©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

VERÄNDERUNGEN DER PFLANZENWELT IM GEBIRGE DURCH FREMDENVERKEHR 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 verblassen die 1978 etwa 10 000 Himalaya-Trekker, 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 S o m m e r vor allem auf die Gipfel- und Kammbereiche, im W i n t e r 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 Schliffflächen
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

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

1. Tourismus im alpinen Ökosystem

Wegen ihrer Allgegenwärtigkeit ist die Pflanzendecke Betroffener und Anzeiger aller Landschaftsveränderungen durch Fremdenverkehr und Erholung. Für das Verständnis der q u a n t i t a t i v e n Vegetationsveränderungen ist daher ein Blick auf das gesamte Beziehungsgefüge zwischen Erholungswesen und Gebirgslandschaft unerläßlich.

Abb. 1 (S. 27) schematisiert dieses Beziehungsgefüge durch Betonung der Energie- und Materieströme.

Wie der (Welt-)Handel leistet auch das Reise- und Naherholungswesen einen Beitrag zum Wirksamwerden von Stoffen und Energiebeträgen w e i t e n t f e r n t von der Ursprungsstelle. Nord-Süd-Autobahnen und andere alpenwärts gerichtete Verkehrswege übernehmen den An- und Abtransport aus dem Gebirgsumfeld, Seilbahnen und Wege den Transport zwischen Tal- und Berglagen.

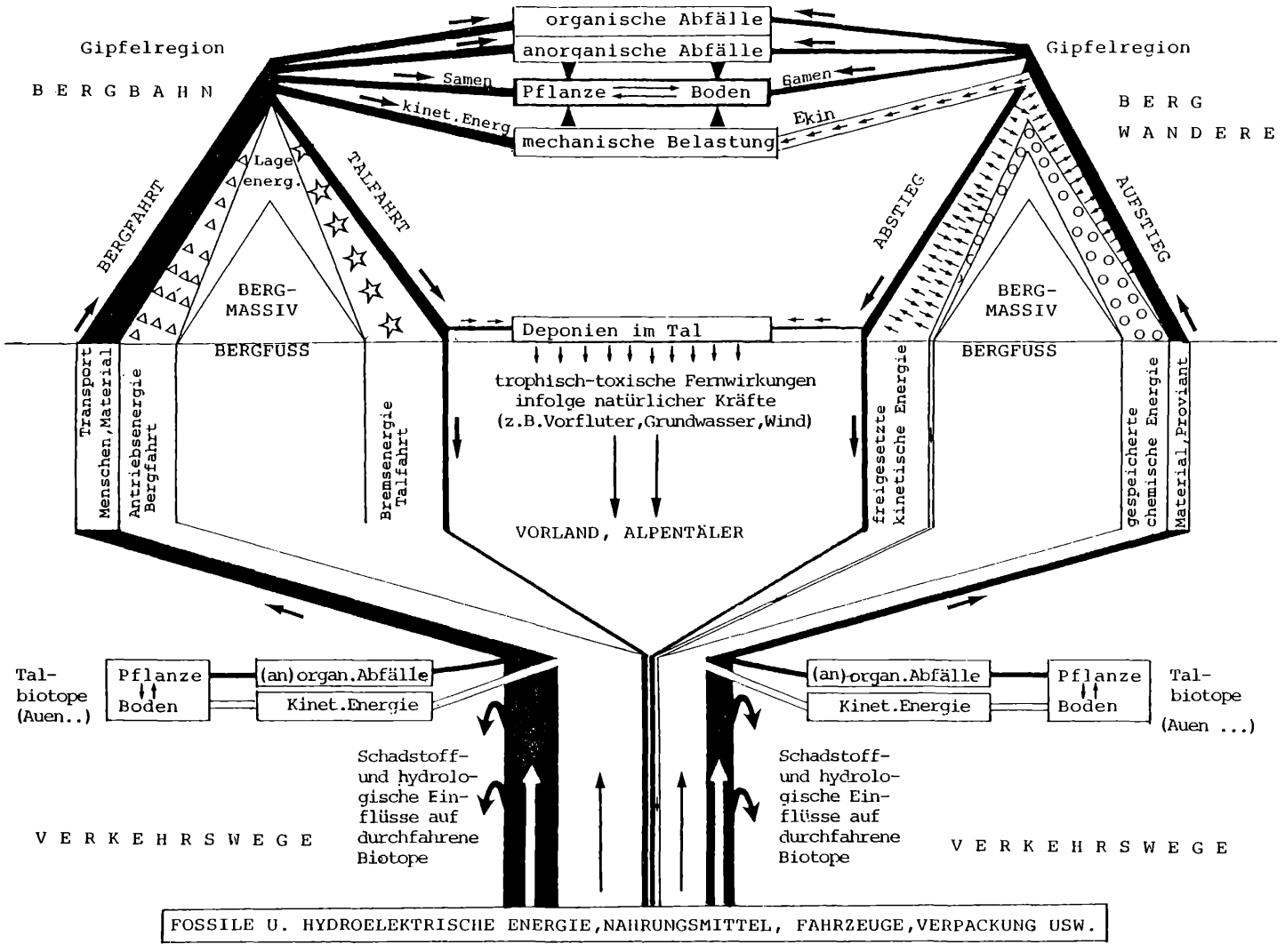
Je mehr Erholungsuchende sich z u s ä t z l i c h zur einheimischen Bevölkerung im Gebirgsraum aufhalten, desto intensiver ist der parallele gebirgswärtige Güterstrom zur Versorgung der Gäste. Dem Ferienreiseverkehr gen Süden muß daher ein entsprechender Tross an "Brummis" vorhergegangen sein bzw. parallelgehen. Im Gegensatz zum Urlauberreiseverkehr sind bei den in den Gebirgsorten meist unbeliebten Tagesausflüglern und den "Mitbringversorgern" unter den Caravanisten und Zweitwohnungsinhabern der "Menschenstrom" und der Güterstrom in e i n e m Fahrzeug vereinigt. Nach Ansicht des Fremdenverkehrsgewerbes und der Gastronomie tun diese Gruppen zu wenig für den Umsatz der Alpenorte.

Als Philipp Apian, Wilhelm von Gümbel, Ludwig Richter und Viktor von Scheffel die bayerischen Alpen bereisten, ernährten sie sich und ihre Zug- bzw. Reittiere mit dem Aufwuchs des Gebirges und dessen Veredelungsprodukten, letztlich also allein aus der im Gebirgsökosystem umgesetzten Sonnenenergie. Die "Apians" und "Steubs" von heute sind zu zahlreich und anspruchsvoll, um sich in die begrenzten Stoff- und Energiekreisläufe der Gebirgslandschaft einzugliedern. Auch wenn sich die ca. 300 000 in Oberammergau jährlich ankommenden Übernachtungsgäste (Wohnbevölkerung: 5 000) ausschließlich von Selbstgesammeltem, von Bergmilch und Bergkäse ernähren und nur Pestwurzblätter zum Einwikkeln verwenden wollten, sie könnten es nicht: die Gebirgslebensgemeinschaften würden unter dem Nutzungsdruck zusammenbrechen. Nicht einmal dort, wo sich die Liebe des Touristen zum Gebirglertum am heftigsten äußerte, auf den Almen also, wird mehr Bergmilch ausgeschenkt. Ihre Nachfolge haben seit der Umstellung auf Jungviehälpung "Tieflandsbier" und Coca-Cola angetreten. Das Eindringen der "McDonald's-Eßkultur" in die Alpentäler endlich machte den Zustrom alpenfern produzierter Nahrungsmittel auch äußerlich sichtbar.

Dem Güter- bzw. Energiezustrom steht kein entsprechender Rückstrom gegenüber: Kfz-Abgase, Öl- und Treibstoffrückstände und andere verkehrsbedingte Schadstoffe, Verpackungsmaterialien und andere Rückstände verbleiben im Gebirgsraum, erzeugen ordnungsgemäße (z.B. gemeindliche Mülldeponien), "wilde" (z.B. auf Berggipfeln verbrannte Autoreifen, Privatdeponien von Hütten) und latente Ablagerungsstellen (z.B. steigender Salz- und Fremdstoffspiegel in Straßenrandbiotopen).

Das wachsende Rückstandsdepot wird ergänzt durch die den menschlichen Verdauungstrakt passierenden organischen Schmutzstoffe (durchschnittlich 54 g/Person und Tag) mit ihrem hohen Anteil pflanzenverfügbarer Nährstoffe. Durch Exkremente im Gelände und Abwasserproduktion

Abbildung 1: Energie- und Stoffströme im Gebirgstourismus



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

trägt der Bergtourist dazu bei, den auf Verkehrswegen kanalisierten Stoff- und Energiezustrom im Berggebiet aufzufächern und zu verästeln (Vorfluterbelastung durch Kläranlagenablauf und Überlaufen von Mischkanalisationen, Abwasserfahnen unterhalb von Hütten und Almen, diffuse Eutrophierung von Gipfelfluren, Auen und anderen Aufenthaltsstellen). Beispielsweise steigt der Abwasseranfall Rottach-Egerns in der Hochsaison auf das Doppelte der Grundbelastung.

Wer den menschlichen Ausscheidungen die unzähligen Kuhfladen gegenüberstellt, dem ist entgegenzuhalten: Tierkot besorgt lediglich eine räumliche Umverteilung der in alpinen Böden bereits vorhandenen Nährstoffvorräte (Ausnahme: mineralgedüngte Almen), Menschenkot ist dagegen Endglied von Nährstoff-Importen von a u ß e r h a l b der Berglandschaft. Rindernahrung erzeugt außerdem keine Rückstände in Form von Verpackungsmaterial, das unzersetzt im Gebiet verbleibt (Ausnahmen: Mineraldünger- und Futtermittelzukauf).

Durch Tourismus und auch Naherholung erhöhte Fremdstoffdepots geraten in Konflikt mit der Funktion des Alpenraumes als "Ausgleichsraum" Mitteleuropas. Da nitrophile Staudenfluren anstelle nährstoffarmer Enzianwiesen und Müllverbrennungsanlagen in Berg-Talwind-Kanälen nicht zur Attraktivität beitragen, beißt sich hier der Erholungsverkehr "selbst in den Schwanz". Mit der saisonal emporschnellenden Trinkwasserförderung und damit einhergehenden Ausweitung der Absenkungstrichter können ökologische und visuelle Entwertungen von Tal-Feuchtbiotopen verbunden sein (z.B. im Ammertal oberhalb Oberammergau). Die Rückwirkungen können sich über die Abwasserbelastung aber auch auf das Vorland erstrecken:

Der im Alpenraum vorbelastete Fluß kann außeralpin weniger zusätzliche Schmutzstoffe aufnehmen und begrenzt indirekt die dortige Siedlungskapazität. Die hohe Saisonbevölkerung Oberammergaus ist z.B. ein wesentlicher Grund dafür, daß auf den Kiesfluren des Ammerdeltas am Ammersee keine magerkeitsbedürftigen alpinen Schwemmlinge mehr, sondern nitrophile Staudenfluren aufkommen; andererseits trägt sie zur Produktivitäts- und damit auch Wasservogelvermehrung im Ammersee bei (vgl. UTSCHIK 1976).

Die stark reliefierte und gekammerte Gebirgslandschaft setzt den fremdenverkehrsmitbedingten Stoff- und Energieströmen viele Hindernisse in den Weg (z.B. unergründliche Talsümpfe in Autobahntrassen, Bergflanken in Energietrassen). Deren Bewältigung ist mit meist erheblichen Seitenwirkungen in durchschnittene Lebensgemeinschaften hinein verbunden. Z.B. beeinträchtigt die durch sommerliche Reise- und Ausflugsverkehrsspitzen unumgänglich gewordene Südumgehung von Bad Tölz das große Kalkflachmoor am Stallauer Weiher in seinem Kern.

Die starke Abhängigkeit des Bergerholungsverkehrs von technischen Erschließungen hat auch einen Vorteil gegenüber der "Flachlanderholung": Mit der Entscheidung der Genehmigungsbehörden über Bau und Trassierung einer Seilbahn, einer Bergstraße oder einer Piste, mit der Wegeausweisung durch das Nationalparkamt oder mit dem Alpenplan der Bayerischen Staatsregierung wurde und wird über das "ökologische Wohl und Wehe" ganzer Bergstöcke entschieden. Denn ohne Seilbahn befinden sich auf dem Gipfel nur einige vom Aufstieg ausgepumpte Wanderer, mit Seilbahn tummeln sich dort unzählige Menschen mit unverbrauchten Energievorräten und entsprechendem Bewegungsdrang. Die Steuerbarkeit der Erholung ist mithin größer.

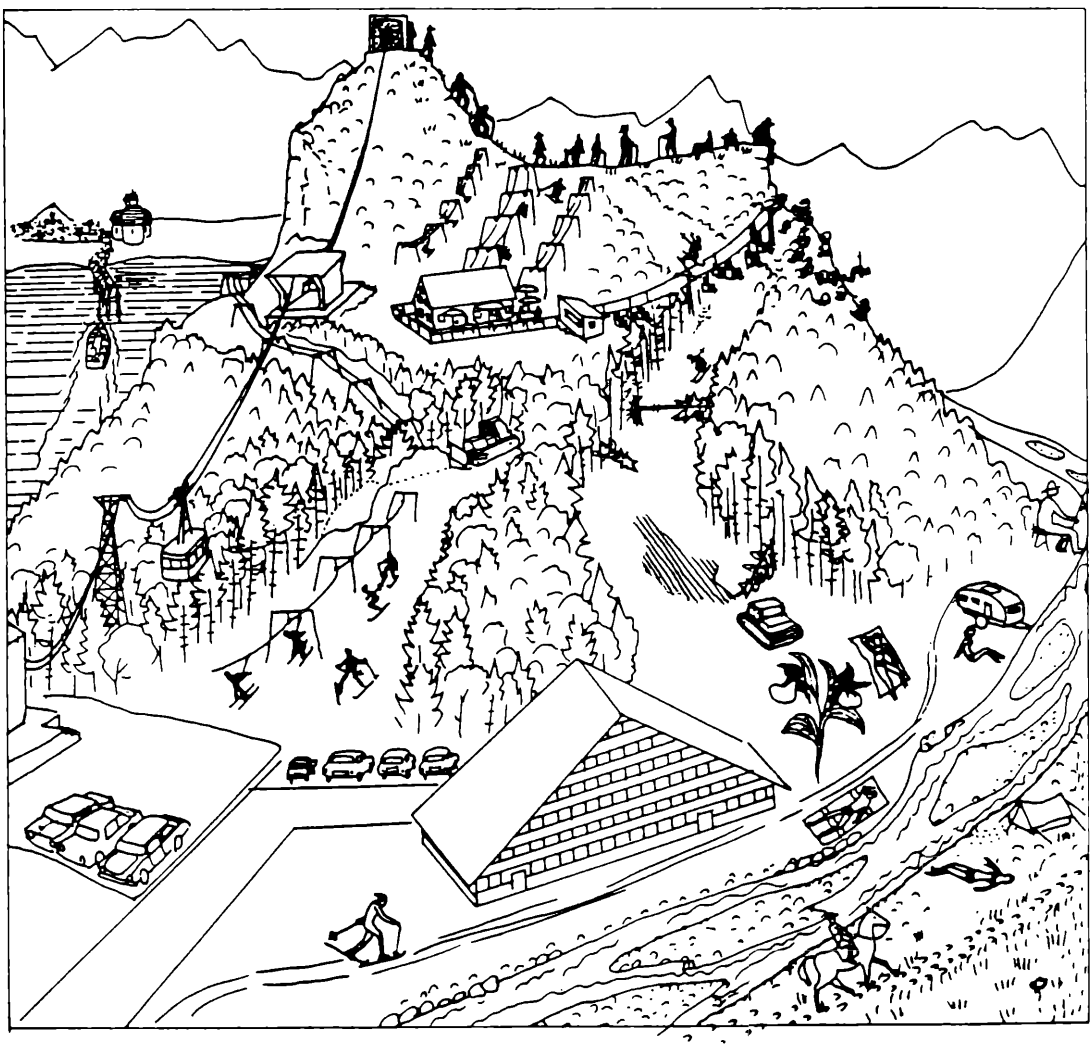
©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Zum Verständnis von Abb. 1 bleibt anzumerken: Das Auskeilen der Spalten "Antriebsenergie Bergfahrt" und "Bremsenergie Talfahrt" symbolisiert den V e r b r a u c h der Gesamtenergiemenge für 1 Bergfahrt bzw. das Auflaufen der durch Bremsung der Kabinen freigesetzten Wämeenergie.

Ein anschauliches Gegengewicht zur abstrakten Abb. 1 bildet Abb. 2. Dieses Schaubild eines fiktiven Voralpenmassivs vereinigt winterliche und sommerliche Freizeitaktivitäten mit den dazugehörigen Eingriffen.

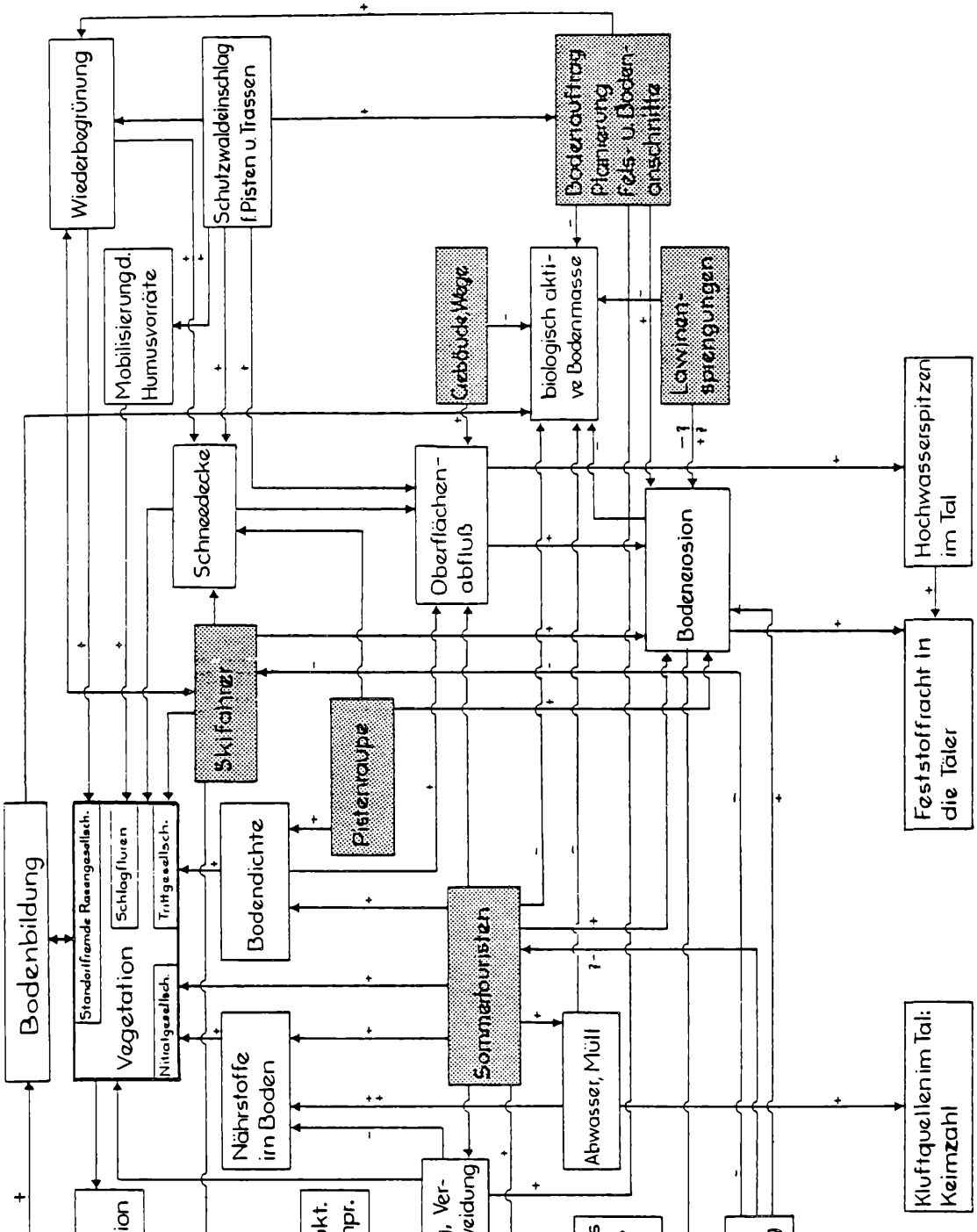
Abb. 3 (S. 30) endlich faßt die von den Belastungsimpulsen Sommertouristen und Bergwanderer, Geländebewegungen, technische Anlagen, Pisten- und Geländesicherungsmaßnahmen (punktiert!) ausgehenden Wirkungen im alpinen Ökosystem zusammen.

Abbildung 2: Belastungsimpulse auf ein Voralpenmassiv



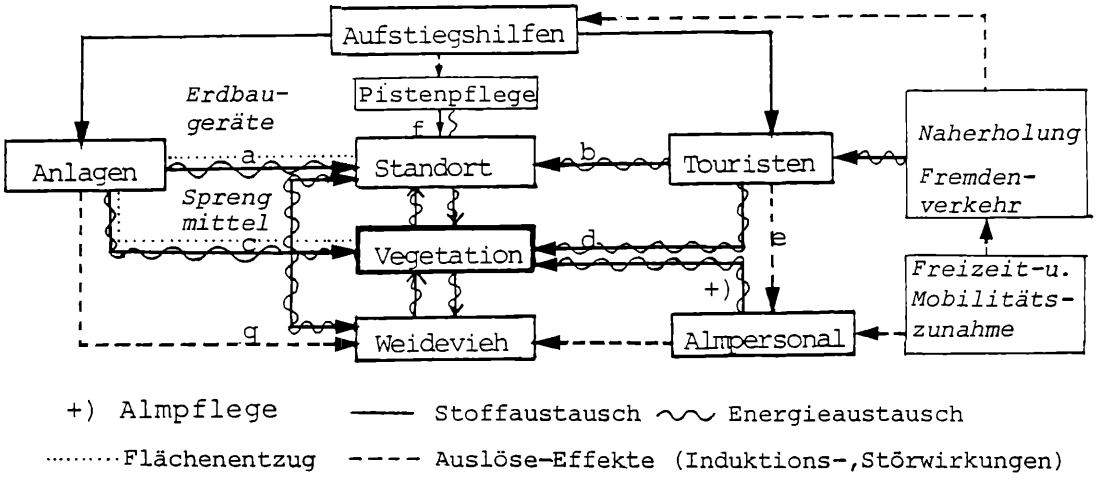
©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Stark vereinfacht lautet das Wirkungsdiagramm folgendermaßen (Abb. 3'):



2. Zur Quantifizierung der Belastungsimpulse

Erst die quantitative Betrachtungsweise läßt uns die Wirkungen auf die Vegetation verstehen. Dabei ist in Stoff-Zufuhr, Energie-Zufuhr, Flächenentzug und Auslösemechanismen zu gliedern. Die Wechsel- bzw. Einwirkungen a - f in Abb. 3' werden nacheinander mit Mengenangaben bzw. Fallbeispielen belegt, die leider nur größenordnungsmäßige Anhaltspunkte, aber keine zuverlässigen Gesamt- oder Mittelwerte liefern können.

So wie der Lichtstrom aus gleich großen Elementareinheiten (Photonen) besteht, läßt sich auch der "Erholungsstrom" in "Wirkungsquanten" gliedern, die in ihrer Summenwirkung bestimmte Symptome in Gebirgslandschaft und Vegetation hervorrufen.

2.1 Stoffaustausch im Gefolge des Gebirgstourismus

2.1.1 "Wirkungsquanten"

a/c Anlagen ➡ Standort/Vegetation

Bodendruck eines mittl. Raupenschleppers für alpine Erdbauarbeiten: 40 kg/dm² (vgl. Klauendruck einer Kuh: 350 kg/dm²) (CERNUSCA 1977)

Durchschnittl. Trassenbreite für Aufstiegshilfen:
Kleinkabinenbahn 10 m, Sesselbahn 8 m, Schlepplift 4-5 m (SPEER 1976)

Mittlere Pistenbreite: 30 - 60 (-100) m (ÖIR 1978)

Brutto-Geschoßflächenbedarf (= überbaute Fläche) für 1 Gästebett: 35 - 40 m² (PHILIPP 1974);

b/d Touristen/Bergwanderer ➡ Standort/Vegetation

Abwasseranfall je Hotelgast: 500 l/Tag (LAUTRICH & PECHER 1974)

Nährstoffausscheidung aus menschl. Stoffumsatz:
13 g N/Tag; 1,9 g P/Tag

3 Besucher entsprechen 1 Einwohnergleichwert (SIEBECK 1982);

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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 P_2O_5 u. 120 kg K_2O (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: $CaCl_2$, NaCl, $(NH_4)_2SO_4$, Nitrophoska, P_2O_5 und Phosphate, K_2O, 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 O_2 am Sauerstoffvorrat dieses meromiktischen (umtauscharmen) Gebirgssees zehren würde (SIEBECK 1982).

Fallbeispiel Nationalpark Berchtesgaden: Die Frequentierung der 4 Zugangskorridore Jenner, Königssee, Wimbach- und Hirschbichltal 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.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Etwa 14,4 % der Besucher halten sich auch in den Sichtschneisen a b s e i t s der 4 Wanderrouten in einer mittleren Entfernung von 30,4 m vom Weg auf, belasten also die naturnahe Vegetation unmittelbar. Die Sommerbelastung ist 5,2 mal höher als die winterliche.

Fallbeispiel Hindelang: Auf den Parkplätzen des hinteren Ostrachtales wurden 1970 zeitweise weit über 2 000 PKW/Tag gezählt. Im Umkreis von 50 m um die Parkplätze zur Ostrach hin wurden in den Bodenproben deutliche Altöl- und Schwermetallansammlungen festgestellt (WANDERKA 1975). Entlang des 2 000 m langen Weges zur oberwärts gelegenen Älpe-Alpe wurden an 1 Tag 239 frische Notdurftstellen ermittelt (WANDERKA 1975). Die Parkplätze auf den Alpweiden bei Oberjoch waren 1971 mit rd. 300 PKW und Bussen werktags und bis zu 1 000 PKW und Bussen feiertags besetzt.

Fallbeispiel Vilsalpsee: Zwischen dem mit 800 PKW und Bussen besetzten Parkplatz und dem Rauhhorn zählte WANDERKA (1975) 421 Notdurft und 46 heurige Feuerstellen, die im 30 m-Umkreis mit Dosen und Glassplittern "garniert" waren.

Fallbeispiel DAV-Hütten: Die insgesamt 430 DAV-Hütten bieten insgesamt 20 000 Übernachtungsplätze (SÜDDT. ZTG. v. 18.8.1980). Von den 194 untersuchten Unterkunftshäusern fielen 4/36 in die Kategorie 5 000 - 10 000 Nächtigungen/Tagesgäste, 7/13 in die Kategorie 10 000 20 000 und 0/5 hatten mehr als 20 000 Übernachtungen/Tagesgäste aufzuweisen (RINGLER et al. 1979). In der schon erwähnten Jamtalhütte wird z.B. 18 000 x übernachtet.

Fallbeispiel Almen/Alpen in Bayern: Insgesamt 85 (6,8 %) der bayer. Almen/Alpen beherbergten 1976 1 400 Gäste, 500 (40 %) waren im Winter vermietet, rund 200 auch im Sommer (RINGLER & ENGLMAIER 1982). Auf insgesamt 291 von etwa 1 250 bayer. Almen/Alpen wurden Anbrüche und Überschüttungen im Zuge des Pisten- und Wegebaues festgestellt; auf 127 Almen/Alpen waren hauptsächlich pistenbedingte Planierungsschäden (Bodenverwundungen, Umlagerungsstellen) zu verzeichnen (RINGLER 1977). Im Alm-Ökosystem Kampenwand blieben in einem Luftbildvergleich über 1 Jahrzehnt 72,8 % der aufgeforsteten, 63,1 % der beweideten, aber nur 25,9 % der t o u r i s t i s c h beeinflußten Testflächen unverändert, d.h. die Erosionszunahme war im Tourismusbereich weitaus am größten (KELCH, DREXLER & ZECH 1979).

Beispiele aus einzelnen Erschließungsgebieten:

Die Jennerbahn/Königssee beförderte seit 1953 mehr als 8 Mio. Gäste mit einem Jahresmittel von 300 000 und einem Schifahreranteil von 11 % (BERG 1981).

Die Hotels und Bergheime um den Spitzingsee verzeichneten 1973 insgesamt 205 000 Übernachtungen und 20 000 zusätzliche Tagesgäste. Darüber hinaus beanspruchten etwa 350 000 Tagesausflügler die Ökosysteme um den See (DANZ et al. 1975).

Von den 607 außerbayerischen Seilbahnen in den deutschen Mittelgebirgen sei der Feldberg im Schwarzwald ausgewählt. Der Lift zum Seebuck befördert 426 Personen/h und schöpft aus einem "Reservoir" aus bis zu 4 000 parkenden PKWs (ROETHER 1976). Schon aus dem großen Differenzbetrag zwischen Parkkapazität (bis zu 10 000 Personen kommen jeden Tag an) und Förderkapazität geht hervor, daß sich ein gewaltiger Fußgängerstrom über die Seebuck-Abhänge zum Bismarck-Denkmal hinaufwälzen muß.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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 Fallinie: 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: Ø 1,65 Bergfahrten je Gast (PHILIPP 1974); Wintergast: 8 - 10 mal höher; 1 Nächtigung entspricht 7 - 10 Schleppliftfahrten 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-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

chenbeanspruchung. Der Sommerbetrieb konzentriert sich auf die linearen Grat- und Wegebereiche, der Winterbetrieb bezieht vor allem die Bergflanken mit ein.
1975 wurden in Österreich etwa 150 Mio. Personen mit Aufstiegshilfen befördert (ÖIR 1978). Diese verwandelten die gewonnene potentielle bzw. gespeicherte chemische Energie zum erheblichen Teil in boden- und vegetationsbelastende Impulse.

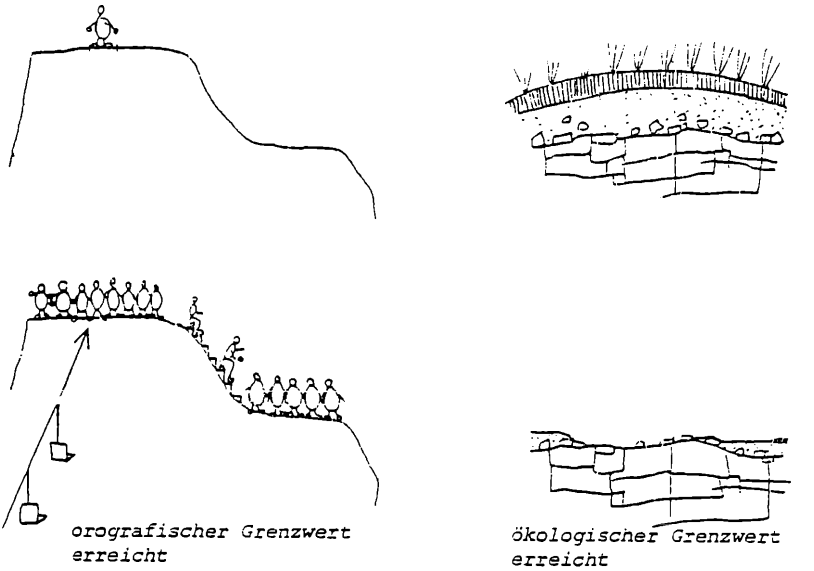
2.3 Flächenentzug

Mit touristischer Infrastuktur sind Umwandlungen von Vegetations- in tote Fläche (Versiegelung, Überbauung) sowie in Ersatz-Ökosysteme völlig veränderter Natur (Planierungen, Eutrophierungsflächen usw.) verbunden. Technische Maßnahmen erfolgen diskontinuierlich, sind also zeitlich und räumlich scharf abgrenzbar (a k u t e Belastung). Dagegen wirken die Impulse der Touristen, Bergwanderer und Schifahrer zeitlich unbegrenzt, räumlich nur unscharf begrenzt oder expansiv und akkumulativ (c h r o n i s c h e Belastung).
Bei konstanter technischer Infrastruktur nähert sich die chronische Belastung einem ökologischen und flächenmäßigen Grenzwert:

ökologischer Grenzwert	vollständiger Abtrag der Boden- und Vegetationsschicht; der Standort ist am Ende wieder durch die Gesteinseigenschaften bestimmt
orografischer Grenzwert	Expansion der mechanisch und trophisch belasteten Fläche bis zum Aufbrauch aller begeh- und befahrbaren Flächen im Erschließungsbereich; die potentielle Verwüstungsfläche ist orografisch begrenzt.

Durch erneute technische Eingriffe können die orografischen Grenzwerte oft noch ein Stück hinausgeschoben werden (z.B. Sprengung eines Pistentunnels, Beseitigung von Felsbarrieren).

Abb. 4: Grenzwerte für die touristische Beanspruchung von Hochgebirgen



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

2.3.1 "Wirkungsquanten"

a/c Anlagen ➡ Standort/Vegetation

Ø Pistenlänge (Tirol): 1 045 m; Ø Pistenbreite: 30 - 60 (-100) m (ATLR 1981)
Ø 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: Ø 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 Lifttrassen, 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 1200 - 1400 m 37 %, in 1400 - 1600 m 32 %, in 1600 - 1800 m 59 %, in 1800 - 2000 m 31 %, in 2000 2200 m 28 % und in 2200 - 2450 m 33 %. Bemerkenswert ist dabei, daß großflächige Planierungen weit über die physiologisch begrünungsfähige Höhengrenze (1800 - 2000 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).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

1964 - 1975 wurden in Tirol 642,5 ha Waldflächen für neue Schipisten gerodet (ÖIR 1978).

Im Münchner Haus-Schigebiet Brauneck ermittelte SPEER (1976) insgesamt 99,4 ha Pistenflächen. Am Fellhorn wurden ab 1976 insgesamt rund 12 ha planiert, verfüllt bzw. denaturiert (FEIL & KOHLER 1981).

3. Zeitliche Entwicklung der Belastungsimpulse

In den Schrofen-, Grat-, Gipfel- und Firnlagen ist das alpine Ökosystem stabiler als in den seit jeher nutzbaren Hang-, Kar- und Tallagen. Auf den Extremstandorten wurde der Standort für Pflanze und Tier mehr durch ± stabile Sonderklimate bestimmt; die großräumigen Klimaschwankungen waren weniger relevant als der sog. "Gipfeleffekt", die Wächten-, Luv- und Leesituation u. dgl. mehr. Nicht umsonst haben sich hier Rasen(band)gesellschaften von herausragendem Artenreichtum (Blaugrasrasen) und reliktäre (an längst vergangene Klimaperioden erinnernde) Lebensgemeinschaften (z.B. die Nacktriedwindecken) herausgebildet.

In diese persistente Ordnung brach vor wenigen Jahrzehnten der alpine Erschließungstourismus ein. Er veränderte 2 von den 5 unabhängigen Standortfaktoren entscheidend (Zeit, Organismen) und brachte 2 neue Faktoren (mechanische Energie, Zufuhrstoffe aus dem Tal). Den vorher regelmäßig pulsierenden oder gleichmäßig funktionierenden Ökosystemen (first bzw. second order dynamics im Sinne von van der Maarel) wurde nunmehr ein unregelmäßiger, außengesteuerter Rhythmus aus Belastungsstößen aufgezwungen bzw. überlagert. ("Systolen" und "Extrasystolen" durchmischen und stören sich; third order dynamics). Anklänge an natürliche Rhythmen sind nur bei schönem Wetter bzw. guter Schneelage im Auf und Ab zwischen werk- und sonntäglichen Besucherzahlen (und damit Nährstoff- und Energiestößen) zu erkennen.

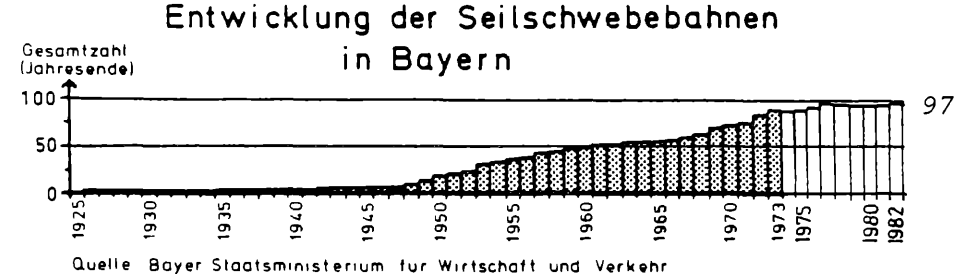
Dieser Tages-, Wochen- und Saisonrhythmus, dessen Frequenz und Amplitude kaum verläßlich vorherzusagen sind, wird durch den Langzeit-Rhythmus der touristischen Entwicklung überlagert. Dieser setzte in den 50er Jahren dieses Jahrhunderts, also in der "letzten Minute" der Entwicklungszeit alpiner Ökosysteme, ein, erreichte in den späten 60ern seine größte Dynamik und beginnt spätestens seit 1975 in eine Gleichgewichtsphase einzuschwenken. Ob sich im weiteren Verlauf "Tal- und Bergfahrten" anschließen, bleibt im dunkeln. Die enorme Bedeutung des Zeitfaktors für die Funktion von Ökosystemen veranlaßt eine nähere Betrachtung.

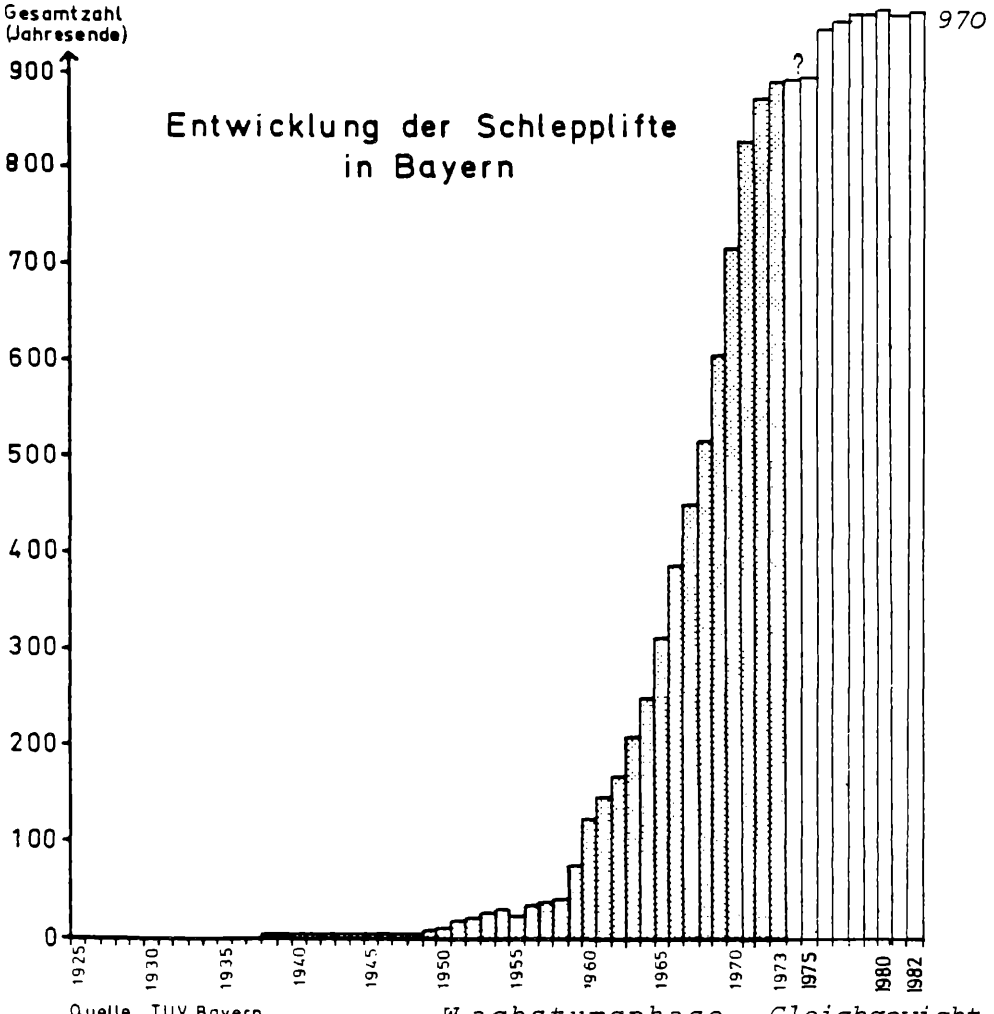
3.1 Langzeitentwicklung des alpinen Tourismus

Sieht man von Schneereifen, Schneeschuhen, Rodel und Pferdeschlitten ab, so hält der Wintertourismus etwa um die Jahrhundertwende mit dem Siegeszug der skandinavischen Ski seinen Einzug in die bayerischen Alpen (SPEER 1976). Auftakt des Erschließungstourismus ist die Zahnradbahn auf den Wendelstein 1911, immerhin erst 3 Jahre nach der ersten alpinen Seilschwebebahn bei Luzern. Die ersten Seilschwebebahnen Bayerns erhielten 1926 - 1928 der Wank bei Garmisch-Partenkirchen, das Nebelhorn bei Oberstdorf und der Predigtstuhl im Lattengebirge. Die weitere Entwicklung mit einem bemerkenswerten Auf- und Überholen der Schlepplifte gegenüber der Schwebebahnentwicklung in den späten 60er Jahren zeigt umseitige Abbildung 5.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abbildung 5:





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

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Bis 1958 standen den 50 Seilschwebebahnen der bayerischen Alpen nur 43 Schlepplifte gegenüber! Erst mit der rasanten Wachstumsphase der Schlepplifte (und damit der Pisten) ab 1960 begannen die wintertouristischen Belastungsimpulse flächenmäßig eindeutig zu überwiegen. In den 60er Jahren betrug die jährliche Zunahme der Schifahrer etwa 20 - 25 % (ÖIR 1978). Die österreichische Schiproduktion stieg von 1954 23 037 Paar auf 1975 1 836 573 Paar.

Das Übergehen der Hauptbeanspruchungsflächen von den Kamm- auf die Hangbereiche signalisiert auch die Rodungsstatistik für Tirol und Salzburg (aus ÖIR 1978):

Rodungen für Sportanlagen in Tirol und Salzburg
(im wesentlichen für Schipisten)

Jahr	Rodungsfläche in ha Tirol		Salzburg
1964	17,4		3,6
1965	26,1		2,2
1966	38,6		0,9
1967	33,8		0,7
1968	33,2		0,3
1969	52,5	← Massives Einsetzen des Baues →	37,5
1970	85,5	von Schipisten für den Mas-	79,4
1971	96,1	senschilauf mit Pistenbreiten	66,2
1972	127,1	von 80 - 100 m !	72,9
1973	70,9		37,9
1974	39,3		15,4
1975	22,0		75,4
insges.:	642,5		392,4

Quellen: Landesforstinspektionen für Tirol und Salzburg

Der Vormarsch des Wintertourismus kommt auch im Verhältnis von Tal- zu Bergfahrten zum Ausdruck: In Österreich entfielen 1960 auf 100 Bergfahrten 57,1 Talfahrten, 1975 aber nur mehr 25,3 (Winter 14,1, Sommer 77,8) (ÖIR 1978). Allerdings nimmt auch im Sommer der Anteil der Talfahrten generell ab, was zu einer stärkeren mechanischen und trophischen Beanspruchung der Wanderrouten, teilweise auch der Rasen führen muß.

Die Einflüsse breitentouristischer Erschließungen waren im alpinen Ökosystem nicht qualitativ, sondern nur quantitativ neu. Denn als "Vorläufer" des Hochlagentourismus bestanden die Unterkunftshütten der Alpenvereine schon seit dem 19. Jhd. Jedoch zwang auch im "Bergsteigertourismus" ein fulminanter Aufschwung zu ständigen Erweiterungsmaßnahmen, wenngleich sich das Hüttennetz in den letzten Jahrzehnten kaum verdichtete! Ein Beispiel soll aufzeigen, daß dieser Besucherdruck nicht nur auf den Sog nahegelegener Seilbahnstationen zurückzuführen ist:

Die bereits erwähnte Jamtalhütte/Silvretta besaß 1882 8 Matratzenlager und 10 Schlafsäcke, die von insg. 58 (!) Besuchern genutzt wurden. Heute werden bei jährlich gut 18 000 Übernachtungen mindestens 8 000 Bergsteiger pro Saison beherbergt (SZ v. 18.8.1980).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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 Gipfelflora 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:

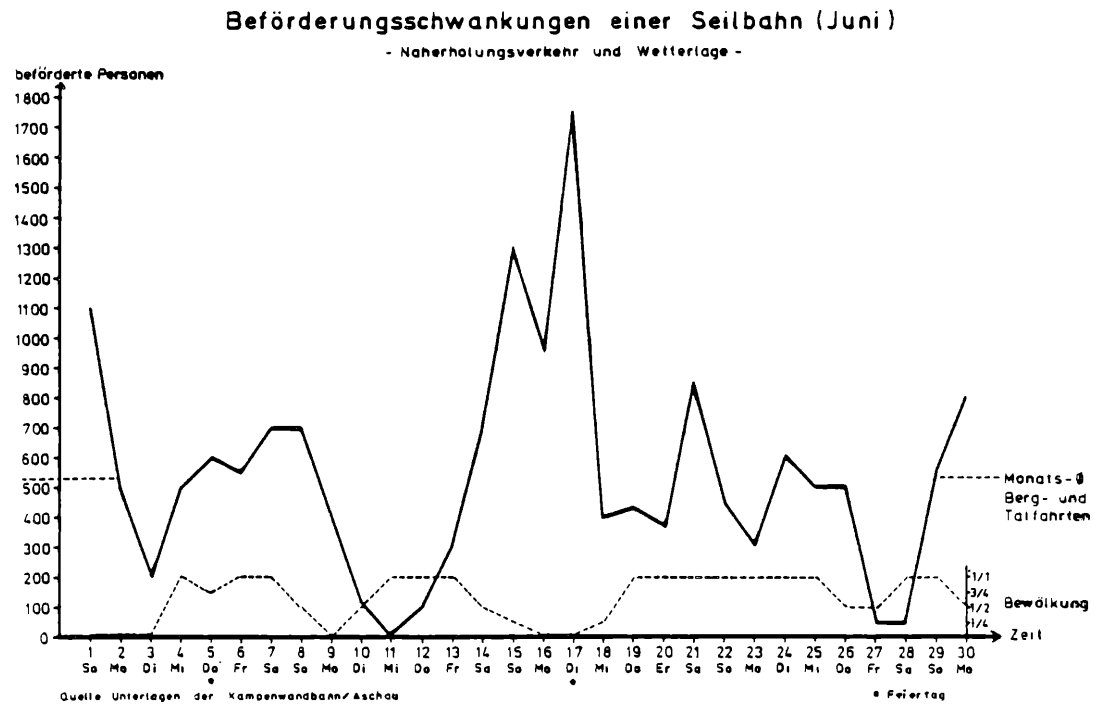
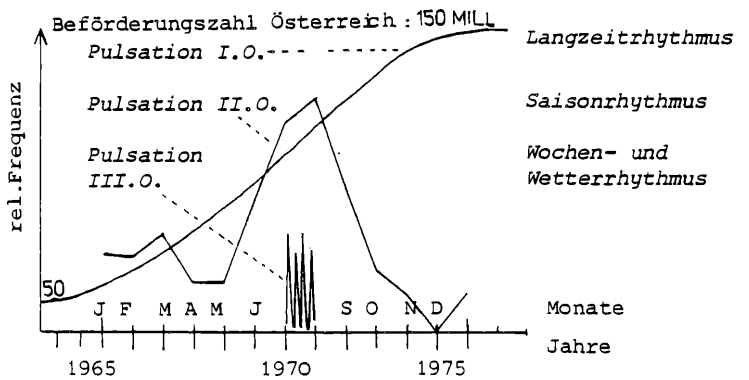


Abbildung 7 faßt die Zeitstruktur des Standortfaktors Gebirgstourismus abstrakt zusammen.

Abbildung 7: Zeitliche Struktur des Standortfaktors Gebirgstourismus



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

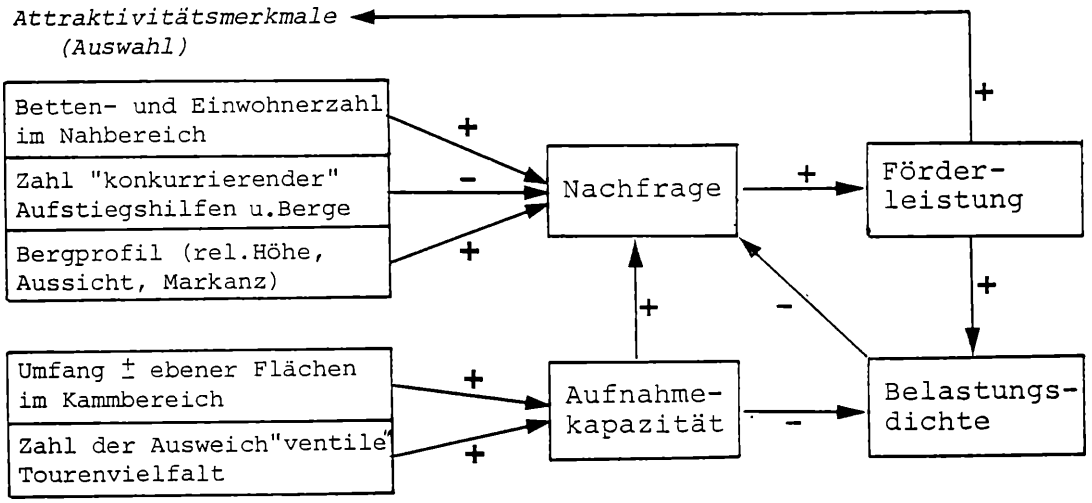
4. Räumliche Struktur des Gebirgstourismus

Auf die Fragen "Was?" und "Wieviel" (Kap. 1 - 3) folgt die Frage "Wo?"

Bayern hat von allen Alpenländern den höchsten Anteil erschlossener Gipfel: schon 1968 waren es 58 von insgesamt 287 orografisch selbständigen Erhebungen über 1500 m, heute sind es über ein Viertel. Trotzdem ist der Flächenanteil aller touristisch stark beanspruchten Freiflächen am bayerischen Alpenanteil (4 750 km²) äußerlich besehen recht bescheiden: 2 km² Seilbahntrassen, 8 km² Pisten, 0,8 km² hochintensiv, 2 km² mittelintensiv und 5 km² mäßig beanspruchte Sommererholungsfläche im Seilbahnbereich (PHILIPP 1974) ergeben zusammen nur 0,4 %. Allerdings dürfte dieser Anteil heute etwas höher liegen, zumal unter Einrechnung sonstiger Erholungsflächen der Talregion (Parkplätze, Lagerplätze in Flußauen usw.). In einzelnen Gemeinden lag er immerhin schon damals bei über 2 % (z.B. Garmisch-Partenkirchen, Lenggries).

Versuchen wir nun, die spezifisch erholungsbelasteten Teilflächen der Hochregion einzugrenzen. Ihre Standortwahl erfolgt im Kräftespiel zwischen naturräumlichen und sozioökonomischen Faktoren:

Abb. 8: Für Standortwahl und Belastungsintensität des Sommertourismus im Hochgebirge verantwortliche Faktoren



3 Beispiele sollen dieses Einflußnetz anschaulich machen:

Der nur wenige Meter breite Grüntengrat pfercht die Seilbahntouristen eng zusammen. Das singuläre Bergprofil (ziemlich isolierter, weithin bestimmender Vorberg), das große Gästereservoir des Oberallgäus und die hohe Förderkapazität (Großkabinen) erzeugen vollends einen sogar für erschlossene Gipfel außergewöhnlichen Dichte-Effekt.
Der Arber zieht als einziger Seilbahngipfel des Bayer. Waldes ein ungleich größeres touristisches Einzugsgebiet auf sich. Das großräumige Gipfelplateau gibt riesigen Menschenansammlungen Raum; die verwüstete Vegetationsfläche ist um ein Vielfaches größer als am Grünten.
Das riesige Hochplateau der Langen Rhön schließlich erlaubt eine - bisher weitgehend vegetationsunschädliche Verteilung noch größerer Besuchermassen.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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

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

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

F = begrenzte Aufenthaltsfläche
B = Belastungsdruck auf Boden, Vegetation (und äußere Absperrungen)
M = Menschenmenge (ausgedrückt in Gesamt-Masse oder Personenzahl)
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 Absperrungen auftreffen (Tritte, Nährstoffgehalt weggeworfener Verpackungen, Ausspucken, Sitzdruck einer Person, talbürtige pflanzliche Verbreitungsorgane usw.).

Da weiterhin angenommen werden kann

$B \sim M$ k_1 für: $F = \text{const.}$ u. $E_B = \text{const.}$
$B \sim E_B$ k_2 für: $F = \text{const.}$ u. $M = \text{const.}$

k_1 u. k_2: Konstanten

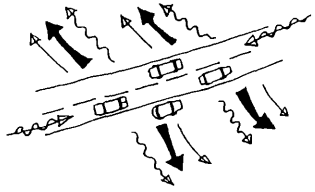
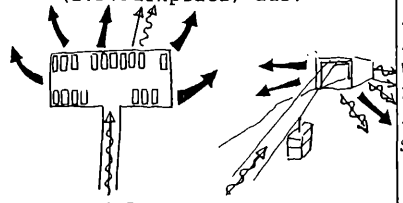
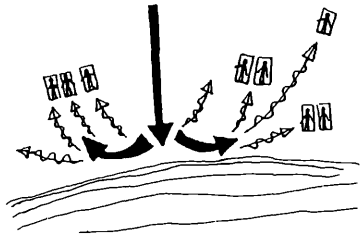
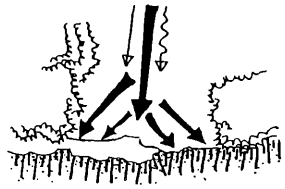
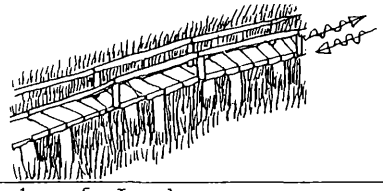
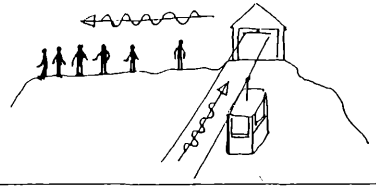
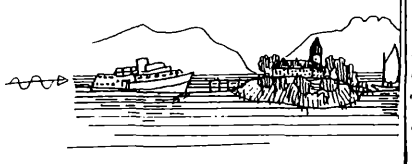
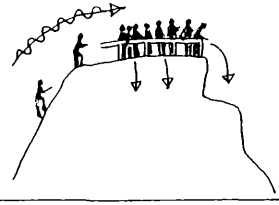
so ergibt sich

(2) $F \quad B \sim k \quad M \quad E_B$ k = 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 ($p \cdot V = k \quad N \quad T$; 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 a k u t e n Verlauf (Dichtestreß der Besucher, rasches Abtreten der Boden- und Pflanzendecke), im zweiten dagegen häufig einen c h r o n i s c h e n (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

Abbildung 9: Aufnahmekapazität und Belastungsverteilung verschiedener Freizeiträume

DIFFUSIONSEFFEKT Besucherstrom ergießt sich von linearen (z.B. Straße) oder punktuellen Basen (z.B.Zentralparkplatz)aus ungeordnet ins Gebiet;Belastung meist extensiv, aber großflächig;links unbeschränkte,rechts beschränkte Einlaßkapazität.	*Unbeschränkte Ausbreitung*	-1- von linearer Base(z.B. Straße,Ufer usw.) aus: 	Beispiele: Hardangervidda Timmelsjoch Ascholdinger Au(früher) Vogesen Hohes Venn Tateyamamoor, Japan	-2- von punktueller Base (z.B.Parkplatz) aus: 	Beispiele: Ascholdinger Au(heute) Arber/Bayr. Wald Nebelhorn/Allg. Abisko-NP/Schw. Serengeti-NP
RÜCKSTAUEFFEKT Kanalisierter Besucherstrom breitet sich an attraktiven Grenzzonen (Ufer,Küste) aus und staut sich in empfindliche Gebiete zurück;Ausbreitungs- und Belastungszone bleibt an Steilkanten +/-linear(visuell attraktive Zone),an Ufern dehnt sie sich auch in die Tiefe aus (Rückstau).	*Beschränkte Ausbreitung*	-1- an Uferlinie 	Beispiele: Strand-,Dünengebiete *NSG* Kirchsee Deininger Weiher Algarve Grenze zwischen FKK und Vogelinseln in Pupplinger Au	-2- an Abbruchkante,Felswand,Steilufer 	Beispiele: Weltenburger Enge *Niagarafälle* Grand Conyon Ngorongoro-Krater/Tangan jika
KANALEFFEKT Kanalisierung des Besucherstroms durch natürliche (Grat, Steilkante) oder *künstliche* Begrenzungen (Deich,Steg,Leitplanken);Belastung linear und kleinflächig.	*Lineare Ausbreitung*	-1- durch künstliche Begrenzung (z.B.Weg,Steg usw.) 	Beispiele: NP Lüneburger Heide/Niders. NSG Federsee/ Oberschwaben Partnachklamm NSG Jadebusen Ozegaharamoor /Japan Krimmler Fälle	-2- durch natürliche Begrenzung (z.B.Grat,Kante usw.) 	Beispiele: Hochgrat/Oberst. Hochries/Chiemg. bewaldete Seeufer(Arber-, Feld-,Gosausee) Schneekoppe/Riesengebirge
PFERCH-/KÄFIGEFFEKT Scharfe natürliche (z.B.abbrechendes Gipfelplateau,Absatz in Steilwand) oder künstliche Begrenzungen (Leitplanken,Plattform usw.)erzwingen ständigen Besucheraustausch (je höher Besucherzahl,desto kürzer Aufenthaltsdauer).	*Kompression,Überdruck*	-1- auf Insel 	Beispiele: Helgoland Vogelinseln im Wattenmeer Fraueninsel/ Chiemsee Thermenzone auf Vulkano	-2- auf Gipfel,Hochplateau 	Beispiele: Pallastunturi/ N-Finnland Loreley/Rhein Zugspitze Jennergipfel Biwakplätze in Steilwänden

Anmerkung: ⟵ *Stoffinput*(Abfall,Nährstoffe,Sonnenöl,Schwermetalle) ⟵〰 *Energie-Input*(chem.,mechanische Energie)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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 ± 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 Garchinger Haide zur Adonisröschenblüte sieht man von den Fotografen-Pulks um besonders schöne Exemplare einmal

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abbildung 10: Besucherströme zwischen benachbarten Seilbahnstationen auf Gebirgsgraten (im Vergleich mit Küstenlinien)

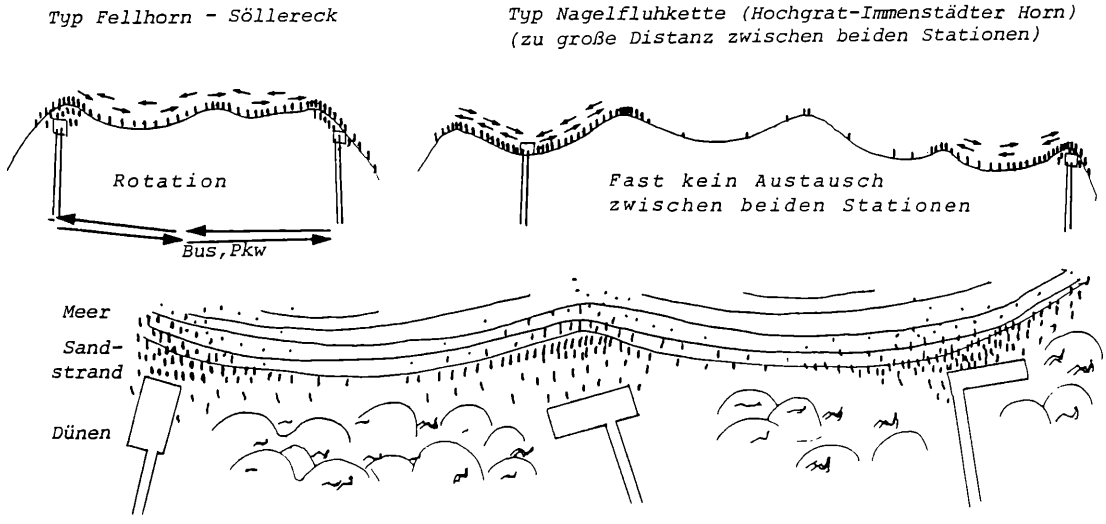
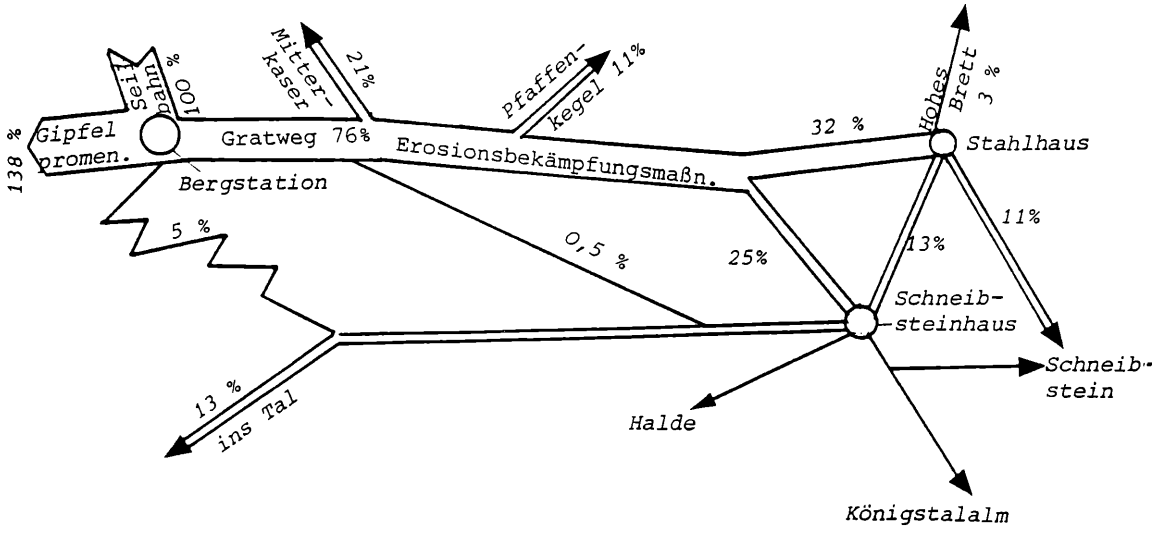


Abbildung 11: Besucherströme im Jennergebiet (Frequentierung in % der Bergfahrten; Zählung am 26.8.1980) nach BERG (1981)



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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-Schilauf und Tourenschilauf. Neben den weit über 90 % Wintertouristen, die sich mit ca. 300 m^2 Individualfläche auf der Piste und 0,5 1 m^2 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 feingesponnenen 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 Langlaufrouten deutlich hervor. In manchen Alpenteilen 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".

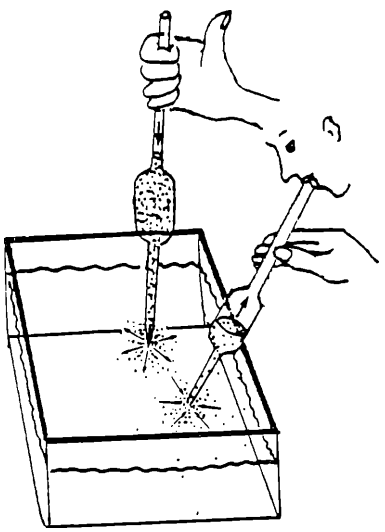
In der Hoffnung, der König "Tourist" möge sich dadurch nicht verunehrt fühlen, seien die Grundprinzipien der räumlichen Ordnung des alpinen Tourismus durch einen Vergleich mit einem Wasserbehälter voller Paramecien (Pantoffeltierchen) abschließend veranschaulicht (Abb. 12, S. 47).

5. Tourismus als Standortfaktor für die Vegetation

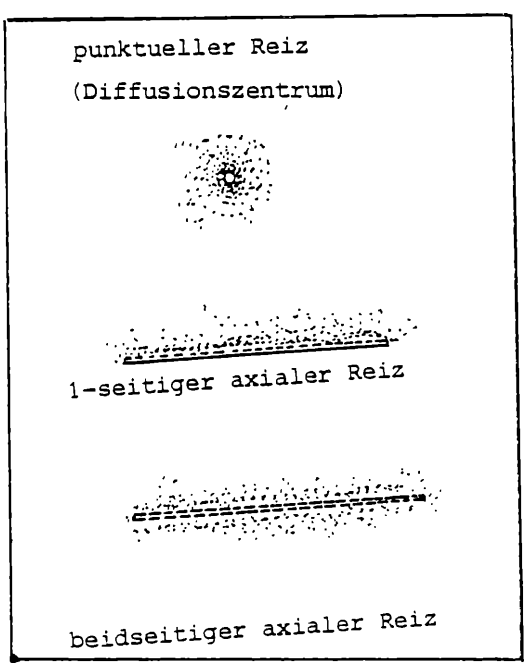
Die räumliche Verteilung naturnaher (Gebirgs-)Vegetation kann nach JENNY (1941) und GIGON (1975) allein auf die 5 fundamentalen und unabhängigen ökosystembildenden Faktoren Klima, Gestein, Relief, Organismen und Zeit zurückgeführt werden. Diese Faktoren wirken auch in touristisch beeinflußten Vegetationen.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

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 12: Analogien zu einem Wasserbehälter mit Paramecien



Paramecien quellen aus einem zuführenden Kanal und zerstreuen sich ± gleichmäßig im Raum. Beim Absaugen entsteht ein Dichtegradient mit umgekehrter Bewegung. Seilbahnen sind die "Pipetten" in Gebirgsökosystemen (nach der letzten Talfahrt herrscht eine fast beklemmende Leere!).

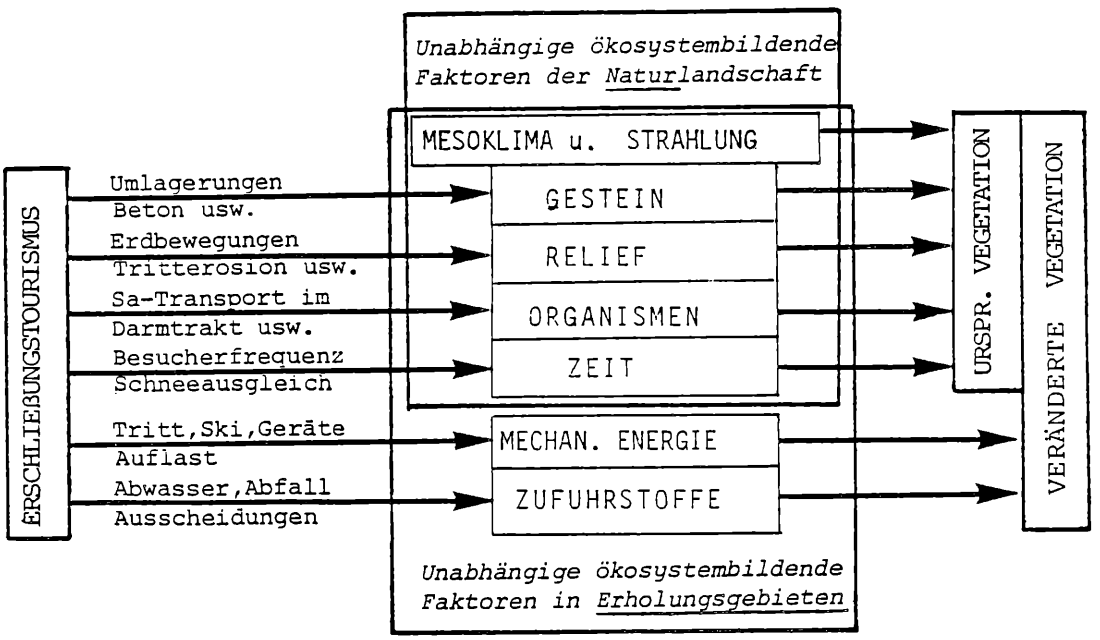


Bietet man dem Paramecien-Kontinuum punktuelle oder axiale Reize (z.B. Diffusion von Reizstoffen), so lagern sich die Einzeller schwarmartig mit nach innen abnehmender Beweglichkeit und zunehmender Dichte an die Reizstelle an (vgl. auch einen Bienenschwarm).

schneidend umgeprägt (z.B. die Schneebedeckungszeiten durch Schneekanonen und Vereisung, das Organismeninventar durch Schuhsohlentransport aus den Tälern, das Relief durch erdbauliche Veränderungen). Außerdem kommen Tourismus-spezifische Faktoren h i n z u (mechanische und chemische Belastung), die in der ungestörten Landschaft keine nennenswerte Rolle spielen (sieht man von Steinschlagereignissen, Staubverwehungen und industriellen Immissionen einmal ab).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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) Schlifffläche (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 = Kraft, Δt = 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 Trittenergie in Kompressions- (vertikale Ver-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

dichtungs-) und Translokations- (horizontale bzw. hangparallele Verlagerungs-)Vorgänge um. Die Verdichtung schiebt die Bodenteilchen zu einem dichteren Verband zusammen, z.B. aus würfelförmiger zu hexagonaler Lagerung, eine Dichte von 2 g/cm³ kann aber von keinem Boden überschritten werden. Am verdichtungsfähigsten sind Bodenarten mit u n g l e i c h f ö r m i g e r Körnung, in denen Feinteilchen in gröbere Poren hineingedrückt werden können. Kaum verdichtbar sind z.B. alpine Geröllhalden. Hier reicht die Impulsfortpflanzung durch den Tritt am weitesten: das weiche Abfedern beim "Schuttrodeln" setzt Steine weit außerhalb der Trittfläche in Bewegung. Die physikalischen Eigenschaften dieses Standorts verändern sich aber kaum ("Billard-Prinzip").

Der äußerst geringe Abscherwiderstand des Schutts, aber auch von Mulmschnee oder weichem Torf, resultiert aus extrem geringer Gefügestabilität. Diese steigt mit dem Tongehalt und sinkt mit dem Wassergehalt. Das "Schuttrodeln" stellt bereits den Übergang zum Gleiten auf Schnee oder Rasen her.

Die Beziehung zwischen Kompression und Translokation lautet:

Kompression = k 1/Translokation; k = Proportionalitätsfaktor,

d.h. je leichter sich ein Substrat durch mechanische Einwirkung verdichten läßt, desto weniger wird es seitlich verlagert und umgekehrt.

Die Art der Bodenbelastung hängt natürlich entscheidend von der Hangneigung ab, denn für den Hangabtrieb T gilt:

$T = G \sin\alpha$ G = Gewicht; α = Neigungswinkel.

Mit dem Gefälle erhöht sich nicht nur die Trittenergie, sondern auch der Hangabtrieb des Untergrundes (seine Translokationsbereitschaft), also desen Labilität.

5.1.2 Räumliche Differenzierung der mechanischen Belastung

Je schwerer der Hangabtrieb auf dem Tritt lastet, desto wirksamer werden die Reibungs- und Abscherkräfte gegenüber der senkrechten Druckbelastung. Man erinnere sich etwa an das "Davonrutschen" beim Abwärtsspringen auf steilem, geröllüberkleidetem Weg!

Im Abstiegsbereich werden die Pflanzen zerrieben oder fortgedrückt (vgl. z.B. die in Schuttpfaden häufigen abgestorbenen Polsterseggenreste), die Böden abgeschert, zerkrümelt und ausgewaschen, die Gesteinshaut somit der Verwitterung preisgegeben und aufgelockert. Trotz anhaltender Appelle des Alpenvereins greifen die Schuttrinnen in den "Abkürzern" zwischen den Aufstiegsserpentinen weiter um sich.

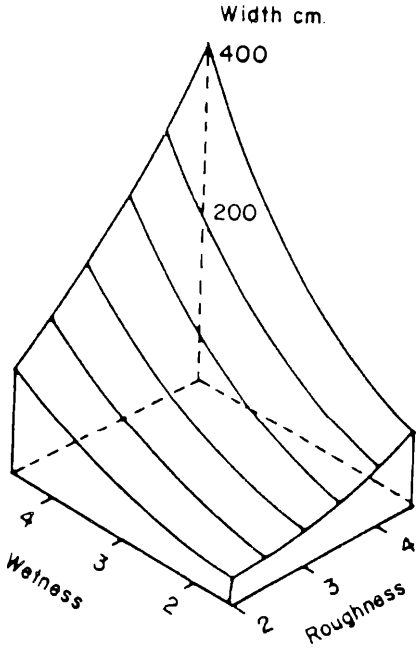
Dagegen werden die Verebnungen, Gipfel-, Kamm- und Sattelfluren durch ruhigere Bewegungen, durch Sitzen und Lagern umgestaltet. Die Böden bleiben meist wenn auch um mehr als die Hälfte verdichtet und geschrumpft erhalten; trittresistente Ersatzgesellschaften sind der vertikalen Druckbelastung weitgehend gewachsen.

Je nach Hangneigung und Fortbewegungsgeschwindigkeit übt der Bergtourist einen Bodendruck von ca. 200 bis 57 000 g cm^{-2} aus. Abb. 15 (S. 51) verschafft einen groben Überblick über die unterschiedlichen Einwirkungsbereiche von Bergbesuchern. Vollständigkeitshalber sind dabei auch die Eutrophierung, Verschmutzung und das Blumenpflücken miteinbezogen.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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

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



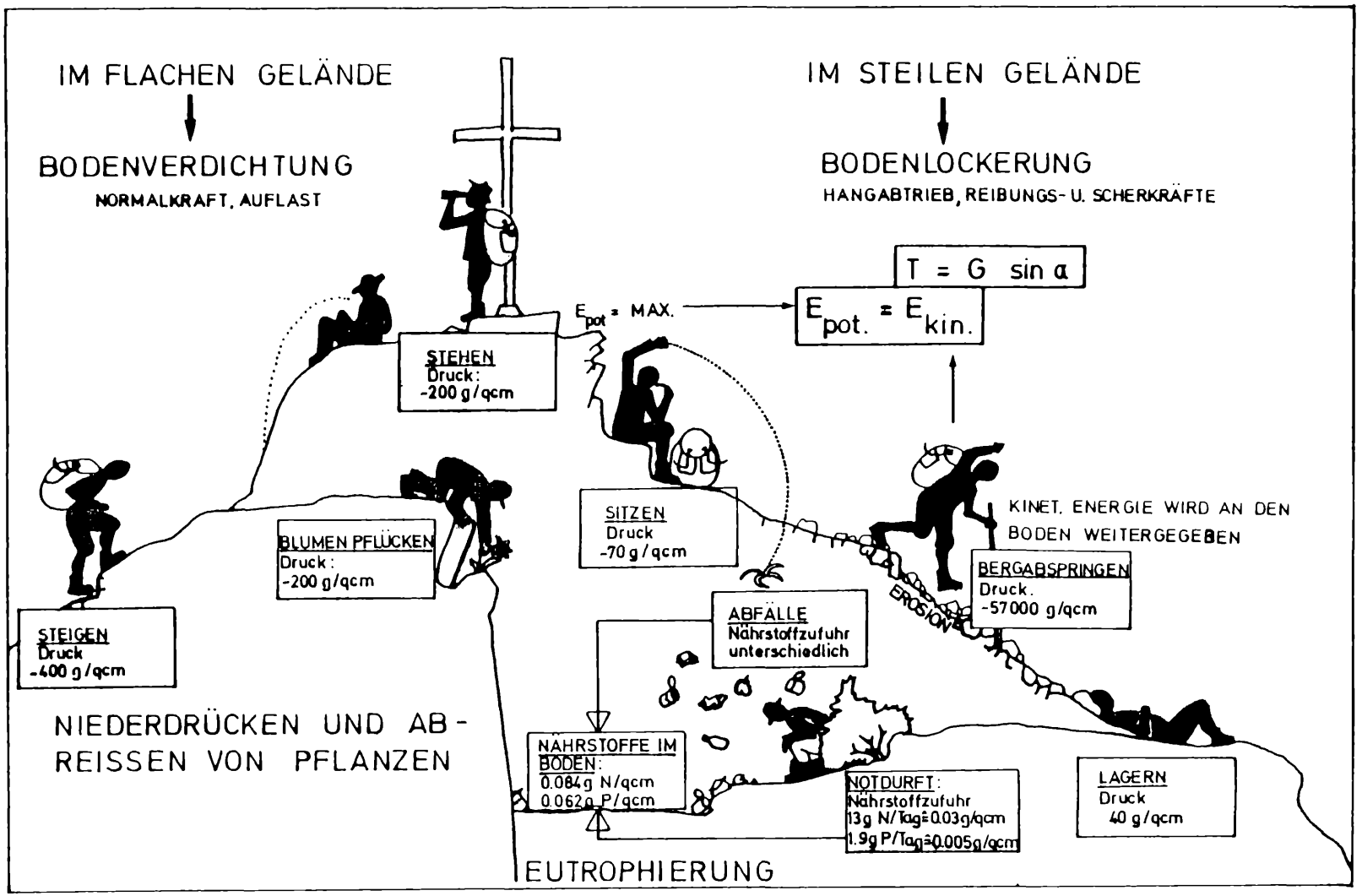
Trittverdichtete Korridore neigen verstärkt zur Vernässung. Nächstfolgende Besucher weichen nach der Seite aus und der Trampelpfad wird breiter und breiter. Tritterosion und nachfolgende Auswaschung bzw. Frostverwitterung lassen das Grobskelett des Bodens hervortreten; auch dies drängt den Menschenstrom 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.

Abbildung 15: Gipfelbereichsaktivitäten als Standortfaktor



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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):

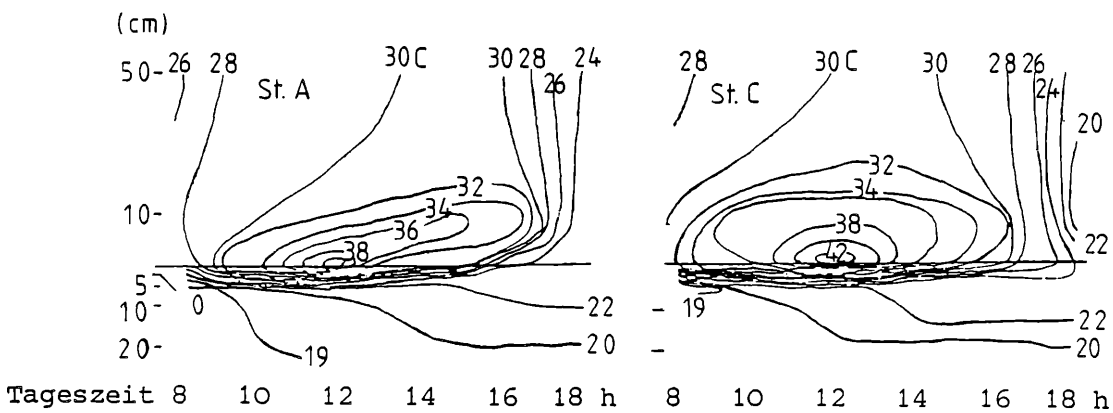
Bodenphysikalische Größen für 1-6cm Tiefe	Loiseleurietum 2175m			Curvuletum 2300m		
	Nat.Best.	Trampelpf.	Anderg.(%)	Nat.Best.	Trampelpf.	Anderg.(%)
Spezif. Gewicht ($g \cdot cm^{-3}$)	2,10 ±0,04	2,02±0,08	n. sign.	2,22±0,14	2,37±0,19	n. sign.
Gesamtporenvolumen (%)	72,3±1,7	74,9±4,1	n. sign.	66,2±5,4	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 ($mm \cdot h^{-1}$)	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

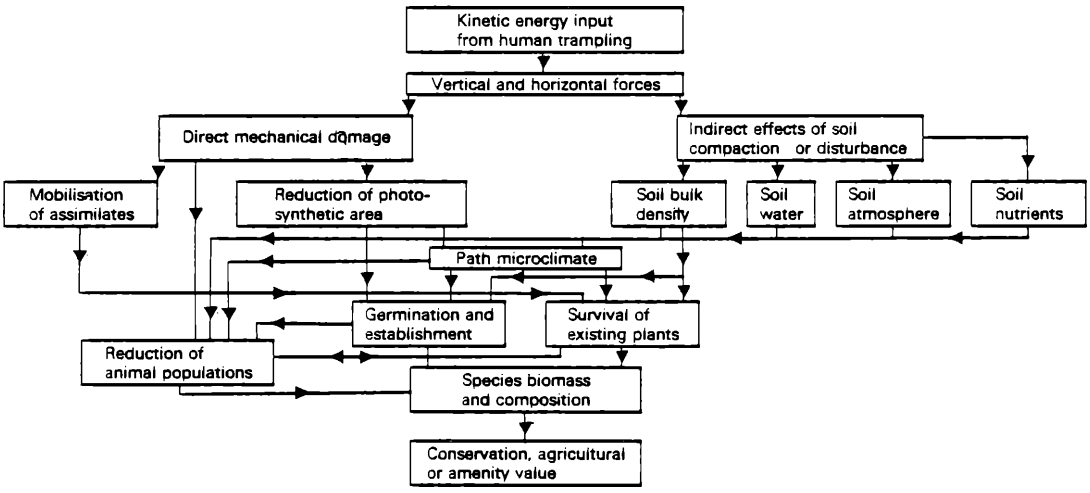


Die höchste Oberflächentemperatur um Mittag liegt auf verkahltem Moor um 4° höher; die Erwärmung der bodennahen Luftschicht reicht höher und ist im Tagesverlauf gleichmäßiger.

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

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

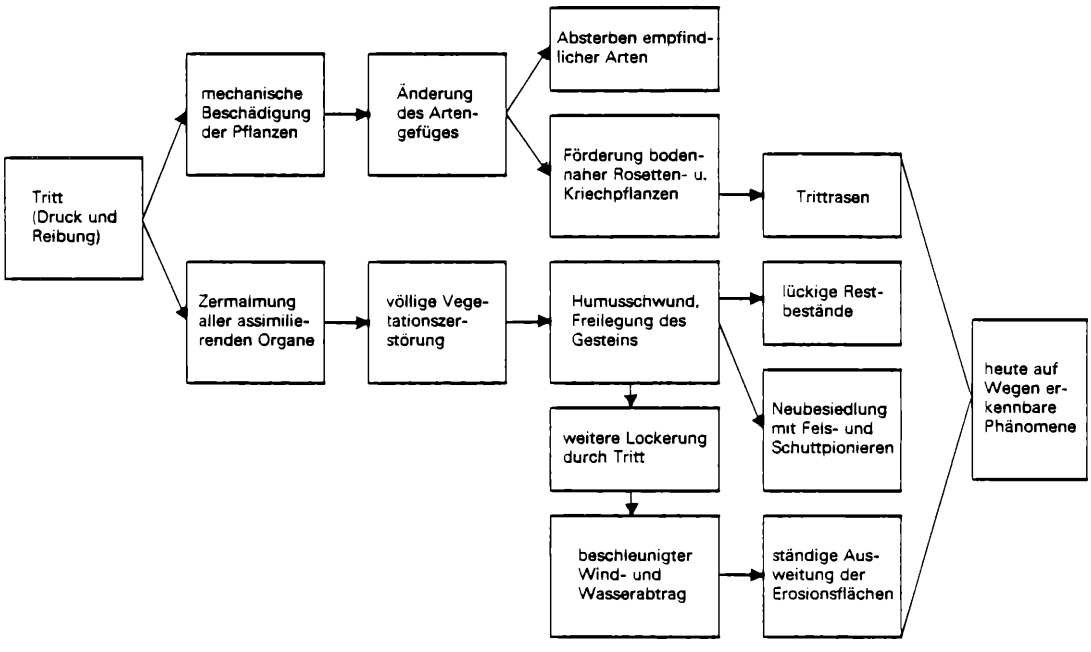
Abbildung 16



aus LIDDLE (1975)

A logical model of some of the ecological effects of trampling. The relationships are considered to be causal but not all of the same nature.

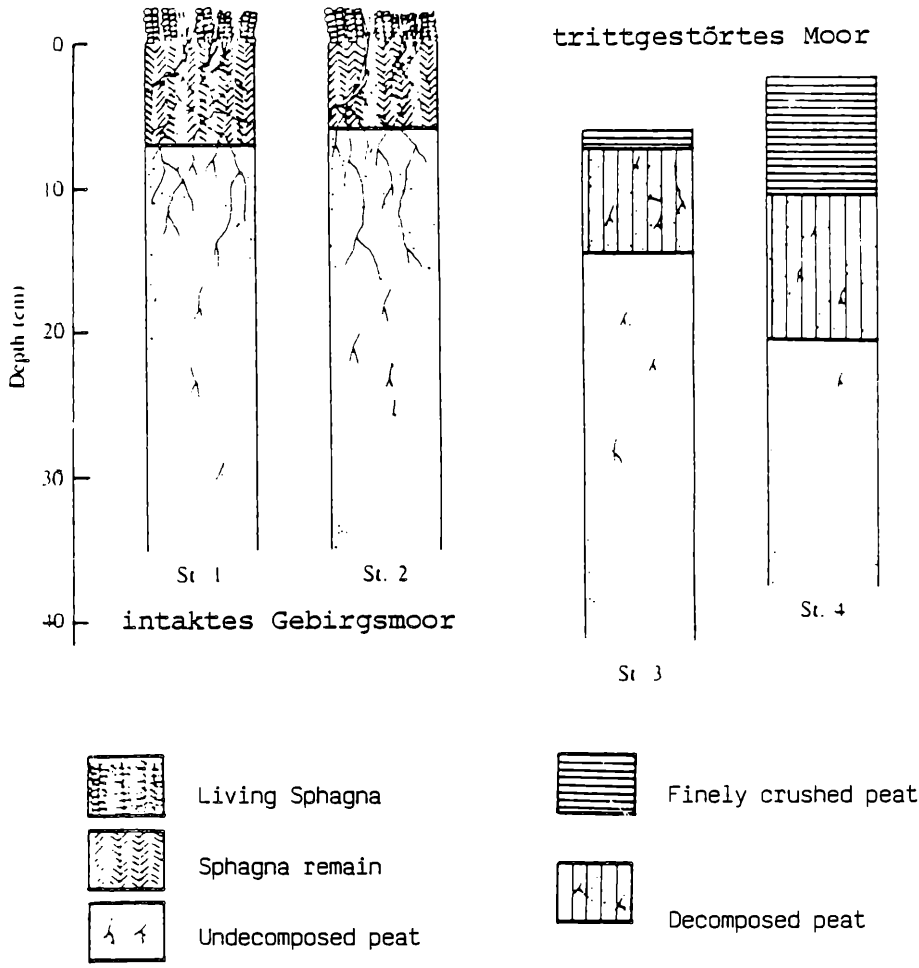
Abbildung 17



aus BERG (1981)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Dies und die starke Austrocknungsneigung der oft windexponierten Schliffstellen hemmen oder unterbinden jegliche Keimung und Regeneration.

5.3 Standortverhältnisse auf Planierungsflächen

Erdarbeiten verwandeln in Jahrtausenden gewachsene Bodenprofile in schichtungslose Mischsubstrate mit völlig veränderten physikalischen und hydrologischen Eigenschaften. Das ausgereifte Porensystem, die Wege des oberflächennahen Abflusses, das Durchlässigkeitsverhalten und die chemischen Austauschbeziehungen zwischen den einzelnen Bodenhorizonten werden außer Funktion gesetzt. Die durch Humusierung, Bitumen-Strohmulch-Anspritzverfahren und andere Techniken angestrebten "Pseudo-Rendzinen" halten trotz zugegebenen Bodenfestigern in extremeren alpinen Lagen dem Anprall energiereicher Regentropfen, Hagelschlossen und der Abspülung kaum stand. Das Hochfrieren der Humusauflage und der aus dem ehemaligen Verband gerissenen Skelettteile während der Frostwechselperioden labilisiert die "Pseudo-Böden" und läßt Erosionskräfte besser angreifen.

Rentable Pisten werden wegen der Schneesicherheit möglichst in den Hochlagen angelegt (vgl. folgende Tabelle aus ÖIR 1978):

Haupt- und Kleinseilbahnen mit der Talstation in einer Seehöhe von	Zahl der Bergstationen							
	Kärnten	Niederösterr.	Oberösterr.	Salzburg	Steiermark	Tirol	Vorarlberg	Österreich insgesamt
bis zu 1000 m	11	12	16	41	16	66	17	179
1001 bis 1500 m	11	5	4	34	8	88	27	177
1501 bis 2000 m	14		2	19	3	42	16	96
2001 bis 2500 m	2			4		16	3	25
über 2500 m						4		4
mit der Bergstation in einer Seehöhe von	**Zahl der Bergstationen**							
bis zu 1000 m	-	3	6	4	3	6	2	24
1001 bis 1500 m	11	10	10	39	11	62	16	159
1501 bis 2000 m	17	4	4	36	12	82	31	186
2001 bis 2500 m	7		2	17	-	51	14	91
über 2500 m	3			2	1	15		21

Hier treten alle klimatisch-morphogenetischen Unbilden gesteigert auf. Kräfte, die in der oberen alpinen Stufe bereits im unberührten Zustand zu Frostbodenmustern und weitgehend vegetationsarmen Rasengirlanden führen (vgl. z.B. BRAUN-BLANQUET & JENNY 1926), haben natürlich auf vorgelockerten Substraten noch leichteres Spiel. Generell findet dabei eine Auslese der Stein- und Kiesfraktion, ein Verlust an Feinerde und Feinporenanteil sowie quellbarer organischer Substanz statt. Auf der Christlum-Abfahrt bei Achenkirch ist die Wasserspeicherfähigkeit 10mal geringer als im angrenzenden Kiefernwald. Schon bei 15 mm Regen setzt der Oberflächenabfluß ein, im vorgängigen Bergwald werden dagegen 120-140 mm-Niederschlagsereignisse abgespeichert (CERNUSCA 1977).
Pistenberegnungen nach KARL & TOLDRIAN ergaben auf oberbayerischen Pisten bis über 80 % Abfluß und Erosionsraten bis zu 10 t/ha.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Mit dem Humus schwinden auch die Bioelementvorräte. Umgekehrt verzögert die Düngung mit Schneezement 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 veschärfen 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, CO_2-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).

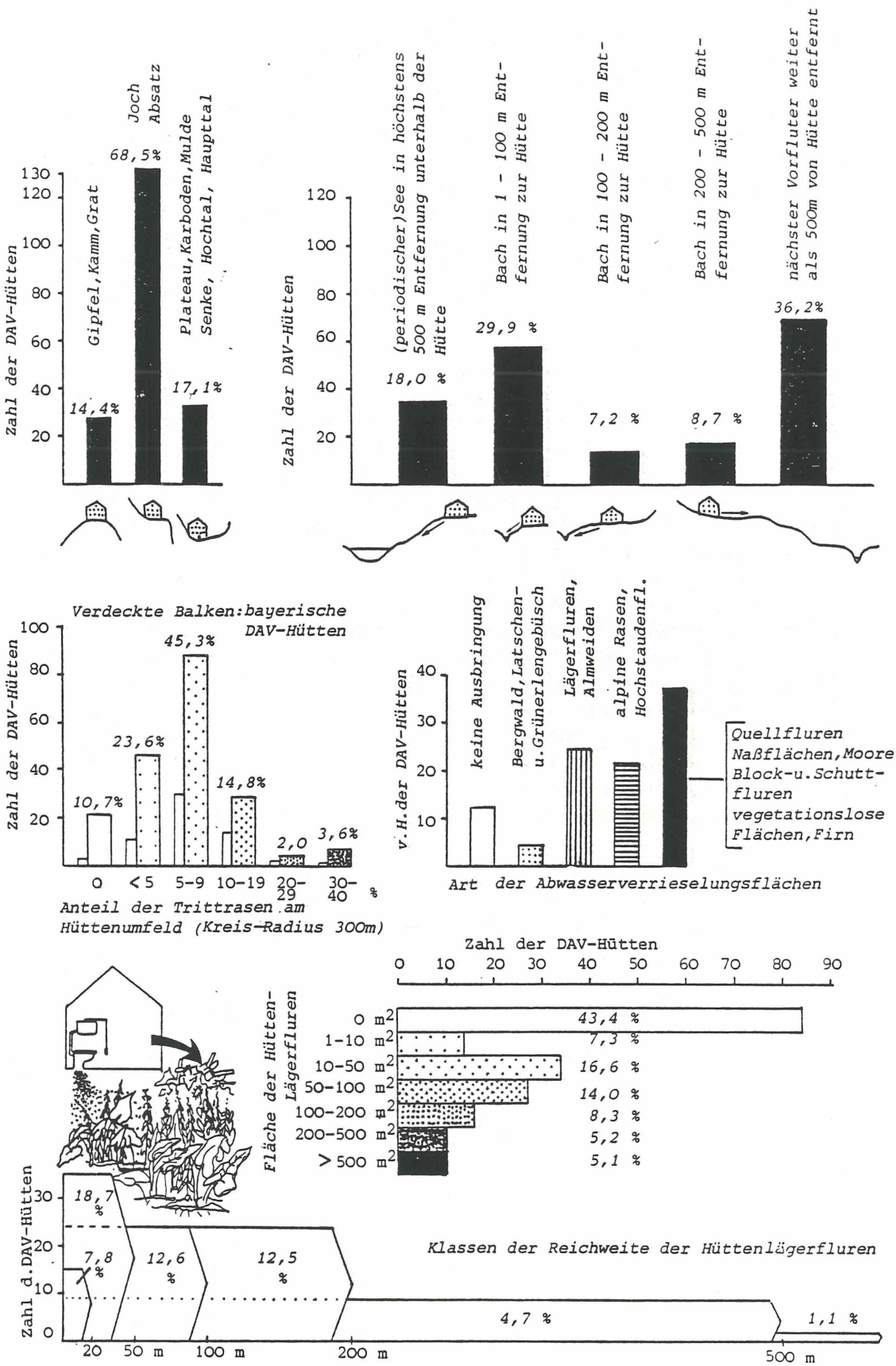
Rapide erhöhte Abträge und Abflüsse im Verbund mit Frost- und Hitzetrocknis erschweren jeden Begrünungsversuch. Da z.Zt. nur Tieflagen-Saatgut zur Verfügung steht (ANL 1978), sind Pisten und Lifttrassen oberhalb der Waldgrenze praktisch unbegrünbar (CERNUSCA 1977).

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 Riezlern im Ladstattschacht, ehemalige Gemeindedeponie Trauchgau im NSG-würdigen Birnbaumer Filz, Gemeindedeponie 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.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 20: Lage und Abwassersituation von 194 DAV-Unterkunftshäusern (nach RINGLER et al. 1979)



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Daneben erleiden die meistbesuchten Aufenthaltsflächen (Gipfelfluren, 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 (Blaugras-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 Nährstoffaktor 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.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

6.1 Reaktionen der einzelnen Pflanze

Ungünstige Voraussetzungen, um mechanische Fremdeinflüsse zu überstehen, sind z.B.: hoher Wuchs, hochliegende Verzweigungs- bzw. Vegetationspunkte, zarte Epidermis und empfindliches, unelastisches und sprödes Gewebe, langsames Wachstum, geringe Regenerations- und Vermehrungsfähigkeit, Blütezeit während der Hauptsaison, geringe Keimfähigkeit. Sklerenchymreiche niedrigwüchsige bis rosettige Arten entgehen der zermalmenden oder umknickenden Trittwirkung oder dem Skikantenschliff am besten. Einzelne werden sogar durch eine gewisse Trittwirkung gefördert: z.B. erhöhte Festuca rubra seine Sproßzahl um 37 %, als die Bodendichte von 1,08 auf 1,36 g/cm^3 zunahm (LIDDLE 1975). Den Kontrast dazu bilden Zwergsträucher, die nach der Rasur ihrer Endtriebe absterben. Auf den stark überhitzten Rohhumusstellen ist jegliche Neukeimung sehr erschwert: Ansatzpunkte für den endgültigen Bodenabtrag z.B. durch Ausblasung des zerkrümelten und staubig zerfallenden Humuspolsters sind geschaffen.

Ein "Notwehrversuch" vieler betroffener Pflanzen ist die zusätzliche Assimilatfreisetzung im Falle des Verlustes von Pflanzenteilen oder auch bei Überkrustungen. Die gestörte Kohlenstoffbilanz kann zwar kurzfristig wiederhergestellt werden, der lebenswichtige Stoffvorrat zum Überleben der winterlichen Härtezeit kann aber überbeansprucht werden.

Die Art-spezifische Resistenz gegenüber Tritt ist außerdem wesentlich von der Wasserversorgung (Bodenfeuchte) und von der Höhenlage (Klima) abhängig (Abb. 22, S. 60). Deshalb reichen dichte Trittrasen kaum mehr in die obere alpine Stufe hinauf und setzen der Tritterosion bereits oberhalb der Baumgrenze geringeren Widerstand entgegen. Auch die Keimungsfähigkeit alpiner und ubiquitärer Arten nimmt mit der Seehöhe ab. Die Samenbildung wichtiger bestandbildender Arten der alpinen bzw. Grasheide-Stufe ist ohnehin schon erstaunlich klein. Z.B. fand GRABHERR (1978) im Krummseggenbestand der Hohen Mut unter 4000 Sprossen nur 5 blühende Exemplare.

Wuchsveränderungen durch mechanische Belastungen sind ebenso vielfältig wie die arteigenen Wuchs- und Lebensformen. Gemeinsam ist aber fast allen Arten der Verlust fertiler, zur Samenreife gelangender Blüten(stände). Zu den wenigen Ausnahmen gehören niedrig oder versteckt blühende Arten wie Poa supina, Sagina saginoides, bei mäßiger Trittbelastung auch Trifolium repens, Carum carvi, Leontodon autumnale, Plantago major und Prunella vulgaris.

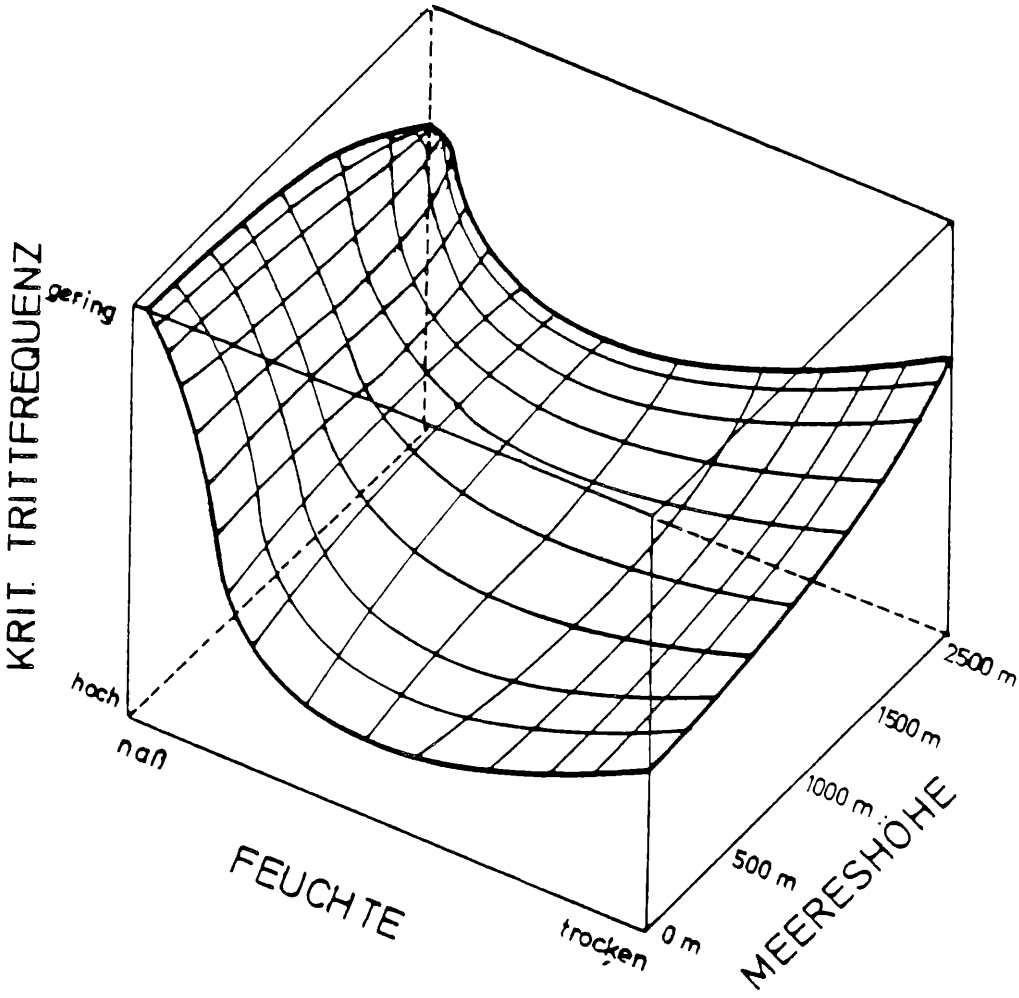
Grasartige mit festen aufgewölbten Horsten wie z.B. Trichophorum caespitosum und Eriophorum vaginatum (auf alpinen Anmooren) neigen zur "Tonsur-Bildung", treppig angeordnete Horstseggen wie z.B. Carex sempervirens werden bandartig zusammengequetscht, flachwurzelnde, mit selbstgebildeten Humuspolstern nur locker dem Fels aufliegende Polsterbildner wie z.B. Carex firma werden zur Gänze abgeschert. Die "Kampfdauer" der trittbetroffenen Arten wird in gleicher Reihenfolge kürzer.

Abb. 21: Trittformen alpiner Rasen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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 Steinstreifenflur gleicher Belastung.

Ein alpiner, nur wechselnasser Hochmoorerosionskomplex der bayerischen Alpen hält mäßiges Betreten ohne Schädigung aus; ein gleich belasteter sehr nasser Wachstumskomplex dagegen wird völlig umgewühlt.

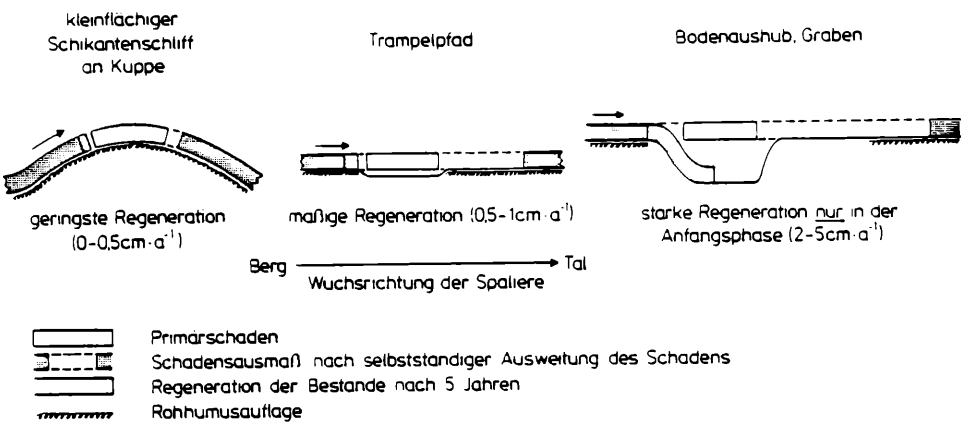
©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Die Bedeutung der artspezifischen Konstitution und Lebensform sei an einer Gegenüberstellung von Gamsheide (Loiseleuria procumbens) und Krummsegge (Carex curvula) angedeutet:

Erstere ist bereits nach 80 Betretungen in rd. 2200 m völlig zerstört; nach dem zweiten Betretungssommer ist auch der Oberboden völlig abgetragen. Krummseggenrasen in 2300 m Höhe zeigen nach 420 Tritten noch keine Ausfälle, sind allerdings niedergedrückt (KÖRNER 1980).

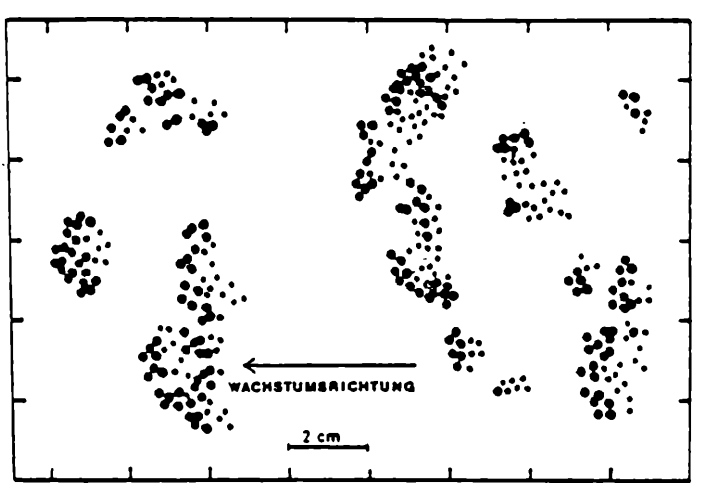
Über die R e g e n e r a t i o n s f ä h i g k e i t von Loiseleuria informiert folgende Abbildung aus KÖRNER (1980):

Abb. 23: Mechanische Zerstörung und Regeneration von Gamsheidebeständen in der alpinen Zwergstrauchheide



Noch bescheidener erscheint die Regenerationsfähigkeit der Krummsegge. Nach GRABHERR (1978) besteht ihr Rasen aus Rhizomschwärmen, die gleichsam durch den Boden wachsen, und zwar ca. 8,7 mm weit in 10 Jahren. Eine 1 m² große Fläche bräuchte demnach 500 Jahre, bis sie wieder voll mit Krummsegge bedeckt ist!

Abb. 24: Den Boden durchwachsende Krumseggen-Rhizomschwärme (aus GRABHERR 1978)



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Durch Skikantenschliff abrasierte 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.

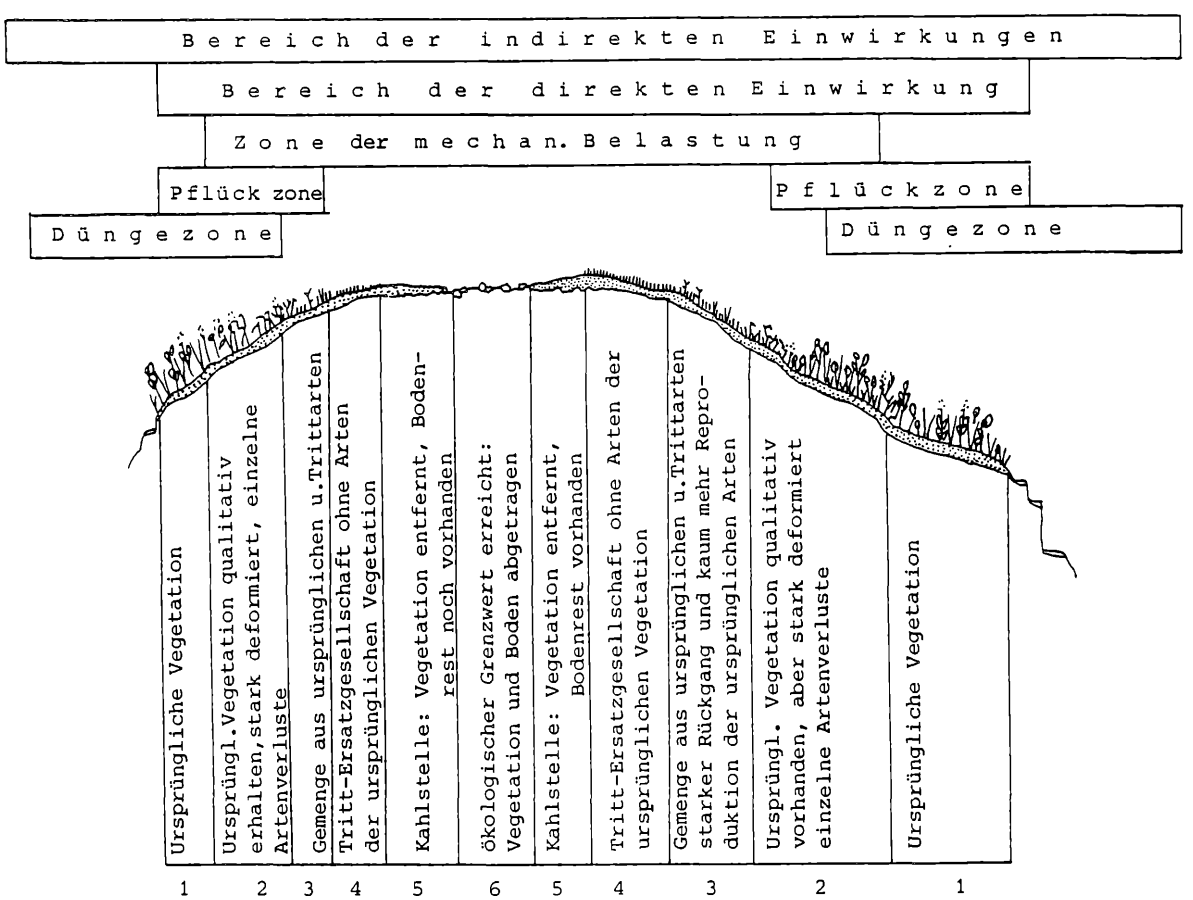
Begrenzte Schliffstellen lassen sich von der umgebenden Vegetation viel leichter vegetativ (zum geringen Teil auch generativ) wiederbesiedeln als großflächig neuplanierte Pisten (GRABHERR 1978). Hochlagenbewährtes Saatgut fehlt weitgehend und die Keimungsraten rasenbildender Seggen wie Carex sempervirens 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 Grundschema dieser Zonation:

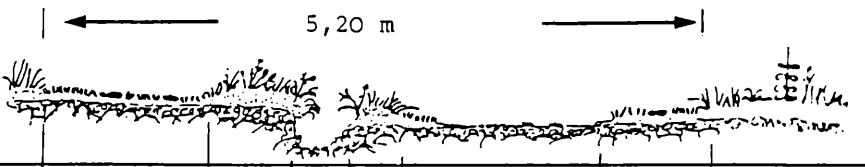
Abb. 25: Schema der Trittzonation auf Bergkamm



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Einen konkreten Fall zeigt die folgende Abbildung (aus BERG 1981):

Abb. 26: Trittzonation am Jenner/Berchtesgaden



cm	140	70	50	30	150	80	
Vegetation	Trittflur	Rasenkanten m.Wasserrinne			Hauptweg	Tritt-flur	Rostseggen-rasen
% aller Wegebe-nutzer	10	3			68	17	2

Die in Abbildung 25 (S. 62) zusammengefaßten Zonen werden im folgenden kurz erläutert:

Zone 1 Ursprüngliche Vegetation

Abgesehen von gelegentlicher Entnahme attraktiver Blüten und diffuser Abfallbelastung ist der ursprüngliche Vegetationscharakter weitgehend gewahrt.

Zone 2 Deformation der Arten, beginnende Artenverarmung

Neben die diffuse Eutrophierung (die häufig in einer Poa nemoralis-Gesellschaft endet; RINGLER 1972) tritt eine erhebliche Beschädigung und Wuchsdeformierung aller Arten. Einzelne empfindliche Begleitarten bleiben bereits aus (z.B. Antennaria in einer Schneebodenvegetation des Olympic Nationalparks; BELL & BLISS 1973). Die meisten Pflanzen zeigen bereits verringerte Fertilität und auch verringerte Wuchshöhe: In einer betretenen Rasengesellschaft fand LIDDLE (1975) bei 48 Betretungen im v o r h e r g e h e n d e n Winter trotz nachfolgender Erholungsphase eine Höhenabnahme um 15 %, eine solche von 55 % dagegen bei einer Betretungszahl von 384.

O b e r h a l b der Baumgrenze beginnt bereits eine Auflockerung der Pflanzendecke bei relativ geringen Trittfrequenzen: Im Schneeboden des Olympic Nationalparks wurden bereits nach 100 Betretungen am e r s t e n Tag des Experiments Pfade sichtbar, ebenso nach 3 Tagen bei einer täglichen Begehungszahl von 25. Der Deckungsabnahme geht natürlich eine Produktionsabnahme parallel. Im Schneeboden betrug der NPP-Verlust bei einem Deckungsrückgang um 45 % bereits 54 %.

Für den Artenschutz ist hervorzuheben, daß die Verluste der meisten z a r t e n Begleitarten bereits am Anfang der Trittbelastung eintreten. Relativ resistente Einkeimblättrige wie z.B. Krummsegge werden allerdings auch bei höheren Trittfrequenzen (z.B. nach 420 Tritten in 2300 m Höhe) noch nicht merklich geschmälert, während Strauchflechten und sogar die Rosettenpflanze Primula minima schon ausbleiben (KÖRNER 1980).

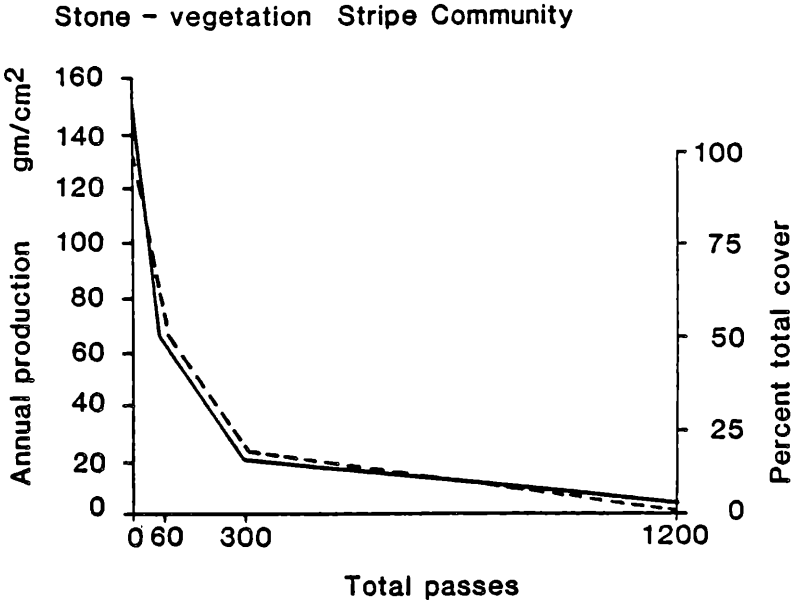
LIPPERT (1972) fand in breiten Zonen beiderseits des Jenner-Kammweges eine Entleerung von Kohlröschen (Nigritella nigra) und Enzian (Gentiana clusii), eine Folge des "Pflückeffekts".

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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, Trittzeiger 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 Trittgesellschaften 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 Trittrasen auf. Da die Erosion auf den ebenen oder eingemuldeten Trittstandorten wenig angreifen kann, bleiben Unterbodenhorizonte, zusammengedrückte Humusreste oder Humus-/Lehm-Kolluvien oft lange erhalten.

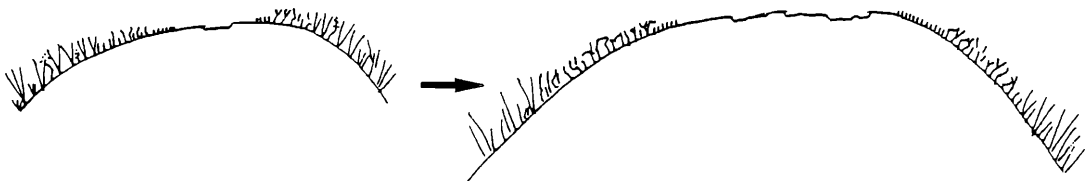
©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Zone 6 Vollständiger Boden- und Vegetationsabtrag

Auf stark betretenen Abschwemmungsstandorten, insbesondere aber auf feinerdearmen Verwitterungsböden auf reinem Karbonatgestein, tritt schon bei mäßigen Trittfrequenzen der nackte Untergrund hervor. Der ökologische Grenzwert ist erreicht.

Die weitere Entwicklung geht nun in Richtung auf Verbreiterung der Trampel- und Beschädigungszonen, d.h. auf Aufweitung der Trittcatena von Abb. 25.

Abb. 28: Verbreiterung der Trampelzonen mit steigender Besucherzahl



Natürlich hängt die Ausdehnung der Tritt-Catena von der orographischen Begrenzung ab. Sind die anschließenden Hänge nicht zu steil, so wandern die Außengrenzen der mechanischen Belastung, der Abfall- und Pflückzonen allmählich abwärts. Wie weit, kann nach erst 20 - 50jähriger Laufzeit unserer Bergbahnen noch nicht endgültig beantwortet werden.

Da jeder erschlossene Gipfel andere Form- und Expositionsverhältnisse aufweist, werden auch die beschriebenen Belastungszonen ein immer wieder anderes Muster bilden. Beispielsweise sei die Bedeutung der Luv- und Lee-Seite einer Gipfelflur für die Ausbildung von abfallbegünstigten Pflanzengesellschaften (Gipfel-Ruderalisierung) veranschaulicht (Abb. 29, S. 66).

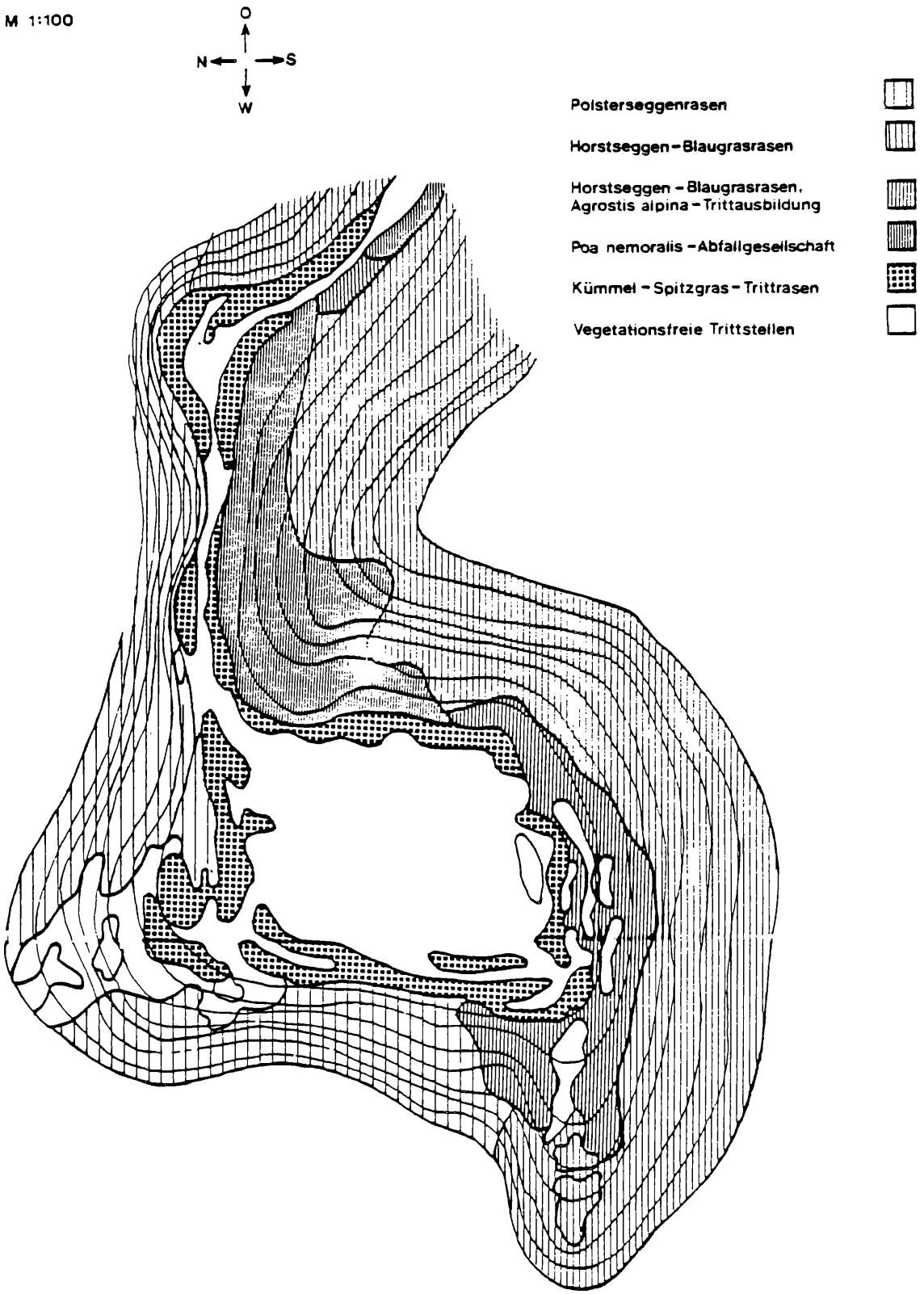
Im Unterschied zu sommertouristisch belasteten Kamm- und Gipfelzonen wirkt auf die Schliffstellen der Skipisten nur e i n Belastungsfaktor, nämlich die Skikanten. Die Vegetationsabfolge mit zunehmender Entfernung vom Belastungszentrum ist deshalb viel kontinuierlicher, der Wechsel der Artenzusammensetzung weniger abrupt (Abb. 30, S. 67).

Betrachtet man dagegen planierte und "rekultivierte" Pistenflächen insgesamt, so läßt sich kaum mehr eine wiederkehrende Vegetationsabfolge erkennen. Vielmehr stellt der Planierungsrand eine in der Berglandschaft in dieser Schärfe nirgends vorkommende floristische und Vegetationsgrenze dar. Analysen vieler bayerischer Alpenpisten (SCHAUER 1981) haben dies deutlich gezeigt:

Nur 30 Pflanzenarten der ursprünglichen Vegetation wandern in die rekultivierten Flächen ein, 160 Arten machen davor halt. Die maximal gefundene Wurzelmasse der rekultivierten Pisten (500 g/m²) ist gegenüber den alpinen Rasen (Blaugrashalde: 1300 g/m²), Zwergstrauchheiden (3000-4000 g/m²) und dem Fichtenwald (1300 g/m²) stark verringert.
Durch Begrünungen eingeschleppte Arten verfremden die "Pistenflora". So fand LOTTO (1982) auf Skiabfahrten um Garmisch-Partenkirchen Raphanus raphanistrum, Trifolium dubium, Vicia villosa, Lappula squarrosa. Der künstliche Waldrandeffekt auf Pisten der Waldstufe kann gelegentlich auch floristische "Bereicherungen" hervorrufen, z.B. einen Frauenschuhbestand am Glaslhang bei Rottach-Egern.

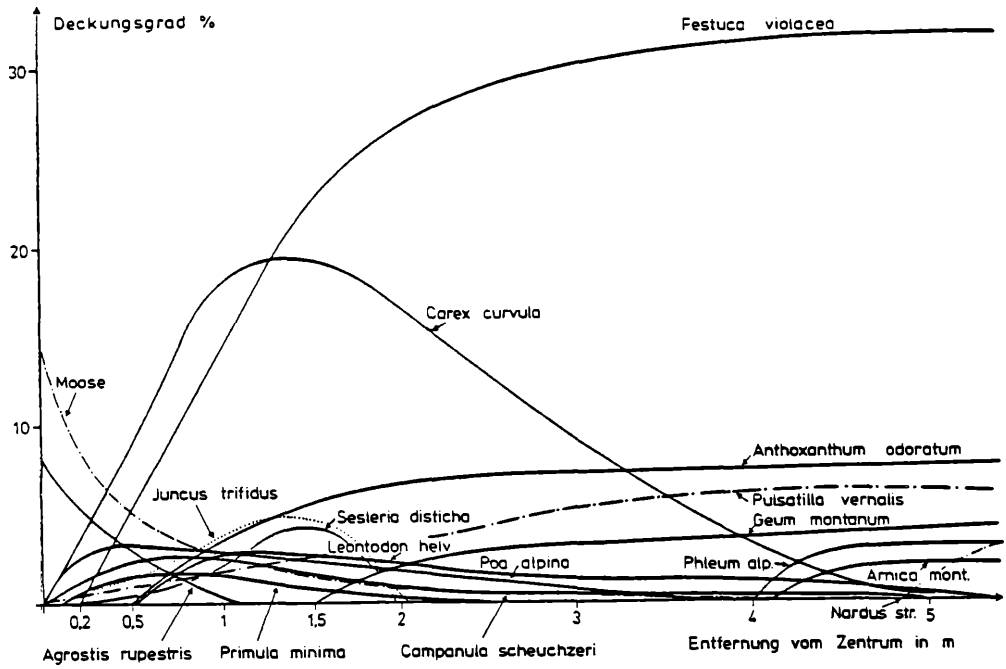
©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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

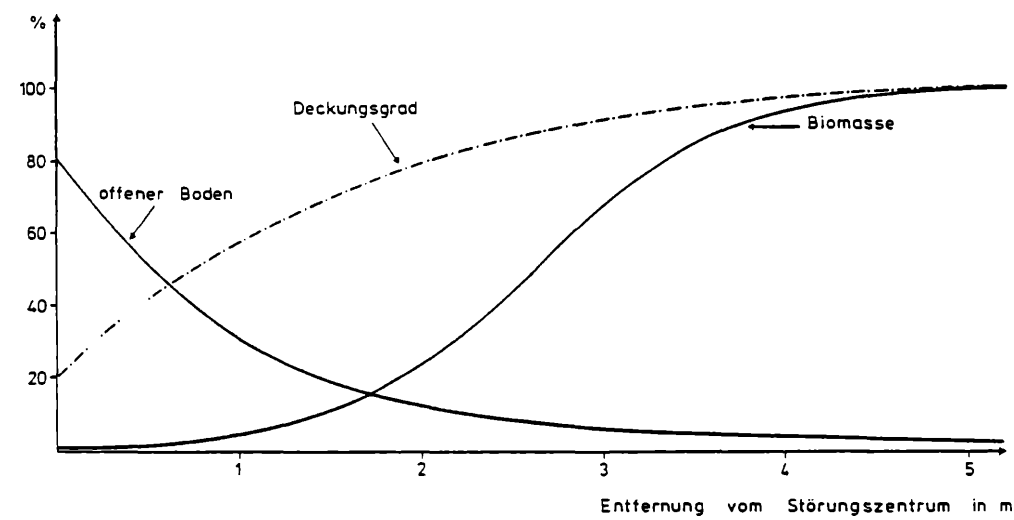


©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 30: Gradientenanalysen im Bereich von Schliffstellen auf einer Skipiste in der alpinen Stufe bei Bad Gastein (aus SPATZ 1978)



Deckungsgradanteile entlang eines Gradienten vom Störungszentrum in Richtung ungestörte Vegetation.



Anteil an offenem Boden in Prozent Deckungsgrad und Veränderung der Phytomasse in Prozent (100 % bei 5 m Entfernung) mit zunehmender Entfernung vom Störungszentrum.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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.

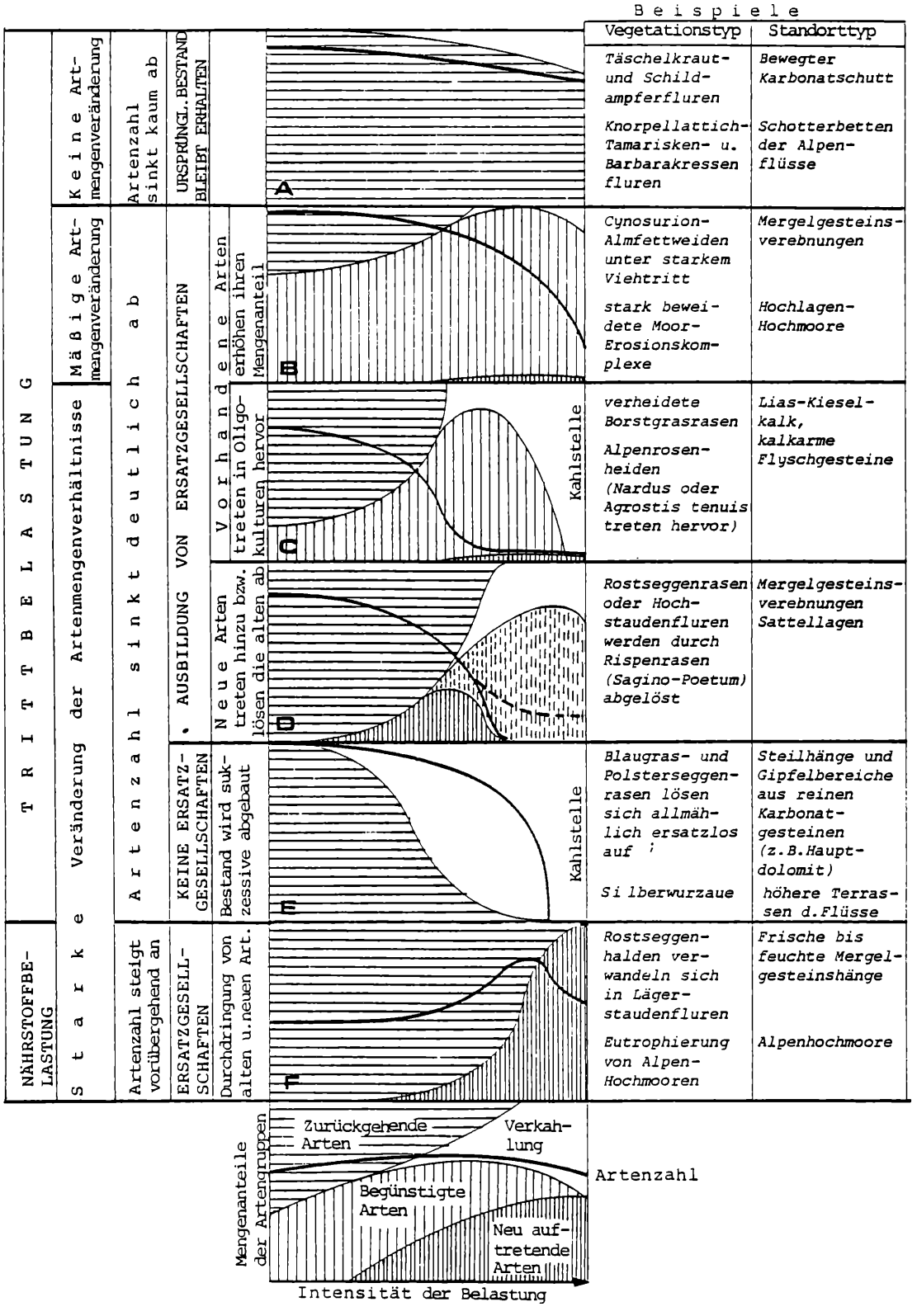
A Alpine Sonderstandorte, auf denen mechanische Einwirkungen des Erholungsverkehrs k e i n e prinzipiell neuen Standorteigenschaften hervorrufen, sind z.B. Schutthalden, Hochwasserbetten, Umlagerungsstrecken in Wildbächen, Bergströme. Deren Bewuchs ist mittels hoher Verbreitungsfähigkeit, rascher Entwicklungszyklen, 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 a u s d e m b e r e i t s v o r h a n d e n e n A r t e n b e s t a n d 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, Badeufern und Wildwechseln des Alpenvorlandes.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 31: Sukzessionstypen in unterschiedlichen alpinen Vegetationstypen unter Tritt- und Nährstoffbelastung



©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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) beigefügt.

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:

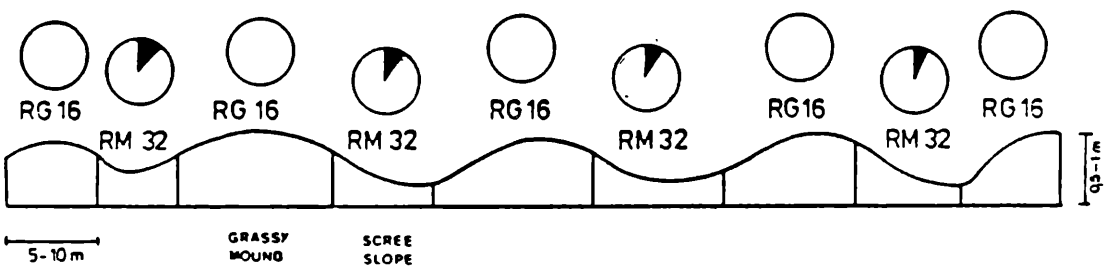
©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Artenvielfalt (α-Diversität), Genotypen- bzw. Rassenvielfalt, räumliche "Strukturiertheit" der Vegetation (Differenzierung in Nischen, Kleinstandorte und unterschiedliche Artenkombinationen), Verhältnis von "Allerwelts-" zu pflanzengeographisch bedeutsamen und seltenen Arten.

Belastbarkeitsunterschiede ergeben sich beim Vergleich des Vorher- und Nachher-Zustandes verschiedener alpiner Standorte bezüglich dieser Merkmale. Hierzu einige andeutende Beispiele:

Abb. 33: Fragment des Mikrodifferenzierungsmusters, Querschnitt durch den ENE-Hang des Jakobshorns (aus DICKENMANN 1982)

(Fragment of microdifferentiation pattern, cross-section of the ENE-slope of Jakobshorn)



RG 16 = R. grenierianus, RM 32 = R. montanus s.str.
Black sector of the circles represent frequencies (%) of cyanogenic plants in the respective sector.
(After DICKENMANN 1980, altered and completed)

Kleinstandörtliche Differenzierung in der alpinen Stufe bei Davos bewirkt eine genetische Differenzierung (z.B. bei Ranunculus montanus s.l. und Biscutella laevigata s.l.). Nach Abb. 33 kommen cyanogene (HCN-bildende) Populationen ausschließlich in den kleinen Muldenzügen vor. Würde dieses Muster planiert oder stark betreten, so würde ein differenziertes Standort- und Genotypengefüge durch einen Einheitsstandort (Planie oder Trampelfläche) ersetzt, auf dem Reliefunterschiede für die genetische Evolution ohne erhebliche Bedeutung sein dürften.

Der kleinstandörtliche Nischentrennungseffekt liegt auch der erstaunlichen Artenvielfalt der alpinen Blaugrashalden (bis zu 100 Gefäßpflanzen-, Moos- und Flechtenarten und insgesamt etwa 1000 Organismenarten auf 25 m^2) zugrunde. GIGON (1980) vermutet eine Übereinstimmung von Nischen- und Artenheterogenität, die auf mikrostandörtlicher Koevolution beruht. Hier käme massentouristische Belastung einem "Hammerschlag in eine Rechenanlage" gleich. Eine gleichwertige Regeneration tritt- oder planiezerstörter Urwiesen scheitert schon an der hohen Tradition des fein aufeinander abgestimmten Vegetationsmusters.

Der nivellierende Effekt der Trittbelastung kommt wohl am eindrucksvollsten beim Vergleich der Artenzahl einer wohlausgebildeten, nischendifferenzierten Rostseggenhalde (bis über 100 Pflanzenarten) und dem bei hoher Belastung daraus hervorgehenden Rispenrasen (Poetum supinae) mit 1 11 (Ø 8) Arten zum Ausdruck.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 32: Hangneigungskartierung Rauschberggrat (aus RINGLER 1976)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abb. 32' : Vegetationskartierung Rauschberggrat

Alpenrosen-Latschengebüsch (Krummholz)

Borstgrasweide

Übergangsgesellschaft Borstgrasweide-Trittrasen

Poa annua-Trittrasen

Agrostis vulgaris-Festuca violacea-Gesellschaft

Felsiger Mischrasen

M 1 : 250

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle Nr. 1 (aus BERG 1981):

Trittwirkung in Rostseggenrasen

Transekte, s. Karte 6: I II III

		Aufnahme Nr.	57	58	59	63	64	67	68	71	73	60	61	65	69	72	74	62	66	70	75	Stetigkeit
		Höhe x10	155	155	155	155	155	155	155	155	155	169	169	169	169	169	169	172	172	172	172	
		Exposition	S	SSW	S	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 m²	40	60	25	3	3	2	2	2	2	25	25	3	4	4	4	50	20	6	4	
		Artenzahl	41	43	58	34	32	21	22	17	10	44	67	31	23	19	9	72	44	41	9	
Frühlings-Enzian Gruppe	Gentiana verna		+	r	+			r			·	r	+	·				r		·		7
	Carlina acaulis		+	+	+	·					·	+	+	·				+		·	r	7
	Gentiana pannonica		1		r	·						+	1	r°	r°		·	+		·	·	7
	Veratrum album		1	+	1	·						r	1	r°	·			1		·		7
	Carex ornithopoda		r	r	+							r	+	·			·	+		·		6
	Hippocrepis comosa		·	r	r	·		r				r	+	·				+		·		6
	Briza media		+	+	+	·						·	+	r			·	+		·		6
	Carex pallescens		1	+	+	·						·	+	·			·	+		·		5
	Hypericum maculatum		·		1							1	1	·			·	+		r		5
	Vaccinium myrtillus		1		1							·	+	·			·	1		·		4
	Luzula sylvatica ssp. sieberi		1		r						·	·	+	·				+		·		4
	Silene nutans		+		·						·	·	+	·				+		+		4
	Gentiana clusii		·		·	r						+	r	·			·	r		·		4
	Rumex arifolius		·	r	·	·					·	·	+	r			·	+		·		4
	Polygala chamaebuchsus		·		·	·					·	r	r	·			·	+		·		3
	Botrychium lunaria		+		r	·					·	·	·	·				r		·		3
	Pedicularis rostrato-spicata		·	r	·	·					·	r	+	·			·	·		·		3
	Arabis ciliata		·		·	·					·	·	r	·			·	+		r		3
	Heracleum austriacum		·		r	·					·	+	·	·			·	·		·	r°	3
	Globularia nudicaulis		·		·	·					·	·	+	·			·	+		·		2
	Gentiana asclepiadea		+		r	·						·	·	·			·	·		·		2
	Nigritella nigra		·	·	·	·	·				·	·	·	·	·		·	+		·		1
Alpen-Lieschgras Gruppe	Festuca rubra ssp. commutata		1	1	+	+	+	·		r	·	·	+	r	r		·	2a	1	·		11
	Galium anisophyllum		+	+	+	+		·	r			r	+	r	r		·	+	+	·		11
	Phleum alpinum		1	1	+	+	1	·			·	·	+	r	·		·	+	2a	+		10
	Anthoxantum odoratum		1	2a	1	1	2a	+				1	1	r	·		·	1	·	·		10
	Luzula multiflora		+	+	+	r	+	r				r	+	·	·		·	+	·	·		9
	Agrostis tenuis		·	1	+	2a	2b	·	+			·	·	1	·		·	+	+	+		9
	Prunella vulgaris		+	+	+	2a	2a	·				·	+	·	·		·	+	+	+		9
	Lotus corniculatus		+	+	+	+	r	·				·	+		r		·	·	+	+		9
	Helianthemum nummularium		r	+	·	+	·	·	·			·	+	·	r°		·	1	+	r°		8
Rost-Seggen Gruppe	Carex ferruginea		2b	1	2a	2a	2a	r	2a	·	·	2b	2b	r	+	·	·	2b	1	+	·	14
	Soldanella alpina		1	1	1	1	1	1	1	·	·	1	+	·	+	·	·	+	+	+	·	13
	Potentilla erecta		1	1	+	1	1	+	1	·		·	+	·	·	·	·	+	+	+	·	11
	Cerastium holosteoides		·	+	+	r	+	·	r	·		·	+	·	·	·	·	r	+	+	·	9
Rauher Löwenzahn Gruppe	Leontodon hispidus		+	1	2b	1	·	2a	2a	+	·	+	1	+	+	+	·	1	1	1	r°	16
	Trifolium pratense		1	1	1	+	1	+	+	r	·	+	+	+	+	+	·	+	+	1	·	16
	Potentilla aurea		+	+	+	+	+	+	+	+	·	r	+	+	r	+	·	+	·	+	·	15
	Achillea millefolium		+	+	r	+	+	+	+	r	·	·	+	+	+	+	·	+		+	·	14
	Nardus stricta		2a	1	1	1	2a	3	2a	1	·	r	1	·	+		·	+			·	12
	Polygonum viviparum		+	·	·	1	·	·	·	·	·	+	+	+	1	+	r°	+	·	+	·	10
Berg-Wegerich Gruppe	Plantago atrata		1	2a	1	2b	2a	2a	2a	·	+	1	1	1	2b	1	r°	1	2a	2b	+	18
	Alchemilla vulgaris		r	1	+	1	+	·	+	+	+	+	1	1	+	2a	r°	+	+	+	r	18
	Poa alpina		1	1	2a	1		+	1	+		1	2a	2b	2b	1	+	2a	2a	1	+	17
	Ranunculus montanus		r	+	+	1	+	+		+	r°	1	+	1	+	+	r°	+		+		16
	Deschampsia caespitosa		1	1	2b	1	2a		1	1	+	2a	2a		+			1	1	1	r°	15
	Festuca alpina		·	+		1	+	1	2b	1			2a	2b	2b	r°	+	1	2b	r°		14
	Cynosurus cristatus		1	1	+	·	1	+	1	+	+	·	·	+	·		·	·	1	r	·	11
Kriech-Klee Gruppe	Trifolium repens		·	·	·	1	2a	·	1	·	+	·	+	+	·	·	·	+	2b	1	r	10
	Poa annua				·				+	4	5	·	·	3	+	3	+°	·	·	1	+	9
	Plantago major				·	·	+		+	1	2a	·	·	·		+		·	·	r	+	7
	Bellis perennis				+	·	+	+		r	+	·		+	r			·	·	·		7
	Taraxacum officinale				+	·	·	·	·	+	·	·	·	+	·	+	·	·	+	+	·	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.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle Nr. 2 (aus BERG 1981):

Trittwirkung in Polsterseggenrasen

unbetreten — Tritt Stufen — abnehmender Deckungsgrad →

	Aufnahme Nr.	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	Stetigkeit
	Höhe ü.NN ×10	185	185	182	181	185	180	180	185	173	173	173	173	173	
	Exposition	NW	W	SW	NW	NW	SW	SW	SW	SW	SO	NW	SO	NO	
	Neigung in °	25	25	50	35	30	45	35	70	15	5	30	15	65	
	Deckung in %	85	70	60	80	80	70	40	35	90	75	40	30	25	
	Fläche in m²	30	15	40	20	20	16	16	1	10	5	6	10	5	
	Artenzahl	34	26	40	35	29	35	26	27	34	28	40	17	21	
Zwerg-Primel Gruppe	Primula minima	1	r	·						+					3
	Campanula alpina	+	r	·	·										2
	Kobresia simpliciuscula	+	·	+	·	·									2
Zwergorchis-Gruppe	Saxifraga caesia	1	·	r	1	+	1				+		+		7
	Chamorchis alpina	r	r	+	+	+	+	·							6
	Biscutella laevigata	·	r	+	+	+	+	·						+	6
	Leontopodium alpinum	+	·	·	r	·	·	·	·						2
Bittere Schafgarbe Gruppe	Achillea clavenae	+	1	1	1	+	+	+	+						8
	Crepis jaquinii	1		+	+	+	+	+	+	·			r		8
	Erigeron polymorphus	+	+	+	+		+	r	r	·	+				8
	Primula auricula	1	r	1	+		+	+					r		7
	Pinguicula alpina	+		r	+	+	+	r	·	r					7
	Valeriana saxatilis	+		+	r		+	r	·	r		r			7
	Hieracium villosum 1)	+	r	+	r			+	+	·				r	7
	Gypsophila repens	1	·	·	1	·	·	·	1	·	·	·			3
Bewimperter Mannsschild Gruppe	Androsace chamaejasme	1	1	+	1	+	+	+	+	+	r	+			11
	Gentianella aspera	·	r	+	+	r	+	r	r	1	+	+	·		10
	Gentiana clusii	+	+	r	+	+	+	+		+	+	+	·		10
	Phyteuma orbiculare	+		+	+		+	r	r	+	r	r	·		9
	Parnassia palustris	+		r		r	+		r	+		·	·		6
	Ranunculus alpestris	+	·	+	r	·	r	·	·	+	·	+	·		6
Zwerg-Glockenblumen Gruppe	Campanula cochleariifolia	·	·		·	·	+	+	+	+	+	+	+	+	8
	Thymus serpyllum 2)			+			+	r	+	+	+	+	·	·	7
Begleiter	Carex firma	3	3	2b	3	4	3	2b	+	4	2b	2a	1	1	13
	Dryas octopetala	1	1	+	1	2b	1	1	1	2a	2a	2a	2a	1	13
	Festuca pumila	+	1	+	1	+	+	+	+	1	2b	1	+	+	13
	Polygonum viviparum	+	r	+	+	+	+	+	r	+	r	+	+	r	13
	Silene acaulis	1	1	r	1	1	1	+	+	+	+		+	r	12
	Sesleria varia	+	+	+	+	+	+	1	·	+	1	1	+	r	12
	Pedicularis rostrato-capitata	+	r	+	+	+	+	+	+	+	r	+	r		12
	Helianthemum alpestre		+	+	+	+	+	+	+	+	1	1	+	+	12
	Agrostis alpina	1	1	1	1	1	1	2a	1	1	2a	1	+		12
	Anthyllis vulneraria ssp. alpestris	+	+	·	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	12
	Carex mucronata	2a	+	3	+	+	1	2a	2a				2b	1	10
	Tofieldia calyculata	+				+	r			+	+	+	+	r	8
	Galium anisophyllum		r		+	+	+		r	·		+	·	r	7
	Euphrasia picta 3)			r		+	+		·	+	+	+	r	·	7
	Bartsia alpina	+	r			+				r		+		+	6
	Minuartia verna		r	+		+	+		r			+			6
	Selaginella selaginoides			·	+	+				+	+	+			5
	Juncus trifidus ssp. hostii				+		+	+				1			4
	Euphrasia salisburgensis	+			+		+			+		·			4
	Aster bellidiastrum			+	+					+		+			4
	Linum carthaticum			+			r					+			3
	Kernera saxatilis			+			·					r		r	3
	Polygala amara			r							+	+			3
	Poa alpina									+		+		+	3
	Carex capillaris	+	·			+						+			3

1) mit einigen Hieracium morisianum
2) mit einigen Thymus praecox, T. polytrichus
3) mit einigen Euphrasia stricta

Im Gegensatz zu voriger Tabelle bildet der Polsterseggenrasen (Caricetum firmae) bei steigender Trittwirkung k e i n e Ersatzgesellschaften aus, sondern wird aufgelöst und verwüstet.

Tabelle Nr. 3 (aus BERG 1981):

Trittwirkung in Blaugras-Horstseggenhalden

± unbelastet | Trittstufen | offener Grus

		Aufnahme Nr.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	Stetigkeit
		Höhe ü. NN ×10	184	184	180	181	178	178	177	179	180	180	177	177	177	178	181	179	
		Exposition	SO	SSO	S	S	SSO	SW	SSO	OSO	SO	SO	SW	SW	SO	S	S	S	
		Neigung in°	55	30	45	50	50	35	45	30	30	40	55	10	35	60	35	30	
		Deckung in %	90	100	85	95	95	95	90	70	45	65	90	75	30	20	10	20	
		Fläche in m²	30	40	40	50	50	20	10	6	3	4	2	3	4	10	5	2	
		Artenzahl	62	46	50	55	53	51	39	33	33	36	35	17	33	42	13	12	
Bärenklau-Gruppe	Heracleum austriacum		·	+	1	1	1	1	1	·	·	+	+			+			9
	Phleum hirsutum		+	1		+	+	1	+		+	·			+				8
	Polygala amara		+		+	+	+	+	+								+		7
	Pedicularis rostrato-capitata		+	+		+	·	+	+	·			+				+		7
	Erica carnea		·	·	+	1	1	2a	2a	·			+	·		+			7
	Nigritella nigra		+	+	+	+	+	+	·	·			·			·			6
	Globularia nudicaulis				+	1	2b	1	1	·					+				6
	Carex ornithopoda		·		+	+	+	+	1	·			+		·				6
	Rhinanthus aristatus		·		+	+	+	+	1	·		·	1						6
	Hieracium bifidum		+		+	+		+	·	·									4
	Gentiana clusii		+		+	+		·	·	·		+							4
	Gentiana verna		+		+		+		·	+									4
	Gymnadenia odoratissima		·			+	+	+	+	·								·	4
	Valeriana saxatilis		+				+	+	·	·								+	4
	Juncus trifidus ssp. hostii		2a	+				+	·	·								·	3
	Polygala chamaebuchsus		·		+	+	+	·	·	·									3
	Leontodon incanus		·			+	+	+	·	·									3
	Pedicularis rostrato-spicata		·			+	+		·	·									2
	Dianthus superb. ssp. speciosus		·	+		+			·	·									2
	Gymnadenia conopsea		+	·	+	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·			2
Glänzende Skabiose Gruppe	Scabiosa lucida		+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	·	·	+	·			11
	Silene cucubalus		+	1	·	+	+	1	1	·	+	+	+	+	·	·			10
	Trifolium pratense		+	1			+	+	+	+	+	+	1	+	+	·			10
	Potentilla erecta		·	+	+	1	+	1	·	·		+	+	+	+	·			9
	Myosotis alpestris		+	+		+		+	·	+	+	+	·	·		·			8
	Primula auricula		+	+	·	·	+	+	·	+	+	+	·	·		·	·		7
Horstseggen-Gruppe	Stachys alopecurus		+	+	+	1	+	+	+	+	+	1	1	1	+	+	·			14
	Phyteuma orbiculare		+	+	1	+	+	1	+	1	+	1	+	+	+	+	·			14
	Anthyllis vuln. ssp. alpestris		+	1	+	+	+	1	1	1	+	+	1	·		+	·			12
	Ranunculus montanus		·	+	+	+	1	1	+		+	+	+	·	+	+	·			11
	Campanula scheuchzeri		·	+	+	+	+	+	+		+	+	·	·	+	+	·			10
	Aster bellidiastrum		+	1	+		+	+		+	+	+	·	·	·	+	·	·		9
	Carex sempervirens		2b	3	2b	2b	2b	2a	2a	2b	2a	2b	1	2a	1	1	1	·		15
	Carduus defloratus		+	+	+	+	+	+	+	1	+	1	+	1°	+	+	+	·		15
	Lotus corniculatus		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	·		15
	Helianthemum nummular.		+	1	+	1	1	2a	1		+	1	2a	·	1	+	1	·		13
	Buphtalmum salicifolium		+		1	1	+	+	1			·	+	1°	+	+	+	·		11
	Calamagrostis varia		·	+	2a	1	1	·	2a	·	+	+	+	·	+	+	1	·		11

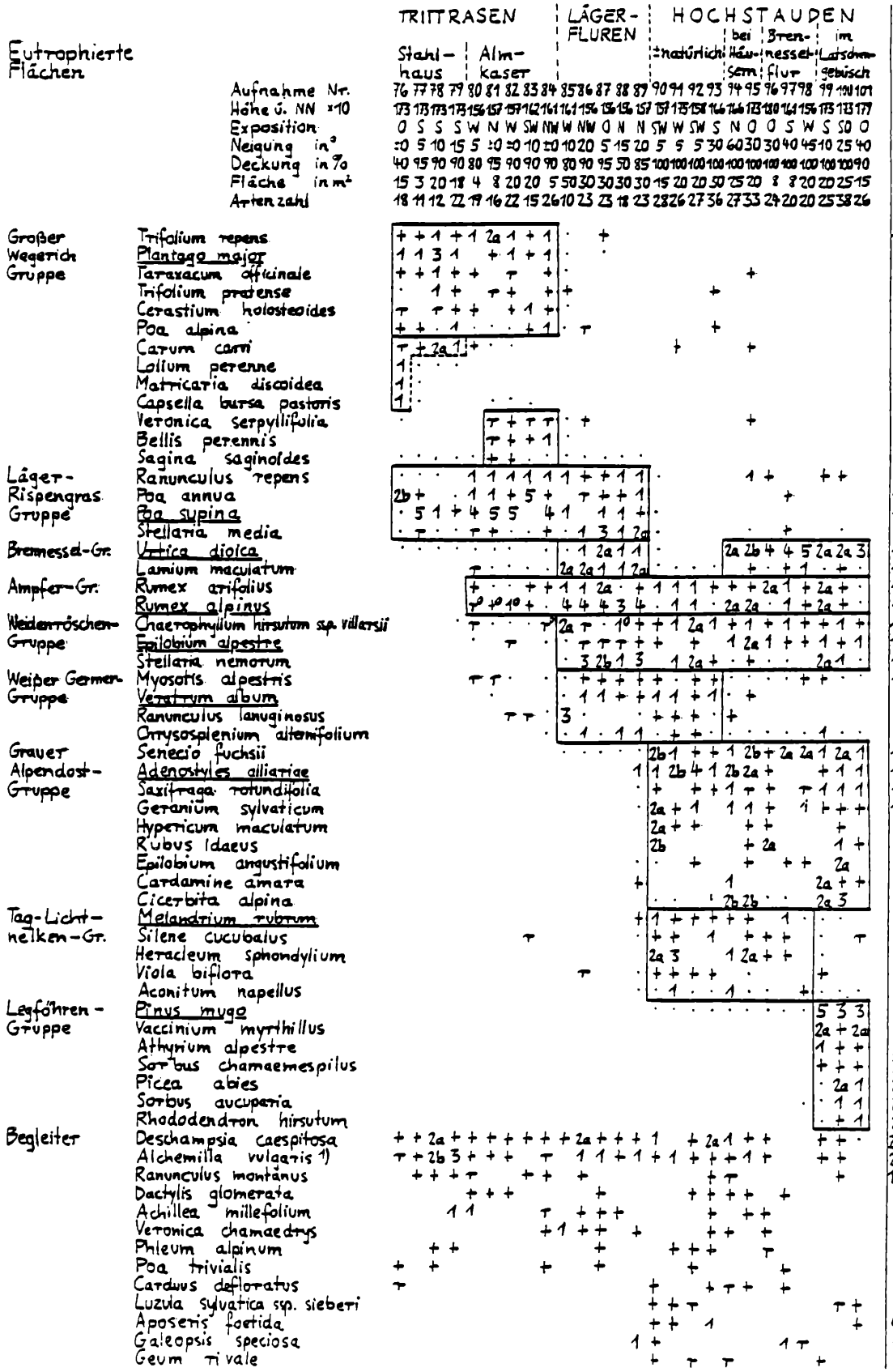
		Aufnahme Nr.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	Stetigkeit
FS Horstseggen-Gruppe	Sesleria varia		2b	2a	2a	2a	2b	2a	2a	1	+	1	2a	2b	1	+	+	+	16
	Galium anisophyllum		+	+	1	+	+	+	+	+	1	+	+		+	+	+	1	15
	Hieracium villosum		1	1	+	+	+	+	+	1	+	+			+	+		+	13
	Calamintha alpina		+	·	+	1	+	1	1		+	+	1		+	+	+	1	13
	Thymus serpyllum		+	+	+	+		+	·	1	+				+	+	+	+	11
	Poa alpina		·	+		2a	·	+	1		+	1	1	1	2a	1		+	11
	Linum carthaticum		+	·	+	+	+	+			·	·	+	·	·	+	+	+	10
Wucherblumen Gruppe	Chrysanthemum halleri		·	·	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	·	1	3
	Kernera saxatilis		+	·	·										·	+	·	+	3
	Globularia cordifolia		·	·	+	·					·				·	+	·		2
Polsterseggenrasen-Arten	Achillea clavenae		1	+	+	·		·	+	+	+	·		·	·	+			7
	Androsace chamaejasme		+	+	+	·		·	+	+	+	·		·	·	+	·		7
	Agrostis alpina		2a	1	+	·		·	2a	1		·		·	·	+	·		6
	Euphrasia salisburgensis		·	+	·	·		·	+	+	+	·		·	·	·			4
	Dryas octopetala		1	·	·	+		·	+	+	·	·		·	·	·			4
	Silene acaulis		1	+	·	·		·	+			·		·	·	·			3
	Carex firma		1	·	·	·	+	·	+		·	·		·	·	·	·		3
	Erigeron polymorphus		+	+	·	·	·	·	+		·	·		·	·	·	·		3
	Carex mucronata		1	·	·	·		·	+		·	·		·	·	+	·		3
	Festuca pumila		1	·	·	·		·	+		·	·		·	·	·	·	+	3
	Chamorchis alpina		+	·	·	·	·	·	+	·	·	·		·	·	·	·		2
Rostseggenrasen-Arten	Plantago atrata		·	·	·	+	+	+	·	·	+		+	1	1	·			8
	Carex ferruginea				1	·	+	+	2a	·	·	·	2b	2a	·	+			7
	Pimpinella major				+	+	+	·		·	·	·	1	+	+	+			7
	Senecio abrotanifolius				·	1	1	1	·	·	·	·	·	+	·	·			4
	Aposeris foetida				+	·	+	+	·	·	·	·	·	·	·	·			4
	Rhododendron hirsutum				·	1	+	1	·	·	·	·	·	·	·	·			3
	Mercurialis perennis				·	+	+	·	·	·	·	·	+	·	·	·			3
Begleiter	Thesium alpinum		+		+	+	·	+	·		·	+	·	·	·	+	·	+	7
	Carlina acaulis		·	+	+	+	+	+			·	+			+				7
	Hippocrepis comosa				+	+	+	+	+		·	+				+			7
	Biscutella laevigata		+	+	·		+				·		+			+	·	+	6
	Arabis ciliata			·	+			+	+		·	+			+	·	+		6
	Festuca alpina, F. typicaprina			+						1	2b	2a			1				5
	Tofieldia calyculata		+	·			+	+						+	+				5
	Soldanella alpina		·	+		+	+					+			+				5
	Selaginella selaginoides		+			·	·	+						+	+				4
	Hinvartia verna		+			+	·			+	+	·							4
	Polygonum viviparum		+	+		·		·						+		+			4
	Ranunculus hybridus		·			+	+					+				+			4
	Leontodon hispidus		+	+		·						+			+	+			4

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

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle Nr. 4 (aus BERG 1981):



1) v.a. Alchemilla monticola (LIPPERT 1980, mündl.)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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 d i r e k t e r 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 ausscherenden Touristen mit zusätzlichen Interessen belastet werden (z.B. Kinder, Hunde, Blumensucher und Fotografen).
3. Bereiche mit i n d i r e k t e r Einwirkung (Folgewirkungen)
   Dazu gehören die zuführenden Straßen und Autobahnen mit ihren grundwasser-, gewässer-, vegetationsverändernden sowie schadstoffbelasteten Begleitstreifen, die Einschwemmungsbereiche von Abwasserverrieselungsfeldern 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 Grünten).

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

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

der "sicheren Nischen" liegen, desto bedenklicher ist das Erschließungsprojekt aus artenschützerischer Sicht. Je besser die touristischen Belastungs- und die floristisch-vegetationskundlich unbedeutenden Flächen zusammenfallen, desto "belastbarer" ist das Gebiet aus dieser Perspektive.

Hierzu einige Beispiele:

Das Rappenseekar im Allgäu wäre für eine Erschließung schon aus botanischer Sicht abzulehnen, weil

- eine seltene Ausprägung des Alpenbärlapp-Borstgrasrasens mit Halbkugeliger Rapunzel (Phyteuma hemispaericum) und einem einzigartigen Vorkommen des Krainer Greiskrauts (Senecio carniolicus) auf die für Halbschuhtouristen attraktiven sanften Moränenwälle auf dem Karboden beschränkt ist,
- der vielleicht einzige deutsche Bestand von Erigeron atticus auf dem Joch zwischen Rappenkopf und Rappenköpfle ohne weiteres vom Besucherstrom erreicht werden könnte.

Der Erholungsverkehr im Bereich der Kampenwandbahn ergießt sich größtenteils über vom Weidevieh "vorbelastete" Almhänge, trägt also relativ wenig zur Verarmung der Alpenflora bei. Dagegen ist das einzige Chiemgauer Vorkommen von Potentilla clusiana auf den Wettersteinkalk-Klippen vor Bergbahntouristen relativ sicher und allenfalls durch Kletterer gefährdet.

Die Beispiele leiten über zum Problem der R e l a t i v i t ä t der durch Erholungsverkehr ausgelösten ökologischen Entwertung. Dabei sind die zu erwartenden Verluste und Beeinträchtigungen in ihrer Tragweite für das biogenetische Gefüge der ganzen Gebirgslandschaft zu betrachten.

So wurde z.B. mit dem Bau der Breitenbergbahn bei Pfronten und der Hochgratbahn bei Oberstaufen ein Prozeß eingeleitet, der gesamtbayerisch singuläre, auf ein schmales Gratband beschränkte Bestände von Carex rupestris und Dianthus sylvestris vernichtet. Ebenso führte der zunehmende Erholungsdruck auf die Gipfelbereiche von Brünnstein, Wendelstein und Wallberg zur Ausrottung der dortigen, kleinflächig-isolierten Vorkommen der Alpenzwergorchis (Chamaeorchis alpina), des Edelweißes (Leontopodium alpinum) und der Gamsheide (Loiseleuria procumbens). Dagegen bedeutet die Ausmerzung von Edelweiß, Triglav-Pippau (Crepis terglouensis), Kohlröschen (Nigritella nigra) und Enzianen in den Bebauungs-, Tritt- und Pflückzonen (vgl. LIPPERT 1972) des Jennergebietes "nur" eine örtliche Reduktion großräumig zusammenhängender Populationen.

Vegetation-"Unikate", die das Pech hatten, in einen Erschließungsbereich zu geraten und erheblich entwertet zu werden, sind z.B. das größte hochmontan-subalpine Hangmoor der bayerischen Alpen bei der Bierenwangalpe am Fellhorn und das kleine Torfhügelmoor am Kanzelwandsattel. Auf den einzelnen Bergstock bezogen, haben die nur wenige Meter breiten Nackried-, Krähenbeeren- oder Allermannsharnisch-Gratfluren den Charakter von Singularitäten. Da sie mit dem touristenbelasteten Gelände zusammenfallen, bedeutet die Entwertung von n u r w e n i g e n % o d e r ‰ der Bergfläche die weitgehende Vernichtung v i e l e r Arten dieses Massivs (z.B. Astragalus penduliflorus, Elyna myosuroides, Empetrum hermaphroditum, Senecio carniolicus, Phyteuma hemisphaericum, Anemone narcissiflora, Lloydia serotina, Gentiana tenella und G. nivalis, Pedicularis oederi). Da sich zudem die Gruppe der

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

alpin altaiischen Pflanzenarten auf diesen spezifischen Gratfluren zusammendrängt, 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 Erlebbarkeit 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 Steilflanken 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 Tallagen 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 Flachmoores 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 → Personal- und Zeitverknappung in der Landwirtschaft → Umwidmung von Rinder- auf Schafälpung
→ höherer Gastviehanteil auf der Alm/Alpe (weniger Pflege)
→ Ablenkung des Almpersonals von seinen almpflegerischen durch gastronomische Aufgaben

und die Wirkungskette Erschließungstrassen → Abschneiden bzw. Bewirtschaftungserschwernis auf Weideflächen → Brachfallen bzw. Unterbestoß → 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

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

zwar latenten, aber nichts weniger als harmlosen Beitrag zur (Schutz-) Vegetationsveränderung im Gebirge (z.B. Winklmoosalm). Auch hochempfindliche Hochlagenmoore können Leidtragende dieses Abdrängungseffektes sein (Hochallgäu, Winklmoos, Hemmersuppenalm, Benediktenwand usw; vgl. RINGLER 1981).

Schlußbemerkung

Der Leser wird sich vielleicht durch eine Fülle von Einzelheiten erdrückt fühlen und keinen Begriff von Gesamtumfang und Tragweite der touristischen Einflüsse im Kontext der Gebirgslandschaft und im Vergleich mit anderen schwerwiegenden Eingriffen wie z.B. Wirtschaftswegen, Verkehrswegen, Besiedlung, almwirtschaftlicher Intensivierung bekommen haben. Zugegebenermaßen fallen die v o r d e r g r ü n d i g dem alpinen Erholungsverkehr zuzurechnenden Vegetationseinflüsse demgegenüber nur punktuell ins Gewicht (vgl. allerdings die Großerschließungsgebiete der West- oder österreichischen Zentralalpen). Gravierender scheinen uns in der Tat vernetzte Rückwirkungen über fremdenverkehrsbedingte Veränderungen der Agrarstruktur, der Berglandbewirtschaftung, gewisse Konfliktsituationen zwischen öffentlicher Subventionierung des Fremdenverkehrsausbaus und der Berglandbewirtschaftung (vgl. Obergurgler Modell).

Indessen: Die dargestellten touristischen Einflüsse gibt es erst seit 20-50 Jahren, also in einem ökologisch irrelevanten Zeitraum. Die Beschädigung von Gipfelfluren und lichten Flußauen in den Alpentälern, die eingeleiteten Eutrophierungsprozesse stecken in den allerersten Anfängen. Die Reaktion intensiv aufbereiteter und genutzter Pisten kann sogar erst seit maximal drei Jahrzehnten beobachtet werden, also viel zu kurz, um Aussagen über langfristige Hangstabilität, Begrünbarkeit u.dgl. zu treffen. 10jährige Dauerflächenbeobachtungen auf vielen bayerischen Alpengipfeln lassen immerhin eine bedeutende, z.T. alarmierende Ausdehnung der Verwüstungsflächen erkennen. Die Konflikte zwischen Weidewirtschaft und Hochlagentourismus nehmen von Jahr zu Jahr schärfere Formen an (vgl. z.B. die umfangreiche Entschädigungsdiskussion). Niemand kann eine zuverlässige Prognose wagen, solange die Steuerungsmöglichkeiten des Erholungsverkehrs noch kaum ausgeschöpft sind. Die Indizien veranlassen aber eine noch aufmerksamere Beobachtung als bisher.

Literatur

AICHINGER, E. (1933):
Vegetationskunde der Karawanken. Pflanzensoziologie (Jena) 2

ATLR (Amt d. Tiroler Landesregierung) (1981):
Tiroler Seilbahn- und Pistenkonzept. ATLR, Innsbruck

BAYFIELD, N.G. (1973):
Use and deterioration of some Scottish hill paths. J. appl. Ecol. 10

BELL, K.L. & BLISS, L.C. (1973):
Alpine disturbance studies: Olympic National Park, U.S.A. Biol. Conserv.5

BERG, R. (1981):
Einfluß des Menschen auf die Vegetation der alpinen Stufe im Jennergebiet (Nationalpark Berchtesgaden). Diplomarb. Lehrst. f. Landschaftsökologie TU M.-Weihenstephan

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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 Schipisten 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 Ozehagara Moor and its conservation. - In: Ozehagara: 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

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

KÖRNER, Chr. (1980):
Zur anthropogenen Belastbarkeit der alpinen Vegetation. Verh.Ges. Ökol. VIII

LAUTRICH, R. & PECHER, R. (1974):
Gutachten über den Regenwasserabfluß von bebauten Gebieten und sein Einfluß auf die Gewässerverschmutzung. Im Auftrag des Bundesmin. d. Innern

LIDDLE, M.J. (1975):
A selective review of the ecological effects of human trampling on natural ecosystems. - Biol. Conserv. 7

LIPPERT, W. (1972):
Veränderungen der Pflanzenwelt durch Bergsteigen und Fremdenverkehr im Hochgebirge. - Ber. Bayer. Bot. Ges. 43

MOSIMANN, T. (1980):
Eine Legende für die ökologische Standorts- und Schadenskartierung im Bereich der Skipisten. - Natur u. Landschaft 11

MOSIMANN, T. & P. LUDER (1980):
Landschaftsökologische Einflüsse von Anlagen für den Massenskisport. Mat. Physiogeogr. (Basel) 1

ÖIR (Österr. Institut für Raumplanung) (1978):
Österreichisches Seilbahnkonzept. - Hrsg. v. Bundesmin. f. Verkehr (Wien)

PFIFFNER, A. (1977):
Skipistenschäden und deren Entschädigung. Europ. Hochschulschr. 1, Bern

PHILIPP, W. (1974):
Seilbahnen und Lifte im bayerischen Alpenraum. - WGI-Ber. z. Regionalforsch. 12

REG. V. OBB. (Regierung von Oberbayern) (1980):
Der Problemkreis der Skipisten. - Inform. z. Natursch. u. Landschaftspfl. 7 (Reg.v.Obb.)

REHDER, H. (1970):
Zur Ökologie, insbesondere Stickstoffversorgung subalpiner und alpiner Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet Schachen (Wettersteingebirge). - Diss.Botan. 6

RINGLER, A. (1972):
Die Veränderungen der alpinen Vegetation durch den Erholungsverkehr im Bereich einiger bayerischer Bergbahnstationen. Zulassungsarbeit LM-Universität München

RINGLER, A. (1976):
Seilbahnerschließungen in den bayerischen Alpen: Kriterien zur Umweltverträglichkeit. Schriftenr. d. Alpeninst. 6 (Geobuch-Verlag München)

RINGLER, A. (1977):
Ökodatei Almen/Alpen in Bayern. unveröff.

RINGLER, A. (1981):
Die Alpenmoore Bayerns. Ber. ANL 5 (Laufen)

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

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