppen. Nicht so sehr eine Dominanz von steilen Neigungen, sondern eine Kombination von Firnmulden, Eis, Fels und Schutt und einzelner eindrucksvoller Berggestalten rufen da den so großartigen Hochgebirgscharakter hervor. Bei zahlreichen Hängen wird durch die Abwechslung von Firn, Eis und Fels, was Farbe und Landschaftseindruck anbelangt, eine gewaltige Wirkungssteigerung erzielt. Würde man den Glockner seines Firnmantels und seines beachtlichen Eisstromes berauben, wäre er zwar nicht weniger steil und hoch und noch immer eindrucksvoll, aber ein Berg in einer öden Schutt- und Felswüste und seine heutigen Bewunderer würden sich enttäuscht von ihm abwenden. Der Großvenediger böte ohne seinen vielgestaltigen Firn- und Eispanzer, vor allem von Südosten, öde Schutt- und Felsflächen und somit Flanken ohne wesentliche Reize.

Von den eben erwähnten Bergen gehört der zentrale Teil der Glockner- und Venedigergruppe, trotz noch vorhandener Flachformen, sowie die Wischberg- und Sellagruppe und Teile der Karnischen Alpen dem Hochgebirge I an. Vergleicht man die Höhen, so ergibt sich, daß in den Kalkalpen der Hochgebirgsgrad I sich bereits 500–1000 m tiefer einstellt. Das Hochgebirge II, wie man es in den höchsten Teilen der Niederen Tauern und den dem Tauernhauptkamm im Süden vorgelagerten Gruppen, im Gesäuse, dem Wilden Kaiser und den niederen Teilen der Julischen und Karnischen Alpen findet, stellt schon eine beträchtliche Minderung des Hochgebirges dar. Auch hier wird dieser Grad gesteinsbedingt im Kalk schon in 1800–2200 m Höhe erreicht, während in den weniger widerstandsfähigen Schiefeln und Gneisen noch um 2400 m Höhe aufland weiche Formen herrschen. Kitzbüheler und Gurktaler Alpen, Teile der Niederen Tauern und der Zirbitzkogelzug legen davon Zeugnis ab. Bilden Grate und Felswände zwar eine geschlossene, aber nur schmale Höhenregion, die über einem breiten Unterbau aufragt, so kann ihr Anteil nicht mehr allzu hoch sein. Selbst in Gruppen, die als hochalpine Schaustücke gelten und großartige Felszenen bieten, wie die Langkofelgruppe, ist der Fels- und Schuttanteil im Vergleich zum breiten sanfteren Sockel nicht übermäßig groß. Da eine Wertung zu treffen, scheut man sich, und es ist besser,

statt einer Einstufung einfach den Felsanteil anzugeben. Recht deutlich spiegelt sich der Gegensatz in der Formenwelt zwischen Kalk- und Kristallingebirge gerade an der unteren Grenze des Hochgebirges wider. In letzterem ist der Anteil von Fels und Schutt in 2000 m Höhe bereits gering. Im Kalkgebirge wieder täuschen nackte Gesteinspartien in mäßiger Höhe, die die Blicke fesseln, besonders wenn ein geschlossener scharfer Kamm oder Grat oder ein Wandgürtel vorhanden ist, einen größeren Felsanteil vor als er der Wirklichkeit entspricht. Beim Hochgebirgsgrad III, aber auch noch bei Grad II vermögen, wie Modellversuche zeigen, prozentuell verhältnismäßig kleine Materialwegnahmen oder -zugaben aus noch sanften Rücken scharfe Kämme und Grate und umgekehrt aus Graten sanfte Rücken zu machen und es ändert sich damit auch der Fels- und Schuttanteil oft merklich.

Es liegt nahe, mit Hilfe der Reliefenergie und Hangneigung allein eine Einstufung des Hochgebirges vorzunehmen und beispielsweise zu sagen, bei 1000 m relativen Höhen und Hangneigungen von 30° und mehr hat man es mit einem Hochgebirge I. Ordnung zu tun. Dieser Wert von tausend Metern Reliefenergie und 30° Neigung wird manchem gar nicht besonders hoch und in Erinnerung an zahlreiche kleine, aber sehr steile Wändchen auch nicht recht steil vorkommen, aber bei seiner Zugrundelegung schieden schon die allermeisten Kämme und Berge der Ostalpen und sehr viele der Westalpen aus oder wären nur einseitiges Hochgebirge I. Ordnung. So hat der Hofmannsgletscher in der Glocknergruppe eine Neigung, die unter 30° liegt und der Großglockner wäre nur mit dem Abfall zur Pasterze, aber nicht mit dem auf der Tiroler Seite hierher zu zählen. Im ganzen inneren Teil der Venedigergruppe gibt es keine Hänge, die 1000 m Höhenunterschied und zugleich Neigungen von 30° oder mehr aufweisen. Erst am Rand der Gruppe, nach Windisch-Matrei hin, treten solche Werte auf. Besser schneidet der Wiesbachhorn — Hohe-Tenn-Kamm ab, da dort für 2–3 km den hier verlangten Anforderungen entsprochen wird. In den Zillertalern erreichen einige Schneiden zwischen den Gründen, aber nicht im Hauptkamm, die gewünschten Werte. In den Niederen Tauern sind es nur ganz kurze Kammstücke und wenige Berge, die die Bedingungen erfüllen. In den Dolomiten gehören auch nur Einzelberge und randliche Grate hierher. Im Berner Oberland bringen es Jungfrau und Mönch nur zu einer einseitigen Entsprechung. Die Hänge nach den Firmulden im Süden und Osten sind aber zu sanft. Der Monte Rosa ist auf seiner Westseite zum Gornergletscher schon zu flach. Verhältnismäßig häufig erzielen die Karwendelketten die gewünschten Höhenunterschiede und Neigungen, ebenso liegen die Verhältnisse im Wilden Kaiser. Die Tiefe der Täler bewirkt dies. Im Gesäuse dagegen sind es nur die Grate um den Ödstein und zwischen Admonter Reichstein und Sparafeld, die beiderseitig und nicht nur zur Enns, so steil und tief abbrechen. In vielen Gruppen erhält man überhaupt kein Areal, das den hier verlangten Forderungen entspricht, und selbst in

den so bekannten Hochgebirgsgruppen, wie den Berner Alpen und den Wallisern, bleibt es klein und ist kaum zusammenhängend.

In den höchsten Gebirgen der Erde, im Himalaya und Karakorum, werden diese Beträge allerdings zur Regel, so im Kamm vom Nanga Parbat zum Chongra Peak, wo nur die flachsten Teile der Rakhiofirnmulde als geringer geneigt ausscheiden. Dafür erreicht in den Süd- und Südostflanken die Reliefenergie 3000–4500 m bei Neigungen von über 40°. Aber auch in diesem reliefenergiestärksten Gebirge gibt es in der Hochzone Neigungen, die unter 20° herabgehen, wie zwischen dem Silbersattel und dem Vorgipfel des Nanga Parbat, der obersten Mulde des Rakhiofgletschers und den Hängen östlich vom Gr. Chongra Peak. Selbst hier ist es nicht möglich, für Kammlängen von vielen Kilometern Kamm- und Gipfelaufbauten mit Neigungen von über 11 mehr als 30° auszusondern.

In Gebirgen mit vorwiegendem Steilrelief schaffen große Gletscherströme, die mehrere hundert Meter dick sind, besonders dort, wo Seitengletscher einmünden, auffallend weite Flachgebiete. Eine solche Stelle ist der Konkordiaplatz auf dem Aletschgletscher, der seine Weite der 500 m mächtigen Eisbedeckung verdankt und wo es auf einem Areal von 10–12 km<sup>2</sup> keinen größeren Höhenunterschied als 100–200 m gibt. Im oberen Teil des Fedtschenkogletschers, wo der Hochanimas- und der Butkoffskygletscher zusammenströmen, kann man vom Abdulkagor-Paß (5058 m) nach NO acht Kilometer zurücklegen, ohne mehr als 110 m an- oder abzusteigen, und im obersten Firngebiet läßt sich vom Jasgulem-Paß (5430 m) im Westen über sechs Kilometer nach Osten ohne nennenswerten Höhenverlust in die große Firnmulde unter dem Pick der Revolution wandern. Hier findet man um 5000 m Höhe geschlossene Areale von 15–30 km<sup>2</sup>, die keinen wesentlichen Höhenunterschied aufweisen. Nun hat der Fedtschenkogletscher eine Breite von meist 2.5 km und die rahmenden Talflanken weisen Neigungen von 35°–45° auf. Da die Gletscherdicke in den oberen Teilen um 500 m beträgt, so bedeutet dies, daß die Talsohlenbreite bei einer Hangneigung von 35° gegenüber der Oberflächenweite nicht einmal mehr die Hälfte ausmacht und bei einer Neigung von 20° blieb überhaupt für eine solche kein Platz mehr übrig. Dies Beispiel zeigt recht deutlich, wie stark eine Gletschereinlagerung den Landschaftseindruck selbst im steilsten Hochgebirge ändern kann.

#### Schriftenverzeichnis:

- Krebs, N.: Vergleichende Länderkunde, Stuttgart 1951, S. 69.  
Machatschek, Fr.: Geomorphologie, Leipzig 1934, S. 73.  
Mauil, O.: Geomorphologie, Wien 1938, S. 421.  
Passarge, S.: Vergleichende Landschaftskunde, Berlin 1921–1924. 1–4.  
Penck, A.: Morphologie der Erdoberfläche, Bd. 2, Stuttgart 1894, S. 336.  
Troll, C.: Studien zur vergleichenden Geographie der Hochgebirge der Erde. Ber. d. 23. Hauptvers. d. Ges. v. Freunden u. Förderern d. Rhein. Friedr. Wilh. Univers. Bonn, 1941, S. 49–96.  
— Strukturboden, Solifluktion und Frostklimata der Erde. Geol. Rdsch., 34., 1944. 7/8, S. 600–613 (Klimaheft).

Prof. Dr. Sieghard Morawetz, Graz, Universität.