

VERÄNDERUNGEN DER PFLANZENWELT IM GEBIRGE DURCH FREMDENERKEHR UND BERGSTEIGEN

Alfred Ringler

Die Alpen sind unangefochtener Spitzenreiter des Gebirgstourismus - ungeachtet der Erschließungen in den Anden und Rocky Mountains, in Skandinavien und Schottland, in den Karpaten, im Kaukasus, in der Sierra Nevada, im Ural und in vielen anderen Gebirgen.

In den Alpen verteilten sich 1975 12 Millionen Skifahrer auf 10 491 Seilbahnen. Allein Österreich betreibt ein Fünftel aller Seilbahnen der Welt!

Vor diesem Hintergrund verblässen die 1978 etwa 10 000 Himalaya-Trecker, die dort alljährlich 11,5 ha des dringend benötigten Boden- und Wasserschutzwaldes in ihren Lagerfeuern verheizen (SÜDD. ZTG. v. 17.8.81). Dort gehören noch alle Gipfel den Göttern und einigen europäischen Sahibs; von welchem Alpengipfel ließe sich das heute noch behaupten?

Die Übernachtungszahl Österreichs stieg von 1956 auf 1976 um etwa 75 Millionen auf 105 Millionen. Der "durchschnittliche" Sommergast benutzt Seilbahnen 1,65 mal, der Wintergast 8 - 10 mal häufiger (PHILIPP 1974). Auf jeden Skitouristen entfallen durchschnittlich 7 - 10 Schleppliftfahrten im Nahbereich des Übernachtungsortes (ÖIR 1978).

Dieser Ansturm auf die verletzlichen Ökosysteme der Hoch- und Steillagen richtet sich im Sommer vor allem auf die Gipfel- und Kammbereiche, im Winter auf die Hänge und Bergflanken. Im Gegensatz zur Tierwelt hat die Pflanzenwelt keine Fluchtmöglichkeiten. Sämtliche touristischen Aktivitäten lassen sich an ihr ablesen. Unter besonderer Berücksichtigung der bayerischen Alpen sei hierüber berichtet.

* * *

Inhalt

1. *Tourismus im alpinen Ökosystem*
2. *Zur Quantifizierung der touristischen Belastungsimpulse*
 - 2.1 *Stoffaustausch*
 - 2.2 *Energieaustausch*
 - 2.3 *Flächenentzug*
3. *Zeitliche Entwicklung der Belastungsimpulse*
 - 3.1 *Langzeitentwicklung des alpinen Tourismus*
 - 3.2 *Kurzzeitschwankungen im alpinen Tourismus*
4. *Räumliche Struktur des Gebirgstourismus*
5. *Tourismus als Standortfaktor für die Vegetation*
 - 5.1 *Standortsverhältnisse auf Tritt- und Aufenthaltsflächen*
 - 5.2 *Standortsverhältnisse auf Schliefflächen*
 - 5.3 *Standortsverhältnisse auf Planierungsflächen*
 - 5.4 *Standortsverhältnisse auf Eutrophierungsflächen*
6. *Veränderungen in der Pflanzendecke*
 - 6.1 *Reaktionen der einzelnen Pflanze*
 - 6.2 *Reaktionsabfolge der Vegetation*
 - 6.3 *Zur Belastbarkeit unterschiedlicher alpiner Standorte*

Schlußbemerkung

Literaturauswahl

Abbildung 1: Energie- und Stoffströme im Gebirgstourismus

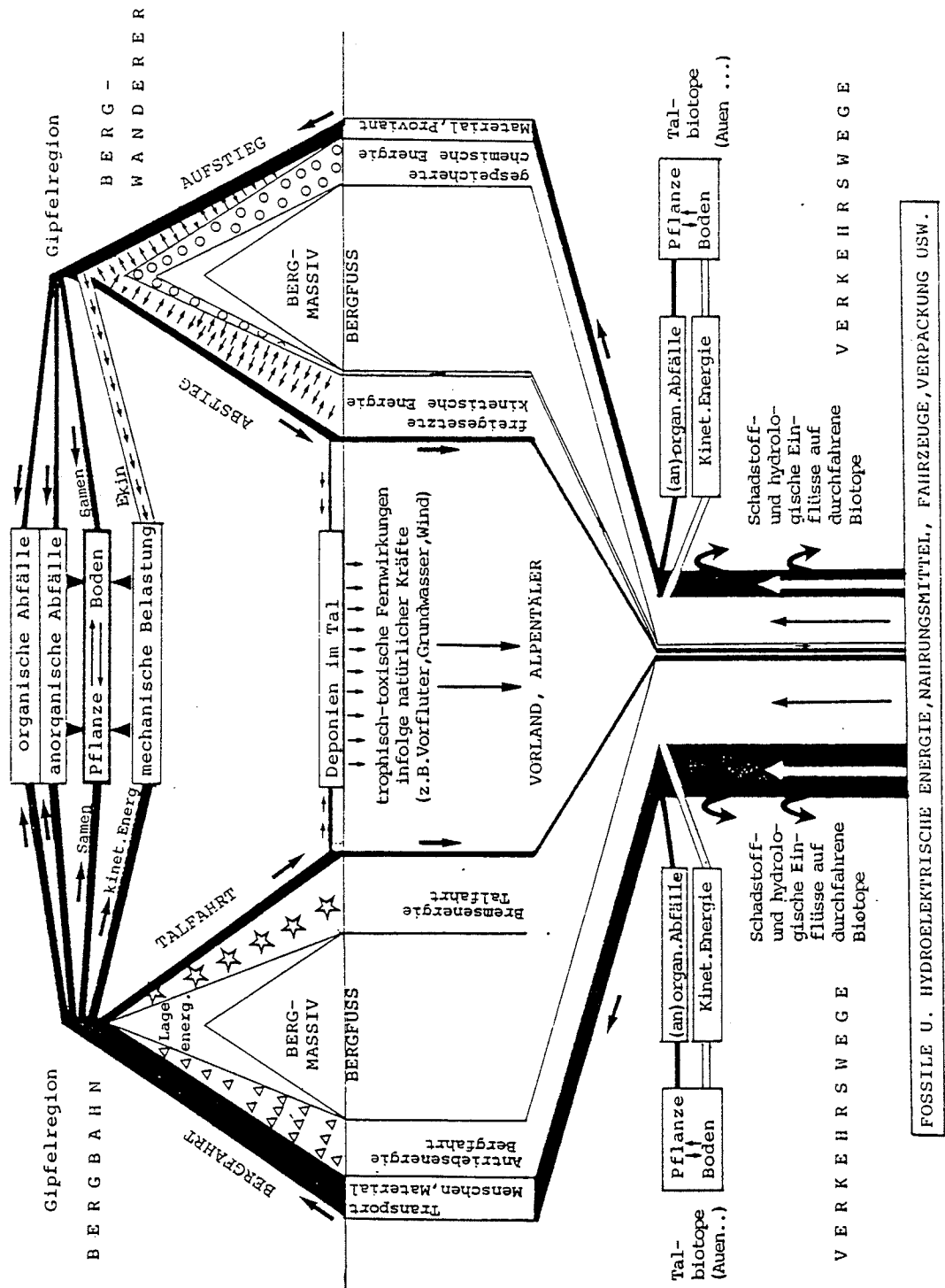
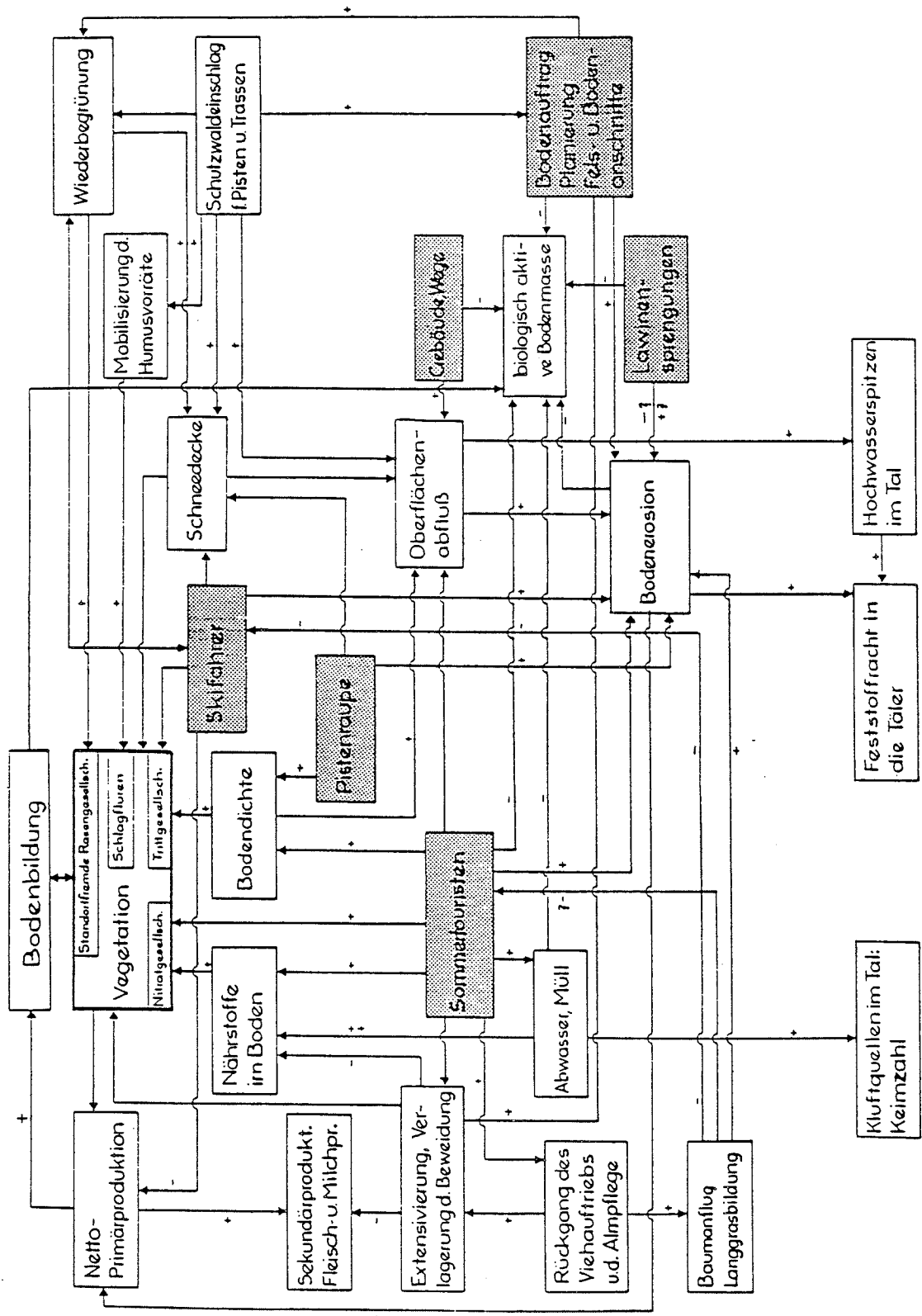


Abbildung 3: Grobstruktur der vom alpinen Tourismus ausgehenden Einflüsse (ergänzt nach RINGLER 1976)



f Pistenpflege → Standort → Vegetation

20 - 50 g/m² Schneefestiger von Hinrichs reichen für 30 ha Präparierung (CERNUSCA 1977)

Düngungsempfehlung für Pistenbegrünung: 40 - 80 kg/ha Jahr; auf dolomitischer Unterlage zusätzlich 70 kg P₂O₅ u. 120 kg K₂O (REG. v. OBB. 1980)

Düngungsempfehlung nach Schneeschmelze: 30 g/m² Volldünger (REG. v. OBB. 1980)

Auf das System Pflanze - Boden wirken auf der gedüngten und gepflegten Piste folgende Moleküle bzw. Ionen: CaCl₂, NaCl, (NH₄)₂SO₄, Nitrophoska, P₂O₅ und Phosphate, K₂O, Hydraulik- und Schmierflüssigkeiten (Pistenwalze, Erdbaugeräte usw.), Proteine und Fette aus Proviantresten.

2.1.2 Gesamt-Input ("Black box-Belastung")

Die verfügbaren Daten erlauben im allgemeinen keine genaue Lokalisierung der touristischen Stoffflüsse. Immerhin läßt sich die Größenordnung der Zuflüsse in die "black box" der Gebirgslandschaft oder eines Bergstockes mit Beispielen illustrieren.

a/c Anlagen → Standort/Vegetation

Jährl. Müllanfall der Jamtalhütte/Silvretta: ca. 4 t (SÜDDT. ZEITG. 18.8.80)

225 Mio. Gästeübernachtungen im Alpenraum (DANZ 1979) entsprechen 2 925 t N und 427,5 t P, die größtenteils über Klär- und Absetzanlagen an alpine Gewässerökosysteme abgegeben werden.

b/d Touristen/Bergwanderer → Standort/Vegetation

Ca. 60 Mio. Tagesausflüge/Jahr im Alpenraum, bestritten von rund 3 Mio. Gästen und 2 Mio. Naherholern aus dem Alpenumfeld (DANZ 1979), hinzu kommen 30 % Naherholer von insgesamt etwa 7 Mio. Einwohnern des Alpenraumes.

Gästeübernachtungen 1972/73 in den bayer. Alpen	:	25 312 000
im Gebiet Arge Alp	:	113 077 000
		(DANZ 1979)

Insgesamt rd. 12 Mio. Schifahrer besuchen den Alpenraum.

Fallbeispiel Königssee: ca. 850 000 Personen besuchen alljährlich die Gast- und Unterkunftshäuser im Einzugsgebiet, allein 667 092 die beiden Jausenstationen Bartholomä und Salet (SIEBECK 1982). Das ufernahe Nährstoffdepot wächst jährlich um 533,6 kg P und 2,9 t N. Würde der jährl. touristische P-Eintrag ins Einzugsgebiet voll in den See eingewaschen, so würden damit 53,4 t organ. Substanz (Plankton) produziert, deren Abbau mit 80 t/Jahr O₂ am Sauerstoffvorrat dieses meromiktischen (umtauscharmen) Gebirgssees zehren würde (SIEBECK 1982).

Fallbeispiel Nationalpark Berchtesgaden: Die Frequentierung der 4 Zugangskorridore Jenner, Königssee, Wimbach- und Hirschbichtal wurde zu insgesamt 81 000 Besucherstunden/km in der Vegetationsperiode ermittelt (KARAMERIS 1982). Die in den 4 Zielgebieten ermittelten 250 000 Jahresbesucher ergeben eine NP-Gesamtdichte von 12,5 Bes./ha/Jahr.

Ganz andere Dimensionen besitzen die großen Schistationen der Westalpen. Z.B. kann das Liftsystem Trois Valles mit seinen 300 km Gesamtpistenlänge stündlich 72 330 Personen befördern.

2.2 Energieaustausch im Gefolge des Gebirgstourismus

2.2.1 "Wirkungsquanten"

a/c Anlagen → Standort/Vegetation

Siehe 2.1.1

b/d Touristen/Bergwanderer/Schifahrer → Standort/Vegetation

Transportkapazität/Gästebett: ca. 500 Personenhöhenmeter/h
Bodendruck einer stehenden Person: 200 g/cm² (LIDDLE 1975)
Springende Person (dynamische Bodenpressung): - 57 000 g/cm² (HARPER et al. 1961); horizontale Scherkräfte (erosionsfördernd!): bis zu 32 % des Körpergewichts (HARPER et al. 1961);

Mittl. dynamische Schneepressung eines Schifahrers: 30 - 35 g/cm² (an Schwungstellen und mit Kurzski wesentlich höher)

Geschwindigkeit in der Falllinie: 12,3 - 33,6 km/h (je nach Können)

mittl. Schifahrleistung: 5 000 - 15 000 m/Tag (je nach Können)

überwundener Höhenunterschied eines Schifahrers: (300-)3 500 - 4 500 (-8 000) m/Tag; nach Angaben des ATLR (1981) rund 3 000 m;

Nettoschiflächenbedarf je Fahrer: ca. 300 m² (alle Angaben nach ÖIR 1978)

Seilbahnfrequenz der Sommergäste: $\bar{\varnothing}$ 1,65 Bergfahrten je Gast (PHILIPP 1974); Wintergast: 8 - 10 mal höher; 1 Nächtigung entspricht 7 - 10 Schlepliftfahrten im Nahbereich (ÖIR 1978); 2 Winterbetten = 1 Skifahrer (ATLR 1981)

f Pistenpflege → Standort → Vegetation

Ruhedruck (spezif. statische Schneepressung) einer Pistenwalze:
24 - 27 g/cm²

2.2.2 Gesamt-Input ("Black box-Belastung")

a/c Anlagen → Standort/Vegetation

Gesamtlänge der vom DAV/ÖAV unterhaltenen Gebirgswanderwege:
40 000 km (SÜDDT. ZTG. 18.8.80)

Jede Aufstiegshilfe erzeugt die ihrer Förderkapazität und ihrem Höhenunterschied entsprechende potentielle Energie, die beim Abwärtsgehen sukzessive an Boden (Verdichtung, Scherkräfte), Vegetation (mechanische Beschädigung) und Atmosphäre (Wärme) abgegeben wird. Ein durch die Seilbahn (oder Alpenstraße) gebündelter Aufwärts-Energiestrom fächert sich abwärts in viele über größere Flächen diffus verteilte Energieumsetzungen auf. Ein Maßstab für die freisetzbare (und damit ökologisch wirksame) potentielle (sowie die gespeicherte innere) Energie der Touristen ist das Verhältnis Tal-/Bergfahrten. In Österreich trafen 1975 auf 100 Bergfahrten im Sommer 77,8 und im Winter 14,1 Talfahrten. Schon aus dieser Saisondifferenz ergibt sich die im Winter wesentlich größere Flä-

2.3.1 "Wirkungsquanten"

a/c Anlagen → Standort/Vegetation

∅ Pistenlänge (Tirol): 1 045 m; ∅ Pistenbreite: 30 - 60 (-100)m (ATLR 1981)

∅ Pistenneigung: 28 %

Bruttoflächenbedarf für 1 Skifahrer: 800 m² (CERNUSCA 1977)

Nettoflächenbedarf für 1 Skifahrer: 300 m² (ÖIR 1978)

Seilbahntrassenbreite: siehe 2.1.1 a/c

Wanderwegebreite: ∅ 2 m

Mittlere Grundfläche eines Unterkunftshauses bzw. einer Bergstation:
25 x 10 m

2.3.2 Gesamtbelastung

Insgesamt 1 201 Tiroler Skipisten mit einer Gesamtlänge von 1 255 km (3 x Entfernung Innsbruck - Wien) und einer Gesamtfläche von 6 388 ha bedecken 0,51 % der Landesfläche (vgl. damit Verkehrsfläche: 0,56 %). Die Pisten-Gesamtlänge ist dabei 75 % größer als die gesamte schräge Länge der Tiroler Seilbahnen. 22,6 % der Pisten-Talstationen liegen in Tirol höher als 1 600 m, 52 % der Pistenfläche auf Almen/Bergwiesen/Ödland und 22,1 % im Bergwald. Fast jede zweite Tiroler Piste ist "gebaut" (weitgehend planiert).

Im bayerischen Lichtweidebereich befinden sich nach Bewirtschafterangaben 25 Kabinenbahnen, 36 Sesselbahnen, 118 Liftrassen, 191 Abfahrtsstrecken, 843 offizielle Wanderwege, 101 Hotels und Berggasthäuser, 90 Unterkunftshäuser, 124 Jadhütten u. -häuser und 93 Seilbahnstationen (RINGLER & ENGLMAIER 1982). In Verbindung mit den oben angegebenen Flächenbedarfswerten läßt sich daraus ein Gesamtflächenverbrauch des Ökosystems Almweide für touristische Anlagen grob ermitteln. Hinzu kommen noch 179 Almen/Alpen mit Freizeitwohnsitzen außerhalb des Almkasers. In den Landkreisen Garmisch-Partenkirchen und Ostallgäu entfällt auf nahezu j e d e Alm ein Hotel, Berggast- oder Unterkunftshaus.

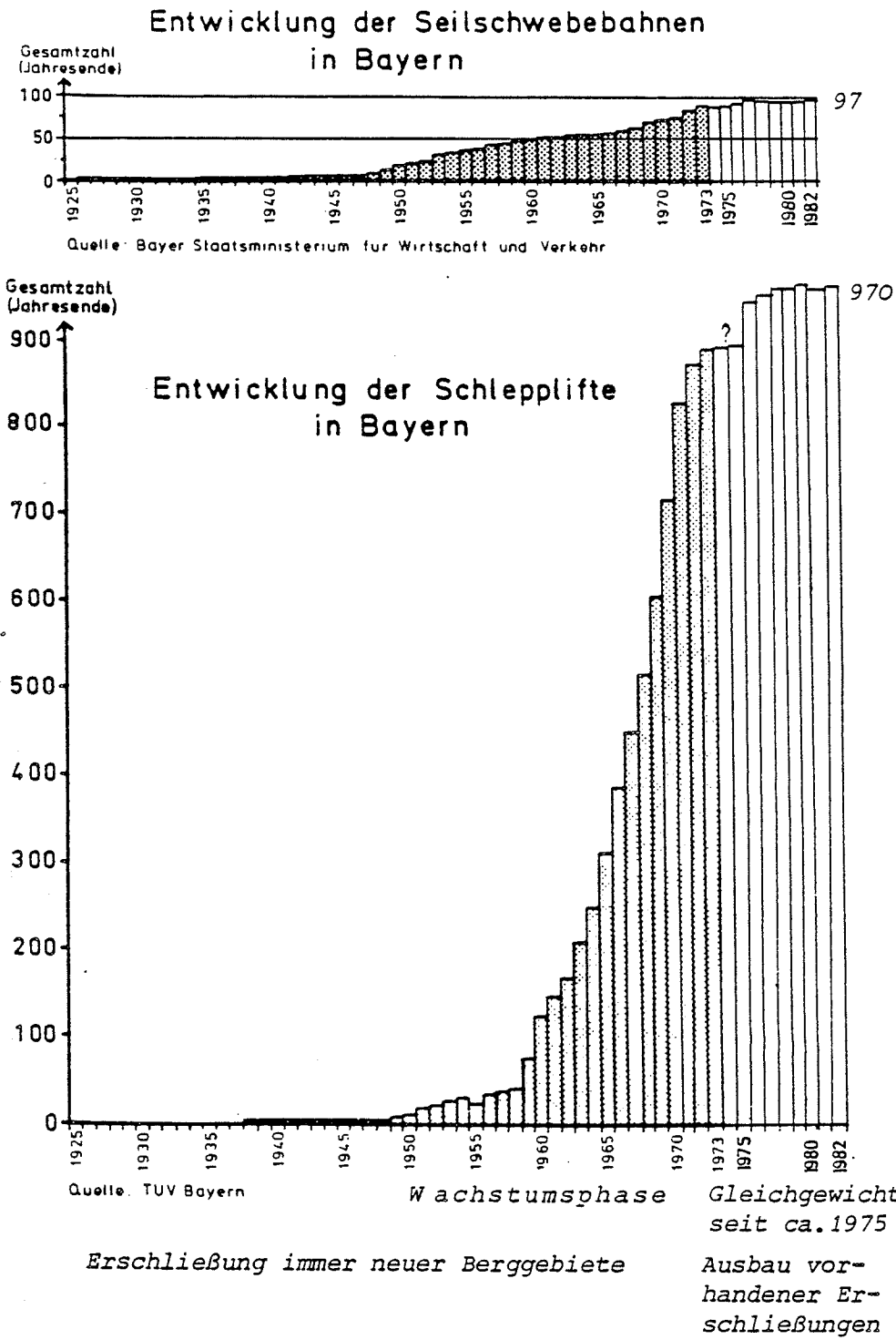
Nach Angaben der Alm/Alpbewirtschafter befinden sich auf 49 bayerischen Almen/Alpen erhebliche touristische Trittschäden (allein in den Landkreisen Miesbach und Bad Tölz-Wolfratshausen 33!), auf 31 größere Pistenplanierungen, auf 18 Anbrüche und Auffüllungen im Pistenbereich, auf 54 touristisch ausgelöste Hanganschnitte (RINGLER & ENGLMAIER 1982).

Fallbeispiele:

Auf einer von MOSIMANN (1980) untersuchten Schweizer Piste sind insgesamt 72 ha vollplaniert, 7,0 ha aufgeschüttet und 5,2 ha anderweitig korrigiert. Der Planierungsanteil beträgt in 1 200 - 1 400 m 37 %, in 1 400 - 1 600 m 32 %, in 1 600 - 1 800 m 59 %, in 1 800 - 2 000 m 31 %, in 2 000 - 2 200 m 28 % und in 2 200 - 2 450 m 33 %. Bemerkenswert ist dabei, daß großflächige Planierungen weit über die physiologisch begrünungsfähige Höhengrenze (1 800 - 2 000 m) hinaufreichen.

In mehreren Graubündner Gemeinden sind schon e i n i g e P r o - z e n t der Gemeindefläche planiert (NEUE ZÜRICHER ZTG. v. 22.7. 1981).

Abbildung 5:



Nach PHILIPP (1974), durch neuere Daten des StMWV u. TÜV ergänzt

3.2 Kurzzeit-Schwankungen im alpinen Tourismus

Wer den "Kolonnenverkehr" auf die Garmischer Alpspitze erlebt, sich mit Dutzenden von Bergsteigern in die wenigen warmen Gipfelfelsen des Ortler oder mit 300 Kollegen in das Venediger-Gipfelplateau geteilt hat, kann den Spitzenbelastungsdruck auf alpine oder nivale Gipflora ermessen. Die relativen, wochend- und schönwetterabhängigen Schwankungen bei Bergsteigern und Tourenschiläufern werden von Seilbahngipfeln im allgemeinen nicht erreicht. Denn hier herrscht zumindest in der winterlichen und sommerlichen Hauptsaison eine Grundbelastung aus dem Fremdenverkehr. Eine "Verschnaufpause" zu Regenerationszwecken gibt es daher allenfalls in längeren Schlechtwetterperioden.

Indessen schwanken die Frequenzamplituden bei erschlossenen Gipfeln mit dem Anteil des Naherholungsdrucks. Münchner Hausberge zeigen daher ausgeprägtere Unterschiede zwischen Wochenende und Werktagen als die typischen Fremdenverkehrsgemeinden (z.B. Oberstdorf, Berchtesgaden).

Abbildung 6:

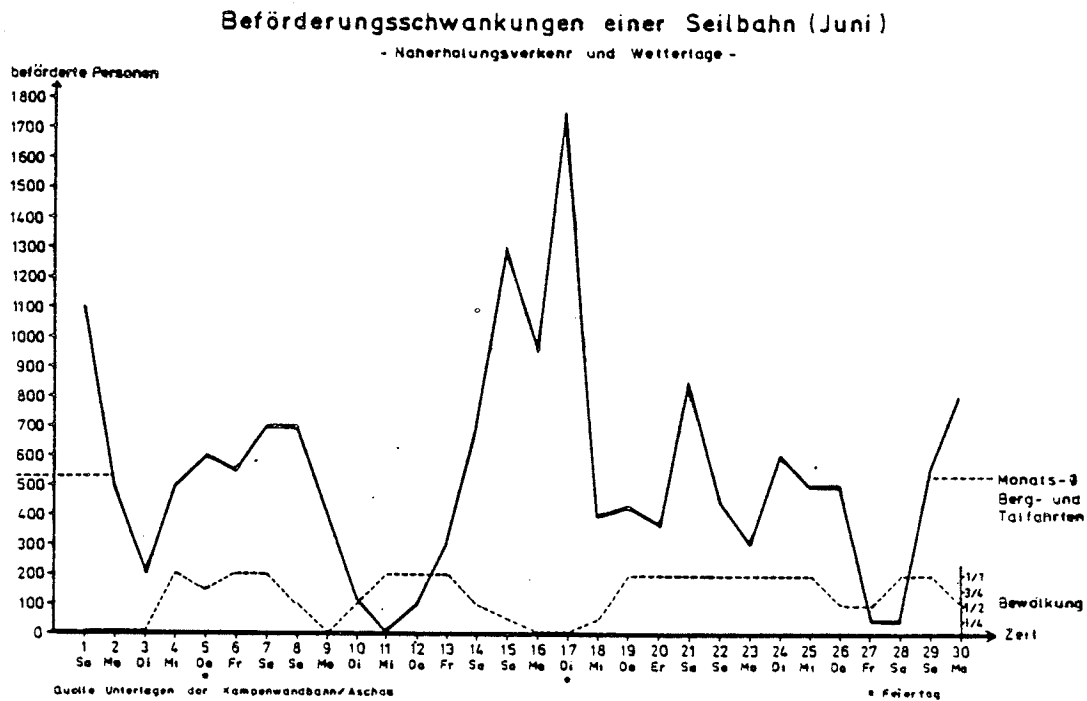
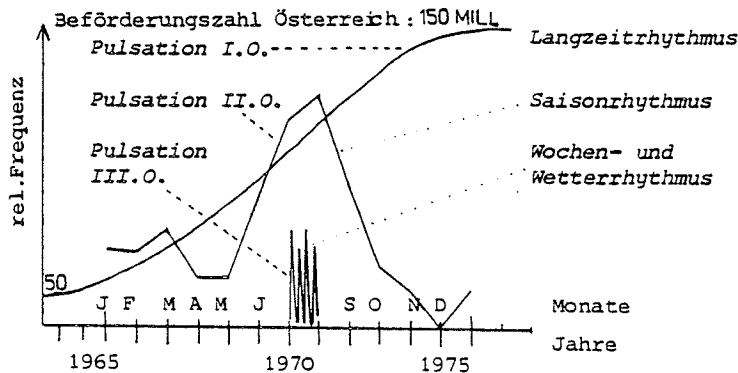


Abbildung 7 faßt die Zeitstruktur des Standortfaktors Gebirgstourismus abstrakt zusammen.

Abbildung 7: Zeitliche Struktur des Standortfaktors Gebirgstourismus



Nach Abb. 9 ist der potentielle Aufenthaltsbereich der Besucher einmal scharf begrenzt (z.B. Pferch-, Kanaleffekt), anderswo aber unscharf oder unbegrenzt (z.B. Diffusions-, Rückstauereffekt).

Unterstellt man eine \pm gleiche Attraktivität aller Teilflächen der Aufenthaltsfläche und eine gleichbleibende (bzw. Gleichgewichts-)Besuchermenge, so ist für begrenzte Aufenthaltsbereiche anzunehmen

$$(1) F \cdot B \sim \text{const.} \quad \text{für: } M = \text{const.} \\ E_B = \text{const.}$$

- F = begrenzte Aufenthaltsfläche
- B = Belastungsdruck auf Boden, Vegetation (und äußere Absperungen)
- M = Menschenmenge (ausgedrückt in Gesamt-Masse oder Personen-zahl)
- E_B = "Bewegungsdrang" dieser Menschenmenge (als Ausdruck der gespeicherten Energie und psychologischer Auslösemomente)

In unverkennbarer Analogie zum Boyle-Mariotte'schen Gesetz - das allerdings nur für ideale Gase gilt! - folgt daraus:

Je enger der zur Verfügung stehende Ausbreitungsraum, desto größer der Druck auf die Grenzflächen. Der Druck ist dabei die Summe der Belastungs-"Quanten", die pro Zeiteinheit auf Boden, Vegetation und Absperungen auftreten (Tritte, Nährstoffgehalt weggeworfener Verpackungen, Ausspucken, Sitzdruck einer Person, talbürtige pflanzliche Verbreitungsorgane usw.).

Da weiterhin angenommen werden kann

$$\begin{array}{l} B \sim M \cdot k_1 \\ B \sim E_B \cdot k_2 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{für: } F = \text{const. u. } E_B = \text{const.} \\ \text{für: } F = \text{const. u. } M = \text{const.} \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} k_1 \text{ u. } k_2: \\ \text{Konstanten} \end{array} \right.$$

so ergibt sich

$$(2) F \cdot B \sim k \cdot M \cdot E_B \quad k = \text{Proportionalitätsfaktor.}$$

Ein Vergleich von M mit der Anzahl von Gasmolekülen in einem abgeschlossenen Raum und von E_B mit der Wärmeenergie (Temperatur) des Gasvolumens erscheint gar nicht so absurd. In einer gewissen Anlehnung an die allgemeine Gasgleichung ($p \cdot V = k \cdot N \cdot T$; wobei k = Boltzmann-Konstante) könnte man Gleichung (2) als "Allgemeine Gleichung des Erholungsdrucks auf ideale Aufenthaltsräume" bezeichnen.

Diese Gesetzmäßigkeiten zeigen sich deutlich im Vergleich kleinflächiger und geräumiger Gipfelplateaus: Bei gleicher Besucherfrequenz nimmt die Standort- und Vegetationsveränderung im ersten Fall einen akuten Verlauf (Dichtestreß der Besucher, rasches Abtreten der Boden- und Pflanzendecke), im zweiten dagegen häufig einen chronischen (orografische Kapazität nicht ausgeschöpft; kumulierende Bodenverdichtung und Vegetationsumwandlung über Jahre und Jahrzehnte; ökologischer Grenzwert nur punktuell erreicht). Ein weiterer Besucherschub durch Erhöhung der Förderkapazität oder der Bettenzahl im Tal macht sich im ersten Fall nur unwesentlich bemerkbar (totale Umwandlung des Aufenthaltsraumes schon bei geringerer Frequenz beendet), im zweiten dagegen kann erst jetzt der "Pferch" ganz vollaufen und damit die akute Belastungsphase einsetzen. Beispiele für den ersten Fall sind der Tegelberg bei Füssen, der Grünten bei Rettenberg, der Rachel und Falkenstein

im Böhmerwald (nur wenige Aussichtsfelsen ragen aus dem Wald), der Ochsenkopf im Fichtelgebirge; dem zweiten Fall entsprechen der Große Arber (inzwischen in der akuten Phase) und der Feldberg im Schwarzwald.

Ganz andere Verteilungsbilder herrschen in o r o g r a f i s c h u n b e g r e n z t e n Erholungsarealen. Wir unterscheiden dabei drei Grundtypen:

(1) Erholungsgelände mit Konzentrationspunkt

Der gesamte Besucherzustrom richtet sich auf einen zentralen Anziehungspunkt (z.B. Gipfel, Aussichtskanzel am Talrand, See). Mit der Annäherung an den Zielpunkt nimmt der räumliche Spielraum des einzelnen Erholungsuchenden ab, das Verhältnis von kinetischer zu statischer Belastung mithin ebenfalls (zunehmende Aufenthaltsdauer, Rückstau- und Reibungseffekte; Panoramablick öffnet sich schon unterhalb des Gipfels usw.).

Da sich die vorwiegend statisch belastete Konzentrationsfläche bei steigendem Besucherdruck ins Umfeld ausdehnt, die meisten Touristen sich aber nicht unnötig weit vom Zielpunkt entfernen, können wir von einem B a l l o n e f f e k t sprechen. An schönen Wochenenden sind auch die Gipfelhänge von rastenden Gruppen belagert, an Werktagen nur der Gipfel selbst (z.B. Hoher Ifen).

Das "Aufblasen des Ballons" bei ansteigendem Besucherdruck wird manchmal nicht durch Steilabfälle, sondern nur durch unübersichtliche Vegetationsformen (Krummholz, Waldgrenze) behindert. Hier findet eine langsame Erweiterung des natürlichen "Pferchs" durch Abtreten und Abschneiden von Latschen (z.B. Iseler bei Hindelang) statt.

(2) Erholungsgelände mit Konzentrationsachse

Entlang einer Hauptachse (z.B. Grat, Seeufer, Hangkante, Flußufer) ist die landschaftliche Attraktivität gleich, die Besucherdichte also nur vom Lillschen Gesetz der Distanzempfindlichkeit (vgl. KARAMERIS 1982) abhängig. Von allen Achsenpunkten ins Umfeld bestehen Gradienten abnehmender Besucherdichte, abnehmender statischer und zunehmender kinetischer Belastung. Jedoch wird die Besucherdichte entlang der Achse von Erschließungspunkten (z.B. Seilbahnstationen, Parkplätzen) entscheidend differenziert (Abb. 10, S. 45). Von der Nähe zweier korrespondierender Stationen hängt es ab, ob eine Besucherrotation über den Grat hinweg zustandekommt. Dies beeinflusst selbstredend die Mobilität des Stromes.

(3) Erholungsgelände ohne Konzentrationstendenz

Über \pm gleichmäßig attraktive Areale breitet sich der von Erschließungspunkten ausgehende Besucherstrom gleichmäßig aus und ist nur dem Gesetz der Distanzempfindlichkeit unterworfen. Da sich die Besuchergruppen meist gegenseitig ausweichen oder ungestörte Lagerplätze aufsuchen, entsteht eine oft überraschend homogene Raumbesetzung, die an Diffusionsvorgänge oder an das Bewegungsbild von Geißeltierchen im Wasserbehälter erinnert. (Sobald beispielsweise Paramecien punktuelle oder axiale chemotaktische Reize angeboten werden, entsteht Situation (1) und (2)). Ein Beispiel für Erholungsflächen mit Gleichverteilung ist das 24 ha große NSG Garching Haide zur Adonisröschenblüte - sieht man von den Fotografen-Pulks um besonders schöne Exemplare einmal

ab. Auch die Pupplinger Au ist in Teilen relativ gleichmäßig von Besuchern und lagernden Gruppen erfüllt.

Ein winterliches Spiegelbild der Situationen (2) und (3) ist das Verhältnis zwischen Pisten-/Loipen-Schilaufl und Tourenschilaufl. Neben den weit über 90 % Wintertouristen, die sich mit ca. 300 m² Individualfläche auf der Piste und 0,5 - 1 m² Individualfläche in der Liftschlange oder an der Würstlbude begnügen, gibt es das in besorgniserregender Weise zunehmende Heer der ausscherenden Wildnissucher auf Skiern, die jeweils Hektare bisher ungestörter Lebensräume für sich beanspruchen. Z.B. ist das im Sommer so einsame NSG Kirchsee- und Ellbachmoor im Winter auch abseits der kolonnenbefahrenen Loipen von einem dichten Netz von Langlaufspuren durchzogen. In den bayerischen Alpen bleiben heute nur mehr die unwegsamsten Steilflächen ganz ausgespart.

(4) Erholungsgelände mit vielen kleineren Ballungen

Wo beherrschende Anziehungspunkte im Seilbahnbereich fehlen, bzw. wo sie dem "Halbschuhtouristen" unerreichbar scheinen, entwickeln sich stärker verästelte Aufenthaltsmuster mit vielen kleineren Besucherströmen zwischen mehreren Konzentrationspunkten. Natürliche oder gastronomische "Magnete" im Sichtbereich der Bergstation "saugen" die angekommenen Bergfahrer sofort ab und lösen somit über längere Gehstrecken erhebliche kinetische Belastungen aus. Nicht umsonst sind Wegerosionen und lineare Trampelschäden in solchen Lagen am meisten verbreitet, wo der unmittelbare Seilbahnbereich an Attraktivität von entfernt gelegenen Berggasthäusern, Jausenstationen und Relief-Höhepunkten bei weitem in den Schatten gestellt wird (Beispiel Abb. 11, S. 45).

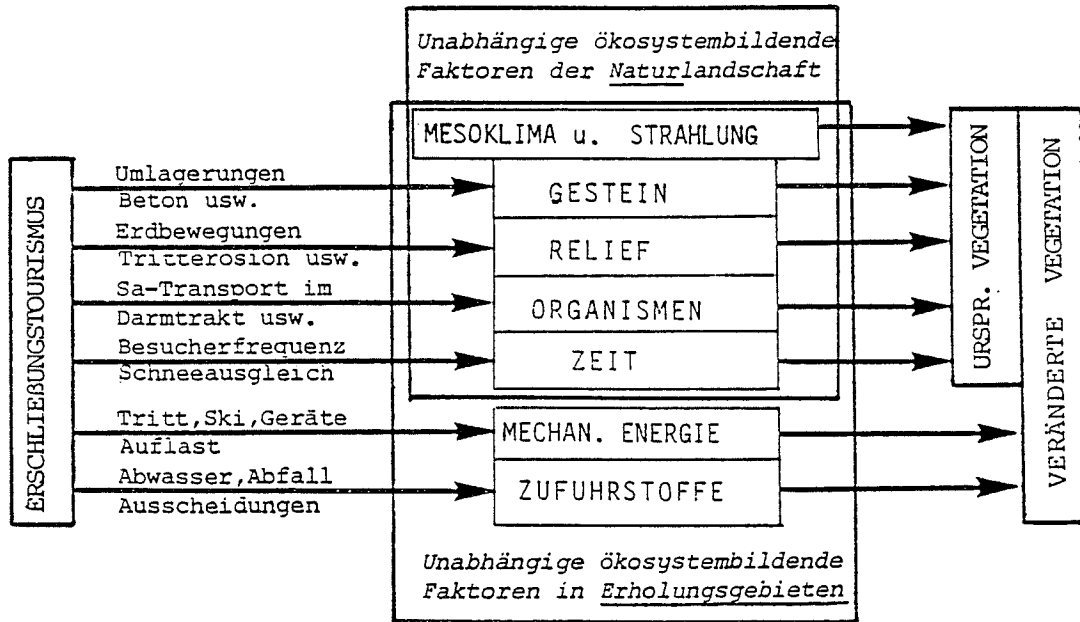
Die beschriebenen Verteilungsbilder reduzieren sich aus der Perspektive hochfliegender Flugzeuge oder Satelliten zu einem feingespinnenen Netz konzentrischer und axialer "Diffusionswolken". Könnte man alle übrigen sichtversperrenden Gegenstände von der Oberfläche einer Gebirgslandschaft wegretuschieren und nur die Erholungsuchenden - ähnlich wie Mikroorganismen unter dem Mikroskop - durch Anfärben hervorheben, so träten vorwiegend stationäre Farbwolken in den Gipfelbereichen, stationäre Farbstreifen entlang der naturnahen Fluß- und Seeufer sowie in Bewegung befindliche Farblinien auf den Wander-, Seilbahn-, Pisten- und Langlauftrouten deutlich hervor. In manchen Alpentteilen - z.B. auf der Seiseralm in Südtirol, im Umfeld des Aletschgletschers, der Pasterze oder auf dem Zugspitzplatt - gäbe es zusätzlich weniger intensiv gefärbte, aber um so ausgedehntere "Besucherwolken".

In der Hoffnung, der König "Tourist" möge sich dadurch nicht verunehrt fühlen, seien die Grundprinzipien der räumlichen Ordnung des alpinen Tourismus durch einen Vergleich mit einem Wasserbehälter voller Paramecien (Pantoffeltierchen) abschließend veranschaulicht (Abb. 12, S. 47).

5. **Tourismus als Standortfaktor für die Vegetation**

Die räumliche Verteilung naturnaher (Gebirgs-)Vegetation kann nach JENNY (1941) und GIGON (1975) allein auf die 5 fundamentalen und unabhängigen ökosystembildenden Faktoren Klima, Gestein, Relief, Organismen und Zeit zurückgeführt werden. Diese Faktoren wirken auch in touristisch beeinflussten Vegetationen. Sie werden dort aber z.T. ein-

Abb. 13: Die unabhängigen ökosystembildenden Faktoren als Schaltglied zwischen Hochlagen-Tourismus und Vegetation



Als abgeleiteter Standortfaktor ist in diesem Schema das Gelände-, bodennahe und Bodenklima nicht erwähnt. Selbstverständlich wird es in vielfältiger Weise durch touristische Eingriffe verändert (z.B. durch Baukörper, Pistenrodung, Schneekonservierung und -aufbringung).

Im folgenden werden vier unterschiedliche Aktivitätsbereiche charakterisiert, die sich überlappen können, meist aber räumlich ausschließen:

- (1) Tritt- und Aufenthaltsflächen
- (2) Schliffflächen (Skikanten, Pistenraupe)
- (3) Planierungsflächen
- (4) Eutrophierungsflächen.

5.1 Standortverhältnisse auf Tritt- und Aufenthaltsflächen

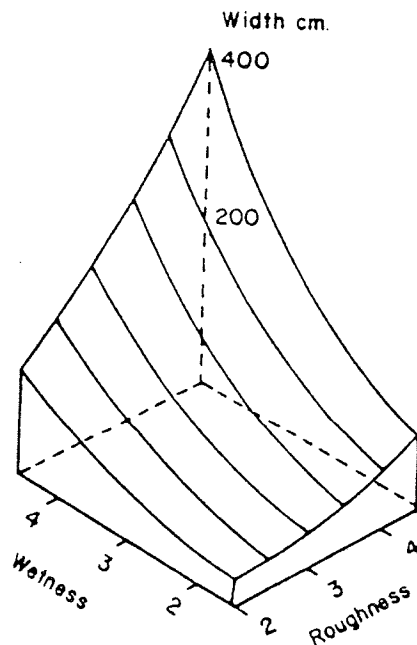
5.1.1 Theoretische Grundlagen

Aus seiner chemischen und Lage-Energie gewinnt der Bergtourist kinetische Energie, die als Beschleunigungsarbeit beim Gehen, Steigen, Springen und Aufprallen, Bremsen wirksam wird. Jede Änderung des Bewegungszustandes von Körpern setzt Kräfte frei. Bei jeder Bodenberührung unterliegt der Tourist einer Impulsminderung $\Delta p = F \cdot \Delta t$ und übt einen Kraftstoß aus ($F = \text{Kraft}$, $\Delta t = \text{Zeiteinheit}$). Nach dem Newtonschen Axiom *actio = reactio* bekommt er beim Auftreffen auf Fels die Gegenkraft $-F$ durch vorübergehende Verformung und Beanspruchung seines Körpers voll zu spüren. Der Felskörper wird dagegen höchstens an der Oberfläche verändert.

Weniger unangenehm ist der Aufprall auf Lehm-, Sand- oder weichen Torfboden oder gar auf Lockermassen. Solche teilweise plastischen oder elastischen Auflagen setzen einen mit der Korngrößenverteilung und ihren inneren Bindungskräften (Kohäsion, innere Reibung, Scherwiderstand) schwankenden Anteil der Tritteenergie in Kompressions- (vertikale Ver-

Im zugänglichen Gelände wird der Umfang trittdegradierter Flächen wesentlich durch die Rauigkeit und Nässe des Bodens bestimmt (Abb. 14).

Abb. 14: Beziehung zwischen Breite, Nässe und Rauigkeit eines Pfades in Strath Nethy (England) nach BAYFIELD (1973)



Trittverdichtete Korridore neigen verstärkt zur Vernässung. Nächstfolgende Besucher weichen nach der Seite aus und der Trampelpfad wird breiter und breiter. Tritterosion und nachfolgende Auswaschung bzw. Frostverwitterung lassen das Grobskelett des Bodens hervortreten; auch dies drängt den Menschenstrom seitlich ab und führt zur Inanspruchnahme immer neuer Teile der unberührten Vegetation.

Die Ausdehnungstendenz ist auf stauenden und leicht verschlammenden Ton-, Schluff- und Moorböden bei den hohen Sommer- und Starkniederschlägen der Nordalpen besonders groß (z.B. Moore im Schwarzwassertal und bei Hindelang, Hörnle bei Kohlgrub, Kleintiefentalkar im Rotwandgebiet).

Verdichtung, also Verringerung des Porenvolumens, und Abtreten bzw. Begünstigung niedrigwüchsiger Pflanzen führen natürlich zu einer Veränderung des Bodenluft-, Bodenwasser- und bodennahen Temperaturhaushalts. Abrupte Grenzen zwischen verdichtetem und lockerem Bodenhorizont erschweren das Durchdringen der Wurzeln und erzeugen meist eine flach-filzartige Wurzelschicht.

Häufig übersehen wird der Einfluß von Pfaden und ausgetretenen Rillen auf die Oberflächenwasserverteilung im weiteren Umkreis. Hangquerend angelegt, sammeln sie den Oberflächenabfluß, bei tieferem Einschnitt auch den oberflächennahen Sickerabfluß, leiten diesen bis zur nächsten Spitzkehre oder natürlichen Rinne, erzeugen dort eine Boden- und Vegetationsumwandlung mit mehr Feuchtigkeitszeigern (z.B. *Deschampsia caespitosa*, *Ranunculus aconitifolius*) und unterbinden bzw. vermindern damit die Wasserversorgung unterhalb des hangquerenden Wegabschnitts. Bei tief ausgewaschenen Wegfurchen in den Kieselgrusauflagen auf Kieselkalk ist dies besonders deutlich.

5.1.3 Standortcharakterisierung

Über die trittbedingte Änderung bodenphysikalischer Größen informiert folgender Vergleich natürlicher Bestände mit Trampelpfaden nach 600 (Loiseleurietum = Gamsheide) bzw. 3000 (Curvuletum = Krummseggenheide) Begehungen (aus KÖRNER 1980):

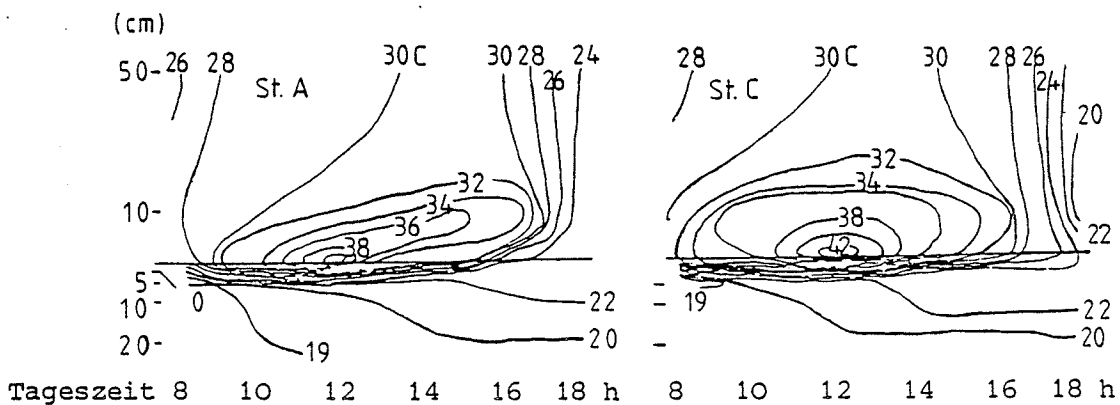
Bodenphysikalische Größen für 1-6cm Tiefe	Loiseleurietum 2175m			Curvuletum 2300m		
	Nat.Best.	Trampelpf.	Änderg.(%)	Nat.Best.	Trampelpf.	Änderg.(%)
Spezif. Gewicht [g·cm ⁻³]	2,10 ± 0,04	2,02 ± 0,08	n. sign.	2,22 ± 0,14	2,27 ± 0,19	n. sign.
Gesamtporenvolumen (%)	72,3 ± 1,7	74,9 ± 4,1	n. sign.	66,2 ± 5,4	60,0 ± 6,3	n. sign.
Grobporen (%)	29,3 ± 7,5	12,5 ± 4,1	-57,3 |	3,5 ± 0,5	0,9 ± 0,7	(-74,3)
Feinporen (%)	43,0 ± 5,7	62,4 ± 0,1	+45,1 |	62,7 ± 5,4	59,1 ± 5,7	n. sign.
Wassergehalt 8/13.9.1977 (Vol.%)	26,1 ± 4,7	41,1 ± 1,4	+57,5 |	41,6 ± 4,6	49,2 ± 3,8	+18,2 |
Infiltrationsrate (mm·h ⁻¹)	30-150	-	-	13-16	2,5	-83 |

Die wichtigsten trittausgelösten Wirkungen auf den Pflanzenstandort sind in den Abbildungen 16 und 17 (S. 53) zusammengefaßt.

Den Endzustand stark trittgestörter Gebirgsökosysteme illustrieren 2 Beispiele aus einem japanischen Gebirgshochmoor (aus KASHIMURA & TACHIBANA 1982).

Abb. 18 zeigt die Veränderung des Temperaturklimas im Boden und in der bodennahen Luftschicht.

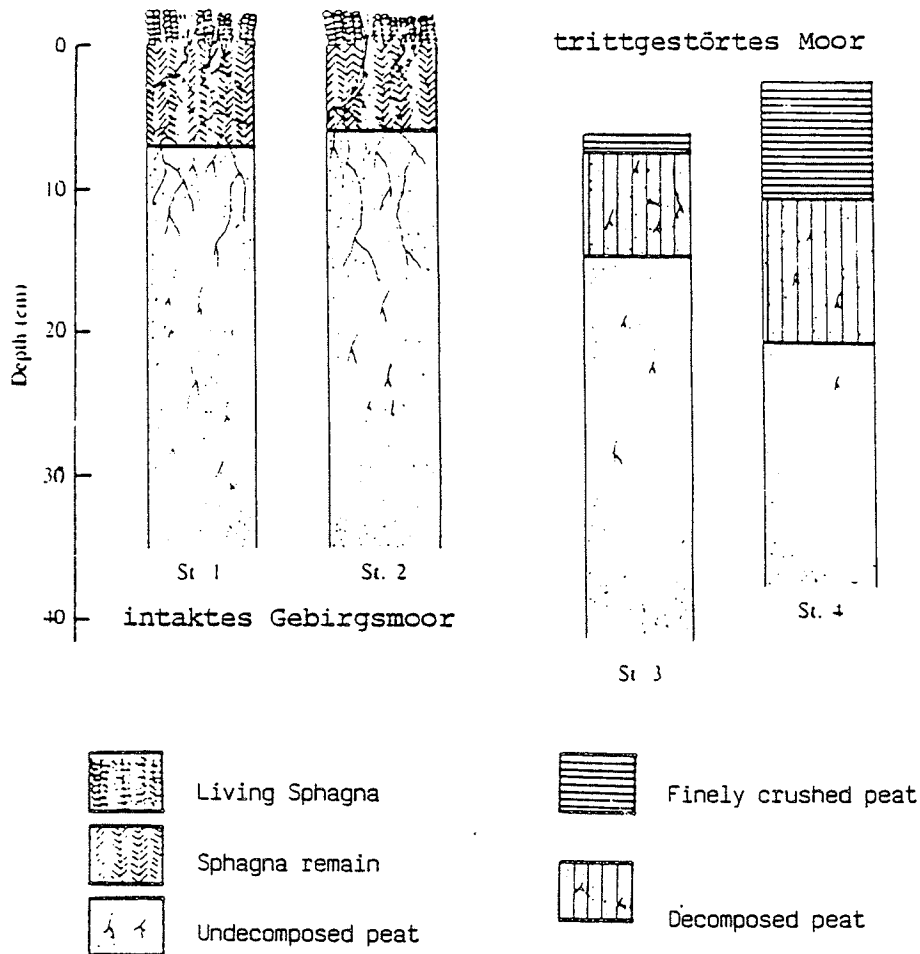
Abb. 18: Isoplethendiagramm der Temperatur auf intaktem (links) und stark trittgestörtem (rechts) Gebirgshochmoor



Die höchste Oberflächentemperatur um Mittag liegt auf verkahltem Moor um 4° höher; die Erwärmung der bodennahen Luftschicht reicht höher und ist im Tagesverlauf gleichmäßiger.

Die Bodenprofilveränderungen seien mit folgendem Beispiel (Abb.19, S. 54) verdeutlicht:

Abb. 19: Bodenprofile aus ungestörten und gestörten Probeflächen im Ozehagara-Moor/Japan



Auch auf unseren Gebirgsmooren (z.B. im Allgäu) reicht die mechanische Trittwirkung bis über 20 cm in den Torf hinein. Im Falle von Ski-Belastung ohne Tritt wird lediglich eine Verdichtung und Zusammenpressung der Vegetation, allerdings mit nachfolgendem Vegetationsumbau, hervorgerufen (z.B. Winklmoos-Alm).

Rinderbeweidete Moore reagieren natürlich viel weniger auf menschlichen Tritt, weil ihre mechanische Degradation längst vor dem Erholungsbetrieb eingeleitet war.

5.2 Standortverhältnisse auf Schliffflächen

Das Abschwingen der Skifahrer auf etwas herausgehobenen Pistenstellen führt häufig zum Abschaben der Schneedecke, der Pflanzendecke und der oberen Bodenschichten. Im Zustand der Winterruhe ist die Vegetation den Scherkräften noch weniger gewachsen als im sommerlichen Zustand bei vollem Turgordruck. Frostwirkungen halten die offenen Stellen zusätzlich in ständiger Bewegung (Kammeis, Ausfrieren von Steinen, Mikrosolifluktion) und der Bodenfrost reicht tiefer hinab als unter Schneeschutz.

Auf bloßgelegten Rohhumusauflagen werden im Sommer Oberflächentemperaturen bis zu 60° erreicht (KÖRNER 1980 zit. nach CERNUSCA).

Mit dem Humus schwinden auch die Bioelementvorräte. Umgekehrt verzögert die Düngung mit Schneesement und anderen Chemikalien den Übergang zur winterlichen Frosthärte. Die von Straßenrändern bekannten NaCl-Wirkungen wie Krümelzerfall, Verdichtung und Pflanzenschädigung sind auch bei der Schneeaufbereitung bzw. Entschärfung vereister Stellen mit Mineralsalzen zu gewärtigen.

Erhöhung der Windgeschwindigkeiten auf das 2 - 5 fache und beträchtlich erhöhte Temperaturamplituden im Tages- und Saisonverlauf verschärfen die pflanzliche Wasserversorgung. Eine begrünte Piste bei Achenkirch zeigte am Beginn einer 4-wöchigen Schönwetterperiode eine Verdunstungsrate von 4,6 cm/Tag, am Ende nur mehr 0,8 cm/Tag. Die Vergleichszahlen für den angrenzenden Wald waren 4,0 und 2,0. Die Piste verdunstete also noch 1/6, der Wald noch 1/2 des Anfangswertes. Die Luftfeuchtigkeit liegt 2 - 5 % unter der des Waldes (CERNUSCA 1977).

Der eigentliche Pistenbetrieb (Skifahrer und Pistenraupen) beeinflusst über Schneedauerverlängerung und Vereisung auch die Standortverhältnisse:

- Erstickungserscheinungen durch Sauerstoffmangel, CO₂-Anreicherung, Fäulnis
- Schneeschimmelbefall
- Schädigung der Bodenlebewesen durch Sauerstoffmangel
- durch Abnahme kälteisolierender Schneeeigenschaften dringt der Bodenfrost tiefer ein und wird bodenlockernd wirksam.

Vgl. hierzu besonders: PFIFFNER (1977).

Rapide erhöhte Abträge und Abflüsse im Verbund mit Frost- und Hitzetrocknis erschweren jeden Begrünungsversuch. Da z.Zt. nur Tieflagen-Saatgut zur Verfügung steht (ANL 1978), sind Pisten und Liftrassen oberhalb der Waldgrenze praktisch unbegrünbar (CERNUSCA 1977).

5.3 Standortverhältnisse auf Eutrophierungsflächen

Meist getrennt von den Aufenthaltsflächen werden auch im Hochgebirge große Nährstoffmengen konzentriert abgegeben (Klärgrubenverrieselung, ungeklärte Ausleitung, Müllabwasserfahnen) und der Verteilung durch natürliche Kräfte überlassen. Zwar nimmt die Nährstoffkonzentration mit der Entfernung ab, jedoch reicht die Einflußweite häufig bis in nährstoffarme und anderweitig wenig beeinträchtigte, weil steile und unzugängliche Ökosysteme (z.B. Steilwände unterhalb des Zugspitzgipfels, Schutthalden unterhalb der Knorrhütte, Hochstauden- und Grünerlenfluren unterhalb des Kreuzeck-, Rotwand- und Taubensteinhauses). Die folgende Abbildung illustriert die Standortsituation konzentrierter Abwasser- und Müllabgabe am Beispiel von 194 untersuchten DAV-Hütten. Selbstverständlich ist damit keine spezielle Anprangerung dieses Problembereichs verbunden. Entsprechend ihrer Besucherfrequenz ist die von Bergstationen, Berggasthäusern oder sogar kommunalen Deponien (vgl. z.B. Abwasserbeseitigung der Gemeinde Riezler im Ladstattschacht, ehemalige Gemeindedepotie Trauchgau im NSG-würdigen Birnbaumer Filz, Gemeindedepotie Oberammergau im Pulvermoos oder von Aschau im Prienmoos) auf schutzwürdige Alpenbiotope ausgeübte Belastung vielfach noch erheblicher. Zudem herrscht auf gering erschlossenen hochgelegenen Hütten ein echter Beseitigungsnotstand, der durch beachtenswerte Kleintechnologien wie z.B. Müllpressen und Wasserpflanzenkläranlagen nur gemildert werden kann.

Daneben erleiden die meistbesuchten Aufenthaltsflächen (Gipffluren, Grate, Pisten) eine schleichende Aufdüngung durch Schuhsohlentransport, Ausscheidungen, Abfälle und Mineraldüngung von Pisten- und Böschungsbegrünungen.

An einem Beispiel sei die Bedeutung des touristischen Nährstoffinputs für ein Bergmassiv größenordnungsmäßig erläutert:

Veranschlagt man die von Seilbahngästen beanspruchte Fläche des Jenner-Gebietes mit 50 ha (2 km Gesamtlänge bei insgesamt 250 m Breite der Wegezonen), so erzeugt die darauf vorherrschende Bodendecke (Blau-gras-Horstseggenrasen; Typ I tiefgründig nach REHDER 1970) etwa 2500 kg N pro Hektar und Jahr. Derselbe Ausschnitt wird pro Jahr von durchschnittlich 300 000 Personen (Bergfahrten) besucht (BERG 1981). Nimmt man an, daß nur 1/10 dieser Menschenmenge die tägliche Notdurft während des Jenneraufenthalts verrichtet (N-Ausstoß/Person u. Tag: 13 g) und daß insgesamt 10 000 Übernachtungen (= 10 000 N-Tagesumsätze) in den beiden Unterkunftshütten des Gebietes stattfinden, so dürften unter Einrechnung zusätzlicher Inputs aus Proviantresten weit mehr als 500 kg N/ha.Jahr in die Ökosysteme dieses Gebietes abgegeben werden. Dies ist etwa 1/5 des natürlichen Gesamt-Dargebots! Da sich trotz laufender N-Verluste durch Ammonifizierung, Kläranlagenüberläufe in die Vorfluter und Humusschwund der anthropogene N-Vorrat akkumuliert, dürfte der seit Bestehen des Stahl-, Schneibsteinhauses und der Jennerbahn angesammelte Vorrat schon einen erheblichen Hundertsatz des natürlichen Gesamtvorrats (bei 0,084 g N/cm²; Angaben von ZECH u. Mitarb. für subalpine Rasen) ausmachen.

Der Tourist bewirkt nicht nur eine quantitative, sondern auch eine qualitative ökochemische Umstellung des alpinen Nährstoffhaushalts: In Fäkalienform wird vorwiegend Ammonium-Stickstoff angeboten. Die basischen Magerrasen unserer Kalkalpen versorgen sich jedoch mit Nitrat. Schon diese Tatsache erzwingt eine völlige Veränderung der Pflanzenartenkombination der N-überversorgten "Läger"-Stellen. Selbstverständlich treten Pflanzengesellschaften mit viel höherem N-Umsatzvermögen (ca. 250 kg N/ha Jahresnachlieferung und ca. 5 t/ha Jahresproduktion; REHDER 1979) an die Stelle der alpinen Magerrasen (10 - 50 kg N/ha.Jahr; ca. 2 t/ha).

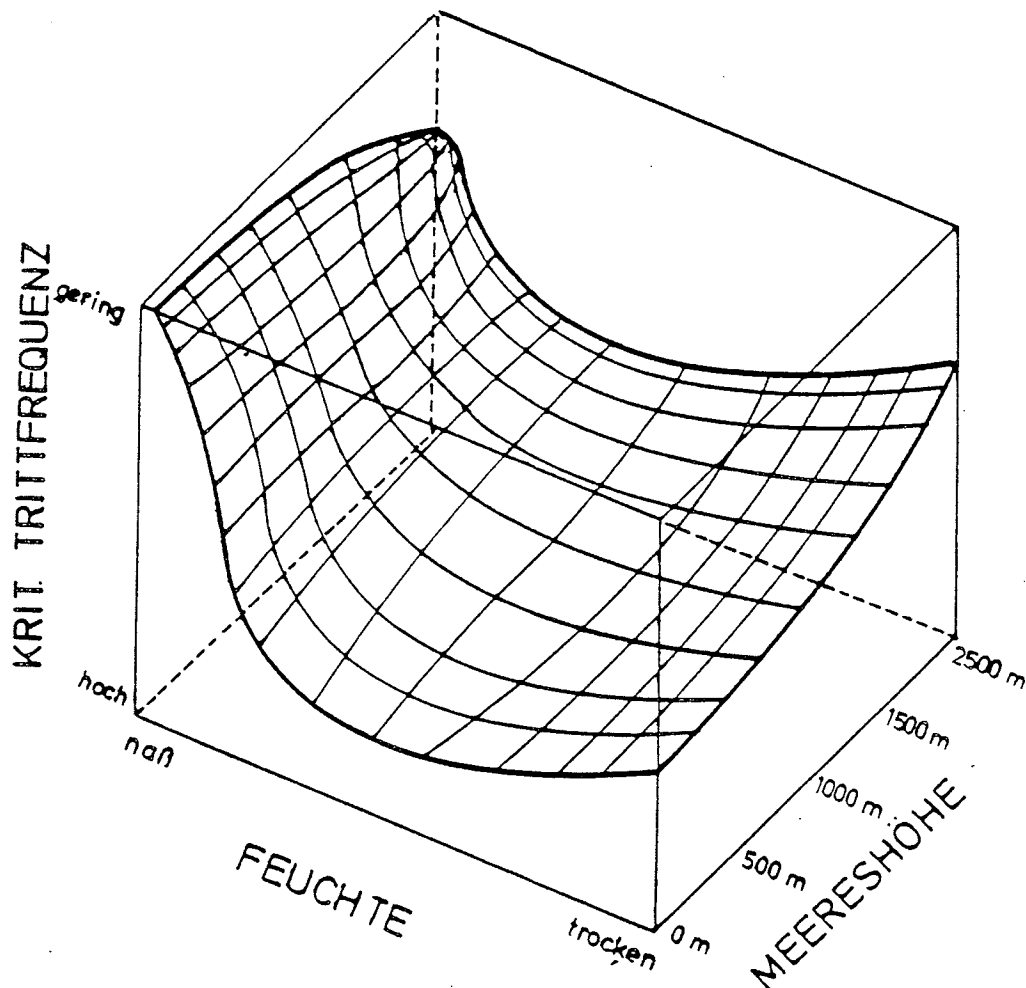
Im Unterschied zum Tritt ist der Nährstofffaktor der Ausbreitung durch natürliche Transportvorgänge preisgegeben. Von allen Depositionsstellen ziehen sich lange Schlieren von Lägerfluren bergab; öfers enden sie erst in Bergseen oder Bergbächen (Abb. 20, S. 57). Trotzdem nehmen die touristisch "verlägerten" Ersatzgesellschaften im allgemeinen einen geringeren Flächenanteil ein als die oft ha-großen Lägerfluren im Bereich der Almkaser und Dungstätten. Ebenso ungewiß wie das Fortschreiten der Trittschäden ist aber die weitere Tendenz der schleichenden Eutrophierung im Bereich der Aufenthaltsflächen. Müssen wir im Nahbereich aller Aussichtskämme langfristig mit unschönen Allerwelts-Staudenfluren anstelle artenreicher Urwiesen rechnen?

6. Veränderungen der Pflanzendecke

Alpenpflanzen, die den geschilderten Belastungen und Standortveränderungen ausgesetzt sind, reagieren darauf in verschiedenartigster Weise. Einige Reaktionen und dafür verantwortliche Konstitutionsmerkmale seien im folgenden besprochen.

Nachfolgende Abbildung bringt die Abhängigkeit der kritischen Trittfrequenz (Anzahl der Betretungen pro Zeiteinheit, die bei einer bestimmten Pflanzenart ein definiertes Schadbild hervorruft) in einen modellartigen Zusammenhang mit der Bodenfeuchte (Turgor, Wasserspannung) und der Meereshöhe als Klima-Integral. Darin kommt die zum Nassen (hohe Substratverformbarkeit) und Trockenen (Begünstigung von Trocknis) zunehmende Trittempfindlichkeit der Vegetation zum Ausdruck. Außerdem sinkt die Belastbarkeit für mechanischen Streß bei einer hohen "Vorbelastung" durch andere Begrenzungsfaktoren in größeren Höhen (kurze Vegetationszeit, tiefe Temperatur usw.).

Abb. 22: Modell der Abhängigkeit zwischen Trittempfindlichkeit, Bodenfeuchte und Höhe



Zu diesem, bisher nur in seinen Grundtendenzen verifizierten Modell 2 Beispiele:

- Eine von BELL & BLISS (1973) im Olympic Nationalpark, Washington, experimentell trittbelastete Schneetälchengesellschaft (feucht) löste sich früher auf als eine trockenere Streifenflur gleicher Belastung.
- Ein alpiner, nur wechsellasser Hochmoorerosionskomplex der bayerischen Alpen hält mäßiges Betreten ohne Schädigung aus; ein gleich belasteter sehr nasser Wachstumskomplex dagegen wird völlig umgewühlt.

Durch Skikantenschliff abrasiierte Zwergstrauchbestände aus Alpenrose, Rauschbeere usw. sind zwar innerhalb bestimmter Grenzen zum Wiederaustrieb fähig (GRABHERR 1978), jedoch lassen sich bei anhaltender Beanspruchung letale Defizite der Kohlenstoffbilanz nicht aufhalten.

Das Beispiel der Krummsegge und der Halbkugeligen Rapunzel (*Phyteuma hemisphaericum*) zeigt, daß Arten mit unterirdischen Speicherorganen (z.B. Pfahlwurzeln) und bodenangedrückter Wuchsform auch gegenüber Scherkräften des Wintersports eine höhere Widerstandsfähigkeit besitzen.

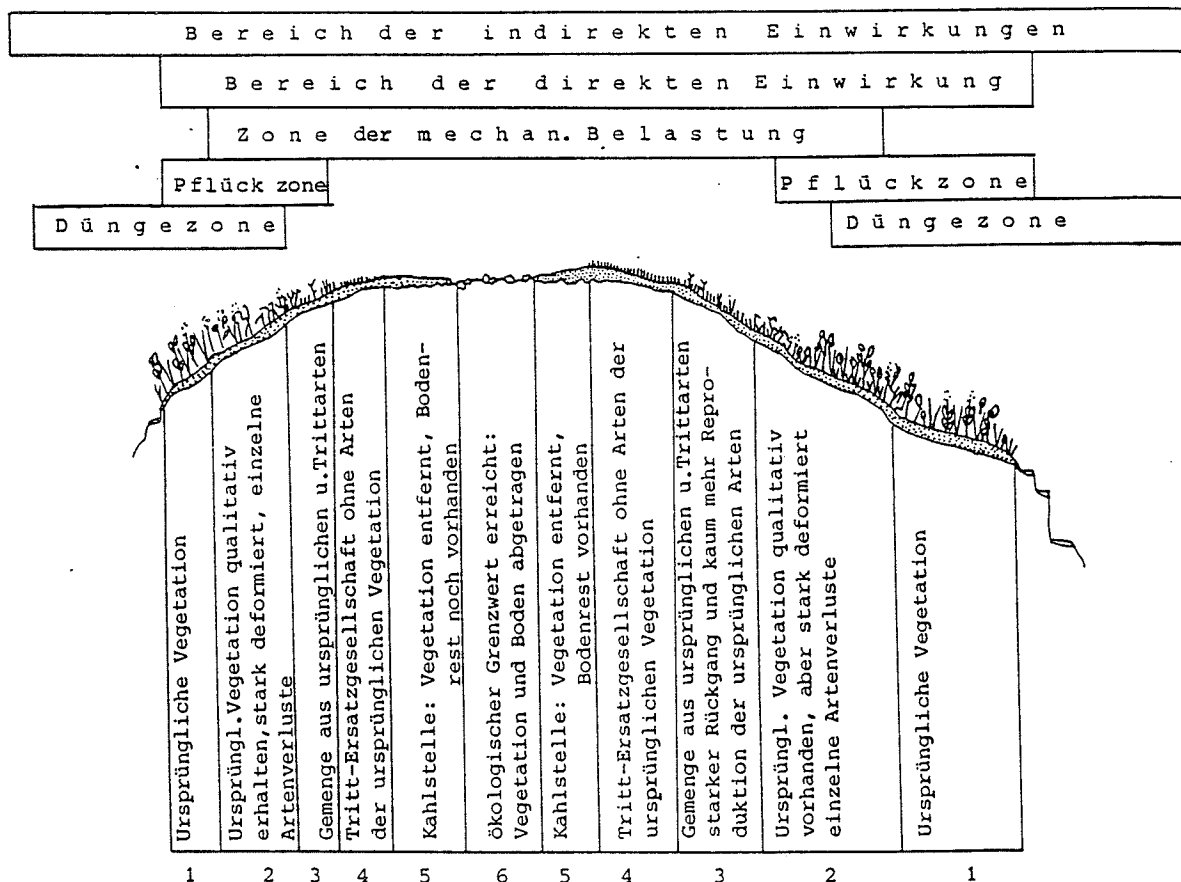
Begrenzte Schliffstellen lassen sich von der umgebenden Vegetation viel leichter vegetativ (zum geringen Teil auch generativ) wiederbesiedeln als großflächig neuplanierte Pisten (GRABHERR 1978). Hochlagenbewährtes Saatgut fehlt weitgehend und die Keimungsraten rasenbildender Seggen wie *Carex sempervirens* oder *C. curvula* sind so gering, daß für den Pisten- wie für den Trittbereich in den Hochlagen gilt:

Die einzige wirkliche Möglichkeit des Vegetationsschutzes ist der **V e r z i c h t** auf Geländeeingriffe und Neuerschließung unberührter Vegetationsbereiche.

6.2 Reaktionsabfolge der Vegetation

Die qualitativ ganz verschiedenen Wirkungen der Hochlagen-Sommertouristen bilden eine **r ä u m l i c h e** und **z e i t l i c h e** Abfolge (Serie), die in ihren Grundzügen überall wiederkehrt. Folgende Abbildung zeigt das Grundschemata dieser Zonation:

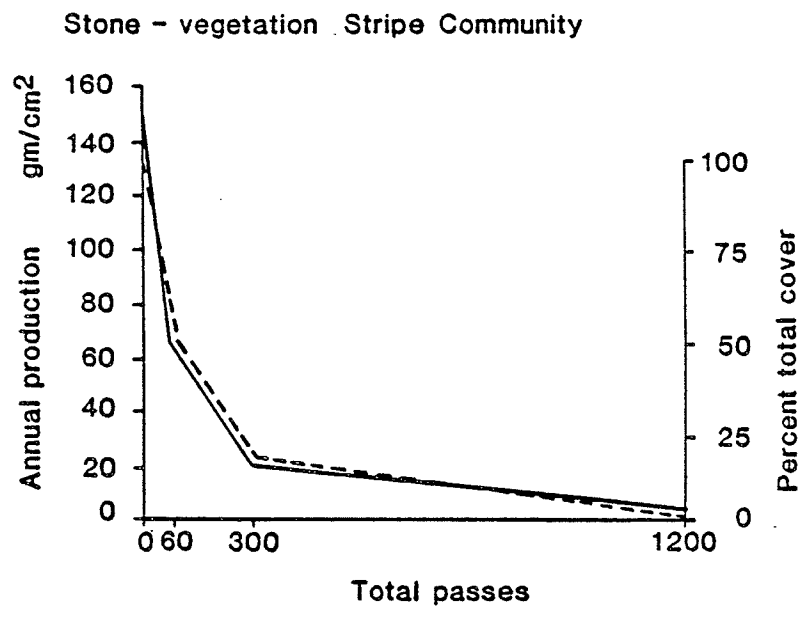
Abb. 25: Schema der Trittzonation auf Bergkamm



Zone 3 Umbau zu Ersatzgesellschaft (Mischvegetation)

Während in der alpinen und nivalen Stufe auf die ersten Verluste ein exponentieller Rückgang der Vegetationsbedeckung folgt (Abb. 27), mischen sich unterhalb der Baumgrenze, bevorzugt auf mittel- bis tiefgründigen Böden, Trittszeiger unter die verbliebenen Vegetationsreste und kompensieren deren verlorenen Anteil am Gesamtdeckungsgrad. Pflanzengeographisch bemerkenswerte Arten können sich in diesem Stadium kaum mehr halten. Einzelne Arten der ursprünglichen Vegetation können sich dank hoher Reproduktionsfähigkeit und verringerter Konkurrenz im Übergangsbereich sogar in den Vordergrund schieben.

Abb. 27: Percentage total plant cover and net annual plant production for two alpine communities in relation to trampling intensity, Olympic National Park, Washington



Zone 4 Artenarme Ersatzgesellschaft

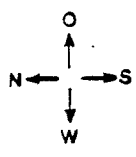
Unterhalb der Baumgrenze entwickeln sich auf tonreichen Substraten gräserbeherrschte wenigartige Trittsellschaften ohne hochlagenspezifische Vertreter (sogar *Poa supina* steigt ins Flachland herunter!). ELLENBERG bezeichnet das *Lolio-Plantaginetum* als "eine der uniformsten Gesellschaften der Erde". Höherer Bodenwassergehalt und Staunässe infolge verringerten Grobporenanteiles begünstigen Naß- und Feuchtkeimer wie *Poa annua* und ausläuferbewurzelnde Arten wie *Trifolium repens* einseitig. Frischgrüne, der gedämpftfarbigen Gebirgsvegetation fremde "Einheitsrasen" vor allem aus *Poa annua* und *P. supina* überziehen solche Zonen in flachen Lagen.







Zone 5 Kahlstelle mit Bodenresten

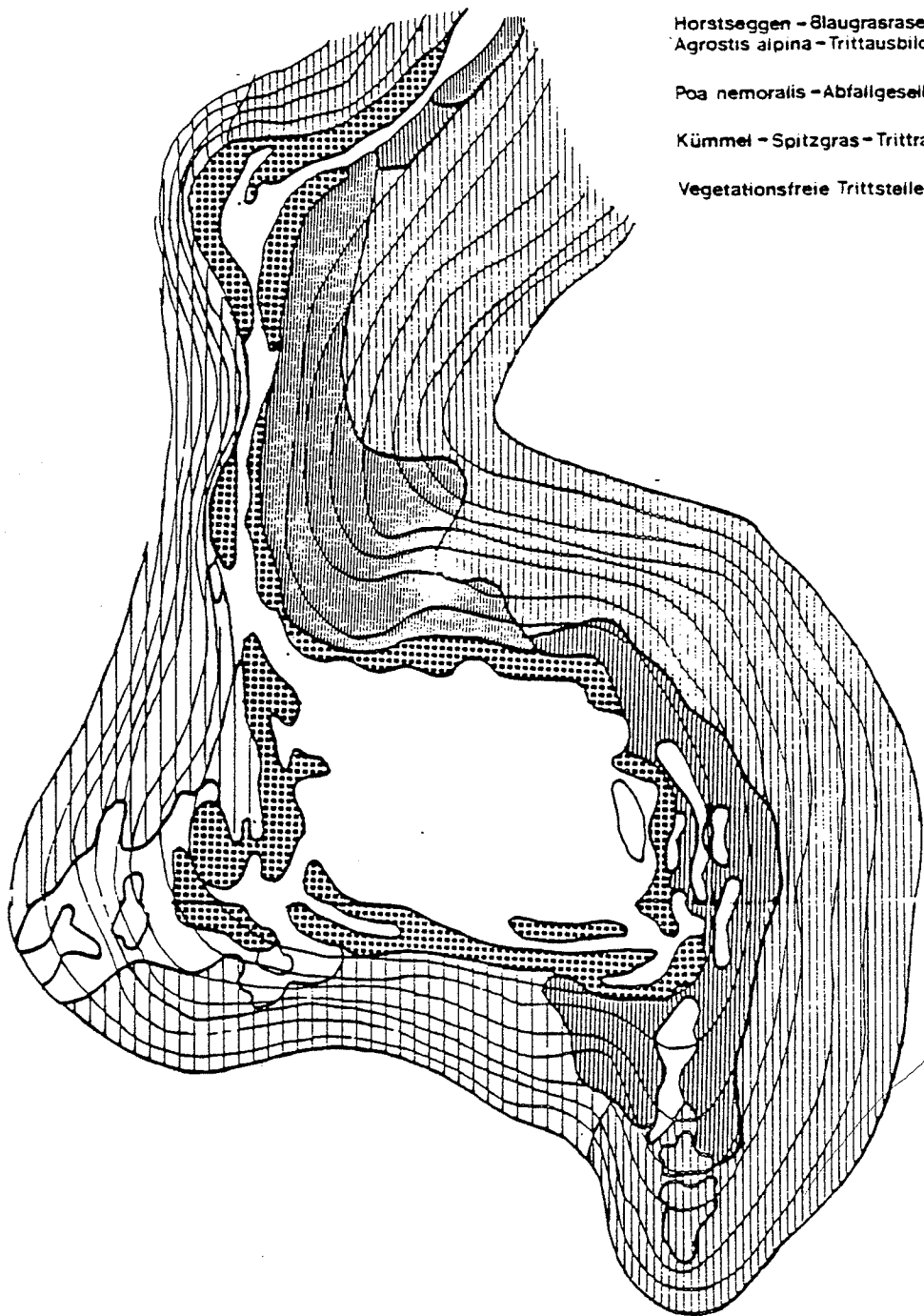
Bei weiter steigender Trittfrequenz lösen sich auch die dichten Trittrassen auf. Da die Erosion auf den ebenen oder eingemuldeten Trittsstandorten wenig angreifen kann, bleiben Unterbodenhorizonte, zusammengedrückte Humusreste oder Humus-/Lehm-Kolluvien oft lange erhalten.

Abb. 29: Vegetationsmosaik auf dem Branderschrofen Gipfel im Ammergebirge (Nähe Tegelbergbahn); aus RINGLER (1976)

M 1:100



- Polsterseggenrasen 
- Horstseggen-Blaugrasrasen 
- Horstseggen-Blaugrasrasen, Agrostis alpina - Trittausbildung 
- Poa nemoralis - Abfallgesellschaft 
- Kümmel - Spitzgras - Trittrasen 
- Vegetationsfreie Trittstellen 



6.3 Zur Belastbarkeit unterschiedlicher alpiner Standorte

Zum Verständnis der Gesamtwirkung des Erholungsverkehrs auf die alpine Pflanzendecke gehört die Zusammenschau aller Landschafts-, Standort- und Vegetationseinheiten. Die unter 6.1-2 skizzierten grundsätzlichen Reaktionen gelten nicht auf allen Gesteins- und Reliefeinheiten gleichermaßen bzw. nur auf bestimmten Örtlichkeiten. Die ungeheure standörtliche Vielfalt der Hochgebirge der Erde, aber auch der Alpen, zwingt zur Beschränkung auf einen uns naheliegenden Ausschnitt, die bayerischen Alpen. Am Überschiebungsrand mehrerer tektonischer Decken gelegen, ist deren geologisch-morphologische Mannigfaltigkeit immer noch viel zu groß für eine Kurzdarstellung, so daß an dieser Stelle nur Streiflichter aufscheinen.

Am Leitfaden Abb. 31 (S. 69) werden nacheinander einige für die bayerischen Alpen kennzeichnende Standardsituationen besprochen, die sich aus Beobachtungen an 10jährigen Dauerflächen auf mehreren Seilbahngipfeln ableiten. Das umfangreiche Originalmaterial kann hier nicht gebracht werden. Jedoch werden einige Untersuchungsergebnisse aus BERG (1981) als Beleg eingefügt.

- A Alpine Sonderstandorte, auf denen mechanische Einwirkungen des Erholungsverkehrs keine prinzipiell neuen Standorteigenschaften hervorrufen, sind z.B. Schutthalden, Hochwasserbetten, Umlagerungsstrecken in Wildbächen, Bergströme. Deren Bewuchs ist mittels hoher Verbreitungsfähigkeit, rascher Entwicklungszyklen, großer Regenerationsfähigkeit u.dgl. auf Schuttkriechen, Überschüttung und hohe Reibung eingestellt. Mäßiger Tritt wird daher kaum nennenswerte Ökosystemveränderungen auslösen.
- B Auch auf bereits seit langem intensiv beweideten Fettweiden stellt der menschliche Trampeleffekt kein "katastrophales" ökologisches Ereignis dar. Die Veränderungsspanne in Artenspektrum und -mengenbeziehungen beschränkt sich auf die Auslese besonders niedrigwüchsiger, filzartig aufliegender Arten wie *Poa supina*, *Sagina linnaei* oder mechanisch stabiler Rosetten wie z.B. *Plantago major* und *Leontodon autumnale*. Im flachen Gelände ebnet jedoch die Schuhsohle das von den Rinderklauen geschaffene mikrostandörtliche Mosaik ein, so daß die Artenzahl deutlich absinkt und sich das schon von weitem auffallende hellgrüne, blüten- und hochstaudenarme Erscheinungsbild von Trittflächen einstellt.
- C Als deutliche floristische V e r a r m u n g — muß intensiver Tritt auf blütenreichen Extensivweiden oder ausgehagerten Brachflächen empfunden werden. Insbesondere auf rohhumos-trockenen und bodensauren Borstgrastriften und Zwergstrauchheiden werden aspektbestimmende und oft attraktive Zweikeimblättrige wie z.B. Alpenrose, Bartglockenblume, hochstengelige Enziane völlig unterdrückt und Einkeimblättrige wie Borstgras oder Rotes Straußgras einseitig begünstigt (vgl. auch AICHINGER 1933). Wie in Situation B wird die Ersatzvegetation fast ausschließlich aus dem bereits vorhandenen Artenbestand gebildet. Ausnahmsweise bei mäßiger Trittfrequenz können sogar bemerkenswerte Arten gefördert werden, zumal wenn sie - wie z.B. Zarter Enzian und Tauernblümchen - erst "postsaisonal" blühen und fruchten. Vgl. hiermit auch die stellenweise Begünstigung der "vorsaisonal" blühenden Rosettenpflanzen Mehlprimel und Fettkraut auf manchen Trampelpfaden, Baudeufern und Wildwechsellern des Alpenvorlandes.

D Das Sukzessionsgeschehen in A - C wird im wesentlichen durch z w e i funktionell-dynamische Artengruppen bestritten: Ein großer (C) oder kleiner (A, B) Teil der vorhandenen Arten geht zurück bzw. verschwindet; der andere Teil des Artenspektrums tritt dagegen in den Vordergrund (B, C). Wir sprechen von z u r ü c k g e h e n - d e n und b e g ü n s t i g t e n Arten. In Typ D kommt eine d r i t t e Gruppe hinzu: n e u a u f t r e t e n d e Arten durchdringen sich mit dem Restteil der ursprünglichen und kommen bei steigender Belastung zur alleinigen Vorherrschaft. Die Ersatzgesellschaften sind daher optisch und floristisch viel deutlicher abgesetzt als in B und C (vgl. Tab. Nr. 1 (S. 74) aus BERG, 1981 und Abb. 32 (S. 72 und 73) aus RINGLER, 1976).

Abb. 32 zeigt darüber hinaus sehr deutlich:

- Stark unterschiedene Ausgangsgesellschaften (hier: Alpenrosen-Latschenbusch und Borstgrasweide) bedingen auch verschiedene Tritt-Ersatzgesellschaften (*Agrostis tenuis* - *Festuca rubra*-Gesellschaften und *Poa annua*-Rasen).
- Die Trittwirkung der Seilbahntouristen ist sehr scharf durch Gefälleunterschiede räumlich begrenzt. Auf Hangteilen steiler als 7° ist die Trittfrequenz - zumindest am Rauschberggrat - für die Ausbildung von Ersatzgesellschaften bereits zu gering.

E Auf steileren Karbonatrasen und Kalkgipfeln verhindern die Gesteinseigenschaften (kein komprimierbares Mineralgerüst im Oberboden) und die dort spezifisch l o c k e r n d e Trittwirkung die Standortumwandlung zu verdichteten und vernässenden Trittflächen, die Voraussetzung für die Ausbildung von Trittgesellschaften. Somit beschränkt sich die Retrogression auf die sukzessive Auflockerung und Zerstörung des ursprünglichen Artenverbandes. Neue Arten stellen sich kaum ein. Wie im Falle von Überweidung und Abholzung werden die jahrtausendealten Humuskarbonatböden i r r e v e r s i b e l entfernt und selbsttätig eskalierende Erosionsherde geschaffen (vgl. KELCH 1976 und BLECHSCHMIDT 1982). Angesichts der bei uns vorherrschenden reinen Karbonatgesteine ist auf vielen erschlossenen Gipfeln mit weiteren dauerhaft verkahlenden Wundstellen zu rechnen.

In rohhumusanhäufenden Krummholz- und Zwergstrauchbeständen erfolgt die Verkahlung meist noch rascher als in alpinen Rasen, da der trittgelockerte Humus abgeweht wird und der Unterwuchs - durch Entfernen der Latschen seines Austrocknungsschutzes beraubt - entscheidend an Vitalität verliert.

Auch für Borstgrasheiden auf trockenen Grusböden aus Kieselkalk oder Raibler Sandstein gilt der Entwicklungsgang E.

Als Beispiele seien die Tabellen Nr. 2 und Nr. 3 (S. 75 und 76) aus BERG (1981) beigelegt.

F Abwasser-, Abfall- oder Müll-bedingte Aufdüngung erzeugt in verschiedenen (sub)alpinen Beständen einen andersartigen Sukzessionsmechanismus: Ein Großteil der ursprünglichen Arten vegetiert noch eine Zeitlang und läßt durch Überlagerung mit den Düngezeigern die Gesamtartenzahl meist hinaufschnellen, bevor die konkurrenzkräftigen Lägerstauden endgültig ihre Alleinherrschaft antreten. Vgl. Tab. Nr. 4 (S. 77) aus BERG (1981).

Als Gradmesser der floristisch-vegetationskundlichen Verarmung durch den Erholungsverkehr können z.B. in Erwägung gezogen werden:

Abb. 32: Hangneigungskartierung Rauschberggrat (aus RINGLER 1976)

M 1:250






Hangneigung	
0 - 2,5°	
2,5 - 5°	
5 - 7,5°	
7,5 - 15°	
über 15°	



Tabelle Nr. 1 (aus BERG 1981):

Transekte, s. Karte 6		I	II	III	Stelligkeit
		57-75	65-75	72-75	
Trittwirkung in Rastseggenrasen	Aufnahme Nr.	57 58 59 63 64 67 68 71 73 60 61 65 69 72 74 62 66 70 75			
	Höhe x 10	155 155 155 155 155 155 155 155 155 169 169 169 169 169 172 172 172 172			
	Exposition	S SSW S S S S S S W W W W W W S SO SO SO			
	Neigung in °	10 15 10 10 10 10 10 12 10 20 20 20 20 20 20 30 15 20 20			
	Deckung in %	100 100 100 98 100 98 98 85 95 98 100 90 70 85 5 95 80 70 3			
	Fläche in m ²	40 60 25 3 3 2 2 2 2 25 25 3 4 4 4 50 20 6 4			
	Artenzahl	41 43 58 31 32 21 22 17 10 44 67 31 23 19 9 72 44 41 9			
Frühlings-Erzian Gruppe	<i>Gentiana verna</i>	+ + +	+	+	4
	<i>Carlina acaulis</i>	+ + +	+	+	4
	<i>Gentiana pannonica</i>	1	+ 1 * . .	+	4
	<i>Veratrum album</i>	1 + 1	+ 1 * . .	1	4
	<i>Carex ornithopoda</i>	+ + +	+ +	+	6
	<i>Hippocrepis comosa</i>	. . . .	+ . . . .	+ . . . .	6
	<i>Briza media</i>	+ + +	+ +	+	6
	<i>Carex pallescens</i>	1 + +	+	+	5
	<i>Hypericum maculatum</i>	. . 1	1 1	+ +	5
	<i>Vaccinium myrtilloides</i>	1 . 1	+	1	5
	<i>Luzula sylvatica ssp. sieberi</i>	1	+	+	5
	<i>Silene nutans</i>	+	+	+	5
	<i>Gentiana clusii</i>	. . . .	+ . . . .	+ . . . .	5
	<i>Rumex arifolius</i>	. . . .	+ . . . .	+ . . . .	5
	<i>Polygala chamaebuxus</i>	. . . .	+ . . . .	+ . . . .	3
	<i>Botrychium lunaria</i>	+	+	+	3
	<i>Pedicularis rostrato-spicata</i>	. . . .	+ . . . .	+ . . . .	3
	<i>Arabis ciliata</i>	. . . .	+ . . . .	+ . . . .	3
	<i>Heracleum austriacum</i>	. . . .	+ . . . .	+ . . . .	3
<i>Globularia nudicaulis</i>	. . . .	+ . . . .	+ . . . .	2	
<i>Gentiana asclepiadea</i>	+	+	+	2	
<i>Nigritella nigra</i>	. . . .	+ . . . .	+ . . . .	1	
Alpen-Lieschgras Gruppe	<i>Festuca rubra ssp. commutata</i>	1 1 + + + . . .	+ + + + . . .	2a 1	11
	<i>Galium anisophyllum</i>	+ + + + . . .	+ + + + . . .	+ + + . . .	11
	<i>Phleum alpinum</i>	1 1 + + 1 . . .	. . . .	+ 2a + . . .	10
	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1 2a 1 1 2a + . . .	1 1 + . . .	1	10
	<i>Luzula multiflora</i>	+ + + + + . . .	+ + + + . . .	+	9
	<i>Agrostis tenuis</i>	. 1 + 2a 2b + . . .	. . . .	+ + + + . . .	9
	<i>Prunella vulgaris</i>	+ + + 2a 2a . . .	. . . .	+ + + + . . .	9
	<i>Lotus corniculatus</i>	+ + + + + . . .	. . . .	+ + + + . . .	9
	<i>Helianthemum nummularium</i>	+ + + + . . .	. . . .	+ + + + . . .	8
	Rost-Seggen Gruppe	<i>Carex ferruginea</i>	2b 1 2a 2a 2a + 2a .	2b 2b + + . . .	2b 1 + . . .	14
<i>Soldanella alpina</i>		1 1 1 1 1 1 . . .	1 + + . . .	+ + + . . .	13
<i>Potentilla erecta</i>		1 1 + 1 1 + 1 . . .	. . . .	+ + + + . . .	11
<i>Cerastium holosteioides</i>		. + + + + . . .	. . . .	+ + + + . . .	9
Rauher Löwenzahn Gruppe	<i>Leontodon hispidus</i>	+ 1 2b 1 . 2a 2a + . . .	+ 1 + + + . . .	1 1 1 * . . .	16
	<i>Trifolium pratense</i>	1 1 1 + 1 + + + . . .	+ + + + + . . .	+ + + + . . .	16
	<i>Potentilla aurea</i>	+ + + + + + . . .	+ + + + + . . .	+ + + + . . .	15
	<i>Achillea millefolium</i>	+ + + + + + . . .	. . . .	+ + + + . . .	14
	<i>Nardus stricta</i>	2a 1 1 1 2a 3 2a 1 . . .	+ 1 + . . .	+	12
Berg-Wegerich Gruppe	<i>Polygonum viviparum</i>	. . . 1	+ + + + + . . .	+ + + + . . .	10
	<i>Plantago atrata</i>	1 2a 1 2b 2a 2a 2a . + 1 1 1 2b 1 * 1 2a 2b + . . .	. . . .	. . . .	18
	<i>Alchemilla vulgaris</i>	+ + + + + . . .	+ + + + + . . .	+ + + + . . .	18
	<i>Poa alpina</i>	1 1 2a 1 . + 1 + . . 1 2a 2b 2b 1 + 2a 2a 1 + . . .	. . . .	. . . .	17
	<i>Ranunculus montanus</i>	+ + + + + . . .	+ + + + + . . .	+ + + + . . .	16
	<i>Deschampsia cespitosa</i>	1 1 2b 1 2a . 1 1 + 2a 2a . + . 1 1 1 * . . .	. . . .	. . . .	15
Kriech-Klee Gruppe	<i>Festuca alpina</i>	. + . 1 + 1 2b 1 . . .	. . . .	2a 2b 2b * + 1 2b * . . .	14
	<i>Cynosurus cristatus</i>	1 1 + . 1 + 1 + . . .	. . . .	. . . .	11
	<i>Trifolium repens</i>	. . . 1 2a . 1 . + . + . . .	+ + . . .	+ 2b 1 + . . .	10
	<i>Poa annua</i>	. . . . + 4 5 . . .	. . . .	. . . .	7
	<i>Plantago major</i>	. . . . + 1 2a . . .	. . . .	. . . .	7
	<i>Bellis perennis</i>	. . . . + . . .	. . . .	. . . .	7
<i>Taraxacum officinale</i>	. . . . + . . .	. . . .	. . . .	6	

Drei Transekte I - III wurden vom unbelasteten Bereich (in der Tabelle jeweils links) zum Störungszentrum (Trampelpfad) gelegt. Der Ersatz der ursprünglichen Vegetation durch tritt-tolerante bzw. ausgesprochen trittanzeigende Arten ist anhand der "Trennarten-Treppe" von links oben nach rechts unten deutlich zu erkennen.

Tabelle Nr. 3 (aus BERG 1981):

Trittwirkung in Blaugras-Horst-seggenhalde	Aufnahme Nr. Höhe ü. NN × 10	Exposition	Neigung in °	Deckung in %	Fläche in m ²	Artenzahl	Trittslufen		offener Gras	Stiege Nr.						
							un belastet	belastet								
Bärenklau-Gruppe																
<i>Heracleum austriacum</i>	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
<i>Phleum hirsutum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polygonum amara</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pedicularis rostrato-capitata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Erica carnea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nigritella nigra</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Globularia hederaculis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carex ornithopoda</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rhinanthus aristatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Licetium bifidum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gentiana clusii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gentiana verna</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnadenia odoratissima</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Valeriana saxatilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Juncus trifidus</i> sp. hostii	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polygonum chamaebuchus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Leontodon incanus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pedicularis rostrato-spicata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dianthus superb.</i> sp. speciosus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Gymnadenia conopsea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Glänzende Skabiose Gruppe																
<i>Scabiosa lucida</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Silene cucubalus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trifolium pratense</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Potentilla erecta</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Myosotis alpestris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Primula auricula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stachys alpestris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phyteuma orbiculare</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Anthrillius vdn.</i> sp. alpestris	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ranunculus montanus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Campanula scheuchzeri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Asier bellidiflorum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carex sempervirens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carduus defloratus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lotus corniculatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Helianthemum hummular.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Buphtalmum salicifolium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Calamagrostis varia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Horst-seggen-Gruppe																
<i>Sesleria varia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Galium anisophyllum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hieracium villosum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Calamintha alpina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thymus serpyllum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Roa alpina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Linum catharticum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chrysanthemum halleri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Keckera saxatilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Globularia cordifolia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Achillea clavata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Androsace chamaejasme</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Agrostis alpina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Euphrasia salisburgensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dryas octopetala</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Silene acaulis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carex firma</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Erigeron polymorphus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carex mucronata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Festuca pumila</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chamorchis alpina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Plantago atrata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carex ferruginea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pimpinella major</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Senecio abrotanifolius</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Apocynis foetida</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rhododendron hirsutum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Mercurialis perennis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Thesium alpinum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carlina acutis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hippocrepis comosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Biscutella laevigata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Arabis ciliata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Festuca alpina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Festuca calyculata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tofieldia calyculata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Solidanella alpina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Selaginella selaginoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hieracium verna</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polygonum viviparum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ranunculus hybridus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Leontodon hispidus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Auch hier endet die Tritt-Degradation in einer nackten Karbonatfels- oder -schuttfläche ohne Ersatzgesellschaft. Die Tabelle zeigt einen Gradienten steilerer Trittintensität von links nach rechts.

Bei der Schadensbeurteilung geplanter oder bestehender Erschließungs- und Fremdenverkehrsförderungsprojekte empfiehlt sich eine Aufgliederung des betroffenen Gebietes in

1. "Sichere Nischen"
Für den Massentourismus kaum erreichbare Extremstandorte, z.B. Felswände, Schluchten, Höhlen, unwegsame Karrenfelder, steile Hänge.
2. Bereiche mit direkter Einwirkung (zugänglich, erschließbar)
Dabei sind bevorzugte Aufenthaltsflächen wie flache Kämme, Sättel, Joche, Plateau- und Aussichtsgipfel, Karböden, Bergseeufer usw. von Geländeabschnitten mit eingeschränkter Attraktivität und Erreichbarkeit umgeben (z.B. nicht zu steile Bergflanken in Kammnähe, Hangschultern, etwas weiter entfernte Gratlagen), die immerhin noch von ausscherehenden Touristen mit zusätzlichen Interessen belastet werden (z.B. Kinder, Hunde, Blumensucher und Fotografen).
3. Bereiche mit indirekter Einwirkung (Folgewirkungen)
Dazu gehören die zuführenden Straßen und Autobahnen mit ihren grundwasser-, gewässer-, vegetationsverändernden sowie schadstoffbelasteten Begleitstreifen, die Einschwemmungsbereiche von Abwassererrieselungsfeldern und Deponien, durch Versickerung in den Berglagen eutrophierte Talquellbereiche, infolge massentouristischer Behinderung brachgefallene Almen oder Almteile, Auswirkungen der durch unvorsichtigen Pistenbau ausgelösten Lawinen und Bergrutsche.

Das Verhältnis der Flächen 1, 2 und 3 ist in jedem Erschließungsgebiet anders; es hängt sehr stark von der geologisch-geomorphologischen Struktur ab. Grobe Anhaltspunkte bieten dabei die folgenden Orientierungssätze:

- Je komplizierter der tektonische Bauplan (mithin das Nebeneinander oft sehr unterschiedlicher Gesteinsarten), desto höher die Reliefteiligkeit und die Verästelung des Stromes der Bergbesucher auf Einzelstandorte. Viele für das Massiv singuläre Kleinstandorte fallen in den Koinzidenzbereich mit dem Besucherstrom (z.B. Dolomithöcker am Torrener Joch beim Jenner, kleine Felsköpfe am Grünen).
- Je höher der Anteil weich und tiefgründig verwitternder Mergel- und Sandsteine (= Anteil der "einladenden" Geländeabschnitte), desto geringer ist der Anteil "sicherer Nischen" für die Vegetation; umgekehrt steigt mit dem Anteil der Hartkalke (z.B. Wettersteinkalk) der Umfang schwer zugänglicher Geländeabschnitte. Auf Hartkalkmassiven sind die potentiellen Aufenthaltsflächen somit viel schärfer begrenzt und kleinflächiger (z.B. Westl. Karwendelspitze). Die Wahrscheinlichkeit, daß etwas für das ganze Massiv Einzigartiges zerstört wird, ist also geringer.
- Die "Eutrophierbarkeit" (Aufdüngungsneigung) der Pflanzenstandorte ist auf den tonreichen Verwitterungsböden der Mergelgesteinsgruppen (z.B. Raibler-, Kössener-, Allgäuschichten) aus chemischen Gründen i.a. viel größer als auf reinen Karbonatverwitterungs- oder gar Karbonatfelsbereichen. Dies darf natürlich nicht zur Bevorzugung auswaschungsgefährdeter Karstfelder für Deponien und Abwasserausbringung führen!

Auf die Abgrenzung der (potentiellen) Einwirkungsbereiche folgt die räumliche Bestandsaufnahme schutzwürdiger Vegetationseinheiten und Pflanzenvorkommen. Je mehr solcher Vorkommen a u ß e r h a l b

alpino-alpischen Pflanzenarten auf diesen spezifischen Gratfluren zusammengedrängt, droht die Auslöschung eines ganzen Florenelements (vgl. hiermit auch das floristische Risiko des Schafauftriebs).

Noch unverhältnismäßiger ist die Beziehung zwischen belasteter Fläche und eintretender Wirkung im Hinblick auf die Erliebarkeit der alpinen Pflanzenwelt für den Menschen. Da der Reichtum dieses Pflanzenlebens sich dem Bergwanderer nur entlang der Wege und Kämme erschließt, sind die ausgedehnten Bestände in den Steiflanken und Felslagen subjektiv kein Ersatz für die durch Erschließungsprojekte eingetretenen oder ausgelösten Verluste. Wir unterscheiden daher "objektive Verluste" (das Verschwinden aus dem ganzen Berggebiet oder eine Reduktion der Populationen) von "subjektiven Verlusten" (dem Rückzug der Art aus dem zugänglichen Bereich).

Zum Thema des Vortrages gehören die durch den alpinen Fremdenverkehr in den Talalagen und im Vorland auf indirektem Wege bzw. über Rückkopplungsmechanismen hervorgerufenen Vegetationseinflüsse.

Einige Beispiele seien näher erläutert:

Ohne Fremdenverkehrssteigerung im Kleinen Walsertal (die auch mit neuen Hochlagenerschließungen zusammenhängt), wäre die neue Tangente westlich von Oberstdorf wohl kaum gebaut worden. Mehrere Zwangspunkte machten dabei die Zerstörung des Jauchenmooses unvermeidbar. Mit den zerstörten Teilen dieses Flachmooses verschwanden auch die letzten Bestände der Eiszeitrelikte *Eriophorum gracile*, *Carex heleonastes*, *Carex chordorrhiza* und *Meesia triquetra* aus dem Iller-Haupttal.

Ausschwemmungen oder Schadstoffeinflüsse aus dem Bankett der "Erholungsautobahn" München-Garmisch waren wohl die Ursache für das Verschwinden von *Carex heleonastes* aus dem Mörlbacher Moor während des vergangenen Jahrzehnts. In anderen, von dieser Autobahn durch- oder angeschnittenen Mooren wurden vielfältige Vegetations- und Florenveränderungen (z.B. auch durch Fortpflanzung von Sprengwellen) ausgelöst.

Noch weniger überschaubar sind landeskulturell wirkende Synergismen zwischen Wirtschaft und Naturhaushalt, in denen der Fremdenverkehrs- und Naherholungsausbau eine wesentliche auslösende Rolle spielt. Solche Auswirkungen können von erheblich größerer Tragweite für die Vegetation sein als die direkten Effekte des Tourismus. Als Beispiele seien die Wirkungskette Tourismus \rightarrow Personal- und Zeitverknappung in der Landwirtschaft \rightarrow Umwidmung von Rinder- auf Schafälpeung \rightarrow höherer Gastviehanteil auf der Alm/Alpe (weniger Pflege) \rightarrow Ablenkung des Almpersonals von seinen almpflegerischen durch gastronomische Aufgaben

und die Wirkungskette Erschließungstrassen \rightarrow Abschneiden bzw. Bewirtschaftungerschwernis auf Weideflächen \rightarrow Brachfallen bzw. Unterbestoß \rightarrow Folgen für Erscheinungsbild und Bodenabtrag erwähnt.

So ist es wahrscheinlich, daß der zunehmende, z.B. auf dem Friederplateau und im Sonnenberggebiet eutrophierend und devastierend wirkende Schafauftrieb des Ammergebirges wesentlich durch touristische Umwidmung von Talbetrieben mitbedingt ist (neben herkömmlichen genossenschaftlichen Weideformen).

Auch durch Verdrängen des störanfälligen, kaum betreuten Jungviehs in die Weidewälder bzw. Waldweiden leistet der Sommertourismus einen

- BRAUN-BLANQUET, J. & JENNY, H. (1926):
Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. - Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. 63
- CERNUSCA, A. (1977):
Skipisten gefährden die Gebirgslandschaft. - Umschau 77 (4)
- DANZ, W. (1979):
Zur Funktion des Alpenraumes in der europäischen Raumordnung. - Schriftenreihe d. Alpeninst. 9
- DANZ, W. et al. (1975):
Integralsanierung Rotwandgebiet. - Schriftenr. Alpeninst. 1
- DICKENMANN, R. (1982):
Cyanogenesis in *Ranunculus montanus* s.l. from the Swiss Alps. - Ber. Geobot. Inst. ETH (Stiftg. Rübel) 49
- FEIL, R. & KOHLER, U. (1981):
Änderungen des ökologischen Standortgefüges durch das Anlegen von Skipisten. - Seminararbeit Vegetation der Alpen (Agerer u. Kramer), Univers. Tübingen
- GIGON, A. (1975):
Über das Wirken der Standortsfaktoren; kausale und korrelative Beziehungen in jungen und in reifen Stadien der Sukzession. - Mitt. Eidgen. Anst. forstl. Versuchswes. 51 (1)
- GIGON, A. (1980):
Koexistenz von Pflanzenarten, dargelegt am Beispiel alpiner Rasen. - Verh. Ges. Ökol. (Berlin 1980), IX, 1981
- GRABHERR, G. (1978):
Schädigungen der natürlichen Vegetation über der Waldgrenze durch die Anlage von Skipisten und deren Fähigkeit zur Regeneration. - Tag.ber. "Begrünung von Skipisten" ANL (Laufen)
- HARPER, F.C. et al. (1961):
The forces applied to the floor by the foot in walking. - Res. Pap. natn. Bldg. Stud. 32
- JENNY, H. (1941):
Factors of soil formation. - McGraw Hill: New York u. London
- KARAMERIS, A. (1982):
Analyse und Prognose der Erholungsnachfrage in Wäldern. Forstl. Forsch.ber. München 50
- KASHIMURA, T. & TACHIBANA, H. (1982):
The vegetation of the Ozegahara Moor and its conservation. - In: Ozegahara: Scientific Researches of the Highmoor in Central Japan
- KELCH, G. (1976):
Bodenabtrag im Kampenwandgebiet. -Dipl.arb. Geogr. Inst. d. LM-Univ. München
- KELCH, G., DREXLER, O. & W. ZECH (1980):
Über den Bodenabtrag im Kampenwandgebiet. - Zt. f. Geomorphologie

- RINGLER, A. et al. (1979):
Zur Umweltsituation der DAV-Hütten. - Gutachten im Auftrag des deutschen Alpenvereins, Alpeninstitut
- RINGLER, A. & A. ENGLMAIER (1982):
Umweltsituation der bayerischen Almen und Alpen. - Projektber. i.A. d. Bayer. Staatsmin. ELF, Alpeninstitut
- ROETHER, V. (1976):
Landschaftsplan Feldberg. - Mittl. forstl. Versuchs- u. Forsch.anst. Bad.-Württ. 74
- SCHAUER, Th. (1981):
Vegetationsveränderungen und Florenverlust auf Skipisten in den bayerischen Alpen. - Jb. Ver. Schutz Bergwelt Jg. 1981
- SEIBERT, P. (1974):
Die Belastung der Pflanzendecke durch den Erholungsverkehr. - Forstwiss. Cbl. 93
- SIEBECK, O. (1982):
Der Königssee. Eine limnologische Projektstudie. - Nationalpark Berchtesgaden, Forschber. 5
- SPATZ, G. (1978):
Die Beeinflussung des Artengefüges einer Almweide im Bereich der Schiabfahrt Stubnerkogel. - In: Ökol. Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. - Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramm Hohe Tauern 2
- SPEER, F. (1976):
Skilauf am Brauneck aus landschaftsökologischer Sicht. - Seminararb. Lehrst. Landschaftsökol. TUM
- UTSCHIK, H. (1976):
Die Wasservögel als Indikatoren für den ökologischen Zustand von Seen. - Verh. Orn. Ges. Bayern 22 (3/4)
- WANDERKA, H. (1975):
Die Behandlung von Hepatopathien in der Rinderhaltung mit einem Leberschutzpräparat aus der Humanmedizin. - Der prakt. Tierarzt 8

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Biologe Alfred Ringler
Alpeninstitut für Umweltforschung
und Landesentwicklung
Schieggstr. 21
8000 München 71