

BODENVERHÄLTNISS, OBERFLÄCHENABFLUSS UND EROSIONSGEFÄHRDUNG IM SKIGEBIET AM STUBNERKOGEL

Raphael Löhmannsröben und Alexander Cernusca

ABSTRACT

The Stubnerkogel is a highly developed region for winter sports. In the course of a planned stabilization of the slope the present investigation was carried out to determine the increase in surface runoff as a result of utilization as a ski run. This particular site is highly vulnerable with respect to torrent formation and erosion. With the aid of runoff data derived from irrigation trials and a comprehensive mapping of vegetation and soils, as well as relevant soil physical parameters it was possible to develop a map of areas with uniform surface runoff. Thus it was possible to quantify and localize sites with increased surface runoff.

On 16.8 % of the area comprising the slope surface runoff increased six to eightfold as a result of winter sports development. Another 35.2 % of the area exhibits an increase in surface runoff, although its cause cannot definitively be assigned to ski run preparation alone, since alpine pasture use and skiing overlap on these sites. Merely 48 % of the Stubnerkogel can be classified as having undisturbed runoff.

Finally a recommendation is made for future assessments associated with environmental impact statements, that deal with disturbance of mountain sites.

keywords: *ski run, runoff, erosion, torrent events, ski tourism*

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Der Stubnerkogel-Osthang in Badgastein (Bundesland Salzburg) ist ein seit Jahrzehnten stark erschlossenes Skigebiet. Bei Errichtung der Skipisten und Aufstiegshilfen erfolgten großflächige Geländekorrekturen. Mitte der 60er und Anfang der 70er Jahre fanden hier Mur- und Wildbachereignisse von teilweise katastrophalem Ausmaß statt. Obwohl in darauffolgenden Gutachten von CLAR (1971) und MOSER et al. (1971) bereits die starke Erschließung des Geländes als Ursache für die Katastrophen diagnostiziert wurde, erfolgten bislang nur unzureichende oder unsystematische Sanierungsmaßnahmen, um die hydrologische Belastung des Berghanges durch erhöhte Oberflächenabflüsse aus planierten und gerodeten Flächen zu verringern.

Als Basis für eine nun geplante Generalsanierung wurden in den letzten zwei Jahren im Projektgebiet detaillierte bodenkundliche, vegetationskundliche und hydrologische Untersuchungen durchgeführt, um die Erhöhung des Oberflächenabflusses durch die Ski-Erschließung möglichst genau zu erfassen. Durch dieses Forschungsvorhaben sollten vor allem wissenschaftlich fundierte Unterlagen für die Gestaltung des Ableitungssystems der Pisten-Oberflächenwässer (Dimensionierung von Retentions- und Ableitungsmaßnahmen) erarbeitet werden. Als wesentlichstes Ergebnis dieser Arbeiten liegt nun für den Stubnerkogel-Osthang eine Karte der Abflußbeiwerte vor. Bei der Untersuchung konnte zum Teil auf Ergebnisse früherer Studien zurückgegriffen werden, die im Rahmen des österreichischen MAB-Programmes "Hohe Tauern" bereits 1978 am Stubnerkogel stattgefunden haben (CERNUSCA 1978). Die vorliegende Untersuchung wurde auch aus Mitteln des Forschungsinstitutes Gastein-Tauernregion finanziell unterstützt.

2. NATÜRLICHE LABILITÄT DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

Der Untergrund des Stubnerkogel-Osthanges besteht überwiegend aus Granitgneis, worauf noch Schiefer und Schwarzphyllite lagern. In weiten Bereichen ist der Hang von einer wechselnd mächtigen Moränendecke überlagert (BUNZA 1978; MOSER et al. 1971). Die dachziegelartige Lagerung der Phyllit-Verwitterungsprodukte und der geringe Zusammenhalt der Schutt- und Verwitterungsdecke auf dem durch eiszeitlichen Gletscherschliff glatten Untergrund lassen den Hang äußerst sensibel gegenüber Störungen im Wasserhaushalt erscheinen. Bei der versickerungshemmenden Lagerung der phyllitischen Verwitterungsdecke bewirkt eine Zerstörung des humosen wasserspeichernden Oberbodens etwa durch Planierungen sehr hohe Oberflächenabflüsse, die wiederum die Hangwasserzügigkeit im Grenzbereich zwischen Granitgneis und Moränendecke erhöhen. Die Folge ist eine hohe Anfälligkeit für Massenbewegungen und Wildbachereignisse. Die Reaktion des Berges auf die stattgefundenen Eingriffe in den Wasserhaushalt äußern sich außer in den genannten Katastrophen auch heute noch in zahlreichen Vernässungen, einem Aufwärtssteigen der Quellen durch den Anstieg der Bergwasserfüllung (CLAR 1988) und in häufigeren und höheren Abflußspitzen der Vorfluter.

3. UNTERSUCHUNGSMETHODE

Als eine wesentliche Grundlage für die Beurteilung der Abflußverhältnisse während Starkregenereignissen wurden Beregnungsexperimente herangezogen, die vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft (München) mit einer transportablen Beregnungsanlage im unmittelbaren Projektgebiet und in angrenzenden Regionen im Rahmen des österreichischen MAB-Programmes, sowie in weiteren vergleichbaren Gebieten durchgeführt wurden (BUNZA 1978, 1989, 1991, 1984; KARL et al. 1985; SCHAUER 1981). Die vorliegenden Resultate der Beregnungsexperimente lieferten zunächst wesentliche Richtwerte für den Oberflächenabfluß (Abflußbeiwert) im Bereich verschiedener Vegetationseinheiten. Der Abflußbeiwert drückt das Verhältnis von Abfluß zu Niederschlag aus. Er wird in hohem Maße von der Vegetation bestimmt. Um die Abflußbeiwerte den einzelnen Flächen zuordnen zu können, wurde daher in einem ersten Schritt zunächst eine detaillierte Vegetationskartierung des Stubnerkogel-Osthanges durchgeführt. Da aber in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen auch bei gleicher Vegetation eine starke Streuung des Wertes auftreten kann, wurde bei der Untersuchung neben der Kartierung der verschiedenen Vegetationstypen das Hauptgewicht auf die Erfassung der Bodenverhältnisse gelegt. Zusätzlich zu einer detaillierten Bodenkartierung wurden wichtige Kenngrößen erfaßt, die einer Wertung der Böden hinsichtlich ihrer Abflußwirksamkeit dienen sollten. Als Kenngrößen typischer Profile wurden bestimmt:

- Porenvolumen und maximale Wasserkapazität
- Anteil an schnell dränenden Größtporen
- Differenz zwischen aktueller Feuchte nach einem Niederschlagsereignis und der maximalen Wasserkapazität
- minimale Infiltrationsrate mit einem Doppelringinfiltrometer.

Aufgrund der kombinierten Kartierung von Vegetation und Boden, sowie der angeführten Bodenwasserhaushaltsparameter ließ sich die räumliche Streuung der Abflußbeiwerte bei der Übertragung auf den Stubnerkogel-Osthang berücksichtigen. Der Kartierung im Gelände wurden aktuelle Falschfarbenluftbilder, die speziell für die Untersuchungen angefertigt wurden, und ein Höhenschichtlinienplan im Maßstab 1:2.000 zu Grunde gelegt.

4. ERGEBNISSE

4.1. Vegetationstypen und Abflußbeiwerte

Tab. 1 gibt einen Überblick über die im Gelände vorkommenden Vegetationseinheiten und die mittleren Abflußbeiwerte, die in diesen Vegetationsbeständen bei Starkregenereignissen auftreten. Aus der Tabelle geht hervor, daß für vegetationslose Flächen mit 85 % der höchste

Abflußbeiwert festgestellt wurde. Planien mit künstlichen Ansaaten weisen mit durchschnittlich 64 % auch einen sehr hohen Abflußbeiwert auf, wogegen in Zwergstrauchbeständen mit nur 10 % ein bezeichnend geringer Oberflächenabfluß auftritt.

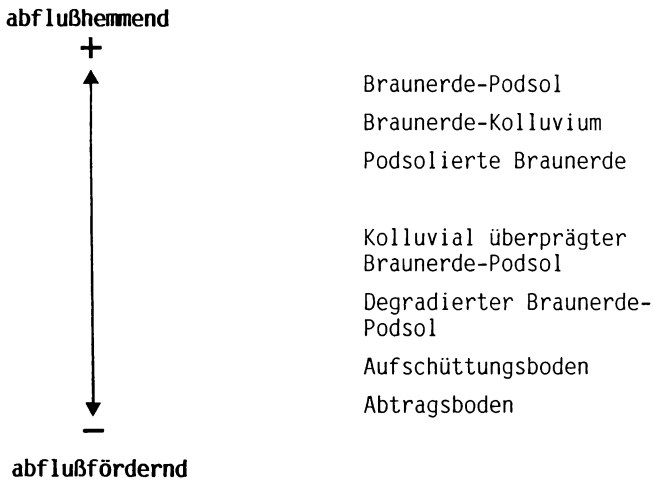
Tab. 1: Vegetationstypen und mittlere Abflußbeiwerte aus Beregnungsversuchen mit Starkniederschlägen

Vegetationstyp	Mittl. Abflußbeiwert
Zwergsträucher	0,10
Nadelwald	0,15
Mischwald	0,15
Grünerlen	0,16
Hochstaudenflur	0,30
Wiese	0,43
Weide	0,52
künstliche Ansaat	0,64
vegetationslose Fläche	0,85

4.2. Bodentypen und deren Abflußwirksamkeit

Je nach Bodentyp, auf dem diese Vegetationseinheiten vorkamen, traten jedoch auch Abweichungen von den mittleren Abflußbeiwerten im Ausmaß von bis zu 10 % auf. Zwergstrauchbestände etwa fanden sich sowohl auf Braunerde-Podsolen, als auch auf degradierten Braunerde-Podsolen. Bei letzteren Böden handelt es sich um durch Beweidung stark verkürzte und verdichtete Profile, in die nach Auflassen der Almen Zwergsträucher wieder einwanderten. Diese Böden erweisen sich jedoch aufgrund geringer Speicherkapazität und Wasserleitfähigkeit (siehe Tab. 3 und 4) im Vergleich zu den ungestörten Braunerde-Podsolen als abflußfördernd (siehe Tab. 2). Ähnliches gilt für die Hochstaudenfluren, die sowohl auf Braunerde-kolluvien als auch auf planierten Aufschüttungsböden zu finden sind. Die Retentionskapazität dieser Böden für Niederschläge differiert ebenfalls stark.

Tab. 2: Bewertung der im Gelände vorkommenden Böden nach ihrer Abflußwirksamkeit



Tab. 3: Minimale Infiltrationsraten (ermittelt mit Doppelringinfiltrrometer)

Vegetation	Bodentyp	Infiltrationsrate in mm/min
Nadelwald	Braunerde-Kolluvium	12,1
Zwergsträucher	Braunerde-Podsol	5,6
Zwergsträucher (Piste)	Braunerde-Podsol	1,0
Hochstaudenflur	Braunerde-Kolluvium	1,8
Wiese	Kolluvial überprägter Braunerde-Podsol	0,6
Weide	Degradierter Braunerde-Podsol	0,2
künstl. Ansaat	Abtragsboden	0,02

Tab. 4: Größtporenvolumen und Differenz zwischen maximaler Wasserkapazität und aktueller Feuchte nach einem Niederschlagsereignis

Bodentyp	Horizont	Tiefe in cm	Größtporenvolumen in Vol%	WKmax - aktuelle Feuchte in Vol%
Braunerde-Podsol	O/A _h	0-30	10,0	24,1
	A _c	30-37	5,4	17,0
	B _h	37-40	4,6	19,1
	B _{hs}	40-43	"	"
	B _v	43-70	4,2	15,4
	B _v /C _v	> 70		
Braunerde Kolluvium	O ₁	0- 5		
	M	5- >50	4,7	50,7
k.ü. Braunerde-Podsol	M	0-20	0	12,8
	B _v	20-55	13,0	24,8
degr. Braunerde-Podsol	A _h /A _c	0-15	0	9,6
	B _v	15-65	6,5	19,6
Aufschüttungsboden	Y ₁	0-30	0	5,6
	Y ₂	30-45	1,9	13,4

4.3. Karte der Flächen gleicher Abflußbeiwerte

Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchungen bildet die Karte der Flächen gleicher Abflußbeiwerte (siehe Abb. 1). Auf ihr wurden die ermittelten Abflußbeiwerte in 9 Stufen unterteilt (0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2; ...; über 0,8). Diese Karte ermöglicht die Quantifizierung und die Lokalisierung der Abflußerhöhung im Gelände. Damit wurden auch die wichtigen Planungsgrundla-

gen für fundierte und umfassende Sanierungsmaßnahmen, vor allem im Zusammenhang mit der Gestaltung von Wasserausleitungen aus den Pisten, der Dimensionierung von Retentionsbecken und der Gestaltung des Abflusssystems im Unterhang der Pisten, ausgearbeitet.

4.4. Ausmaß und Ursachen der Erhöhung des Oberflächenabflusses

Bevor von einer Erhöhung des Abflusses gesprochen werden kann, muß zunächst die Frage der Abflußverhältnisse unter ungestörten Bedingungen geklärt werden. In diesem Zusammenhang ist das lokale Vorkommen von Podsol-Braunerden bis in die Gipfelregion des Berges von großer Bedeutung. Unter ungestörten Verhältnissen darf von einer dominanten Verbreitung dieses Bodentyps am gesamten Hang ausgegangen werden, wobei er am Oberhang unter Zwergstrauchbeständen und am Unterhang unter Waldbeständen zu finden wäre. Dies bedeutet für den Oberflächenabfluß, daß durchschnittlich 15 % des Niederschlags zum Abfluß gelangen würden. Abb. 1 veranschaulicht, daß in weiten Bereichen des Hanges eine unterschiedlich starke Erhöhung dieses Wertes vorliegt.

Das Planimetrieren der Flächenanteile der einzelnen Abflußbeiwertklassen in Abb. 1 ergab für den Stubnerkogel-Osthang die in Tab. 5 dargestellte prozentuale Verteilung.

Tab. 5: Prozentueller Flächenanteil der einzelnen Abflußbeiwertklassen am Stubnerkogel-Osthang

Abflußbeiwert	Flächenanteil in %
0,0 - 0,1	6,5
0,1 - 0,2	41,5
0,2 - 0,3	9,4
0,3 - 0,4	8,9
0,4 - 0,5	8,4
0,5 - 0,6	4,9
0,6 - 0,7	6,8
0,7 - 0,8	6,6
über 0,8	7,0
	100,0

Nur auf 48 % der Fläche des Stubnerkogel liegen noch ungestörte Abflußverhältnisse vor. Eine eindeutige Erhöhung des Abflusses durch die Anlage von Skipisten und damit verbundene Bautätigkeiten (Wege, Liftrassen, Gasthäuser) konnte auf 16,8 % der Fläche festgestellt werden (siehe Abb. 2). Ursachen hierfür sind:

- der Verlust der wasserspeicherfähigen humosen Bodenhorizonte
- die Kappung der Mineralhorizonte
- Bodenverdichtung des ohnehin dachziegelartig und versickerungshemmend lagernden phyllitischen Materials
- Versiegelung im Bereich begleitender Baumaßnahmen.

Auf 35,2 % der Gesamtfläche liegt ebenfalls eine Abflußerhöhung vor, wobei die Verursachung hier nicht eindeutig zuzuordnen ist, da es sich um aufgelassene und zum Teil noch beweidete Almflächen handelt, die teilweise gleichzeitig als Piste genutzt werden, sowie um anthropogen vernäbte Waldbestände.

Bei den nicht planierten, jedoch stark befahrenen Pisten handelt es sich um weite Bereiche. Es kann davon ausgegangen werden, daß auch geringe Abflußerhöhungen, etwa durch Kanten- und Raupenschliff, der häufig festgestellt wurde, durch summierende Wirkung das Abflußgeschehen stark beeinflussen (vgl. dazu CERNUSCA 1987; BUNZA 1991). Zur genauen Klärung dieser Fragen bedürfte es jedoch noch längerfristiger detaillierter Untersuchungen.

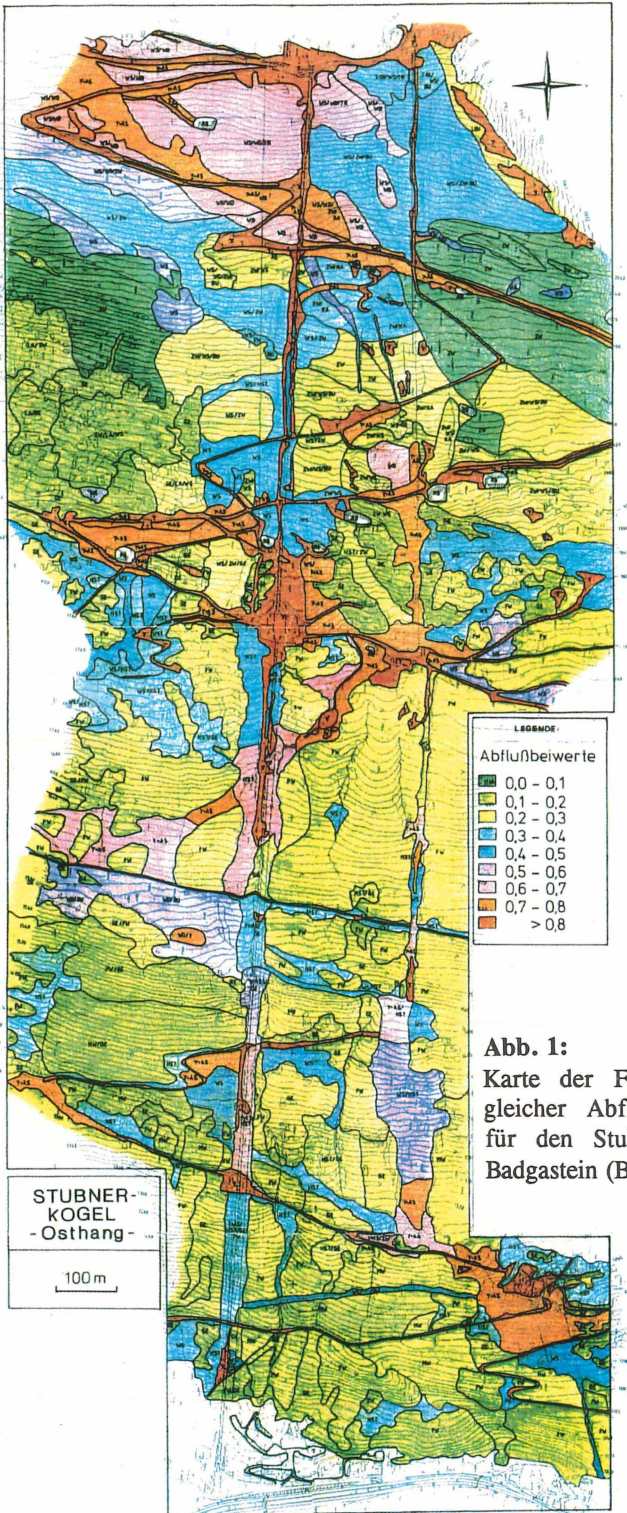
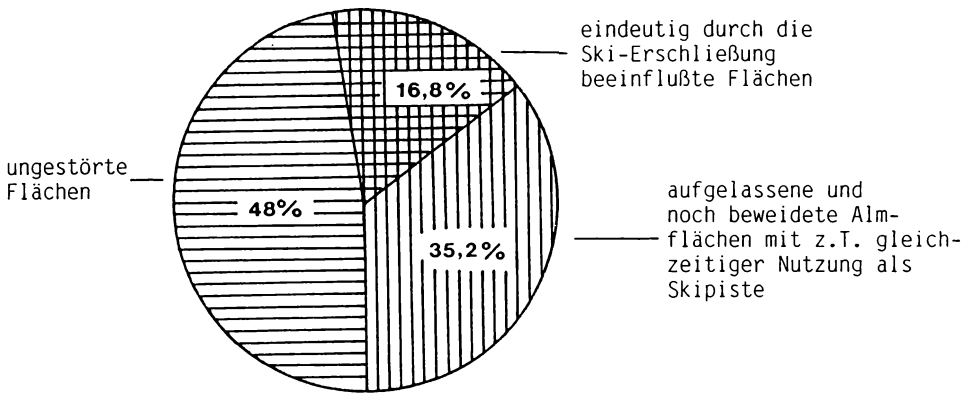


Abb. 1:
Karte der Flächen
gleicher Abflußbeiwerte
für den Stubnerkogel-Osthang in
Badgastein (Bundesland Salzburg).



Abflußbeiwerte:











	0,0-0,1 - 6,5%		0,3-0,4 - 0,7%		0,2-0,3 - 9,4%
	0,1-0,2 - 41,5%		0,5-0,6 - 0,2%		0,3-0,4 - 8,2%
			0,6-0,7 - 2,3%		0,4-0,5 - 8,4%
			0,7-0,8 - 6,6%		0,5-0,6 - 4,7%
			>0,8 - 7,0%		0,6-0,7 - 4,5%

Abb. 2: Kreissektor-Diagramm des Anteiles "ungestörte Flächen", "eindeutig durch Ski-Erschließung belastete Flächen" und "Flächen mit gemischter Belastung" am Stubnerkogel-Osthang. Für jede der drei Flächen-Kategorien ist außerdem der prozentuelle Flächenanteil der festgestellten Abflußbeiwertklassen, bezogen auf die Gesamtfläche des Stubnerkogel-Osthanges, angegeben.

Anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse wurde auch eine Abschätzung des Abflusses am Stubnerkogel-Osthang für ein 100-jähriges Niederschlagsereignis durchgeführt (siehe Tab. 6). Diese Abschätzung verdeutlicht das Ausmaß der Abflußerhöhung im Gelände durch anthropogene, bzw. anthropozoogene Eingriffe. Während eines Katastrophenregens von 15 Minuten Dauer und einer Niederschlagsintensität von 550 l/s * ha würden aus den ungestörten Flächen 8.550 m³ Wasser abfließen, wogegen auf den eindeutig durch die Ski-Erschließung beeinflussten Flächen ein Oberflächenabfluß von 12.267 m³ auftreten würde, und dies, obwohl der Flächenanteil dieser Skipistenflächen nur ein Drittel des ungestörten Bereiches beträgt. Weitere 15.480 m³ sind bei einem derartigen Katastrophenregen aus den Almflächen mit zum Teil gleichzeitiger Nutzung als Skipiste zu erwarten.

5. SCHLUBBETRACHTUNG

Die vorliegenden Ergebnisse gestatten konkrete quantitative Aussagen zur Abflußerhöhung als Folge der Ski-Erschließung und ermöglichen die Lokalisierung dringend sanierungsbedürftiger Regionen. Besonders gravierende Folgewirkungen des Pistenbaus traten bei der Kartierung des Hangbereiches unterhalb der Ski-Erschließung zu Tage, wo als Folge des aus den Pisten verstärk abfließenden Wassers Vernässungen und Massenbewegungen festgestellt wurden, die dringend sanierungsbedürftig sind. Bisher wurden derartige Folgewirkungen von Ski-Erschließungen viel zu wenig beachtet. Bei Bestandsaufnahmen wird bisher das Hauptaugenmerk auf den Zustand der Pisten selbst gelegt. Unberücksichtigt bleibt dabei, daß Pisten häufig einfach nur in das umliegende Gelände entwässert werden, wo es dann in weiterer Folge zu einer Überlastung der Retentionskapazität der Böden im Unterhangbereich kommen kann.

Tab. 6: Abflußberechnung für einen 15-Minuten-Regen mit 550 l/s-ha als 100-jähriges Niederschlagsereignis
a) ungestörte Flächen
b) eindeutig durch die Ski-Erschließung beeinflusste Flächen
c) aufgelassene und noch beweidete Almflächen mit zum Teil gleichzeitiger Nutzung als Skipiste

Flächentyp	Größe der Flächen in ha	Abfluß- beiwert	Abfluß in m ³ /15 min
a	12,6	0,0-0,1	630
	<u>80,1</u>	0,1-0,2	<u>7920</u>
	92,7		8550
b	1,4	0,3-0,4	270
	0,4	0,5-0,6	117
	4,4	0,6-0,7	1530
	12,8	0,7-0,8	5040
	<u>13,5</u>	> 0,8	<u>> 5310</u>
	32,5		> 12267
c	18,1	0,2-0,3	2700
	15,8	0,3-0,4	3150
	16,1	0,4-0,5	3960
	9,1	0,5-0,6	2700
	<u>8,7</u>	0,6-0,7	<u>2970</u>
	67,8		15480

ZUSAMMENFASSUNG

Der Stubnerkogel ist ein skitechnisch stark erschlossenes Gelände. Als Basis für eine geplante Sanierung des Hanges, der sich als hoch wildbach- und murgefährlich erweist, wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die Erhöhung des Oberflächenabflusses durch die Ski-Erschließung quantitativ bestimmt. Mit Hilfe von Abflußwerten aus künstlichen Beregnungsversuchen, einer flächendeckenden Vegetations- und Bodenkartierung, sowie der Erfassung wichtiger abflußrelevanter bodenphysikalischer Parameter wurde eine Karte der Flächen gleicher Abflußbeiwerte entwickelt. Sie ermöglichte die Quantifizierung und Lokalisierung von Flächen mit erhöhten Oberflächenabflüssen.

Auf 16,8 % der Fläche des Hanges konnte eine 6- bis 8-fache Erhöhung des Oberflächenabflusses durch die Ski-Erschließung eindeutig nachgewiesen werden. Auf weiteren 35,2 % der Fläche liegt eine Abflusserhöhung vor, deren Verursachung jedoch nicht eindeutig zugeordnet werden konnte, da sich auf diesen Flächen Weidenutzung und Pistenbetrieb überlagern. Nur 48 % des Stubnerkogel-Osthanges zeigten noch ungestörte Abflußverhältnisse.

LITERATUR

- BUNZA G., 1978: Vergleichende Messungen von Abfluß und Bodenabtrag auf Almflächen des Stubnerkogels im Gasteiner Tal. - In: CERNUSCA, A. (ed), 1978: 315-334.
BUNZA G., 1984: Oberflächenabfluß und Bodenabtrag in alpinen Graslandökosystemen. - In: Verh. Ges. f. Ökologie (Bern 1982): 101-110.

- BUNZA G., 1989: Oberflächenabfluß und Bodenabtrag in der alpinen Grasheide der Hohen Tauern an der Großglockner-Hochalpenstraße. - In: CERNUSCA, A. (ed.): Struktur und Funktion von Graslandökosystemen im Nationalpark Hohe Tauern. Veröff. Österr. MaB-Programm, Bd. 13, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck: 119-154.
- BUNZA B., 1991: Abfluß und Abtragsmessungen im Gebiet der Schloßalm bei Bad Hofgastein. - In: Veröff. Österr. MaB-Programm, in Vorbereitung.
- CLAR E., 1971: Gutachterliche Notiz über eine geologische Begehung der Murenherde des 15.08.1971 in Badgastein. - (Gutachten).
- CLAR E., 1988: Geologische Beurteilung der Murensituation im Osthang des Stubnerkogels in Badgastein. - (Gutachten).
- CERNUSCA A., 1978: Ökologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. - Veröff. Österr. MaB-Programm, Bd. 2. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck 1978.
- CERNUSCA A., 1987: Wintersporterschließungen und Naturschutz - Ergebnisse einer Studie im Auftrag des Europarates. - Verh. Ges. f. Ökologie (Göttingen 1987): 173-181.
- KARL J., PORZELT M., BUNZA G., 1985: Oberflächenabfluß bei künstlichen Starkniederschlägen. - DVWK-Schriften, Bd. 71.
- MOSER M., MAURIN V., BRANDECKER H., 1971: Gutachterliche Stellungnahme über die geologischen Verhältnisse am Stubnerkogel-Osthang im Bereich des Winkler- und Wetzlbaches. - (Gutachten).
- SCHAUER I., 1981: Vegetationsveränderungen und Florenverlust auf Skipisten in den bayerischen Alpen. - Jb. Verein Alpenpflanzen und -tiere, 46: 149-171.

ADRESSE

Dipl. Geogr. R. Löhmannsröben
 Univ.-Prof. Dr. A. Cernusca
 Institut für Botanik
 Sternwartestraße 15
 A-6020 Innsbruck
 ÖSTERREICH

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [19_2_1990](#)

Autor(en)/Author(s): Cernusca Alexander, Löhmannsröben Raphael

Artikel/Article: [Bodenverhältnisse, Oberflächenabfluss und Erosionsgefährdung im Skigebiet am Stubnerkogel 726-734](#)